Inpassingsplan - Bijlagenboek Gaswinning Ternaard

Datum 15 juni 2021
Status Ontwerp

Colofon

Projectnaam	Bijlagenboek Inpassingsplan Gaswinning Ternaard
Projectnummer	212x01327_bijlagen
Versienummer	1 juli 2021
Locatie	Ternaard
Identificatienummer	NL.IMRO.0000.EZKip18GaswTern-2001
Projectleiding	Ministerie van Economische Zaken en Klimaat
Projectteam	Ministerie van Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties Bureau Energieprojecten BRO adviseurs
Auteurs	BRO Adviseurs

Inhoud

BIJLAGEN BIJ TOELICHTING

Bijlage 1 MER Gaswinning Ternaard_Deel A

Bijlage 2 MER Gaswinning Ternaard_Deel B

Bijlage 3 Afwegingsnotitie VKA Gaswinning Ternaard

Bijlage 4 Passende beoordeling

Bijlage 5 Watertoets

Bijlage 6 Archeologisch onderzoek

Bijlage 7 Geluidsprognoses

Bijlage 8 Seismische risico's

Bijlage 9 Externe veiligheid

Bijlage 10 Vooronderzoek NGE

Bijlage 11 Oplegnotitie MER

Bijlage 12 Flora en faunaonderzoek

Bijlage 13 Afwegingsnotitie voorkeursalternatief gaswinning Ternaard

Bijlage 14 Nota van antwooord vooroverlegreacties

Bijlage 1

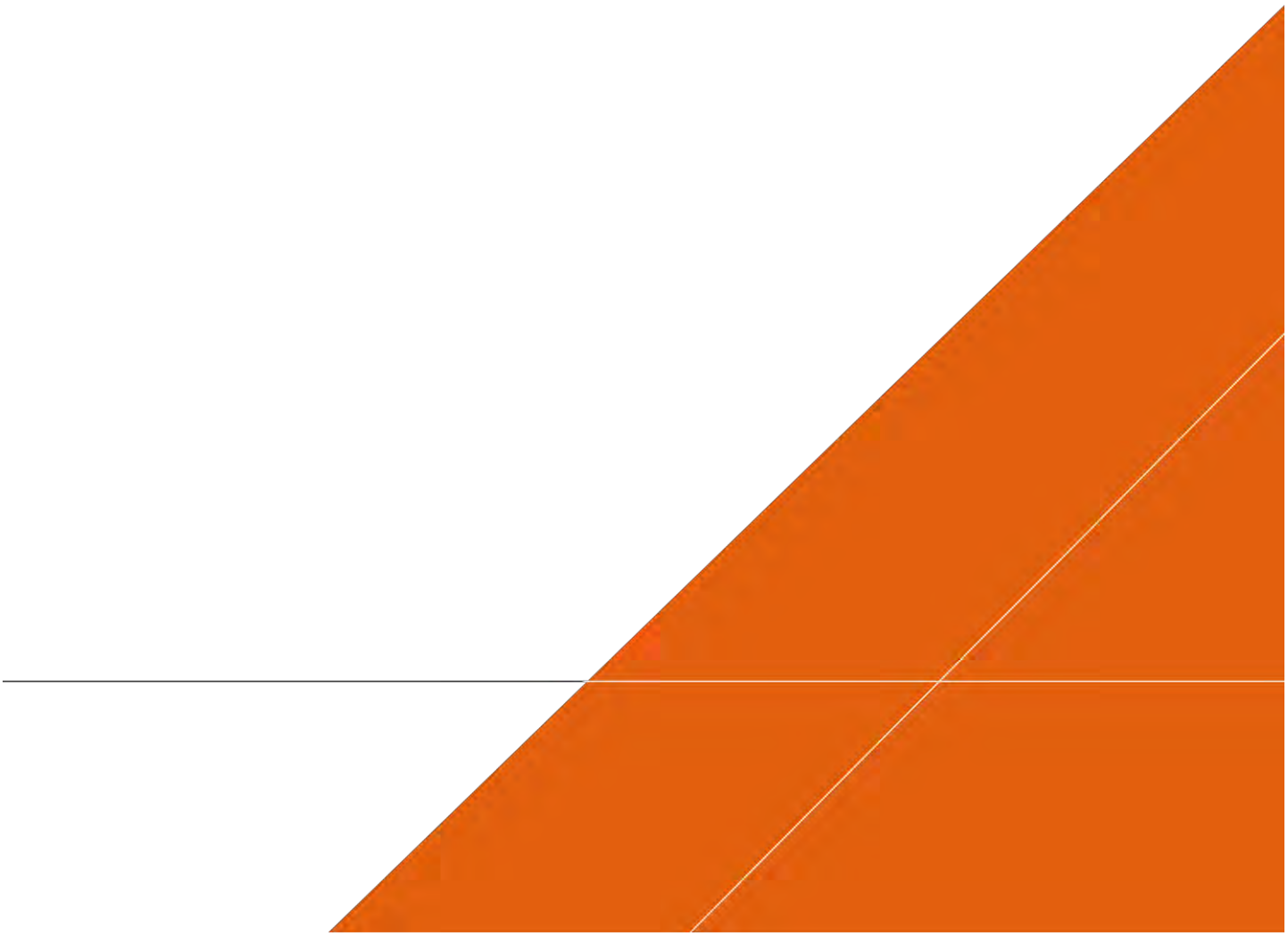
MER Gaswinning Ternaard_Deel A

ARCADIS Design & Consultancy for natural and built assets

MER GASBORING EN GASWINNING TERNAARD

Nederlandse Aardolie Maatschappij B.V.

14 MEI 2020



Contactgegevens

Arcadis Nederland B.V.
Postbus 264
6800 AG Arnhem
Nederland

INHOUDSOPGAVE

SAMENVATTING 7

Inleiding 7

Voorgenomen activiteit en gevolgen voor de omgeving 8

Besluiten en procedure 11

Milieueffecten 14

DEEL A: HOOFDLIJNEN 23

1 INLEIDING 24

1.1 Doel van het project 25

1.2 Benodigde en te nemen besluiten 25

1.3 Milieueffectrapportage 27

1.3.1 m.e.r.-plicht 27

1.3.2 Uitgebreide m.e.r.- procedure 29

1.4 Rijkscoördinatieregeling (RCR) 31

1.5 Initiatiefnemer en bevoegd gezag 33

1.6 Informatie en zienswijzen 33

1.7 Leeswijzer 33

2 NUT EN NOODZAAK 35

2.1 Gaswinning en de energietransitie 35

2.2 Waarom het Ternaard gasveld? 37

2.3 Nut en noodzaak Ternaard gaswinning 38

3 VOORGENOMEN ACTIVITEIT 40

3.1 Fasen 40

3.1.1 Aanlegfase 40

3.1.1.1 Boren 40

3.1.1.2 Aanleg leidingtracé 43

3.1.2 Winning 44

3.1.3 Verwijderingsfase 46

3.2 Hulpstoffen 46

3.3 Winningsscenario en bodemdaling 47

4 GASWINNING ONDER DE WADDENZEE 50

4.1 Inleiding 50
4.2 Dynamiek van de Waddenzee 52
4.2.1 Morfologie van de kombergingsgebieden 52
4.2.2 Het sedimentdelende systeem en het transport van water, zand en slib 53
4.2.3 Langjarige ontwikkelingen op de schaal van het sedimentdelende systeem 56
4.2.4 Kwelders 59
4.3 De Hand aan de Kraan-systematiek 62
4.3.1 De drie uitgangspunten van de Hand aan de Kraan-systematiek 62
4.3.2 Uitgangspunt 1: Het meegroeivermogen van de Waddenzee 63
4.3.3 Uitgangspunt 2: De snelheid van zeespiegelstijging 63
4.3.4 Uitgangspunt 3: De bodemdalingssnelheid 64
4.3.5 De Meet- & Regelcyclus 65
4.3.6 Ecologische monitoring 66
4.3.7 Bevoegdheid, taakverdeling en rapportage 67
4.3.8 Extra volume zandsuppleties 69
4.3.9 Gaswinning Ternaard en de Hand aan de Kraan-systematiek 69
4.3.10 Hand aan de Kraan systematiek in de praktijk 70
4.4 Werken binnen de gebruiksruimte 72

5 TE BESCHOUWEN ALTERNATIEVEN EN VARIANTEN 76

5.1 Vertrekpunt en aanpak op hoofdlijnen 76
5.2 Stap 1: Bepalen zoekgebied 78
5.3 Stap 2: Wettelijk kader 81
5.4 Stap 3: Technische haalbaarheid productielocatie 88
5.5 Stap 4: Haalbaarheid tracéalternatieven 91
5.6 Uitvoeringsvarianten 95
5.7 Alternatieven en uitvoeringsvarianten in dit MER 95

6 WERKWIJZE MILIEUBEOORDELING 97

6.1 Beoordelingskader milieuaspecten 97
6.2 Beoordelingsschaal 99

7 SAMENVATTING MILIEUEFFECTEN 100

7.1 Milieueffecten per fase 101
7.2 Locatieonafhankelijke en locatieafhankelijke milieueffecten 101
7.3 Algemeen beeld effecten 101

7.3.1 Overzicht locatieonafhankelijke effecten 101
7.3.2 Overzicht locatieafhankelijke effecten 102
7.3.3 Samenvatting milieueffecten 105
7.4 Conclusies milieueffecten 113
7.5 Gevoeligheidsanalyse 114
7.6 Mitigerende en compenserende maatregelen 115

8 LEEFOMGEVING 118
8.1 Leefbaarheid 118
8.2 Beleidskader 120
8.3 Verwachte leefbaarheidseffecten en mitigatie 121

9 LEEMTEN IN KENNIS EN AANZET MONITORINGSPROGRAMMA 125
9.1 Leemten in kennis 125
9.2 Aanzet monitoringsprogramma 126

COLOFON

127

SAMENVATTING

Inleiding

De Nederlandse Aardoliemaatschappij B.V. (hierna: NAM) is voornemens een productieboring uit te voeren naar het Ternaard gasveld. Het Ternaard gasveld ligt op ruim 3 kilometer diepte, ten noorden van het dorp Ternaard in de gemeente Noardeast-Fryslân[1]. Een klein deel van dit gasveld ligt onder land. Het grootste deel van dit gasveld ligt onder de Waddenzee, onder het kombergingsgebied 'Pinkegat' (Afbeelding S 1). Om de boring, de winning van het gas en de aanleg van een transportleiding mogelijk te maken is een winningsplan en een inpassingsplan opgesteld en vraagt NAM verschillende vergunningen aan. Voor de te nemen besluiten is een milieueffectrapport (MER) nodig. Dit MER is een gecombineerd plan- /projectMER.

Het doel van het project gasboring en gaswinning Ternaard is: *Het op duurzame, veilige en optimale wijze winnen van het aardgas uit het Ternaard gasveld, binnen de beschikbare gebruiksruimte voor gaswinning in de Waddenzee en met toepassing van het 'hand aan de kraan'-principe.* Dit betekent dat de gaswinning wordt beperkt of stilgelegd wanneer blijkt dat de natuurgrens van de Waddenzee wordt overschreden. Dit bepaalt de 'gebruiksruimte': de mate van bodemdaling die door gaswinning mag optreden, zonder dat er significant negatieve effecten op het Waddensysteem ontstaan (zie het tekstvak hieronder voor een toelichting van de begrippen).

Gebruiksruimte: De gebruiksruimte is het verschil tussen het meegroeivermogen van een getijdenbekken of kombergingsgebied en de relatieve zeespiegelstijging. Dit is in feite het volume dat jaarlijks beschikbaar is om de bodemdaling te accommoderen.

Meegroeivermogen: Het meegroeivermogen van een getijdenbekken of kombergingsgebied is het natuurlijke vermogen van dat gebied, uitgedrukt in mm/jaar over het hele gebied, om de relatieve zeespiegelstijging op lange termijn bij te houden terwijl het geomorfologisch evenwicht en de sedimentbalans in stand blijven.

Afbeelding S 1 Ligging Ternaard gasveld

[1] Gemeente Noardeast-Fryslân is op 1 januari 2019 ontstaan uit een fusie tussen de voormalige gemeenten Ferwerderadeel, Dongeradeel, Kollumerland en Nieuwkruisland.

Waarom gaswinning?

Aardgas voorziet in ongeveer 40% van de energiebehoefte van Nederland. Hoewel stevig wordt ingezet op duurzame energie en het uitfaseren van aardgas, speelt gas als minst vervuilende fossiele brandstof nog een belangrijke rol in de energietransitie. Nieuwe gaswinning is nodig om de gasproductie op peil te houden, zoals gesteld in de Energieagenda[2] van de overheid. Wanneer dit gas veilig gewonnen kan worden, is het - gelet op de voorzieningszekerheid - wenselijk om dit gas waar mogelijk uit de Nederlandse bodem te winnen.

Het kleine velden beleid is een belangrijk begrip in de Nederlandse aardgaswinning. Volgens dit beleid wordt met aardgas uit de 175 kleine velden in Nederland een substantiële bijdrage aan de energievoorziening in Nederland geleverd. Zolang en in zoverre de gebouwde omgeving en de bedrijven nog afhankelijk zijn van aardgas, blijft gaswinning of import van aardgas noodzakelijk[3]. Voor het kabinet heeft gaswinning uit de kleine velden, waar dit veilig en verantwoord kan, de voorkeur boven gasimport: gaswinning uit kleine velden heeft klimaatvoordelen en is beter voor de economie en de energieleveringszekerheid.

Omdat de gaswinning is voorzien op een locatie onder de Waddenzee (een beschermd natuurgebied) kan gaswinning slechts onder een aantal voorwaarden plaatsvinden. Die voorwaarden zijn dat er alleen vanaf land nieuwe winning van gas mag plaatsvinden, dat er geen schadelijke gevolgen zijn voor de natuurlijke waarden van de Waddenzee, dat een onafhankelijke instantie het bevoegd gezag adviseert, en dat de op te richten bouwwerken zorgvuldig in het landschap worden ingepast. De voorgenomen gaswinning uit het Ternaard gasveld komt tegemoet aan deze randvoorwaarden.

Waarom de locatie Ternaard?

Onder de Waddenzee ligt een relatief grote hoeveelheid gas (naar schatting 44 tot 170 miljard m^3) in kleine gasvelden, verspreid over een groot oppervlak (Meijer, 2004). Met een dergelijke hoeveelheid aardgas kunnen alle huishoudens in Nederland gedurende 10 jaar van energie worden voorzien. NAM wint sinds 2007 aardgas onder de Waddenzee vanaf de locaties Moddergat, Lauwersoog en Vierhuizen. NAM heeft als doel om gas en olie op duurzame wijze op te sporen en te winnen binnen Nederland en het Nederlandse deel van de Noordzee. Het in productie brengen van het Ternaard gasveld binnen de geldende wettelijke kaders en afspraken past in dit doel. Tevens is het Ternaard gasveld één van de grotere van de kleine gasvelden, waarmee invulling wordt gegeven aan het kleine velden beleid van de Nederlandse overheid. Het veld bevat hoogcalorisch gas waar veel energie uit kan worden gehaald. De Ternaard boring wordt onderdeel van het Anjum-systeem; dit bestaat verder uit de locaties Moddergat en Lauwersoog. Vanuit deze locaties (incl. het puttenterrein van Anjum) wordt voornamelijk Waddengas gewonnen. De jaarlijkse afname in productie van dit systeem is circa 20%. Met de verwachte productie van Ternaard kan de jaarlijkse afname worden opgevangen.

Voorgenomen activiteit en gevolgen voor de omgeving

Wat is de activiteit en welke maatregelen worden genomen?

Het totale volume in het Ternaard gasveld wordt geschat op circa 25 miljard m^3. Niet al het gas zal gewonnen worden. NAM opereert binnen de wettelijke kaders die zijn gesteld ten aanzien van bodemdaling als gevolg van de overige gaswinningen in het Waddengebied. Op basis van die vigerende gebruiksruimte is een maximale winning van circa 7,57 miljard m^3 voor Ternaard realistisch. Dit wordt geleidelijk gewonnen over een periode van circa 15 jaar.

De gaswinning bij Ternaard bestaat uit 3 fasen, waarin verschillende activiteiten worden uitgevoerd. Deze staan hieronder beschreven.

1. **Aanlegfase**
   In de aanlegfase wordt een productielocatie aangelegd vanaf waar NAM de boring uitvoert. De productielocatie is zo'n 170 meter bij 87 meter groot. Hier wordt een tijdelijke boorinstallatie geplaatst, bestaande uit een boortoren en een boorvloeistof-behandelingsinstallatie. Er zijn transportbewegingen nodig voor de opbouw en afbouw van de boorinstallatie en de aan- en afvoer van materiaal. Vanaf de productielocatie wordt schuin geboord naar een punt onder de Waddenzee, waar het hoogste punt van het gasveld is (ongeveer op 3400 meter onder NAP). Op het vaste land

[2] Ministerie van Economische Zaken en Klimaat, Energieagenda, Naar een CO_2-arme energievoorziening, december 2016.

[3] Ministerie van Economische Zaken en Klimaat, Kamerbrief 'Gaswinning uit de kleine velden in de energietransitie', 30 mei 2018.

zijn 170 heipalen in de grond nodig ter verankering van de boorinstallatie. Het boren duurt zo'n 4,5 maanden, waarin continu wordt geboord. De boortoren is tijdens de werkzaamheden verlicht. De boorinstallatie is alleen gedurende de aanlegfase aanwezig. Tijdens het affakkelen (productietesten) wordt de hemel gedurende 3 dagen opgelicht. Productietesten worden uitgevoerd om gegevens te verkrijgen over het productievermogen, de eigenschappen en samenstelling van het gas. Om het gas te transporten zijn ondergrondse transportleidingen nodig. Die worden aangelegd tussen de productielocatie en de bestaande mijnbouwlocatie Moddergat. De transportleiding heeft een diameter van ongeveer 45 centimeter en wordt op een diepte van 2 tot 2,1 meter onder maaiveld aangelegd in sleuven.

2. **Winning**
   Wanneer de productieboring succesvol is afgerond, wordt gestart met de winning van aardgas. Daarvoor wordt een productie-eenheid geplaatst. Het gas stroomt vanuit het gasveld naar de productielocatie. De aangelegde leiding transporteert het gas verder naar de bestaande mijnbouwlocatie Moddergat.
3. **Verwijderingsfase**
   Wanneer het gasveld leeg is of wanneer de gebruiksruimte van de Waddenzee geen winning meer toestaat, wordt de productielocatie ontmanteld en in oorspronkelijke staat weer opgeleverd. Het materieel op de locatie wordt gedemonteerd, gereinigd en afgevoerd. De putten worden conform de daarvoor geldende regels afgedicht. Het reinigingswater wordt opgevangen in de hoekbak en afgevoerd naar een erkend verwerker. Ook de transportleiding tussen de productielocatie en Moddergat wordt verwijderd, indien er op dat moment geen nuttige toepassing voor gevonden kan worden.

Een belangrijke voorwaarde voor gaswinning onder de Waddenzee is dat gewerkt wordt volgens het Hand aan de Kraan principe (hierna HadK). NAM monitort in samenwerking met externe partijen of de bodemdaling inderdaad opgevangen kan worden door de Waddenzee. Als dat niet het geval is, wordt de productie verminderd zodat de bodemdaling als gevolg van gaswinning niet te snel gaat. De minister van Economische Zaken en Klimaat (EZK) is in dat geval bevoegd de productie te verminderen. Het Hand-aan-de-Kraan principe omvat randvoorwaarden die er borg voor staan dat geen negatieve gevolgen voor de Waddenzee optreden. Deze randvoorwaarden zijn het hanteren van voorzichtig vastgestelde harde grenswaarden tijdens de gaswinning, het meten en monitoren van een aantal sleutelparameters en het regelmatig bijstellen van het zeespiegelstijgingsscenario. Op deze wijze wordt gedurende de winning geborgd dat inderdaad geen negatieve gevolgen optreden op de beschermde natuurwaarden in de Waddenzee.

Hieronder worden de onderdelen van het HadK-principe stapsgewijs weergegeven:

1. Het vaststellen van het meegroeivermogen, uitgedrukt als de maximale relatieve zeespiegelstijging snelheid (=zeespiegelstijging + bodemdaling) in het kombergingsgebied van een zeegatsysteem die kan worden gecompenseerd door sedimentaanvoer van buitenaf, zonder significante effecten voor het areaal droogvallende platen. Deze stap is uitgevoerd in het MER (NAM, 2006) en de Passende Boordeling (Ministerie van Economische zaken en Klimaat, 2006) voor de Gaswinning MLV.
2. Het vaststellen van de gebruiksruimte; dit is de ruimte die overblijft van het meegroeivermogen na aftrek van de snelheid van zeespiegelstijging. De vastgestelde gebruiksruimte is een veilige grens voor de gecombineerde gevolgen van zeespiegelstijging en bodemdaling door delfstoffenwinning. Het vaststellen van de gebruiksruimte vindt iedere vijf jaar opnieuw plaats, bij het beschikbaar komen van het zeespiegelstijgingsscenario.
3. Het vooraf vaststellen van de maximale bodemdalingssnelheid die gemiddeld over het kombergingsgebied door alle winningen kan worden bijgehouden per kombergingsgebied, zonder dat veranderingen optreden aan het geomorfologische evenwicht in de Waddenzee. Dit vindt in het voorliggende MER plaats voor de voorgenomen winning Ternaard en de beide andere winningen (Ameland en MLV) die leiden tot bodemdaling in het kombergingsgebied van het Pinkegat.
4. Het uitvoeren van de gaswinning volgens het winningsplan, waarbij de verwachte bodemdalingssnelheid binnen deze grens blijft.
5. Het door meten en monitoren vaststellen van de daadwerkelijk opgetreden bodemdaling en het ontbreken van gevolgen voor de Waddenzee.
6. Het zo nodig bijsturen van de bodemdaling door de productie te beperken ("het dichtdraaien van de kraan").

Met de stappen 1 tot en met 4 in het HadK-principe wordt op voorhand de bodemdaling door gaswinning beperkt, zodat geen gevolgen zullen optreden in de Waddenzee, ook niet bij een versneld stijgende zeespiegel. De stappen 5 en 6 geven een extra waarborg dat inderdaad geen gevolgen zullen optreden.

Wat betekent de voorgenomen activiteit voor de leefomgeving

De gaswinning heeft niet alleen impact op het milieu, maar ook op de mensen die in het gebied wonen: de leefomgeving. De effecten op de leefbaarheid, en de zorgen hierover, verdienen bijzondere aandacht in dit MER. Op basis van een inventarisatie van onder meer de zienswijzen op de Notitie Reikwijdte en Detailniveau, input vanuit de verkenning in het kader van de pilot voor het proces met de omgeving in RCR-projecten en het Fries Manifest is duidelijk geworden dat de voornaamste zorgen ontstaan over bodemdaling in relatie tot veiligheid. Het Fries Manifest is een bundeling van adviezen van het bevoegd gezag over hoe om te gaan met zorgen van de omgeving. De thema's zijn gebundeld in onderstaande tabel.

Tabel S 1 De zorgen uit de omgeving gebundeld per thema

Thema	Zorgen
Veiligheid	• Gevoeligheid van oude, ondiepe, gefundeerde gebouwen voor bodembeweging. • Omvangrijker herstel van infrastructuur en waterhuishoudkundige systemen. • Risico's en onzekerheden: angst voor aardbevingen - leidend tot schade aan woningen.
Omgeving	• Hinder van activiteiten, zoals landschappelijke verstoring, geluid, licht en transport. • Leefbaarheid en economische vitaliteit in de winningsbieden moeten op peil blijven en er moet een goede balans zijn tussen lusten en lasten in het gebied/ de discussie en angst voor ongelijke verdeling van lusten en lasten/ het idee een wingewest te zijn. • Verkeersveiligheid. • Krimp – het verdwijnen van sociale voorzieningen en infrastructuur. • Negatief effect op de huizenprijzen. • Afname werkgelegenheid.
Betrokkenheid	• De afwezigheid van omgekeerde bewijslast. • De informatievoorziening over gaswinning, risico's, effecten en schade-procedures duidelijk, begrijpelijk moet zijn en toegankelijk via één loket/portaal. • Dat schade aan woningen niet wordt opgelost. • De veiligheidsbeleving – Wantrouwen – "Niet weten waar je aan toe bent".

EZK en NAM beperken de hinder naar de omgeving zoveel mogelijk. Dit doen zij middels 1) Bestaande programma's; 2) Wetgeving; 3) Positieve bijdrage aan omgeving door NAM.

1) Bestaande programma's
   De bestaande programma's zijn lopende overeenkomsten, programma's en regelingen om effecten naar de leefomgeving te compenseren dan wel te beperken. Zo is er voor mogelijke schade door bodemdaling geregeld dat er monitoring en bouwkundige opnamen zijn, dat een bodemdalingscommissie rapporteert hierover, en dat men terecht kan bij het Loket Mijnbouwschade. Voor mogelijke schade door geïnduceerde bevingen is er een seismische risicoanalyse door TNO, een seismometer-netwerk door het KNMI, een schade-afhandelingsproces en vergoeding van schade conform burgerlijk recht. Ten slotte voor een gevoel van veiligheid in zijn algemeenheid informatievoorziening beschikbaar via verschillende kanalen.
2) Wetgeving
   Dan zijn er volgens de wetgeving nog een aantal maatregelen die EZK en NAM verplicht moeten uitvoeren. Dat verschilt per fase van het project. Over het algemeen gaat het over hinder, geluid, licht, luchtkwaliteit en verkeer en wettelijke voorschriften die gelden om de impact te beperken. Dit wordt ook gemonitord op basis van het aantal en type klachten, meetprotocollen en bijvoorbeeld verkeerstellingen.
3) Positieve bijdrage aan de omgeving
   Naast de bestaande programma's en wetgeving, voegt NAM ook waarde toe aan de leefomgeving waarin zij opereert. Dat doet NAM op het gebied van informatievoorziening (betrekken van belanghebbenden in een vroegtijdig stadium en informatiesessies), werkgelegenheid (daar waar wettelijk toegestaan worden lokale leveranciers en dienstverleners ingezet) en donaties en sponsoring middels het NAM-donatieprogramma. Dit wordt in het jaarverslag gemonitord.

In het kader van een pilot omgevingsmanagement worden enkele thema's in een zelfstandig proces, los van dit MER, geadresseerd. Dit omgevingsproces is een proces, dat samen met regionale overheden, wordt vormgegeven om de omgeving rond de voorgenomen gaswinning Ternaard beter te betrekken, de (overgebleven) zorgen te adresseren, te bespreken en waar mogelijk weg te nemen of op te lossen. Deze pilot biedt ruimte voor aanvullende maatregelen omtrent zorg om schade aardbevingen, zorgen over dalende huizenprijzen, schade- en klachtenprocedure, eerlijke verdeling lusten en lasten, en informatievoorziening.

Wat betekent de voorgenomen activiteit voor de Waddenzee

De Waddenzee is een belangrijk natuurgebied. Gaswinning onder de Waddenzee dient dan ook speciaal onder de loep genomen te worden ten aanzien van de beschermde natuurwaarden in de Waddenzee. Het Hand-aan-de-Kraan principe vertegenwoordigt de beschikbare 'gebruiksruimte' en het 'meegroeivermogen' van de Waddenzee.

Zolang de snelheid van zeespiegelstijging kleiner is dan het meegroeivermogen, is er ruimte in de Waddenzee om bodemdaling door diepe delfstoffenwinning op te vangen, dit is de gebruiksruimte. De gebruiksruimte biedt een overzichtelijk kader om de mogelijke gevolgen van de bodemdaling voor de geomorfologische karakteristieken van de kombergingsgebieden Pinkegat en het Zeegat van Ameland te beoordelen en om nieuwe inzichten in de opgetreden en verwachte bodemdaling en zeespiegelstijging te verwerken gedurende de winning.

De gevolgen voor de Waddenzee zijn in dit MER in beeld gebracht aan de hand van de thema's hydromorfologie en ecologie. Uit de onderzoeken komt naar voren dat de voorgenomen activiteit uitgevoerd kan worden binnen de gebruiksruimte van de Waddenzee, waarbij er geen negatieve effecten optreden.

Besluiten en procedure

Welke besluiten zijn nodig voor de voorgenomen activiteit?

Op dit project is de rijkscoördinatieregeling (RCR) van toepassing om de besluitvorming te stroomlijnen en versnellen. De minister van Economische Zaken en Klimaat (hierna: EZK) is voor dit project aangewezen als projectminister. Omdat de RCR van toepassing is, is ook de Crisis en herstelwet (Chw) op dit project van toepassing. Bij het winnen van gas zijn verder vergunningen nodig voor diverse activiteiten. Ook zijn diverse meldingen en ontheffingen nodig. In Tabel S 2 is een overzicht opgenomen van de benodigde besluiten. Dit overzicht is niet uitputtend, maar geeft de voornaamste vergunningen weer die benodigd zijn voor de voorgenomen activiteit.

Tabel S 2 Overzicht van vergunningen, meldingen, plichten, plannen en ontheffingen voor de voorgenomen activiteit

Wetgeving	Vergunning, ontheffing, melding, plicht, plan
Mijnbouwwet Bevat wetgeving voor onderzoek naar en het winnen van delfstoffen en met mijnbouw verwante activiteiten	**Winningsvergunning** Een winningsvergunning geeft de vergunninghouder het exclusieve recht om in een bepaald gebied een bepaalde delfstof te winnen. NAM beschikt al over de winningsvergunning Noord-Friesland, waarbinnen het Ternaard gasveld ligt. **Instemming winningsplan (art. 34, lid 3)** Het winningsplan beschrijft: - De hoeveelheid en locatie van delfstoffen die naar verwachting in de bodem liggen. - De duur van de winning en de wijze waarop wordt gewonnen. - De mogelijke bodembeweging door het voornemen.
Mijnbouwbesluit Stelt dat een rampenbestrijdingsplan nodig is voor elk mijnbouwwerk dat in gebruik is	**Instemming meetplan (art. 30 Mbb)** Tijdens de winning zijn metingen van bodembeweging door het winnen van delfstoffen verplicht. Dit gebeurt volgens een meetplan. De Minister van EZK moet eerst instemmen met het meetplan. Het is verboden om zonder instemming van de Minister van EZK een mijnbouwwerk te plaatsen, dat uitsluitend bestemd is voor de winning. **Transportleidingvergunning (art. 94 Mbb)** Voor het aanleggen van een transportleiding is een transportleidingvergunning vereist van de Minister van EZK. Een transportleiding moet voldoende sterk zijn en moet daarnaast bestand zijn tegen bijvoorbeeld corrosie. **Instemming ingebruikname transportleiding (art. 97 Mbb)** Ingebruikname van de transportleiding mag pas na instemming van de Minister van EZK.

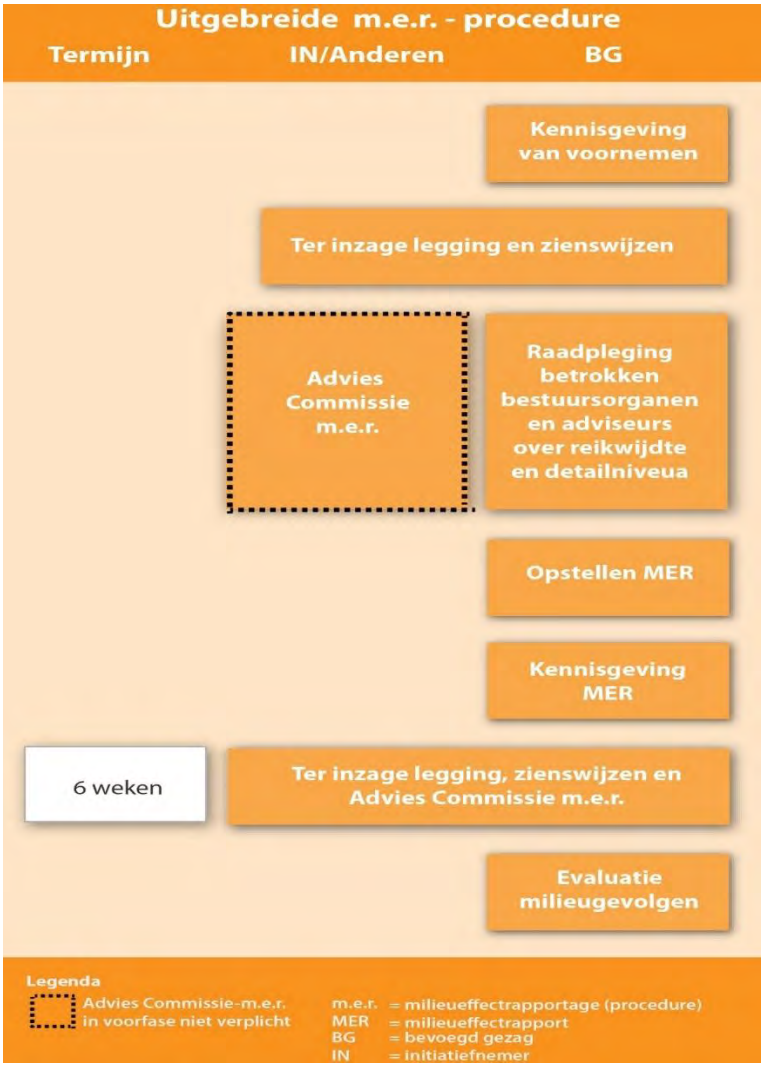
Wetgeving	Vergunning, ontheffing, melding, plicht, plan
Wet ruimtelijke ordening Instrument om ruimtelijke behoeften als wonen, werken en mobiliteit in samenhang te verdelen	**Inpassingsplan** De bestaande mijnbouwlocatie Ternaard staat al in het bestemmingsplan, maar het leidingtracé en de alternatieven voor de mijnbouwlocatie Ternaard nog niet. Een Rijksinpassingsplan is nodig voor de juridische borging van het leidingtracé en de alternatieven in zoekgebied oost of west. Hiervoor wordt een gecombineerd project/planMER opgesteld.
Wet algemene bepalingen omgevingsrecht	**Omgevingsvergunning voor mijnbouwwerken en inrichtingen** De vergunningplicht voor mijnbouwwerken en inrichtingen is gebaseerd op art. 2.1, lid 1, onder de Wabo. Het gaat om inrichtingen waarvoor in bijlage I van het Bor een vergunningplicht geldt.
Wet natuurbescherming Sinds 1 januari 2017 van kracht. Vervangt Natuurbeschermingswet 1998, de Boswet en de Flora- en faunawet.	**Vergunning Wet natuurbescherming** Een vergunning is nodig voor projecten of andere handelingen die een significant effect kunnen hebben op beschermde gebieden en/of beschermde soorten. De Wet natuurbescherming is het toetsingskader. Om te bepalen of activiteiten significante effecten hebben op Natura 2000-gebieden wordt een Passende Beoordeling opgesteld.
Erfgoedwet 2016; Monumentenwet (1988) De Erfgoedwet is de opvolger van de Monumentenwet (1988). Vanaf 2021 geborgd in de Omgevingswet.	**Bescherming van cultureel erfgoed** De Erfgoedwet borgt de bescherming van onroerend en roerend cultureel erfgoed. De (nog in te voeren) Omgevingswet regelt de bescherming van de monumenten via vergunningplichten en omgevingsplannen. Tot de Omgevingswet in werking treedt, blijven de bepalingen uit de Monumentenwet (1988) gelden voor de bescherming van reeds aangewezen monumenten. De wet verbiedt om zonder vergunning een beschermd monument af te breken, te verstoren, te verplaatsen of in enig opzicht te wijzigen.

Wat is dit voor milieueffectrapport?

Dit MER is opgesteld ter onderbouwing van de hierboven genoemde besluiten. In het Besluit milieueffectrapportage (hierna: Besluit m.e.r.) is opgenomen voor welke activiteiten en in welke gevallen een m.e.r.-plicht of een m.e.r.-beoordelingsplicht geldt. Voor de boringen naar en winning van aardgas zijn verschillende activiteiten uit het Besluit m.e.r. van toepassing. Onderstaand worden deze benoemd:

- **Diepboring: Cat. 17.2 Bijlage D.** M.e.r.-beoordelingsplichtig voor het besluit over het Rijksinpassingsplan.
- **Oprichting installatie: Cat. 17.3 Bijlage D.** M.e.r.-beoordelingsplichtig voor het besluit over de omgevingsvergunning voor mijnbouwwerken en inrichtingen op grond van de Wabo.
- **Winning: Cat. 17.2 Bijlage C.** M.e.r.-plichtig voor de benodigde vergunningen en/of het ruimtelijke ordeningsbesluit.
- **Aanleg transportleiding: Cat. 8.1 Bijlage D.** Vormvrije m.e.r.-beoordelingsplicht voor de benodigde vergunningen en/of het ruimtelijke ordeningsbesluit.

In het geval van het project Boring en Gaswinning Ternaard is er sprake van meerdere met elkaar samenhangende activiteiten, die in gezamenlijkheid de voorgenomen activiteit ‘boring en de gaswinning’ mogelijk maken. Dit MER beschrijft de effecten van het voornemen in zijn totaliteit. Om de productielocatie voor de winning en het leidingtracé planologisch mogelijk te maken, wordt er naast de benodigde vergunningen en het winningsplan ook een inpassingsplan opgesteld. Dit inpassingsplan is een plan-m.e.r.-plichtig besluit, omdat deze kaderstellend is voor de boven benoemde m.e.r.-plichtige en m.e.r.-beoordelingsplichtige besluiten. Dit MER ligt zowel ten grondslag aan het inpassingsplan als van het winningsplan en de benodigde vergunningen. Er wordt voor het project Boring en gaswinning Ternaard een gecombineerd plan- /project-MER opgesteld.



Afbeelding S 2 Uitgebreide m.e.r.-procedure

Wat is de procedure en hoe kunt u inspreken?

Het doel van de m.e.r.-procedure (zie figuur S 2) is het milieubelang een volwaardige rol te laten spelen in de besluitvorming. Het MER wordt zes weken ter visie gelegd. Tijdens de tervisielegging is er gelegenheid tot het indienen van zienswijzen. Een speciaal aandachtspunt is de toetsing van het MER. De onafhankelijke Commissie m.e.r. toetst of er voldoende informatie beschikbaar is voor de besluitvorming.

Na vaststelling van de besluiten vindt per besluit openbare kennisgeving plaats door het ministerie van EZK. Ook zendt het ministerie een exemplaar van de betreffende besluiten toe aan degenen die bij de voorbereiding waren betrokken, inclusief degenen die een zienswijze hebben ingediend (conform artikel 7.38 Wet milieubeheer).

De mogelijkheid om bezwaar te kunnen maken en beroep aan te kunnen tekenen tegen het vastgestelde plan of tegen het besluit volgen uit de wettelijke bepalingen waarin de betreffende vergunningsprocedure is vastgelegd. De m.e.r.-procedure voegt hier niets aan toe. Het onjuist of onvolledig doorlopen van de m.e.r.-procedure kan via de bezwaar- en beroepsprocedure leiden tot vernietiging van het vaststellingsbesluit van het betreffende plan of besluit.

Na vaststelling van een m.e.r.-plichtig plan of het nemen van een m.e.r.-plichtig besluit moet het betreffende bevoegd gezag de daadwerkelijke milieugevolgen van de uitvoering van de voorgenomen activiteit evalueren (art. 7.39, lid 1 Wet milieubeheer), zoals omschreven in de evaluatieparagraaf van de genomen besluiten. Vanuit de m.e.r.-procedure in de Wet milieubeheer zijn hierover geen verdere eisen opgenomen. Wel is in dit MER een aanzet voor een evaluatieprogramma opgenomen. Bij de constatering dat de milieugevolgen ernstiger zijn dan verwacht, kan het bevoegd gezag maatregelen nemen.

De initiatiefnemer voor het project is de Nederlandse Aardolie Maatschappij B.V.:

Nederlandse Aardolie Maatschappij B.V.
Schepersmaat 2
9405 TA Assen
Postbus 28000, 9400 HH Assen

De minister van EZK is onder andere bevoegd gezag voor het besluit over het Winningsplan, en overige besluiten in het kader van de Mijnbouwwet. De minister van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit is bevoegd gezag voor de vergunning in het kader van de Wet natuurbescherming. De ministers van EZK en Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties zijn bevoegd gezag voor het vaststellen van het Inpassingsplan. De voorbereiding en bekendmaking van het MER, het Winningsplan, de benodigde vergunningen en het Inpassingsplan worden gecoördineerd door het ministerie van EZK.

Ministerie van Economische Zaken en Klimaat
Directoraat-Generaal Klimaat en Energie
Directie Warmte en Ondergrond
Bezuidenhoutseweg 73
2594 AC Den Haag
Postbus 20401, 2500 EK Den Haag

Het MER wordt voor een periode van 6 weken ter inzage gelegd. Iedereen heeft de mogelijkheid om gedurende deze zes weken zienswijzen in te dienen op het MER. Op de website www.bureau-energieprojecten.nl is beschreven hoe en waar zienswijzen ingediend kunnen worden.

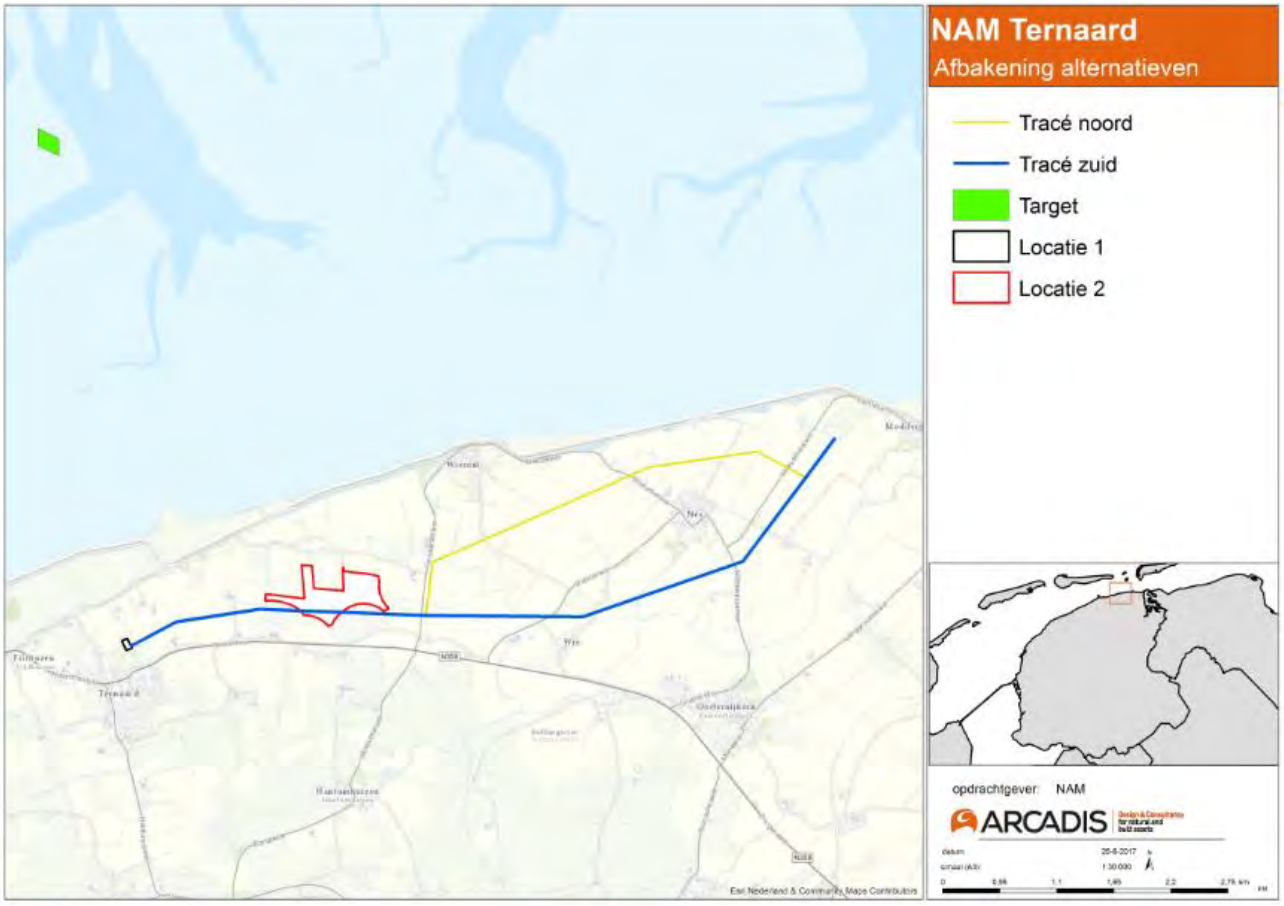
Milieueffecten

Wat onderzoeken we in het MER?

Het MER onderzoekt milieueffecten van de ‘redelijkerwijs in beschouwing te nemen’ alternatieven. Dit betekent dat de alternatieven realistisch moeten zijn. Het ontwikkelen van alternatieven is een cruciale stap in het proces, waarmee de speelruimte voor het uiteindelijke besluit wordt bepaald. Voor de voorgenomen gaswinning Ternaard heeft dan ook een verkenning plaatsgevonden naar de mogelijke alternatieven voor de productielocatie. Daarnaast zijn de mogelijke tracéalternatieven voor de leiding onderzocht. Op die manier kan weloverwogen gekozen worden voor een productielocatie en een tracéalternatief waarbij de omgeving en het milieu zo min mogelijk worden geschaad. De afweging van alternatieven vond plaats op basis van wettelijke kaders en beleidskaders (natuur, leefomgeving en landschap/cultuurhistorie/archeologie), technische haalbaarheid van de productielocatie (ondergronds risico, bereikbaarheid, overige knelpunten), en tracéalternatieven.

Op basis van het afbakeningsproces zijn de volgende alternatieven en uitvoeringsvarianten geselecteerd om te onderzoeken in het MER:

Betreft	Alternatieven en uitvoeringsvarianten in MER
Locatiealternatieven	Locatie 1 – bestaande oppervlakte-installatie Ternaard
	Locatie 2 – in het westelijke deel
Tracéalternatieven	Tracé Noord
	Tracé Zuid



Afbeelding S 3 Te onderzoeken productielocatie- en tracéalternatieven in dit MER

Samenvatting milieueffecten

De voorgenomen activiteit en de hierboven beschreven alternatieven zijn in dit MER getoetst aan vigerende wet- en regelgeving. In de effectbeoordeling is gekeken naar de mogelijke effecten in zowel de aanlegfase, winning en verwijderingsfase, afgezet tegen de referentiesituatie. Dit is de huidige situatie plus autonome ontwikkelingen.

Met aandacht voor de omgevingswaarden in het plangebied van de voorgenomen activiteit zijn twee alternatieven voor de productielocatie en twee alternatieven voor de leidingtracés bepaald. Het koppelen van de locatie- en tracéalternatieven leidt tot de volgende vier alternatieven die nader zijn uitgewerkt in het MER.

- **L1-N:** Locatie 1 in combinatie met tracé noord;
- **L1-Z:** Locatie 1 in combinatie met tracé zuid;
- **L2-N:** Locatie 2 in combinatie met tracé noord;
- **L2-Z:** Locatie 2 in combinatie met tracé zuid.

De effecten zijn gebaseerd op een zo'n hoog mogelijke winning van NAM, waarbij de winning binnen de gebruiksruimte blijft.

Voor de milieuaspecten vindt de effectbeoordeling – waar mogelijk – op een kwantitatieve wijze plaats. Daar waar dat niet mogelijk (of nodig) is, is de effectbeoordeling op basis van expert-judgement uitgevoerd en zijn de effecten kwalitatief beoordeeld. Voor de beoordeling wordt gebruik gemaakt van de zevenpuntschaal zoals weergegeven in onderstaande tabel.

Tabel S 3 Beoordelingsschaal

Score	Toelichting
++	Zeer positief ten opzichte van de referentiesituatie
+	Positief ten opzichte van de referentiesituatie
0/+	Licht positief ten opzichte van de referentiesituatie
0	Neutraal t.o.v. de referentiesituatie
0/-	Licht negatief ten opzichte van de referentiesituatie
-	Negatief ten opzichte van de referentiesituatie
- -	Zeer negatief ten opzichte van de referentiesituatie

De milieueffecten zijn niet alleen te kenmerken door het type activiteit per fase, maar is ook te onderscheiden in locatieonafhankelijke en locatieafhankelijke effecten. *Locatieonafhankelijke effecten* zijn effecten die direct verband houden met bodemdaling als gevolg van de winning en die derhalve optreden ongeacht de exacte ligging van de productielocatie en het leidingtracé. *Locatieafhankelijke effecten* treden op voor milieuaspecten waarbij de exacte ligging van de productielocatie en de leidingtracés wel bepalend is voor de effectbeoordeling. Hierbij wordt bijvoorbeeld gekeken naar de ligging ten opzichte van natuur en bebouwing, de waarde van de ondergrond en het landschap of de bereikbaarheid en verkeersveiligheid. Er zijn twee beoordelingen gemaakt, die in onderstaande tabellen staan weergegeven.

Tabel S 4 Locatieonafhankelijke effecten

Milieuthema	Criterium	Effectscore
Aanlegfase/ Verwijderingsfase		
Bodem en water	Zetting	0/-
	Emissies naar grondwater	0/-
	Toename verzilting en afname bruikbaarheid oppervlaktewater/ grondwater	0/-
Winning		
Hydromorfologie	Gebruiksruimte	0
	Plaat- en geulareaal	0
	Droogvalduur platen	0
	Kwelders	0
	Zandsuppleties	0
	Sedimentsamenstelling	0
Natuur	Verdroging en vernatting	0
	Bodemdaling	0
	Zandsuppleties	-

Milieuthema	Criterium	Effectscore
Bodem en water	Scheefstelling maaiveld	0/-
	Hoogte stuwen en gemalen	0/-
	Verandering functies watersysteem	0/-
	Verandering grond- en oppervlaktewaterkwaliteit (KRW)	0
Veiligheid – aardbevingen	Aardbevingsschade aan bebouwing	-
Waterkeringen	Levensduur waterkeringen	-

Tabel S 5 Locatieafhankelijke effecten

Milieuthema	Criterium	L1-N	L1-Z	L2-N	L2-Z
Aanlegfase					
Natuur	Oppervlakteverlies	0	0	0	0
	Verstoring	0	0	0	0
	Vermesting en verzuring	-	-	-	-
	Verdroging en vernatting	0	0	0	0
Milieu - Geluid	Geluidbelasting vanwege heiwerkzaamheden	-	-	0/-	0/-
	Geluidbelasting vanwege booractiviteiten	0/-	0/-	0/-	0/-
	Geluidbelasting vanwege aanleg leidingtracé	0	0	0	0
	Geluidbelasting vanwege affakkelen	-	-	0/-	0/-
	Geluidbelasting vanwege indirecte hinder	0	0	0	0
Milieu - Luchtkwaliteit	Immissieconcentratie toename NO_2	0	0	0	0
	Immissieconcentratie toename PM_{10}	0	0	0	0
Milieu - Lichthinder	Directe lichtinval	0	0	0	0
	Zichtbaarheid	-	-	-	-
Externe veiligheid	Plaatsgebonden risico	0	0	0	0
	Groepsrisico	0	0	0	0
Archeologie	Aantasting bekende archeologische waarden	0/-	0/-	0/-	0/-
	Aantasting verwachte archeologische waarden	-	0	-	0
Landschap en cultuurhistorie	Verandering patronen, lijn- en punt elementen	0/-	-	-	- -
	Belevingswaarde/ visuele invloed	-	0/-	- -	- -
	Historische geografie	-	0/-	- -	-

Milieuthema	Criterium	L1-N	L1-Z	L2-N	L2-Z
	Historische (steden)bouwkunde	0/-	0	0/-	0
Winning					
Natuur	Verdroging en vernatting	0	0	0	0
Milieu	Geluid	0	0	0	0
	Luchtkwaliteit	0	0	0	0
	Lichthinder	0	0	0	0
Externe veiligheid	Plaatsgebonden risico	0/-	0/-	0/-	0/-
	Groepsrisico	0	0	0	0
Archeologie	Aantasting bekende archeologische waarden	0	0	0	0
	Aantasting verwachte archeologische waarden ('karterend onderzoek 1 en 2')	0/-	0/-	0/-	0/-
Landschap en cultuurhistorie	Verandering patronen, lijn- en punt elementen	0	0	0/-	0/-
	Belevingswaarde/ visuele invloed	0	0	0/-	0/-
	Historische geografie	0	0	0	0
	Historische (steden)bouwkunde	0	0	0	0
Verwijderingsfase					
Natuur	Vermesting en verzuring	0	0	0	0
	Verdroging en vernatting	0	0	0	0
	Verstoring	0	0	0	0
Milieu	Geluid	0	0	0	0
	Luchtkwaliteit	0	0	0	0
	Lichthinder	0	0	0	0
Externe veiligheid	Plaatsgebonden risico	n.v.t.			
	Groepsrisico	n.v.t.			
Archeologie	Aantasting verwachte archeologische waarden	n.v.t.			
	Aantasting bekende archeologische waarden	n.v.t.			
Landschap en cultuurhistorie	Verandering patronen, lijn- en punt elementen	0/+	0/+	0	0
	Belevingswaarde/ visuele invloed	0/+	0/+	0	0
	Historische geografie	0/+	0/+	0	0
	Historische (steden)bouwkunde	0/+	0/+	0	0

Ook het aspect verkeersveiligheid is beoordeeld. In de aanlegfase is sprake van verkeersbewegingen voor de aanvoer van materiaal en materieel voor de aanleg van de productielocatie. Dit zijn vrachtwagenbewegingen die kunnen leiden tot verkeersveiligheidsknelpunten op de wegen in de omgeving. Er zijn diverse routes naar de locaties. Op elk van deze routes kunnen er conflictsituaties optreden. NAM kiest de route met de minste conflictsituaties en meeste geschiktheid van het wegtype. Iedere aanrijroute passeert tenminste 1 conflictpunt. De aanrijroute over de N358 is het meest geschikt voor vrachtverkeer. De overige aanrijroutes zijn niet geschikt voor vrachtverkeer, bijvoorbeeld door smalle erftoegangswegen.

De meeste locatieonafhankelijke effecten treden op tijdens de winning. De locatieafhankelijke effecten treden voornamelijk op in de aanlegfase.

De locatieonafhankelijke effecten als gevolg van de **winning** zijn over het algemeen neutraal beoordeeld. Dit komt doordat de omvang van de gaswinning plaatsvindt binnen de beschikbare gebruiksruimte. Geo- en hydromorfologische effecten en de doorwerking daarvan op natuur, grond- en oppervlaktewaterkwaliteit zijn daardoor uitgesloten. Uitzondering hierop zijn de effecten van zandsuppleties op Natura 2000-gebied Noordzeekustzone. Daar kunnen (significante) effecten niet op voorhand worden uitgesloten, maar deze zijn door middel van mitigerende maatregelen wel te voorkomen. De beperkte bodemdaling die optreedt heeft daarnaast een doorwerking op het land. De gaswinning is een ingreep in de bodem, waardoor de functies van het ondergronds watersysteem en de bodemlagen worden aangetast, met (licht) negatieve effecten zoals; emissies naar grondwater, scheefstelling van het maaiveld, potentiële aantasting van archeologische waarden en een verkorte levensduur van de waddenzeedijk als gevolg. Daarnaast veroorzaakt de gaswinning een toename van het aardbevingsrisico. Dit risico wordt laag geschat (risicocategorie 1), maar is desalniettemin aanwezig.

De locatieafhankelijke effecten houden verband met de specifieke positie van de productielocatie ten opzichte van de omgeving en/of de ingrepen in de bodem die nodig zijn voor het leidingtracé. In de **aanlegfase** is op maaiveld sprake van de oprichting van een boorinstallatie, dat gepaard gaat met hinderfactoren zoals geluid, licht en luchtkwaliteit en een negatieve doorwerking op natuur (geluidhinder). Daarnaast verstoort de boorinstallatie ook het open agrarische landschap en historische dorpsgezichten. In de bodem is ook sprake van negatieve effecten, door heiwerkzaamheden en de aanleg van het leidingtracé. Landschappelijke en archeologische waarden in de ondergrond worden hierdoor aangetast. Omtrent verkeer geldt voor beide locatiealternatieven dat de route er naartoe niet geheel vrij is van conflictpunten, waardoor deze negatief zijn beoordeeld.

Tijdens de **winning** is sprake van een verhoogd veiligheidsrisico voor woningen en ander gevoelige bestemmingen in de omgeving. Daarnaast is er voor Locatie 2 nog sprake van licht negatieve effecten ten aanzien van verandering van patronen, lijn- en puntelementen en aantasting van de belevingswaarde/ visuele invloed. Dit komt vanwege de langdurige aanwezigheid van een productielocatie in een open landschap dat in de huidige situatie nog onaangetast is.

In de **verwijderingsfase** wordt het gebied weer teruggebracht in de oorspronkelijke situatie. Hierbij is geen sprake van negatieve effecten, omdat de effecten ofwel niet langer optreden, zoals hinder, veiligheidsrisico's en visuele invloed, ofwel omdat in de aanlegfase bepaalde waarden onomkeerbaar zijn aangetast, waardoor de verwijderingsfase geen nieuwe effecten veroorzaakt, zoals voor archeologie. Het verwijderen van de zichtbare installaties en verhardingen heeft een licht positief effect voor L1. De alternatieven met L1 zijn licht positief beoordeeld (score: 0/+). De overige alternatieven zijn neutraal beoordeeld, hier treden geen effecten op (score: 0).

Voorkeursalternatief

Het ministerie van EZK neemt op basis van de informatie uit het MER een besluit over het voorkeursalternatief.

Mitigerende maatregelen

Voor de milieuaspecten waarbij negatieve effecten worden verwacht, is gezocht naar de mogelijkheden om deze effecten met mitigerende maatregelen te minimaliseren. Voor de milieuaspecten waarbij geen sprake is van significante (negatieve) effecten, zijn geen mitigerende maatregelen noodzakelijk. De maatregelen zijn in onderstaande tabel beschreven.

Tabel S 6 Overzicht mitigerende maatregelen

Milieuaspect	Effect	Mitigerende maatregel	Toepassing	Verplichting?
Natuur	Verstoring door geluid	Uitvoeren aanlegwerkzaamheden buiten het broedseizoen (15 maart – 15 juli) **Indien niet mogelijk**: potentiële broedlocaties ongeschikt maken, voorafgaand aan het broedseizoen	Productielocaties (beide) & leidingtracés	Ja
	Effecten van affakkelen	Affakkelen voorkomen gedurende vogeltrekperioden (voorjaar, najaar)	Productielocaties (beide)	Nee
	Effecten van zandsuppleties	• Afstand houden tot concentraties zeevogels en rustplaatsen van zeehonden in gevoelige perioden; • Niet suppleren op scheldierbanken; • Niet suppleren op en in nabijheid van bekende locaties van op strand broedende vogelsoorten	Voorgenomen activiteit algemeen	Nee
Geluid	Geluidbelasting heiwerkzaamheden	Toepassen van een heimantel of het plaatsen van een zo hoog (10 meter of hoger) mogelijk L-vormig geluidsscherm aan de zuidzijde. Zo kan de geluidbelasting ter plaatse van (meeste) woningen voldoen aan de dagwaarde van 60 dB(A), maar niet aan de strengere norm van 50 dB(A) dat geldt voor de winning.	Productielocatie 1	Ja
	Geluidbelasting affakkelen	Beperken van het aantal fakkels en/of vermijden van het affakkelen in de avond- en nachtperiode, indien de veiligheid dat toelaat.	Productielocaties (beide)	Nee
Licht	Aantasting hemelhelderheid	Het toepassen van ledverlichting (puntverlichting, straalt minder naar de omgeving). Het achterwege laten van verlichting daar waar het kan.	Productielocaties (beide)	Nee
Landschap en cultuurhistorie	Aantasting patronen, lijn- en puntelementen	Aanleg terrein van de boorinstallatie inclusief ontsluitingsweg op basis van het huidige verkavelingspatroon.	Productielocatie 2	Nee
Archeologie	Aantasting archeologische waarden	Archeologische waarden in de bodem onaangetast laten (behoud in situ) door middel van planaanpassing. **Indien niet mogelijk**: documenteren van de te vernietigen waarden door middel van een archeologische opgraving	Productielocatie 2 + leidingtracés	Ja

Milieuaspect	Effect	Mitigerende maatregel	Toepassing	Verplichting?
Verkeer	Verkeersveiligheid	Vrachtwagens onder begeleiding naar de productielocatie leiden	Productielocaties (beide)	Nee, maar wel zeer wenselijk
		Inzetten van verkeersregelaars op momenten dat vrachtwagens de productielocatie willen bereiken	Productielocaties (beide)	Nee
		Tijdvakken aanwijzen waarin vrachtverkeer de productielocatie mag bereiken en deze communiceren met het dorp	Productielocaties (beide)	Nee
		Tijdelijk opheffen van de wegversmalling op de N358 ter hoogte van het kruispunt richting de tennisbanen (voldoende ruimte voor vrachtverkeer om de bocht te kunnen maken)	Productielocatie 1	Nee
Aardbevingen	Gebouwschade	Nulmeting om vroegtijdig te bepalen of preventieve maatregelen noodzakelijk zijn.	Algemeen	Nee
		Vergoeden van aardbeving geïnduceerde schade conform burgerlijk recht	Algemeen	Ja

Leemten in kennis en monitoringsprogramma

Voor enkele milieuaspecten zijn nog leemten in kennis. Dat geldt voor geluid, luchtkwaliteit, licht, externe veiligheid, verkeer en archeologie. Omdat is gerekend met conservatieve uitgangspunten wordt verwacht dat de effecten minder negatief uitpakken dan in dit MER beoordeeld. De leemten in kennis zijn geen belemmering voor de besluitvorming, maar de volgende aandachtspunten zijn nog van belang:

- Externe veiligheid: Indien locatie 2 als voorkeurslocatie wordt gekozen, dan dient er een locatie specifieke QRA worden opgesteld;
- Verkeer: de tijden van transport zijn nu nog niet bekend, dus verkeersveiligheid is gebaseerd op schattingen. Om exacte cijfers te verkrijgen moeten tellingen worden verricht.
- Archeologie: Een inherent probleem aan archeologie is dat de waardebepaling gedeeltelijk gebaseerd wordt op aannamen en beperkte informatie. Er wordt daarom in het bureauonderzoek en op verwachtings- en beleidskaarten gesproken over verwachtingen.

Het HadK-principe bij de Gaswinning MLV omvat een meetprogramma voor het vaststellen van de bodemdaling van de ondergrond en een monitoringsprogramma. Het monitoringsprogramma bestaat uit signaleringsmetingen, om vast te stellen of zich geen onverwachte ontwikkelingen voordoen die zouden kunnen samenhangen met de bodemdaling voor gaswinning. Het voorstel is om aan te sluiten bij het bestaande monitoringsprogramma Gaswinning MLV. Hiermee worden de effecten op de Waddenzee en de bodemdaling verder over land al gemonitord.

Daarnaast zijn nog enkele andere monitoringsprogramma's in het gebied, waarbij aangesloten kan worden voor de monitoring van effecten van de gaswinning. Zo meet het KNMI seismiciteit in en rondom Nederland met diverse seismometers, waaronder een borehole sensor bij Niawier, in de gemeente Noardeast-Fryslân. Het Wetterskip Fryslân monitort onder andere het waterpeil, de waterkwaliteit en het onderhoud van de dijken. Er kan dus voor een aantal potentiele milieueffecten aangesloten worden bij bestaande monitoringsprogramma's.

Specifiek ten aanzien van aardbevingen wordt voor Ternaard aanbevolen om aanvullende monitoring toe te passen in de vorm van versnellingsmeters.

Specifiek voor archeologie is op basis van het bureauonderzoek archeologie (Benjamins 2016; Mol en Ytsma 2017) een archeologische verwachting van het plangebied opgesteld. Het booronderzoek op het zuidelijke tracé heeft geresulteerd in het bijstellen van de archeologische verwachting naar ‘laag’. Om de verwachting van het noordelijke tracé te toetsen en eventueel aanwezige archeologische vindplaatsen te lokaliseren, dient ook hier inventariserend veldonderzoek uitgevoerd te worden. Voor het bestemmingsplan is het van belang/verplicht om op locaties met een hoge archeologische verwachting archeologisch veldonderzoek uit te voeren om deze kennislacunes te vullen. Dit volgt uit de archeologieverordening.

Conform het beleid van de Provincie Fryslân bestaat vervolgonderzoek op het noordelijke tracé ook uit inventariserend veldonderzoek karterende fase (booronderzoek). Indien uit de resultaten van het booronderzoek blijkt dat zich binnen het plangebied een of meerdere vindplaatsen bevinden die niet in situ behouden kunnen blijven, dient waarderend veldonderzoek (proefsleuvenonderzoek) of een archeologische opgraving uitgevoerd te worden. Dit geldt ook voor de mogelijke vindplaats op het zuidelijke tracé die is gelokaliseerd op basis van de resultaten van het reeds uitgevoerde karterend booronderzoek.

DEEL A: HOOFDLIJNEN

1 INLEIDING

De Nederlandse Aardoliemaatschappij B.V. (hierna: NAM) is voornemens een productieboring uit te voeren naar het Ternaard gasveld. Het Ternaard gasveld ligt op ruim 3 kilometer diepte, ten noorden van het dorp Ternaard in de gemeente Noardeast-Fryslân. Een klein deel van dit gasveld ligt onder land. Het grootste deel van dit gasveld ligt onder de Waddenzee – grofweg tussen de kust bij Ternaard en Ameland – onder het kombergingsgebied 'Pinkegat'. In Figuur 1-1 is de ligging van het Ternaard gasveld weergegeven. Om de boring, de winning van het gas en de aanleg van een transportleiding mogelijk te maken, moet een winningsplan worden goedgekeurd, verschillende vergunningen worden verleend en een inpassingsplan worden vastgesteld. Ter onderbouwing van deze besluiten is dit milieueffectrapport (verder: MER) opgesteld. Dit MER ligt zowel ten grondslag aan het inpassingsplan als van het winningsplan en de benodigde vergunningen. Er wordt voor het project Boring en gaswinning Ternaard een gecombineerd plan-/projectMER opgesteld. In paragraaf 1.4 worden de te nemen besluiten nader toegelicht. De onderbouwing van nut en noodzaak van een productieboring in het Ternaard-gasveld is gegeven in Hoofdstuk 2.

Figuur 1-1 Ligging Ternaard gasveld

1.1 Doel van het project

Het doel van het project boring en gaswinning Ternaard is:

> *Het op duurzame, veilige en optimale wijze winnen van het aardgas uit het Ternaard gasveld, binnen de beschikbare gebruiksruimte voor gaswinning in de Waddenzee en met toepassing van het 'hand aan de kraan'-principe.*

Uitgangspunt daarbij is dat vigerende vergunningvereisten voor bestaande winningen onder de Waddenzee ten aanzien van bodemdaling, de gevolgen voor de natuur en het meten en monitoren op vergelijkbare wijze toegepast worden op de gaswinning uit het Ternaard gasveld. In essentie betekent dit dat gewerkt wordt volgens het 'hand aan de kraan'-principe (hierna: HadK-principe). Dit principe houdt in dat de gaswinning beperkt of stilgelegd wordt, zodra blijkt dat de natuurgrens (het 'meegroeivermogen') van de Waddenzee wordt overschreden. Zo wordt voorkomen dat de bodem sneller daalt dan het natte deel van het Waddensysteem kan compenseren door de aanvoer van slib en zand. Hierbij wordt ook rekening gehouden met de zeespiegelstijging. Door deze factoren mee te wegen, kan de 'gebruiksruimte' worden bepaald: de bodemdaling die als gevolg van de gaswinning op mag treden, zonder dat er significant negatieve effecten op het Waddensysteem ontstaan.

Bij de aanlegfase, winning- en verwijderingsfase maakt NAM gebruik van zogenoemde "best beschikbare technieken" met een minimale impact op de omgeving. De activiteiten die nodig zijn voor gaswinning hebben effect op de omgeving. Daarom vindt NAM het van het grootste belang om belanghebbenden te informeren over en te betrekken bij het voornemen. De Notitie Reikwijdte en Detailniveau (hierna: NRD) is hiervoor, als eerste formele stap in de m.e.r.-procedure, als startpunt gehanteerd. Dit MER is de vervolgstap in de m.e.r.-procedure. De afkorting "m.e.r." heeft betrekking op de procedure. Wanneer de afkorting "MER" wordt gebruikt, gaat het om het rapport.

De NRD lag ter inzage van 9 september tot en met 20 oktober 2016. De zienswijzen, reacties en adviezen, waaronder het advies van de Commissie voor de m.e.r. zijn meegenomen bij het vaststellen van de definitieve NRD en opstellen van dit MER.

Met het opstellen van dit MER brengt NAM de effecten op de omgeving vooraf zorgvuldig in beeld. Tijdens en na de uitvoering van de activiteiten worden de effecten zorgvuldig gemonitord. In hoofdstuk 7 van dit MER is ingegaan op de sociale impact van de voorgenomen activiteit en de wijze waarop NAM met zorgen en wensen van de omgeving (de gemeente Noardeast-Fryslân) omgaat. In hoofdstuk 9 is ten slotte ook een aanzet voor een monitoringsprogramma opgenomen.

1.2 Benodigde en te nemen besluiten

Rijkscoördinatieregeling (RCR)

Op dit project is de rijkscoördinatieregeling (RCR) van toepassing. De RCR is bedoeld om bij projecten van nationaal belang de besluitvorming te stroomlijnen en te versnellen. Ook de besluitvorming over energie-infrastructuurprojecten verloopt via een RCR. Op grond van de Mijnbouwwet wordt de RCR standaard toegepast op een mijnbouwwerk ten behoeve van de opsporing of winning van koolwaterstoffen in of onder een gebied dat op grond van de Wet natuurbescherming is aangewezen als een Natura 2000-gebied (art. 141A, lid 1, sub a Mijnbouwwet). Omdat het Ternaard gasveld grotendeels onder het Natura 2000-gebied Waddenzee ligt, is de RCR van toepassing. De minister van Economische Zaken en Klimaat (hierna: EZK) is voor dit project aangewezen als projectminister. Omdat de RCR van toepassing is, is ook de Crisis en herstelwet (Chw) op dit project van toepassing.

Voor de gaswinning Ternaard zijn verschillende m.e.r.- en m.e.r.-beoordelingsplichtige besluiten benodigd. Een toelichting op de m.e.r.- en/of m.e.r.- beoordelingsplicht is opgenomen in paragaaf 1.3. Bij het winnen van gas dient voor diverse activiteiten een vergunning te worden aangevraagd. Daarnaast moeten meldingen worden gedaan en ontheffingen worden aangevraagd. In Tabel 1-1 is een overzicht opgenomen van en toelichting op de belangrijkste te nemen en overig te nemen besluiten gekoppeld aan de bijbehorende wettelijke kaders. Dit overzicht is niet uitputtend, maar geeft de voornaamste vergunningen weer die benodigd zijn voor de voorgenomen activiteit.

Tabel 1-1 Overzicht van vergunningen, meldingen, plichten, plannen en ontheffingen voor de voorgenomen activiteit

Wetgeving	Vergunning, ontheffing, melding, plicht, plan
Mijnbouwwet	De Mijnbouwwet heeft betrekking op de wetgeving rondom het onderzoek naar en het winnen van delfstoffen en met de mijnbouw verwante activiteiten. Op 1 januari 2017 is de mijnbouwwet herzien. In de nieuwe wet is onder meer aandacht voor veiligheid voor omwonenden. **Winningsvergunning** Voor de winning van gas is een winningsvergunning vereist. Een winningsvergunning geeft de vergunninghouder het exclusieve recht om in een bepaald gebied een bepaalde delfstof te winnen. NAM beschikt al over de winningsvergunning Noord-Friesland, waarbinnen het Ternaard gasveld gelegen is. **Instemming winningsplan (art. 34, lid 3)** Het winnen van delfstoffen geschiedt overeenkomstig een winningsplan. In het winningsplan staat beschreven hoeveel delfstoffen er naar verwachting in de bodem aanwezig zijn en waar deze delfstoffen zijn gelegen. Daarnaast staat in het winningsplan ook de duur van de winning vermeld en de wijze waarop wordt gewonnen. Een ander belangrijk onderdeel van het winningsplan is een beschrijving van de mogelijke bodembeweging (bodemdaling en aardbevingsrisico) als gevolg van het voornemen.
Mijnbouwbesluit	De initiatiefnemer dient een rampenbestrijdingsplan op te stellen voor elk mijnbouwwerk dat in gebruik is ten behoeve van de opsporing, de winning of de opslag van delfstoffen. **Instemming meetplan (art. 30 Mbb)** Voordat de initiatiefnemer kan overgaan tot winning, dient de uitvoerder metingen te verrichten naar bodembeweging ten gevolge van het winnen van delfstoffen. Deze metingen worden verricht overeenkomstig een meetplan. De Minister van EZK dient in te stemmen met het meetplan voordat tot winning kan worden overgegaan. Daarnaast is het verboden om zonder instemming van de Minister van EZK een mijnbouwwerk te plaatsen, dat uitsluitend bestemd is voor de winning. **Transportleidingvergunning (art. 94 Mbb)** Voor het aanleggen van een transportleiding is een transportleidingvergunning vereist van de Minister van EZK. Een transportleiding moet voldoende sterk zijn en moet daarnaast bestand zijn tegen bijvoorbeeld corrosie. **Instemming ingebruikname transportleiding (art. 97 Mbb)** De instemming van de Minister is vereist voordat de transportleiding in gebruik mag worden genomen.
Wet ruimtelijke ordening	De Wro is het instrument om ruimtelijke behoeften als wonen, werken, recreëren, mobiliteit, water en natuur in een samenhangende benadering te verdelen. Ook locaties en tracés die nodig zijn voor het opsporen en winnen van gas moeten bestemd worden. **Inpassingsplan** De mijnbouwlocatie Ternaard is al opgenomen in het bestemmingsplan. Het leidingtracé noch alternatieven voor de mijnbouwlocatie Ternaard zijn opgenomen in het bestemmingsplan. De juridische borging van het leidingtracé en eventuele alternatieve locaties voor de mijnbouwlocatie Ternaard in zoekgebied oost of west, vindt in dit geval plaats in een Rijksinpassingsplan. Ten behoeve van dit Rijksinpassingsplan wordt een gecombineerd project/planMER opgesteld.
Wet algemene bepalingen omgevingsrecht	**Omgevingsvergunning voor mijnbouwwerken en inrichtingen**

Wetgeving	Vergunning, ontheffing, melding, plicht, plan
	De vergunningplicht voor mijnbouwwerken en inrichtingen is gebaseerd op art. 2.1, lid 1, onder e Wabo. Het gaat dan om inrichtingen waarvoor in bijlage I van het Bor een vergunningplicht geldt (zogenaamde vergunning plichtige inrichtingen).
Wet natuurbescherming	Sinds 1 januari 2017 is de Wet natuurbescherming van kracht. Deze vervangt drie wetten: de Natuurbeschermingswet 1998, de Boswet en de Flora- en faunawet. **Vergunning Wet natuurbescherming** Op grond van de Wet natuurbescherming dient een vergunning te worden aangevraagd voor projecten of andere handelingen die een significant negatief effect kunnen hebben op beschermde gebieden en/of beschermde soorten. Deze aanvraag wordt getoetst aan de Wet natuurbescherming. Om te bepalen of activiteiten significante effecten hebben op Natura 2000-gebieden wordt een Passende Beoordeling opgesteld. Of de activiteit een negatief effect hebben op beschermde soorten kan worden uitgewerkt in een flora- en faunaonderzoek en -toets.
Erfgoedwet 2016; Monumentenwet 1988.	De Erfgoedwet voegt de bestaande wet- en regelgeving op het gebied van cultureel erfgoed samen. De Erfgoedwet is de opvolger van de Monumentenwet (1988). De bescherming van cultureel erfgoed in de fysieke omgeving wordt vanaf 2021 geborgd in de nieuwe Omgevingswet. **Bescherming van cultureel erfgoed** De Erfgoedwet borgt de bescherming van onroerend en roerend cultureel erfgoed en omvat zowel de bescherming van gebouwen (Rijks- of gemeentelijke monumenten), Stads- of Dorpsgezichten en van elementen/ensembles van de (Voorlopige) Werelderfgoedlijst. De Erfgoedwet regelt de aanwijzing van monumenten, terwijl de (nog in te voeren) Omgevingswet de bescherming van de monumenten regelt via vergunningplichten en omgevingsplannen. Tot de Omgevingswet in werking treedt, blijven de bepalingen uit de Monumentenwet (1988) gelden voor de bescherming van reeds aangewezen monumenten. De wet verbiedt om zonder vergunning een beschermd monument af te breken, te verstoren, te verplaatsen of in enig opzicht te wijzingen.

1.3 Milieueffectrapportage

Gekoppeld aan de te nemen besluiten is dit MER opgesteld als onderdeel van de m.e.r.-procedure die voor dit project wordt doorlopen. Onderstaand is een toelichting op de m.e.r-plicht voor dit project opgenomen, gevolgd door een toelichting op de te doorlopen m.e.r.-procedure.

1.3.1 m.e.r.-plicht

Voor een aantal activiteiten die mogelijk gevolgen hebben voor het milieu is het verplicht om een m.e.r.-procedure te doorlopen. Voor andere activiteiten is het verplicht om te bepalen of een m.e.r. al dan niet noodzakelijk is, de zogenaamde m.e.r.-beoordelingsplicht. In het Besluit milieueffectrapportage (hierna: Besluit m.e.r.) is opgenomen voor welke activiteiten en in welke gevallen een m.e.r.-plicht of een m.e.r.-beoordelingsplicht geldt. Voor de boringen naar en winning van aardgas zijn verschillende activiteiten uit het Besluit m.e.r. van toepassing. Onderstaand worden deze benoemd en toegelicht.

Diepboring

Op de voorgenomen gasboring is categorie 17.2 uit bijlage D van het Besluit m.e.r. van toepassing. Deze activiteit betreft: *Diepboringen dan wel een wijziging of uitbreiding daarvan (…) met uitzondering van boringen voor het onderzoek naar de stabiliteit van de grond.* Een dergelijke activiteit is in alle gevallen m.e.r.-beoordelingsplichtig en gekoppeld aan het besluit zoals opgenomen in kolom 4 van activiteit D17.2 in het Besluit m.e.r., zijnde de benodigde vergunning, of het concrete ruimtelijke ordeningsbesluit. In dit geval is dat het besluit over het Rijksinpassingsplan.

Oprichting installatie

NAM overweegt meerdere locatiealternatieven voor de productielocatie. Enerzijds kan geboord worden vanaf een reeds bestaande locatie nabij Ternaard. Hier bevindt zich al een oppervlakte-installatie, maar hier is nog geen boorinstallatie aanwezig. Anderzijds wordt een nieuwe productielocatie overwogen. Voor het oprichten van een installatie voor gaswinning is categorie 17.3 van bijlage D van het Besluit m.e.r. van toepassing. Deze activiteit betreft*: De oprichting van oppervlakte-installaties van bedrijven voor de winning van aardolie of aardgas*. Ook deze activiteit is in alle gevallen m.e.r.-beoordelingsplichtig en gekoppeld aan de benodigde vergunning. De benodigde vergunning is in dit geval een omgevingsvergunning voor mijnbouwwerken en inrichtingen op grond van de Wabo.

Winning

Voor de winning van aardgas is bijlage C categorie 17.2 van het Besluit m.e.r. van toepassing. Deze activiteit betreft: *De winning van aardolie en aardgas dan wel de wijziging of uitbreiding daarvan.* Een dergelijke activiteit is m.e.r.-plichtig in gevallen waarin de activiteit betrekking heeft op een gewonnen hoeveelheid van (…) meer dan 500.000 m^3 aardgas per dag. De m.e.r.-plicht is gekoppeld aan het besluit zoals opgenomen in kolom 4 van activiteit C17.2 in het Besluit m.e.r., zijnde de benodigde vergunning /of het concrete ruimtelijke ordeningsbesluit.

De hoeveelheid gas die dagelijks gewonnen kan worden is onder andere afhankelijk van de gebruiksruimte, de eigenschappen van het gasveld en de capaciteit van de boorinstallatie. De verwachting is dat winning uit het Ternaard gasveld meer dan 500.000 m^3 aardgas per dag zal bedragen gedurende ongeveer de eerste 5 jaar. Dit betekent dat voor het voornemen een m.e.r.-plicht geldt.

Aanleg transportleiding

Naast bovengenoemde m.e.r.-(beoordelings-)plicht voor de gasboring, de gaswinninginstallatie en de winning moet er een transportleiding worden aangelegd. Voor de aanleg van een gasleiding is bijlage D, categorie 8.1 van het Besluit m.e.r. van toepassing. Deze activiteit betreft: *De aanleg, wijziging of uitbreiding van een buisleiding voor het transport van aardgas in gevallen waarin de activiteit betrekking heeft op een buisleiding die over een lengte van 5 kilometer of meer is gelegen of geprojecteerd in een gevoelig gebied*[4]*.*

De transportleiding die voor het voornemen aangelegd moet worden (in totaal circa 6-8 km), ligt niet over een lengte van meer dan 5 kilometer in gevoelig gebied[5]. Deze m.e.r.-beoordelingsplicht is daarom niet van toepassing op het voornemen. Er is wel sprake van een zogenaamde vormvrije m.e.r.-beoordelingsplicht[6].

[4] Het besluit milieueffectrapportage hanteert een in bijlage onderdeel A een uitgebreide definitie voor gevoelig gebied. In hoofdlijnen komt het neer op gebieden die beschermd zijn vanwege hun natuurlijke, landschappelijke of cultuurhistorische waarde. Ook gebieden die zijn beschermd in het kader van waterwinning worden bestempeld als gevoelig gebied.

[5] Alle alternatieven liggen over een lengte van enkele honderden meters in landschappelijk waardevol gebied (waarde “Reliëf” in Bestemmingsplan Bûtengebiet Dongeradeel).

[6] In het geval een activiteit is opgenomen in bijlage D van het Besluit m.e.r., maar niet aan de gestelde drempelwaarde voldoet moet het bevoegd gezag nagaan of er alsnog sprake kan zijn van aanzienlijke milieugevolgen.

Samenhang activiteiten

In het geval van het project Boring en Gaswinning Ternaard is er sprake van meerdere met elkaar samenhangende activiteiten, die in gezamenlijkheid de voorgenomen activiteit 'boring en de gaswinning' mogelijk maken. De activiteit 'winning' leidt in dit geval direct tot m.e.r.-plicht. Voor de overige activiteiten is sprake van m.e.r. -beoordelingsplicht. Omdat er sprake is van samenhang tussen de activiteiten moeten alle activiteiten tot het voornemen worden gerekend. Dit MER beschrijft daarom de effecten van het voornemen in zijn totaliteit, dus van alle deelactiviteiten.

Dat betekent dat in voorliggend MER zowel wordt ingegaan op de milieueffecten die van belang zijn voor het afwegen van de locatiekeuze alsook de milieueffecten die kunnen plaatsvinden als gevolg van de aanleg- en gebruiksfase van de benodigde installaties en leidingen. Voor de m.e.r.- beoordelingsplichtige deelactiviteiten worden geen m.e.r.- beoordelingsprocedures (meer) doorlopen. Deze deelactiviteiten maken zoals gezegd integraal onderdeel uit van voorliggend MER.

Bij het opstellen van voorliggend MER is daartoe voor de gehele voorgenomen activiteit aangesloten bij de inhoudelijke vereisten voor een MER zoals is vastgelegd in artikel 7.7 (m.e.r.-plichtige plannen) en artikel 7.23 (m.e.r.-plichtige besluiten) van de Wet milieubeheer.

Gecombineerd plan-/project-MER

Om de productielocatie voor de winning en het leidingtracé planologisch mogelijk te maken, wordt er naast de benodigde vergunningen en het winningsplan ook een inpassingsplan opgesteld. Dit inpassingsplan is een plan-m.e.r.-plichtig besluit, omdat deze kaderstellend is voor de boven benoemde m.e.r.-plichtige en m.e.r.-beoordelingsplichtige besluiten.

Dit MER ligt zowel ten grondslag aan het inpassingsplan als aan het winningsplan en de benodigde vergunningen. Er wordt voor het project Boring en gaswinning Ternaard een gecombineerd plan- /project-MER opgesteld.

Omdat significante[7] effecten van het voornemen op Natura 2000-gebieden op voorhand niet kunnen worden uitgesloten, bestaat de noodzaak voor een Passende Beoordeling. Ook dit is aanleiding om gekoppeld aan het inpassingsplan een (plan)-m.e.r. procedure te moeten doorlopen. De Passende Beoordeling is als bijlage opgenomen van dit MER.

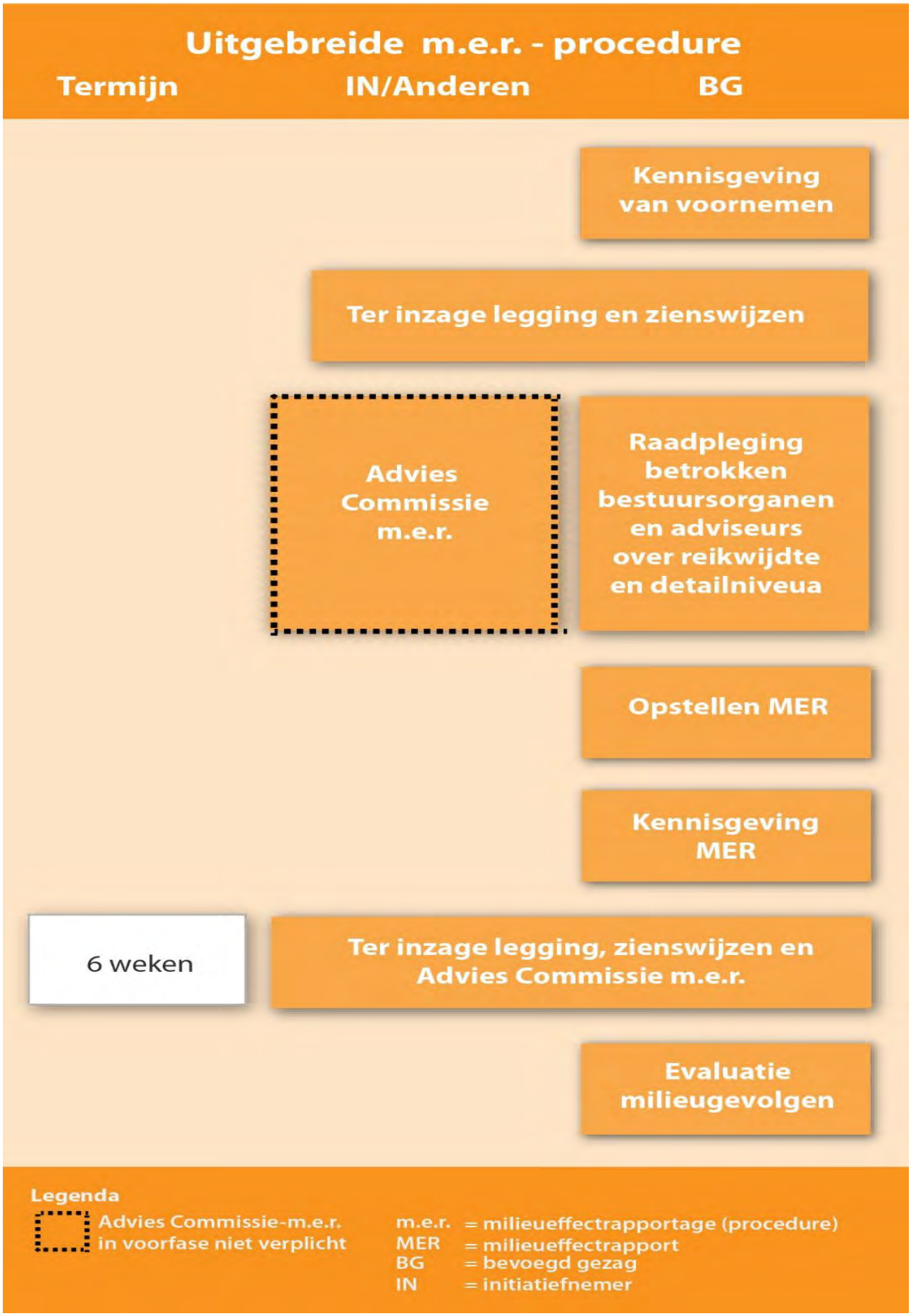
1.3.2 Uitgebreide m.e.r.- procedure

De m.e.r.-procedure kent een beperkte en een uitgebreide variant. Voor projecten waarbij een Passende Beoordeling opgesteld wordt, dient altijd de uitgebreide m.e.r.-procedure te worden doorlopen. Daarnaast geldt dat een Inpassingsplan moet worden opgesteld. Voor een ruimtelijk plan is in het geval van m.e.r.-plicht in alle gevallen sprake van een uitgebreide m.e.r.-procedure.

De m.e.r.-procedure is officieel van start gegaan met een openbare kennisgeving en de ter inzage legging van de NRD (9 september – 20 oktober 2016). Belanghebbenden zijn in de gelegenheid gesteld om, door middel van zienswijzen, een reactie te geven op de voorgestelde aanpak voor het MER.

In Figuur 1-2 is de uitgebreide m.e.r.-procedure weergegeven. Vervolgens zijn de stappen uit de m.e.r.-procedure vanaf het opstellen van het MER toegelicht.

[7] In de Leidraad significantie van het Steunpunt Natura 2000 is significantie als volgt gedefinieerd: Indien als gevolg van een ingreep de toekomstige oppervlakte habitat of leefgebied, aantal van een soort dan wel kwaliteit van een habitat lager zal worden dan zoals bedoeld in de instandhoudingsdoelstelling, dan kan sprake zijn van significante gevolgen.



Figuur 1-2 Uitgebreide m.e.r.-procedure

MER

Op basis van het advies van het bevoegd gezag (mede gebaseerd op het advies van de Commissie m.e.r.) over de Notitie Reikwijdte en Detailniveau (NRD) voor het MER, is onderhavig MER opgesteld.

Kennisgeving, zienswijzen en advies Commissie m.e.r.

Het doel van de m.e.r.-procedure is het milieubelang een volwaardige rol te laten spelen in de besluitvorming. Het MER wordt zes weken ter visie gelegd. Tijdens de tervisielegging is er gelegenheid tot het indienen van zienswijzen.

Een speciaal aandachtspunt is de toetsing van het MER. De onafhankelijke Commissie m.e.r. toetst of er voldoende informatie beschikbaar is voor de besluitvorming.

Besluit, motivering, bekendmaking en mededeling

Pas wanneer de m.e.r.-procedure correct en volledig is doorlopen, de Commissie m.e.r. haar toetsingsadvies heeft gegeven en de besluiten, inclusief de overweging ten aanzien van de alternatieven, goed zijn onderbouwd met het MER, dan kunnen deze besluiten worden opgesteld en vastgesteld door het bevoegd gezag. In de verschillende besluiten moet worden gemotiveerd op welke wijze rekening is gehouden met:

7. De mogelijke gevolgen voor het milieu.
8. De ingebrachte zienswijzen.
9. Het advies van de Commissie m.e.r.

Na vaststelling van de besluiten vindt per besluit openbare kennisgeving plaats door het ministerie van EZK[8]. Ook zendt het ministerie een exemplaar van de betreffende besluiten toe aan degenen die bij de voorbereiding waren betrokken, inclusief degenen die een zienswijze hebben ingediend (7.38 Wm).

Bezwaar en beroep

De mogelijkheid om bezwaar te kunnen maken en beroep aan te kunnen tekenen tegen het vastgestelde plan of tegen het besluit volgen uit de wettelijke bepalingen waarin de betreffende vergunningsprocedure is vastgelegd. De m.e.r.-procedure voegt hier niets aan toe. Het onjuist of onvolledig doorlopen van de m.e.r.-procedure kan via de bezwaar- en beroepsprocedure leiden tot vernietiging van het vaststellingsbesluit van het betreffende plan of besluit.

Evaluatie

Na vaststelling van een m.e.r.-plichtig plan of het nemen van een m.e.r.-plichtig besluit moet het betreffende bevoegd gezag de daadwerkelijke milieugevolgen van de uitvoering van de voorgenomen activiteit evalueren (art. 7.39, lid 1 Wet milieubeheer), zoals omschreven in de evaluatieparagraaf van de genomen besluiten. Vanuit de m.e.r.-procedure in de Wet milieubeheer zijn hierover geen verdere eisen opgenomen. Wel is in dit MER een aanzet voor een evaluatieprogramma opgenomen. Dit is gepresenteerd in de effectenhoofdstukken in deel B en samengevat in hoofdstuk 9 van dit deel A. Bij de constatering dat de milieugevolgen ernstiger zijn dan verwacht, kan het bevoegd gezag maatregelen nemen.

1.4 Rijkscoördinatieregeling (RCR)

Zoals in paragraaf 1.2 is aangegeven is op dit project de rijkscoördinatieregeling (RCR) van toepassing. Onderstaand is dit nader toegelicht.

[8] Aangezien de voorgenomen activiteit een project onder de Rijkscoördinatieregeling betreft, coördineert r het ministerie van EZK de kennisgeving van de besluiten.

Juridische basis van de rijkscoördinatieregeling

De procedure die wordt aangeduid als de rijkscoördinatieregeling is geregeld in artikel 3.35, eerste lid, Wro en omvat twee elementen. Ten eerste een inpassingsplan, een ruimtelijk besluit van de rijksoverheid op basis van artikel 3.28 Wro, dat deel uit gaat maken van de ter plaatse reeds geldende bestemmingsplannen. Ten tweede de gecoördineerde voorbereiding door de rijksoverheid van de voor een project benodigde (overige) besluiten.

In verband met toepassing van de rijkscoördinatieregeling op energie-infrastructuurprojecten, is per wet[9] bepaald dat de rijkscoördinatieregeling wordt toegepast voor bepaalde projecten op het gebied van energie-infrastructuur. Met die wet zijn daartoe de Elektriciteitswet 1998, de Mijnbouwwet en de Gaswet gewijzigd. De toegang tot de rijkscoördinatieregeling vloeit voor het onderhavige project dan ook voort uit artikel 141A, eerste lid, van de Mijnbouwwet. Op grond van artikel 141A, eerste lid, van de Mijnbouwwet is de rijkscoördinatieregeling van toepassing, indien het gaat om de aanleg of uitbreiding van mijnbouwwerk ten behoeve van de opsporing of de winning van aardgas in of onder een Natura 2000-gebied.

Inpassingsplan

Ook het Rijk en de provincies hebben op basis van de Wro de bevoegdheid om bestemmingsplannen te maken. In die situaties wordt in de Wro gesproken van inpassingsplannen. Met dit instrument kunnen de nationale en/of provinciale belangen ruimtelijk vastgelegd worden. Dit is in paragraaf 3.5.1 van de Wro geregeld voor provinciale inpassingsplannen en in paragraaf 3.5.2 voor die van het Rijk.

De inhoudelijke en procedurele aspecten van een inpassingsplan zijn vrijwel gelijk aan die van het bestemmingsplan. Er bestaat wel een extra verplichting om de gemeenteraad (provinciaal inpassingsplan) of de gemeenteraad en de provinciale staten (bij een Rijksinpassingsplan) te horen. Hoe dit te doen is vormvrij.

Coördinatie uitvoeringsbesluiten

De rijkscoördinatieregeling maakt een parallelle en een gecoördineerde voorbereiding mogelijk van alle voor de verwezenlijking van het project benodigde besluiten (artikel 3.35, eerste lid, onder b, Wro). De besluiten worden voorbereid met toepassing van de uniforme openbare voorbereidingsprocedure in afdeling 3.4 van de Algemene wet bestuursrecht en de bijzondere procedurele regels in artikel 3.31, derde lid, Wro. De regeling voorziet in een gezamenlijke kennisgeving en terinzagelegging van de ontwerpbesluiten (artikel 3.31, derde lid, onder b, Wro in samenhang met artikel 3.35, vierde lid, Wro) en gelijktijdige bekendmaking van de besluiten (artikel 3.32 Wro in samenhang met artikel 3.35, vierde lid, Wro).

De bevoegdheid om uitvoeringsbesluiten te nemen, blijft in beginsel bij de wettelijk bevoegde bestuursorganen berusten. De daartoe aangewezen minister (in dit geval de minister van EZK, op grond van artikel 141B, eerste lid, van de Mijnbouwwet) kan van die bestuursorganen (die bevoegd zijn om de uitvoeringsbesluiten te nemen) de medewerking vorderen die nodig is voor het slagen van de coördinatie. De bestuursorganen zijn verplicht medewerking te verlenen (artikel 3.35, derde lid, Wro). Indien een betrokken bestuursorgaan niet of niet tijdig overeenkomstig de aanvraag beslist, dan wel een besluit neemt dat wijziging behoeft, kan de minister van Economische Zaken en Klimaat, tezamen met de minister tot wiens beleidsterrein het desbetreffende uitvoeringsbesluit behoort, een beslissing nemen die in de plaats treedt van het besluit van dat bestuursorgaan. Dit is de zogenoemde interventiebevoegdheid (artikel 3.36, eerste lid, Wro).

Toepassing van de coördinatieregeling laat de materiële toetsingskaders voor de uitvoeringsbesluiten in beginsel onverlet. Deze besluiten moeten dus aan dezelfde inhoudelijke eisen voldoen als wanneer de coördinatieregeling niet zou zijn toegepast. Een uitzondering is dat bepalingen in regelingen van provincies, gemeenten en waterschappen om dringende redenen buiten toepassing kunnen worden gelaten, als door die bepalingen de verwezenlijking van het betrokken onderdeel van het nationaal ruimtelijk beleid onevenredig wordt belemmerd (artikel 3.35, achtste, lid Wro).

[9] Wet van 25 september 2008 tot wijziging van de Elektriciteitswet 1998, de Mijnbouwwet en de Gaswet in verband met toepassing van de rijkscoördinatieregeling op energie-infrastructuurprojecten.

Beroepsprocedure

Alle besluiten worden gelijktijdig ter inzage gelegd in de verschillende stappen van de procedure. Dit geldt dus zowel voor de ontwerpbesluiten als de vastgestelde besluiten. Ook het beroep bij de bestuursrechter wordt gebundeld indien de besluiten gelijktijdig zijn bekend gemaakt. Tegen de gecoördineerd voorbereide besluiten staat rechtstreeks beroep open bij de Afdeling bestuursrechtspraak van de Raad van State (artikel 8.2, eerste lid, onder e, in samenhang met artikel 8.3 eerste lid, onder b Wro).

Gelet op het feit dat sprake is van 'ontwikkeling en verwezenlijking van werken en gebieden krachtens afdeling 3.5 Wro', is op grond van het bepaalde in artikel 1.1 lid 1 onder a in samenhang met artikel 2.1 van bijlage I van de Crisis- en herstelwet, de Crisis- en herstelwet van toepassing. Dit brengt onder meer met zich mee dat de Afdeling bestuursrechtspraak van de Raad van State een termijn van 6 maanden heeft voor het doen van een uitspraak op een beroep en dat het beroepsschrift, op straffe van niet-ontvankelijkheid, meteen de gronden van beroep moet bevatten (het indienen van een pro forma beroepsschrift is niet mogelijk).

1.5 Initiatiefnemer en bevoegd gezag

Initiatiefnemer

De initiatiefnemer voor het project is NAM.

Nederlandse Aardolie Maatschappij B.V. (NAM)
Schepersmaat 2
9405 TA Assen
Postbus 28000, 9400 HH Assen

Bevoegd gezag

De minister van EZK is onder andere bevoegd gezag voor het besluit over het Winningsplan, en overige besluiten in het kader van de Mijnbouwwet. De minister van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit (LNV) is bevoegd gezag voor de vergunning in het kader van de Wet natuurbescherming. De ministers van EZK en Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties (hierna: BZK) zijn bevoegd gezag voor het vaststellen van het Inpassingsplan. De voorbereiding en bekendmaking van het MER, het Winningsplan, de benodigde vergunningen en het Inpassingsplan worden gecoördineerd door het ministerie van EZK.

Ministerie van Economische Zaken en Klimaat
Directoraat-Generaal Klimaat en Energie
Directie Warmte en Ondergrond
Bezuidenhoutseweg 73
2594 AC Den Haag
Postbus 20401, 2500 EK Den Haag

1.6 Informatie en zienswijzen

Het MER wordt voor een periode van 6 weken ter inzage gelegd. Iedereen heeft de mogelijkheid om gedurende deze zes weken zienswijzen in te dienen op het MER. Op de website www.bureau-energieprojecten.nl is beschreven hoe en waar zienswijzen ingediend kunnen worden.

1.7 Leeswijzer

Het MER gasboring en gaswinning Ternaard heeft de volgende structuur:

- Deel A gaat over de hoofdlijnen van het MER en is bedoeld voor de bestuurlijke lezer, de burger en andere belangstellenden/belanghebbenden.
- Deel B kan aanvullend worden gelezen voor een uitgebreide gebiedsbeschrijving per thema en een nadere onderbouwing van de effectbeoordeling.
- Bijlagen.

Dit deel A begint met een beschrijving van de achtergrond van het voornemen en de argumentatie van het nut en de noodzaak van de gaswinning bij Ternaard door antwoord te geven op de vragen: Waarom is het nodig om aardgas te winnen? En waarom het Ternaard gasveld? (Hoofdstuk 2). Hoofdstuk 3 beschrijft de voorgenomen activiteit en gaat in op de aanlegfase, winning en de verwijderingsfase. Ook worden hier het winningsscenario, het HadK-principe en de noodzaak voor zandsuppleties uiteengezet. In hoofdstuk 4 worden de kaders rondom gaswinning in de Waddenzee nader toegelicht. Hoofdstuk 5 gaat vervolgens in op de te beschouwen alternatieven voor de productielocatie en de leidingtracés. De werkwijze van de milieubeoordeling wordt uiteengezet in hoofdstuk 6, waarna in hoofdstuk 7 de milieueffecten worden samengevat. Hierbij wordt ten eerste het algemene beeld van de effecten weergegeven, waarna per milieuaspect de belangrijkste conclusies worden getrokken en mitigerende en compenserende maatregelen worden benoemd. In hoofdstuk 8 wordt er ingegaan op de leefomgeving en de daarbij horende zorgen. Dit zijn geen milieueffecten en hiervoor is ook geen toetsingskader van toepassing, maar het wordt erkend dat effecten op leefbaarheid op kunnen treden als gevolg van de gaswinning en deze worden daarom ook hier in kaart gebracht. Tevens is aangegeven welke maatregelen er getroffen worden om effecten op leefbaarheid te minimaliseren. Tot slot worden de leemten in kennis en een aanzet voor een monitoringsprogramma beschreven in hoofdstuk 9.

2 NUT EN NOODZAAK

Dit hoofdstuk gaat nader in op hoe de Ternaard gaswinning past in de Nederlandse energietransitie en de Nederlandse beleidskaders (paragraaf 2.1). Vervolgens wordt er toegelicht waarom het Ternaard gasveld is gekozen (paragraaf 2.2). In paragraaf 2.3 wordt ten slotte het nut en de noodzaak van de Ternaard gaswinning samengevat.

2.1 Gaswinning en de energietransitie

Aardgas speelt nu nog een essentiële rol in de Nederlandse energievoorziening: het voorziet in ruwweg 40% van onze primaire energiebehoefte. Het is van alle fossiele energiebronnen bij verbruik het meest CO_2-arm en is een efficiënte energiedrager. In de gebouwde omgeving wordt stevig ingezet op het geleidelijk uitfaseren van aardgas. Aardgas speelt echter ook bij de andere functionaliteiten (kracht, licht, hoge temperatuur warmte, vervoer en in chemische processen) een belangrijke rol in de energietransitie. Ook op het transitie pad naar de ambities van het Klimaatakkoord van Parijs[10] zal gas als minst vervuilende fossiele brandstof nog lang een belangrijke rol spelen in de energietransitie. Nieuwe gaswinning is dan ook belangrijk om de gasproductie uit de zogenaamde 'kleine velden' (zie paragraaf 2.1) op peil te houden.

Energierapport & Energie Agenda

In het Energierapport[11] en de Energieagenda[12] presenteert de overheid het energiebeleid voor Nederland voor de periode tot 2050. Met het oog op het gesloten energieakkoord, worden de ambities verwoord en worden er handvatten aangereikt om in 2050 een CO_2-arme energievoorziening te realiseren. Het gebruik van fossiele brandstoffen zal hiervoor sterk worden teruggedrongen en Nederland zal, waar mogelijk, overgaan op een CO_2-arm alternatief. Aardgas is ook een fossiele brandstof en de functie van het gebruik van aardgas gaat in de toekomst dan ook veranderen.

In het Energierapport en in de Energieagenda wordt voor aardgas, als minst vervuilende fossiele brandstof (meest CO_2-arm bij verbruik), een belangrijke rol voorzien in de energietransitie. Wanneer dit gas veilig gewonnen kan worden, is het - gelet op de voorzieningszekerheid - wenselijk om dit gas waar mogelijk uit de Nederlandse bodem te winnen.

Het Energierapport gaat daarnaast in op het kleine velden beleid in een geopolitieke context: "Met een stabiel en aantrekkelijk investeringsklimaat en effectievere winningstechnieken kan het kleine velden beleid succesvol worden voortgezet. Dit vermindert in de toekomst de afhankelijkheid van gas uit het buitenland."

Kleine velden beleid

In Nederland wordt aardgas gewonnen uit de kleine velden en het Groningenveld. Het is wenselijk aardgas te winnen uit Nederlandse bodem, indien dit veilig gewonnen kan worden. Nederland is dan minder afhankelijk van import en de schonere winning in Nederland beperkt de CO_2-footprint. Het gas dat in de Nederlandse bodem zit, heeft ook een financiële waarde: de werkgelegenheid en aardgasbaten (Energieagenda 2016).

Het kleine velden beleid is een belangrijk begrip in de Nederlandse aardgaswinning. Dit beleid is in de jaren '70 door de Nederlandse overheid opgesteld en heeft als doel om, naast de aardgasproductie uit het Groningen gasveld, het aardgas uit de 175 kleine velden in Nederland actief in te zetten. Hiermee wordt een substantiële bijdrage aan de energievoorziening in Nederland geleverd. Zolang en in zoverre de gebouwde omgeving en de bedrijven nog afhankelijk zijn van aardgas, blijft gaswinning of import van aardgas noodzakelijk[13]. Met de afbouw van de vraag naar gas als gevolg van de energietransitie, is ook de winning uit kleine velden in de afbouwfase beland. In deze afbouwfase heeft voor het kabinet gaswinning uit de

[10] De ambitie in het klimaatakkoord van Parijs betreft een CO_2-reductie ten opzichte van 1990 van 40% in 2030 en 80% in 2050.

[11] Ministerie van Economische Zaken en Klimaat, Energierapport, Transitie naar duurzaam, januari 2016.

[12] Ministerie van Economische Zaken en Klimaat, Energieagenda, Naar een CO_2-arme energievoorziening, december 2016.

[13] Ministerie van Economische Zaken en Klimaat, Kamerbrief 'Gaswinning uit de kleine velden in de energietransitie', 30 mei 2018.

kleine velden, waar dit veilig en verantwoord kan, de voorkeur boven gasimport: gaswinning uit kleine velden heeft klimaatvoordelen en is beter voor de economie en de energieleveringszekerheid.

Structuurvisie Derde Nota Waddenzee

In de Structuurvisie Derde Nota Waddenzee[14] (2007, geëvalueerd in 2016) heeft het Rijk haar beleid voor de Waddenzee vastgelegd. De hoofddoelstelling voor de Waddenzee is de duurzame bescherming en ontwikkeling van de Waddenzee als natuurgebied en het behoud van het unieke open landschap. Daarnaast is de structuurvisie richtinggevend voor het ruimtelijk beleid van provincies en gemeenten. In de structuurvisie zijn onder meer de beleidskeuzen weergegeven die het kabinet van belang acht voor het realiseren van de doelstellingen voor de Waddenzee en gericht op de realisering van het lange termijn ontwikkelingsperspectief. Uitgangspunt bij de gemaakte beleidskeuzen is dat menselijke activiteiten zijn toegestaan voor zover zij verenigbaar zijn met de hoofddoelstelling voor de Waddenzee.

Nieuwe opsporing en winning van diepe delfstoffen op locaties in de Waddenzee is niet toegestaan. Nieuwe opsporing en winning van gas onder de Waddenzee kan onder de volgende randvoorwaarden plaatsvinden:

- Nieuwe opsporing en winning van gas is alleen toegestaan vanaf locaties op het land en vanaf bestaande platforms in de Noordzee(kustzone);
- Er bestaat wetenschappelijk gezien redelijkerwijs geen twijfel dat er geen schadelijke gevolgen zijn voor de in de structuurvisie beschreven natuurlijke waarden en kenmerken;
- Een onafhankelijke instantie adviseert het bevoegd gezag over de opzet, uitvoering en beleidsconsequenties van een adequate monitoring van alle relevante effecten en ontwikkelingen, zodat indien nodig door het bevoegd gezag kan worden ingegrepen volgens het ‘hand aan de kraan’ principe;
- De benodigde op te richten bouwwerken (waaronder het tijdelijk plaatsen van boorinstallaties) worden zo zorgvuldig mogelijk ingepast in het landschap ter bescherming van de unieke openheid daarvan, met behulp van de best beschikbare technische mogelijkheden;
- Gelet op deze zorgvuldige inpassing in het landschap wordt tijdelijk gebruik van installaties ten behoeve van exploratie, onderhoud en winning als niet schadelijk beschouwd voor open horizon en duisternis.

De bovenstaande randvoorwaarden worden uitgewerkt in winnings- en meetplannen zoals voorgeschreven in de Mijnbouwwet en in de vergunningverlening op grond van de Wet natuurbescherming. In deze structuurvisie is opgenomen dat nieuwe opsporing en winning van aardgas onder de Waddenzee onder strikte randvoorwaarden is toegestaan, zoals hierboven benoemd. De Auditcommissie gaswinning onder de Waddenzee zal ook gaan adviseren over de winning Ternaard. De voorgenomen gaswinning uit het Ternaard gasveld komt tegemoet aan deze randvoorwaarden.

Adviesgroep Waddenzeebeleid

De Adviesgroep Waddenzeebeleid (rapport Commissie Meijer, 2004) heeft, na constatering dat het beleid en beheer van de Waddenzee in een impasse zijn geraakt en natuurkwaliteiten terug zijn gelopen, een integraal perspectief geformuleerd. Dit perspectief, uitgaande van voorrang voor de natuur met beperkt menselijk medegebruik, dient de waarden en belangen die in het geding zijn te bewaken en verder te ontwikkelen. Hierbij is onder andere gekeken naar ‘Gaswinning binnen natuurgrenzen, ontwikkeling van het Noord-Nederlandse energiecluster’. Ten aanzien van gaswinning in de Waddenzee stelt de Adviesgroep dat er geen ecologische gronden zijn voor het afzien van winning indien de gaswinning aan strikte natuurgrenzen wordt gebonden. Bij een goedgekozen en goed te berekenen maximaal toelaatbare bodemdalingssnelheid van de diepe ondergrond is geen natuurschade te verwachten. Wanneer de bodemdalingssnelheid wordt gelimiteerd, kan het natuurlijke proces van opslibbing op kwelders en platen met een beperkte vertraging de effecten van bodemdaling volledig compenseren. Aantasting van de veerkracht en natuurschade is dan niet te verwachten.

Kortom, kleine velden in de Waddenzee kunnen in de komende jaren zonder bezwaar gewonnen worden dankzij de aanwezigheid van gasinfrastructuur. Sterker, de Adviesgroep stelt dat verder uitstel van gaswinning ertoe leidt dat deze infrastructuur binnen enkele jaren niet meer adequaat is. De kans is groot dat het waddengas dan in het geheel niet meer gewonnen zal kunnen worden. Gedurende de komende 10 tot 20 jaar bereikt een aanzienlijk deel van de bestaande infrastructuur het einde van de economische

[14] Voorheen: planologische kernbeslissing Derde Nota Waddenzee (PKB Waddenzee).

levensduur[15]. Wanneer er geen vooruitzichten zijn voor hergebruik van de infrastructuur, geldt een verplichting voor ontmanteling en verwijderen ervan. Een beëindiging van de mogelijkheden voor verdere exploratie en productie van waddengas zal de continuering van het kleineveldenbeleid in algemene zin sterk bemoeilijken. Daarmee zou een wezenlijke, strategische pijler onder het Nederlandse energiebeleid wegvallen.

De Adviesgroep adviseert het kabinet derhalve de maatschappijen gaswinning en verdere exploratie toe te staan, gebonden aan strikte grenswaarden en begeleid door intensieve monitoring.

2.2 Waarom het Ternaard gasveld?

Onder de Waddenzee ligt een relatief grote hoeveelheid gas (naar schatting 44 tot 170 miljard m^3) in kleine gasvelden, verspreid over een groot oppervlak (Meijer, 2004). Met een dergelijke hoeveelheid aardgas kunnen alle huishoudens in Nederland gedurende 10 jaar van energie worden voorzien. De Waddenzee betreft een bijzonder en kwetsbaar gebied, waarvoor strikte voorwaarden en regels worden gesteld als het gaat om gaswinning, zoals vastgelegd in de Structuurvisie Waddenzee en in de verschillende vigerende vergunningen voor bestaande gaswinning. NAM wint sinds 2007 aardgas onder de Waddenzee vanaf de locaties Moddergat, Lauwersoog en Vierhuizen. Voor deze winningen is destijds een MER opgesteld en jaarlijks worden de effecten gemonitord. De uitkomsten en randvoorwaarden daaruit vormen input voor dit MER gasboring en gaswinning Ternaard. De winning van het Ternaard gasveld is ten tijde van deze voorgaande winningen niet aan orde geweest.

NAM heeft als doel om gas en olie op duurzame wijze op te sporen en te winnen binnen Nederland en het Nederlandse deel van de Noordzee. Het in productie brengen van het Ternaard gasveld binnen de geldende wettelijke kaders en afspraken past in dit doel. Tevens is het Ternaard gasveld één van de grotere kleine gasvelden, zie Figuur 2-1 en Tabel 2-1, waarmee invulling wordt gegeven aan het kleine velden beleid van de Nederlandse overheid.

Figuur 2-1 Kleine gasvelden in de noordelijke regio

[15]Ministerie van Economische Zaken en Klimaat, Kamerbrief 'Gaswinning uit de kleine velden in de energietransitie', 30 mei 2018. Kenmerk: DGETM-EO / 18031167

Tabel 2-1 Gasvoorraden in de kleine velden

Veld	Gas Initially In Place (GIIP) 2016 [Aardgas in miljarden m^3]
Anjum	16.6
Ezumazijl	2.1
Lauwersoog-Central	5.1
Lauwersoog-Oost	3.4
Lauwersoog-West	5.2
Metslawier	6.8
Moddergat	16.7
Nes	25
Ternaard	25

Het Ternaard veld heeft enkele voordelen ten overstaande van andere kleine velden:

- Het betreft één van de grotere kleine velden in Nederland. Hierdoor kan er met één ingreep relatief veel gas gewonnen worden.
- Het veld bevat hoogcalorisch gas, zoals in de meeste kleine velden. Hoogcalorisch gas bevat veel minder stikstof dan laagcalorisch gas (dat gewonnen wordt uit het Groningen gasveld). Daarom kan uit dit gas meer energie worden gehaald. Voor gebruik voor particulieren moet het echter worden gemengd met bijvoorbeeld stikstof.
- Gaswinning kan in sommige gevallen tot aardbevingen leiden, wat mogelijk weer kan leiden tot schade aan gebouwen of gevaar voor de veiligheid. Het Ternaard gasveld ligt grotendeels onder de zee, het gedeelte wat onder land ligt is relatief ver van bebouwing gelegen, waardoor eventuele effecten naar gebouwen en mens naar verwachting uiterst beperkt zijn. In deel B van dit MER (Hoofdstuk 15 Aardbevingen) is specifiek aandacht geschonken aan dit onderwerp voor de winning van het Ternaard gasveld.

2.3 Nut en noodzaak Ternaard gaswinning

Met de gaswinning uit het Ternaard gasveld draagt NAM bij aan de gasproductie voor Nederland. Ondanks dat gas een fossiele energiebron is en Nederland de ambitie heeft om in 2050 een CO_2-arme energievoorziening te realiseren, is gaswinning nog steeds nodig. Het aardgasverbruik van de Nederlandse huishoudens daalt al 20 jaar (in 2015 gemiddeld 1432 m^3), maar is nog steeds één van de belangrijkste energiedragers voor een huishouden: 42% van het directe energieverbruik komt vanuit aardgas (ECN 2016[16]). Als meest CO_2-arme en efficiënte fossiele energiebron is voor gas en belangrijke rol weggelegd in de energietransitie. In Nederland is daarnaast het kleine velden beleid van toepassing, dat gaswinning uit kleine velden stimuleert om zo de gaswinning uit het Groningen gasveld te ontzien en milieu-impact beperkt te houden. Hiervoor is ook het 'Hand aan de Kraan'-principe (HadK-principe) ingesteld, waarbij de gaswinning wordt teruggedraaid wanneer potentiële (negatieve) milieueffecten kunnen optreden. Het Ternaard gasveld is één van de grotere kleine velden en kan derhalve een waardevolle bijdrage leveren aan de Nederlandse gaswinning.

De NAM wint aardgas uit zo'n 150 kleine velden, voornamelijk in Friesland, Groningen, Drenthe en Noord- en Zuid-Holland. De productie wordt verzorgd door zogenaamde clusters. Een cluster is een combinatie van locaties voor gaswinning, met daarbij 1 centrale locatie waar de behandeling van het gas van dat cluster uitgevoerd wordt. Daarna wordt het gas overgedragen aan de Gasunie. Per jaar neemt het gemiddelde productievolume per cluster met 10- 20% af. Om de clusters rendabel te houden is het noodzakelijk om nieuwe putten bij te boren. Dit voegt nieuwe volumes toe aan het systeem. De Ternaard boring wordt

[16] ECN, Energie-Nederland en Netbeheer Nederland (2016), Energietrends 2016

onderdeel van het Anjum-systeem; dit bestaat verder uit de locaties Moddergat en Lauwersoog. Vanuit deze locaties (incl. het puttenterrein van Anjum) wordt voornamelijk Waddengas gewonnen. De jaarlijkse afname in productie van dit systeem is circa 20%. Met de verwachte productie van Ternaard kan de jaarlijkse afname worden opgevangen.

3 VOORGENOMEN ACTIVITEIT

In dit hoofdstuk is een beschrijving opgenomen van de voorgenomen activiteit. Het project bestaat uit drie fasen, namelijk de aanlegfase, de winning en de verwijderingsfase (paragraaf 3.1). Na de beschrijving van de fasen wordt ingegaan op het Winningsscenario. Dit is vastgesteld op basis van het meegroeivermogen van de Waddenzee: het vermogen van het natuurlijke systeem om bodemdaling door diepe delfstoffenwinning op te vangen, onder meer door de afzetting van zand van de Noordzeekust in de Waddenzee. Om het zandvolume in het kustsysteem op peil te houden ten opzichte van de stijgende zeespiegel worden zandsuppleties uitgevoerd. In paragraaf 4.3 wordt beknopt uitgelegd wat het HadK-principe omvat, hoe de gebruiksruimte hier een rol inspeelt en op welke wijze de (versnelde) zeespiegelstijging en de prognoses van de bodemdaling hierin worden betrokken. Zandsuppletie is tot slot in paragraaf 4.3.8 beschreven.

3.1 Fasen

Op dit moment staat de Ternaard boring gepland vanaf medio 2021 met een 4,5 maanden. De totale aanlegfase duurt circa 9 maanden. De hoofdzakelijke werkzaamheden die samenhangen met de voorgenomen activiteit op de productielocatie(s) zijn:

Aanlegfase (zie paragraaf 3.1.1)

1. Aanpassing van de huidige locatie Ternaard of realisatie van een nieuwe locatie voor het plaatsen van de boorinstallatie.
2. Aanvoeren, opstellen en afvoeren van de boorinstallatie.
3. Aanbrengen van een geluidsscherm (indien nodig).
4. Boren van een nieuwe put met een Deutag T-700 of vergelijkbare boorinstallatie.
5. Boorproces.
6. Affakkelen van vrijkomend gas bij testen.
7. Aanleg transportleiding naar Moddergat.

Winning (zie paragraaf 3.1.2)

- Deze fase omvat de winning van het gas, waarbij het gas getransporteerd wordt van de productielocatie naar Moddergat. Verder zijn er geen nieuwe ontwikkelingen of werkzaamheden die een verwachte milieu-impact hebben, anders dan reeds beschreven in de aanlegfase.

Verwijderingsfase (zie paragraaf 3.1.3)

- Demontage, reiniging en afvoeren van materieel. Het abandonneren kan gebeuren door alles te verwijderen en terug te brengen in originele staat, of door het over te dragen aan een andere partij na het permanent sluiten en afsnijden van de put.

3.1.1 Aanlegfase

3.1.1.1 Boren

Wat?

In 1991 is het veld bij Ternaard al aangeboord. NAM vond toen aardgas, maar ging niet tot winning over omdat de put niet op de juiste locatie stond. Met nieuwe technieken heeft NAM de gegevens van de diepe ondergrond nu opnieuw bestudeerd. NAM verwacht bij een nieuwe boring zo'n 4,8 tot 7,6 miljard m^3 aardgas te kunnen winnen. Voordat NAM het aardgas kan winnen, moet een nieuwe gasput worden geboord. Hiervoor moet een productielocatie aangelegd worden vanaf waar NAM de boring uitvoert. De mijnbouwlocatie heeft een ruimtebeslag van 170 meter bij 87 meter. Als blijkt dat het gas in voldoende volume, met voldoende druk aanwezig is en van goede kwaliteit is dan wordt overgegaan tot de winning van het aardgas (zie paragraaf 'productietesten' onder Figuur 3-1).

Hoe?

De boorinstallatie wordt op de geasfalteerde locatie opgesteld. Het te asfalteren terrein wordt versterkt. Een ander deel van het terrein wordt tijdelijk bestemd voor de aan- en afvoer van materieel.

Het terrein is rondom voorzien van een betonnen afvoergotensysteem (milieugoten) welke uitmondt in een wateropvangbak. Deze waterbak dient voor de opvang en het afvoeren van op de verharding opgevangen hemelwater (inclusief eventueel gemorste boorvloeistoffen). Het gebied buiten het gotensysteem is tijdelijk voorzien van een verhoogde asfaltrand en loopt schuin af naar de milieugoten.

Als voorbereiding voor de boring wordt een putkelder geplaatst met een circa 60 meter diep geplaatste stalen buis (conductor). Ten behoeve van de fundering van de boorinstallatie worden heipalen aangebracht. Heiwerkzaamheden vinden plaats gedurende 2 tot 3 weken op werkdagen in de dagperiode.

De werkzaamheden om de boorlocatie in gereedheid te brengen voor het daadwerkelijke boren duren circa 10 weken en zullen plaatsvinden in de dagperiode

Op de productielocatie wordt tijdelijk (ongeveer 4,5 maand) een mobiele (demontabele) boorinstallatie geplaatst van het type Deutag T-700 (zie Figuur 3-1) of een vergelijkbare boorinstallatie van 46 meter hoog. De boorinstallatie wordt voorzien van elektriciteit door middel van dieselgeneratoren of via het elektriciteitsnet. De boorinstallatie bestaat uit een boortoren en een boorvloeistof-behandelingsinstallatie, die tijdens het boren in gebruik is, waar boorvloeistoffen worden opgeslagen en behandeld **(1)**.

Voor de aan- en afvoer van de boorinstallatie met bijbehorende apparatuur zijn circa 115 transportbewegingen nodig **(2)**. Dat geldt ook voor de afbouw. Met de aanvoer en het opbouwen van de installatie zijn circa 10 dagen gemoeid. Er zijn per dag 3 tot 7 transportbewegingen nodig voor de aan- en afvoer van materiaal. Transport gedurende de nacht wordt vermeden.

In de winningsfase (paragraaf 3.1.2) wordt op de productielocatie een productie-eenheid geplaatst. Vanaf de productielocatie boort NAM gedevieerd (schuin) naar een punt onder de Waddenzee. Dit punt is het ondergrondse doel in het gasveld waar NAM naartoe wil boren. Omdat gas naar boven beweegt en zich concentreert in het hoogstgelegen deel van het gasveld, is het belangrijk dat het ondergrondse doel het hoogste punt van het gasveld is. Dit hoogste punt bevindt zich in het noorden van het gasveld. Dit punt ligt op een diepte van ongeveer 3400 meter onder NAP (zie verder paragraaf 5.2). Voor het boren van een nieuwe put op het vaste land moeten 170 palen worden geheid (Standaard palenplan T-700, NAM b.v.). Heien vindt plaats gedurende enkele weken, waarin de palen worden geplaatst ter verankering van de boorinstallatie en het plaatsen van een stalen conductorpijp voor de boorput **(2)**.

Op basis van geluidsonderzoek tijdens boringen, is de *noise footprint* van de T-700 vastgesteld. De *noise footprint* is de afstand van de boortoren tot de 60 dB(A) grens rondom de boortoren, conform BARMM-eisen. Op basis van de prognose van de geluidproductie in dit MER is geconcludeerd dat tijdens de heiwerkzaamheden de dagwaarde van 60 dB(A) wordt overschreden. Indien nodig kan een heimantel of een geluidsscherm van 10 meter of hoger worden toegepast, waardoor de geluidbelasting op gevoelige bestemmingen (zoals woningen) die zich rondom de productielocatie kunnen bevinden voldoet aan de dagwaarde van 60 dB(A). Echter, de kans bestaat dat wanneer woningen op korte afstand tot de productielocatie staan een geluidbelasting van meer dan 60 dB(A) ondervinden. Dit geluidsniveau mag conform BARMM-eisen 50 dagen optreden en de heiwerkzaamheden vinden slechts tijdelijk plaats, 10 tot 15 werkdagen. De noodzaak tot een heimantel zal uiteindelijk afhangen van de kenmerken van het voorkeursalternatief. **(3)**.

Het boren van de put strekt zich uit over een periode van circa 4,5 maanden, waarin continu (24 uur per etmaal, 7 dagen per week) wordt geboord. Ten behoeve van de boring wordt eerst een zogenaamde boorkelder aangelegd, waarna een stalen buis van circa tachtig meter (de 'stove-pipe') de grond in wordt geheid. Vanaf hier zal de mobiele boorinstallatie het boorgat realiseren. Hiervoor wordt een holle boorstang gebruikt met een beitel die het gesteente tot gruis vermaalt. De boor draait en boort zichzelf door middel van het eigen gewicht de grond in en wordt verlengd met een nieuwe boorpijp aan de boorstang zodra het einde van de voorgaande boorstang is bereikt **(4)**.

Gedurende de boring wordt continu een boorvloeistof[17] naar beneden gepompt en brengt het boorgruis zodoende omhoog naar de oppervlakte. Door middel van schudzeven, cyclonen en centrifuges wordt het

[17] Indicatie: KPM (boorspoeling op waterbasis); VCM (boorspoeling op oliebasis); diverse boorchemicaliën; cement; kaliumchloride-brine (zoutwateroplossing).

boorgruis uit de vloeistof gefilterd en afgevoerd naar een erkende verwerker. De vloeistof wordt via een gesloten systeem weer hergebruikt **(5)**.

Om het boorgat open te houden, wordt het boorgat verbuisd met stalen bekledingsbuizen (‘casings’). De binnenste casing dient voor het transport van het gas naar de oppervlakte. De buitenste casing wordt met cement aan de boorgatwand bevestigd. Deze casing voorkomt dat de putwand tijdens het boren instort, dat migratie tussen de bodemlagen optreedt en dat gas via het boorgat kan ontsnappen. De put wordt afgewerkt met een veiligheidsafsluiter die ten behoeve van de veiligheid op het boorgat worden gemonteerd. Deze hebben als functie dat ze op elk gewenst moment en – indien noodzakelijk – van afstand kunnen worden gesloten om een blow-out te voorkomen. Het aanwezige gas wordt onderzocht om te bepalen of het winbaar is (productietesten) **(5)**.

De boortoren is tijdens de werkzaamheden verlicht. De lichtuitstraling naar de omgeving wordt beperkt door de verlichting alleen te gebruiken wanneer dat nodig is, een beperkt aantal lampen in te zetten, ledverlichting toe te passen, de montagehoogte te beperken (niet hoger dan de hoogte van de geluidschermen) en de lampen voornamelijk naar het grondoppervlak te richten. Alleen de boorvloer en -toren zijn zichtbaar. De boorinstallatie zal alleen gedurende de aanlegfase aanwezig zijn **(5)**. Tijdens het affakkelen in de aanlegfase wordt de hemel gedurende 2 dagen opgelicht. De omgeving wordt hierover geïnformeerd. Gedurende de boring zijn geen andere gelijktijdige boringen in de buurt voorzien.

Figuur 3-1 Boorinstallatie inclusief boortoren en geluidswanden. Deze installatie staat meestal enkele maanden op locatie.

Productietesten

Als de gashoudende formatie is bereikt en gas wordt aangetroffen, worden productietesten uitgevoerd. Hierbij worden gegevens over het productievermogen van de put, de reservoir-technische eigenschappen en de samenstelling van het gas verkregen.

Een onderdeel van het testen is het gedurende een korte periode gas produceren uit de put. Het geproduceerde gas en mee geproduceerde vloeistoffen worden gescheiden, waarna het gas wordt afgefakkeld in de tijdelijk aanwezige fakkelinstallatie op de productielocatie. Hiervoor worden 2 fakkels op de productielocatie geplaatst op 21 meter hoogte. Affakkelen gebeurt in drie perioden van 8 uur, verdeeld over 36 uur, daarna nog een periode van 24 uur non-stop **(6)**.

Waar?

Om tot geschikte locatiealternatieven voor de boring en de winning te komen zijn enkele systematische stappen doorlopen. De ligging van het gasveld is een gegeven en vormt daarmee de start van de zoektocht naar locatiealternatieven. Op basis van kansen en belemmeringen vanuit milieutechnische en beleidsmatige overwegingen zijn locatiealternatieven bepaald. Paragraaf 0 beschrijft het proces van de totstandkoming en selectie van de locatiealternatieven, die onderzocht zijn in dit MER.

3.1.1.2 Aanleg leidingtracé

Wat?

Om het gas te transporteren naar de afnemer moet een nieuwe ondergrondse transportleiding met een diameter van circa 45 centimeter aangelegd worden tussen de productielocatie en de bestaande mijnbouwlocatie Moddergat. Vanuit Moddergat wordt het gas via de reeds bestaande gasleiding naar de gasbehandelingslocatie in Anjum getransporteerd.

De keuze voor Moddergat is gebaseerd op afstand en capaciteit. Moddergat is de dichtstbijzijnde locatie vanaf het gasveld en heeft voldoende capaciteit om deze nieuwe toevoer van gas op het gasnet aan te sluiten. Een alternatieve mijnbouwlocatie, locatie Blija, heeft deze capaciteit niet.

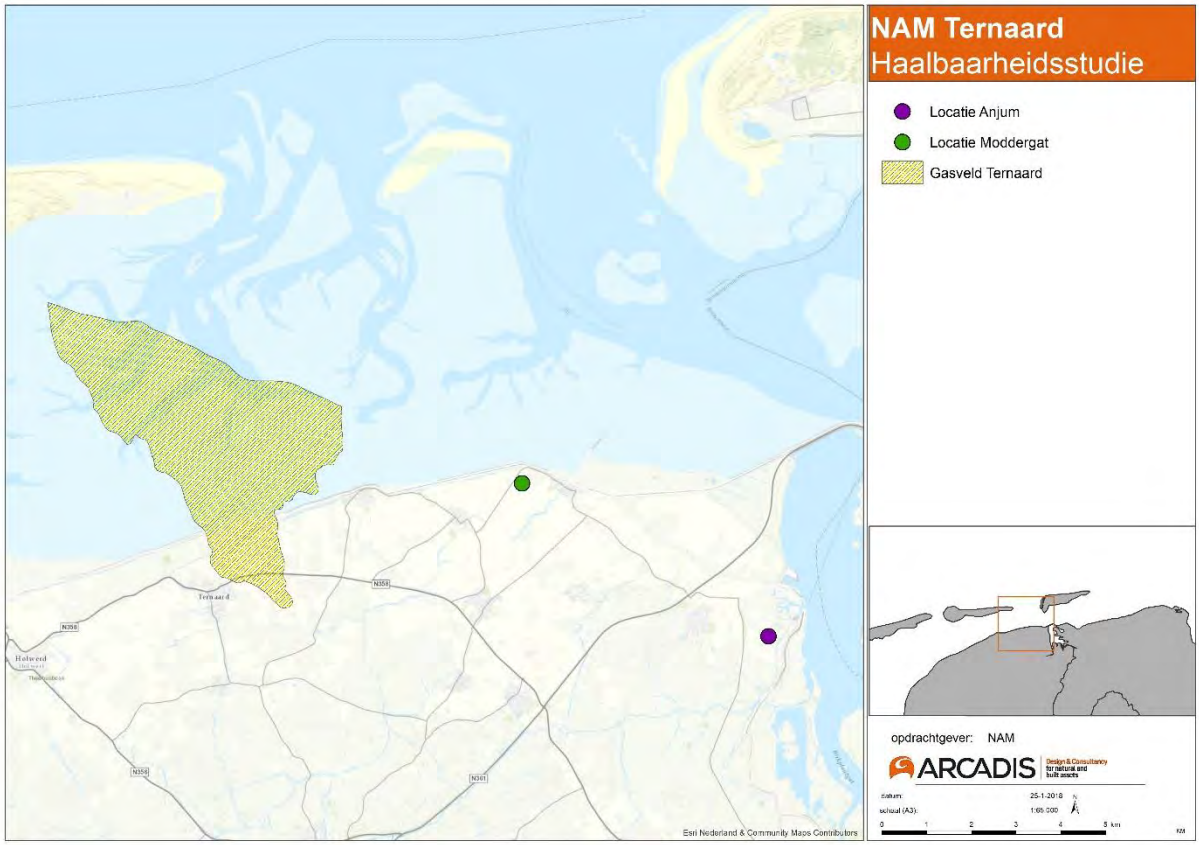
Hoe?

De aanleg van het tracé gebeurt grotendeels ‘in den droge’. Dit betekent dat er een sleuf gegraven wordt die, indien nodig, droog gehouden wordt door het toepassen van bemaling. In deze sleuf wordt vervolgens de leiding gelegd. Met de grondeigenaren en grondgebruikers maakt de NAM afspraken over het uit gebruik nemen van de werkstrook voor (meestal) een volledig groeiseizoen **(7)**. De transportleiding wordt op een diepte van circa 2,00-2,10 meter onder maaiveld aangelegd, om zo de drainagesystemen van de aanwezige landbouw (1,5 meter beneden maaiveld) te ontwijken.

Op de locatie Moddergat wordt de leiding bovengronds gekoppeld aan de bestaande gasinstallatie (‘tie-in’). Vanaf Moddergat wordt de bestaande leiding gebruikt en zijn er verder geen ingrepen en/of werkzaamheden nodig.

Waar?

De ligging van het leidingtracé wordt in eerste instantie bepaald door het startpunt, de productielocatie, en het eindpunt, locatie Moddergat. Het startpunt is nog niet bekend; de keuze voor het ene startpunt of een ander startpunt kan tot een volledig ander leidingtracé leiden. De mogelijke tracéalternatieven zijn in paragraaf 5.5 in beeld gebracht.



Figuur 3-2 De locaties van productielocatie Moddergat en de gasbehandelingslocatie Anjum ten opzichte van het gasveld.

3.1.2 Winning

Wat?

Wanneer de productieboring succesvol is afgerond en de benodigde vergunningen zijn verkregen, wordt gestart met de winning van aardgas.

Hoe?

In de winningsfase wordt op de productielocatie een productie-eenheid geplaatst, zie Figuur 3-3. Het gas stroomt vanuit het gasveld naar de productielocatie en via de aangelegde transportleiding tussen de productielocatie naar de bestaande mijnbouwlocatie Moddergat. Het gas wordt vervolgens vanaf Moddergat naar de gasbehandelingslocatie in Anjum getransporteerd. Daar wordt het gas geschikt gemaakt voor transport naar de afnemer. Er vinden geen wijzigingen plaats op locatie Anjum als gevolg van dit voornemen.

Figuur 3-3 Voorbeeld van een productie-eenheid op een productielocatie

Onderhoud en monitoring

De inrichting wordt wekelijks bezocht, waarbij specifieke essentiële onderdelen van de installatie worden gecontroleerd. Onderhoud en inspecties van verschillende installatie onderdelen worden uitgevoerd volgens een vastgesteld onderhoudsprogramma. De onderhoudswerkzaamheden worden bij voorkeur gebundeld.

Op onderhoud aan putten met behulp van een mobiele installatie is het Besluit algemene regels milieu mijnbouw (Barmm) van toepassing. Dit onderhoud van putten met een mobiele installatie, zoals een boortoren, coiled tubing unit, wireline unit, waterpomptruck, mobiele puttest unit en hijskraanactiviteiten, maakt onderdeel uit van deze vergunningaanvraag.

De drukbeveiligingen worden getest en gekalibreerd conform het Warenwet Besluit Drukapparatuur. Tevens wordt de installatie aan periodieke inspecties onderworpen conform het genoemde besluit. De inspectie intervallen zijn gebaseerd op de eisen uit de Praktijk Richtlijn Drukapparatuur 2.3 en onderbouwd door een goedgekeurde risico gestuurde inspectiemethode (Shell RRM). De onafhankelijke NAM-inspectie is een Keuringsdienst van Gebruiker, aangewezen door het Ministerie van Sociale Zaken en Werkgelegenheid.

Ten behoeve van het reinigen van de natgastransportleiding kan tijdelijk een ragerinstallatie worden aangesloten.

Putstimulatie

De opbrengst van een gaswinningsput neemt na verloop van tijd af. Er zijn verschillende manieren om de levensduur van het gasveld te verlengen. Eén van de methoden is het zogenaamde ‘fracken’, maar dit maakt geen onderdeel uit van het voornemen. Het MER gaat hier om deze reden dan ook niet verder op in.

Zandsuppletie

Langs de hele Nederlandse kust worden in opdracht van Rijkswaterstaat zandsuppleties uitgevoerd vanwege het Nederlandse kustbeleid. Het Nederlandse kustbeleid is erop gericht om de positie van de kustlijn in stand te houden en de zandvoorraad van het kustfundament op peil te houden. De daling van de diepe ondergrond door gaswinning leidt in de Waddenzee tot extra sedimentatie van zand en slib, dat afkomstig is van de buitendelta’s en de kust van Ameland. Deze afname van het zandvolume voor de kust is vanuit het vigerende kustbeleid ongewenst en daarom wordt een extra volume zand gesuppleerd. De zandsuppleties omvatten de zandwinning in de wingebieden, het transport van de wingebieden naar de suppletielocaties en het aanbrengen van het zand op de vooroever. Het extra volume aan zand dat zal

worden gesuppleerd maakt deel uit van de voorgenomen activiteit (de gaswinning). Paragraaf 4.3.8 en het hoofdstuk Hydromorfologie (hoofdstuk 10) van deel B van dit MER gaat hier nader op in en beschrijft en beoordeeld de mogelijke gevolgen van de extra zandsuppletie.

Waar?

De winning vindt plaats vanaf de productielocatie. In paragraaf 0 zijn de locatiealternatieven voor de productielocatie beschreven. Behandeling van het gas vindt plaats op de bestaande locatie in Anjum. De zandsuppleties sluiten aan bij de toekomstige zandsuppleties die door Rijkswaterstaat op Ameland zullen worden uitgevoerd.

3.1.3 Verwijderingsfase

Wanneer het gasveld leeg is of wanneer de gebruiksruimte van de Waddenzee geen winning meer toestaat, wordt de productielocatie ontmanteld en in oorspronkelijke staat weer opgeleverd volgens de dan geldende regelgeving (8). Op dit moment zou dat als volgt gebeuren. Er wordt een sluitingsplan opgesteld conform Artikel 29g Mbb waarna een beschikking volgt. Vervolgens kunnen de werkzaamheden starten. Het materieel op de locatie wordt gedemonteerd, gereinigd en afgevoerd. De putten worden conform de daarvoor geldende regels afgedicht. Het reinigingswater wordt opgevangen in de hoekbak en afgevoerd naar een erkend verwerker. Ook de transportleiding tussen de productielocatie en Moddergat wordt verwijderd, indien er op dat moment geen nuttige toepassing voor gevonden kan worden.

3.2 Hulpstoffen

In deze paragraaf wordt een overzicht gegeven van de toegepaste hulpstoffen.

Anti-corrosievloeistof

Anti-corrosievloeistof voorkomt aantasting van de pijpleidingen door corrosie. De corrosieremmer wordt afhankelijk van het gebruikte materiaal in de put ter hoogte van het gasreservoir of aan de oppervlakte bij de putmond geïnjecteerd. De anti-corrosievloeistof wordt met de gasstroom meegevoerd. Ter plaatse van een gasbehandelingsinstallatie wordt de vloeistof (inclusief anti-corrosievloeistof) gescheiden van het gas en separaat afgevoerd naar een daartoe geëigende verwerkingsinrichting.

Anti-corrosievloeistof wordt betrokken uit een injectie-eenheid. Deze bestaat uit een injectiepomp en een dubbelwandig opslagvat (inhoud 4 m^3). De anti-corrosievloeistof wordt geïnjecteerd in de gasproductieput.

Methanol

Tijdens het opstarten van een koude put kan methanol worden gebruikt om hydraatvorming in de installatie tegen te gaan. Dit komt incidenteel voor. Tijdens normale productieomstandigheden wordt geen methanol gebruikt.

Methanol kan in de put worden geïnjecteerd door middel van een injectie-eenheid bestaande uit een injectiepomp en een dubbelwandig opslagvat (inhoud 4 m^3). Er vindt geen continue methanolinjectie plaats.

Stikstof

Stikstof wordt gebruikt ten behoeve van onderhoudswerkzaamheden en voor het testen van beveiligingssystemen. Indien nodig is op de inrichting een aantal stikstoflessen aanwezig.

Hydraulische olie/smeerolie

Op de inrichting wordt smeerolie gebruikt ten behoeve van de opgestelde apparatuur en hydraulische olie wordt gebruikt ten behoeve van de hydraulische eenheid. Smeerolie en hydraulische olie kunnen in werkvoorraad binnen de inrichting aanwezig zijn.

3.3 Winningsscenario en bodemdaling

Het totale volume in het Ternaard gasveld wordt geschat op ongeveer 25 miljard kubieke meter. Echter, het onwaarschijnlijk dat al dit gas uiteindelijk zal worden gewonnen. Uitgangspunt voor winning is dat NAM opereert binnen de wettelijke kaders die zijn gesteld ten aanzien van bodemdaling als gevolg van de overige gaswinningen in het Waddengebied. Rekening houdend met de bodemdaling als gevolg van de gaswinning Ameland en Moddergat, Lauwersoog en Vierhuizen, biedt het Waddensysteem nog enige ruimte voor de gaswinning uit het Ternaard gasveld (Zie paragraaf 9.6.1). Op basis van die vigerende gebruiksruimte is een maximale winning van circa 7,57 miljard m^3 voor Ternaard realistisch. Dit wordt geleidelijk gewonnen over een periode van circa 15 jaar, zie hiervoor de 'voorgenomen gaswinning[18]' in Tabel 3-1. Van cumulatieve effecten op waarden van de Waddenzee van de verschillende winningen is wel sprake, maar deze blijven binnen de gebruiksruimte.

Tabel 3-1 Winningsscenario's voorgenomen gaswinning Ternaard

Ternaard gasproductie			
Jaar	**Minimale scenario x miljard Nm^3/jaar**	**Voorgenomen gaswinning x miljard Nm^3/jaar (Maximale productie binnen de huidige gebruiksruimte)**	**Maximale scenario x miljard Nm^3/jaar (Niet mogelijk binnen huidige gebruiksruimte)**
2021	0,069	0,069	0,069
2022	0,663	0,731	0,731
2023	0,626	0,678	0,798
2024	0,540	0,638	0,798
2025	0,468	0,558	0,798
2026	0,410	0,519	0,798
2027	0,358	0,499	0,768
2028	0,316	0,475	0,730
2029	0,281	0,452	0,696
2030	0,250	0,433	0,666
2031	0,222	0,412	0,635
2032	0,199	0,394	0,606
2033	0,177	0,377	0,579
2034	0,158	0,361	0,556
2035	0,072	0,345	0,530
2036	0,000	0,330	0,508
2037	0,000	0,302	0,466
Totaal	**4,81**	**7,57**	**10,73**

[18] De voorgenomen gaswinning uit het voorliggende MER (tabel 3-1) komt overeen met het hoge productiescenario uit het Winningsplan Ternaard (NAM 2019).

Een belangrijke voorwaarde voor gaswinning onder de Waddenzee is dat gewerkt wordt volgens het HadK-principe. NAM monitort in samenwerking met externe partijen of de bodemdaling inderdaad opgevangen kan worden door de Waddenzee. Als dat niet het geval is, wordt de productie verminderd, zodat de bodemdaling als gevolg van gaswinning niet te snel gaat. De minister van EZK is in dat geval bevoegd de productie te verminderen. Dit principe is uitgelegd in paragraaf 4.3.

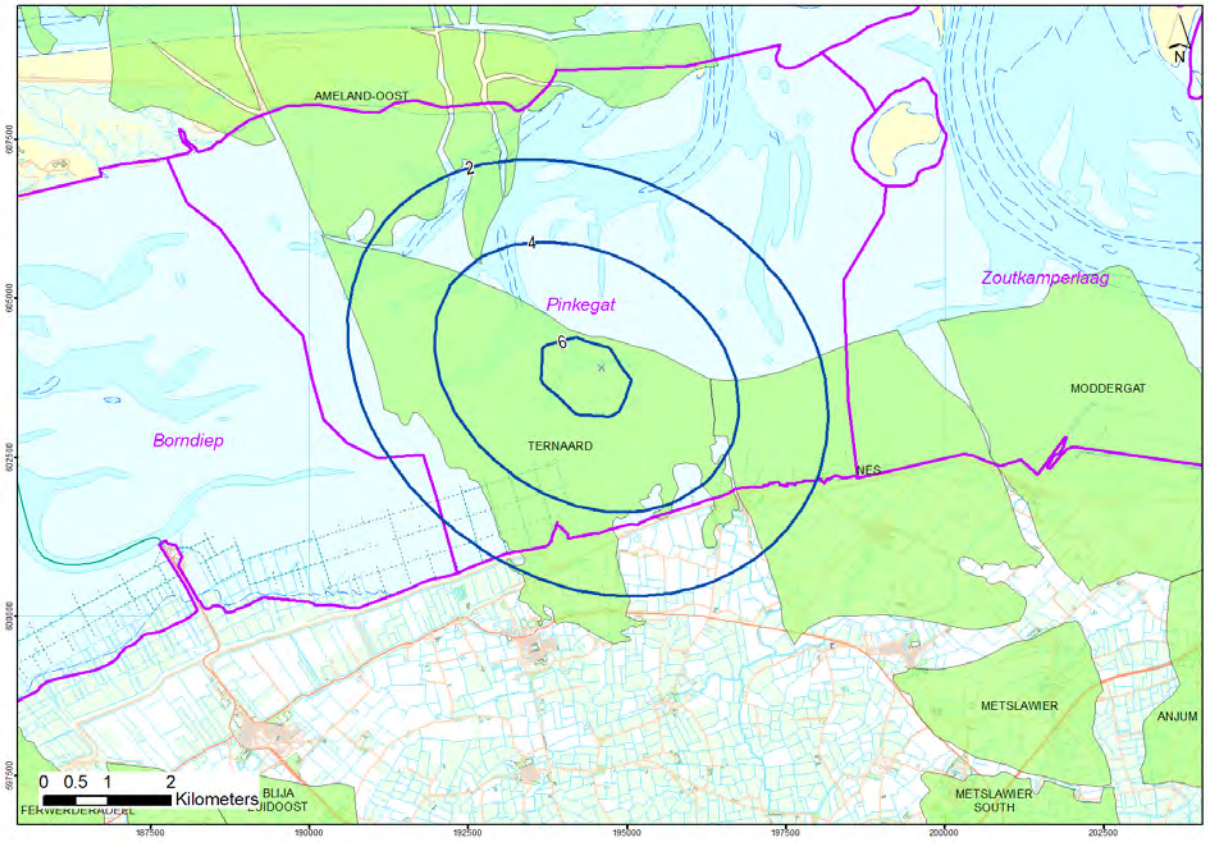
De gebruiksruimte kan door nieuwe inzichten in de toekomst veranderen, waardoor de maximale winningshoeveelheid kan afwijken van de hier gepresenteerde hoeveelheden. Onder meer op advies van de Commissie voor de m.e.r. zijn in dit MER de milieueffecten van verschillende winningshoeveelheden op basis van een gevoeligheidsanalyse in beeld gebracht, waarbij de gebruiksruimte leidend blijft, zie hiervoor de minimale[19] en maximale[20] gaswinning in Tabel 3-1. Op de gevoeligheidsanalyse wordt in paragraaf 7.5 nader ingegaan.

Door gebruik te maken van verschillende winningsscenario's, brengt het MER een realistische bandbreedte van mogelijke effecten in beeld. Zo blijft het MER bruikbaar en volledig bij wijzigingen in de winningshoeveelheden als gevolg van voortschrijdend inzicht over de bodemdaling, zeespiegelstijging, etc. Vooralsnog wordt uitgegaan van het scenario dat gebaseerd is op de huidige gebruiksruimte (7,57 miljard m^3). Dit scenario ligt ten grondslag aan de effectbeoordeling van de milieueffecten in dit MER.

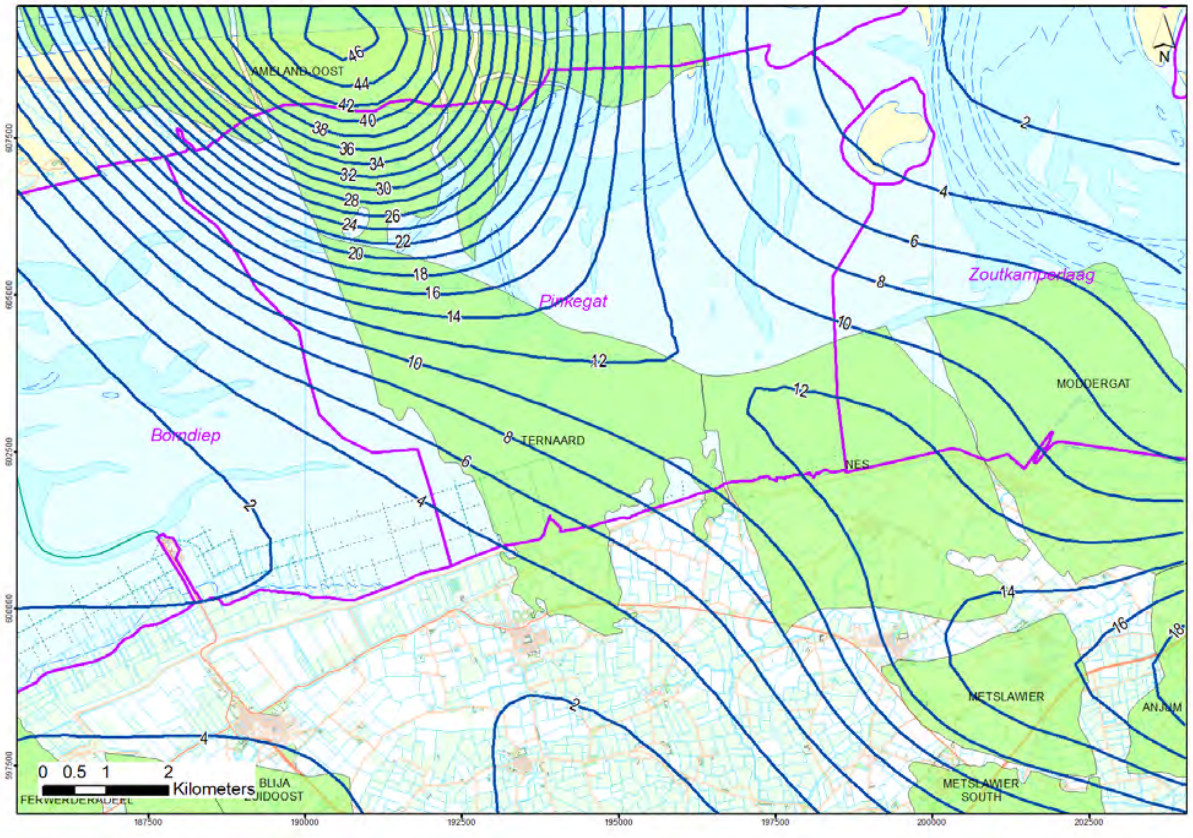
Het winnen van gas kan leiden tot compactie van het gas reservoir. Hierdoor daalt de bovenliggende ondergrond. Voor de gaswinning Ternaard is de bodemdaling gemodelleerd. In Figuur 3-4 is de geprognotiseerde bodemdalingsschotel van de voorgenomen gaswinning weergegeven voor de eindsituatie in 2050 die de gaswinning Ternaard bijdraagt. In Figuur 3-5 is de bodemdaling gepresenteerd in cumulatie met de geprognosticeerde bodemdaling door omliggende gaswinningen.

[19] Het Minimale scenario uit het voorliggende MER (tabel 3-1) komt overeen met het Midden productiescenario uit het Winningsplan Ternaard (NAM 2019).

[20] Het Maximale scenario uit het voorliggende MER (tabel 3-1) is niet opgenomen in het Winningsplan Ternaard (NAM 2019), omdat binnen de vigerende wettelijke kaders dit maximale scenario niet mogelijk is.



Figuur 3-4 Bodemdalingscontouren eindsituatie 2050. Geprognotiseerde bijdrage Ternaardwinning

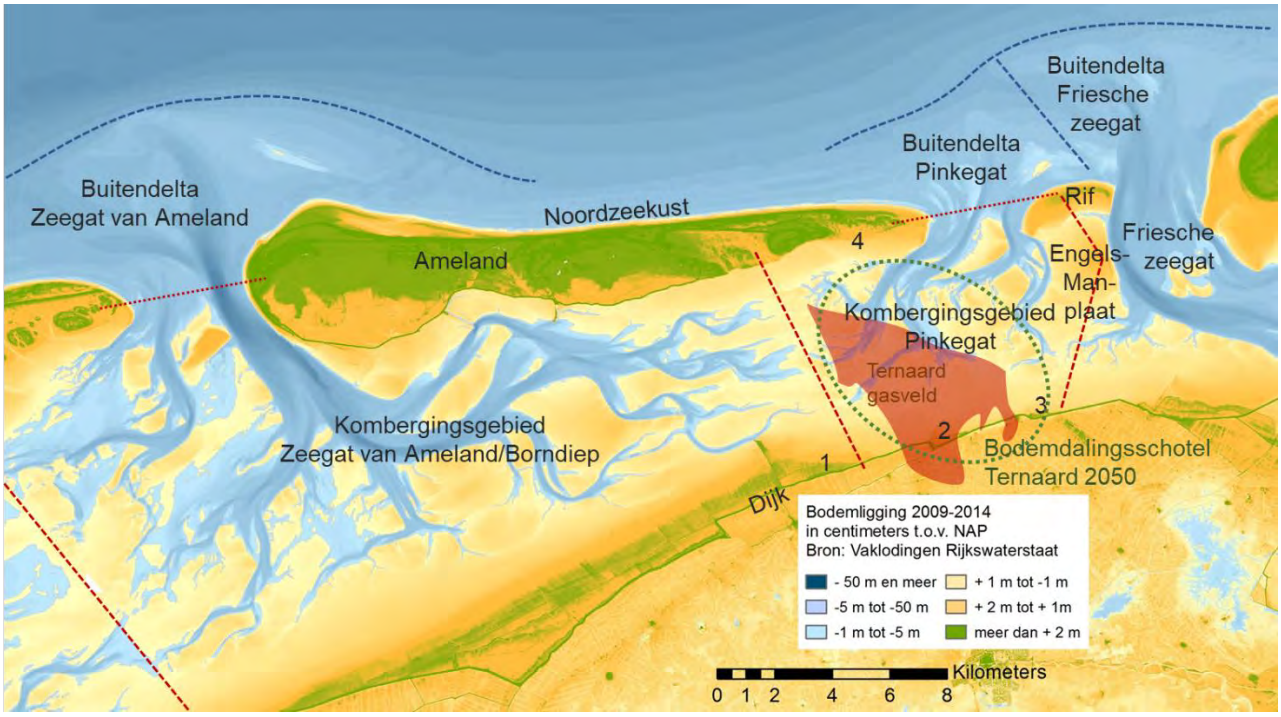


Figuur 3-5 Prognose cumulatieve bodemdaling in centimeters door gaswinning in de eindsituatie 2050

4 GASWINNING ONDER DE WADDENZEE

4.1 Inleiding

Het gasveld Ternaard ligt voor het grootste deel onder de Waddenzee (Figuur 4-1). De activiteit moet dan ook worden aangemerkt als een project, namelijk gaswinning onder de Waddenzee. Gaswinning onder de Waddenzee is niet nieuw. Het meest recent en meest uitgebreid beoordeeld zijn de waddenwinningen die vanaf de NAM-locaties Moddergat, Lauwersoog en Vierhuizen (afgekort MLV) plaatsvinden. Het Rijksprojectbesluit voor gaswinning onder de Waddenzee beziet de winning van deze locaties. In dat Rijksprojectbesluit wordt uitgelegd hoe gaswinning onder de Waddenzee wordt gemanaged en gecontroleerd met het HadK-principe. Mogelijke schade aan de Waddenzeenatuur door gaswinning wordt gegarandeerd voorkomen door deze HadK-systematiek. In dit hoofdstuk wordt uitgelegd hoe de HadK-systematiek werkt en waarop het gebaseerd is. Vervolgens wordt toegelicht hoe de voorgenomen gaswinning uit het gasveld Ternaard onderdeel wordt van deze systematiek. Dit hoofdstuk sluit af met enkele praktijkvoorbeelden van hoe voor de gaswinning in het waddengebied de vinger aan de pols wordt gehouden.



Figuur 4-1 Kaart met de bodemdalingsschotel door gaswinning Ternaard en de kombergingsgebieden in de Waddenzee, buitendelta en de Noordzeekust van Ameland.

Het gas is op enkele kilometers diep onder de Waddenzee aanwezig in de gasvoerende lagen, waar het gas aanwezig is in de poriën van het gesteente. Gaswinning leidt tot drukdaling in deze gasvoerende lagen. Als gevolg van deze drukdaling en onder invloed van het gewicht van de bovenliggende aardlagen, wordt het gasvoerende gesteente samengedrukt. Dat noemen we compactie. Deze compactie leidt tot een lichte verzakking van de bovenliggende aardlagen en uiteindelijk tot een daling aan het aardoppervlak. Dit fenomeen noemen we bodemdaling. Op het land wordt bodemdaling aan de hand van landmeetcampagnes gemonitord. Daardoor weten we dat bodemdaling boven gasvelden in Nederland typisch enkele centimeters tot decimeters bedraagt. In de Waddenzee is dat anders. Daar meten we geen bodemdaling door gaswinning aan het wadoppervlak. Dit komt enerzijds doordat sediment in de Waddenzee door stroming en golven continu wordt herverdeeld. Anderzijds zorgt een aanvoer van zand en slib vanuit de kustzone en Noordzee ervoor dat er ook op langere termijn geen zandtekort ontstaat. Hoe de processen van erosie en sedimentatie de ontwikkeling van de wadplaten en geulen beïnvloeden en waarom dat belangrijk is om bodemdaling in het Waddengebied tegen te gaan, kunt u lezen in paragraaf 4.2.

In de bovenstaande alinea wordt gesteld dat er een aanvoer is van zand en slib vanuit de Noordzeekustzone naar de Waddenzee. Wat er op hoofdlijnen gebeurt, is dat de golfslag en stroming in de Noordzeekustzone

relatief sterk zijn. Deze waterbeweging leidt tot het opwervelen van zand en slib. Met de vloedstroom, stroomt zo sedimentrijk water door de geulen de Waddenzee in. Boven de platen nemen de stroomsnelheden af en bezinken zand en slib. Zo ontstaan en groeien de wadplaten. Deze groei is van belang om de stijgende zeespiegel en de bodemdaling door de gaswinning op natuurlijke wijze te compenseren. Als er meer water het gebied in stroomt, neemt de zand- en slibaanvoer toe (paragraaf 4.2.3). De aanvoercapaciteit van deze natuurlijke transporten van zand en slib is niet oneindig. In het kader van gaswinning onder de Waddenzee is er veel onderzoek gedaan om de grenzen van deze aanvoercapaciteit met zekerheid vast te stellen. Verschillende studies, op basis van berekeningen met andere uitgangspunten en aannames, komen tot uiteenlopende getallen. In de meest voorzichtige berekeningen in de Integrale Bodemdalingstudie uit 1998 is bepaald dat delen van de Waddenzee 3 tot 10 mm per jaar zouden moeten kunnen ophogen (meegroeien) als resultaat van die aanvoercapaciteit (Oost et al., 1998; Hoeksema et al., 2004). Recentere studies komen met veel hogere getallen (Wang et al. 2017; 2018). Voor het Pinkegat, dat is het deel van de Waddenzee waaronder het gasveld Ternaard ligt, zijn meegroeivermogens van 6, 10, 13 en 32 mm per jaar berekend (zie paragraaf 4.3.2).

Het hierboven geïntroduceerde meegroeivermogen van de Waddenzee is onderdeel van de HadK-systematiek om te voorkomen dat onherstelbare verlaging van de wadplaten optreedt door gaswinning onder de Waddenzee. In de kern zorgt de HadK-systematiek ervoor dat de bodemdaling onder de Waddenzee door de gaswinning, opgeteld bij de zeespiegelstijging[21] niet groter wordt dan het meegroeivermogen van het betreffende deel van de Waddenzee. Jaarlijks wordt bepaald hoeveel bodemdaling heeft plaatsgevonden en hoeveel zeespiegelstijging is opgetreden en wordt vooruitgekeken naar de voorspelde bodemdaling en verwachte zeespiegelstijging. Dit wordt gerapporteerd aan het bevoegd gezag en de toezichthouder. Ieder jaar wordt dit opnieuw berekend, op basis van metingen van de bodemdaling onder de Waddenzee. Wanneer de bodemdaling in combinatie met de zeespiegelstijging groter dreigen te worden dan het vastgestelde meegroeivermogen, dan wordt de gaswinning teruggeschroefd. Minder gaswinning leidt tot minder bodemdaling en zo wordt voorkomen dat een onherstelbare verlaging van de wadplaten optreedt door de gaswinning. Dit proces heet de “Meet- en Regelcyclus”. De Meet- en Regelcyclus als onderdeel van HadK-systematiek wordt uitgebreid toegelicht in paragraaf 4.3.5.

De wadplaten groeien dus mee met de stijgende zeespiegel en met de bodemdaling door de gaswinning. Het zand dat daarvoor vanuit de Noordzeekustzone de Waddenzee in getransporteerd wordt, is afkomstig van de eilandkust, de buitendelta en de ondiepe delen van de Noordzee. Samen noemen we deze gebieden het kustfundament. Om de zandvoorraad van het kustfundament op peil te houden, voert Rijkswaterstaat zandsuppleties uit. Rijkswaterstaat heeft als verantwoordelijkheid en tot taak om het volume aan zand dat nodig is om de zeespiegelstijging bij te houden, aan te vullen met zand uit de diepere delen van de Noordzee. Per jaar is dat voor heel Nederland zo’n 12 miljoen kuub zand, dat deels op de stranden en deels onder water voor de stranden wordt gedeponeerd. Voor het deel van de Waddenzee dat we het Pinkegat noemen, komt daar nog een volume zand bij, namelijk het volume aan bodemdaling als gevolg van gaswinning onder het gebied. Zo wordt voorkomen dat gaswinning Waddenzee leidt tot een zandafname in het kustfundament. In paragraaf 4.3.8 wordt zandsuppletie nader besproken.

In aanvulling op de metingen voor de HadK-systematiek wordt voor de gaswinning onder de Waddenzee een ecologisch monitoringprogramma uitgevoerd. Dit programma is een extra veiligheid die uit voorzorg is ingebouwd, om zeker te stellen dat inderdaad geen onherstelbare schade optreedt in de Waddenzee door de gaswinning. Met een uitgebreid monitoring- en data-analyseprogramma maakt NAM jaarlijks inzichtelijk hoe een aantal ecologische parameters zich in het Waddengebied ontwikkelt. Hierbij dient de NAM redelijkerwijs aannemelijk te maken dat geobserveerde veranderingen niet het gevolg zijn van bodemdaling door gaswinning. Lukt dat niet, dan is het aan de Minister van LNV om te bepalen of er sprake is van significante gevolgen voor de instandhoudingsdoelen van de Waddenzee. Ook dit kan leiden tot het stoppen of verminderen van de gaswinning op grond van toepasselijke vergunningvoorschriften in opdracht van het bevoegd gezag. De ecologische monitoring wordt nader besproken in paragraaf 3.3.6. Het monitoringprogramma voor de Waddenwinning is bijgevoegd als bijlage (D) van de passende beoordeling.

1. [21] In de Passende beoordeling wordt met zeespiegelstijging steeds de relatieve zeespiegelstijging bedoeld, die bestaat uit de absolute stijging van de zeespiegel en de tektonische bodemdaling. Dit komt overeen met de Passende beoordeling voor de gaswinning Waddenzee (Ministerie van Economische Zaken, 2006), de Integrale bodemdalingsstudie (Oost et al., 1998).

Aanpassingen aan dat programma t.b.v. de voorgenomen gaswinning Ternaard staan in paragraaf 9.2 en zijn opgenomen bij bijlage E.

Gaswinning volgens het HadK-principe wordt sinds 2007 uitgevoerd voor de MLV-winningen en de gaswinning onder Ameland (sinds 1986). De praktijkervaringen met gaswinning onder de Waddenzee heeft een aantal aandachtspunten opgeleverd:

- De voorspellingen van de bodemdaling zijn verbeterd in de Long-term subsidence studies en daarbij is het inzicht in de bodemdaling die doorgaat nadat de gaswinning is verminderd of stopgezet (het na-ijleffect) vergroot.
- De waargenomen ontwikkelingen van de hoogte en de vegetatie van de kwelders op Oost-Ameland laten zien dat de bodemdaling door gaswinning, in combinatie met andere factoren, kan leiden tot verlaging van kwelders en veranderingen van de vegetatie.
- Trends in het areaal droogvallende wadplaten dienen nader onderzocht te worden om de waargenomen dynamiek beter te begrijpen.

In paragraaf 4.3.10 worden deze aandachtspunten besproken. Ten slotte wordt in Hoofdstuk 4.4 beknopt beschreven hoe de uitgangspunten van het HadK-principe worden toegepast bij de gaswinning Ternaard. Daar wordt ook duidelijk gemaakt dat het doorlopen van de meet- en regelcyclus voor de gaswinning Ternaard, in samenhang met de andere gaswinningen Waddenzee, de garantie oplevert dat de bodemdaling door de gaswinning Ternaard binnen de beschikbare gebruiksruimte wordt uitgevoerd.

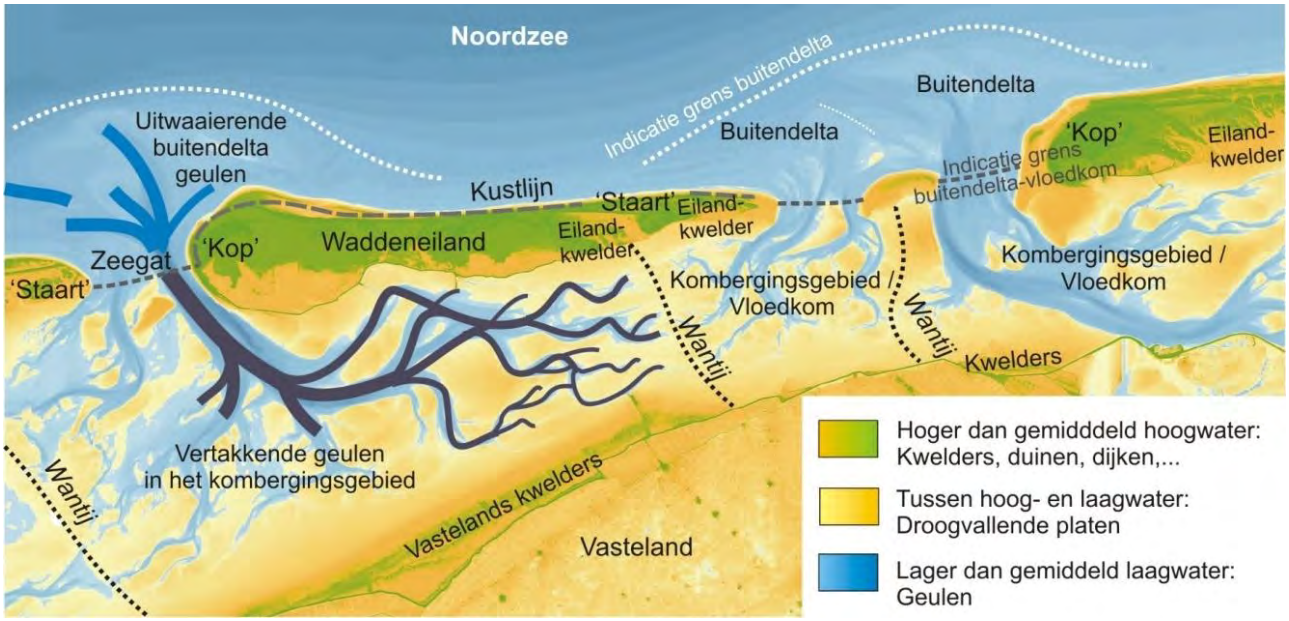
4.2 Dynamiek van de Waddenzee

4.2.1 Morfologie van de kombergingsgebieden

Voordat nader wordt ingegaan op de dynamiek van de Waddenzee wordt in deze paragraaf een aantal basisbegrippen geïntroduceerd, om te beginnen met het kombergingsgebied. Een kombergingsgebied is het gebied in de Waddenzee dat tijdens vloed wordt gevuld via het zeegat en tijdens eb wordt geleegd via het zeegat. Aan de vastelandzijde worden de kombergingsgebieden begrensd door een dijk. De oost- en westzijde van de kombergingsgebieden worden begrensd door wantijen: dit zijn relatief ondiepe gebieden ten zuiden van de Waddeneilanden die niet worden doorsneden door getijdegeulen.

Binnen de kombergingsgebieden worden op hoofdlijnen drie verschillende morfologische eenheden onderscheiden:

- Droogvallende wadplaten: aan de zeezijde van de kwelders liggen vrijwel overal wadplaten, die droogvallen bij laagwater. Op deze wadplaten in het intergetijdengebied zijn over het algemeen geen hogere planten aanwezig (de uitzondering is het tegenwoordig zeer schaarse zeegras).
- Geulen: de aanvoer en afvoer van water naar en van de wadplaten verloopt via de getijdegeulen, die een niveau hebben onder laagwater.
- Kwelders: de begroeide hogere delen van het waddengebied.

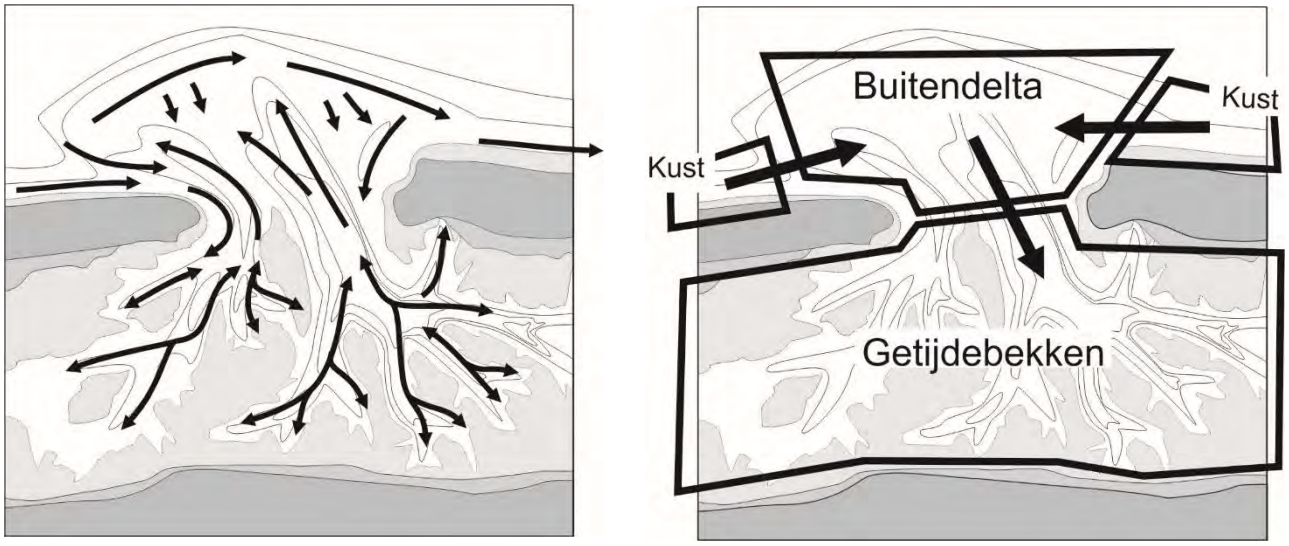


Figuur 4-2 Overzicht van de verschillende onderdelen van het hydromorfologische systeem van de Waddenzee, de Waddeneilanden en de Noordzee.

Aan de zeezijde van het zeegat van het kombergingsgebied ligt de buitendelta. Dat is een ten opzichte van het doorlopende kustprofielen uitstekend deel van de kust. Bij het kombergingsgebied van het Pinkegat ligt de buitendelta aan de oostzijde direct tegen de buitendelta van het Friesche zeegat. De buitendelta en de aangrenzende delen van de kust vormen samen met de kombergingsgebieden het sedimentdelende systeem.

4.2.2 Het sedimentdelende systeem en het transport van water, zand en slib

De dynamiek van de Waddenzee en de optredende veranderingen worden begrepen door de onderdelen van de Waddenzee te beschouwen als een sedimentdelend systeem (zie bijvoorbeeld Louters en Gerritsen, 1994; Wang et al, 2018). Sediment in de Waddenzee bestaat uit zand en slib. Het zand en slib wordt met het water getransporteerd en uitgewisseld tussen de onderdelen van het sedimentdelende systeem. Ook de buitendelta en de aangrenzende kusten maken deel uit van het sedimentdelende systeem. De complexiteit van het sedimentdelende systeem is zeer groot, omdat het transport van water, zand en slib door veel verschillende processen wordt beïnvloed. Het gaat dan bijvoorbeeld om de variaties in het getij door de verschillende astronomische cycli, de rol van wind en golven en de invloed van het spuien van zoetwater. Ook biologische processen spelen een rol, onder andere door het omgraven van het sediment (bioturbatie), de invloed op de slibdeeltjes en de invloed van biota op de lokale stroming en golfwerking.



Figuur 4-3 Schematisch bovenaanzicht van een getijdebekken met kust en buitendelta, met daarin de transporten van zand en slib (links) en de onderverdeling van het sedimentdelende systeem (rechts), naar Cleveringa e.a. (2004)

Voor het begrip van de lange termijn (van tientallen tot honderden jaren) response van de Wadden kan, op basis van waarnemingen aan verschillende grootschalige en langjarige veranderingen, veel van de complexiteit achterwege worden gelaten. In plaats van direct door te stappen naar het model voor de lange termijn response, wordt een beknopt beeld geschetst van de verschillende processen en de complexiteit die dit oplevert. Deze complexiteit is met name van belang vanwege de korte termijn variaties die optreden, bijvoorbeeld in het droogvallende plaatareaal en voor de monitoring die jaarlijks wordt uitgevoerd. Na de beschrijving van de complexe processen worden de stappen gezet naar het model voor de lange termijn response. Omdat de bodemdaling door gaswinning geleidelijk over een langere periode van een tiental jaren plaatsvindt, is de lange termijn response van belang voor de beoordeling.

Bij ieder getij wordt tijdens vloed ieder kombergingsgebied in de Waddenzee gevuld met zeewater, dat via de zeegaten vanuit de Noordzee naar binnen stroomt. De belangrijkste stroming vindt plaats in de geulen, waar de waterdiepten het grootst zijn en de hoogste stroomsnelheden optreden. Naarmate de waterstand bij vloed toeneemt, stroomt er gaandeweg ook water over de platen. Eerst stromen de laagste delen van de platen over en met het stijgen van de waterstand stromen ook de hogere delen van de platen over. Bij eb stroomt het water via de zeegaten de Waddenzee uit. Gaandeweg vallen eerst de hoogste delen van de droogvallende platen droog, gevolgd door de middelhoge en uiteindelijk de lage delen. Met het water dat vanuit de Noordzee naar de Waddenzee stroomt, wordt ook zand en slib aangevoerd. Het transport van het zand vindt vooral plaats over de bodem (bodemtransport, ‘bedload’), terwijl het slib in de waterkolom blijft ‘zweven’ (‘suspended load’): de valsnelheid van de slibdeeltjes is dermate klein dat deze lang in de waterkolom aanwezig blijven. Overigens wordt ook een deel van het zand (voornamelijk de fijnere zandkorrels) zwevend getransporteerd en wordt een deel in een proces tussen bodemtransport en zwevend transport (salterend) getransporteerd. Een deel van het zand en slib dat naar de Waddenzee wordt aangevoerd tijdens vloed wordt daar afgezet en blijft achter in de Waddenzee. Tijdens eb neemt het water dat de Waddenzee uitstroomt ook weer zand en slib mee, naar de Noordzee. Het transport tijdens vloed en eb wordt het bruto transport genoemd en het verschil tussen deze twee is het netto transport.

De bruto transporten naar en van de Waddenzee en de resulterende netto transporten variëren per getij, onder invloed van verschillende fysische en biologische processen. De basis voor de variaties wordt gevormd door het getij. De niveaus van hoog- en laagwater voor het waterstandsstation bij Nes-Ameland zijn bijvoorbeeld bij springtij NAP +1,19 m en -1,33 m en bij doodtij zijn deze NAP +0,88 m en -0,94. Het getijverschil bij springtij is daarmee 2,52 m en bij doodtij is dat 1,82 m. Het verschil tussen beide is 0,70 m. Uitgaande van dat verschil wordt in het gehele kombergingsgebied van 61 km^2 van het Pinkegat (zie verderop in dit hoofdstuk) een watervolume van 43 x 10^6 m^3 meer aan- en afgevoerd bij springtij dan bij doodtij. Ten opzichte van het gemiddelde getijprisma van 118 x 10^6 m^3 is dat een groot verschil. De opstuwing en het verlagen door de wind kan decimeters tot meters waterstandsvariatie toevoegen aan de getijverschillen, afhankelijk van de windrichting en de -sterkte. De grote verschillen in het watertransport onder verschillende omstandigheden betekenen ook dat de bruto transporten van zand en slib verschillen.

In de beschrijving van het sedimentdelende systeem wordt uitgegaan van de aanvoer bij vloed en afvoer bij eb door de zeegaten en zijn de wantijen tussen de kombergingen gesloten: er vindt geen transport van water en zand en slib plaats over de wantijen tussen de kombergingen. De wantijen zijn in werkelijkheid niet gesloten, over de wantijen kan water van het ene naar het andere kombergingsgebied stromen (zie bijvoorbeeld Duran Matute, 2014). De omvang van die stroming varieert, omdat deze (sterk) afhankelijk is van de windrichting en windsterkte. Bij windrichtingen uit west tot noordwest, waarbij hogere waterstanden optreden, zal de stroming over het wantij groter zijn en gericht van west naar oost, dan bij dan bij rustige omstandigheden. Deze factor levert verdere variaties op in de bruto en de netto transporten van water, zand en slib naar en uit de kombergingsgebieden.

Verschillende organismen beïnvloeden de condities waarbij erosie en sedimentatie van zand en slib in de Waddenzee plaatsvinden. Op de kwelders speelt de aanwezigheid van vegetatie een belangrijke rol. Ook op de wadplaten en in de geulen spelen organismen een rol in de dynamiek van het sediment. De eencellige benthonische diatomeen (kiezelwieren) die op en in de bovenste laag sediment van de wadbodem leven zorgen voor het onderling verkleven van zand- en kleideeltjes. Het gevolg hiervan is dat het zand en slib moeilijker wordt los gespoeld door stromingen en golven dan in de situatie zonder deze benthonische diatomeeën (zie bijvoorbeeld Weerman, 2011). Ook in de waterkolom kunnen kleine sedimentdeeltjes aan het elkaar verkleven en grotere deeltjes met andere eigenschappen vormen, mede onder invloed van organismen.

Kokkels, mosselen en andere schelpdieren die met hun voedsel ook slibdeeltjes binnenkrijgen, scheiden deze onverteerbare deeltjes weer uit als pseudo feces, waarin de kleine deeltjes samen zijn gekleefd tot grotere deeltjes. Deze pseudo feces hebben eigenschappen die overeenkomen met zanddeeltjes met dezelfde korrelgrootte. Dat betekent onder andere dat de bezinksnelheid groter is en dat hogere stroomsnelheden nodig zijn om de deeltjes te transporteren. Deze deeltjes kunnen wel weer uiteenvallen in de oorspronkelijke fijnere deeltjes. De productie van deze deeltjes door mossels is één van de oorzaken voor de aanwezigheid van zeer slibrijke wadplaten in de nabijheid van mosselbanken (Donker, 2015).

Veel van de organismen die in de wadbodem leven, zorgen voor het mengen van de sedimentlaagjes. Dit proces wordt bioturbatie genoemd. Door het mengen, veranderen de eigenschappen die van belang zijn voor de erosie. Verschillende organismen beïnvloeden de erodeerbaarheid van het sediment, dat geldt bijvoorbeeld voor zandkokerwormen (*Lanice conchilega*), groot en klein zeegras (*Zostera marina en Zostera noltii*) en bankvormende schelpdieren, zoals mosselen (*Mytilus edulis*) en Japanse oesters (*Crassostrea gigas*), zie bijvoorbeeld Van der Zee (2014) en vele andere organismen. Vanwege de invloed van biota varieert de omvang van de sedimenttransporten niet alleen met de getijvariaties en de veranderende meteorologische condities, maar ook met de seizoenen.

Een deel van de optredende variaties in de sedimenttransporten is dus gekoppeld aan de seizoenen. Dat geldt in sterke mate voor de biologische processen, zoals de productie van pseudo-feces. Het geldt in mindere mate voor het optreden van hogere waterstanden en hogere golven, die gekoppeld zijn aan stormen. Deze treden -inderdaad- frequenter op in het stormseizoen, dat de herfst, winter en het vroege voorjaar omvat. Deze seizoenvariatie komt onder andere tot uitdrukking in de opbouw van sliblagen op delen van de wadplaten, bijvoorbeeld voor de vastelandskwelders en in de nabijheid van mosselbanken vanaf het voorjaar en in de zomer. Deze lagen blijven doorgaans aanwezig tot dat de eerste herfst of winterstorm zich voordoet, die zorgt voor een sterke of soms zelfs volledige erosie van deze laag. Het slib wordt tijdens zo'n storm herverdeeld, waarbij het in verschillende andere delen van de Waddenzee terecht kan komen, maar ook (deels) naar de Noordzee wordt getransporteerd.

Voor het sedimenttransport naar de kwelders geldt een iets ander verhaal, omdat dit sterk afhankelijk is van het optreden van hoge waterstanden. Alleen bij verhoogde waterstanden vindt uitwisseling plaats van sediment tussen de Waddenzee en de aangrenzende kwelders.

Het doel van deze uitgebreide beschrijving is om duidelijk te maken dat de variatie in de omstandigheden waaronder zand en slib worden getransporteerd naar en uit de kombergingsgebieden en tussen de verschillende onderdelen van de kombergingsgebieden zeer groot is. Dat maakt het voorspellen van de korte termijn (van dagen tot enkele jaren) autonome ontwikkeling, zoals de verplaatsing getijdegeulen, op basis van de transporten van zand en slib die iedere dag optreden voorlopig[22] nog niet mogelijk. Ondanks de grote variaties die optreden in de dagelijkse condities is het wel goed mogelijk gebleken om de langjarige

[22] In het kader van de het beleid en beheer van de kust wordt in het Kustgenese 2 programma onderzoek gedaan naar het voorspellen van de langjarige morfologische ontwikkelingen op basis van de waterbeweging- en sedimenttransportprocessen van getij op getij.

ontwikkelingen (van meerdere jaren tot tientallen jaren) van kombergingsgebieden en buitendelta te voorspellen, zowel voor waargenomen historische ontwikkelingen, als voor de toekomstige ontwikkelingen. In de denkmodellen en numerieke modellen voor de langjarige ontwikkelingen worden de korte termijn variaties, waaronder seizoenfluctuaties, in de meteorologische condities en het getij buiten beschouwing gelaten. Ook wordt niet gekeken naar de gedetailleerde morfologische eenheden, zoals de individuele geulen en droogvallende platen. In de denkmodellen en numerieke modellen voor de langjarige ontwikkelingen worden per kombergingsgebied alle platen gecombineerd en alle geulen gecombineerd en als zodanig beschouwd. Op deze schaal blijken er duidelijk wetmatigheden op te treden in de morfologische kenmerken van de kombergingsgebieden en in de ontwikkelingen van deze gebieden. Het voorspellen van de autonome ontwikkelingen is wel goed mogelijk met modellen die de variatie op korte tijd- en kleine ruimteschalen buiten beschouwing laten en gericht zijn op de lange tijd- en grote ruimteschalen. De beschouwing wordt daarom voortgezet op deze grote ruimte schaal (van kombergingsgebieden) en lange tijdschaal (tientallen jaren).

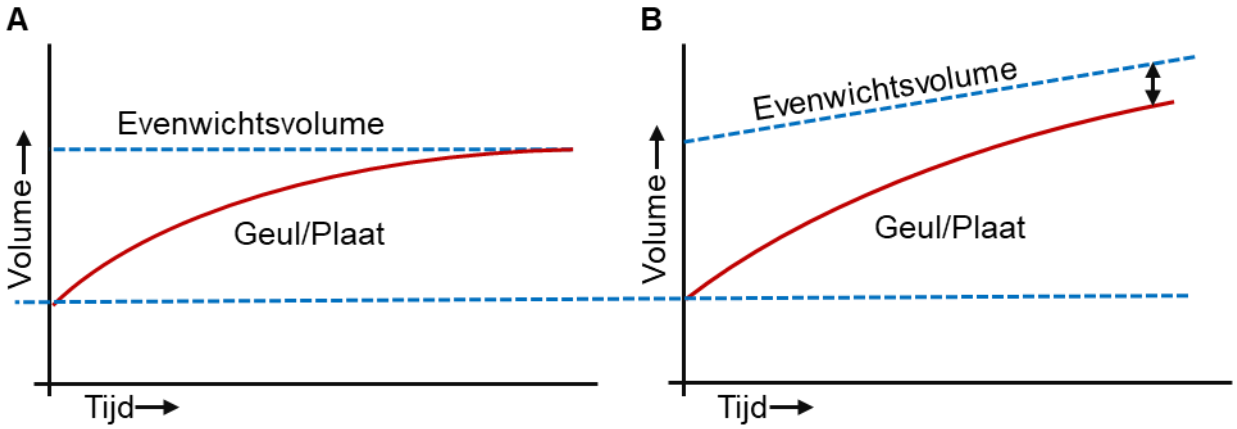
4.2.3 Langjarige ontwikkelingen op de schaal van het sedimentdelende systeem

Bij het beschouwen van de morfologische ontwikkelingen op de lange termijn van tientallen tot honderden jaren wordt de complexe morfologie in de kombergingsgebieden teruggebracht tot één element voor de geulen en één voor de droogvallende platen. Geul en plaat wisselen sediment uit met de buitendelta, die ook als één element wordt beschouwd. De buitendelta wisselt op zijn beurt sediment uit met de aangrenzende kustdelen. Samen vormen deze elementen per kombergingsgebied het sedimentdelende systeem van Waddenzee, buitendelta en kust (Figuur 4-3). In dit sedimentdelende systeem is het getijprisma de belangrijkste sturende factor. Het getijprisma is het watervolume dat tijdens een gemiddeld getij wordt geborgen in het kombergingsgebied. De omvang van het getijprisma wordt bepaald door de niveaus van hoog- en laagwater en het areaal en de gemiddelde hoogte van de droogvallende platen.

In de sedimentdelende systemen die worden gevormd door de kombergingsgebieden is sprake van vaste verhoudingen tussen de omvang van het getijprisma en de omvang van de geulen (uitgedrukt als het watervolume dat in de geulen wordt geborgen). In grotere kombergingsgebieden met een groot getijprisma, zijn de geulen groter en in kleinere kombergingsgebieden met een klein getijprisma zijn de geulen kleiner. Ook is sprake van een vaste relatie tussen de omvang van het getijprisma en de omvang van de droogvallende platen (uitgedrukt als het sedimentvolume dat in de droogvallende platen aanwezig is). Verder is de omvang van de buitendelta (ook uitgedrukt als het sedimentvolume, maar dan ten opzichte van het doorgetrokken kustprofiel van de aangrenzende kusten) gerelateerd aan de omvang van het getijprisma. Deze vaste verhoudingen tussen getijprisma en de onderdelen van het sedimentdelende systeem worden de evenwichtsrelaties genoemd.

De sedimentdelende systemen ontwikkelen zich in de richting van een evenwichtssituatie voor de verschillende onderdelen ervan. Die ontwikkelingen in de richting van het evenwicht bestaan uit sedimentatie op de platen en in de geulen in de Waddenzee. Dit is schematisch weergegeven in de linker grafiek (A) in Figuur 4-4. Het sediment voor het bereiken van de evenwichtssituatie wordt geleverd door de buitendelta en de kust. Bij een stijgende zeespiegel is het bereiken van de evenwichtssituatie niet mogelijk, door de doorgaande verstoring die de stijgende zeespiegel oplegt. Deze situatie is schematisch weergegeven in de rechter grafiek (B) in Figuur 4-4. De stijgende zeespiegel leidt tot een kleine maar doorgaande toename van de waterstanden, waaronder de hoog- en de laagwaterstand. Daarmee neemt het getijprisma in het kombergingsgebied toe, waardoor een afwijking ontstaat die het systeem verwijdert van de evenwichtssituatie. En dit brengt weer sedimentatie in de Waddenzee op gang, waarvoor het sediment wordt aangevoerd vanuit de kust. Deze langjarige doorgaande trend van sedimentatie in de kombergingsgebieden van de Waddenzee, gevoed door sediment uit de kust wordt wel de ‘zandhonger’ van de Waddenzee genoemd, die resulteert in een ‘zandvraag’ aan de Noordzeekust (Figuur 4-5).

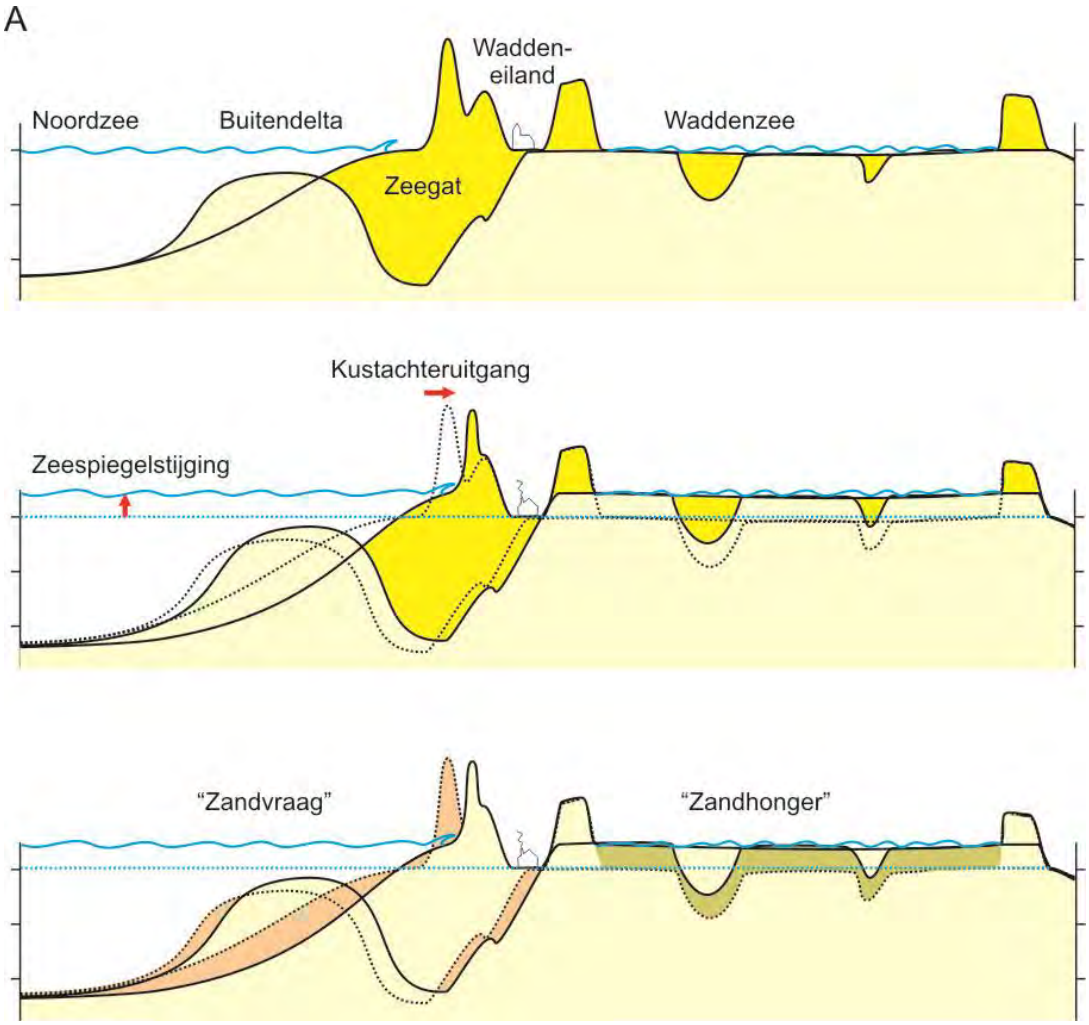
Ten opzichte van het schematische bovenaanzicht in Figuur 4-3 is bij de buitendelta van het Pinkegat sprake van een iets andere situatie, omdat ten oosten van deze buitendelta geen Waddeneiland met kustlijn ligt, maar de buitendelta van Friesche Zeegat. Ten oosten van de buitendelta van het Friesche Zeegat ligt Schiermonnikoog met zijn kustlijn.



Figuur 4-4 Grafieken met schematische weergave van A. Bereiken van morfologische evenwicht in de situatie zonder stijgende zeespiegel; en B. Niet bereiken van morfologiche evenwicht bij een stijgende zeespiegel.

De kennis van deze evenwichtsrelaties is gebaseerd op analyses van de getijdebekkens en buitendelta's van de Waddenzee (onder andere Eysink en Biegel, 1992) en andere getijdebekkens in de wereld. De morfologische veranderingen die zijn opgetreden na afsluitingen van (delen van) getijdebekkens en zeearmen hebben laten zien hoe de morfologische ontwikkelingen naar een nieuw evenwicht plaatsvinden. De morfologische response van het kombergingsgebieden Zoutkamperlaag op de afsluiting van de Lauwerszee en die van de kombergingsgebieden Marsdiep en Vlie op de afsluiting van de Zuiderzee zijn gebruikt om langjarige morfologische veranderingen te modelleren op basis van de evenwichtsrelaties, bijvoorbeeld met het Asmita-model. De toepassing van het Asmita-model voor het Pinkegat en het Friesche zeegat is te vinden in Wang en Eysink, (2005).

Vanwege de grote omvang van de afsluitingen zijn morfologische veranderingen die daarna zijn de opgetreden veranderingen ook groot en goed meetbaar. Dit heeft meetgegevens opgeleverd die uiterst bruikbaar zijn om te vergelijken met de gemodelleerde responses. Ook de ontwikkeling van de Waddenzee bekkens in response op de stijgende zeespiegel is gemodelleerd met het Asmita-model (van Goor e.a., 2003; Kragtwijk e.a., 2004; Wang et al, 2018). Bij de langjarige response op de stijgende zeespiegel wordt ook rekening gehouden met het geleidelijk veranderen van de kenmerken van de kombergingsgebieden. Op de lange termijn zijn de wantijen die de kombergingsgebieden onderling begrenzen van plaats veranderd en hebben het ontstaan en de uitbreiding van kwelders ook gevolgen voor het getijprisma van de kombergingsgebieden (Eysink, 1979).



Figuur 4-5 Schematische dwarsdoorsnede van de Waddenzee met Waddeneiland en buitendelta (boven), de response op de stijgende zeespiegel in de Waddenzee en de gevolgen voor het eiland en de buitendelta (midden). Onderin is de sedimentatie (groen: "zandhonger") en de erosie in de kust en op de buitendelta (rood: "zandvraag") weergegeven (uit Cleveringa e.a., 2004)

Aanvullende informatie en gegevens over de morfologische ontwikkelingen van getijdebekkens in reactie op de stijgende zeespiegel zijn ontleend aan geologische studies aan de ontwikkeling van de kust gedurende het Holoceen (zie bijvoorbeeld Van der Spek & Beets, 1992 en Beets e.a., 1994, Wang et al., 2018). Een deel van deze kustontwikkeling vond plaats onder condities met een beduidend hogere snelheid van zeespiegelstijging dan de huidige en deze Holocene kustontwikkelingen geven inzichten die bruikbaar zijn bij versnelde zeespiegelstijging. Onder deze condities vond snelle sedimentatie plaats in de getijdebekkens die destijds langs de kust lagen (Van der Spek, 2004). Het sediment dat hiervoor nodig was, werd tenminste deels aangevoerd vanaf de kust, die dan ook snel landwaarts verplaatste. De uitkomsten van deze studies ondersteunen het denkmodel van 'zandhonger' en 'zandvraag' dat wordt gehanteerd voor de getijdebekkens in de Waddenzee.

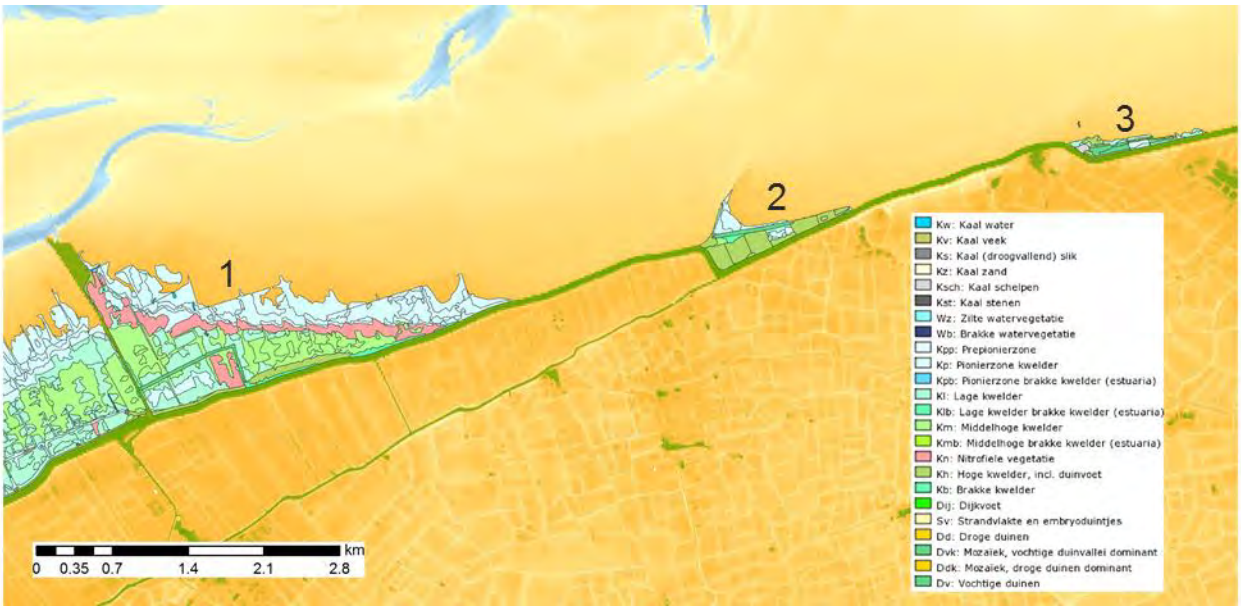
De lange termijn ontwikkeling van de kombergingsgebieden op de bodemdaling door de gaswinning wordt op dezelfde wijze beschouwd als de veranderingen door zeespiegelstijging en de afsluitingen. De bodemdaling vergroot het getijdeprisma in het kombergingsgebied en leidt daarmee tot een kleine verstoring, waardoor het kombergingsgebied iets verder van de evenwichtssituatie afraakt. Die kleine verstoring brengt een extra sedimentatie op gang op de platen en de geulen. Het sediment hiervoor is afkomstig vanaf de buitendelta en uiteindelijk van de kust (zand) en uit de Noordzee (slib).

De omvang van de bodemdaling door gaswinning, zoals die van dag tot dag optreedt onder de Waddenzee is zeer klein. En wanneer deze omvang wordt vergeleken met de grote variaties die optreden onder invloed van het getij, de meteorologische omstandigheden en de biologische processen, dan is deze ook zeer klein.

Ondanks de kleine omvang op *korte termijn* wordt, in het model dat de response van de kombergingsgebieden op de bodemdaling en de zeespiegelstijging beschrijft, uitgegaan van een merkbare response op de *lange termijn*. De response op de zeer geleidelijk processen bodemdaling (en ook van zeespiegelstijging) gaat om de optelsom van zeer kleine veranderingen die steeds dezelfde richting op gaan, tegenover de korte termijn variaties die alle kanten op gaan.

4.2.4 Kwelders

Kwelders zijn de begroeide hogere delen van het waddengebied. Binnen kwelders worden verschillende hoogtezones gedefinieerd. In Figuur 4-6 zijn deze zones in kaart aangegeven voor de vastelandskwelders. Kwelders zijn dermate hoog dat deze alleen bij springtij en stormcondities met verhoogde waterstanden overstromen. De laagste delen van de kwelder (de pionierzone) stromen vaak onder en de hogere delen doen dat minder. Alleen als kwelders overstromen, kan zand en slib vanuit de Waddenzee naar de kwelders worden getransporteerd. Het zand en slib dat naar de kwelders wordt getransporteerd, kan daar makkelijker dan op onbegroeide wadplaten tot afzetting komen, omdat de aanwezige vegetatie zorgt voor relatief lagere stroomsnelheden nabij de bodem.



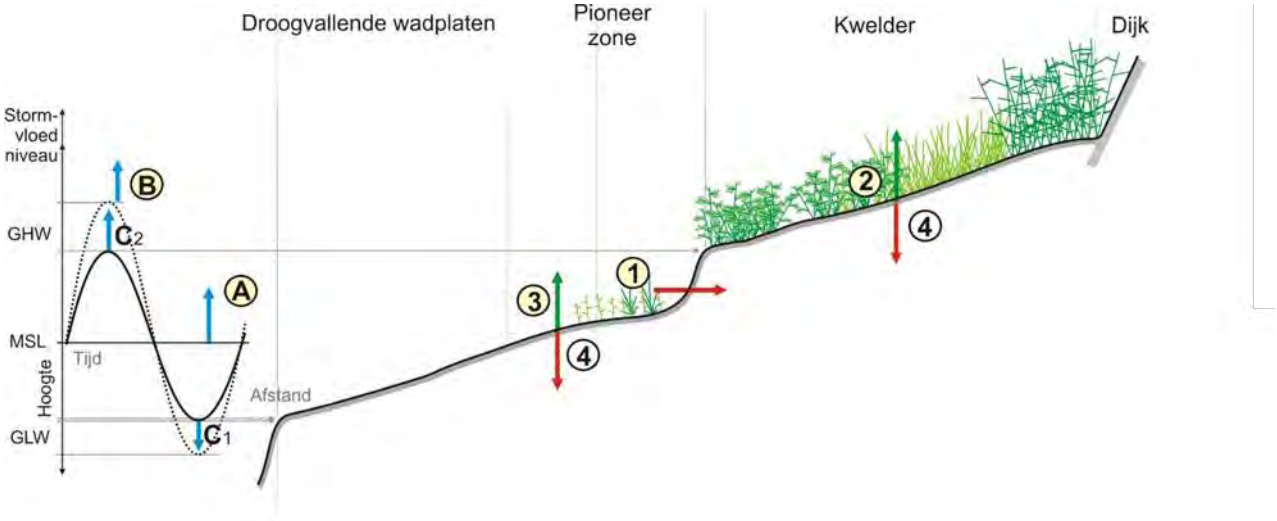
Figuur 4-6 Vegetatiezonering van de vastelandskwelders, met bij 1 de kwelders ten oosten van de veerdam Holwerd, bij 2 het kwelderfragment bij ' Skoar en bij 3 het kwelderfragment bij Wierum: de Kromme Horne (vegetatiekartering 2008, Bron Rijkswaterstaat)

De ontwikkeling van kwelders omvat een aantal morfologische veranderingen die plaatsvindt onder invloed van verschillende randvoorwaarden, die beide in Figuur 4-7 schematisch zijn weergegeven. Hieronder worden de morfologische veranderingen toegelicht, gevolgd door de randvoorwaarden. De nummering komt overeen met die in Figuur 4-7.

1. Erosie van het kwelderklif.
   Op de overgang van de pionierzone naar de (lage) kwelder kan erosie plaatsvinden. Deze afname van het kwelderareaal is éénrichtingsverkeer, uitbouw van de kwelder vindt niet vanaf de rand plaats. De belangrijkste factor die de erosie bepaalt, is de golfaanval die op de kwelderrand plaatsvindt. De hoogte en breedte van de wadplaten voor het kwelderklif zijn hiervoor van belang, zie hiervoor punt 3.
2. Verhoging of verlaging van de kwelders.
   Verhoging of verlaging van de kwelders, inclusief de pionierkwelder vindt plaats over het gehele areaal van de kwelder. De richting van het proces is afhankelijk van de balans tussen de netto aan- dan wel afvoer van sediment en de inklinking van de kwelderbodem. Over het algemeen is sprake van netto aanvoer van sediment (slib en zand) naar kwelders, als de kwelders overstromen. De hoogtetoename bij netto sedimentatie is afhankelijk van de aanvoer van het sediment en van de bodemdaling (zie punt 4) en de inklinking van het kweldersediment. In natuurlijke kwelders is sprake van ruimtelijke differentiatie van de sedimentatie, die samenhangt met de afstand tot de kreken en kreekjes. In kwelderwerken is ook sprake van ruimtelijke differentiatie die samenhangt met de afstand tussen wad en kwelder.
3. Verhoging of verlaging op de voorliggende droogvallende platen.

De verhoging dan wel verlaging op de voorliggende droogvallende platen is zowel van belang voor de eventuele erosie van het kwelderklif, als voor de mogelijk doorontwikkeling van hoge wadplaat naar pionierzone. Of verhoging dan wel verlaging plaatsvindt, is afhankelijk van de netto sedimentatie of erosie die in de loop van de tijd plaatsvindt op de wadplaten. Hiermee is de ontwikkeling van de kwelders gekoppeld aan de autonome ontwikkeling van de droogvallende wadplaten.

4. Bodemdaling.
   Bodemdaling is de term die wordt gebruikt voor de daling van de diepere ondergrond, ook wel Pleistocene ondergrond (dit in tegenstelling tot inklinking of compactie van het ondiepe deel van de bodem). De bodemdaling bestaat uit twee componenten, namelijk de tektonische bodemdaling waar heel noordwest Nederland mee te maken heeft en die samenhangt met de grootschalige en extreem langjarige geologische ontwikkeling van Nederland en de regionale bodemdaling door de winning van gas (zie bijvoorbeeld Elschot et al., 2017). De tektonische bodemdaling is onderdeel van de relatieve zeespiegelstijging en dat is de zeespiegelstijging die wordt beschouwd in het meegroeivermogen van de kombergingsgebieden. De bodemdaling door de bestaande gaswinningen Ameland en Waddenzee is onderdeel van de autonome regionale ontwikkelingen.



Figuur 4-7 Schematische dwarsdoorsnede van een kwelder met morfologische veranderingen (cijfers) en randvoorwaarden (letters).

Verschillende randvoorwaarden bepalen de ontwikkelingen van kwelders. Bij deze randvoorwaarden is de beschikbaarheid van sediment (zand en slib) niet beschouwd, omdat hiervan voldoende aanbod is en de vraag door de sedimentatie op de kwelders bepalend is. De randvoorwaarden in Figuur 4-7 zijn:

A. *Stijgende zeespiegel.*
   De stijgende zeespiegel wordt hier gebruikt om de toename van de gemiddelde waterstand (het middenstandvlak) te beschouwen, de niveaus van hoog- en laagwater worden apart beschouwd bij C. Voor de ontwikkeling van de Waddenzee wordt de zeespiegel met zijn huidige langjarige gemiddelde stijging als een veranderend referentieniveau beschouwd. De sedimentatie en erosie op kwelders worden beschouwd ten opzichte van dit veranderende referentieniveau. Meer sedimentatie op een kwelder dan de stijging van de zeespiegel betekent dat de kwelder relatief hoger wordt. Bij een versnelde stijging van de zeespiegel, zoals die wordt verwacht (voorspeld) als gevolg van de wereldwijde klimaatveranderingen is meer sedimentatie nodig om mee te groeien met de stijgende zeespiegel.
B. *Stormvloedniveau.*
   Voor de ontwikkeling van kwelders zijn veranderingen in de niveaus en de frequentie van stormvloeden minstens zo belangrijk als veranderingen in het gemiddelde zeeniveau. Bij een toename van het niveau van stormvloeden, uitgedrukt als en toename van het aantal keren dat een bepaalde waterstand wordt overschreden, neemt het aantal keren dat de kwelder wordt overspoeld toe. De frequentie waarmee de kwelder wordt overspoeld is van belang voor ecologie, omdat verschillende kwelderplanten een verschillende zouttolerantie hebben. En het heeft een effect op de snelheid waarmee sedimentatie plaatsvindt. Vaker overspoelen betekent dat vaker sediment wordt aangevoerd. Voor de natuurwaarden van de kwelder maakt het ook uit in welk seizoen de kwelder overstroomt. In het broedseizoen is een

overstroming van de kwelder voor de broedvogels veel vervelender dan buiten het broedseizoen. Of dit voor de morfologische ontwikkelingen veel gevolgen heeft is niet bekend.

C. *Veranderingen in de hoog- en laagwaterstanden.*
Veranderingen in de hoogwaterstanden hebben directe gevolgen voor de frequentie van overstromen van de lagere delen van de kwelder (pionierzone en lage kwelder) en kunnen daar ook doorwerken op de ecologie en de sedimentatiesnelheden. Veranderingen in de laagwaterstanden hebben geen gevolgen voor de kwelders.

Voor de vastelandskwelders die onderdeel zijn van de kwelderwerken zijn het beheer en het gebruik voor de ontwikkelingen van de afgelopen tientallen jaren minstens zo belangrijk als de randvoorwaarden (van Duin e.a., 2016a). Kwelderwerken bestaan uit een rechthoekig patroon van houten dammetjes en geultjes (vroeger werden ook greppels gegraven en onderhouden, maar dit is niet meer gebruikelijk). Kwelderwerken waren tot de jaren ’60 aanwezig in het hele gebied vanaf de Veerdam bij Holwerd tot aan de Lauwerzee (Hoekstra et al., 1998). Van deze uitgebreide kwelderwerken resteren tegenwoordig alleen nog de delen voor de drie resterende kwelders, namelijk de kwelders ten oosten van de veerdam Ameland, het kwelderfragment bij ‘t Skoar en het kwelderfragment de Kromme Horne bij Wierum. De kwelderwerken beperken de rol van golven en zorgen voor gestructureerde drainage. De waterstanden worden niet beïnvloed door de kwelderwerken. De kwelderwerken bevorderen de sedimentatie van zand en slib in de kwelder, de pionierzone en de voorliggende zone, waardoor daar meer sediment terecht komt dan in de situatie zonder kwelderwerken.

Onder het beheer worden de werkzaamheden aan de rijshoutendammen en het greppel en geulenpatroon verstaan. Het gebruik bestaat uit beweiding, met verschillende intensiteiten. De beweiding is ook van belang voor de ontwikkeling van de kwelders bij Ameland (Dijkema, 2011; de Groot et al., 2016).

Het beheer van de kwelderwerken is in de periode 1960-2014 sterk veranderd (Van Duin et al., 2016a). In eerste instantie was het beheer intensief en gericht op zo hoog mogelijke aanslibbing, zodat het areaal bruikbare landbouwgrond zo snel mogelijk toenam. Dat intensieve beheer omvatten het plaatsen van een dicht netwerk van dammetjes en greppels, waar zeer regelmatig onderhoud op werd toegepast. In tweede instantie verschoof het beheer naar de natuurwaarden van de kwelders. De intensiteit van het beheer nam af. De dichtheid en totale lengte van rijshouten dammetjes nam af en de aanleg en het onderhoud van de greppels werd gestaakt. De in de tijd en ruimte variërende condities die dit heeft opgeleverd hebben inzicht gegeven in de relaties tussen de aanwezigheid van dammetjes en hun condities en de opslibbingsnelheid. Intensief beheer leidt tot de hoogste opslibbingsnelheden en uitbreiding van het kwelderareaal.

Beweiding van de kwelder heeft invloed op de vegetatie, waarbij de intensiteit van de beweiding een duidelijke rol speelt. In sommige situaties, met een intensieve beweiding, neemt de vegetatie dichtheid zo veel af dat erosie kan gaan optreden. Beweiding wordt vooral gezien (en soms gebruikt) als stuurfactor voor de gewenste vegetatieontwikkelingen.

De ontwikkeling van de kwelders is via twee routes verbonden met het sedimentdelende systeem. De eerste route heeft betrekking op het transport van sediment. Kwelders fungeren onder de huidige omstandigheden over het algemeen als een plek waar netto sedimentatie plaatsvindt en dit geldt ook voor de kwelders in het studiegebied. Het zand en slib dat op de kwelders wordt afgezet is afkomstig uit de Waddenzee. Het areaal van de kwelders in het studiegebied is dusdanig beperkt ten opzichte van het totale areaal van het kombergingsgebied Pinkegat, dat deze sinkfunctie voor sediment in de autonome ontwikkeling buiten beschouwing wordt gelaten. De sedimentbalans van Vermaas en Marges (2015) laat zien dat de omvang van de sedimentatie op de kwelders relatief beperkt is ten opzichte van de andere sedimentatie en erosie in de kombergingsgebieden Borndiep en Pinkegat, en op de buitendelta en de Noordzee, ondanks de grote omvang van de kwelders in het Borndiep.

De andere route waarmee de kwelders zijn verbonden met het sedimentdelende systeem heeft betrekking op het areaal van de kwelders in relatie tot het areaal van de droogvallende platen en de geulen en het getijprisma. Een uitbreiding van het areaal van de kwelder gaat ten koste van het areaal dat beschikbaar is voor platen en geulen. De afname van het areaal platen en geulen door uitbreiding van de kwelders heeft als gevolg dat het getijprisma van het kombergingsgebied afneemt. Bij een kleiner getijdeprisma passen kleinere geulen en daarvoor is sediment nodig. Uitbreiding van het kwelderareaal heeft een daarom een extra sedimentvraag in het kombergingsgebied tot gevolg (deze factor is door Eysink, 1979 en Oost e.a., 1998 in de sedimentbalansen voor de kombergingsgebieden de beschouwd onder ‘verlanding’). Het omgekeerde is ook het geval: bij een afname van het kwelderareaal, waardoor het areaal platen en geulen toeneemt, komt sediment beschikbaar. Deze route wordt in de voorliggende studie buiten beschouwing

gelaten, omdat het areaal van de kwelders waaronder bodemdaling door de gaswinning Ternaard plaats zal vinden, stabiel is en de bodemdaling dit niet zal veranderen.

4.3 De Hand aan de Kraan-systematiek

Uitgangspunt bij de waddenwinningen is dat er wordt gewerkt volgens de HadK-systematiek. Dit houdt in dat de gaswinning wordt stilgelegd of beperkt wanneer vooraf vastgestelde grenzen worden of dreigen te worden overschreden. Wat deze grenzen precies zijn en hoe dit werkt wordt toegelicht in de onderstaande paragrafen. Het HadK-principe is ontwikkeld bij het MER en de Passende beoordeling voor de Gaswinning Moddergat Lauwersoog Vierhuizen (hierna: MLV) ((NAM, 2006 & Ministerie van Economische Zaken, 2006). De HadK-systematiek is als voorwaarde opgenomen in het instemmingsbesluit op het Winningsplan (MLV). Het is een toetsingskader voor bodemdaling onder de Waddenzee, waarmee voorafgaand aan de gaswinning wordt afgesproken aan welke randvoorwaarden de bodemdaling moet voldoen (de Waal et al., 2012). De HadK-systematiek is dus een borgstelling om schade aan wadplaten te voorkomen en is daarmee een uitwerking van het voorzorgsbeginsel.

4.3.1 De drie uitgangspunten van de Hand aan de Kraan-systematiek

Uitgangspunt bij de waddenwinningen is dat er wordt gewerkt volgens het HadK-principe. Dit houdt in dat de gaswinning wordt stilgelegd of beperkt wanneer vooraf vastgestelde grenzen worden of dreigen te worden overschreden. Wat deze grenzen precies zijn en hoe dit werkt wordt toegelicht in deze paragraaf. De HadK-systematiek voor de gaswinning Ternaard is als voorwaarde opgenomen in het instemmingsbesluit op het Winningsplan Ternaard.

De HadK-systematiek is gebaseerd op drie uitgangspunten. Het eerste uitgangspunt is het meegroeivermogen van de Waddenzee (zie paragraaf 4.3.2). Binnen de HadK-systematiek wordt er gewerkt met een conservatief gekozen meegroeivermogen. Dat noemen we de Natuurgrens. Deze natuurgrens wordt in de volgende alinea behandeld. Daarna volgt het tweede uitgangspunt, de zeespiegelstijging. Voor mijnbouw onder de Waddenzee stelt de Minister eens per vijf jaar een nieuw zeespiegelstijgingsscenario vast (zie paragraaf 4.3.3). Het verschil tussen de snelheid van zeespiegelstijging en de natuurgrens is de *gebruiksruimte* die mag worden opgevuld door de snelheid van bodemdaling (zie paragraaf 4.3.4). Bodemdaling is het derde uitgangspunt. De mate waarin de bodemdaling de gebruiksruimte opvult, noemen we ook wel de *belasting* van de gebruiksruimte. In de onderstaande Figuur 4-8 wordt schematisch weergegeven hoe de gebruiksruimte wordt vastgesteld.

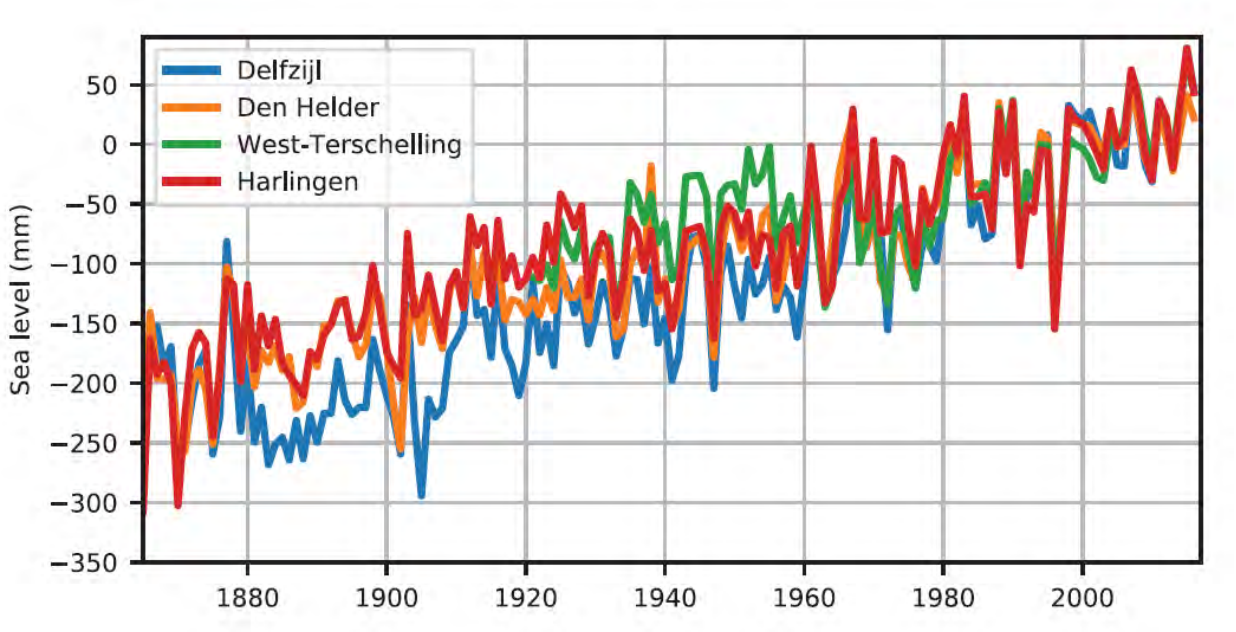
Figuur 4-8 Schematische weergave van de relaties tussen de natuurgrens als maat voor het meegroeivermogen van een kombergingsgebied, de zeespiegelstijging en de gebruiksruimte voor gaswinning onder dat kombergingsgebied.

4.3.2 Uitgangspunt 1: Het meegroeivermogen van de Waddenzee

In de voorgaande paragrafen (4.2.1, 4.2.2 en 4.2.3) wordt toegelicht dat door sedimentaanvoer vanuit de Noordzeekustzone de Waddenzee kan meegroeien met de zeespiegelstijging en met bodemdaling door gaswinning. Dat meegroeivermogen is niet overal gelijk. Grotere kombergingsgebieden kennen een lager meegroeivermogen dan kleinere kombergingen (Oost et al., 1998; Wang et al., 2018). De kombergingen waaronder de huidige waddenwinningen plaatsvinden, zijn het relatief kleine Pinkegat en de grotere Zoutkamperlaag. Het gasveld Ternaard ligt onder het Pinkegat en voor een zeer klein deel onder het aangrenzende Borndiep. Wetenschappers zijn van mening dat het meegroeivermogen van het Pinkegat relatief groot is. In een recente studie schrijft men over meer dan 30 mm per jaar (Wang et al., 2018). Als uitgangspunt voor de HadK-systematiek wordt uitgegaan van een meegroeivermogen voor het Pinkegat van 6 mm per jaar, conform de Passende beoordeling voor de gaswinning Waddenzee (Ministerie van Economische Zaken, 2006). Het meegroeivermogen van 6 mm/jaar wordt als een zeer veilige natuurgrens gezien.

4.3.3 Uitgangspunt 2: De snelheid van zeespiegelstijging

Een deel van het meegroeivermogen van de wadplaten in de Waddenzee is nodig om de stijgende zeespiegel bij te houden. Over de afgelopen 50 jaar beschouwd stijgt de zeespiegel in het Waddengebied met gemiddeld 1,8 mm per jaar. Zie bijvoorbeeld Figuur 4-9. Eens in de 5 jaar laat de Minister van Economische Zaken en Klimaat onderzoeken hoe deze stijgingssnelheid zich ontwikkelt en hoe deze zal verlopen in de vijf jaren die volgen. In tegenstelling tot allerlei andere zeespiegelstijgingsscenario's, hoeft er dus maar vijf jaar vooruit voorspeld te worden. Omdat iedere vijf jaar wordt geactualiseerd, vormt het beleidsscenario voor zeespiegelstijging een realistische schatting van de daadwerkelijke stijging van de zeespiegel in het Waddengebied.



Figuur 4-9 Waargenomen jaargemiddelde zeespiegel van vier waterstandsstation uit de Waddenzee (uit Vermeersen et al., 2018).

Omdat het toekomstig versneld stijgen van de zeespiegel een zorg is, biedt het beleidsscenario voor zeespiegelstijging naast een 5-jarige prognose, ook een prognose voor de jaren daarna. Die prognose noemen we het richtscenario. In dit richtscenario is te zien wat er in de toekomst verwacht wordt, maar nog niet goed voorspeld kan worden. Op basis van het richtscenario kan worden bekeken wanneer de zeespiegelstijging de natuurgrens overschrijdt. Als die prognose niet verandert door actualisatie van het beleidsscenario, is dat het moment dat de gaswinning is stopt.

Over het vigerende richtscenario is discussie ontstaan omdat dit lager uitkomt dan verwachtingen die bijvoorbeeld door het KNMI zijn gepubliceerd (KNMI, 2015). Naar aanleiding daarvan heeft de Waddenacademie een studie laten uitvoeren naar zeespiegelstijging aan de Nederlandse kust. Deze studie

van Vermeersen et al. (2018) voorspelt een versnelling van de zeespiegelstijging die groter is dan het richtscenario uit het beleidsbesluit. Voor de voorliggende Passende beoordeling is de discussie over het richtscenario niet bepalend voor de uitkomst, omdat het hanteren van de HadK-systematiek betekent dat de winning plaatsvindt binnen de grenzen die door het meegroeivermogen en het zeespiegelstijgingsscenario. In 2021 vindt de volgende actualisatie van het beleidsscenario plaats.

4.3.4 Uitgangspunt 3: De bodemdalingssnelheid

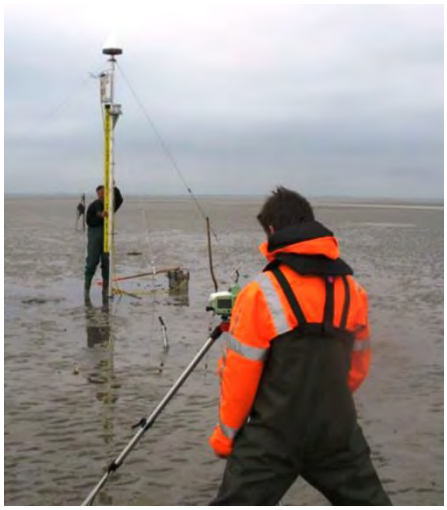
In Figuur 4-8 is te zien dat de gemiddelde bodemdalingssnelheid door gaswinning, opgeteld bij de snelheid van zeespiegelstijging[23] niet groter mag zijn dan de vastgestelde natuurgrens. Voor het kombergingsgebied Pinkegat is de natuurgrens bepaald op 6 millimeter daling per jaar. Circa 1,8 millimeter per jaar kan niet benut worden in verband met de zeespiegelstijging. De gebruiksruimte die overblijft is dan 4,2 millimeter per jaar. De gemiddelde bodemdalingssnelheid onder het Pinkegat door alle gaswinningen samen, mag niet meer bedragen dan 4,2 millimeter per jaar.

In de bovenstaande alinea wordt gesproken over gemiddelde bodemdalingssnelheid. Het bepalen van de gemiddelde bodemdalingssnelheid voor het kombergingsgebied Pinkegat werkt als volgt. Er is bodemdaling door gaswinning onder het Pinkegat door winning uit de gasvelden Moddergat, Nes en Ameland. Op basis van geomechanische modellering wordt berekend hoe groot deze bodemdalingssnelheid waar onder het gebied is. Het gebied is opgedeeld in vakjes. Voor ieder vakje wordt de bodemdalingssnelheid berekend. Door alle vakjes te middelen wordt de gemiddelde dalingssnelheid berekend. Dit is echter nog niet het hele verhaal. Er wordt namelijk ook in de tijd gemiddeld. Omdat de gaswinning niet constant is en omdat de Waddenzee een dynamisch gebied is, wordt er gewerkt met een zesjarig gemiddelde. Voor het berekenen van de belasting van de gebruiksruimte op een bepaald moment, betreft het de gemiddelde belasting van drie jaar ervoor en drie jaar erna.

De bodemdalingssnelheid wordt berekend aan de hand van modellen van de diepe ondergrond. Een eerste model maakt een driedimensionale geologische beschrijving van de diepe ondergrond onder een groot deel van het Waddengebied. Een tweede model berekent hoe het drukverloop in de gasreservoirs en aansluitende watervoerende lagen zal verlopen. Een derde model berekent hoe dat drukverloop leidt tot compactie van het gasreservoir en hoe dat uiteindelijk doorvertaald naar bodemdaling aan het aardoppervlak. Dit laatste model noemen we het geomechanisch model. De met de modellen voorspelde bodemdaling aan het einde van de winning is weergegeven in Figuur 3-4, zie voor een nadere toelichting het Winningsplan (NAM, 2019)

Het geomechanisch model wordt tijdens de winning gekalibreerd en geverifieerd aan de hand van bodemdalingsmetingen op het land en op het wad. Op het wad zijn daarvoor stalen palen diep in de wadbodem geplaatst; de zogenaamde peilmerken (Figuur 4-10).

[23] Dit is de relatieve zeespiegelstijging, waar de autonome, tektonische bodemdaling onderdeel van uitmaakt (Fokker et al, 2018). De tektonische bodemdaling wordt niet van de gebruiksruimte afgetrokken, omdat dan deze dan twee keer in de berekeningen zou worden meegenomen.



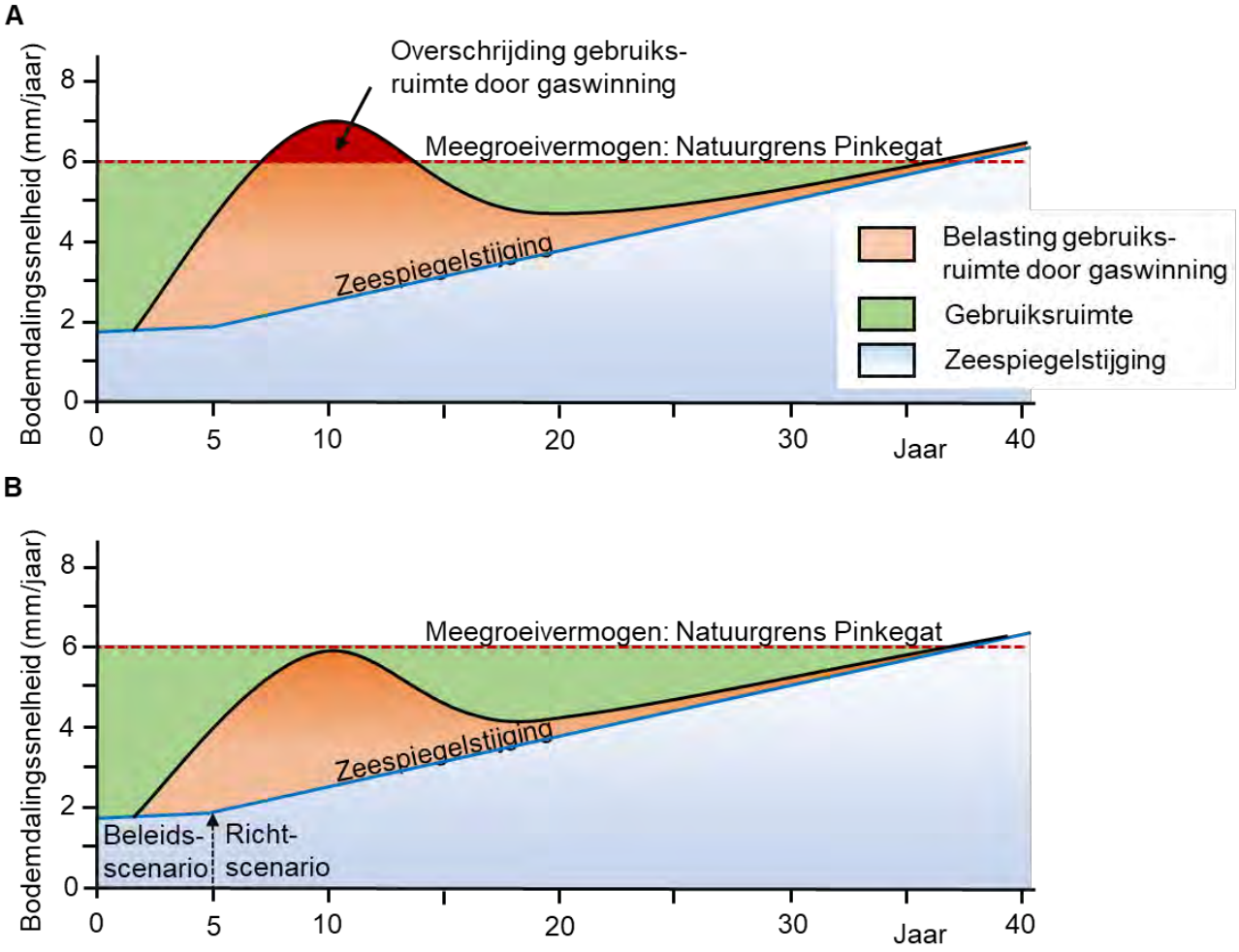
Figuur 4-10 Inmeten van een peilmerk: 6 meter lange palen staan helemaal onder het sedimentoppervlak. Ze dalen mee met de diepe bodemdaling. Minimaal eens per drie jaar wordt de kop van de paal uitgegraven en wordt er een gps-antenne op de paal gezet waardoor de gps-ontvanger permanent boven water staat. Door vijf dagen lang aaneengesloten te meten ontstaat een zeer nauwkeurige bepaling van de hoogte. Deze nauwkeurige bepaling is nodig om de kleine hoogteveranderingen door bodemdaling te registreren. Op de palen wordt niet de bodemhoogteverandering van het wad gemeten.

4.3.5 De Meet- & Regelcyclus

De technische details met betrekking tot de HadK-systematiek zijn vastgelegd in het Meet- & Regelprotocol. Dit protocol is als voorwaarde opgenomen in het instemmingsbesluit op het Winningsplan (MLV). Ieder jaar wordt de zogenaamde Meet- & Regelcyclus doorlopen en wordt de Meet- & Regelrapportage aan het bevoegd gezag (het Ministerie van Economische Zaken en Klimaat) aangeleverd. In die rapportage laat NAM zien hoe ze ervoor zorgt dat de bodemdalingsnelheid onder de Waddenzee de gebruiksruimte niet overschrijdt of dreigt te overschrijden.

Figuur 4-11 is een fictief voorbeeld dat bedoeld is om uit te leggen hoe de HadK-systematiek werkt en toont in twee grafieken de snelheid van zeespiegelstijging, de belasting van de gebruiksruimte door de geprognotiseerde bodemdalingsnelheid en de natuurgrens. Op de Y-as staat in millimeters per jaar de snelheid van de zeespiegelstijging, de bodemdalingssnelheid (gemiddelde over het komberginsggebied) en de natuurgrens (het meegroeivermogen). Op de X-as staat de tijd in jaren. De zeespiegeslstijging is het lichtblauwe vak, waarbij de eerste vijf jaar sprake is van een versnelde zeespiegelstijging (het beleidsscenario) en daarna een versneling plaats (het richtscenario). Bovenop de zeespiegelstijgingsnelheid is een groen vlak zichtbaar. Dit vlak representeert de beschikbare gebruiksruimte die overblijft als van het meegroeivermogen de zeespiegesltijging wordt afgetrokken. Vanwege de versnelling van de zeespiegelstijging, neemt de beschikbare gebruiksruimte af tot nul, als de snelheid van zeespiegelstijging groter wordt dan het meegroeivermogen.

Figuur 4-11 bestaat uit twee delen, A en B. Dit zijn twee berekening van de belasting van de gebruiksruimte.Voor A geldt een productiescenario waardoor de gebruiksruimte zou worden overschreden. Voor deel B geldt een aangepast winningscenario waardoor die overschrijding niet optreedt. In deel B wordt de gasproductie, zodat de Natuurgrens van 6 mm/jaar niet wordt overschreden. Dit is een voorbeeld van de preventieve werking van de HadK-systematiek. Dit geheel nameten, berekenen en rapporteren noemen we de Meet- & Regelcyclus.



Figuur 4-11 Twee fictieve grafieken van de gebruiksruimte en de versnelde zeespiegelstijging in het Pinkegat als voorbeeld voor de werking van de HadK-systematiek (gebasseerd op het fictieve voorbeeld dat is opgenomen in het MER Gaswinning Waddenzee, NAM, 2006). In deel A is de totale belasting van de gebruiksruimte te groot en wordt de natuurgrens overschreden. Dit is niet toegestaan en daarom wordt de gasproductie aangepast, door een nieuw productieplan op te stellen. Deel B toont een herberekening op basis van dat nieuwe productieplan. Nu past de bodemdaling door gaswinning wel binnen de gebruiksruimte.

4.3.6 Ecologische monitoring

Naast het Meet- & Regelprotocol kent de gaswinning Waddenzee ook een voorgeschreven monitoringprogramma (opgenomen als bijlage D van de Passende beoordeling). Dus enerzijds is er de HadK-systematiek die voorkomt dat effecten op de natuur kunnen optreden, anderzijds is er een ecologisch monitoringprogramma dat het uitblijven van deze effecten dient te bevestigen. Het monitoringprogramma is dus een extra controle voor het geval dat de HadK-systematiek niet zou werken. Dit monitoringprogramma is opgenomen als voorwaarde in de Natuurbeschermingswetvergunning voor gaswinning vanaf de locaties Moddergat, Lauwersoog en Vierhuizen.

Het monitoringprogramma is gericht op het verzamelen van data op basis waarvan de ontwikkeling van een aantal instandhoudingsdoelstellingen voor de Waddenzee kan worden gevolgd. De focus hierbij ligt op instandhoudingsdoelen die, indien er daadwerkelijk bodemdaling aan het wad- of kwelderoppervlak zou plaatsvinden, daar nadelig door beïnvloed zouden kunnen worden. Vooruitlopend op de het beoordelingskader in Hoofdstuk 11 (Deel B) worden deze hieronder kort besproken.

Areaal droogvallende wadplaten - Met als doel het areaal droogvallende wadplaten te berekenen, wordt er twee keer per jaar met een laser (LiDAR) vanuit een vliegtuig de hoogte van de wadplaten in Pinkegat en Zoutkamperlaag ingemeten. Deltares analyseert op basis van deze gegevens waar de wadplaten groeien en waar ze eroderen. Naast deze vlakdekkende methode wordt een aantal platen in detail gevolgd in de tijd met spijkermetingen. Deze metingen worden nader toegelicht in het monitoringprogramma (Bijlage D).

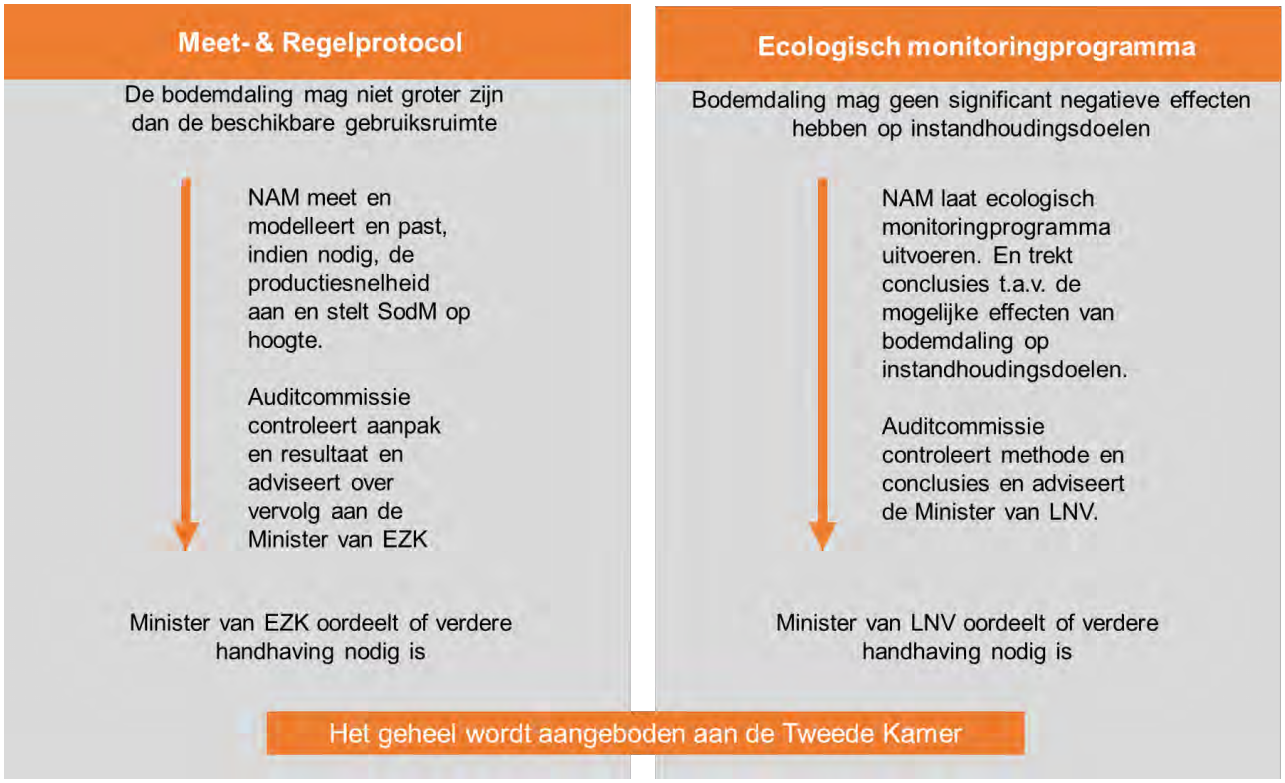
Draagkracht voor een aantal vogelsoorten - De draagkracht van de wadplaten voor daarop foeragerende vogels wordt bepaald door een groot aantal factoren en is tamelijk specifiek voor de verschillende vogelsoorten. Vanwege de mogelijke relatie met bodemdaling door gaswinning focust het monitoringprogramma op de voedselbeschikbaarheid en voedselbereikbaarheid van een aantal soorten. Om deze proxy voor draagkracht te berekenen is een ecologisch model gebouwd waarin een aantal databronnen samenkomen. Ten eerste de hierboven genoemde hoogteligging van het wad, die bepalend is voor de droogvalduur van het voedsel. De -niet voorspelde en verwachte- gevolgen van bodemdaling zouden via veranderingen in de droogvalduur door verlaging van de wadplaten door bodemdaling tot uiting komen. Ten tweede zijn ook de waterstanden bepalend voor de droogvalduur. Deze worden op basis van metingen in de vaste waterstandsstations van Rijkswaterstaat berekent met het programma Intertides (Rappoldt & Ens, 2013; Ens et al., 2015). Ten derde wordt, op basis van het dieet van een vogelsoort, de hoeveelheid voedsel geschat uit bodemdiereninventarisaties zoals SIBES (Compton et al. 2013) en de schelpdierinventarisaties (van den Ende et al. 2018; Perdon et al., 2018). Door het combineren van deze monitoringdata en kennis van de ecologie van de vogels en hun prooidieren wordt de draagkracht van het gebied jaarlijks bepaald (Ens et al. 2015, 2016, 2017, 2018).

Areaal en kwaliteit van kwelderhabitats - De kwelder die onder invloed staat van de gaswinning MLV, is de Paesumerlannen. Op deze kwelder wordt de opslibbingsnelheid gemeten en wordt de ontwikkeling van de vegetatie gemonitord (van Duin, 2018). Op basis van deze gegevens wordt beoordeeld hoe verschillende kwelderhabitats zich ontwikkelen.

Het monitoringprogramma in bijlage D ziet ook op de ecologische ontwikkeling van het Lauwersmeergebied. Dat is voor de Passende Beoordeling over de voorgenomen gaswinning Ternaard, verder niet van belang. Tegelijkertijd met de Meet- & Regelrapportage rapporteert NAM ieder jaar de voortgang van de ecologische monitoring aan de Ministeries van EZK en LNV (zie bijvoorbeeld NAM, 2018). Dit wordt nader toegelicht in paragraaf 4.3.7

4.3.7 Bevoegdheid, taakverdeling en rapportage

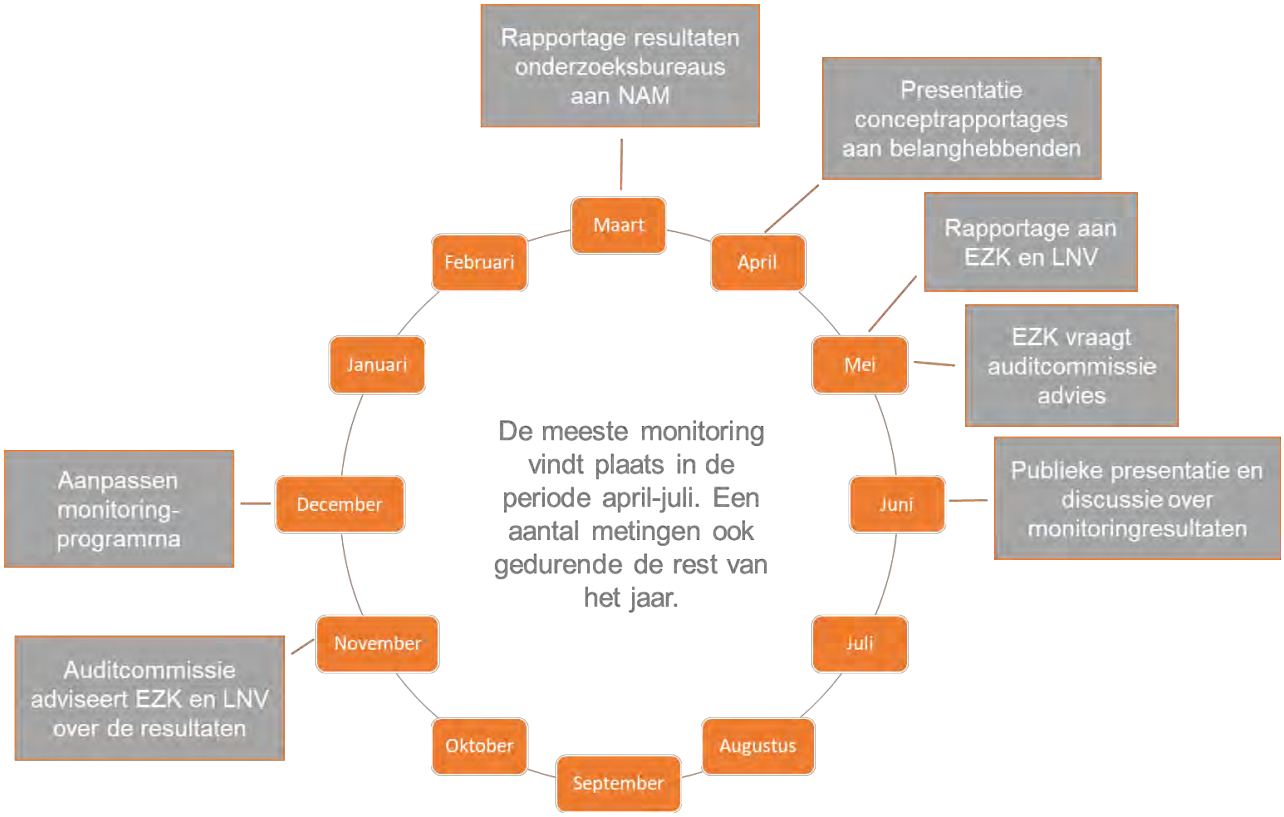
Zoals in de bovenstaande paragrafen reeds is aangegeven, is de HadK-systematiek uitgewerkt in het Meet- & Regelprotocol. Daarin wordt op basis van drie sturende variabelen, namelijk: de gemiddelde bodemdalingssnelheid, de zeespiegelstijgingssnelheid en de natuurgrens bepaald of de gasproductie moet worden bijgestuurd. Tevens kunnen afwijkingen in ecologische variabelen, waarvoor niet redelijkerwijs kan worden uitgesloten dat het om een effect van bodemdaling door gaswinning gaat, leiden tot een het beperken van de gaswinning. Twee separate lijnen dus. Deze zijn weergegeven in Figuur 4-12.



Figuur 4-12 Flowchart van de metingen (links) en monitoring (rechts), de rapportages en de rol van de auditcommissie en de Ministeries.

Figuur 4-12 toont de twee beslisschema's die kunnen leiden tot het aanpassen van de gasproductie onder de Waddenzee. Links staat de HadK-systematiek waarin NAM conform het Meet- & Regelprotocol de voorgenomen bodemdalingssnelheid/productiesnelheid controleert en eventueel bijstelt, door de productiesnelheid aan te passen. De Auditcommissie controleert en adviseert de Minister van EZK, die kan besluiten handhavend op te treden als daar aanleiding toe is. Rechts staat het ecologische monitoringprogramma. De NAM rapporteert over de resultaten (zie NAM, 2018). De Auditcommissie controleert de monitoringresultaten en beoordeelt de conclusies. Als een effect van bodemdaling door gaswinning op instandhoudingsdoelstellingen niet redelijkerwijs kan worden uitgesloten, kan de Minister van LNV besluiten om de gasproductie onder de Waddenzee te temporiseren of te staken. Over de resultaten uit de Meet- & Regelrapportage en ecologische monitoring rapporteren de Ministers van EZK en LNV jaarlijks gezamenlijk aan de Tweede Kamer.

Jaarlijks wordt dus gerapporteerd over de meet en regelcyclus en de monitoring. Naast formele rapportageverplichtingen worden belanghebbenden actief van de voortgang en resultaten op de hoogte gehouden. Hoe dit proces door het jaar heen verloopt is te zien in de onderstaande figuur (Figuur 4-13).



Figuur 4-13 Jaarcyclus voor de rapportage over de ecologische monitoring en resultaten uit de Meet- & Regelcyclus.

4.3.8 Extra volume zandsuppleties

Zoals beschreven in paragraaf 4.2.2 zorgt de sedimentuitwisseling tussen de Waddenzee en de Noordzeekustzone ervoor dat bodemdaling in de Waddenzee zich niet aan het wadoppervlak manifesteert. Het volume bodemdaling wordt dus aangevuld omdat er netto meer zand in de Waddenzee achterblijft. Dit zand komt echter wel ergens vandaan, namelijk uit de buitendelta en vooroever en andere delen van de Noordzeekustzone. De Noordzeekustzone tot aan de 20 meter dieptelijn noemen we het kustfundament. Om het kustfundament op peil te houden, voert Rijkswaterstaat zandsuppleties uit. Het volume aan zandsuppletie komt overeen met de oppervlakte van de Delta, Waddenzee en het Kustfundament, vermenigvuldigd met de zeespiegelstijging. Op dit moment is dat zo'n 12 miljoen kuub zand per jaar.

Het bodemdalingsvolume in de Waddenzee wordt aangevuld met zand vanuit het kustfundament en dit zandvolume dient door middel van zandsuppletie in het kustfundament te worden teruggebracht. Dat kan door suppletie van zand uit de diepere Noordzee (beneden de -20 meter dieptelijn) in het kustfundament. Conform de werkwijze bij de gaswinning Waddenzee wordt via de vergunningvoorschriften en het instemmingsbesluit de verplichting tot een extra volume zandsuppletie als voorwaarde opgelegd bij de gaswinning Ternaard. Daarmee wordt dit extra volume zandsuppletie behandeld als onderdeel van het project gaswinning Ternaard. De omvang van het extra volume zandsuppletie is afhankelijk van de daadwerkelijke omvang van de gaswinning. Het extra volume zandsuppletie is beschouwd in hoofdstuk 10 (Deel B).

4.3.9 Gaswinning Ternaard en de Hand aan de Kraan-systematiek

Het gasveld Ternaard ligt ten westen van de gasvelden Moddergat en Nes, grotendeels onder het kombergingsgebied Pinkegat. De voorgenomen gaswinning Ternaard wordt opgenomen in het Meet- & Regelprotocol voor gaswinning onder de Waddenzee. Dat betekent dat de bodemdaling die de gaswinning Ternaard veroorzaakt, ieder jaar wordt beoordeeld en gereguleerd in cumulatie met die van de gaswinningen Nes, Moddergat en Ameland. Ook voor Ternaard is dan de HadK-systematiek van toepassing. Daarmee wordt voorkomen dat de gaswinning Ternaard kan leiden tot een afname van het areaal droogvallende wadplaten of de droogvalduur daarvan.

Tevens zal de gaswinning Ternaard opgenomen worden in het ecologisch monitoringprogramma voor gaswinning vanaf de locaties Moddergat, Lauwersoog en Vierhuizen. Dit houdt in dat jaarlijks zal worden

bestudeerd en gerapporteerd of classificerende natuurwaarden, behorend tot het Natura 2000-gebied Waddenzee, niet in kwaliteit of omvang achteruitgaan. Wanneer dat wel het geval is, zal aannemelijk moeten worden gemaakt dat dit niet het effect is van de gaswinning Ternaard. Lukt dat niet, dan is het aan de Minister van LNV om te bepalen of er sprake is van significante schade aan instandhoudingsdoelstellingen en of de gaswinning moet worden aangepast (zie ook Figuur 4-12). Door de gaswinning Ternaard mee te nemen in deze monitoring en rapportage cyclus vindt er een jaarlijkse controle plaats die uitwijst of de conclusies uit de Passende Beoordeling nog steeds van kracht zijn.

Opname van Ternaard in de bovengenoemde meet- en monitoringprogramma's leidt tot een aantal wijzigingen in die programma's. Ten behoeve van het Meet- & Regelprotocol worden er veel hoogtemetingen uitgevoerd. Op het land zijn dit waterpassingen. Deze waterpassingen vinden reeds plaats in Ternaard en omgeving. Op het wad zijn dit GPS-metingen op peilmerken (Figuur 4-10). Ter voorbereiding op de voorgenomen gaswinning Ternaard is het aantal peilmerken in de Waddenzee uitgebreid. Deze nieuwe peilmerken worden reeds ingemeten ten einde een goede nulmeting te hebben. Ook is er op het land, boven de zuidelijke uitloper van het gasveld een gps-logger geplaatst die continu de bodemdaling meet. Dergelijke loggers staan ook in Moddergat, Anjum en Ameland. Ze dienen ter signalering. De resultaten worden dan ook maandelijks aan SodM gerapporteerd.

Naast de bovengenoemde extra geodetische metingen, zal ook het ecologische monitoringprogramma worden uitgebreid. Een aantal metingen, zoals de wadplaathoogte, vogels en bodemdieren worden reeds op kombergingsniveau uitgevoerd, zodat uitbreiding niet nodig is. Voor de erosie/sedimentatie metingen (Spijkermetingen) is het programma reeds uitgebreid zodat deze metingen ook boven het gasveld Ternaard plaatsvinden. Daarnaast zal er monitoring plaatsvinden om de ontwikkeling van de kwelderfragmenten 't Skoar en de Kromme Horne bij Wierum te bestuderen. Deze aanpassingen zijn te vinden in bijlage E.

4.3.10 Hand aan de Kraan systematiek in de praktijk

De afgelopen 11 jaar is de HadK-systematiek van toepassing op de Gaswinning MLV. Het toepassen van Hand-aan-de-Kraan suggereert dat gedurende deze 11 jaar aan 'de gaskraan' is gedraaid. Dat is in deze periode niet nodig geweest, omdat de gasproductie van de verschillende gasvelden zorgvuldig is gestuurd, zodat de Natuurgrens van het Pinkegat niet is overschreden door de bodemdaling. Het sturen van de gasproductie gaat onder andere door het plannen van het boren van nieuwe productieputten. Als de productie in gasvelden met bodemdaling onder het Pinkegat niet was beperkt door de beschikbare gebruiksruimte, dan was de afgelopen jaren meer of sneller gas gewonnen uit deze velden. Door het uitvoeren van productieberekeningen, modelberekeningen van de bijbehorende bodemdaling en het verzamelen van drukgegevens van de gasvelden worden prognoses gemaakt van de bodemdaling, waarop wordt toegezien door de SodM. Dit deel van de HadK-systematiek speelt zich intern bij de NAM af en is daarmee grotendeels onzichtbaar voor de buitenwereld.

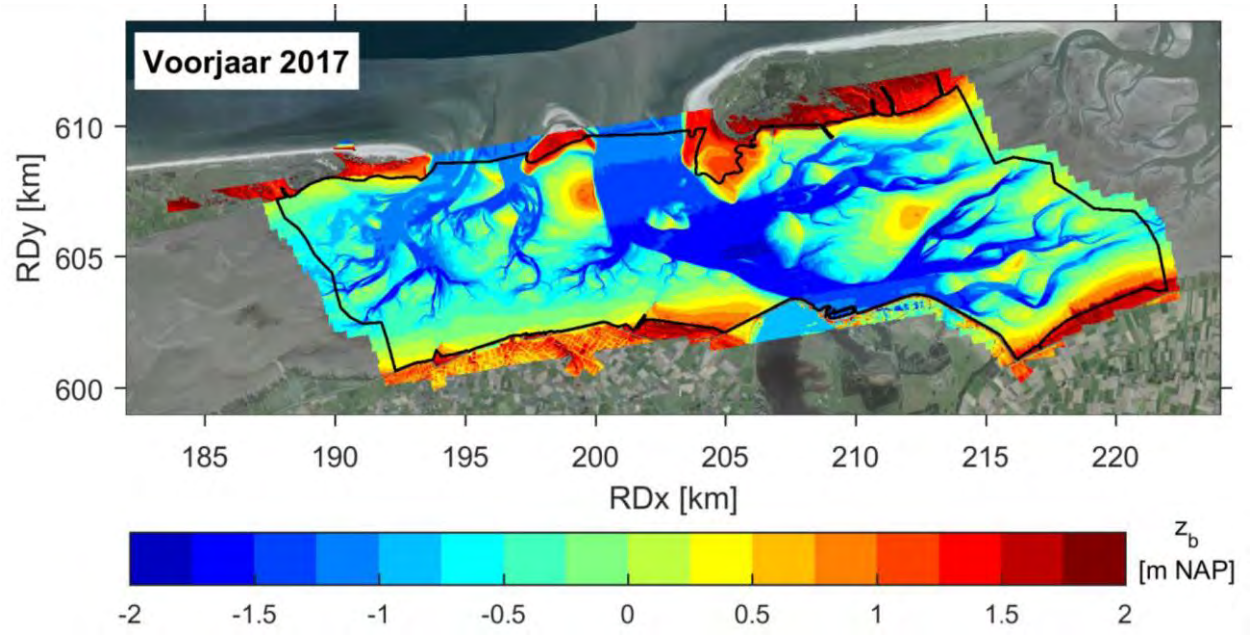
Zichtbaar aan de HadK-systematiek bij de Gaswinning MLV is het omvangrijke dossier aan meet- en monitoringsinformatie[24]. Bij de Waddenzee gaswinning Ameland wordt ook gemeten en gemonitord[25]. De jaarlijkse rapportages over de bodemdaling en ecologische parameters leiden tot jaarlijkse evaluaties met de Auditcommissie en belanghebbenden en beoordeling door de bevoegd gezagen. Onderwerp van de evaluaties zijn de geobserveerde trends in monitoringdata en de kwaliteit van meten en modelleren. De evaluaties leiden regelmatig tot aanvullende onderzoeksinspanning waardoor de kwaliteit van de metingen en de conclusies toenemen. In deze paragraaf wordt een aantal recente voorbeelden behandeld.

Monitoring van de wadplaten
Tweemaal per jaar laat NAM de hoogte en ligging van de wadplaten in het Pinkegat en de Zoutkamperlaag inmeten. Dit gebeurt met een laserscanner vanuit een vliegtuig en deze methode heet LiDAR. Bij de LiDAR-metingen wordt vanuit een vliegtuig de hoogte in een brede baan onder het vliegtuig ingemeten. De eigenlijke meting wordt uitgevoerd met een bundel laserlicht, waarvan de weerkaatsing op het oppervlak wordt gebruikt om de afstand tussen vliegtuig en oppervlak te bepalen. In combinatie met de plaatsbepaling van het vliegtuig wordt dan de hoogte ten opzichte van NAP berekend. Het oppervlak waarvan de hoogte wordt bepaald, hoeft niet een wadplaat te zijn, ook de hoogte van het wateroppervlak in de Waddenzee wordt ingemeten. De LiDAR-hoogtemetingen worden daarom uitgevoerd tijdens laagwater, als de wadplaten zijn drooggevallen. Van de getijdegeulen wordt dan de hoogte van het wateroppervlak ingemeten. In de kaart in Figuur 4-14 is dit zichtbaar als het vertakkende geulpatroon met donkerblauwe kleuren. Het meest

[24] Beschikbaar via https://www.nam.nl/gas-en-oliewinning/wadden.html

[25] Beschikbaar via https://www.waddenzee.nl/themas/bodemdaling-ameland/

recente rapport van Deltares (Schrijvershof et al., 2018) over de LIDAR-metingen geeft een uitgebreid overzicht van het meetproces en de verwerking van de gegevens.



Figuur 4-14 Kaart van de LIDAR-hoogteopname voorjaar 2017.

De bovengenoemde LiDAR-metingen vinden plaats sinds 2010. Op basis van commentaren en aanwijzing van de Auditcommissie (4.3.7) zijn de metingen en het proces van data-analyse de afgelopen jaren sterk verbeterd. Hierdoor is meetfout afgenomen en de betrouwbaarheid en bruikbaarheid van de metingen vergroot.

De gemeten trend in het areaal wadplaten sinds 2010 is licht negatief (Schrijfershof et al., 2018). In eerste instantie is aan deze trend weinig aandacht besteed omdat de onderzoekers van mening waren dat deze binnen de meetfout van de meetmethode lag en daarmee niet te onderscheiden was van een artefact. Op aanwijzing van de Auditcommissie is Deltares toch gaan analyseren wat een mogelijke verklaring van het geobserveerde fenomeen zou kunnen zijn. Schrijfershof et al. (2018) vinden een indicatie dat de geobserveerde negatieve trend te relateren is aan de hoogte van de laagwaterstand. Ze verklaren dit als volgt. Bij een zeer laag laagwater vindt er een betere drainage van de wadplaten plaats, waardoor er minder water op de wadplaten blijft staan. Dit leidt tot een gemiddeld lagere ligging van het gemeten wadoppervlak. Toevalligerwijs correleert dit fenomeen in zekere mate met de meetjaren (co-lineairiteit) waardoor er een sprake lijkt te zijn van een verandering in de tijd. Er zijn echter meer factoren die de hoeveelheid water die tijdens laagwater op de wadplaten achterblijft bepalen. Denk daarbij aan de windrichting. De relatie tussen de laagte van de laagwaterstand en de gemeten omvang van het areaal droogvallende wadplaten (boven NAP) is daardoor niet erg sterk. Deltares wijst erop dat de gemeten trend in wadplaathoogte niet geleidelijk is. Er zitten “sprongen” in de data die overeenkomen met veranderingen in de meettechniek (nieuwere laserscanner).

In bovenstaande voorbeeld is te zien hoe in een vroeg stadium een trend in een ecologische parameter (areaal droogvallende wadplaten) wordt geïdentificeerd en bediscussieerd en dat dit leidt tot nadere studie met als doel de trend en de mogelijke rol van bodemdaling door gaswinning daarin te begrijpen. De komende jaren zal dit onderzoek doorgaan.

Ontwikkelingen van de kwelders op Ameland

De gaswinning Ameland heeft een eigen ecologisch monitoringprogramma dat wordt opgesteld en gecoördineerd door de begeleidingscommissie Monitoring Bodemdaling Ameland. Deze commissie begeleid de monitoring sinds de start van deze gaswinning in 1986.

Onder de kwelder van Ameland is de bodem plaatselijk meer dan 30 cm gedaald. Tijdens overstromingen van de kwelder laat de zee sediment achter waardoor deze weer ophoogt. Eilandkwelders ontvangen echter minder sediment dan de vastelandskwelders. De bodemdaling wordt op Ameland dan ook niet overal

gecompenseerd door die opslibbing. De verlaging van het kwelderoppervlak ligt dan ook tussen de 0 en de 20 cm. De eerste 25 jaar leidde dit niet tot veranderingen in de vegetatie. De laatste jaren zijn er lokaal wel duidelijke veranderingen geconstateerd. Uit nader onderzoek blijkt dat in deelgebieden de overstromingsfrequenties zijn toegenomen. Ook in het broedseizoen lijkt dat het geval te zijn. Het Ministerie van LNV heeft de monitoringsresultaten beoordeeld en geconcludeerd dat er op dit moment geen sprake is van significante schade aan de instandhoudingsdoelen van het gebied. Wel vraagt LNV dat het monitoringprogramma zodanig wordt aangepast dat op korte termijn meer inzicht komt in het effect van de toegenomen overstromingskans in het broedseizoen. Ook dit is een voorbeeld van de rol en werking van de ecologische monitoring en jaarlijkse rapportage daarover.

In relatie tot de voorgenomen gaswinning Ternaard zijn er geen zorgen over het effect van bodemdaling onder de kwelders. De hoeveelheid bodemdaling die bij de kwelderfragmenten waaronder de bodemdaling door de gaswinning Ternaard zal plaatsvinden, is namelijk veel kleiner dan bij de eilandkwelders op Ameland het geval is. Desalniettemin wordt de bodemdaling en ecologische ontwikkeling van de kwelders ’t Skoar en Kromme Horne gemonitord en wordt hierover jaarlijks gerapporteerd aan betrokken partijen.

Tijdsafhankelijke bodemdaling
Met tijdsafhankelijke bodemdaling refereren we naar het zogenaamde na-ijlen van bodemdaling, ook nadat de gaswinning wordt gestopt. Deze tijdsafhankelijke bodemdaling werd geobserveerd voor het gasveld Ameland. Het leidde ertoe dat de modellen niet naar tevredenheid de bodemdaling bij Ameland konden beschrijven. Op aanwijzen van SodM is in 2011 een studie opgestart met als doel vast te stellen welke processen in de diepe ondergrond hieraan ten grondslag lagen en wat de betekenis hiervan zou zijn voor bodemdaling onder de Waddenzee op lange termijn. Deze studie droeg de naam “Long-Term Subsidence” (LTS). In de studie is, onder begeleiding van een internationale commissie van experts, het totaal aan mogelijke processen bestudeerd. Denk hierbij onder meer aan zoutkruip, gesteentekruip en depletie (=drukdaling) van watervoerende lagen (aquifers). In de studie is gekeken wat deze processen betekenen voor bodemdaling in het Waddengebied op langere termijn. Daarnaast heeft een casestudie voor het gasveld Ameland plaatsgevonden. Deze casestudie bestond uit het ontwikkelen en toepassen van een rekenmethode waarmee op basis van de bodemdalingsmetingen aan het aardoppervlak het meest waarschijnlijke bodemdalingsmodel automatisch kon worden gekozen. Tevens biedt deze rekenmethode een overzicht van alle modelvariaties en de waarschijnlijkheid daarvan. De resultaten uit de LTS-studie zijn overgenomen in de Meet- & Regelanalyses en -rapportages. Daardoor wordt nu standaard de voorspelde na-ijling van de bodemdaling gerapporteerd. Ook voor de gaswinning Ternaard wordt de opgedane kennis en kunde uit de LTS-studie in de modellering van de bodemdaling toegepast. De betekenis van het na-ijleffect van bodemdaling is in paragraaf 10.5 beoordeeld.

4.4 Werken binnen de gebruiksruimte

In dit hoofdstuk wordt inzichtelijk gemaakt hoe de bodemdaling die optreedt als gevolg van de voorgenomen gaswinning Ternaard in combinatie met de bestaande gaswinningen, past binnen de gebruiksruimte. Dit leiden we in, door eerst de te nemen stappen uit de HadK-systematiek kort te herhalen. Vervolgens wordt de cumulatieve belasting van de gebruiksruimte door verschillende gaswinningen inzichtelijk gemaakt.

De stappen van de HadK-systematiek
1. Het vaststellen van het meegroeivermogen, uitgedrukt als de maximale relatieve zeespiegelstijging snelheid (=zeespiegelstijgingsscenario + gemiddelde bodemdalingssnelheid) in het kombergingsgebied van een zeegatsysteem, die kan worden gecompenseerd door sedimentaanvoer van buitenaf, zonder significante effecten voor het areaal droogvallende platen. Deze stap is uitgevoerd in het MER en de Passende Beoordeling (NAM, 2006 & Ministerie van Economische Zaken, 2006) voor de Gaswinning MLV.
2. Het vaststellen van de gebruiksruimte; dit is de ruimte die overblijft van het meegroeivermogen na aftrek van de snelheid van zeespiegelstijging. De vastgestelde gebruiksruimte is een veilige grens voor de gecombineerde gevolgen van zeespiegelstijging en bodemdaling door delfstoffenwinning. Het vaststellen van de gebruiksruimte vindt iedere vijf jaar opnieuw plaats, bij het beschikbaar komen van het actuele zeespiegelstijgingsscenario.
3. Het vooraf vaststellen van de maximale bodemdalingssnelheid die gemiddeld over het kombergingsgebied door alle winningen kan worden bijgehouden per kombergingsgebied, zonder dat veranderingen optreden aan het geomorfologische evenwicht in de Waddenzee. Dit vindt in de

voorliggende Passende beoordeling plaats voor de voorgenomen winning Ternaard en de beide andere winningen (Ameland en MLV) die leiden tot bodemdaling in het kombergingsgebied van het Pinkegat.
4. Het uitvoeren van de gaswinning volgens het winningsplan, waarbij de verwachte gemiddelde bodemdalingssnelheid binnen deze grens blijft.
5. Het door middel van meten en monitoren vaststellen van de daadwerkelijk opgetreden bodemdaling en het ontbreken van gevolgen voor de Waddenzee.
6. Het zo nodig bijsturen van de bodemdaling door de productie te beperken (“het dichtdraaien van de kraan”).

Met de stappen 1 tot en met 4 in de HadK-systematiek wordt op voorhand de bodemdaling door gaswinning beperkt, zodat geen gevolgen zullen optreden in de Waddenzee, ook niet bij een versneld stijgende zeespiegel. De stappen 5 en 6 geven een extra waarborg dat er inderdaad geen gevolgen zullen optreden.

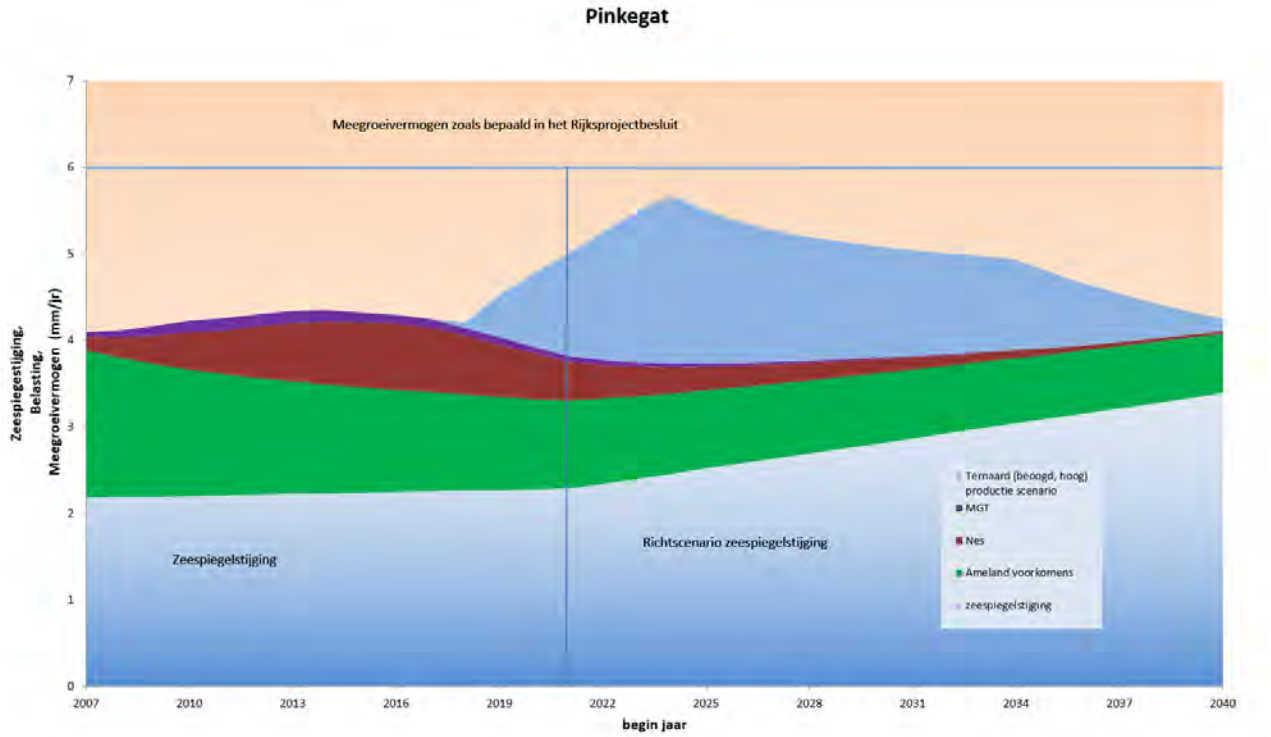
In deze voorliggende Passende Beoordeling gasboring en gaswinning Ternaard wordt, net als bij de Gaswinning MLV, de beschikbare gebruiksruimte als een harde grens gehanteerd. De bodemdaling door alle gaswinning in de beïnvloede kombergingsgebieden zal de gebruiksruimte van de betreffende kombergingsgebieden niet overschrijden, door de productie van de verschillende gaswinning zodanig te beperken dat de gezamenlijke bodemdaling binnen de beschikbare gebruiksruimte blijft. Dit geldt voorafgaand aan de winning (de stappen 1, 2 en 3 in het bovenstaande overzicht) en tijdens de winning (de stappen 4,5 en 6).

Voorafgaand aan de winning

Alle gaswinning omvat de gaswinningen Ameland, Waddenzee en de voorgenomen gaswinning Ternaard. Figuur 4-15 toont de voorspelde belasting van de gebruiksruimte door de bodemdaling als gevolg van de verschillende winningen voor het kombergingsgebied Pinkegat. In deze grafiek wordt de optelsom gemaakt van de zeespiegelstijging met de bodemdaling door respectievelijk de gaswinning Ameland (AME), Nes en Moddergat (MGT), met daarbij de bodemdaling door de gaswinning Ternaard.

In de grafiek in Figuur 4-15 is de voorgenomen gaswinning Ternaard getoond. Deze voorgenomen gaswinning Ternaard is het scenario dat in de Passende beoordeling wordt beoordeeld, met een winning van circa 7,57 miljard m^3 gas. Bij deze voorgenomen gaswinning Ternaard wordt de natuurgrens van 6 mm/jaar voor het kombergingsgebied Pinkegat niet overschreden (zie paragraaf 3.3).

Voor de volledigheid wordt in Figuur 4-16 ook de belasting van de gebruiksruimte door de gaswinning Ternaard in het kombergingsgebied van het Borndiep getoond. De belasting van de gebruiksruimte door de voorgenomen winning Ternaard in de grafiek begint nog voordat de boring is uitgevoerd en de bodemdaling zal plaatsvinden. Dat is het gevolg van de berekeningswijze van de belasting van de gebruiksruimte, waarbij de opgetreden bodemdaling wordt gemiddeld over een periode van zes jaar, die is ingevoerd om rekening te houden met langjarige fluctuaties in de morfologie vanwege de 18,6-jarige cyclus in het getij (zie voor een beschrijving van de berekeningswijze de Passende beoordeling voor de gaswinning MLV, Ministerie van Economische Zaken, 2006). Bij het Borndiep is de belasting van de gebruiksruimte door de beperkte omvang van de bodemdaling veel kleiner dan bij het Pinkegat. Vanwege de zeer kleine omvang (van maximaal 0,03 mm/jaar) is in de grafiek vrijwel niet zichtbaar dat deze iets boven het zeespiegelstijgingsscenario ligt.

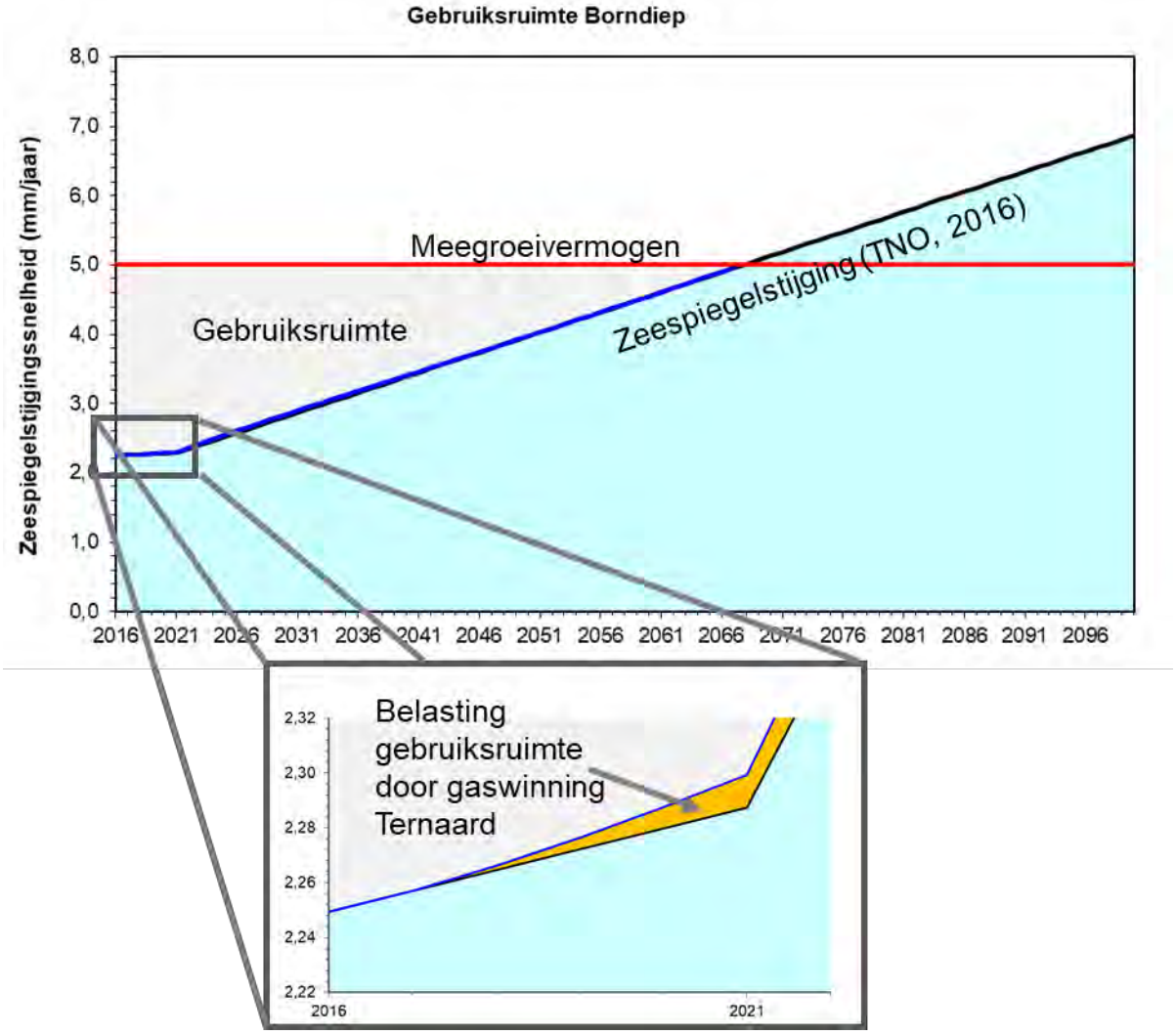


Figuur 4-15 Grafiek met de voorspelde belasting Ternaard bij de voorgenomen gaswinning binnen de gebruiksruimte voor de Ternaard bodemdaling en de bestaande gaswinning Ameland en MLV (Nes, MGT) voor het kombergingsgebied Pinkegat (zeespiegelstijgingsscenario TNO 2016).

Tijdens de winning

De gaswinning zal plaatsvinden volgens het Winningsplan, waarin is vastgelegd dat de bodemdaling van de verschillende gaswinningen binnen de gebruiksruimte blijft. De prognose van de bodemdaling wordt jaarlijks geactualiseerd op basis van de gasproductie en de gemeten bodemdaling. Daartoe wordt het dalingsmodel opnieuw toegepast, om de waargenomen bodemdaling te bepalen op basis van het werkelijk geproduceerde gas en wordt de toekomstige bodemdaling berekend. Zo nodig, bij een dreigende overschrijding van de natuurgrens, wordt bijgestuurd om de omvang van de bodemdaling door de productie te beperken (“het dichtdraaien van de kraan”). Bij actualisatie van het zeespiegelstijgingsscenario (waarvan in 2021 de eerstvolgende is voorzien, en daarna iedere vijf jaar), wordt de beschikbare gebruiksruimte opnieuw vastgesteld en worden zo nodig aanpassingen in de gasproductie gedaan. Op deze wijze wordt, vanwege de Meet- & Regelcyclus, steeds voldaan aan de randvoorwaarde dat de bodemdaling door de gaswinningen Ameland en Waddenzee en de gaswinning Ternaard binnen de gebruiksruimte plaatsvindt.

Voor de voorliggende Passende beoordeling is als randvoorwaarde gehanteerd dat de gaswinning Ternaard binnen de beschikbare gebruiksruimte van de Waddenzee plaatsvindt. Deze randvoorwaarde geldt op voorhand, door de keuze van het gaswinningsscenario (Voorgenomen gaswinning Ternaard in Figuur 4-15) en tijdens de winning door het toepassen van de HadK-systematiek. Omdat de omvang van de bodemdaling door alle gaswinning binnen de beïnvloede kombergingsgebieden, waaronder die door de voorgenomen gaswinning bij Ternaard, binnen de gebruiksruimte blijft, zal het geomorfologische evenwicht en de sedimentbalans van de Waddenzee in stand blijven. Het hanteren van deze randvoorwaarde betekent dat geen effecten zullen optreden op de kenmerkende morfologische elementen en processen in de Waddenzee. In de hoofdstukken 7 en 8 worden de effecten van de bodemdaling op de Waddenzee beoordeeld.



Figuur 4-16 Grafiek met de voorspelde belasting van de gebruiksruimte voor de Voorgenomen gaswinning Ternaard (de blauwe lijn) voor het kombergingsgebied Borndiep. De rode lijn is de natuurgrens van 5 mm/jaar voor het Borndiep. De bovengrens van het lichtblauw gekleurde vlak geeft het zeespiegelstijgingsscenario TNO 2016. Het grijze vlak is de nog beschikbare gebruiksruimte.

5 TE BESCHOUWEN ALTERNATIEVEN EN VARIANTEN

Dit hoofdstuk beschrijft de afbakening van de te beschouwen alternatieven en varianten in het MER. De verkenning naar alternatieven komt voort uit de wettelijke bepaling uit de Wet milieubeheer (artikel 7.23) waarin is opgenomen dat in het MER de 'redelijkerwijs in beschouwing te nemen' alternatieven moeten worden beschreven. Dit betekent dat de alternatieven realistisch moeten zijn, dat wil zeggen:

- bijdragen aan de besluitvorming;
- maakbaar en uitdagend – bijvoorbeeld door middel van innovatieve oplossingen om het milieu te ontzien;
- technisch mogelijk en betaalbaar;
- relevant gezien de milieugevolgen – bijvoorbeeld voldoende onderscheidend qua milieugevolgen, maar ook het ontwikkelen van alternatieven die doelbewust rekening houden met aanwezige milieuwaarden van dat gebied;
- voldoen aan de doelstellingen van het project;
- met voldoende ruimte om effecten te voorkomen of te mitigeren.

Het ontwikkelen van alternatieven is daarmee een cruciale stap in het proces, waarmee de speelruimte voor het uiteindelijke besluit wordt bepaald. Voor de voorgenomen gaswinning Ternaard heeft dan ook een verkenning plaatsgevonden naar de mogelijke alternatieven voor de productielocatie. Daarnaast zijn de mogelijke tracéalternatieven voor de leiding onderzocht. Op die manier kan weloverwogen gekozen worden voor een productielocatie en een tracéalternatief waarbij de omgeving en het milieu zo min mogelijk worden geschaad.

In dit hoofdstuk is allereerst het vertrekpunt en de aanpak op hoofdlijnen beschreven, die als basis dient voor de afbakening van de potentiële locatie- en tracéalternatieven (paragraaf 5.1). Hierbij is gekeken naar alternatieven naast de al bestaande locatie in Ternaard. Bij de afbakening van mogelijke nieuwe productielocaties zijn verschillende kaders gehanteerd: een juridisch kader, waarbij de vigerende wet- en regelgeving en vigerend beleid (milieutechnische) beperkingen stellen aan de uitvoering van de voorgenomen activiteit, en een technisch kader, waarbij techniek en fysieke belemmeringen beperkingen stellen aan de uitvoering van de voorgenomen activiteit.

Vervolgens is de stapsgewijze afbakening beschreven om tot alternatieven te komen voor de productielocatie (paragraaf 5.2). Hierbij is aangesloten en voortgeborduurd op de afbakening zoals die in de Notitie Reikwijdte en Detailniveau is gepresenteerd. Deze stappen zijn kort herhaald en aangescherpt, waarna op basis van het juridisch en technisch kader de locatiealternatieven zijn bepaald (paragrafen 5.3 en 5.4). Op basis van deze locatiealternatieven zijn vervolgens, op vergelijkbare wijze, de tracéalternatieven bepaald (paragraaf 5.5). Vervolgens zijn enkele uitvoeringsvarianten voor de voorgenomen activiteit benoemd (paragraaf 5.6). Het hoofdstuk sluit af met het resultaat van de afbakening en bevat het overzicht van de locatiealternatieven en tracéalternatieven die naast de al bestaande locatie ter plaatse van Ternaard zijn meegenomen in dit MER op hun milieueffecten worden beschouwd (paragraaf 5.7).

5.1 Vertrekpunt en aanpak op hoofdlijnen

De doelstelling van NAM voor de ontwikkeling van het Ternaard gasveld is gas te winnen onder de Waddenzee vanaf een productielocatie op land. De productielocatie wordt door middel van een ondergrondse transportleiding verbonden aan de bestaande mijnbouwlocatie Moddergat die het gas verder transporteert naar de bestaande gasbehandelingsinstallatie Anjum. In het MER wordt gezocht naar de meest geschikte locatie voor de productie. Dat wil zeggen:

> *Een locatie die voldoende ruimte biedt voor het realiseren van de voorgenomen activiteit, met een minimale (fysieke) impact op milieu en omgeving en die technisch haalbaar is.*

Dit betekent dat gekeken wordt naar optimale locaties en zo kort mogelijke tracés die tevens invulling geven aan het zoveel mogelijk respecteren van de omgevingswaarden in het plangebied.

NAM heeft een bestaande locatie in beheer, nabij het dorp Ternaard. Vanaf deze locatie is in 1991 al een boring uitgevoerd, waardoor er veel data over de lokale ondergrond beschikbaar is en een winning vanaf deze locatie technisch haalbaar is. Gaswinning vanaf een bestaande locatie is economisch gezien gunstig en heeft het voordeel dat er geen sprake is van nieuw ruimtebeslag wat milieutechnisch gunstig is. De bestaande locatie nabij Ternaard wordt daarom als mogelijke productielocatie in dit MER meegenomen. Om een zorgvuldige afweging te kunnen maken, is ervoor gekozen om naast de bestaande productielocatie

Ternaard ook alternatieven te verkennen waarbij sprake is van een nieuwe productielocatie. Hierdoor ontstaat een compleet beeld van de mogelijke productielocaties, waarbij het milieu en technische voor- en nadelen van zowel een bestaande als een nieuwe productielocatie in beeld worden gebracht. Op basis van deze informatie kan vervolgens zorgvuldige en weloverwogen besluitvorming plaatsvinden. De afbakening van de mogelijke alternatieven voor een nieuwe productielocatie vindt plaats in voorliggend hoofdstuk.

De productielocatie vormt de basis voor de afbakening van de tracéalternatieven voor de leiding. Reden hiervoor is dat het begin- en eindpunt bij de bepaling van tracéalternatieven bekend moet zijn. Het eindpunt – de bestaande mijnbouwlocatie Moddergat – is op voorhand vastgesteld (zoals beschreven in 3.1.1.2).

De ligging van een mogelijke productielocatie is allereerst bepaald door het zoekgebied, waarbinnen het hoogste punt in het gasveld Ternaard nog kan worden bereikt. Dit is de eerste stap geweest in het afbakeningsproces, Deze stap wordt nader toegelicht in paragraaf 4.2.

Binnen dit zoekgebied is vervolgens (stap 2 tot en met 4) gezocht naar kansrijke productielocaties en bijbehorende tracéalternatieven. ‘Kansrijk’ houdt in dat de locaties en tracés doelmatig invulling geven aan de voorgenomen activiteit en passen binnen zowel de vigerende juridische kaders als het technische kader. Het juridische kader betreft daarbij de vigerende wet- en regelgeving en het vigerende milieu en omgevingsbeleid, waardoor omgevingswaarden en milieu beperkingen stellen aan de uitvoering van de voorgenomen activiteit. Vanuit het technische kader gaat het om de technische haalbaarheid (al dan niet technische en /of fysieke belemmeringen) bij de uitvoering van de voorgenomen activiteit op een bepaalde locatie. In stap 2 tot en met 4 van de afbakening is gezocht naar het optimum, dat wil zeggen naar alternatieven die zoveel mogelijk invulling geven aan het totale pakket aan vigerend milieu- en omgevingsbeleid en die technisch haalbaar zijn.

In de afbakening van de alternatieven voor de productielocatie en het tracé binnen het zoekgebied zijn daarom achtereenvolgens de volgende stappen doorlopen:

- Afbakening op basis van wettelijke kaders en beleidskaders (stap 2, paragraaf 5.3).
- Afbakening op basis van technische haalbaarheid productielocatie (stap 3, paragraaf 5.4).
- Afbakening tracéalternatieven (stap 4, paragraaf 5.5).

Onderstaand is een korte toelichting op deze stappen opgenomen.

Met deze manier van afbakenen zijn de kaders op basis waarvan gebieden afvallen breder getrokken dan enkel de gebieden waar een strikt wettelijke verbod geldt. Dit houdt in dat bepaalde gebieden afvallen op basis van beleidskaders die geen verbodsbepaling voor de realisatie van een productielocatie kennen. Oftewel: gebieden waar de productielocatie in theorie, met goede inpassing, wel mogelijk is. Er is in dit MER echter voor gekozen om deze ‘zachte’ beleidskaders ook als uitsluitingseis mee te nemen in de afbakening. Op die manier wordt nog steeds invulling gegeven aan de wettelijke bepaling uit de Wet milieubeheer – het biedt de basis voor een weloverwogen keuze voor een productielocatie en een tracéalternatief – en waarbij nog voldoende alternatieven overblijven om in de besluitvorming een goede afweging te kunnen maken. Tegelijkertijd kan op deze manier op voorhand de directe aantasting van ruimtelijke en natuurlijke waarden in het gebied geminimaliseerd of voorkomen worden en is het aantal te beschouwen alternatieven beperkt en overzichtelijk.

Afbakening op basis van wettelijke kaders en beleidskader

Op basis van vigerende wet- en regelgeving en vigerend beleid, zowel nationaal als provinciaal, zijn uitsluitingseisen geformuleerd. Hierbij is zowel gekeken naar uitsluitingseisen die wettelijk zijn vastgelegd en die direct gekoppeld zijn aan de vergunbaarheid van het project als naar uitsluitingseisen die volgen uit provinciale beleidskaders en die gekoppeld zijn aan de omgevingswaarden van het gebied. In de afbakening van mogelijke locaties is in de alternatiefontwikkeling gezocht naar een optimale locatie, waarbij de productielocatie vergunbaar is en waar de omgevingswaarden in het gebied gerespecteerd worden of waarbij in ieder geval zo min mogelijk waarden worden aangetast als gevolg van de voorgenomen activiteit. De wettelijke- en beleidsmatige kaders die hierbij zijn gehanteerd, zijn geclusterd naar functies die in het zoekgebied zijn geïdentificeerd:

- Natuur.
- Leefomgeving.
- Landschap, cultuurhistorie en archeologie.

Hieruit volgen 5 kansrijke gebieden voor de realisatie van een nieuwe productielocatie. In paragraaf 4.3 is deze afbakeningsstap uitgewerkt en toegelicht.

Afbakening op basis van technische haalbaarheid

De 5 (milieutechnisch) kansrijke gebieden die volgen uit stap 2 zijn vervolgens getoetst op basis van technische kaders. Het eerste technische uitgangspunt is dat het kansrijke gebied voldoende oppervlakte moet hebben om ruimte te bieden aan een productielocatie met afmetingen van 170 meter bij 87 meter, vergelijkbaar met de bestaande productielocatie nabij Ternaard. Wanneer dit niet het geval is, vervalt dit gebied als kansrijk gebied voor de productielocatie. Is er wel voldoende ruimte, dan is vervolgens gekeken naar de overige technische aspecten:

- Ondergronds risico.
- Bereikbaarheid.
- Overige knelpunten die realisatie bemoeilijken.

Hieruit volgt één alternatieve nieuwe productielocatie die naast de bestaande locatie Ternaard is onderzocht in het MER. In paragraaf 4.4 is deze afbakeningsstap uitgewerkt en toegelicht.

Afbakening tracéalternatieven

Voor de afbakening van de tracéalternatieven is allereerst gekeken naar de technische uitgangspunten (lengte, knikken, percelen en infrastructuur) op basis waarvan vier tracéalternatieven zijn bepaald die voldoen aan die uitgangspunten. Vervolgens zijn op basis van de omgevingswaarden en milieutechnische eisen de tracéalternatieven verder afgebakend. Die tracéalternatieven zijn in het MER onderzocht.

Hieruit volgen twee tracéalternatieven die zijn onderzocht in het MER. In paragraaf 4.5 is deze afbakeningsstap uitgewerkt en toegelicht.

5.2 Stap 1: Bepalen zoekgebied

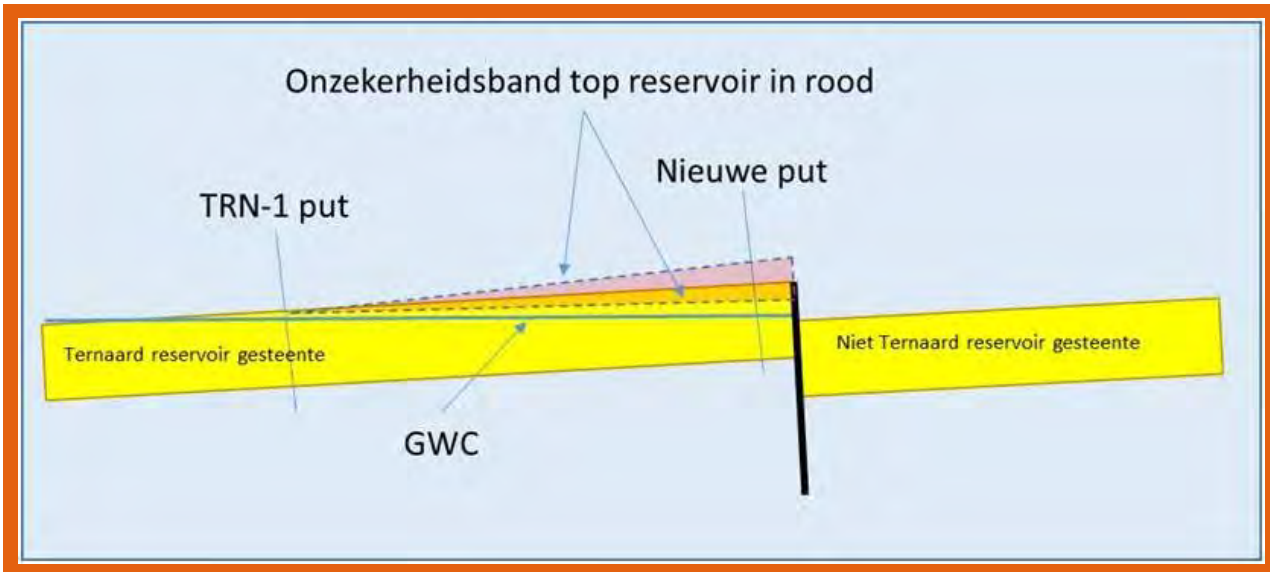
Stap 1.1: Bepalen ondergronds doel

Het ondergronds doel is het punt in het gasveld waar NAM naartoe wil boren. Omdat gas naar boven beweegt en zich concentreert in het hoogstgelegen deel van het gasveld, is het belangrijk dat het ondergrondse doel het hoogste punt van het gasveld is. Dit hoogste punt bevindt zich in het noorden van het gasveld. In Figuur 5-2 is de ligging van het ondergronds doel in het gasveld weergegeven met de aanduiding “Target Box Well TRN-2”.

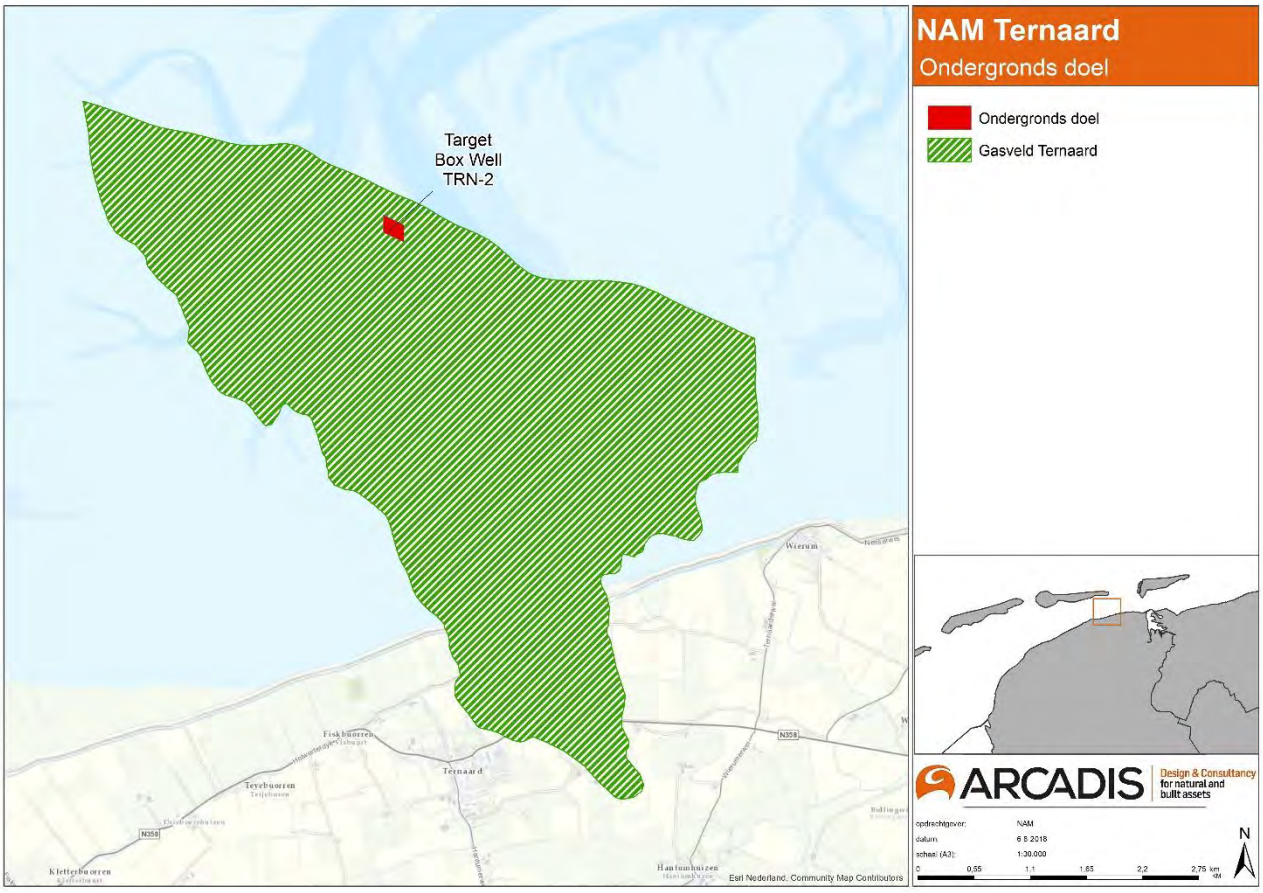
In Figuur 5-3 is te zien dat het gasveld gesitueerd is in een plooi van het gashoudende gesteente, afgedekt door een ondoordringbare zoutlaag. De top van de plooi ligt op ongeveer 3400 meter onder NAP. Andere delen van het veld liggen enkele tientallen meters tot enkele honderden meters lager.

Bij het aanboren van een gasveld zijn er verscheidene eisen. Allereerst is de instroming van gas belangrijk. Hiervoor is het gunstig om een zo lang mogelijke gaskolom te hebben (de hoogte tussen het Gas Water Contact (GWC) en de top van het reservoirgesteente, zie **Figuur 5-1**). Het GWC bevindt zich in de top van het reservoir en loopt zeer waarschijnlijk langzaam omhoog richting het noorden, voordat het wordt onderbroken door een Oost-West lopende breuklijn. Verder noordelijk bevindt het GWC zich op grotere diepte en is – vanwege de grote knik van de breuk – niet meer verbonden met het Ternaard veld.

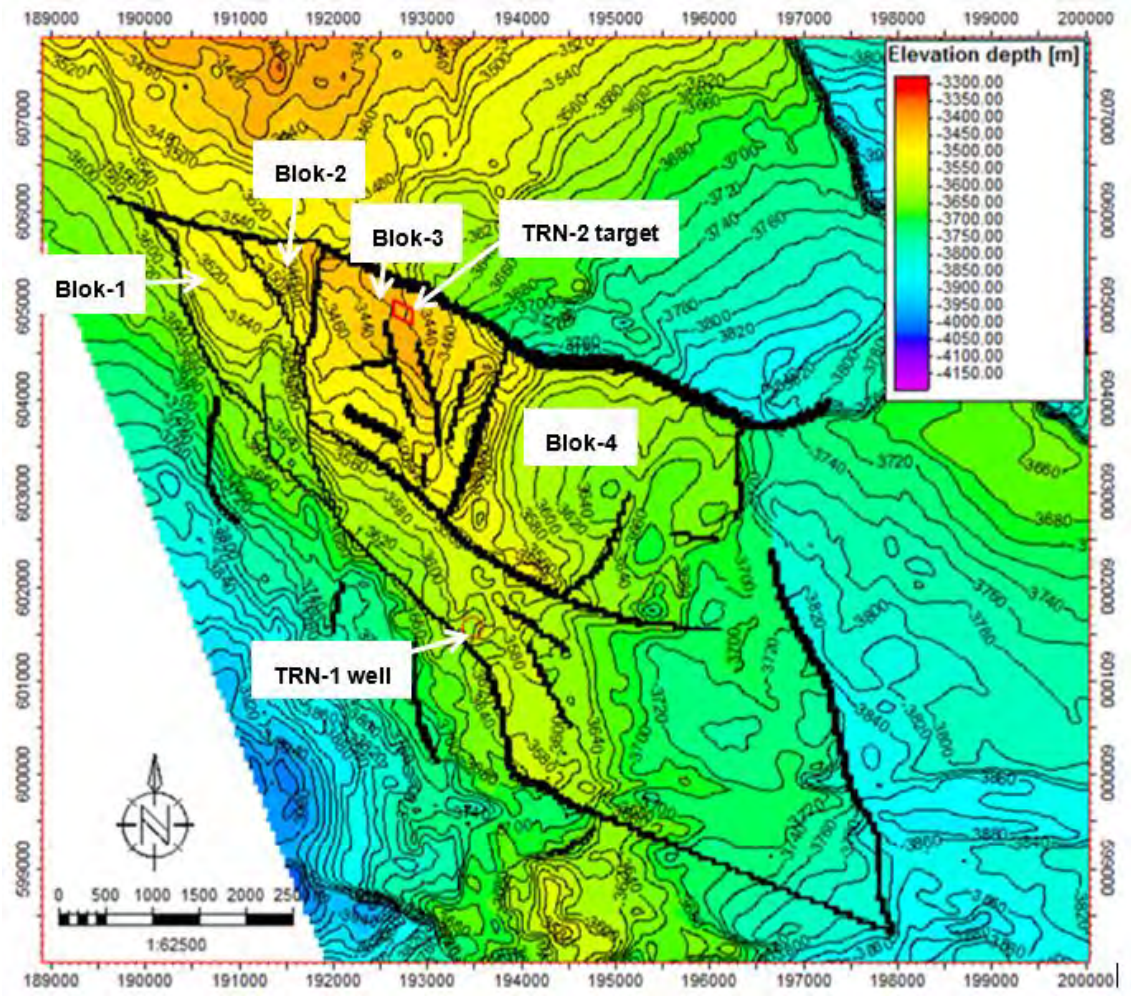
De onzekerheid van de diepte van het GWC is zeer klein. Echter, de onzekerheid van de diepte van de top reservoir is groot; 140 meter. Om die onzekerheid te ondervangen, is het van belang om de top zo hoog mogelijk aan te boren. Dit punt is bepaald op de locatie die in **Figuur 5-2** aangegeven is als TRN-2 target. In de andere blokken is (zeer waarschijnlijk) sprake van een zeer kleine of zelfs geen gaskolom. Om die reden is het huidige ondergronds doel gekozen. Met de informatie die verkregen wordt tijdens het boren van het blok waar het ondergronds doel zich bevindt, kan meer gezegd worden over de onzekerheid op de tussenliggende blokken.



Figuur 5-1 Gas Water contact (GWC) en de top van het reservoirgesteente



Figuur 5-2 Ligging ondergronds doel



Figuur 5-3 Hoogte van de bovenkant van het Ternaard gasveld (TRN-1 well is het punt dat NAM in het verleden heeft aangeboord. TRN 2 target is het ondergronds doel. Met de zwarte lijnen zijn breuken weergegeven.)

Stap 1.2: Maximale boorafstand

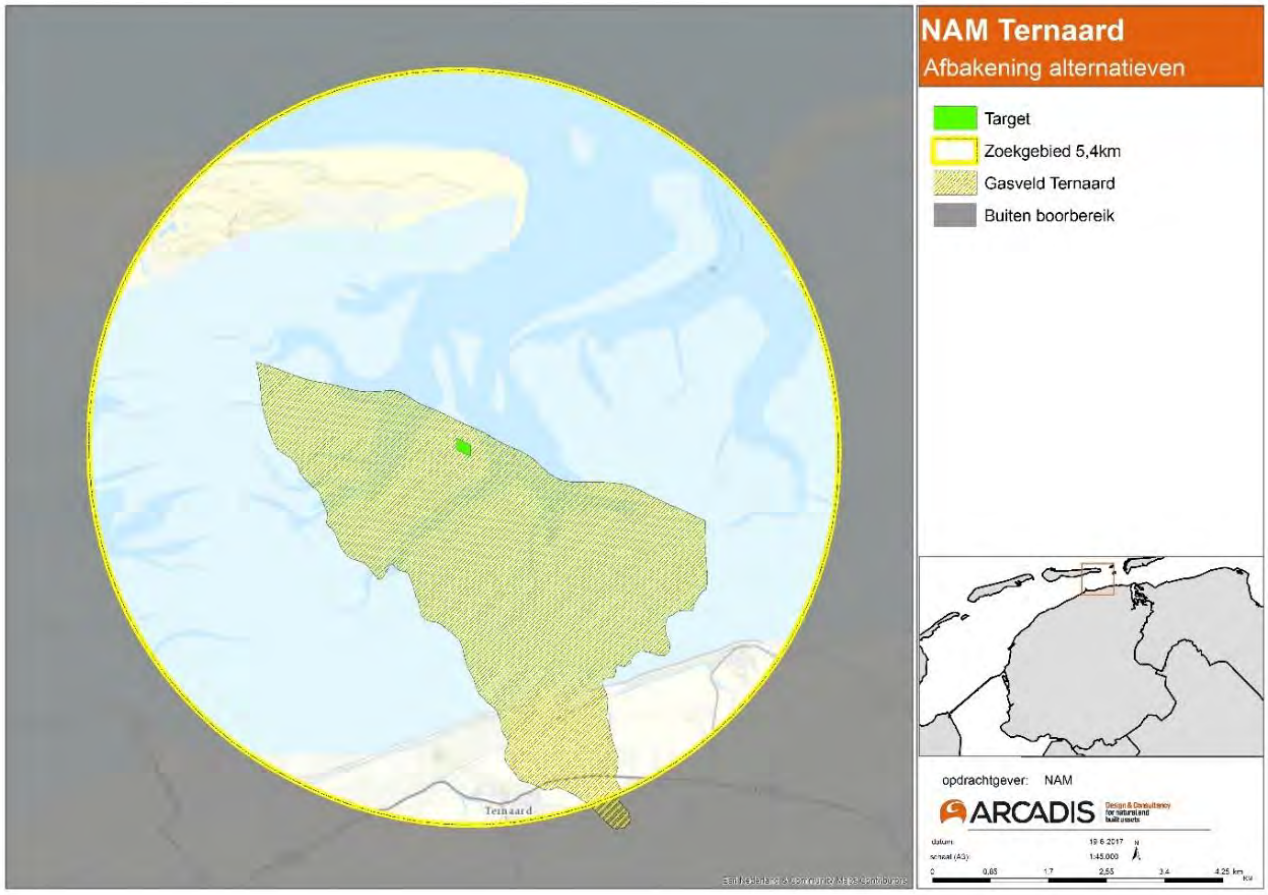
Loodrecht naar beneden boren is technisch het meest eenvoudig. Met deze techniek zijn de risico's en kosten relatief laag. Echter, voor gaswinning in de Waddenzee geldt de voorwaarde dat nieuwe boorplatforms in de Waddenzee niet zijn toegestaan (vastgelegd in het Barro, zie paragraaf 5.3). Een loodrechte boring is dus niet mogelijk. Het is wel mogelijk om gedevieerd (schuin) te boren.

Er zit een grens aan de afstand tot waar gedevieerd geboord kan worden. Een boorafstand van meer dan 6900 meter is de bovengrens van wat technisch gezien mogelijk is voor de Nederlandse geologie. Wanneer deze afstand in samenhang met het ondergronds doel wordt beschouwd (rekening houdend met de diepte en de kromming), is de maximale afstand die een boring horizontaal kan overbruggen 5400 meter (5,4 kilometer).

De maximale boorafstand (outstep) is niet alleen afhankelijk van de hoeveelheid kracht die gezet moet worden bij het trekken van de pijp of de hoeveelheid boorvloeistof dat verpompt kan worden, maar ook van de complexiteit van de geologie en het boortraject. Ter illustratie: hoe schuiner de boring, hoe minder gewicht er op de boorkop staat. Er is derhalve een maximale helling van de boring tot waar het nog mogelijk is om verder te boren. Ook de lengte van het traject door bepaalde formaties in de ondergrond brengt technische moeilijkheden met zich mee. Deze moeilijkheden zijn niet op te lossen met groter materiaal. Er is dus een limiet aan de boorafstand die bereikt kan worden.

Zoekgebied

Het zoekgebied betreft alle gebieden op land binnen een cirkel met een straal van 5400 meter rondom het ondergronds doel. Het zoekgebied is weergegeven in Figuur 5-4.



Figuur 5-4 Het zoekgebied

5.3 Stap 2: Wettelijk kader

Binnen het zoekgebied is gekeken naar locaties die optimaal invulling geven aan de voorgenomen activiteit en daarbij de omgevingswaarden en functies in het gebied zoveel mogelijk respecteren. Zoals gesteld, kijken we hierbij naar natuur, leefomgeving en landschap, cultuurhistorie en archeologie. Er zijn zowel op nationaal als provinciaal en gemeentelijk niveau diverse wetten en regelgeving van kracht die waarborgen dat evenwichtig om wordt gegaan met de ruimtevraag, de kwaliteit van water, bodem en lucht, bescherming tegen wateroverlast en overstromingen en het behoud van unieke cultuurhistorie en natuur. Deze waarden worden beschermd op basis van de wettelijke kaders en beleidskaders zoals beschreven in Tabel 5-1. Onder de tabel zijn per omgevingswaarde de relevante kaders geclusterd en is bepaald tot welke uitsluitingsgebieden dit leidt.

Tabel 5-1 Wettelijke kaders en beleidskaders

Wetgeving of beleid	
Wet milieubeheer (Wm)	De Wm legt in grote lijnen vast welke wettelijke instrumenten er zijn om het milieu te beschermen en welke uitgangspunten daarvoor gelden. Milieukwaliteitseisen, financiële bepalingen, handhaving en openbaarheid van milieu-informatie zijn onder andere vastgelegd in deze wet. Ook de verplichtingen rondom de m.e.r.-procedure zijn hierin vastgelegd. Het Besluit algemene regels ruimtelijke ordening (Barro) voorziet in de juridische borging van het nationaal ruimtelijk beleid.
Wet ruimtelijke ordening (Wro)	De Wro is de basis voor de vaststelling van het ruimtelijke beleid op rijks-, provinciaal en gemeentelijk niveau ten aanzien van wonen, werken, recreëren, mobiliteit, water en natuur. Productielocaties en tracés die nodig zijn voor het opsporen en winnen van gas moeten bestemd worden.

Wetgeving of beleid	
Besluit algemene regelen ruimtelijke ordening (Barro)	Het Barro (dat zijn grondslag vindt in de Wro) voorziet in de juridische borging van het nationaal ruimtelijk beleid. Het bevat regels die de beleidsruimte van andere overheden ten aanzien van de inhoud van ruimtelijke plannen inperken, daar waar nationale belangen dat noodzakelijk maken. In het Barro zijn onder andere regels opgenomen ter bescherming van de Waddenzee. In het Barro is tevens geregeld dat overheden gehouden zijn aan bescherming van de Ecologische Hoofdstructuur (tegenwoordig vaak het Natuurnetwerk Nederland (NNN) genoemd). Een voorgenomen activiteit die wordt vastgelegd in een bestemmingsplanwijziging, of in dit geval een Omgevingsplan, moet worden getoetst aan het kader dat de provincie heeft opgesteld op basis van het Barro, zoals de provinciale Verordening Ruimte. Dit betekent dat een voorgenomen activiteit per saldo niet mag leiden tot een significante aantasting van de wezenlijke kenmerken en waarden, een significante vermindering van de oppervlakte of samenhang van die gebieden, tenzij er aan een aantal voorwaarden kan worden voldaan.
Wet algemene bepalingen omgevingsrecht (Wabo)	De Wabo is het wettelijk kader omtrent vergunningverlening, gericht op het integreren van een groot aantal vergunningen, ontheffingen en meldingen tot één omgevingsvergunning, waardoor er één loketfunctie is voor de aanvragen. De toetsingskaders van de verschillende wetten zijn bepalend voor de vergunningen.
Wet natuurbescherming (Wn)	De Wet natuurbescherming draagt zorg voor de bescherming van verschillende planten- en dierensoorten bij ruimtelijke ingrepen die (negatieve) gevolgen voor de natuur kunnen hebben. In Nederland zijn daarnaast ruim 160 gebieden aangewezen als beschermde natuurgebieden: Natura 2000-gebieden. In deze gebieden worden bepaalde diersoorten en hun natuurlijke leefomgeving beschermd om de biodiversiteit te behouden. De Wet natuurbescherming beschermt Natura 2000-gebieden door middel van een verbodsbepaling voor verstorende activiteiten in deze gebieden.
Wet geluidhinder (Wgh)	Op basis van de Wgh wordt een aantal specifieke geluidsgevoelige gebouwen en terreinen beschermd. Voor de geluidsgevoelige gebouwen en terreinen die binnen bepaalde afstanden (zones) van de verschillende geluidsbronnen liggen, worden de grenswaarden (de ten hoogste toelaatbare geluidbelasting) bepaald. Binnen de geluidscontouren gelden bouwbeperkingen.
Besluit externe veiligheid inrichtingen (Bevi) en het Besluit externe veiligheid buisleidingen (Bevb)	In het Bevi en Bevb zijn grenswaarden, oriëntatiewaarden en richtwaarden opgenomen voor het plaatsgebonden risico (PR) voor respectievelijk inrichtingen en buisleidingen. Voor het groepsrisico (GR) is een verantwoordingsplicht opgenomen. Hiermee worden de aan te houden afstanden tussen inrichtingen (zoals de productielocatie) en buisleidingen waar grote hoeveelheden gevaarlijke stoffen aanwezig zijn en (beperkt) kwetsbare objecten gewaarborgd.
Erfgoedwet	In de Erfgoedwet zijn onder andere de bepalingen over aanwijzing van Rijksmonumenten opgenomen. De Erfgoedwet regelt de integrale bescherming (behoud en beheer) van het Nederlands cultureel erfgoed. De wet hanteert beschermingsniveaus van archeologische monumenten op het land en onder water, het verbod tot beschadigen of vernielen van een rijksmonument en de bescherming van stads- en dorpsgezichten.
Monumentenwet 1988	Met de inwerkingtreding van de Erfgoedwet is de Monumentenwet 1988 ingetrokken. Alle bepalingen uit de Monumentenwet 1988 die direct betrekking hebben op de besluitvorming in de fysieke leefomgeving blijven echter voorlopig nog van toepassing totdat de Omgevingswet in werking is getreden. Het gaat onder andere om de bepalingen die betrekking hebben op het beschermingsregime voor Rijksmonumenten, de bevoegdheid van de Gemeenteraad om een beschermd stads- of dorpsgezicht aan te wijzen en de bevoegdheden van de Gemeenteraad t.b.v. het belang van de archeologische monumentenzorg. Deze bepalingen staan nu als overgangsrecht in de Erfgoedwet.
Friese Archeologische Monumentenkaart Extra (FAMKE)	De FAMKE is een provinciaal initiatief om het bodemarchief van Friesland in kaart te brengen. Deze kaart is gebaseerd op twee landelijke kaarten: de Archeologische Monumentenkaart (AMK) en de Indicatieve Kaart Archeologische Waarden (IKAW).

Wetgeving of beleid	
	FAMKE houdt daarnaast rekening met verstoring van mogelijk aanwezige archeologische resten en de omvang van de bodemingreep. De adviezen die voor de verschillende zones gegeven worden, geven aan welke vervolgstappen nodig zijn om op een verantwoorde manier om te gaan met het bodemarchief in – bijvoorbeeld – een nieuw bestemmingsplan. Ook voor overige natuurlijke landschapselementen, zoals een eendenkooi, geldt een verbod op verstoring binnen de vrijwaringszone.
Cultuurhistorische Kaart Fryslân	De cultuurhistorische kaart (CHK) is informatief van aard. De kaart geeft aan welke elementen en structuren van aardkundige, archeologische, historisch-geografische en bouwhistorische aard op provinciale schaal van betekenis zijn. Ook de FAMKE is opgenomen op de CHK.
Mijnbouwwet	Naast het verstrekken van de winningsvergunning, is in de mijnbouwwet ook het amendement opgenomen dat regelt dat geen omgevingsvergunningen meer worden verleend voor het oprichten van nieuwe mijnbouwwerken op de Waddeneilanden (34348-103, 13 juli 2016).

Afbakening productielocatie

Natuur

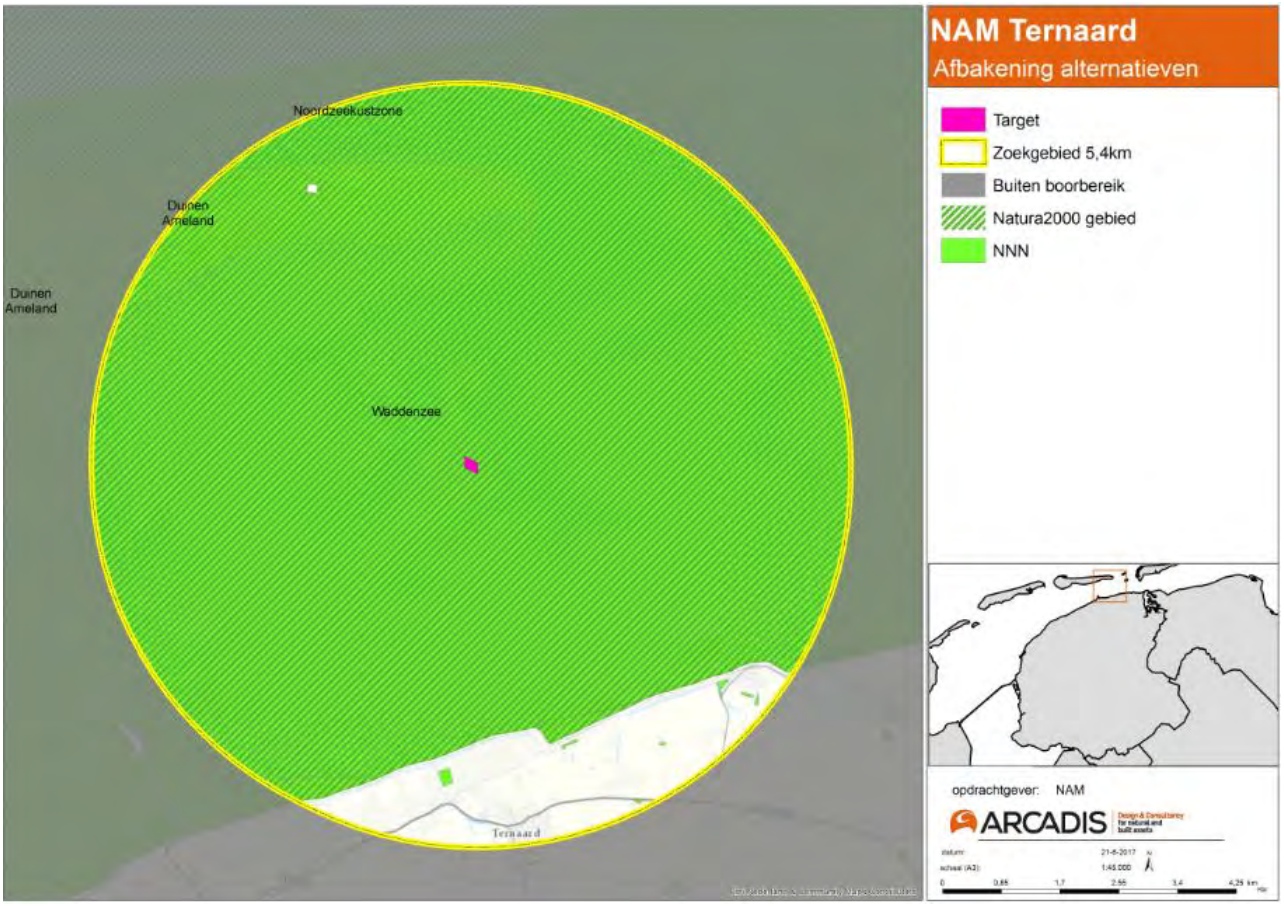
In het zoekgebied liggen de Natura 2000-gebieden Waddenzee en Duinen Ameland. Conform de Wet natuurbescherming is de vergunbaarheid van een nieuwe productielocatie en aanleg van een leidingtracé in Natura 2000-gebied niet reëel. Dit is omdat geen vergunning wordt gegeven wanneer een ingreep – gelet op de instandhoudingsdoelstellingen voor een Natura 2000-gebied – de kwaliteit van de natuurlijke habitats (van soorten) in dat gebied kan verslechteren of een significant verstorend effect kan hebben. Als niet met zekerheid gesteld kan worden dat effecten uit te sluiten zijn, dan kan een vergunning alleen verleend worden wanneer er geen alternatieve oplossingen zijn, er sprake is van een dwingende reden van groot openbaar belang en de nodige compenserende maatregelen worden getroffen. Indien na mitigerende maatregelen nog significante gevolgen resteren, dient de zogenaamde ADC-toets te worden doorlopen. De (aanleg van een) productielocatie en transportleiding leidt tot stikstofdepositie, waardoor effecten niet zijn uit te sluiten.

Een nieuwe locatie op Ameland is geen reële optie, het boren naar en winnen van gas vanaf en nabij Waddeneilanden is op basis van beleidsgronden niet onderzocht. In artikel 7a van de gewijzigde Mijnbouwwet is geregeld dat geen omgevingsvergunningen meer worden verleend voor het oprichten van nieuwe mijnbouwwerken op de Waddeneilanden. Hierbij wordt wel de kanttekening gemaakt dat de Mijnbouwwet wel mogelijkheden biedt om een bestaande productielocatie – zoals die op Ameland aanwezig is – te revitaliseren om een boring mogelijk te maken. Dit is echter zeer onwenselijk, aangezien hiervoor een ingrijpende wijziging nodig is aan de bestaande locatie. Ook leidt een boring vanaf deze locatie tot een verhoging van de stikstofdepositie op de grijze duinen van Ameland en Schiermonnikoog (ook Natura 2000-gebied). Daarnaast impliceert dit dat er meer transport door Natura 2000-gebied nodig zal zijn, wat eveneens onwenselijk is.

De structuurvisie Waddenzee stelt dat nieuwe opsporing en winning van aardgas onder de Waddenzee onder strikte randvoorwaarden is toegestaan. Een van die randvoorwaarden is dat dit alleen is toegestaan vanaf bestaande platforms in de Noordzee of vanaf locaties op land. (Nieuwe) boorplatforms op de Waddenzee zijn dus niet toegestaan.

Tot slot stelt ook het Barro ook dat het verboden is om boorplatforms en andere offshore-installaties in de Waddenzee te plaatsen en vereist aanvullend dat het Natuurnetwerk Nederland (NNN) niet onherstelbaar aangetast mag worden, tenzij dit elders kan worden gecompenseerd. In de afbakening van locatiealternatieven is gezocht naar optimale locaties, waarbij deze waarden zoveel mogelijk worden gerespecteerd.

Conclusie: de Waddenzee, Ameland en het Natuurnetwerk Nederland (ook EHS genoemd) zijn uitgesloten voor de realisatie van een nieuwe productielocatie, zie Figuur 5-5.



Figuur 5-5 Afbakening productielocatiealternatieven op basis van omgevingswaarde Natuur

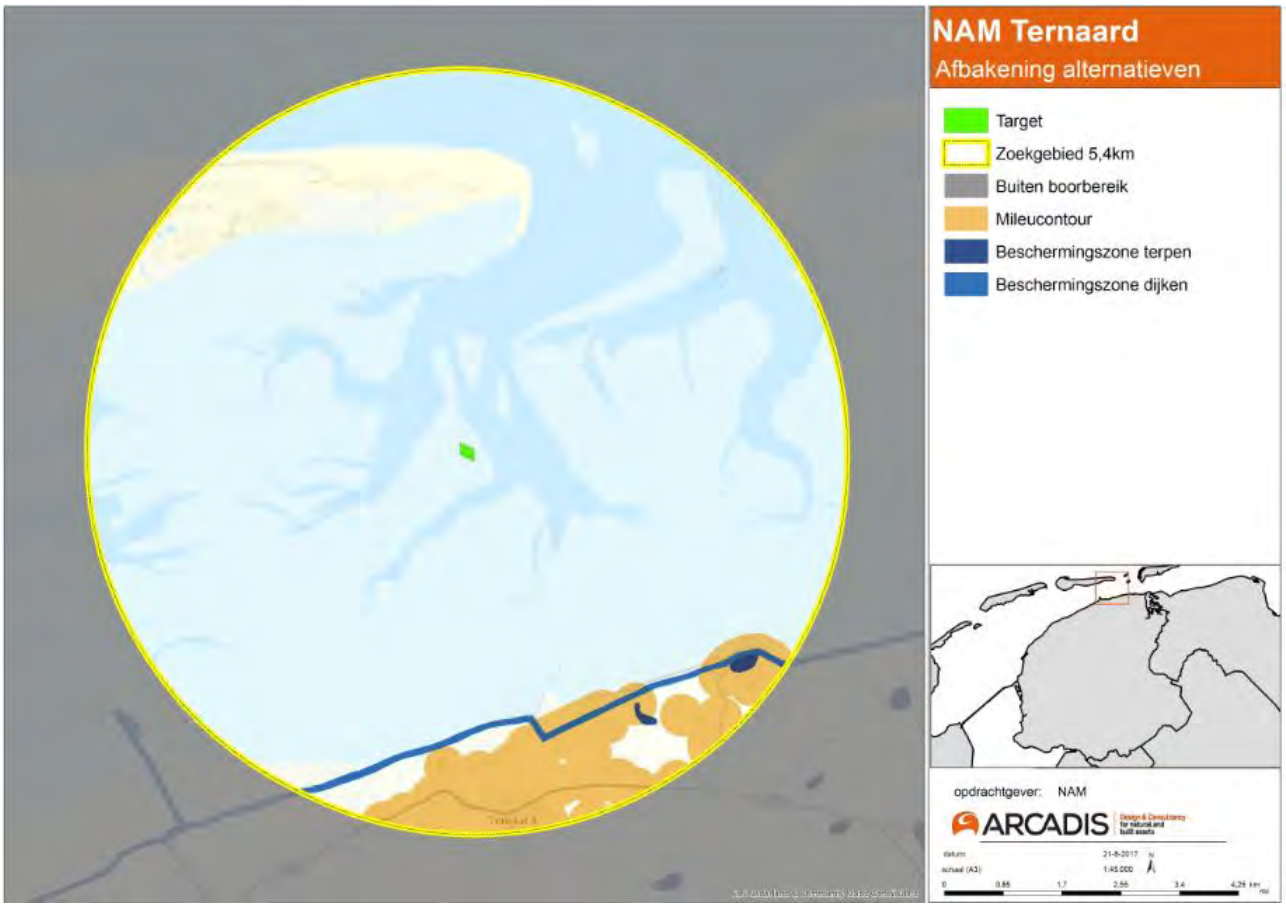
Leefomgeving

Gevoelige bestemmingen en (beperkt) kwetsbare objecten (zoals woningen) zijn beschermd tegen hinder van geluid en veiligheidsrisico's. Dit is wettelijk verankerd in de Wet geluidhinder en in het Besluit externe veiligheid inrichtingen. Als voorwaarde voor vergunningverlening geldt de verplichting dat er zich geen gevoelige bestemmingen binnen de geluidscontouren (300 meter[26]) van de productielocatie mogen bevinden en dat er zich geen (beperkt) kwetsbare objecten binnen de 10^{-6} PR-contour[27] van de productielocatie en leidingtracés bevinden. Tot slot zijn de woongebieden beschermd tegen overstromingen door middel van de voormalige zeedijk en zeepolderdijk. Deze zijn beschermd in de Waterwet, waarin de verplichting is opgenomen dat de beschermingszone rondom de dijken vrij moeten blijven van bebouwing, om de veiligheid te kunnen waarborgen.

Conclusie: woningen en bebouwd gebied inclusief de hinder- en veiligheidscontouren van 300 meter en de beschermingszone rondom de dijken zijn uitgesloten voor de realisatie van een nieuwe productielocatie, zie Figuur 5-6.

[26] Conform de richt afstanden uit de VNG-publicatie "Bedrijven en milieuzonering"

[27] PR = plaatsgebonden risico. Het PR wordt gedefinieerd als "de kans per jaar dat een persoon, die zich continu en onbeschermd op een bepaalde plaats bevindt, overlijdt als direct gevolg van een ongeval met gevaarlijke stoffen bij een risicovolle activiteit".

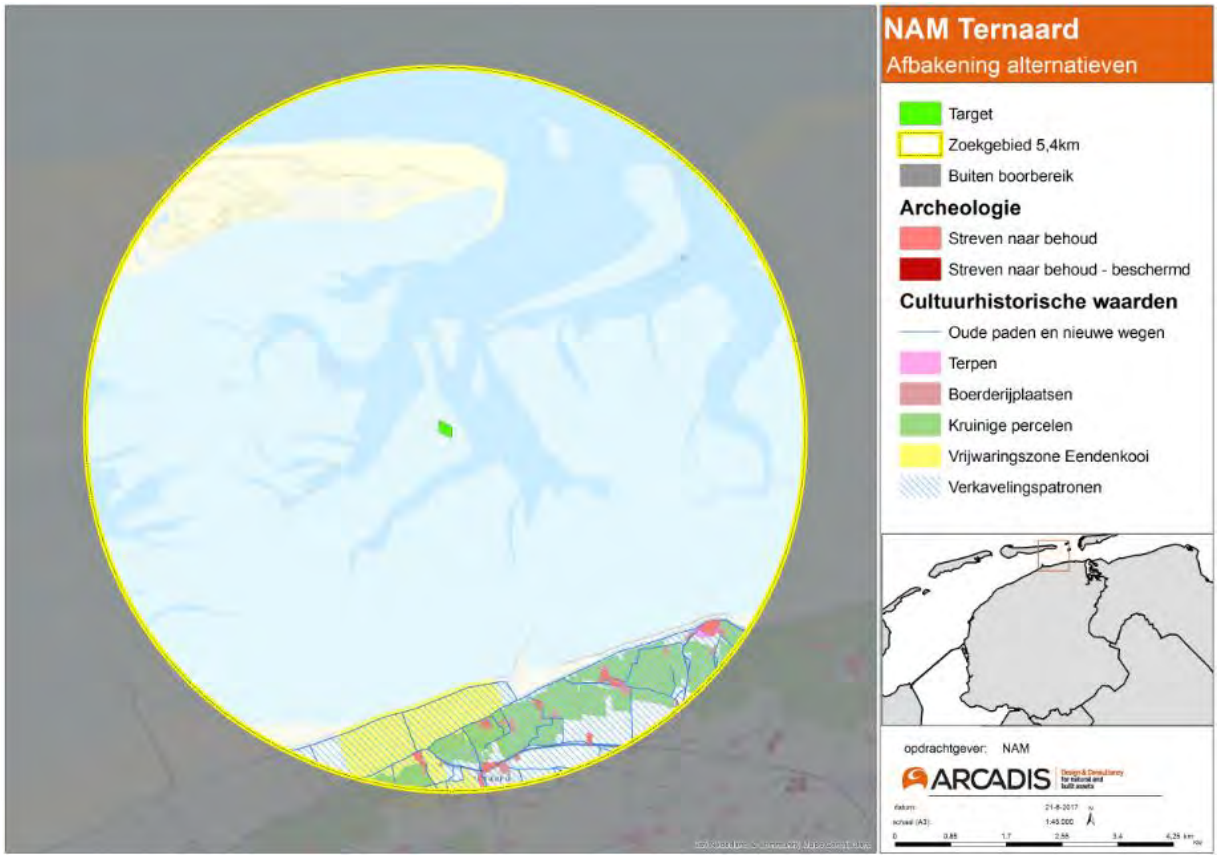


Figuur 5-6 Afbakening productielocatiealternatieven op basis van de omgevingswaarde Leefomgeving

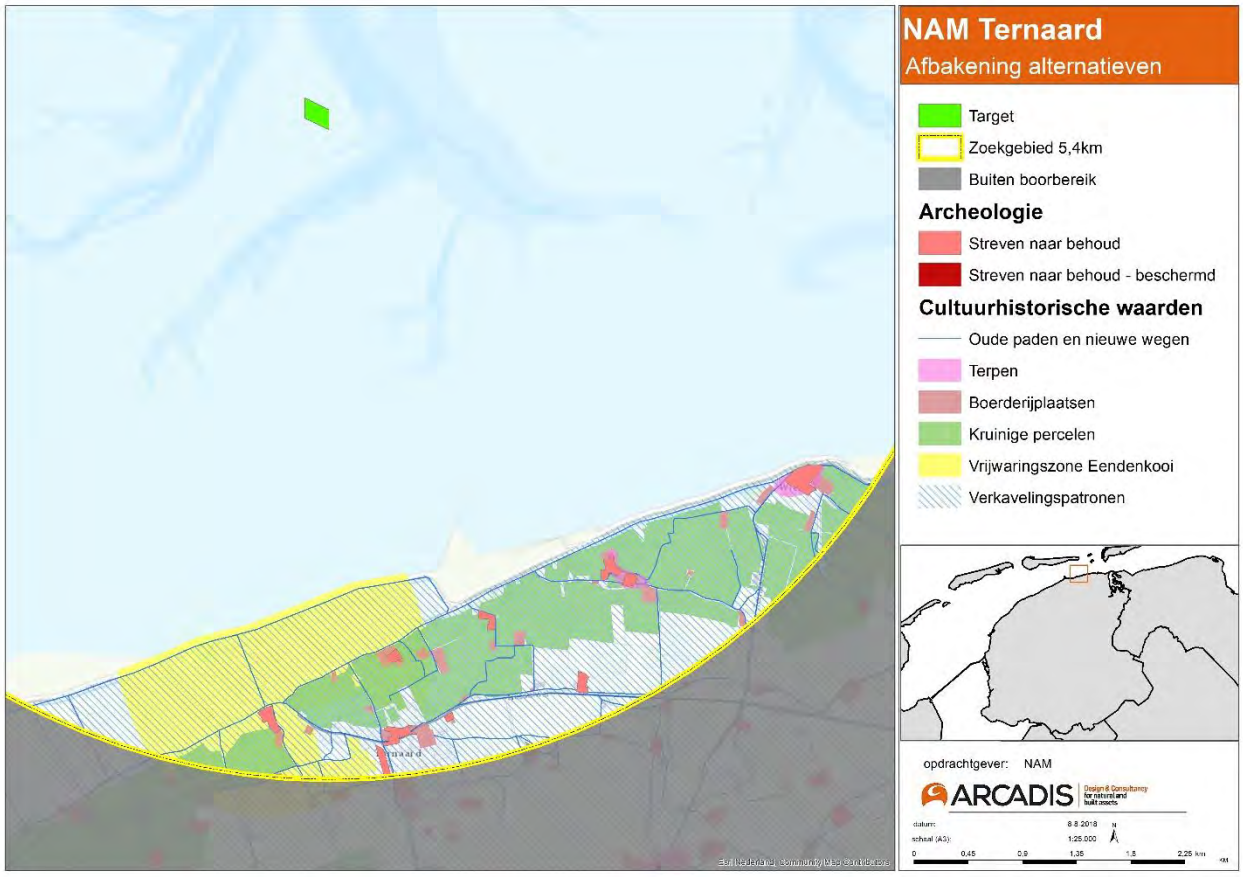
Landschap, cultuurhistorie en archeologie

In het zoekgebied bevinden zich waardevolle landschappelijke, cultuurhistorische en archeologische waarden. Deze waarden zijn karakteristiek voor het Friese landschap en daarom wordt er in diverse beleidskaders naar gestreefd om deze waarden zoveel als mogelijk te beschermen tegen aantasting. Het beleid formuleert daarmee een advies ‘streven naar behoud’, en stelt daarmee de eis dat bureauonderzoek, eventueel gevolgd door noodzakelijke vervolgstappen (inventariserend veldonderzoek, opgraving) die van invloed zijn op de vergunbaarheid van het project. Gebieden, locaties, bouwwerken, bepaalde structuren en elementen, en stads- en dorpsgezichten die zijn aangewezen als landschappelijk of cultuurhistorisch waardevol zijn opgenomen in de Erfgoedwet en de nu nog geldende delen van de Monumentenwet. Hieronder worden verstaan: kruinige percelen, terpen (inclusief beschermingszone), boerderijplaatsen, historische wegen, dijken en verkavelingspatronen. De productielocatie en het leidingtracé mogen deze waarden in principe niet verstoren, aantasten of doorsnijden. Indien dit wel gebeurt, moeten passende maatregelen worden getroffen. Voor bebouwing met mogelijk significante effecten voor de landschappelijke of cultuurhistorische kwaliteiten van het gebied geldt een beoordelingsplicht in het kader van het Barro. Tot slot geldt het advies ‘streven naar behoud’ voor diverse gebieden op de FAMKE en de CHK. Hierop is tevens een eendenkooi aangemerkt, waarvoor een vrijwaringszone geldt die vrijgehouden dient te worden van verstorende activiteiten.

Conclusie: gebieden met archeologische monumenten of (zeer) hoge archeologische verwachtingswaarde, kruinige percelen, terpen, historische wegen, dijken, verkavelingspatronen, de eendenkooi (inclusief vrijwaringszone) en beschermde stads- en dorpsgezichten zijn uitgesloten voor de realisatie van een nieuwe productielocatie, zie Figuur 5-7 en Figuur 5-8.



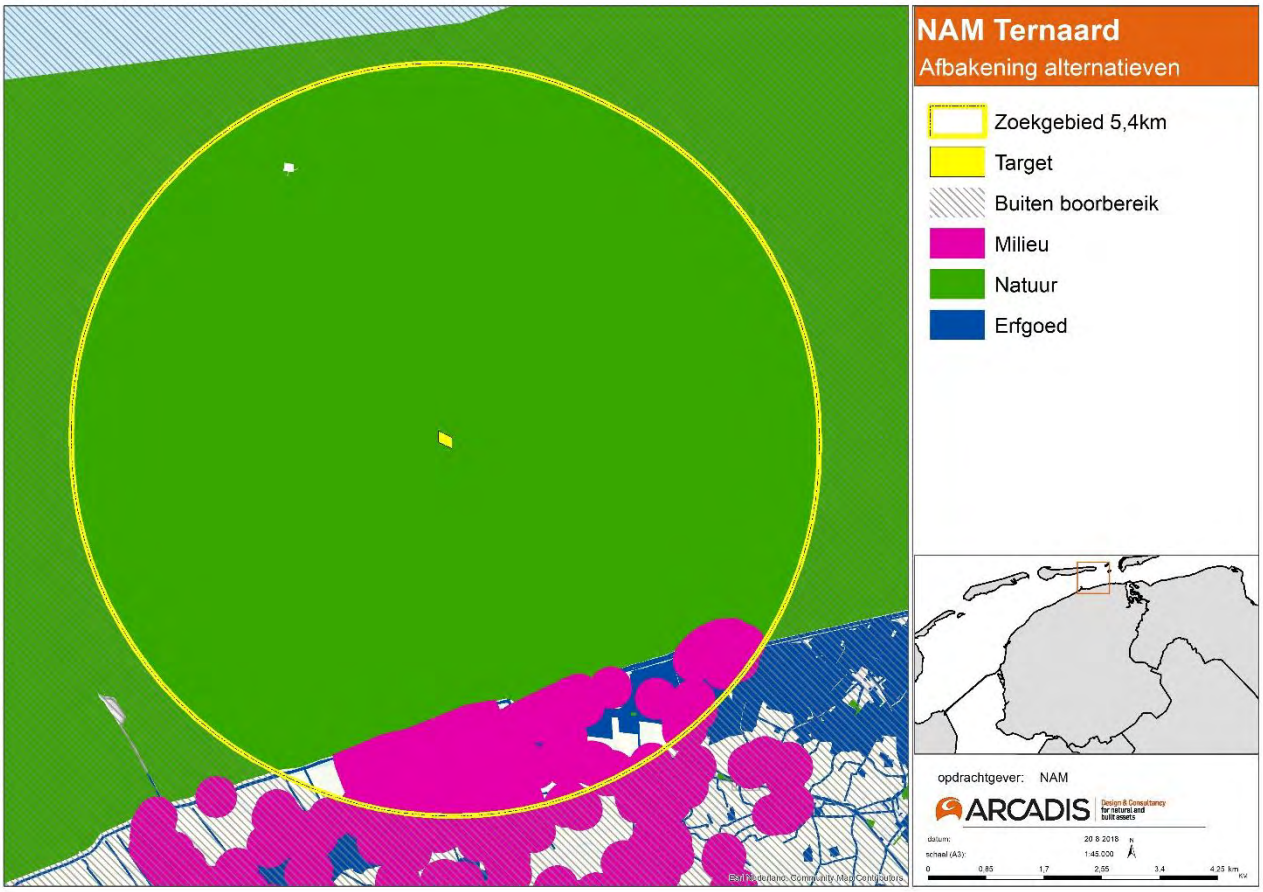
Figuur 5-7 Afbakening productielocatiealternatieven op basis van de omgevingswaarde landschap, cultuurhistorie en archeologie



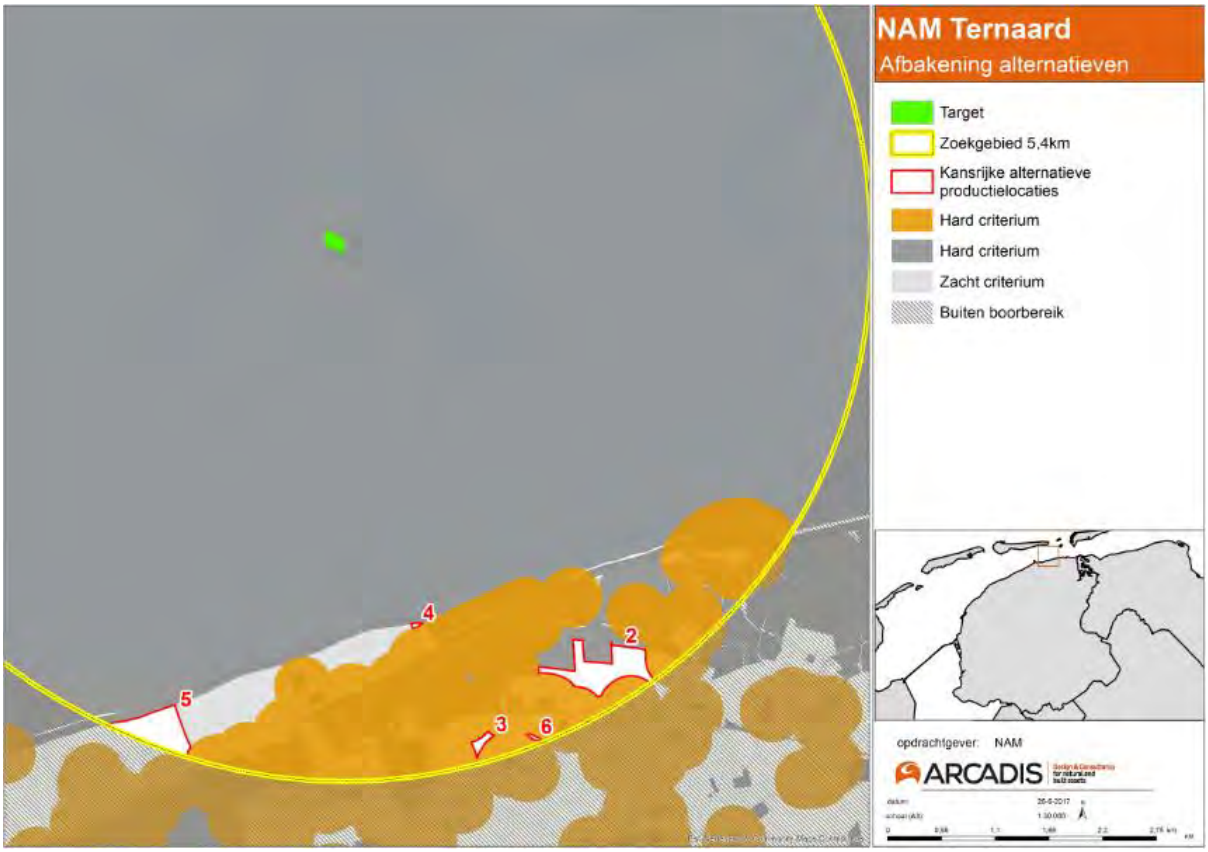
Figuur 5-8 Afbakening productielocatiealternatieven op basis van omgevingswaarde landschap, cultuurhistorie en archeologie, ingezoomd

Kansrijk en niet-kansrijk gebied

In lijn met de hiervoor beschreven visie zijn alle gebieden, waarbij de productielocatie vergunbaar is en waar de omgevingswaarden in het gebied gerespecteerd worden of waarbij in ieder geval zo min mogelijk waarden worden aangetast, aangemerkt als kansrijk gebied. Alle benoemde uitsluitingseisen zijn gezamenlijk op kaart weergegeven in Figuur 5-9. De witte gebieden die op deze kaart overblijven zijn – milieutechnisch gezien – kansrijke gebieden voor de productielocatie. Hieruit volgen 5 potentiële productielocaties die naast de bestaande locatie Ternaard die in het MER is aangeduid als ‘locatie 1’. Om deze reden begint de nummering van de locatiealternatieven van een mogelijke nieuwe productielocatie bij ‘2’. Dit is weergegeven in Figuur 5-10.



Figuur 5-9 Afbakening productielocatiealternatieven op basis van de omgevingswaarden Natuur, Leefomgeving (Milieu) en landschap, cultuurhistorie en archeologie



Figuur 5-10 Kansrijke gebieden voor de productielocatie

5.4 Stap 3: Technische haalbaarheid productielocatie

De kansrijke gebieden die in stap 2 zijn bepaald, zijn in stap 3 verder afgebakend op basis van technische haalbaarheid. Hierbij is allereerst gekeken naar locaties die afvallen, omdat deze onvoldoende ruimte bieden voor het realiseren van een productielocatie. Dit geldt voor locatie 4 en locatie 6 (zie Figuur 5-10). Voor het aanleggen van een degelijke en veilige locatie, rekening houdend met het te plaatsen materieel en voldoende ruimte voor het manoeuvreren met transporten, wordt een afmeting van ca. 170 x 87 meter aangehouden. Dit is gelijk aan de afmetingen van de huidige locatie nabij Ternaard. Locaties 4 en 6 bieden te weinig ruimte voor de realisatie van een productielocatie. Daarbij is voor locatie 4 ook onderzocht dat het risico van de overdrukken te groot is waardoor het zetten van de schoen (zie tekstkader hieronder) niet mogelijk is. De schoen is een kritische veiligheidsmaatregel die hier niet geplaatst kan worden, waardoor deze locatie ook op grond van de technische haalbaarheid afvalt als productielocatiealternatief.

Alle overige locaties bieden voldoende ruimte voor de productielocatie. Derhalve is voor deze locaties de technische haalbaarheid (ondergronds risico, bereikbaarheid en overige knelpunten die realisatie bemoeilijken) onderzocht.

Achtergrond technische haalbaarheid

Het heeft de voorkeur om zo verticaal mogelijk naar het ondergrondse doel te boren. Dit betekent dat het aanleggen van een productielocatie recht boven het ondergrondse doel het meest gunstig is. Dit is echter in dit geval (en bijna alle gevallen in Nederland) niet mogelijk, vanwege ruimtelijke beperkingen en/ of wetgeving die verhinderd dat een productielocatie in een bepaald gebied wordt geplaatst (zoals in de Waddenzee).

Wanneer geboord wordt vanaf een verderop gelegen locatie, betekent dit dat de boorlengte langer wordt, waarmee de boring technisch gezien moeilijker wordt. In het geval van de Ternaard boring is er sprake van een aanvullend technische moeilijkheid van het passeren van de Ternaard-zoutkoepel. Deze passage is nodig, aangezien het ondergrondse doel onder deze koepel ligt. In het verleden is eerder door de koepel geboord (vanaf de Ternaard-1 put), waardoor kennis voorhanden is over de boor-technische risico's, zoals de benodigde lengte van de put, moeilijke bochten in het boorpad (knikken) en de mogelijk aanwezige ondergrondse gesteenteformaties onder overdruk.

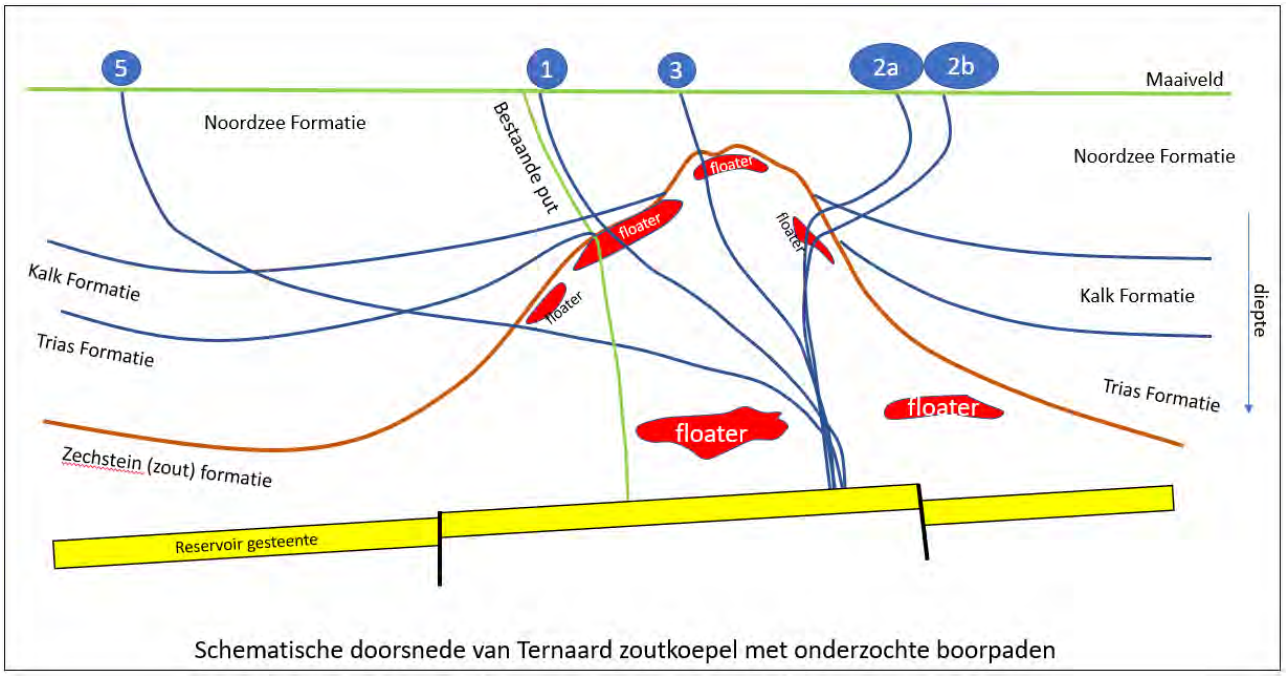
In de beoordeling van de technische haalbaarheid is rekening gehouden met:

- De aanwezigheid van overdrukken in de verschillende gesteentelagen, met name in de zogeheten floaters. Dit zijn opgesloten kleine gasvoorraden in zoutlagen die gas onder hoge druk kunnen bevatten.
- Het zetten van een schoen, afhankelijk van de compositie van het te doorboren gesteente. Tijdens het boorproces wordt eerst een stalen buis gezet zodat men het gewicht van de vloeistofkolom in de boorpijp kan verhogen als tegendruk voor de hogere drukken in de nieuwe laag. Daarna wordt een laag met een mogelijk hogere druk aangeboord. Het onderste gedeelte van deze buis moet in competent gesteente staan en worden omvat met cement (dit is de 'schoen'), zodat deze goed vaststaat. Dit is een kritische veiligheidsmaatregel. In het geval van het aanboren van het Ternaard gasveld gaat het om de zoutlaag aan de top van de Zechstein formatie, waarin een schoen moet kunnen worden gezet.
- De lengte en moeilijkheidsgraad van het boorpad, bijvoorbeeld in relatie tot de knikken in het boorpad en de hoek die moet worden gemaakt. Dit wordt aangegeven met de zogenaamde Directional Difficulty Index (DDI). Hierin worden mechanische parameters meegenomen, zoals lengte, inclinatie en azimut.

Locatie 2 ligt op relatief korte afstand van de N358 en is dus goed ontsloten en goed bereikbaar voor vrachtverkeer. Daarbij ligt deze locatie ook op relatief grote afstand tot bebouwing (de grootste afstand in vergelijking met de overige alternatieven). Technisch gezien is echter niet het hele gebied geschikt voor een boring naar het Ternaard gasveld, vanwege dunne zoutlagen op diverse locaties in de ondergrond die gepasseerd moeten worden voordat men in een laag met aanzienlijke druk boort kan dan niet overal een goede casing worden gezet. Hierdoor neemt het risico op een misboring toe en is er tevens een grotere kans op het weglekken van boorvloeistof, wat zeer onwenselijk is. Een boorpad vanaf het westen van het zoekgebied (2A, zie Figuur 5-11) is van dezelfde orde als de eerder aangeboorde Ternaard-1 put. Verschil is echter dat de floater in de top van de zoutlaag vanaf dit punt nog niet eerder is doorboord en de kans op overdruk aanwezig is. Omdat de seismische metingen aangeven dat er genoeg puur zout aanwezig is om de schoen te zetten, voordat de floater wordt aangeboord, is dit een technisch haalbare optie. Een boorpad vanaf het midden van het zoekgebied (2B, zie Figuur 5-11) wordt te lang qua boorlengte en valt buiten de mechanische haalbaarheid (te hoge DDI). Dit speelt voornamelijk in het oostelijke deel van dit gebied, waardoor een boring vanaf hier technisch niet haalbaar is. Boorpad 2A (westelijk deel locatie 2) is om deze reden meegenomen als productielocatiealternatief in het MER. Boorpad 2B (oostelijk deel locatie 2) is technisch niet haalbaar en valt om deze reden af als productielocatiealternatief.

Locatie 3 ligt net als locatie 2 op relatief korte afstand van de N358. Technisch gezien is deze gehele locatie echter niet geschikt. Vanwege de dunne zoutlagen in de ondergrond die gepasseerd moeten worden voordat men in een laag met aanzienlijke druk boort kan dan geen goede casing worden gezet. Hierdoor neemt het risico op een misboring toe en is er tevens een grotere kans op het weglekken van boorvloeistof. Hoewel het boorpad mogelijk is, is de verwachting dat er aan de top van de Zechstein laag een gesteentelaag zit die onder hoge druk kan staan. Op de seismische metingen is te zien dat er een te dunne (of geen) pure zoutlaag boven zit om veilig een schoen te kunnen zetten. Vanwege dit onwenselijke technisch risico is deze locatie niet meegenomen als productielocatiealternatief in het MER.

Locatie 5 ligt ook op relatief korte afstand van de N358, waardoor ontsluiting van dit gebied mogelijk is. Wel ligt de locatie buiten de voormalige zeedijk, wat betekent dat doorkruising nodig is voor de aanleg van de transportleiding. Ook moet de transportleiding vanaf deze locatie over een significant langere afstand worden aangelegd dan bij de overige locaties het geval is. Dit heeft een grotere doorsnijding en dus meer impact op de omgeving tot gevolg. Daarbij zijn boorpaden vanaf deze locatie technisch niet mogelijk, aangezien deze door geologisch complexe structuren en door gesteenten met mogelijke overdrukken in de Zechstein laag gaan. Hoewel er voldoende zout aanwezig is voor het zetten van een goede schoen, zijn de hier geen realistische mechanische mogelijkheden, de DDI is hier te hoog. Vanwege dit technische risico, grotere impact op de omgeving en hogere kosten is locatie 5 niet meegenomen als productielocatiealternatief in het MER.



Figuur 5-11 Schematische doorsnede van de Ternaard zoutkoepel met onderzochte boorpaden

Bovenstaande argumentatie is samengevat in onderstaande risicotabel (Tabel 5-2).

Tabel 5-2 Samenvatting effecten locatiealternatieven

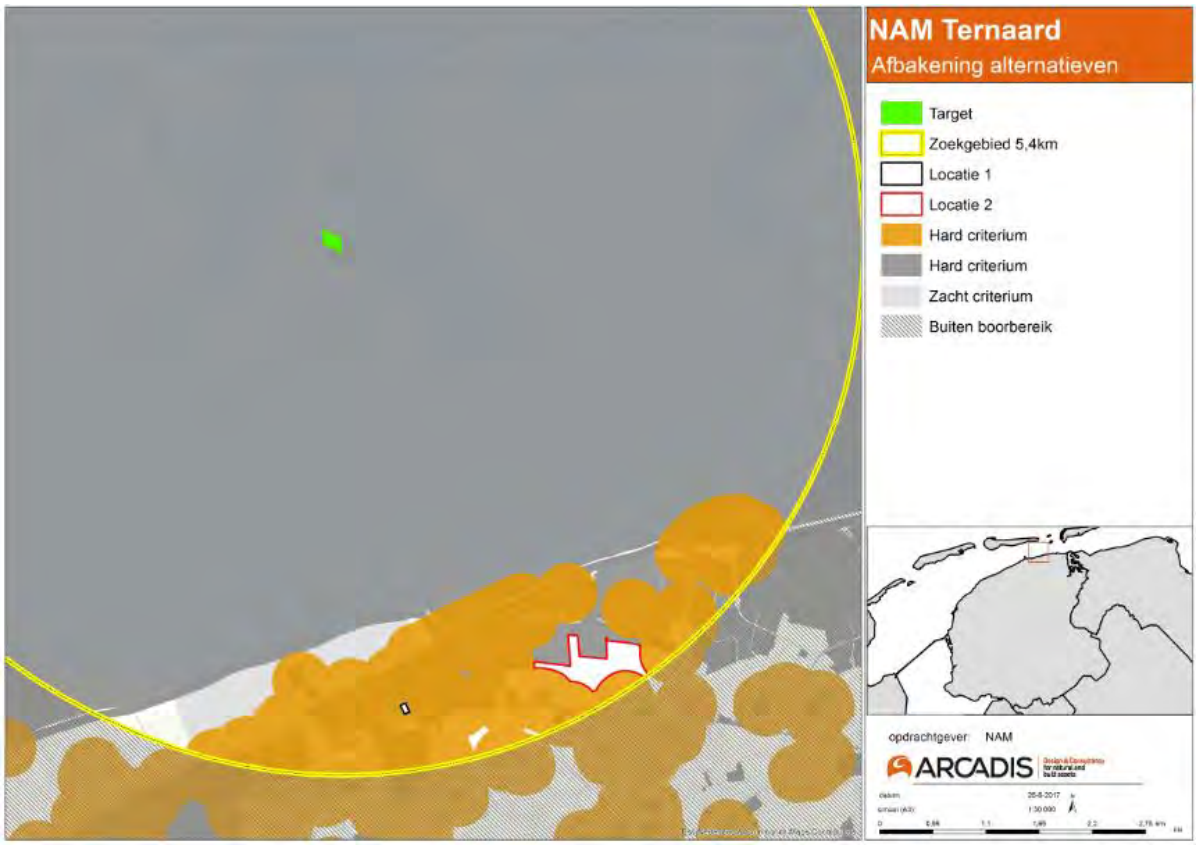
Criterium	2	3	4	5	6
Oppervlak					
Bereikbaarheid			n.v.t.		n.v.t.
Doorsnijding transportleiding			n.v.t.		n.v.t.
Lengte put / moeilijkheid boorpad			n.v.t.		n.v.t.
Overdrukken			n.v.t.		n.v.t.
Zetten van schoen			n.v.t.		n.v.t.

Legenda:

Voldoet volledig aan criterium/ technisch uitvoerbaar
Kan afdoende aan criterium voldoen/ technisch risico is hoger, maar blijft uitvoerbaar
Kan niet aan criterium voldoen/ technisch risico onacceptabel

Conclusie

Op basis van de verdere afbakening in stap 3, waarbij de kansrijke locaties verder afgebakend zijn vanuit het oogpunt van technische haalbaarheid, wordt locatie 2 (enkel het westelijke deel) als zoekgebied voor een nieuwe productielocatie meegenomen in het MER, naast de bestaande productielocatie nabij Ternaard (locatie 1), zie Figuur 5-12.



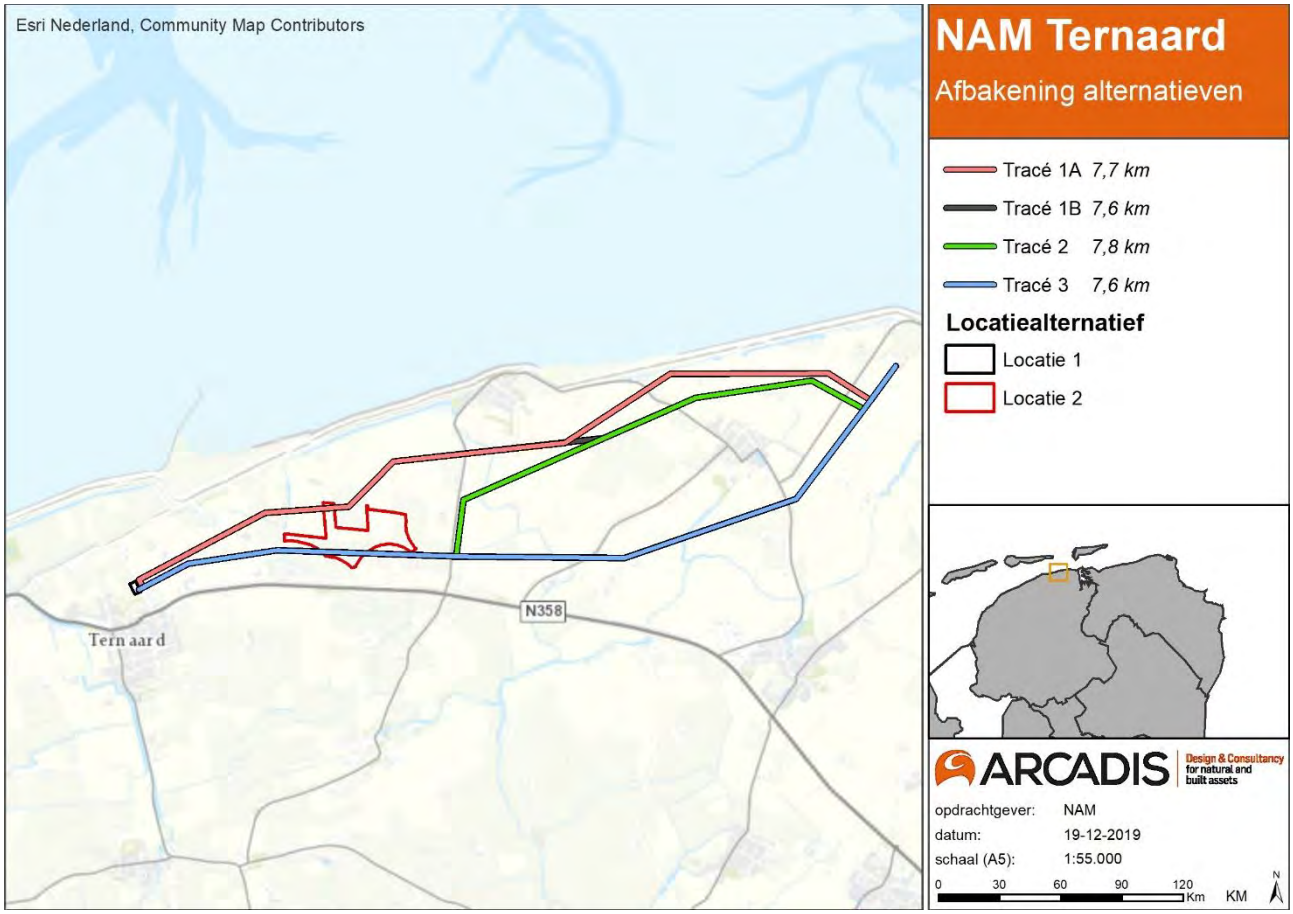
Figuur 5-12 Productielocatiealternatieven die zijn onderzocht in het MER

5.5 Stap 4: Haalbaarheid tracéalternatieven

De productielocatie wordt door middel van een nieuw aan te leggen ondergrondse transportleiding verbonden met de bestaande mijnbouwlocatie Moddergat. Vanaf de productielocaties 1 en 2 zijn tracés ingetekend conform de volgende technische uitgangspunten:

- **Lengte**; streven is een zo kort mogelijk tracé. Reden hiervoor is het minimaliseren van het technisch risico wanneer het tracé korter is. Daarnaast betekent een langer tracé een grotere bodemingreep, meer ruimtebeslag en meer doorsnijding van percelen en dus meer eigenaren die betrokken moeten worden.
- **Knikken**; streven is om weinig knikken/bochten in het tracé te hebben. Veel knikken/bochten leiden tot meer ruimtebeslag vanwege expansielussen die nodig zijn ter plaatse van een knik, grotere nadelen voor perceeleigenaren en hogere kosten;
- **Percelen**; streven is zoveel als mogelijk langs de rand van percelen te traceren. Dit om perceeleigenaren zo min mogelijk hinder te bezorgen en zo min mogelijk schade aan bodemstructuur van percelen te veroorzaken.
- **Infrastructuur**; streven is om wegen en waterwegen zo veel mogelijk haaks te kruisen.

Op basis hiervan zijn vier tracéalternatieven bepaald die zijn weergegeven in Figuur 5-13.



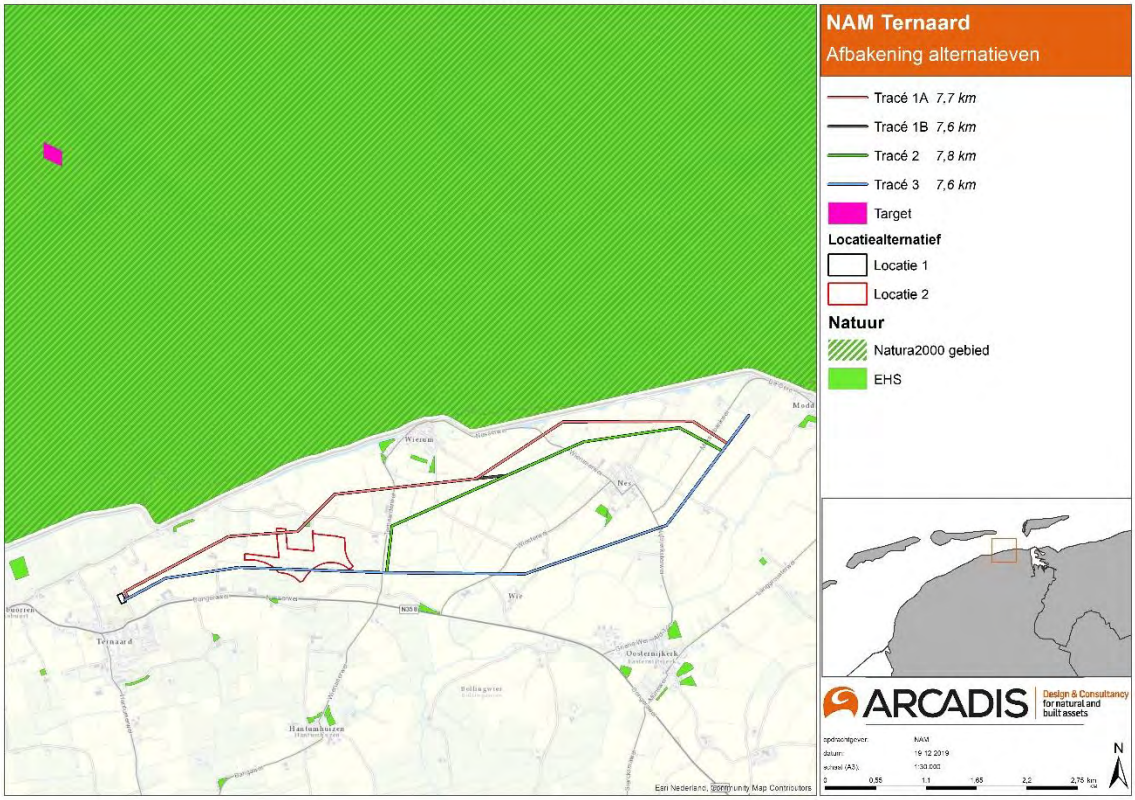
Figuur 5-13 Tracéalternatieven

Voor tracé 1 zijn twee varianten bepaald (1A en 1B). Tracé 1 (A en B) is het meest noordelijke tracé en loopt vanaf locatie Ternaard op geringe afstand tot de Waddenzeekust naar Moddergat. Halverwege takt tracé 1B af van 1A en volgt een (iets) zuidelijkere route. Vlak voor Moddergat komen beide tracés weer samen. Tracé 2 en tracé 3 volgen in het eerste deel vanaf Ternaard dezelfde route, waarna tracé 2 aftakt naar het noorden en later gecombineerd met tracé 1B verder loopt. Tracé 3 blijft zuidelijker lopen en is daarmee het meest zuidelijke tracéalternatief. Tracé 2 en tracé 3 kruisen beide productielocatie 2. Deze tracés zijn vanaf dat kruisingspunt daardoor ook van toepassing voor de productielocatie 2. Tracé 1 is noordelijk daarvan getraceerd, maar een aftakking naar Locatie 2 is mogelijk. Alle tracés komen kort voor Moddergat samen en volgen op het laatste gedeelte dus eenzelfde tracé.

Omgevingswaarden

Natuur

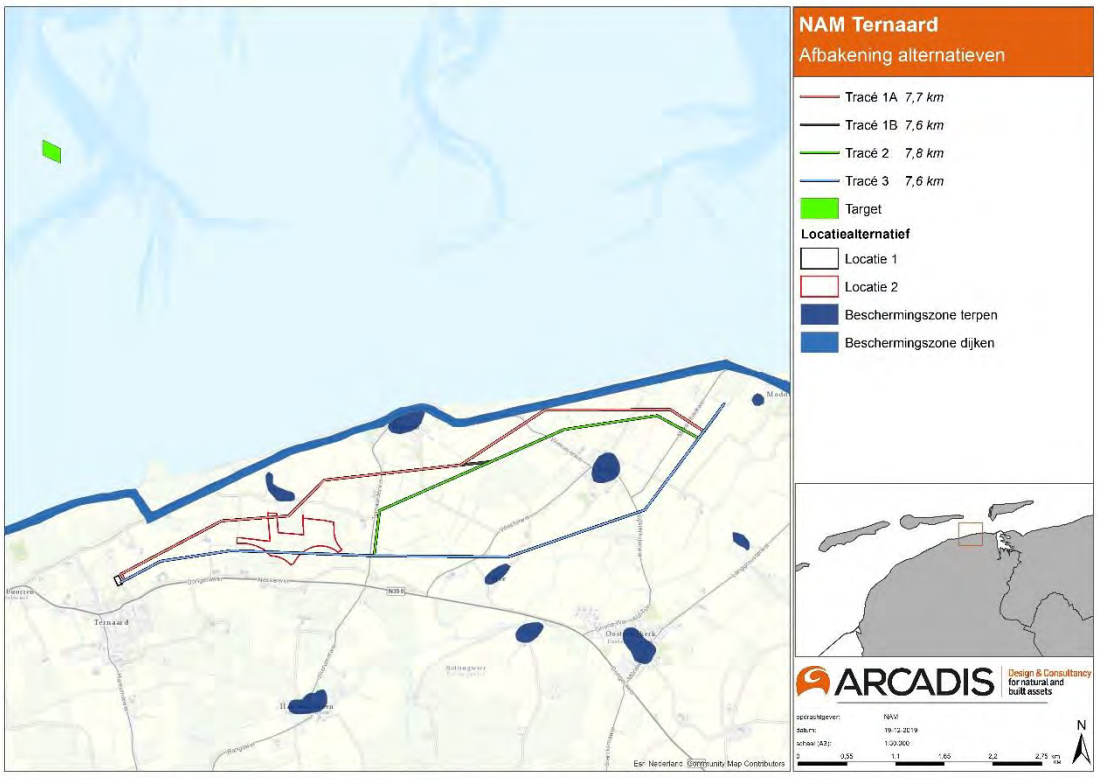
Geen van de tracés doorsnijdt een Natura 2000-gebied of de Ecologische Hoofdstructuur (EHS of tegenwoordig Natuurnetwerk Nederland (NNN)). Directe negatieve effecten zijn daardoor uitgesloten. Tracé 1A en 1B zijn ten aanzien van Natuur wel de minst wenselijke alternatieven, aangezien deze relatief dicht op de Waddenzeekust (Natura 2000-gebied) liggen en er sprake kan zijn van externe werking op de Waddenzee. Voor tracé 2 geldt voor een groot deel van het tracé hetzelfde. Tracé 3 ligt op grotere afstand van het Natura 2000-gebied en is ten aanzien van de omgevingswaarde Natuur als meest gunstig te beschouwen, zie Figuur 5-14.



Figuur 5-14 Afbakening tracéalternatieven op basis van omgevingswaarde Natuur

Leefomgeving

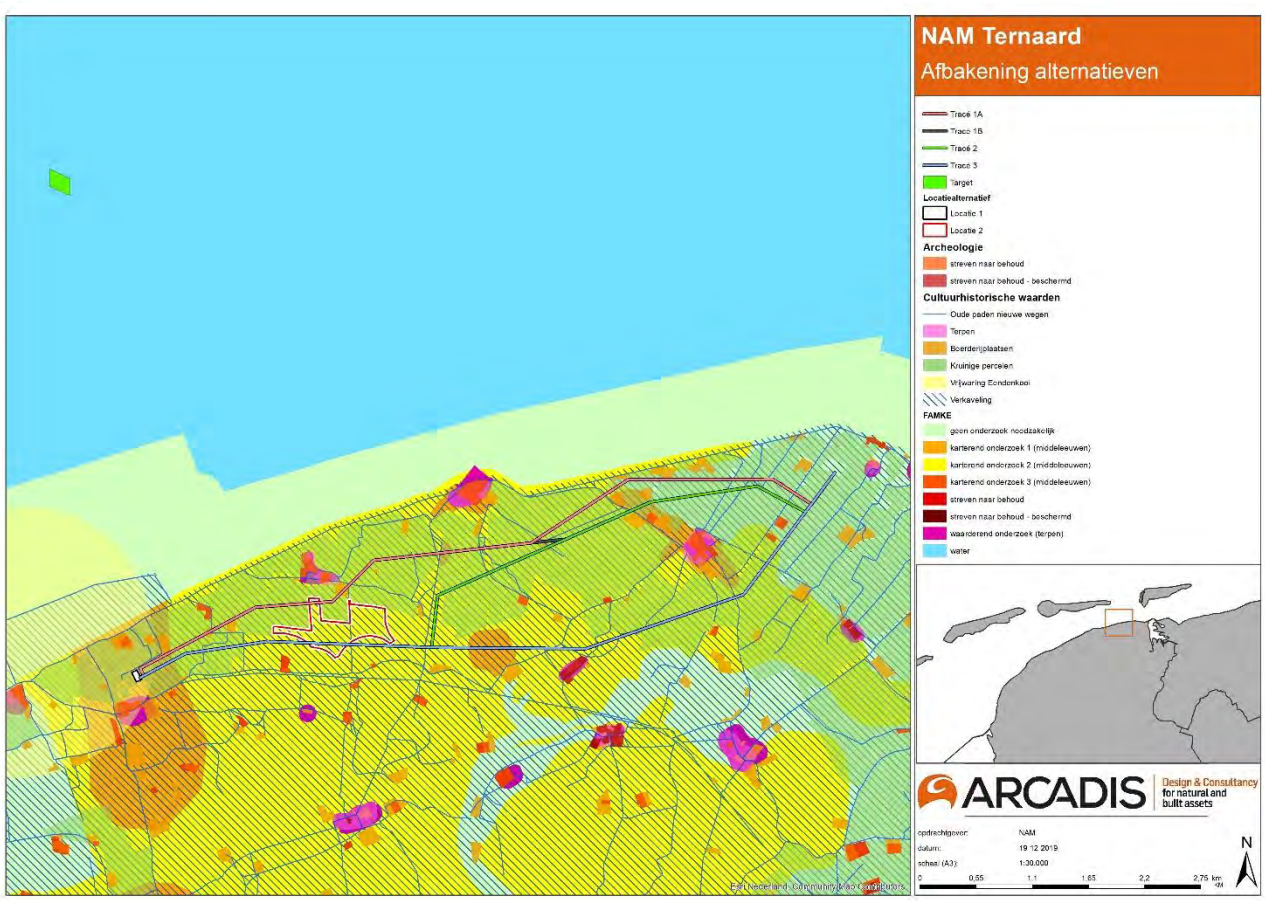
Voor de aanleg van de transportleiding gelden geen milieucontouren rondom woningen waar rekening mee gehouden dient te worden. Tracé 1A raakt aan de beschermingszone van de zeedijk, maar houdt nog voldoende afstand om aanleg technisch mogelijk te maken, zie Figuur 5-15.



Figuur 5-15 Afbakening tracéalternatieven op basis van omgevingswaarde Leefomgeving

Landschap, cultuurhistorie en archeologie

Tracé 1A en 1B zijn vrijwel volledig door waardevol landschappelijk, cultuurhistorisch en archeologisch gebied getraceerd en zijn daardoor als minst gunstige alternatieven te beschouwen. Daarbij kruisen deze tracés enkele archeologische gebieden waarvoor de bepaling ‘streven naar behoud’ is opgenomen. Tracé 2 ontwijkt in het oostelijke deel van het tracé de waardevolle gebieden, maar doorsnijdt later wel waardevol gebied. Tracé 3 ligt vrijwel geheel buiten het waardevolle gebied, maar ook dit tracé gaat kort door waardevol gebied, zie Figuur 5-16.



Figuur 5-16 Afbakening tracéalternatieven op basis van omgevingswaarde landschap, cultuurhistorie en archeologie

Conclusie

Hoewel geen van de tracéalternatieven zodanig negatieve effecten met zich meebrengen dat ze op voorhand onhaalbaar of niet uitvoerbaar zijn, zijn niet alle alternatieven meegenomen in het MER. Er is gekozen om het aantal verder te onderzoeken tracéalternatieven tot twee te beperken.

Het verschil in totale lengte tussen de tracés is beperkt en niet onderscheidend.

Voor de tracés 1A en 1B geldt dat het risico op effecten op het Natura 2000-gebied Waddenzee iets groter is dan bij de alternatieven 2 en 3. Daarnaast geldt dat de tracés 1A en 1B van de tracéalternatieven de langste doorsnijding hebben met landschappelijke, cultuurhistorisch en archeologisch waardevol gebied, waardoor er ten opzichte van de tracés 2 en 3 een groter risico is op het verstoren van deze gebieden.

De tracéalternatieven 2 en 3 hebben kleinere risico’s voor natuur, leiden tot een kleinere fysieke ingreep in landschappelijk en cultuurhistorisch waardevol gebied, dan tracéalternatieven 1A en 1B. De tracé-alternatieven 2 en 3 geven daardoor het meeste invulling aan het streven naar een zo’n kort mogelijk tracé binnen de juridische en technische kaders. De tracé-alternatieven 2 en 3 zijn om deze reden verder in detail onderzocht in het MER.

5.6 Uitvoeringsvarianten

De boring kan vanwege de grote afstand tot het ondergrondse doel alleen met een zware boortoren uitgevoerd worden. Daarvoor zijn geen varianten mogelijk. Verder is de boring een relatief gestandaardiseerd en geoptimaliseerd proces, waarbij weinig varianten te onderscheiden zijn. Wel is het mogelijk om met mitigerende maatregelen eventuele effecten te beperken.

Er zijn twee uitvoeringsvarianten te bedenken voor de energievoorziening van de productielocatie tijdens de boring en de winning:

- Opwekking door middel van vier dieselmotor aangedreven generatoren. De dieselmotoren hebben een gezamenlijk vermogen van 5200 kW. Ten behoeve van de dieselmotoren is een dieselvoorraad aanwezig van 40 m^3.
- Aansluiting op het elektriciteitsnet. Voor elektrificatie van de productielocatie is een 20 kV-aansluiting nodig vanuit Dokkum. Hiervoor dient een 20 kV-kabel gelegd te worden over een lengte van circa 7,4 km (berekend tot aan locatie Ternaard).

De aansluiting op het elektriciteitsnet heeft niet de voorkeur, aangezien de kosten van een dergelijk nieuw kabeltracé geschat worden op 1,3 miljoen euro. Daarnaast betekent de aanleg van een nieuwe kabel ook extra boringen en doorsnijdingen en aantasting van het landschap en eventuele bemalingen. Aan de andere kant hebben dieselmotoren een potentieel effect op luchtkwaliteit en geluidhinder, maar het gaat hier wel om een aanzienlijk kleinere (permanente) fysieke ingreep. In het MER is daarom onderzocht of er ten aanzien van luchtkwaliteit en geluidhinder een noodzaak bestaat om toch te kiezen voor een elektriciteitsaansluiting. Bij deze onderzoeken (zie hoofdstuk 13, Milieu in deel B) is geconcludeerd dat het inzetten van dieselmaterieel geen significante (maatgevende) effecten veroorzaakt ten aanzien van geluid en luchtkwaliteit.

Wanneer dieselmotoren worden ingezet, wordt tijdens de winning en de verwijderingsfase voldaan aan de wettelijke geluidscontour etmaalwaarden. In de aanlegfase is wel sprake van overschrijding, maar daarvoor zijn de heiwerkzaamheden maatgevend. Aansluiting op het elektriciteitsnet zal de tijdelijke geluidbelasting in de aanlegfase niet significant verbeteren. Ten aanzien van luchtkwaliteit wordt in alle fasen voldaan aan de grenswaarden voor de jaargemiddelde concentraties voor NO_2 en fijn stof. De achtergrondconcentraties zijn zodanig laag dat de gezondheidswinst van een kabel ten opzichte van de dieselgenerator nauwelijks onderscheidend is.

Kortom, feitelijk gaat het hier om de milieu-impact van de aanleg van een ruim 7 km lange 20 kV kabel (inclusief extra boringen, fysieke aantasting van het landschap en eventuele bemalingen) versus de inzet van generatoren op de boorlocatie. Zowel vanuit luchtkwaliteit en geluid als vanuit kosten levert de realisatie van een elektriciteitsaansluiting vergeleken met het gebruik van dieselgeneratoren geen significante meerwaarde op. Deze uitvoeringsvariant is daarom niet meegenomen in dit MER.

5.7 Alternatieven en uitvoeringsvarianten in dit MER

Op basis van de in voorgaande paragrafen beschreven resultaten uit het afbakeningsproces zijn de volgende alternatieven en uitvoeringsvarianten geselecteerd om nader uit te werken en te beoordelen in dit MER (zie Tabel 5-3).

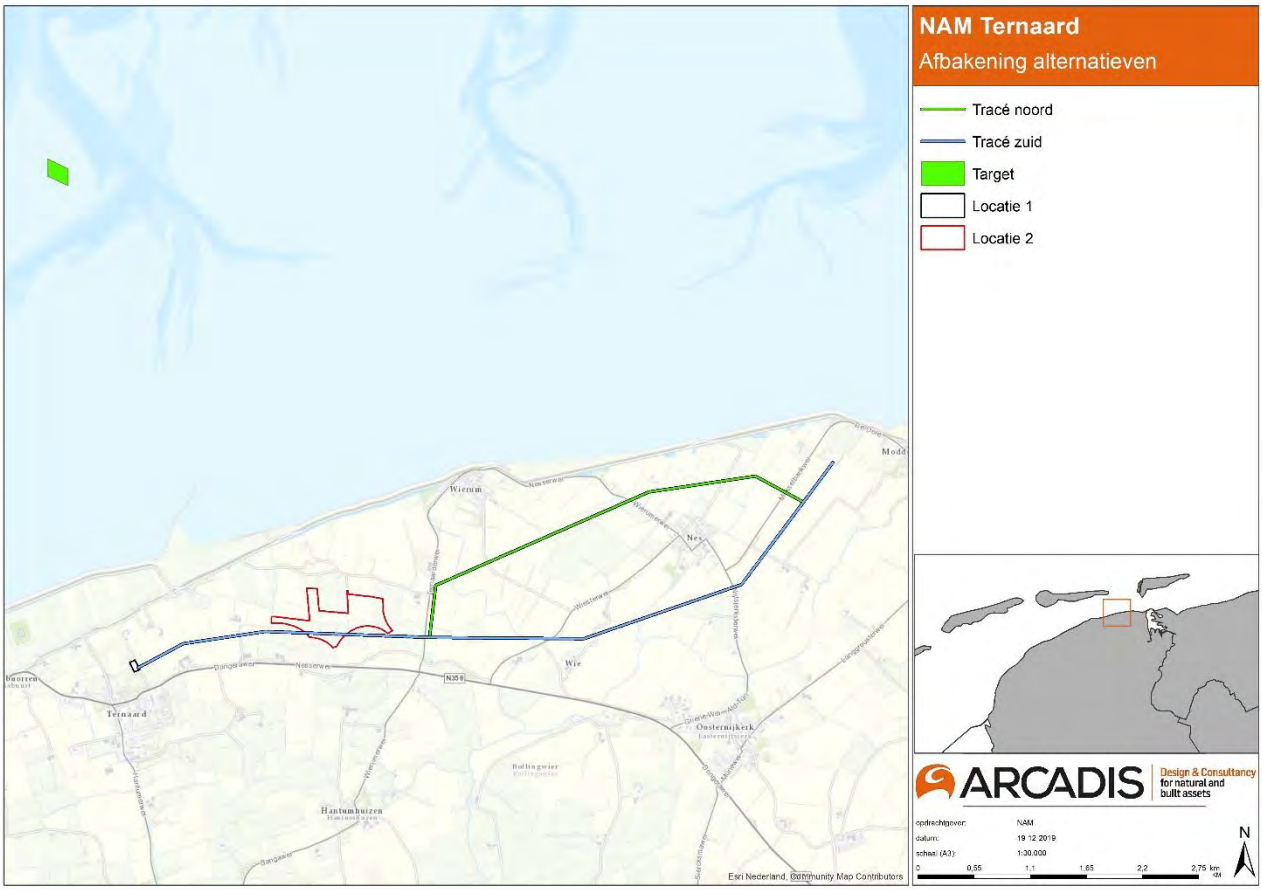
Tabel 5-3 Alternatieven in dit MER

Betreft	Alternatieven en uitvoeringsvarianten in MER
Locatiealternatieven	Locatie 1 – bestaande oppervlakte-installatie Ternaard
	Locatie 2 – in het westelijke deel
Tracéalternatieven	Tracé 2
	Tracé 3

In het MER is per milieuaspect – als onderdeel van het overkoepelende milieuthema – voor de aanlegfase, winning en verwijderingsfase beoordeeld wat de effecten zijn van de combinatie van een productielocatie en een leidingtracé. Ten behoeve van de leesbaarheid van de alternatieven is ervoor gekozen om de naamgeving van tracé 2 en tracé 3 te wijzigen in tracé noord (tracering ten noorden van Nes; voorheen tracé 2) en tracé zuid (tracering ten zuiden van Nes; voorheen tracé 3). Dit leidt tot de volgende vier alternatieven (zie ook Figuur 5-17):

- **L1-N:** Locatie 1 in combinatie met tracé noord.
- **L1-Z:** Locatie 1 in combinatie met tracé zuid.
- **L2-N:** Locatie 2 in combinatie met tracé noord.
- **L2-Z:** Locatie 2 in combinatie met tracé zuid.

Er zijn geen uitvoeringsvarianten onderzocht.



Figuur 5-17 Te onderzoeken productielocatie- en tracéalternatieven in het MER

6 WERKWIJZE MILIEUBEOORDELING

In dit MER zijn de milieueffecten van de voorgenomen activiteit en de alternatieven in beeld gebracht met als doel een keuze te kunnen maken voor het voorkeursalternatief (VKA). Behalve aan de effecten van de normale bedrijfsvoering wordt hierbij ook aandacht geschonken aan de effecten ten gevolge van calamiteiten en incidenten. In dit hoofdstuk wordt een beknopt overzicht gegeven van het gehanteerde beoordelingskader en de methodiek. In hoofdstuk 6 is een samenvatting van de milieueffecten opgenomen. De uitgebreide onderbouwing van de milieueffecten en de gehanteerde effectbeoordelingsmethodiek is opgenomen in deel B van dit MER.

6.1 Beoordelingskader milieuaspecten

In Tabel 6-1 is per milieuaspect het beoordelingskader weergegeven dat in dit MER is gehanteerd. Het beoordelingskader is gebaseerd op de vigerende wet- en regelgeving en relevante effectrelaties die gekoppeld zijn aan de voorgenomen activiteit. In de effectbeoordeling is gekeken naar de mogelijke effecten in zowel de aanlegfase, winning en verwijderingsfase, afgezet tegen de referentiesituatie. Dit is de huidige situatie plus autonome ontwikkelingen. In de laatste kolom is aangegeven in welke fase van het project het beoordelingscriterium een rol speelt (zie voor een beschrijving van de fasen hoofdstuk 3).

Tabel 6-1 Beoordelingskader

Thema	Aspect	Criterium	Fase*
Hydromorfologie	Gebruiksruimte	Zeebodemdaling, zeespiegelstijging en meegroeivermogen	W
	Plaatareaal	Areaal droogvallende platen en droogvalduur plaatareaal	W
		Areaal permanent onder water staande platen	W
	Kwelders	Hoogte kwelders en overstromingsfrequentie	W
	Sediment	Verandering in sedimentsamenstelling	W
	Zandsuppleties	Volume zandsuppleties	W
Natuur	Gebiedenbescherming + Soortenbescherming + Ecologische Hoofdstructuur	Oppervlakte verlies	B, L
		Verstoring	B, L, V
		Vermesting en verzuring	B, L, V
		Verdroging en vernatting	B, L, W, V
		Bodemdaling	W
		Zandsuppleties	W
Bodem en water	Bodem	Vergraving	L
		Emissies naar bodem	B, L
		Bodemdaling[28]	W

[28] In dit project is bodemdaling één van de voornaamste milieueffecten. NAM rapporteert jaarlijks over de resultaten van het meet- en monitoringsplan van de bodemdaling in de Waddenzee. De effecten van het huidige voornemen worden daarin meegenomen en worden gebruikt voor het winnen met de 'hand aan de kraan'. Hiermee wordt aangesloten op het vigerende beleid en toetsingskader.

Thema	Aspect	Criterium	Fase*
	Water	Emissies naar grondwater	B, L
		Verandering functies watersysteem (afvoer, berging)	W
		Toename verzilting en afname bruikbaarheid oppervlaktewater/grondwater	L, W
		Verandering grond- en oppervlaktewaterkwaliteit (KRW)	L, W
		Aantasting landbouwgebied	L, W
Milieu	Luchtkwaliteit	Emissies naar lucht	B, L, W, V
	Geluid	Geluidhinder	B, L, W, V
	Licht	Lichthinder	B, L, W, V
Veiligheid	Externe veiligheid	Plaatsgebonden risico	W
		Groepsrisico	W
	Aardbevingen	Risico op aardbevingen	W
		Aantasting bebouwing	W
	Waterkeringen	Beïnvloeding levensduur waterkeringen door bodemdaling en bevingen	W
	Verkeersveiligheid	Conflictsituaties verkeer	B, L, V
		Geschiktheid wegtype	B, L, V
Archeologie	Archeologie	Aantasting archeologische waarden	B, L, W
Landschap en cultuurhistorie	Landschap	Verandering patronen, lijn- en punt elementen	B, L, W
		Belevingswaarde/ visuele invloed	B, L, W
	Cultuurhistorie	Historische geografie	B, L, W
		Historische (steden)bouwkunde	B, L, W

** B=boring, L=aanleg transportleiding, W=winning, V=verwijdering*

Op 16 mei 2017 is de Implementatiewet mer van kracht geworden. In deze Implementatiewet is de in 2014 gewijzigde Europese richtlijn voor projecten verankerd. Eén van de wijzigingen in de Europese richtlijn betrof de wijziging van de definitie van 'gevolgen voor het milieu'. In deze definitie is nieuwe terminologie opgenomen zoals de termen biodiversiteit, gezondheid en klimaatadaptatie.

In het MER gasboring en gaswinning Ternaard zijn deze thema's niet als zodanig benoemd, maar voor zover relevant betrokken in de effectbeoordeling. Zo is de beoordeling van biodiversiteit beschreven in het hoofdstuk natuur, is het thema gezondheid meegenomen door de beoordeling van de aspecten geluid, luchtkwaliteit en externe veiligheid en is het thema klimaatadaptatie meegenomen in de beoordeling van het aspect bodem en water en het aspect waterkeringen.

6.2 Beoordelingsschaal

Voor de milieuaspecten vindt de effectbeoordeling – waar mogelijk – op een kwantitatieve wijze plaats. Daar waar dat niet mogelijk (of nodig) is, is de effectbeoordeling op basis van expert judgement uitgevoerd en zijn de effecten kwalitatief beoordeeld. Voor de beoordeling wordt gebruik gemaakt van de zevenpuntschaal zoals weergegeven in Tabel 6-2.

Voor de exacte toelichting op de gehanteerde effectbeoordelingsmethodiek per thema en aspect wordt verwezen naar deel B van dit MER.

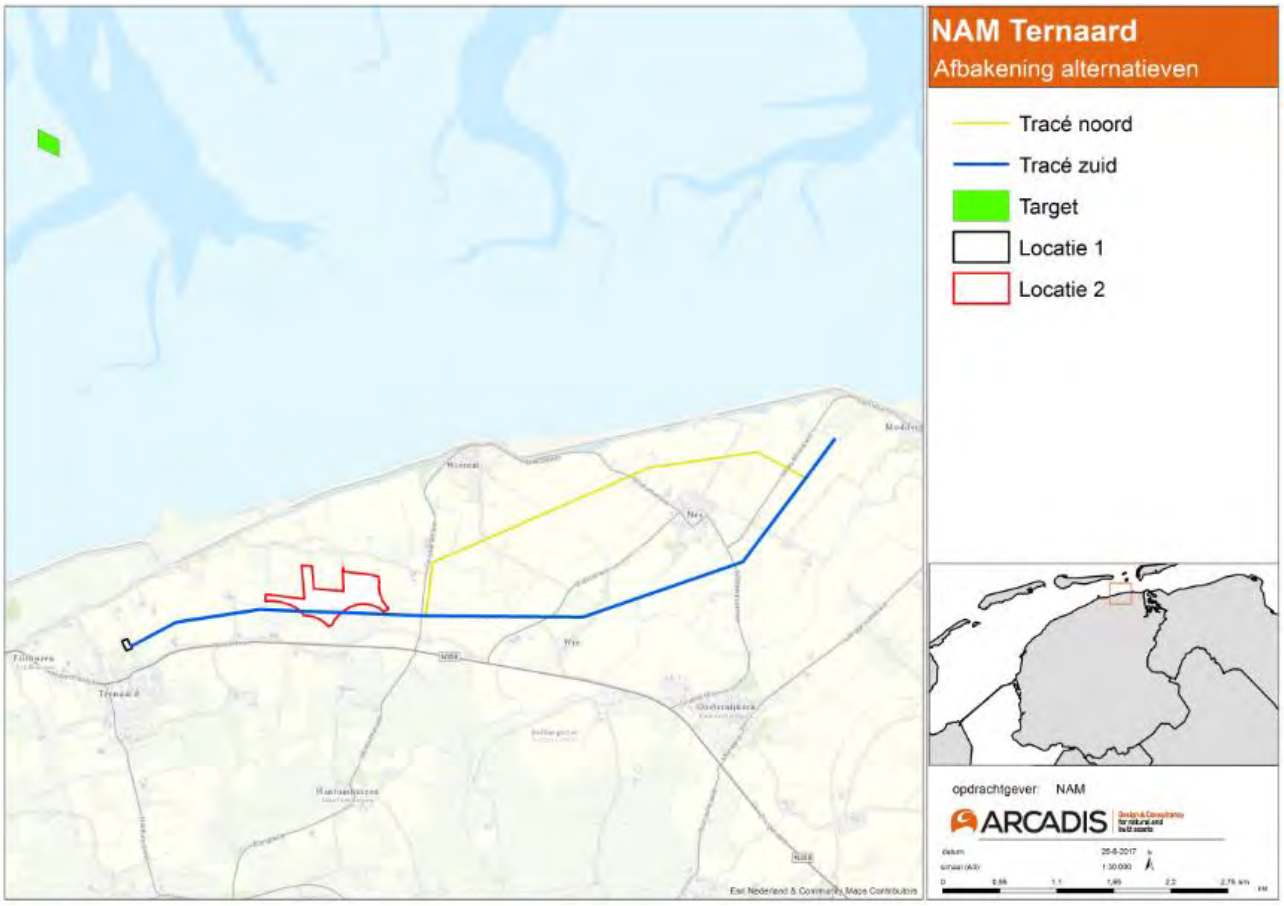
Tabel 6-2 Beoordelingsschaal

Score	Toelichting
++	Zeer positief ten opzichte van de referentiesituatie
+	Positief ten opzichte van de referentiesituatie
0/+	Licht positief ten opzichte van de referentiesituatie
0	Neutraal t.o.v. de referentiesituatie
0/-	Licht negatief ten opzichte van de referentiesituatie
-	Negatief ten opzichte van de referentiesituatie
- -	Zeer negatief ten opzichte van de referentiesituatie

7 SAMENVATTING MILIEUEFFECTEN

Met aandacht voor de omgevingswaarden in het plangebied van de voorgenomen activiteit zijn twee alternatieven voor de productielocatie en twee alternatieven voor de leidingtracés bepaald. Het koppelen van de locatie- en tracéalternatieven leidt tot de volgende vier alternatieven die nader zijn uitgewerkt in het MER, zie Figuur 7-1 (is gelijk aan Figuur 5-17):

- **L1-N:** Locatie 1 in combinatie met tracé noord;
- **L1-Z:** Locatie 1 in combinatie met tracé zuid;
- **L2-N:** Locatie 2 in combinatie met tracé noord;
- **L2-Z:** Locatie 2 in combinatie met tracé zuid.



Figuur 7-1 Te onderzoeken productielocatie- en tracéalternatieven in het MER

Dit hoofdstuk gaat op hoofdlijnen in op de effectbeoordelingen per milieuthema. Hierbij is onderscheid gemaakt in effecten per fase en de integrale effectbeoordeling, uitgelegd in paragraaf 7.1. Tevens is onderscheid gemaakt in locatieonafhankelijke en locatieafhankelijke effecten, uitgelegd in paragraaf 7.2. In paragraaf 7.3 zijn de effectscores weergegeven van alle effectbeoordelingen, waarbij conform de voorgaande paragrafen onderscheid is gemaakt in locatieonafhankelijke en locatieafhankelijke effecten en de relevante fasen (respectievelijk paragraaf 7.3.1 en 7.3.2). Deze effecten zijn daarom ook samenvattend gepresenteerd (paragraaf 7.3.3). Hierbij zijn voor ieder milieuthema kort tekstueel toegelicht en is tevens per thema aangegeven in welke fase of fasen de effecten optreden, welke fase maatgevend is voor de integrale beoordeling en of de vier alternatieven onderscheidend zijn (locatieafhankelijke effecten) of niet (locatieonafhankelijke effecten). Op basis van deze samenvatting is een korte conclusie geformuleerd in paragraaf 7.4.

Deze effecten zijn gebaseerd op de voorgenomen winning van NAM, waarbij de winning binnen de milieugebruiksruimte blijft. Om de effecten van een grotere bandbreedte weer te geven – bij toe- of afname van de gebruiksruimte – is een gevoeligheidsanalyse uitgevoerd (paragraaf 7.5). Tot slot zijn mitigerende maatregelen voorgesteld om de benoemde negatieve milieueffecten te mitigeren dan wel te compenseren (paragraaf 7.6). Onderliggende milieustudies zijn in Deel van dit MER opgenomen.

7.1 Milieueffecten per fase

Voor enkele milieuthema's zijn alle fasen van de voorgenomen activiteit van toepassing. Dat wil zeggen, zowel de aanlegfase, de winning en de verwijderingsfase veroorzaken potentieel milieueffecten die in het MER zijn onderzocht. Dit geldt voor de milieuthema's natuur (enkele criteria), bodem en water, milieu en landschap en cultuurhistorie.

Voor de overige milieuthema's zijn niet alle fasen relevant en zijn derhalve ook niet voor alle fasen onderzocht. Bij deze thema's is er bijvoorbeeld sprake van effecten die alleen tijdens de winning optreden, omdat ze rechtstreeks verband houden met de bodemdaling als gevolg van de winning (hydromorfologie, aardbevingen en waterkeringen), omdat ze enkel tijdelijke effecten hebben in de aanleg- en verwijderingsfase (verkeersveiligheid), of omdat ze een onomkeerbaar effect hebben (archeologie).

7.2 Locatieonafhankelijke en locatieafhankelijke milieueffecten

De milieueffecten zijn niet alleen te kenmerken door het type activiteit per fase, maar is ook te onderscheiden in locatieonafhankelijke en locatieafhankelijke effecten.

Locatieonafhankelijke effecten zijn effecten die direct verband houden met bodemdaling als gevolg van de winning en die derhalve optreden ongeacht de exacte ligging van de productielocatie en het leidingtracé (hydromorfologie, natuur, bodem en water, aardbevingen en waterkeringen). Beide locatiealternatieven met bijbehorende leidingtracés richten zich immers op gebruik van hetzelfde gasveld. De effectscores voor alle alternatieven zijn derhalve gelijk. De effecten worden dus voornamelijk veroorzaakt tijdens de winning, waardoor een uitsplitsing naar effecten in de aanleg- en verwijderingsfase niet relevant is. Alleen voor bodem en water is wel een uitsplitsing gemaakt in effecten in de aanleg- en verwijderingsfase en de winning, aangezien in beide fasen andere (type) effecten optreden.

Locatieafhankelijke effecten treden op voor milieuaspecten waarbij de exacte ligging van de productielocatie en de leidingtracés wel bepalend is voor de effectbeoordeling. Hierbij wordt bijvoorbeeld gekeken naar de ligging ten opzichte van natuur en bebouwing, de waarde van de ondergrond en het landschap of de bereikbaarheid en verkeersveiligheid. De geconstateerde effecten treden voornamelijk op tijdens de aanlegfase, aangezien in deze fase de meeste waarden – zowel in de bodem als van de leefomgeving – worden aangetast. In de overige fasen is overigens ook sprake van effecten. Voor de locatieafhankelijke effecten is daarom in de tabel wel onderscheid gemaakt in de verschillende fasen.

7.3 Algemeen beeld effecten

Onderstaand zijn de integrale effectbeoordelingen weergegeven van de alternatieven voor de voorgenomen activiteit. Dit betekent dat de score die onderstaand is weergegeven de geaggregeerde score voor zowel de aanleg-, winning en verwijderingsfase betreft. Hierbij zijn allereerste de locatie-onafhankelijke effectbeoordelingen weergegeven (Tabel 7-1), daarna de locatie-afhankelijke effectbeoordelingen (Tabel 7-2). Onder de tabellen worden de effecten tekstueel toegelicht, waarbij tevens is aangegeven welke fase maatgevend is voor de effectbeoordeling en (dus) of de bepalende effecten tijdelijk van aard zijn of niet. Daarnaast zijn in de weergave van de effectscores de mitigerende maatregelen nog niet meegenomen en derhalve niet verdisconteerd. Deze maatregelen worden in paragraaf 7.6 voorgesteld.

7.3.1 Overzicht locatieonafhankelijke effecten

De locatieonafhankelijke effecten, die zoals uitgelegd vrijwel allemaal direct verband houden met de winning, zijn weergegeven in Tabel 7-1. Te zien is dat over het algemeen neutrale effecten optreden. Dit komt doordat de voorgenomen activiteit binnen de gebruiksruimte blijft, waardoor negatieve effecten op hydromorfologie en de daaruit volgende effecten op de natuur en waterkeringen niet optreden. De effecten op bodem en water zijn licht negatief. Er kunnen als gevolg van de winning kleine lokale effecten optreden. Tot slot wordt geen constructieve schade aan bebouwing verwacht, maar omdat het aardbevingsrisico wel toeneemt is een negatieve score gegeven voor aardbevingen. Deze conclusies zijn onder de tabel nader onderbouwd.

Tabel 7-1 Integrale effectbeoordeling, locatieonafhankelijke effecten

Milieuthema	Criterium	Effectscore
Aanlegfase/ Verwijderingsfase		
Bodem en water	Zetting	0/-
	Emissies naar grondwater	0/-
	Toename verzilting en afname bruikbaarheid oppervlaktewater/ grondwater	0/-
Winning		
Hydromorfologie	Gebruiksruimte	0
	Plaat- en geulareaal	0
	Droogvalduur platen	0
	Kwelders	0
	Zandsuppleties	0
	Sedimentsamenstelling	0
Natuur	Verdroging en vernatting	0
	Bodemdaling	0
	Zandsuppleties	-
Bodem en water	Scheefstelling maaiveld	0/-
	Hoogte stuwen en gemalen	0/-
	Verandering functies watersysteem	0/-
	Verandering grond- en oppervlaktewaterkwaliteit (KRW)	0
Veiligheid – aardbevingen	Aardbevingsschade aan bebouwing	-
Waterkeringen	Levensduur waterkeringen	-

7.3.2 Overzicht locatieafhankelijke effecten

De locatieafhankelijke effecten zijn gepresenteerd in Tabel 7-2. De verkeersveiligheidseffecten zijn – vanwege een alternatieve beoordelingswijze – apart weergegeven in Tabel 7-3.

Voor een aantal locatieafhankelijke milieuaspecten is sprake is van een gelijke effectbeoordeling voor alle alternatieven. Dit kan verklaard worden door de reikwijdte van effecten, waarbij effecten optreden die dusdanig ver strekken dat de effecten van de verschillende alternatieven – die relatief dicht bij elkaar liggen – niet onderscheidend zijn of dat de effecten wel verschillend zijn, maar dat de milieu-impact in dezelfde beoordelingsschaal valt.

Voor een klein aantal milieuaspecten is wel sprake van onderscheidende effecten als gevolg van de locatie- en/of tracékeuze. Dit geldt bijvoorbeeld voor effecten die samenhangen met de aan- of afwezigheid van bebouwing in de nabijheid van de productielocatie of de lengte en locatie van het leidingtracé. Deze onderscheidende effecten worden allen bepaald door de aanlegfase.

Dit is goed te zien in onderstaand overzicht, waarbij tijdens de winning en de verwijderingsfase sprake is van geen of licht negatieve effecten, waarbij de effecten in de aanlegfase over het algemeen een stuk negatiever zijn beoordeeld. Kanttekening hierbij is dat deze effecten tijdelijk van aard zijn: ze treden maximaal 4,5 maand op over een totale periode van circa 25 jaar.

Tabel 7-2 Integrale effectbeoordeling, locatieafhankelijke effecten

Milieuthema	Criterium	L1-N	L1-Z	L2-N	L2-Z
Aanlegfase					
Natuur	Oppervlakteverlies	0	0	0	0
	Verstoring	0	0	0	0
	Vermesting en verzuring	-	-	-	-
	Verdroging en vernatting	0	0	0	0
Milieu - Geluid	Geluidbelasting vanwege heiwerkzaamheden	-	-	0/-	0/-
	Geluidbelasting vanwege booractiviteiten	0/-	0/-	0/-	0/-
	Geluidbelasting vanwege aanleg leidingtracé	0	0	0	0
	Geluidbelasting vanwege affakkelen	-	-	0/-	0/-
	Geluidbelasting vanwege indirecte hinder	0	0	0	0
Milieu - Luchtkwaliteit	Immissieconcentratie toename NO_2	0	0	0	0
	Immissieconcentratie toename PM_{10}	0	0	0	0
Milieu - Lichthinder	Directe lichtinval	0	0	0	0
	Zichtbaarheid	-	-	-	-
Externe veiligheid	Plaatsgebonden risico	0	0	0	0
	Groepsrisico	0	0	0	0
Archeologie	Aantasting bekende archeologische waarden	0/-	0/-	0/-	0/-
	Aantasting verwachte archeologische waarden	-	0	-	0
Landschap en cultuurhistorie	Verandering patronen, lijn- en punt elementen	0/-	-	-	- -
	Belevingswaarde/ visuele invloed	-	0/-	- -	- -
	Historische geografie	-	0/-	- -	-
	Historische (steden)bouwkunde	0/-	0	0/-	0
Winning					
Natuur	Verdroging en vernatting	0	0	0	0
Milieu	Geluid	0	0	0	0
	Luchtkwaliteit	0	0	0	0
	Lichthinder	0	0	0	0

Milieuthema	Criterium	L1-N	L1-Z	L2-N	L2-Z
Externe veiligheid	Plaatsgebonden risico	0/-	0/-	0/-	0/-
	Groepsrisico	0	0	0	0
Archeologie	Aantasting bekende archeologische waarden	0	0	0	0
	Aantasting verwachte archeologische waarden ('karterend onderzoek 1 en 2')	0/-	0/-	0/-	0/-
Landschap en cultuurhistorie	Verandering patronen, lijn- en punt elementen	0	0	0/-	0/-
	Belevingswaarde/ visuele invloed	0	0	0/-	0/-
	Historische geografie	0	0	0	0
	Historische (steden)bouwkunde	0	0	0	0
Verwijderingsfase					
Natuur	Vermesting en verzuring	0	0	0	0
	Verdroging en vernatting	0	0	0	0
	Verstoring	0	0	0	0
Milieu	Geluid	0	0	0	0
	Luchtkwaliteit	0	0	0	0
	Lichthinder	0	0	0	0
Externe veiligheid	Plaatsgebonden risico	n.v.t.			
	Groepsrisico	n.v.t.			
Archeologie	Aantasting verwachte archeologische waarden	n.v.t.			
	Aantasting bekende archeologische waarden	n.v.t.			
Landschap en cultuurhistorie	Verandering patronen, lijn- en punt elementen	0/+	0/+	0	0
	Belevingswaarde/ visuele invloed	0/+	0/+	0	0
	Historische geografie	0/+	0/+	0	0
	Historische (steden)bouwkunde	0/+	0/+	0	0

Ook het aspect verkeersveiligheid is beoordeeld. In de aanlegfase is sprake van verkeersbewegingen voor de aanvoer van materiaal en materieel voor de aanleg van de productielocatie. Dit zijn vrachtwagenbewegingen die kunnen leiden tot verkeersveiligheidsknelpunten op de wegen in de omgeving. Deze effecten zijn beoordeeld aan de hand van verschillende routes (zie Tabel 7-3). De volledige effectbeoordeling is beschreven in Hoofdstuk 17 in deel B van dit MER. Een samenvatting hiervan is te lezen in deze paragraaf onder het kopje 'Veiligheid'.

Tabel 7-3 Integrale effectbeoordeling, verkeersveiligheid

Criterium	Locatie 1 Route 1	Locatie 1 Route 2	Locatie 1 Route 3	Locatie 2 Route 1	Locatie 2 Route 2	Locatie 2 Route 3	Locatie 2 Route 4
Aanlegfase/ Verwijderingsfase							
Conflictsituaties	- -	-	-	-	-	-	-
Geschiktheid wegtype	- -	0	- -	- -	0	- -	0

7.3.3 Samenvatting milieueffecten

Hydromorfologie

De effectbeoordeling voor de hydromorfologie heeft alleen betrekking op de winning. De effectketen loopt geheel via de bodemdaling die door de gaswinning onder de Waddenzee optreedt. Tijdens de aanleg- en de verwijderingsfasen vinden geen effecten plaats op de hydromorfologische criteria. Daarom vindt in deze paragraaf alleen een beoordeling van de winning plaats en deze komt overeen met de integrale effectbeoordeling voor hydromorfologie. De effectbeoordeling is locatieonafhankelijk, omdat de omvang en de ruimtelijke verbreiding van de bodemdaling door de gaswinning niet afhankelijk zijn van de locatie voor de boring en het leidingtracé.

Gebruiksruimte

De omvang van de bodemdaling door alle gaswinning binnen de beïnvloeden kombergingsgebieden, waaronder die door de voorgenomen winning bij Ternaard, blijft binnen de gebruiksruimte, zodat het geomorfologische evenwicht en de sedimentbalans in stand blijven. Het hanteren van deze harde grens betekent dat geen effecten zullen optreden op de kenmerkende morfologische elementen en processen in de Waddenzee. Structurele gevolgen voor de Waddenzee treden dan ook niet op. Dit is dan ook neutraal beoordeeld (score: 0).

Plaat- en geulareaal, droogvalpercentages

De bodemdaling door de voorgenomen winning bij Ternaard leidt tot een tijdelijke afname van het sedimentvolume van de droogvallende platen. Omdat bodemdaling door de gaswinning binnen de gebruiksruimte plaatsvindt, leidt deze niet tot een verandering van de morfologische kenmerken en processen. Dat betekent ook dat geen verandering optreedt in de trends van de ontwikkeling van het droogvallende plaatareaal. De langjarige afname van het sedimentvolume van de droogvallende platen is klein in vergelijking tot de grote variatie die optreedt op kortere tijdschalen. De tijdelijke afname van het sedimentvolume leidt niet tot een meetbare of merkbare afname van het plaatareaal en niet tot een meetbare of merkbare verandering in droogvalpercentages. Ook de sedimentsamenstelling van de platen veranderen niet. Dit is neutraal beoordeeld (score: 0).

Kwelders

De relatief kleine totale bodemdaling betekent dat de bodemdaling per jaar enkele millimeters bedraagt. De bodemdaling van enkele millimeters per jaar is zeer weinig in vergelijking met de sedimentatie die op de kwelders plaats kan vinden. De omvang van de bodemdaling door de voorgenomen winning bij Ternaard onder de vastelandskwelders is dermate klein dat deze niet leidt tot een verandering in de trend van de hoogteontwikkeling van de kwelders. Dit is neutraal beoordeeld (score: 0).

Zandsuppleties

De afname van het zandvolume in de kustzone treedt met enige vertraging op, omdat in eerste instantie zand wordt herverdeeld binnen het kombergingsgebied en wordt geleverd door de twee andere delen van het sediment delende systeem, namelijk de geulen en de buitendelta. Deze vertraging betekent ook dat de bodemdaling in de Waddenzee niet direct leidt tot een afname van het zandvolume in kustzone, die wordt beschouwd om vast te stellen of er wel of niet gesuppleerd dient te worden. Het volume aan zand dat aangevuld wordt voor de bodemdaling door de gaswinning Ternaard is beperkt ten opzichte van het totale

zandvolume dat netto wordt getransporteerd langs de kust van Ameland. De bruto transporten van zand zijn naar verwachting nog een factor 10 groter. De omvang bedraagt 7% van het berekende netto zandtransport langs de kust van Ameland en 6% van het gesuppleerde zandvolume bij Ameland. Daarmee is het effect van de gaswinning Ternaard op de zandsuppleties neutraal beoordeeld (score: 0).

Sedimentsamenstelling

De abiotische en biotische processen in de Waddenzee veranderen niet als gevolg van de bodemdaling door de voorgenomen gaswinning. De effectketen van de gaswinning werkt niet door tot op het niveau van de sedimentsamenstelling. Dat betekent dat geen sprake zal zijn van een verandering in de sedimentsamenstelling door de voorgenomen gaswinning Ternaard. Het effect is neutraal beoordeeld (score: 0).

Natuur

Alle alternatieven zijn voor wat betreft effecten op natuur niet onderscheidend. Alle fasen zijn relevant en volgen elkaar op, waardoor geen overlap in effecten optreedt. De negatieve effecten die optreden zijn van tijdelijke aard en bij de opvolgende fase niet meer aan de orde. Voornamelijk de aanlegfase is maatgevend voor het licht negatieve effect van verstoring door geluid, en is dus tijdelijk van aard. De effectbeoordeling voor natuur volgt uit de locatieonafhankelijke effecten van bodemdaling en uit de locatieafhankelijke effecten van milieu.

Oppervlakteverlies

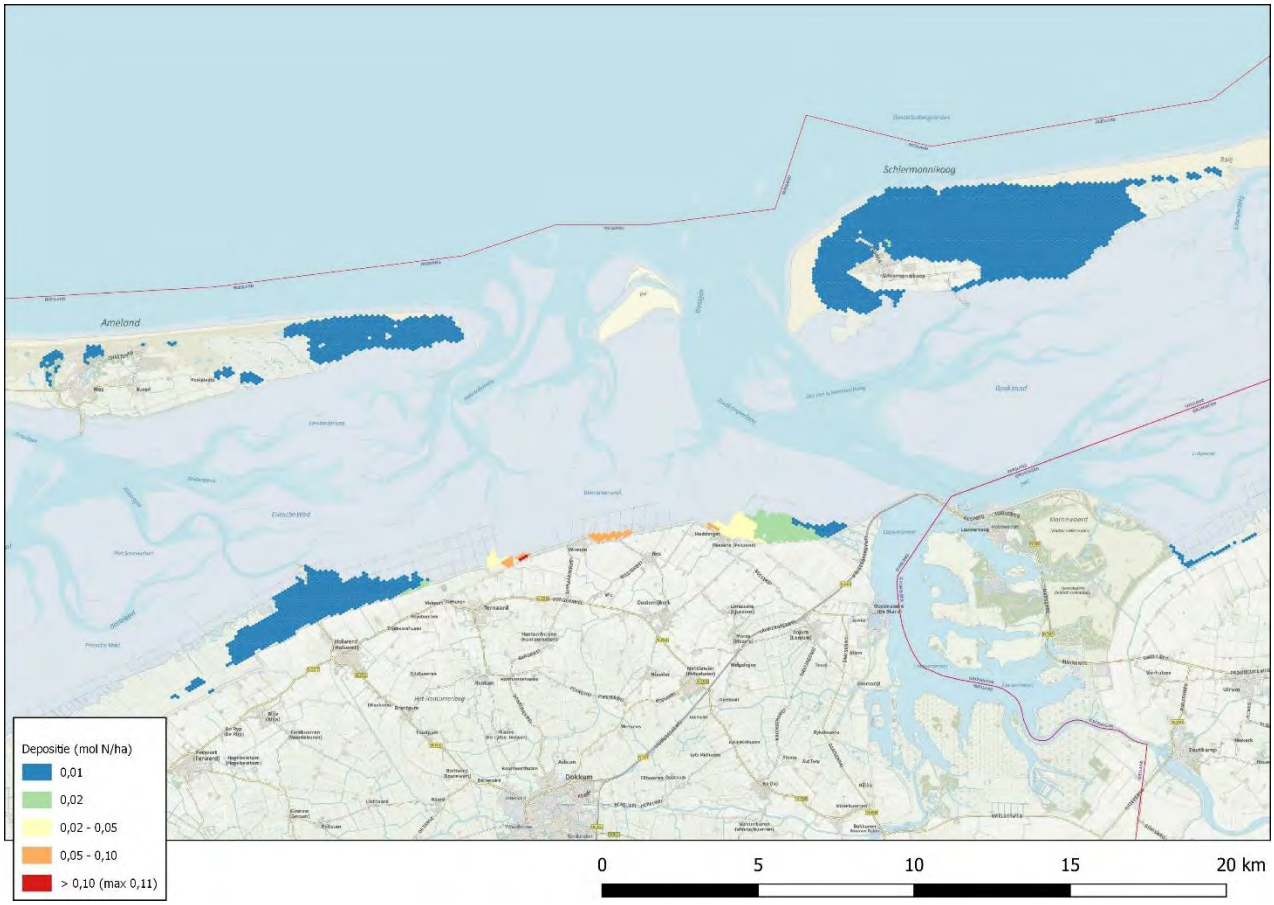
In de *aanlegfase* worden de Natura 2000-gebieden in het buitendijkse gebied (tevens EHS water) niet aangetast. Locatie 1 is bovendien een in het verleden al ingericht terrein voor gasboringen (verharding is al aanwezig), waardoor van oppervlakteverlies van groeiplaatsen of leefgebied van beschermde soorten niet aan de orde is. Voor Locatie 2 is ook geen sprake van effecten op beschermde soorten. De tracés hebben geen effect op oppervlakte verlies, derhalve scoren alle alternatieven neutraal (score: 0).

Verstoring

Verstoring als gevolg van licht en geluid is in de *aanlegfase* van korte duur. Er is tevens geen sprake van leefgebied van beschermde soorten zijn negatieve effecten op de gunstige staat van instandhouding van beschermde soorten als gevolg van verstoring door geluid voor geen van de alternatieven te verwachten (score: 0).

Vermesting en verzuring

Vermesting en verzuring kan optreden als gevolg van stikstofdeposities. Stikstofdeposities zijn voor dit project berekend. Uit de berekening blijkt dat sprake is van stikstofdepositie op een viertal Natura 2000-gebieden (Waddenzee, Noordzeekustzone, Duinen Ameland, Duinen Schiermonnikoog). Onderstaande figuur toont deze depositie. Omdat wel sprake is van een geringe stikstofdepositie scoort dit onderdeel licht negatief (-).



Figuur 2 Stikstofdepositie in de aanlegfase

De *verwijderingsfase* vindt pas over enkele decennia plaats. Hierdoor is het niet mogelijk om nu berekeningen uit te voeren van de stikstofdepositie die dit veroorzaakt. Wel wordt gesteld dat de inzet van materieel bij de verwijdering minder groot is dan bij de aanleg. Daarnaast zal de achtergronddepositie over enkele decennia aanzienlijk lager zijn dan in de huidige situatie, als gevolg van maatregelen die getroffen worden om emissie vanuit landbouw, verkeer en industrie terug te dringen. Daardoor kan uitgesloten worden dat de kritische depositiewaarden van habitattypen in de Waddenzee in de verwijderingsfase overschreden zullen worden. Het effect van stikstofdepositie is neutraal beoordeeld (score: 0).

Verdroging en vernatting

In de *aanlegfase* is tijdelijke bemaling nodig, waardoor de grondwaterstand licht daalt in de directe omgeving van de locatie. Echter, gezien de afstand van beide productielocaties en de leidingtracés tot aan het Natura 2000-gebied Waddenzee, inclusief EHS, zijn effecten als gevolg van deze tijdelijke daling uit te sluiten. De Waddenzee is bovendien een zelfstandig hydrologisch systeem, dat niet wordt beïnvloed door grondwaterstanden binnendijks. Binnendijks heeft de tijdelijke bemaling alleen een potentieel effect op beschermde soorten die afhankelijk zijn van natte omstandigheden, maar deze komen in het studiegebied niet voor. Dit criterium is daarom als neutraal beoordeeld (score: 0).

Tijdens de winning kan op land lichte bodemdaling optreden, waardoor sprake is van een kans op vernatting en verzilting. Echter, aangezien het (agrarisch) gebruik van de percelen als gevolg van de voorgenomen activiteit niet wijzigt, zal niet snel sprake zijn van effecten. Omdat de wijze en mate van gaswinning in alle alternatieven gelijk is, is geen verschil in beoordeling of effect tussen de alternatieven aanwezig. Voor alle alternatieven is dit criterium beoordeeld als neutraal (score: 0).

De *verwijderingsfase* zal zich pas over enkele decennia voordoen, waardoor op dit moment lastig beoordeeld kan worden wat de gunstige staat van instandhouding is van soorten die tegen die tijd beschermd zijn, en welke van deze soorten in het studiegebied voorkomen. De effecten komen naar verwachting overeen met de aanlegfase en zijn derhalve ook neutraal beoordeeld (score: 0).

Bodemdaling

Bodemdaling door de voorgenomen gaswinning Ternaard leidt niet tot wijzigingen in het Waddenzeesysteem. Negatieve effecten op de natuurlijke kenmerken van de Waddenzee en op zowel habitattypen, habitatrichtlijnsoorten, broedvogels en niet-broedvogels (inclusief EHS) treden niet op. Voor alle alternatieven worden effecten van bodemdaling op ecologie beoordeeld als neutraal (score: 0).

Zandsuppleties

De omvang van de aanvullende zandsuppletie in de kustzone van Ameland als gevolg van de gaswinning bij Ternaard is relatief beperkt ten opzichte van de zandsuppleties voor de kustlijnzorg. De aanvullende suppleties kunnen dus binnen deze suppleties worden uitgevoerd, binnen het Natura 2000-gebied Noordzeekustzone en op de vooroever en/of het strand. Voor de uitvoering wordt ook zoveel mogelijk aangesloten bij de werkwijze zoals die wordt gehanteerd bij de gaswinning MLV. Uit de uitgevoerde Passende Beoordelingen (zie bijlage), blijkt dat (significante) effecten van winning, transport en suppletie van zand op de habitattypen en soorten die beschermd zijn in het Natura 2000-gebied Noordzeekustzone niet op voorhand kunnen worden uitgesloten. Hierbij kan gedacht worden aan aantasting van Spisula-banken en verstoring van broedplaatsen op het strand van vogels. Het effect (zonder mitigatie) wordt daarom als negatief beoordeeld (score: -). Effecten op het Natura 2000-gebied de Waddenzee kunnen wel op voorhand worden uitgesloten.

Bodem en water

De locatie- en tracéalternatieven zijn voor het thema bodem en water niet onderscheidend, het betreft een locatieonafhankelijk effect. Hierbij zijn alle fasen relevant, waarbij de effecten van de aanlegfase overeenkomen met de effecten van de verwijderingsfase. Er is geen fase maatgevend, aangezien iedere fase eigen milieueffecten heeft: zetting, emissies naar grondwater en toename verzilting treden op als gevolg van de aanlegfase en zijn dus tijdelijk van aard. Effecten op de hoogte van dijken, scheefstelling maaiveld, hoogte stuwen en gemalen, verandering functies watersysteem en verandering grond- en oppervlaktewaterkwaliteit treden op tijdens de winning.

Zetting

De bodem ter plaatse van de boorlocatie is beperkt gevoelig voor zetting. Zetting op het leidingtracé wordt opgevuld tijdens de werkzaamheden. Door de benodigde verlaging van de grondwaterstand met de bemaling treedt ter plaatse van de omgeving potentieel een zeer beperkt zetting op. Zetting is daarmee licht negatief beoordeeld (score: 0/-).

Emissies naar grondwater

De bodemopbouw is relatief goed te herstellen. In de meer kwelgebieden kan door de verstoring van de bodem ter plaatse van de leiding een potentiele toename in zoute kwel plaatsvinden. Dit kan negatieve effecten op landbouw hebben. De verandering in grondwater is lokaal en beperkt en is licht negatief beoordeeld (score: 0/-).

Toename verzilting en afname bruikbaarheid oppervlaktewater/grondwater

De lozing van bemalingswater tijdens de leidingaanleg moet voldoen aan de vereisten die het waterschap stelt. Dit komt overeen met alle parameters waarop ook de KRW wordt getoetst. Dit is licht negatief beoordeeld, aangezien de lozing tijdelijk plaatsvindt op oppervlaktewater binnen de poldergebieden en deze wel een kwaliteitsverandering maar geen beperking van de aanwezige functies veroorzaakt (score: 0/-).

Scheefstelling maaiveld

De scheefstelling van het maaiveld die optreedt bij bodemdaling is verwaarloosbaar ten opzichte aan de vereisten en toleranties van de aanwezige functies. De effecten van de afwezige of beperkte scheefstelling is licht negatief beoordeeld (score: 0/-).

Hoogte stuwen en gemalen

De daling van het maaiveld door bodemdaling ter plaatse van stuwen of gemalen bedraagt circa 6 centimeter. Dit leidt niet tot een afname in afvoervermogen. Dit is licht negatief beoordeeld (score: 0/-).

Verandering functies watersysteem

Deze afname in berging is beperkt bij de aanwezige bodemdaling maar zal wel het inundatierisico lokaal kunnen vergroten. Voor delen in het gebied waar de ontwatering beperkend is op de landbouwkundige opbrengst, leidt de bodemdaling tot een toename van deze beperking. De effecten op het watersysteem zijn licht negatief beoordeeld (score: 0/-).

Verandering grond- en oppervlaktewaterkwaliteit (KRW)

Het watersysteem in het studiegebied heeft al een hoog fosfaatgehalte, een afname van de ontwatering door bodemdaling leidt daarmee tot een verdere verhoging van het fosfaatgehalte. De ecologische functies van het watersysteem wordt daarmee verder beperkt, met name algengroei wordt versterkt. De mate waarin de ontwatering minder wordt, is echter beperkt.

Het huidige knelpunt wordt potentieel versterkt door deze ingreep. Het knelpunt heeft een niet op te lossen natuurlijke oorzaak (zoute kwel). Het aandeel van de toename in uitspoeling op de functies afhankelijk van de waterkwaliteit is ondergeschikt aan de natuurlijke bron van fosfaat. Dit is neutraal beoordeeld (score: 0).

Milieu

De effecten ten aanzien van geluid, lucht en licht worden allen bepaald in de aanlegfase en zijn vanwege de relevantie van de bron van geluid-, lucht- en lichteffecten locatieafhankelijk. Licht veroorzaakt daarbij geheel geen (significant) negatieve effecten. Geluid en luchtkwaliteitseffecten zijn tijdelijk van aard.

Geluid

In de *aanlegfase* wordt als gevolg van heiwerkzaamheden op Locatie 1 de dagwaarde van 60 dB(A) met ten hoogste 5 dB(A) overschreden, maar wordt er voldaan aan de blootstellingseis van maximaal 50 dagen. Tijdens het affakkelen (dat gebeurt in drie perioden van 8 uur, verdeeld over 36 uur, daarna nog een periode van 24 uur non-stop) in de nachturen wordt de nacht grenswaarde van 50 dB(A) met maximaal 5 dB(A) overschreden. Op Locatie 2 wordt voldaan aan de dag- en nachtwaarden voor beide activiteiten. De tracéalternatieven noord en zuid zijn niet onderscheidend en veroorzaken geen (significante) effecten. Locatie 1 scoort derhalve negatiever dan Locatie 2, ongeacht met welk tracé gecombineerd. L1-N en L1-Z scoren derhalve negatief (score: -), L2-N en L2-Z scoren licht negatief (score: 0/-).

Tijdens de *winning* wordt zowel voor Locatie 1 als Locatie 2 voldaan aan de richtwaarde van 40 dB(A). De tracés zijn hierbij niet relevant. Alle alternatieven zijn derhalve neutraal beoordeeld (score: 0).

In de *verwijderingsfase* treden dezelfde effecten op als bij de aanleg van de transportleiding en zijn ook hier neutraal beoordeeld (score: 0). De effecten van de aanleg van de productielocatie zijn in de verwijderingsfase niet van toepassing.

Luchtkwaliteit

De aanlegfase is maatgevend voor de effecten op luchtkwaliteit. Op beide locaties liggen minder dan 5% van de woningen en/of gevoelige bestemmingen van het studiegebied binnen de ‘In Betekenende Mate’ grens van 1,2 µg/m³ NO_2-contour en twee woningen op de grens van de 1,2 µg/m³ NO_2-contour en scoren derhalve neutraal ten aanzien van luchtkwaliteit (score: 0). De PM_{10} bijdrage is op beide locaties is verwaarloosbaar klein en is ook neutraal beoordeeld (score: 0). De tracéalternatieven noord en zuid zijn niet relevant.

In de *winningsfase* zijn de effecten verwaarloosbaar en in de *verwijderingsfase* treden effecten op die kleiner zijn dan in de aanlegfase. In deze fasen is luchtkwaliteit derhalve ook neutraal beoordeeld (score: 0).

Licht

De verlichtingssterkte, directe lichtinval op de gevels van de woningen en andere lichtgevoelige objecten in de omgeving ligt in de aanleg-, winnings- en verwijderingsfase (ver) onder de 1 lux. Dit geldt voor beide locatiealternatieven en beide tracéalternatieven. Dit is derhalve neutraal beoordeeld in alle fasen (score: 0).

Er treden in het algemeen geen effecten op die de hemelhelderheid beïnvloeden, aangezien verlichting alleen gebruikt wordt waar nodig, er een beperkt aantal lampen wordt ingezet. De montagehoogte is beperkt en de lampen worden voornamelijk naar het grondoppervlak gericht. Echter, tijdens het affakkelen in de aanlegfase wordt de hemel gedurende 2 dagen opgelicht. Dit is een negatief effect ten aanzien van hemelhelderheid en is derhalve negatief beoordeeld voor alle alternatieven in de aanlegfase (score: -). Tijdens de winning en de verwijderingsfase wordt niet afgefakkeld en zijn derhalve neutraal beoordeeld (score: 0).

Veiligheid

Voor de veiligheidsaspecten is met name de winning maatgevend voor de effectbeoordeling, vanwege de risicocontouren die gehanteerd worden voor de productielocatie, de optredende bodemdaling en de bereikbaarheid van de productielocatie.

Externe veiligheid

Voor externe veiligheid zijn in principe de aanlegfase en de winning relevant. Echter, in de aanlegfase vinden er geen activiteiten plaats die onder de kaders van externe veiligheid vallen, maar er is wel een tweetal activiteiten die merkbaar in de omgeving: een blow-out en het affakkelen. Deze effecten zijn wel beschouwd, maar niet beoordeeld. Een blow-out kunnen mensen, afhankelijke van de windrichting, tot een afstand van 72 meter hittestraling voelen. Een vlam tijdens het affakkelen begint op een hoogte van 25 meter en kan een verticale afstand van circa 10 meter bedragen. De winning is de maatgevende fase. Externe veiligheidseffecten zijn afhankelijk van de bron en zijn derhalve locatieafhankelijk.

Vanuit het oogpunt van externe veiligheid scoren alle alternatieven gelijk. Er is sprake van een 10^{-6} risicocontour, maar er bevinden zich geen (beperkt) kwetsbare objecten binnen deze contour. Het plaatsgebonden risico wordt voor alle alternatieven licht negatief beoordeeld.

Het groepsrisico is voor alle alternatieven neutraal beoordeeld, omdat er in het invloedsgebied alleen verspreid liggende bebouwing aanwezig is. Wanneer sprake is van een blow-out (risico tijdens de aanlegfase), kunnen kortdurend effecten merkbaar zijn in de omgeving. Aangezien de afstand tot bebouwing bij Locatie 1 kleiner is dan bij Locatie 2, is Locatie 2 vanuit het oogpunt van externe veiligheid als meest gunstig beschouwd.

Voor beide tracéalternatieven geldt dat er geen sprake is van een risico in het kader van externe veiligheid. Beide alternatieven scoren neutraal (score: 0).

Aardbevingen

Het risico op aardbevingen is inherent aan spanningsveranderingen in de ondergrond en aanwezigheid van bestaande breukvlakken. Gaswinning kan bijdragen aan spanningsveranderingen in de bodem. De kans op een aardbevingen is derhalve een locatieonafhankelijk effect en treedt alleen op tijdens de winning.

Op basis van de seismische risicoanalyse is het Ternaard gasveld ingedeeld in categorie I, wat de laagste risicocategorie is. In het ergste geval is er kans op lichte niet-constructieve schade bij meerdere gebouwen en matige schade bij enkele gebouwen (scheuren in muren tot constructieve schade in het ergste geval). Het Ternaard gasveld ligt onder de Waddenzee en daarmee is er een beperkt aantal gebouwen in de nabijheid van het gasvoorkomen.

Voor mogelijke schade rust op NAM de verplichting om deze te vergoeden overeenkomstig de regels van het burgerlijk recht. Ondanks het feit dat er zeer waarschijnlijk geen constructieve schade op zal treden als gevolg van het voornemen, is wel sprake van een toename van het aardbevingsrisico. Alle alternatieven scoren derhalve negatief (score: -).

Waterkeringen

Net zoals de kans op aardbevingen is het effect op waterkeringen inherent aan de bodemdaling als gevolg van de gaswinning. Effecten op waterveiligheid zijn derhalve locatieonafhankelijke effecten en treden alleen op tijdens de winning. Ten aanzien van waterveiligheid is gekeken naar de hoogte van de waterkering, piping[29], stabiliteit, bekleding en overige factoren.

Het effect van de voorgenomen gaswinning leidt tot een impact op de hoogte van de kering. Doordat de kering zal zakken en minder hoog zal zijn, neemt de levensduur van de kering met circa 4 jaar af. Overigens blijft de waterkering aan waterveiligheidseisen in 2050 voldoen qua hoogte. Het effect op piping neemt door de bodemdaling in beperkte mate toe. Dit wordt veroorzaakt door de toenemende kerende hoogte (circa 1%) door het dalen van het achterland. Het effect op de stabiliteit van de waterkering neemt door de relatief hogere buitenwaterstand in zeer beperkte mate af. De onzekerheden in enerzijds de sterkte van de ondergrond en anderzijds in de belastingen hebben een veel groter effect op de beoordeling van de waterkering dan 6 cm bodemdaling. De stabiliteit van de waterkering neemt beperkt af, maar de kering blijft

[29] Bij piping stroomt water via een zandlaag onder een dijk door en komt het achter de dijk weer omhoog.

aan waterveiligheidseisen voldoen. Tot slot wordt het effect op de bekleding van de waterkering door de beperkte (relatieve) stijging van de hydraulische belasting (1% ten opzichte van 10% toe te passen onzekerheidstoeslag) als niet significant beschouwd. Geconcludeerd wordt dat sprake is van een negatief effect op de waterkering ten opzichte van de referentiesituatie (score: -).

Liquefactie of vervloeiing van de dijk onder invloed van bevingen is onderzocht op basis van modelstudie. Hierbij is gebruik gemaakt van methodes die zijn ontwikkeld voor Dijkversterking Eemshaven Delfzijl (Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat, 2017). In deze berekening zijn gedetailleerde geotechnische gegevens van het dijklichaam bij Ternaard gebruikt, die verstrekt zijn door het Wetterskip Fryslân. De studie voor de Friese waddendijk is opgenomen in Bijlage IX. Modelonderzoek naar de Liquifaction Potential Index (LPI) laat zien dat de LPI-waarden zeer laag zijn, onder de 0,73. Liquefactie kan alleen ontstaan bij een veel hogere waarden (LPI=5) en kan daarom uitgesloten worden.

Verkeer

Omdat niet de locaties maar de route naar de locaties toe vanuit verkeer maatgevend is, zijn de diverse aanrijroutes per locatie beoordeeld. De aanleg van het leidingtracé heeft geen significante verkeersveiligheidseffecten en is derhalve niet beoordeeld.

Zowel Locatie 1 als Locatie 2 zijn goed te bereiken voor het vrachtverkeer met een minimale impact op de verkeersveiligheid. Voor beide locatiealternatieven wordt geadviseerd om vanaf de N361 en de N358 (vanuit het oosten) aan te rijden. Dit heeft de minste impact op de verkeersveiligheid en wordt zoveel mogelijk gebruik gemaakt van wegen die hiervoor geschikt zijn. Er zijn in totaal vijf conflictpunten gesignaleerd voor de verschillende aanrijroutes voor Locatie 1. Daarnaast zijn er vier conflictpunten voor de verschillende aanrijroutes voor Locatie 2. Iedere aanrijroute passeert ten minste 1 conflictpunt, waardoor alle alternatieven negatief zijn beoordeeld (score: -).

Voor beide locatiealternatieven geldt ook dat bepaalde aanrijroutes niet geschikt zijn, maar aangezien er geschikte alternatieven zijn, is dit niet onderscheidend voor de beide locaties. Bij Locatie 1 geldt daarbij wel het aanvullend advies om de bebouwde kom van Ternaard voor vrachtverkeer van/naar de productielocaties te verbieden om de verkeersveiligheid in het dorp te waarborgen. Aanrijroute 2 voor Locatie 1 en aanrijroutes 2 en 4 maken voor het grootste deel gebruik van de N358. Dit is een geschikt wegtype voor het vrachtverkeer en deze routes scoren derhalve neutraal (score: 0). De overige aanrijroutes zijn niet geschikt (zoals smalle erftoegangswegen) en scoren zeer negatief (score: - -).

Archeologie

Voor archeologie zijn de aanlegfase en de winning maatgevend voor de effectbeoordeling. In de aanlegfase vinden ingrepen in de ondergrond plaats die mogelijk archeologische waarden kunnen aantasten. Wanneer dit gebeurt, is sprake van onomkeerbare effecten; tijdelijkheid van effecten is hiervoor niet relevant.

Locatie 1 en Locatie 2 tasten beide geen bekende archeologische waarden aan, aangezien op beide locaties karterend booronderzoek[30] is uitgevoerd waarbij geen archeologisch relevante lagen zijn aangetroffen. De verwachtingswaarde is voor beide locatiealternatieven derhalve ook laag, waardoor beide locatiealternatieven ten aanzien van verwachte archeologische waarden ook neutraal scoren (score: 0).

Beide tracéalternatieven doorsnijden een bekende archeologische vindplaats. Tracé noord doorsnijdt een boerderijplaats en tracé zuid doorsnijdt een mogelijke middeleeuwse bewoningsplaats. Voor beide tracés is dit effect op aantasting van bekende archeologische waarden licht negatief beoordeeld (score 0/-).

Tijdens de winning vinden er geen bodemingrepen plaatsvinden. Schade door bodemingrepen treedt in de winningsfase derhalve voor geen van de alternatieven op. Wel is het mogelijk dat door bodemdaling of een aardbeving aantasting van archeologische verwachtingswaarden en/ of bekende waarden optreedt (aanwezige scheepswrakken en verdronken prehistorische landschappen). De bodemdaling is daarbij wel gelijkmatige en de risicoklasse van het aardbevingsrisico is laag, waardoor het effect op archeologische verwachtingswaarden licht negatief (en niet negatief) is beoordeeld (score: 0/-).

[30] Benjamins, I.E., 2016. Bureauonderzoek en inventariserend veldonderzoek archeologie leidingtracé Ternaard – Moddergat. Assen: Arcadis Nederland BV.

Landschap en cultuurhistorie

Landschaps- en cultuurhistorische effecten treden gedurende de gehele voorgenomen activiteit op, aangezien te allen tijde een deel van het (open) landschap wordt gebruikt voor de gaswinningsactiviteiten. De aanlegfase kent de grootste impact (meest negatieve effecten), aangezien in deze fase een 46 meter hoge boortoren in een (relatief) open landschap wordt toegevoegd en daarmee een zeer verstorende factor is. Echter, de aanlegfase is maar tijdelijk van aard – 4,5 maand op een totale duur van 15 jaar. Gezien de tijdelijkheid van deze effecten, is de integrale effectbeoordeling enigszins genuanceerd. Desalniettemin is er sprake van aantasting van landschappelijke en cultuurhistorische waarden.

Verandering patronen, lijn- en puntelementen

Aangezien Locatie 1 een bestaande locatie is, is er in de *aanlegfase* geen effect op ruimtebeslag en op de lijn- en puntelementen, zoals erven en beplantingselementen. Locatie 2 doet door de aanleg van een nieuwe productielocatie in het midden van een open ruimte wel afbreuk aan het bestaande karakteristieke patroon van de kwelderwal. Voor tracé zuid worden meer karakteristieke lijnelementen (kreken en wegen) doorsneden dan voor de aanleg van het noordelijk tracé. Derhalve scoren Locatie 2 en tracé zuid in de aanlegfase negatiever dan respectievelijk Locatie 1 en tracé noord. Verstoring van de aanleg van het leidingtracé weegt – vanwege het tijdelijk effect – minder zwaar dan de productielocatie. Derhalve scoren de alternatieven L1-Z en L2-N gelijk. Resumerend: in de aanlegfase is alternatief L1-N licht negatief beoordeeld (score: 0/-), L1-Z en L2-N zijn negatief beoordeeld (score: -) en L2-Z is zeer negatief beoordeeld (score: - -).

Tijdens de *winning* verdwijnt de boorinstallatie, maar blijft de productielocatie wel zichtbaar. Voor Locatie 1 betekent dit geen grote wijziging ten opzichte van de huidige situatie. Voor Locatie 2 betekent dit dat er wel sprake is van een langdurige verandering van patronen, lijn- en puntelementen. De leidingtracés zijn in deze fase niet meer relevant voor de verandering van patronen, lijn- en puntelementen. L1-N en L1-Z scoren derhalve beide neutraal (score: 0), L2-N en L2-Z scoren derhalve beide licht negatief (score: 0/-).

In de *verwijderingsfase* wordt het gebied weer teruggebracht in de oorspronkelijke situatie. Het verwijderen van de zichtbare installaties en verhardingen heeft een licht positief effect voor L1. De alternatieven met L1 zijn licht positief beoordeeld (score: 0/+). De overige alternatieven zijn neutraal beoordeeld, hier treden geen effecten op (score: 0).

Belevingswaarde en visuele invloed

Aantasting van de belevingswaarde en visuele invloed treedt voornamelijk op in de aanlegfase. Voor beide locaties heeft de aanleg van de tijdelijke boortoren in gelijke mate een licht negatief effect op de beleving van de horizon en de mate van rust in het waddengebied.

Op locatie 1 verstoort de boortoren (tijdelijk) de karakteristieke dorpscontour (de kerktoren) van Ternaard. Bij Locatie 2 wordt het contrast van de open landschappelijke kamer met haar omgeving diffuus. Dit heeft negatieve gevolgen voor de herkenbaarheid van de landschappelijke samenhang tussen open kamers en verspreid liggende erven. Dit effect is ingrijpender dan de verstoring van de dorpscontour van Ternaard. Locatie 2 scoort derhalve negatiever dan Locatie 1.

De werkzaamheden bij de aanleg van beide tracés hebben in gelijke mate een licht negatief effect op de beleving van rust in het waddengebied. Daarnaast tasten beide tracés de belevingswaarde van het open kwelderwal landschap sterk aan in de aanlegfase. Tracé noord tast daarnaast ook de beleving van de zeedijk en de belevingswaarde van het historisch dorpslint bij de kruising van de Wierumerwei aan. Tracé noord scoort derhalve negatiever dan tracé zuid. Resumerend: in de aanlegfase is alternatief L1-Z licht negatief beoordeeld (score: 0/-), L1-N is negatief beoordeeld (score: -). L2-N en L2-Z zijn beide zeer negatief beoordeeld (score: - -).

Tijdens de winning verdwijnt de boorinstallatie, maar blijft de productielocatie wel zichtbaar. Voor Locatie 1 betekent dit geen grote wijziging ten opzichte van de huidige situatie. Voor Locatie 2 betekent dit dat er wel sprake is van een langdurige aantasting van de belevingswaarde en visuele invloed. De leidingtracés zijn in deze fase niet meer relevant. L1-N en L1-Z scoren derhalve beide neutraal (score: 0), L2-N en L2-Z scoren derhalve beide licht negatief (score: 0/-).

In de verwijderingsfase wordt het gebied weer teruggebracht in de oorspronkelijke situatie. Het verwijderen van de zichtbare installaties en verhardingen heeft een licht positief effect voor L1. De alternatieven met L1 zijn licht positief beoordeeld (score: 0/+). De overige alternatieven zijn neutraal beoordeeld, hier treden geen effecten op (score: 0).

Historische geografie

Bij Locatie 1 worden er geen effecten verwacht ten aanzien van historische geografie. Locatie 2 bevindt zich in een zone met een karakteristieke blokverkaveling, waar de kans bestaat dat de karakteristieke kavelpatronen worden aangetast wanneer het terrein en de ontsluitingsweg niet worden ingepast.

De negatieve effecten van de tracés zijn groter dan die van de locaties bij dit criterium, omdat het hier gaat om fysieke aantasting van ruimtelijke patronen en omdat deze een groter gebied doorsnijden dan de locaties. Tracé noord doorsnijdt veel waardevolle verkaveling en kruinige percelen en scoort derhalve zeer negatief. Tracé zuid doorsnijdt een oude kreek en een nog deels zichtbaar patroon van een historische waterloop. Gezien de kans op blijvende aantasting van deze historische patronen scoort tracé zuid negatief. Resumerend: tracé noord en locatie 2 scoren negatiever dan de andere twee alternatieven. Derhalve is L1-Z het minst negatief beoordeeld (score: 0/-), L1-N en L2-Z zijn negatief beoordeeld (score: -) en L2-N is zeer negatief beoordeeld (score: - -).

Vanwege de permanente effecten van de doorsnijding van de tracés en aantasting van de kavelpatronen zijn er geen aanvullende effecten als gevolg van de winning. Alle alternatieven in deze twee fasen zijn neutraal beoordeeld (score: 0).

In de *verwijderingsfase* wordt het gebied weer teruggebracht in de oorspronkelijke situatie. Het verwijderen van de zichtbare installaties en verhardingen heeft een licht positief effect voor L1. De alternatieven met L1 zijn licht positief beoordeeld (score: 0/+). De overige alternatieven zijn neutraal beoordeeld, hier treden geen effecten op (score: 0).

Historische (steden)bouwkunde

Locatie 1, Locatie 2 en tracé zuid hebben geen effect op historische stedenbouwkunde. Tracé noord verstoort mogelijk het beschermde dorpsgezicht van Moddergat en zichtbare samenhang met de dijk enigszins (waarneembaar vanaf de Mokselbankwei). Deze effecten zijn echter van korte duur en sterk afhankelijk van het standpunt vanwaar het waargenomen wordt. Resumerend: tracé noord is derhalve in de aanlegfase licht negatief beoordeeld in combinatie met beide locaties (score: 0/-), waarbij de alternatieven met tracé zuid neutraal zijn beoordeeld (score: 0).

Voor de winning is geen sprake meer van effecten en zijn neutraal beoordeeld voor alle alternatieven (score: 0).

In de *verwijderingsfase* wordt het gebied weer teruggebracht in de oorspronkelijke situatie. Het verwijderen van de zichtbare installaties en verhardingen heeft een licht positief effect voor L1. De alternatieven met L1 zijn licht positief beoordeeld (score: 0/+). De overige alternatieven zijn neutraal beoordeeld, hier treden geen effecten op (score: 0).

7.4 Conclusies milieueffecten

Zoals ook kort toegelicht in de inleidende teksten van paragraaf 7.3.1 en 7.3.2 treden de meeste locatieonafhankelijke effecten op tijdens de winning en treden de locatieafhankelijke effecten voornamelijk op in de aanlegfase.

De locatieonafhankelijke effecten als gevolg van de **winning** zijn over het algemeen neutraal beoordeeld. Dit komt doordat de omvang van de gaswinning primair gestuurd wordt door de beschikbare gebruiksruimte, blijft de bodemdaling beperkt. Met dit als uitgangspunt, zijn geo- en hydromorfologische effecten en de doorwerking daarvan op natuur, grond- en oppervlaktewaterkwaliteit en waterkeringen uitgesloten. Uitzondering hierop zijn de effecten van zandsuppleties op Natura 2000-gebied Noordzeekustzone. Daar kunnen (significante) effecten niet op voorhand worden uitgesloten, maar deze zijn door middel van mitigerende maatregelen wel te voorkomen. De beperkte bodemdaling die optreedt heeft daarnaast een doorwerking op het land. De gaswinning is een ingreep in de bodem, waardoor de functies van het ondergronds watersysteem en de bodemlagen worden aangetast, met (licht) negatieve effecten, zoals emissies naar grondwater, scheefstelling van het maaiveld en potentiële aantasting van archeologische waarden, optreden. Daarnaast veroorzaakt de gaswinning een toename van het aardbevingsrisico. Dit risico wordt laag geschat (risicocategorie 1), maar is desalniettemin aanwezig.

De locatieafhankelijke effecten houden verband met de specifieke positie van de productielocatie ten opzichte van de omgeving en/of de ingrepen in de bodem die nodig zijn voor het leidingtracé. In de **aanlegfase** is op maaiveld sprake van de oprichting van een boorinstallatie, dat gepaard gaat met

hinderfactoren zoals geluid, licht en luchtkwaliteit en een negatieve doorwerking op natuur (geluidhinder). Daarnaast verstoort de boorinstallatie ook het open agrarische landschap en historische dorpsgezichten. In de bodem is ook sprake van negatieve effecten, door heiwerkzaamheden en de aanleg van het leidingtracé. Landschappelijke en archeologische waarden in de ondergrond worden hierdoor aangetast. Omtrent verkeer geldt voor beide locatiealternatieven dat de route er naartoe niet geheel vrij is van conflictpunten, waardoor deze negatief zijn beoordeeld.

Tijdens de **winning** is sprake van een verhoogd veiligheidsrisico voor woningen en ander gevoelige bestemmingen in de omgeving. Daarnaast is er voor Locatie 2 nog sprake van licht negatieve effecten ten aanzien van verandering van patronen, lijn- en puntelementen en aantasting van de belevingswaarde/ visuele invloed. Dit komt vanwege de langdurige aanwezigheid van een productielocatie in een open landschap dat in de huidige situatie nog onaangetast is.

In de **verwijderingsfase** wordt het gebied weer teruggebracht in de oorspronkelijke situatie. Hierbij is geen sprake van negatieve effecten, omdat de effecten ofwel niet langer optreden, zoals hinder, veiligheidsrisico's en visuele invloed, ofwel omdat in de aanlegfase bepaalde waarden onomkeerbaar zijn aangetast, waardoor de verwijderingsfase geen nieuwe effecten veroorzaakt, zoals voor archeologie. Het verwijderen van de zichtbare installaties en verhardingen heeft een licht positief effect voor L1. De alternatieven met L1 zijn licht positief beoordeeld (score: 0/+). De overige alternatieven zijn neutraal beoordeeld, hier treden geen effecten op (score: 0).

In dit MER zijn de milieueffecten in beeld gebracht. De keuze van een voorkeursalternatief zal separaat gebeuren op basis van een bredere afweging, waarin de conclusies van het MER meegenomen worden.

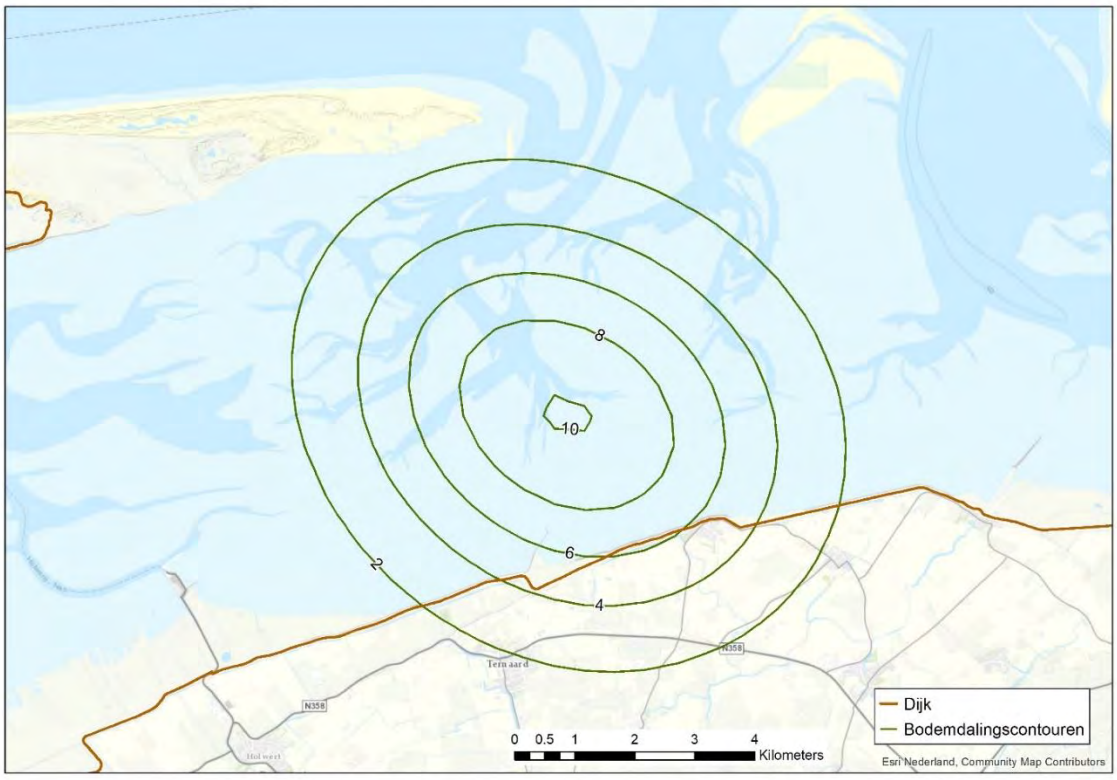
7.5 Gevoeligheidsanalyse

In dit MER is in de effectbeoordeling uitgegaan van gaswinning, waarbij de huidige gebruiksruimte leidend is voor de bepaling van het te winnen volume. Zoals gesteld in paragraaf 3.3 is op basis van de vigerende gebruiksruimte een maximale winning van circa 7.57 miljard m^3 gas realistisch. Bij een dergelijke winning blijft de bodemdaling in cumulatie met de andere gaswinningen in het gebied binnen de gebruiksruimte van 6 mm bodemdaling per jaar. Over een periode tot 2050 betekent winning binnen de gebruiksruimte een totale bodemdaling van maximaal 6 cm (op de dijk).

Zoals gesteld in paragraaf 4.3 is er ruimte in de Waddenzee om bodemdaling door diepe delfstoffenwinning op te vangen, zolang de snelheid van zeespiegelstijging kleiner is dan het meegroeivermogen. De herziening van de zeespiegelscenario's die iedere vijf jaar plaatsvindt betekent dat de beschikbare gebruiksruimte in de toekomst mogelijk toe of af kan nemen. Wanneer de gebruiksruimte *afneemt*, bijvoorbeeld als blijkt dat de zeespiegel harder stijgt of de bodemdaling groter is dan voorspeld, dan wordt de gaskraan (conform het HadK-principe) verder dichtgedraaid om negatieve effecten het op Waddensysteem te voorkomen. Wanneer de gebruiksruimte echter *toeneemt*, bijvoorbeeld als blijkt dat de zeespiegel minder stijgt of de bodemdaling kleiner is dat voorspeld, dan biedt dat meer ruimte voor delfstoffenwinning onder de Waddenzee.

Er is derhalve een bandbreedte te bepalen van het winningsscenario. Wanneer de gebruiksruimte afneemt en de gaskraan (verder) dichtgedraaid wordt, is de omvang bodemdaling zowel onder de Waddenzee als onder land kleiner. De milieueffecten die optreden als gevolg van deze kleinere winning vallen in dat geval binnen de bandbreedte zoals onderzocht in het MER. De negatieve milieueffecten die optreden als direct gevolg van de bodemdaling nemen daardoor af.

Wanneer de gebruiksruimte toeneemt en er meer gas gewonnen kan worden, dan neemt de bodemdaling zowel onder de Waddenzee als onder land toe: het diepste punt komt dan dieper te liggen en de buitencontour ligt verder in de Waddenzee en onder land. In Figuur 7-3 zijn de bodemdalingscontouren behorende bij een maximale winning uit het Ternaard gasveld, zoals opgenomen in Tabel 3-1, weergegeven. De effecten hiervan zijn in deze paragraaf nader toegelicht.



Figuur 7-3 Bodemdalingscontouren bij maximale winning tot 2050 (cm)

Geen (negatieve) effecten hydromorfologie, natuur, bodem en water

Allereerst wordt gesteld dat effecten van deze grotere bodemdaling niet leidt tot andere effecten op hydromorfologie, natuur en bodem en water. Reden hiervoor is dat de winning nog steeds binnen de (nieuw vastgestelde) gebruiksruimte blijft, waardoor negatieve effecten op voorhand worden uitgesloten op het waddensysteem en natuur. Ten aanzien van bodem en water is toegenomen extra bodemdaling te beperkt om tot andere effecten te leiden.

Effect op waterkeringen en aardbevingen

De bodemdaling onder land is sterker aanwezig en strekt zich daarbij verder uit. Dit brengt potentieel extra effecten met zich mee ten aanzien van waterkeringen en aardbevingen. Voor waterkeringen is in de effectbepaling rekening gehouden met het maximale scenario voor de gaswinning voor de voorgenomen activiteit. Dit betekent dat in de effectbeoordeling zoals gepresenteerd in deel B en in de voorgaande samenvattende paragrafen al rekening is gehouden met een bodemdaling onder land van 6 cm. In de situatie waarbij sprake is van maximale winning, leidt dit dus niet tot andere effecten dan geconcludeerd voor het basisscenario; de effecten blijven negatief (score: -).

7.6 Mitigerende en compenserende maatregelen

Voor de milieuaspecten waarbij negatieve effecten worden verwacht, is gezocht naar de mogelijkheden om deze effecten met mitigerende maatregelen te minimaliseren. Voor de milieuaspecten waarbij geen sprake is van significante (negatieve) effecten, zijn geen mitigerende maatregelen noodzakelijk.

Hieronder is in Tabel 7-4 per milieuaspect en bijbehorend effect beschreven welke mitigerende maatregelen kunnen worden toegepast. Tevens is aangegeven of de maatregel voortkomt uit wettelijke verplichtingen of dat de maatregelen aanvullend kunnen worden genomen ter beperking van de effecten en doorwerken naar omgevingsplan of vergunning.

Tabel 7-4 Overzicht mitigerende maatregelen

Milieuaspect	Effect	Mitigerende maatregel	Toepassing	Verplichting?
Natuur	Verstoring door geluid	Uitvoeren aanlegwerkzaamheden buiten het broedseizoen (15 maart – 15 juli) **Indien niet mogelijk**: potentiële broedlocaties ongeschikt maken, voorafgaand aan het broedseizoen	Productielocaties (beide) & leidingtracés	Ja
	Effecten van affakkelen	Affakkelen voorkomen gedurende vogeltrekperioden (voorjaar, najaar)	Productielocaties (beide)	Nee
	Effecten van zandsuppleties	• Afstand houden tot concentraties zeevogels en rustplaatsen van zeehonden in gevoelige perioden; • Niet suppleren op scheldierbanken; • Niet suppleren op en in nabijheid van bekende locaties van op strand broedende vogelsoorten	Voorgenomen activiteit algemeen	Ja
	Vermesting en verzuring	Met oog op beperken stikstof emissie modern materieel (STAGE IV) inzetten bij de aanleg	Productielocaties (beide) & leidingtracés	Ja
Geluid	Geluidbelasting heiwerkzaamheden	Toepassen van een heimantel of het plaatsen van een zo hoog (10 meter of hoger) mogelijk L-vormig geluidsscherm aan de zuidzijde. Zo kan de geluidbelasting ter plaatse van (meeste) woningen voldoen aan de dagwaarde van 60 dB(A), maar niet aan de strengere norm van 50 dB(A) dat geldt voor de winning.	Productielocatie 1	Ja
	Geluidbelasting affakkelen	Beperken van het aantal fakkels en/of vermijden van het affakkelen in de avond- en nachtperiode, indien de veiligheid dat toelaat.	Productielocaties (beide)	Nee
Licht	Aantasting hemelhelderheid	Het toepassen van ledverlichting (puntverlichting, straalt minder naar de omgeving). Het achterwege laten van verlichting daar waar het kan.	Productielocaties (beide)	Nee
Landschap en cultuurhistorie	Aantasting patronen, lijn- en puntelementen	Aanleg terrein van de boorinstallatie inclusief ontsluitingsweg op basis van het huidige verkavelingspatroon.	Productielocatie 2	Nee

Milieuaspect	Effect	Mitigerende maatregel	Toepassing	Verplichting?
Archeologie	Aantasting archeologische waarden	Archeologische waarden in de bodem onaangetast laten (behoud in situ) door middel van planaanpassing. **Indien niet mogelijk**: documenteren van de te vernietigen waarden door middel van een archeologische opgraving	Productielocatie 2 + leidingtracés	Ja
Verkeer	Verkeersveiligheid	Vrachtwagens onder begeleiding naar de productielocatie leiden	Productielocaties (beide)	Nee, maar wel zeer wenselijk
		Inzetten van verkeersregelaars op momenten dat vrachtwagens de productielocatie willen bereiken	Productielocaties (beide)	Nee
		Tijdvakken aanwijzen waarin vrachtverkeer de productielocatie mag bereiken en deze communiceren met het dorp	Productielocaties (beide)	Nee
		Tijdelijk opheffen van de wegversmalling op de N358 ter hoogte van het kruispunt richting de tennisbanen (voldoende ruimte voor vrachtverkeer om de bocht te kunnen maken)	Productielocatie 1	Nee
Aardbevingen	Gebouwschade	Nulmeting om vroegtijdig te bepalen of preventieve maatregelen noodzakelijk zijn.	Algemeen	Nee
		Vergoeden van aardbeving geïnduceerde schade conform burgerlijk recht	Algemeen	Ja

8 LEEFOMGEVING

In dit MER is aandacht gegeven aan de milieueffecten die op kunnen treden als gevolg van de voorgenomen gaswinning. Echter, de ontwikkeling van de gaswinning, inclusief de oprichting van een productielocatie en de aanleg van een transportleiding, heeft niet alleen een impact op het milieu, maar ook op de mensen die in het gebied wonen: de leefomgeving. De manier waarop de effecten op de leefbaarheid en de daaraan gerelateerde zorgen ontstaan verdiend bijzondere aandacht in dit MER. De maatschappelijke effecten en zorgpunten die spelen rondom gaswinning in het algemeen en specifiek ten aanzien van de gaswinning in Ternaard zijn om die reden ook beschouwd.

In dit hoofdstuk wordt in paragraaf 8.1 allereerst ingegaan op het begrip ‘leefbaarheid’ als toetsingskader voor leefomgeving, alsmede de ingreep-effectrelatie van de gaswinning op de leefomgeving. Daarnaast wordt in deze paragraaf ingegaan op de zorgen die in de omgeving zijn geuit. In paragraaf 8.2. is het beleidskader gepresenteerd, waarbij ook het nationale beleidskader met betrekking tot omgevingsmanagement wordt geïntroduceerd. Tot slot wordt in paragraaf 8.3 ingegaan op de verwachte effecten, maatregelen en de monitoring. Enerzijds om inzicht te geven in maatregelen in de diverse vergunningen die bedoeld zijn om verschillende effecten of impacts te verminderen. Anderzijds om effecten en zorgen over mogelijke effecten te agenderen en te verbinden aan de aanpak die het landelijke beleidskader voor omgevingsmanagement voorstaat.

8.1 Leefbaarheid

Leefbaarheid is een breed begrip en kent vele definities. In het kader van de Nationale Milieuverkenning heeft het RIVM een conceptueel kader opgesteld voor leefomgevingskwaliteit. De kwaliteit van de leefomgeving is één van de factoren die de kwaliteit van leven bepaalt en wordt bepaald door ruimtelijke, fysieke en sociale omgevingsfactoren. Hieronder vallen objectieve (meetbare) kenmerken, zoals milieuaspecten beoordeeld in het MER (geluid, veiligheid) en subjectieve kenmerken, zoals de beleving van mensen ten aanzien van veiligheid en tevredenheid. Daarnaast spelen ook persoonskenmerken, leefstijl en sociale omstandigheden een rol. De beleving kan per individu verschillen, eenzelfde situatie kan op tal verschillende manieren ervaren worden. Tevens kan de beleving van een situatie verschillen met de situatie zoals vastgesteld op basis van meetgegevens. Kortom, leefbaarheid is een begrip dat niet in één duidelijk kader te vangen is.

Ondanks het ontbreken van een wettelijk toetsingskader is er in dit MER voor gekozen de leefbaarheid te categoriseren aan de hand van de zorgen die spelen in de omgeving ten aanzien van de gaswinning. Op basis van een inventarisatie van onder meer de zienswijzen op de Notitie Reikwijdte en Detailniveau, input vanuit de verkenning in het kader van de pilot voor het proces met de omgeving in RCR-projecten en het Fries Manifest is duidelijk geworden dat de voornaamste zorgen ontstaan over bodemdaling in relatie tot veiligheid. Daarnaast zijn er zorgen ten aanzien van hinder en een transparante informatievoorziening over het voornemen. Deze zorgen vormen het kader voor de beoordeling van leefbaarheid.

Zorgen

Om de zorgen overzichtelijk weer te geven zijn de zorgen gebundeld per thema (zie tabel 8-1). Onderstaande zorgen uit de omgeving komen terug in een breed aantal gesprekken en zienswijzen en zijn daarbij afkomstig uit het door de Friese gemeenten en provincie Fryslân geformuleerde Fries manifest. In 2016 constateerde zij dat er zorgen leven onder inwoners en bedrijven in gebieden waar gas- en zoutwinning plaatsvindt. In het manifest van de Friese overheden over gas- en zoutwinning doen gemeenten en provincie constateringen over de thema’s die samenhangen met gaswinning. De uit het Fries manifest geconstateerde zorgpunten zijn met de geformuleerde zorgen uit de ‘Nota van Antwoord Zienswijzen RCR Gaswinning Ternaard’ samengevat per thema in Tabel 8-1.

Tabel 8-1 De zorgen uit de omgeving gebundeld per thema

Thema	Zorgen
Veiligheid	• Gevoeligheid van oude, ondiepe, gefundeerde gebouwen voor bodembeweging. • Omvangrijker herstel van infrastructuur en waterhuishoudkundige systemen. • Risico's en onzekerheden: angst voor aardbevingen - leidend tot schade aan woningen.
Omgeving	• Hinder van activiteiten, zoals landschappelijke verstoring, geluid, licht en transport. • Leefbaarheid en economische vitaliteit in de winningsbieden moeten op peil blijven en er moet een goede balans zijn tussen lusten en lasten in het gebied/ de discussie en angst voor ongelijke verdeling van lusten en lasten/ het idee een wingewest te zijn. • Verkeersveiligheid. • Krimp – het verdwijnen van sociale voorzieningen en infrastructuur. • Negatief effect op de huizenprijzen. • Afname werkgelegenheid.
Betrokkenheid	• De afwezigheid van omgekeerde bewijslast. • De informatievoorziening over gaswinning, risico's, effecten en schade-procedures duidelijk, begrijpelijk moet zijn en toegankelijk via één loket/portaal. • Dat schade aan woningen niet wordt opgelost. • De veiligheidsbeleving – Wantrouwen – "Niet weten waar je aan toe bent".

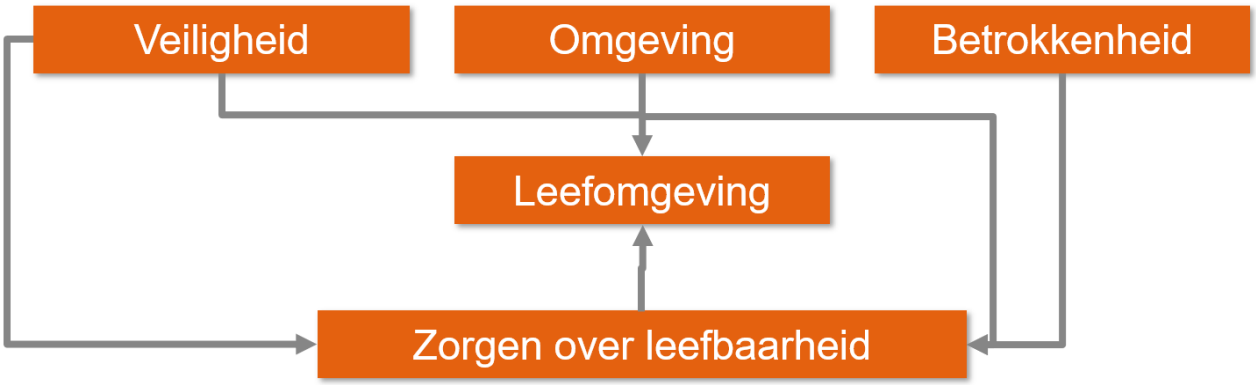
In het Fries manifest worden ook aanbevelingen gedaan over de thema's die samenhangen met gaswinning. Het Manifest stelt voor om winningsbedrijven te verplichten om:

- Nulmetingen van onroerend goed in winningsgebieden uit te voeren met periodieke herhalingsmetingen.
- De omkering van bewijslast[31] in te voeren voor mijnbouwschade als gevolg van gas- en zoutwinning voor alle winningsgebieden in Nederland.
- Concreet per winningsplan een duidelijke balans in de lusten en lasten, bestaande uit een harde financiële tegemoetkoming voor winningsregio's, af te spreken met vertegenwoordigers van belanghebbenden, lokale en regionale overheden.
- Het verbeteren van de communicatie van betrokken rijksinstanties richting burgers en bedrijven in de winningsbieden over onder meer effecten, risico's, onzekerheden en monitoring.

Deze aanbevelingen zijn onderdeel van de verdere uitwerking van het omgevingsmanagement rond de RCR Ternaard (zie paragraaf 7.4). Daarnaast zijn er vanuit de lokale gemeenschap ook zorgen die niet direct gerelateerd zijn aan gas- en zoutwinning in de omgeving, deze zijn ook meegenomen in de bovenstaande tabel.

In Figuur 8-1 is de ingreep-effectrelatie voor het thema leefomgeving weergegeven. Hierin in onderscheid gemaakt in de zorgen in de omgeving ten aanzien van veiligheid (bodemdaling, aardbevingen), omgeving (hinder) en betrokkenheid (transparantie/ informatievoorziening). Deze onderdelen beïnvloeden de leefbaarheid, waardoor er zorgen ontstaan vanuit de omgeving.

[31] In plaats van het oorspronkelijke uitgangspunt dat de benadeelde moet aantonen dat schade aan bijvoorbeeld huizen is veroorzaakt door de gaswinning / de mijnbouworganisatie, moet nu de mijnbouworganisatie aan kunnen aantonen dat de schade niet veroorzaakt is door de gaswinning.



Figuur 8-1 Ingreep-effectrelatie leefomgeving

8.2 Beleidskader

Onderstaand is het relevante beleid en regelgeving weergeven voor het thema Leefomgeving. Zoals gesteld is er geen wet- of regelgeving dat exacte en/of meetbare kaders aangeeft voor de bepaling van maatschappelijke effecten. Er zijn echter wel beleidskaders te benoemen die verband houden met het thema leefbaarheid. Deze worden hieronder kort toegelicht.

Landelijk beleid

Kamerbrief "Samen energieprojecten realiseren: visie op omgevingsmanagement"

In de Kamerbrief "Samen energieprojecten realiseren: visie op omgevingsmanagement" van 1 februari 2016 wordt omgevingsmanagement neergezet als cruciaal instrument om de energietransitie te realiseren. In deze kamerbrief zijn de uitgangspunten geschetst waarmee het Rijk het proces met de omgeving vorm wil geven in energieprojecten. Samengevat zijn deze uitgangspunten:

- Het samenbinden van belanghebbenden;
- De omgeving zo vroeg mogelijk betrekken;
- Transparant zijn over rollen, belangen en besluitvorming.

Daarbij is het proces met de omgeving een gezamenlijke verantwoordelijkheid van rijk, regionale en lokale overheden, omwonenden, maatschappelijke organisatie en initiatiefnemer. De manier waarop het proces met de omgeving concreet wordt ingevuld verschilt per project, omdat elk project qua scope en belanghebbenden uniek is en zodoende om maatwerk vraagt.

Gaswinning Ternaard als pilot

Deze kamerbrief heeft geleid tot een drietal pilotprojecten, waarvan de RCR Ternaard er één is. Deze pilotstatus biedt het rijk de ruimte om, binnen de formele kaders van de RCR en het staande beleid, te zoeken naar nieuwe manieren van samenwerken indachtig de visie op omgevingsmanagement. Over de concrete uitwerking van het omgevingsmanagement rondom de RCR Ternaard volgt in paragraaf 7.3 meer.

Provinciaal en lokaal beleid

Beleidsbrief ''Krimp en leefbaarheid''

In de beleidsbrief ''Krimp en leefbaarheid'' van 16 februari 2016 wordt ingegaan op de rol van provincie Fryslân in de komende jaren omtrent thema's als krimp en leefbaarheid. Deze brief is tevens de eerste aanzet voor het uitvoeringsprogramma ''Krimp en leefbaarheid''. De komende periode zal de provincie - als partner - vooral faciliteren en stimuleren op het gebied van:

- goede spreiding en bereikbaarheid van (zorg)voorzieningen;
- digitalisering, de uitrol van breedband;
- onderzoeken van een transitiefonds voor een woningbestand en maatschappelijk vastgoed passend bij de veranderende bevolkingsopbouw;

- verbinden van agenda's van stad en platteland;
- speciale aandacht voor het groeiend aantal ouderen.

Bestemmingsplan Bûtengebiet, herziening 2015

In dit bestemmingsplan uit 2016 is opgenomen hoe de gemeente Noardeast-Fryslân met het buitengebied wenst om te gaan.

Verordening Romte Fryslân

In de Verordening Romte Fryslân (2014) zijn regels gesteld die ervoor moeten zorgen dat de provinciale ruimtelijke belangen doorwerken in de gemeentelijke ruimtelijke plannen.

NAM-benadering

In de bedrijfsvoering van NAM worden specifieke aspecten geadresseerd over hoe om te gaan met de sociale leefomgeving rondom olie- en gaswinning.

Enkele van deze uitgangspunten zijn:

- Het streven naar voortdurende verbetering van prestaties op de gebieden gezondheid, veiligheid en milieu;
- Het samenwerken met anderen om de voordelen voor de lokale omgeving te vergroten en nadelige effecten van onze activiteiten te verminderen;
- Het aangaan van de dialoog en betrokkenheid van belanghebbenden;
- Naleving van alle relevante wetten en voorschriften.

Meer info op www.nam.nl

Daarnaast wordt sinds september 2017 met branchegenoten in NOGEPA verband gewerkt volgens de gedragscode[32] voor de Nederlandse olie- en gasindustrie voor activiteiten op het vaste land.

NAM opereert in de gaswinningen conform deze uitgangspunten en de gedragscode. Specifiek voor de winning Ternaard besteedt NAM aandacht aan het waarborgen van een goede gezondheid, veiligheid en het milieu middels het opstellen van dit MER en de voorgestelde mitigerende maatregelen in acht te nemen bij de uitvoer van het project. Ook is rekening gehouden met zorgen die mensen hebben met betrekking tot risico's en effecten van gaswinning. Daarbij worden de (milieu)effecten gedurende het gehele proces gemonitord door middel van diverse monitoring- en evaluatieprogramma's.

Sinds 2006 is er een Overeenkomst Bodemdaling Aardgaswinning Fryslân aangegaan tussen NAM, de provincie Fryslân en Wetterskip Fryslân met als doel een regeling te treffen voor de vergoeding van schade die voortvloeit uit bodemdaling ten gevolge van aardgaswinning door NAM.

8.3 Verwachte leefbaarheidseffecten en mitigatie

EZK en NAM beperken de hinder naar de omgeving zoveel mogelijk. Deels is dit door middel van lopende programma's die ook voor de activiteiten van NAM in Ternaard gaan gelden. Daarnaast is er vanuit verschilde wetten aandacht voor de beperking van hinder, die randvoorwaarde zijn voor het verkrijgen van vergunningen. Naast die beperkingen zijn er ook maatregelen en activiteiten die NAM zelf onderneemt om hinder te minimaliseren.

[32] Digitaal in te zien op: https://www.nam.nl/nieuws/2017/nederlandse-gasproducenten-ondertekenen-gedragscode/_jcr_content/par/textimage.stream/1504859623306/a2d8e752977a5ebb538b0a819d0460e87fbe3b764b4d53bca2a990bb423e4a82/nogepa-gedragscode.pdf

Bestaande programma's

Naast de activiteiten die EZK en NAM ontplooien om impact op de leefomgeving te minimaliseren, zijn er reeds lopende overeenkomsten, programma's en regelingen om effecten naar de leefomgeving te compenseren dan wel te beperken. Deze zijn in Tabel 8-2 weergegeven.

Tabel 8-2 Bestaande programma's

Impact	Maatregel en borging	Monitoring
Mogelijke schade door Bodemdaling	• Bodemdalingsovereenkomsten – Bodemdalingscommissie Fryslân/ TCBB • Monitoring + waterpeilaanpassingen i.s.m. waterschappen • Bouwkundige opnamen – *in ontwikkeling* • Loket Mijnbouwschade • Informatievoorziening	• Rapportages over de gemeten bodemdaling: • Rapportages bodemdalingscommissies
Mogelijke schade door geïnduceerde bevingen	• Seismische Risico Analyse – TNO • KNMI seismometer-netwerk • Schade-afhandelingsproces • Vergoeding schade conform burgerlijk recht	• KNMI meetnetwerk/ www.knmi.nl • Aantal en type zienswijzen
Gevoel van Veiligheid - algemeen	• Informatievoorziening via verschillende kanalen; gesprekken, websites, info-sessies, etc.	• Belevingsonderzoeken • Leefbaardheidsmonitor BiZa

Maatregelen en beperkingen rond voorgenomen activiteit

In Tabel 8-3 is een overzicht gegeven van maatregelen die EZK en NAM nemen om negatieve effecten op de leefomgeving van de voorgenomen activiteit zoveel mogelijk te beperken. Deze verschillen per fase van het project. Zo zal er tijdens de aanleg van een boorlocatie en het boren zelf meer sprake zijn van hinder dan tijdens de winningsfase. In de onderstaande tabellen is aangegeven op welke beperkingen er zijn, welke maatregelen er worden getroffen en hoe deze maatregelen worden geborgd.

Tabel 8-3 Beperken van hinder tijdens boring en winning

Impact	Maatregel en borging	Monitoring
Hinder - algemeen	• Klachtenafhandeling NAM • Klachtenprocedure bij toezichthouder (SodM)	• Aantal en type klachten
Geluid	• Wettelijke voorschriften (Zie MER Hoofstuk 13, Deel B)] • Geluid-reducerende maatregelen • Online geluidmeting tijdens booractiviteiten • Beperking aantal fakkels • Vooraf informeren over affakkelen en overige sterk geluid producerende processen	• Online geluidmeting tijdens booractiviteiten via nam.nl • Klachten
Licht	• Wettelijke voorschriften (Zie MER Hoofstuk 13, Deel B)] • Minimalisatie van verlichting is de standaard • Toepassen ledverlichting	• Aantal en type klachten
Luchtkwaliteit	• Wettelijke voorschriften (Zie MER Hoofstuk 13, Deel B)] • Uitstoot beperking van installaties	• Meetprotocollen / meetgegevens
Verkeer	• Transportplannen voor optimale routes en rijtijden in relatie tot de omgeving • Inzet verkeersregelaars	• Afstemming met de gemeente • Verkeerstellingen uitvoeren • Aantal en type klachten

Voor alle bovenstaande onderwerpen geldt dat de effecten op de onderzochte locatiealternatieven verschillen. Deze verschillen wegen mee in de uiteindelijke afweging die leidt tot het aanwijzen van een voorkeurs alternatief. Het voorkeursalternatief en de afweging hieromtrent wordt toegelicht in een zelfstandige notitie, de notitie Voorkeursalternatief. Effecten op de leefbaarheid zijn daaronder gebracht in het toetsingscriterium omgeving.

Bijdrage aan de leefbaarheid

Naast wettelijke eisen en voorschriften en het beperken van hinder naar de omgeving voegt NAM ook waarde toe aan de leefomgeving waarin zij opereert. In Tabel 8-2 hiervan een overzicht gegeven.

Tabel 8-2 Positieve bijdrage aan omgeving

Impact	Maatregel en borging	Monitoring
Informatievoorziening	• Betrekken van bewoners en belanggroepen in een vroegtijdig stadium • Informatiesessies/ informele gesprekken in alle stadia van de olie-en gaswinning	• Regelmatige gesprekken bewoners, kanaal waar men vragen kwijt kan, klankbordgroepen e.d.
Werkgelegenheid	• Daar waar het wettelijk is toegestaan, worden waar mogelijk lokale leveranciers en dienstverleners ingezet.	• Jaarverslag
Donaties en sponsoring	• NAM-donatieprogramma	• Jaarverslag

Pilot omgevingsmanagement

Voor een groot aantal effecten ten grondslag liggen aan zorgpunten rondom de gaswinning bestaan wettelijke beperkingen, regelingen en mitigatieprogramma's. Deze zijn erop gericht om hinder, overlast en risico's indien mogelijk te voorkomen en anders zoveel mogelijk te beperken. Daarnaast neemt ook initiatiefnemer NAM haar maatschappelijke verantwoordelijkheid op een aantal van deze thema's. Dit betekent niet dat alle leefbaarheidseffecten tot nul gereduceerd (kunnen) worden. Zorgen met betrekking tot (mogelijke) effecten kunnen, ondanks mitigerende inspanningen, blijven bestaan.

Daarnaast zijn er zorgen, die betrekking hebben op onderwerpen die de gaswinning overstijgen of gaan over hoe de besluitvorming en informatievoorziening zijn ingericht en daardoor geen betrekking hebben op de inhoudelijke onderwerpen van, of een plaats hebben in, dit MER.

In het kader van de pilot omgevingsmanagement worden de geagendeerde onderwerpen, indien niet mee te nemen in het MER, in een zelfstandig proces geadresseerd. Dit omgevingsproces is een proces, dat samen met regionale overheden, wordt vormgegeven om de omgeving rond de voorgenomen gaswinning Ternaard beter te betrekken, de (overgebleven) zorgen te adresseren, te bespreken en waar mogelijk weg te nemen of op te lossen. In de onderstaande tabel zijn de verschillende zorgen die een plek krijgen in het kader van de pilot omgevingsmanagement opgesomd. De uitvoeringsfase van het omgevingsproces Ternaard is op 11 maart 2019 gestart met een informatiebijeenkomst in Ternaard.

Tabel 8-3 Aanvullende maatregelen omgevingsmanagement

Zorgen	Maatregel en borging	Monitoring
Zorg om schade aardbevingen	• In het omgevingsproces worden afspraken gemaakt over: • Aanvullende monitoring door plaatsing versnellingsmeters, trilling sensoren • Bouwkundige nulmeting om vroegtijdig te bepalen of preventieve maatregelen noodzakelijk zijn	• Gesprekken, onderzoek naar percepties • Onderdeel van afspraken in het omgevingsproces
Zorgen over dalende Huizenprijzen	• Historisch WOZ-waarde overzicht opstellen • Aanvullende maatregelen kunnen worden afgesproken in het omgevingsproces	• WOZ-waarde monitoren • Huizenprijzen monitoren • Onderdeel van afspraken in het omgevingsproces
Schade- en klachtenprocedure / Omgekeerde bewijslast	• Verplaatsing schadeafhandeling naar het publieke domein. • Procedures rondom Ternaard wordt in het omgevingsproces nader uitgewerkt	• Onderdeel van afspraken in het omgevingsproces
Eerlijke verdeling lusten en lasten	• Maatregelen rondom de eerlijke verdeling van lusten en lasten worden in het omgevingsproces uitgewerkt.	• Onderdeel van afspraken in het omgevingsproces
Informatievoorziening	• Zelfstandig leesbare afwegingsnotitie met betrekking tot keuze boorlocatie/ pijpleiding tracé • Gesprekken/ ontmoetingen verschillende belanghebbenden • Informatieavonden/ bijeenkomsten in het kader van het omgevingsproces en de procedure • Klankbordgroep tijdens project en operationele fase'; onderdeel van afspraken in het omgevingsproces	• Regelmatige gesprekken bewoners, kanaal waar men vragen kwijt kan, klankbordgroepen e.d.
Het verdwijnen van sociale voorzieningen en infrastructuur	• Opstellen van een investeringsagenda voor de regio a onderdeel in het omgevingsproces • Proactief zoeken naar synergiën tussen lokale voorzieningen en NAM-infrastructuur • NAM-programma sociale investeringen inzetten – met name op directe buren/ belangenorganisaties rondom NAM-activiteiten	• Onderdeel van afspraken in het omgevingsproces

9 LEEMTEN IN KENNIS EN AANZET MONITORINGSPROGRAMMA

9.1 Leemten in kennis

Geluid

Op het moment van het onderzoek was er nog geen volledig inzicht in de geluidbronnen, de sterkte en intensiteit hiervan in de aanleg- en verwijderingsfase. In het onderzoek is echter uitgegaan van conservatieve uitgangspunten. De geluidbronnen, de sterkte en intensiteit in de winningsfase zijn gebaseerd op vergelijkbare winningslocaties. Hierdoor wordt verwacht dat de effecten minder negatief uitpakken dan in dit MER beoordeeld.

Luchtkwaliteit

Voor het thema luchtkwaliteit zijn de volgende leemten in kennis geconstateerd:

Onzekerheid in achtergrondconcentraties en emissiefactoren.

Elk jaar worden emissiefactoren en achtergrondconcentraties vastgesteld conform de nieuwste inzichten. De trend in luchtkwaliteit is voor zowel de emissiefactoren als de achtergrondconcentraties dat deze daalt. Als de emissiefactoren en achtergrondconcentraties worden bijgesteld gaat dit vaak om kleine wijzigingen. De verwachting is, dat eventuele nieuwe inzichten geen grote effecten hebben op de uitkomsten van het onderzoek.

Onzekerheid in het aantal bedrijfsuren van emissiebronnen en het aantal dieselmaterieel en motorvoertuigbewegingen.

Het overzicht van emissiebronnen is gebaseerd op het ontwerpkader van NAM en inschatting van de volumes grond en andere materialen die toegepast worden. Bij het bepalen van de luchtemissies als gevolg van de aanleg van locaties en de leidingtracés is telkens gezocht naar een conservatieve aanlegmethode vanuit luchtkwaliteit optiek. Daarnaast is voor al het in te zetten materieel de bovengrens aangehouden qua vermogen voor het bepalen van de emissies. Hierdoor wordt niet verwacht dat de effecten voor luchtkwaliteit negatiever uitpakken dan in dit MER beoordeeld.

Licht

Lichtuitstraling naar de omgeving is afhankelijk van verschillende factoren. De lichtuitstraling is onder andere afhankelijk van het type lamp, de uitstralingsrichting, de intensiteit van de verlichting, de hoogte van de lichtmasten, de mate van afscherming van de lamp, de afscherming door objecten op het terrein en dergelijke.

De werkelijke lichtuitstraling naar de omgeving kan afwijken van hetgeen nu is berekend. De berekende verlichtingssterkte dient te worden beschouwd als een richtwaarde. De effecten kunnen voor de werkelijke situatie kleiner zijn.

Indien armaturen met ledverlichting worden toegepast en alleen daar waar dit nodig is verlichting wordt toegepast, zullen de effecten kleiner zijn dan hetgeen nu is berekend.

Externe veiligheid

Voor de effectbeoordeling is gebruik gemaakt van een kwalitatieve risicoanalyse (QRA) voor locatie 1. De QRA is gebaseerd op uitgangspunten die ook van toepassing zijn voor locatie 2. Voor de effectbeoordeling zijn de effecten daardoor voldoende in beeld gebracht om de locatiealternatieven met elkaar te kunnen vergelijken. Deze leemte in kennis levert om deze reden geen belemmering voor de besluitvorming over de productielocatie op. Indien locatie 2 als voorkeurslocatie wordt gekozen, dan dient er een locatie specifieke QRA worden opgesteld.

Verkeer

Verkeersveiligheid is gemeten aan de hand van mogelijke conflictsituaties tussen langzaam verkeer (fietsers) en vrachtverkeer op basis van globale schattingen naar de aanwezigheid van fietsers. Om exacte cijfers te verkrijgen moeten er tellingen worden verricht.

Daarnaast zijn de exacte tijden van de vrachtwagens die zich naar de productielocatie begeven tijdens de aanlegfase, winning en verwijderingsfase nog niet bekend. Het is dus onbekend of deze tegelijk arriveren of verspreid over de dag.

Tot slot is het voor een exacte uitspraak over het wegprofiel van de mogelijke routes naar de productielocatie aanvullend onderzoek nodig, aangezien nu uitspraken zijn gedaan op basis van inschattingen op basis van foto's.

Archeologie

Voor dit rapport is gebruik gemaakt van het eerder uitgevoerde bureauonderzoek en karterend booronderzoek van Arcadis (Benjamins 2016) en een actualisatie van het bureauonderzoek (Mol en Ytsma 2017), archeologisch informatiesysteem Archis III van de Rijksdienst voor het Cultureel Erfgoed en de Friese Archeologische Monumentenkaart Extra (FAMKE).

Een inherent probleem aan archeologie is dat de waardebepaling gedeeltelijk gebaseerd wordt op aannamen en beperkte informatie. Er wordt daarom in het bureauonderzoek en op verwachtings- en beleidskaarten gesproken over verwachtingen.

9.2 Aanzet monitoringsprogramma

Het HadK-principe bij de Gaswinning MLV omvat een meetprogramma voor het vaststellen van de bodemdaling van de ondergrond en een monitoringsprogramma. Het monitoringsprogramma bestaat uit signaleringsmetingen, om vast te stellen of zich geen onverwachte ontwikkelingen voordoen die zouden kunnen samenhangen met de bodemdaling voor gaswinning. Het voorstel is om aan te sluiten bij het bestaande monitoringsprogramma Gaswinning MLV. Hiermee worden de effecten op de Waddenzee en de bodemdaling verder over land al gemonitord. Hierover is meer te lezen in paragraaf 3.3 van deel A en in paragraaf 10.8.2 in deel B van dit MER.

Daarnaast zijn nog enkele andere monitoringsprogramma's in het gebied, waarbij aangesloten kan worden voor de monitoring van effecten van de gaswinning. Zo meet het KNMI seismiciteit in en rondom Nederland met diverse seismometers, waaronder een borehole sensor bij Niawier, in de gemeente Noardeast-Fryslân. Het Wetterskip Fryslân monitort onder andere het waterpeil, de waterkwaliteit en het onderhoud van de dijken. Er kan dus voor een aantal potentiele milieueffecten aangesloten worden bij bestaande monitoringsprogramma's.

Specifiek ten aanzien van aardbevingen wordt voor Ternaard aanbevolen om aanvullende monitoring toe te passen in de vorm van versnellingsmeters.

Specifiek voor archeologie is op basis van het bureauonderzoek archeologie (Benjamins 2016; Mol en Ytsma 2017) een archeologische verwachting van het plangebied opgesteld. Het booronderzoek op het zuidelijke tracé heeft geresulteerd in het bijstellen van de archeologische verwachting naar 'laag'. Om de verwachting van het noordelijke tracé te toetsen en eventueel aanwezige archeologische vindplaatsen te lokaliseren, dient ook hier inventariserend veldonderzoek uitgevoerd te worden. Voor het bestemmingsplan is het van belang/verplicht om op locaties met een hoge archeologische verwachting archeologisch veldonderzoek uit te voeren om deze kennislacunes te vullen. Dit volgt uit de archeologieverordening.

Conform het beleid van de Provincie Fryslân bestaat vervolgonderzoek op het noordelijke tracé ook uit inventariserend veldonderzoek karterende fase (booronderzoek). Indien uit de resultaten van het booronderzoek blijkt dat zich binnen het plangebied een of meerdere vindplaatsen bevinden die niet in situ behouden kunnen blijven, dient waarderend veldonderzoek (proefsleuvenonderzoek) of een archeologische opgraving uitgevoerd te worden. Dit geldt ook voor de mogelijke vindplaats op het zuidelijke tracé die is gelokaliseerd op basis van de resultaten van het reeds uitgevoerde karterend booronderzoek.

COLOFON

MER GASBORING EN GASWINNING TERNAARD
NEDERLANDSE AARDOLIE MAATSCHAPPIJ B.V.

AUTEUR

ARCADIS Nederland B.V.

PROJECTNUMMER

C05058.000189

ONZE REFERENTIE

084048208 0.3

DATUM

14 mei 2020

STATUS

Definitief

Arcadis Nederland B.V.

Postbus 264
6800 AG Arnhem
Nederland
+31 (0)88 4261 261

www.arcadis.com

Bijlage 2

MER Gaswinning Ternaard_Deel B

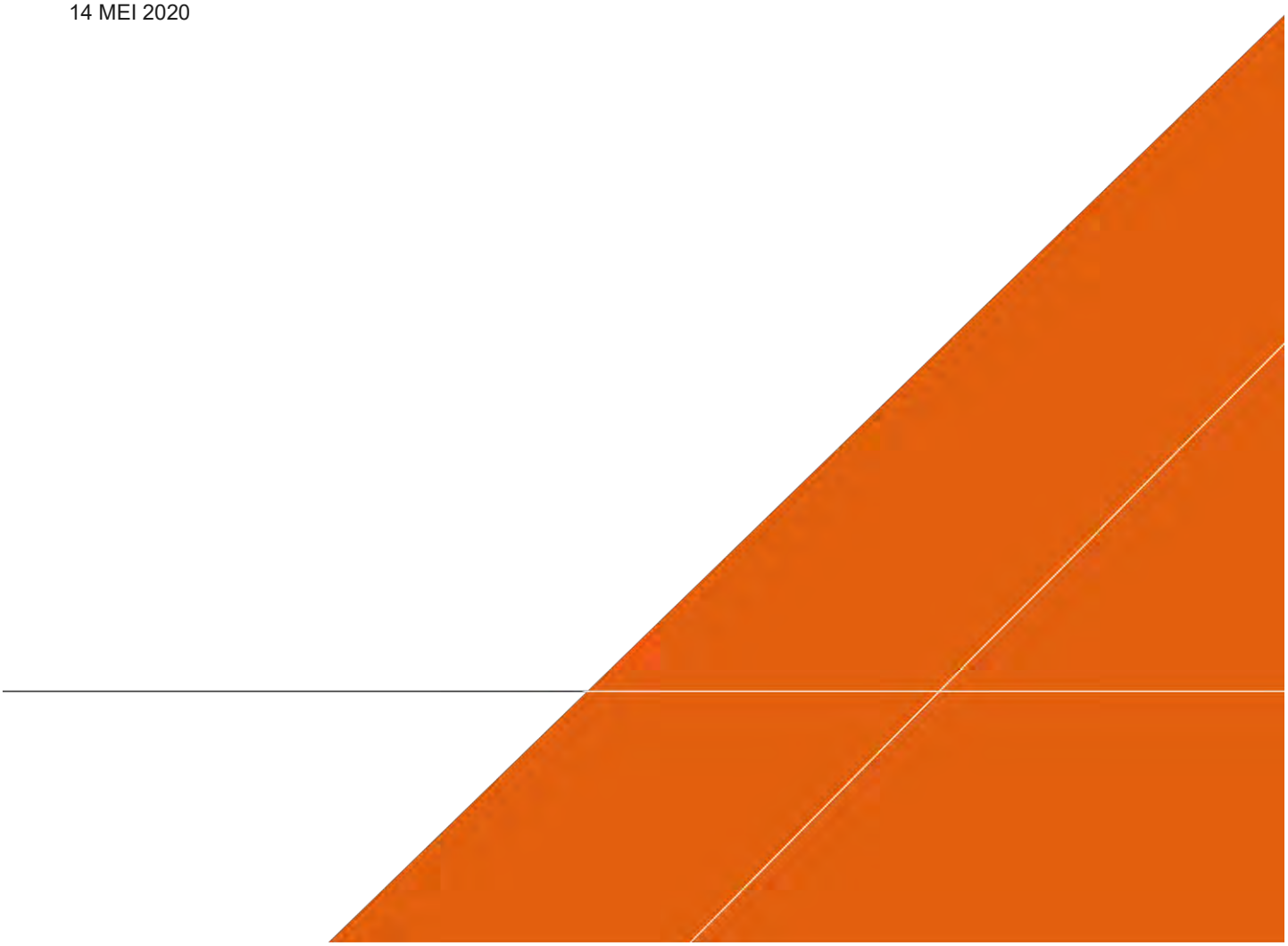
ARCADIS Design & Consultancy for natural and built assets

MER GASBORING EN GASWINNING TERNAARD

DEEL B

Nederlandse Aardolie Maatschappij B.V.

14 MEI 2020



Contactgegevens

Arcadis Nederland B.V.
Postbus 264
6800 AG Arnhem
Nederland

INHOUDSOPGAVE

NADERE TOELICHTING DEEL B 10

Projectfasen 10

Alternatieven 10

Referentiesituatie 11

Beschouwde thema's en leeswijzer 11

10 HYDROMORFOLOGIE 12

10.1 Ingreep-effectrelaties 12

10.2 Beleidskader 16

10.2.1 Beleid- en regelgeving 16

10.3 Beoordelingskader 17

10.4 Referentiesituatie 23

10.4.1 Grootschalige sedimentatie 23

10.4.2 Plaatareaal, droogvalduur 24

10.4.3 Kwelders 27

10.4.4 Kustdynamiek en zandsuppleties 29

10.4.5 Sedimentsamenstelling 32

10.5 Effectbeoordeling 33

10.5.1 Grootschalige sedimentatie, meegroeivermogen en gebruiksruimte 33

10.5.2 Plaatareaal, droogvalduur 34

10.5.3 Kwelders 36

10.5.4 Zandsuppleties 37

10.5.5 Sedimentsamenstelling 39

10.5.6 Cumulatie 39

10.6 Mitigerende en compenserende maatregelen 42

10.7 Leemten in kennis en monitoringprogramma 43

10.7.1 Leemten in kennis 43

10.7.2 Monitoringprogramma 44

11 NATUUR 45

11.1 Beleidskader 45

11.2 Ingreep-effectrelaties 48
11.2.1 Effecten en reikwijdte 50
11.2.1.1 Oppervlakteverlies 50
11.2.1.2 Verstoring 51
11.2.1.3 Verandering populatiedynamiek (sterfte) 55
11.2.1.4 Verzuring en vermesting 56
11.2.1.5 Verdroging en vernatting 57
11.2.1.6 Bodemdaling 57
11.2.1.7 Effecten van zandsuppleties 58
11.2.2 Onderzoeksopgave 59
11.3 Beoordelingskader 60
11.3.1 Beoordelingskader MER 60
11.3.2 Gebiedenbescherming 60
11.3.3 Soortbescherming 61
11.3.4 Ecologische Hoofdstructuur 62
11.4 Referentiesituatie 62
11.5 Effectbeoordeling 70
11.5.1 Effectbeoordeling aanlegfase 70
11.5.2 Effectbeoordeling winning 75
11.5.3 Effectbeoordeling verwijderingsfase 82
11.5.4 Integrale effectbeoordeling 82
11.5.5 Conclusie 83
11.6 Mitigerende en compenserende maatregelen 84
11.6.1 Mitigerende maatregelen 84
11.6.2 Compenserende maatregelen 85
11.6.3 Effectbeoordeling na mitigatie 85
11.7 Samenvatting effecten 85
11.7.1 Natura 2000-gebied 85
11.7.2 Natura 2000-gebied Noordzeekustzone 89
11.8 Leemten in kennis en monitoringprogramma 92
11.8.1 Leemten in kennis 92
11.8.2 Monitoringprogramma 92

12 BODEM EN WATER 93

12.1 Ingreep-effectrelaties 93
12.2 Beleidskader 102
12.3 Beoordelingskader 103
12.3.1 Aanlegfase 104
12.3.2 Winning 106

12.3.3 Verwijderingsfase 110
12.4 Referentiesituatie 110
12.4.1 Huidige situatie 110
12.4.2 Autonome ontwikkeling 119
12.5 Effectbeoordeling 122
12.5.1 Effectbeoordeling aanlegfase 122
12.5.2 Effectbeoordeling winning 124
12.5.3 Effectbeoordeling verwijderingsfase 127
12.5.4 Integrale effectbeoordeling 127
12.5.5 Gevoeligheidsanalyse 129
12.6 Mitigerende en compenserende maatregelen 130
12.6.1 Mitigerende maatregelen 130
12.6.2 Compenserende maatregelen 131
12.6.3 Effectbepaling na mitigatie 131
12.7 Leemten in kennis en monitoringprogramma 131
12.7.1 Leemten in kennis 131
12.7.2 Monitoringprogramma 132

13 MILIEU 133

13.1 Ingreep-effectrelaties 133
13.2 Beleidskader 135
13.2.1 Geluid 135
13.2.2 Luchtkwaliteit 138
13.2.3 Lichthinder 139
13.3 Beoordelingskader 141
13.4 Referentiesituatie 145
13.4.1 Geluid 145
13.4.2 Luchtkwaliteit 146
13.4.3 Lichthinder 149
13.5 Effectbeoordeling 150
13.5.1 Effectbeoordeling aanlegfase 150
13.5.1.1 Geluid 151
13.5.1.2 Luchtkwaliteit 159
13.5.1.3 Licht 165
13.5.2 Effectbeoordeling winning 169
13.5.2.1 Geluid 170
13.5.2.2 Luchtkwaliteit 171
13.5.2.3 Lichthinder 171
13.5.3 Effectbeoordeling verwijderingsfase 171

13.5.3.1 Geluid 172
13.5.3.2 Luchtkwaliteit 173
13.5.3.3 Lichthinder 173
13.5.4 Integrale effectbeoordeling 174
13.6 Mitigerende en compenserende maatregelen 175
13.6.1 Geluid 175
13.6.2 Luchtkwaliteit 176
13.6.3 Licht 176
13.7 Leemten in kennis en monitoringprogramma 177
13.7.1 Leemten in kennis 177

14 EXTERNE VEILIGHEID 178

14.1 Ingreep-effectrelaties 178
14.2 Beleidskader 180
14.3 Beoordelingskader 181
14.4 Referentiesituatie 184
14.5 Effectbeoordeling 185
14.5.1 Effectbeoordeling aanlegfase 185
14.5.2 Effectbeoordeling winning 187
14.5.3 Integrale effectbeoordeling 190
14.6 Mitigerende en compenserende maatregelen 191
14.7 Leemten in kennis en monitoringprogramma 191
14.7.1 Leemten in kennis 191
14.7.2 Monitoringprogramma 191

15 AARDBEVINGEN 192

15.1 Ingreep-effectrelaties 192
15.2 Beleidskader 194
15.3 Beoordelingskader 194
15.4 Referentiesituatie 197
15.5 Effectbeoordeling 199
15.5.1 Effectbeoordeling winning 199
15.6 Mitigerende en compenserende maatregelen 199
15.6.1 Mitigerende maatregelen 199
15.6.2 Compenserende maatregelen 200
15.6.3 Effectbepaling na mitigatie 200
15.7 Leemten in kennis en monitoringprogramma 200
15.7.1 Leemten in kennis 200
15.7.2 Monitoringprogramma 200

16 WATERKERINGEN 201

16.1 Ingreep-effectrelaties 201
16.2 Beleidskader 203
16.3 Beoordelingskader 203
16.4 Referentiesituatie 205
16.5 Effectbeoordeling 206
16.5.1 Effectbeoordeling winning 206
16.6 Mitigerende en compenserende maatregelen 211
16.7 Leemten in kennis en monitoringprogramma 211
16.7.1 Leemten in kennis 211
16.7.2 Monitoringprogramma 211

17 VERKEERSVEILIGHEID 212

17.1 Ingreep-effectrelaties 212
17.2 Beoordelingskader 213
17.3 Referentiesituatie 214
17.4 Effectbeoordeling 215
17.4.1 Effectbeoordeling aanlegfase/verwijderingsfase 215
17.4.2 Integrale effectbeoordeling 218
17.5 Mitigerende en compenserende maatregelen 219
17.5.1 Mitigerende maatregelen 219
17.5.2 Compenserende maatregelen 219
17.5.3 Effectbepaling na mitigatie 219
17.6 Leemten in kennis en monitoringprogramma 220
17.6.1 Leemten in kennis 220
17.6.2 Monitoringprogramma 220

18 ARCHEOLOGIE 221

18.1 Ingreep-effectrelaties 221
18.2 Beleidskader 223
18.3 Beoordelingskader 224
18.4 Referentiesituatie 225
18.5 Effectbeoordeling 230
18.5.1 Effectbeoordeling aanlegfase 230
18.5.2 Effectbeoordeling winning 231
18.5.3 Integrale effectbeoordeling 232
18.6 Mitigerende en compenserende maatregelen 233

18.6.1 Mitigerende maatregelen 233
18.6.2 Compenserende maatregelen 233
18.6.3 Effectbepaling na mitigatie 233
18.7 Leemten in kennis en monitoringprogramma 233
18.7.1 Leemten in kennis 233
18.7.2 Monitoringprogramma 234

19 LANDSCHAP & CULTUURHISTORIE 235
19.1 Ingreep-effectrelaties 235
19.2 Beleidskader 239
19.3 Beoordelingskader 242
19.4 Referentiesituatie 244
19.5 Effectbeoordeling 252
19.5.1 Effectbeoordeling aanlegfase 252
19.5.2 Effectbeoordeling winning 256
19.5.3 Effectbeoordeling verwijderingsfase 259
19.5.4 Integrale effectbeoordeling 259
19.6 Mitigerende en compenserende maatregelen 260
19.6.1 Mitigerende maatregelen 260
19.7 Leemten in kennis en monitoringprogramma 261
19.7.1 Leemten in kennis 261
19.7.2 Monitoringprogramma 261

REFERENTIES 262

VERKLARENDE WOORDENLIJST 266

BIJLAGEN 268
Bijlage I: Geluidscontouren 269
Bijlage II: Lichtcontouren 273
Bijlage III: AERIUS-berekening 276
Bijlage B1: Uitgangspunten depositieberekening 276
Bijlage B2: Stikstofdepositie als gevolg van het project 279
Bijlage IV: Instandhoudingsdoelen Waddenzee en Noordzeekustzone 280
Bijlage V: Methodiek en uitgangspunten milieu 286
Bijlage VI: Conflictsituaties 296
Bijlage VII: Seismische risico analyse 300
Bijlage VIII: Passende Beoordeling 301
Bijlage IX: Ternaard Dijkstudie Liquefactie 302

COLOFON **303**

NADERE TOELICHTING DEEL B

In hoofdstuk 4 en 5 van deel A van het MER zijn de milieueffecten van de varianten samengevat en vergeleken. In voorliggend deel B van het MER is een nadere uitwerking opgenomen van de achterliggende analyses en effectbeoordelingen. Voor het overzicht zijn onderstaand de gemeenschappelijke uitgangspunten voor al die effectbeoordelingen nog kort op een rij gezet.

Projectfasen

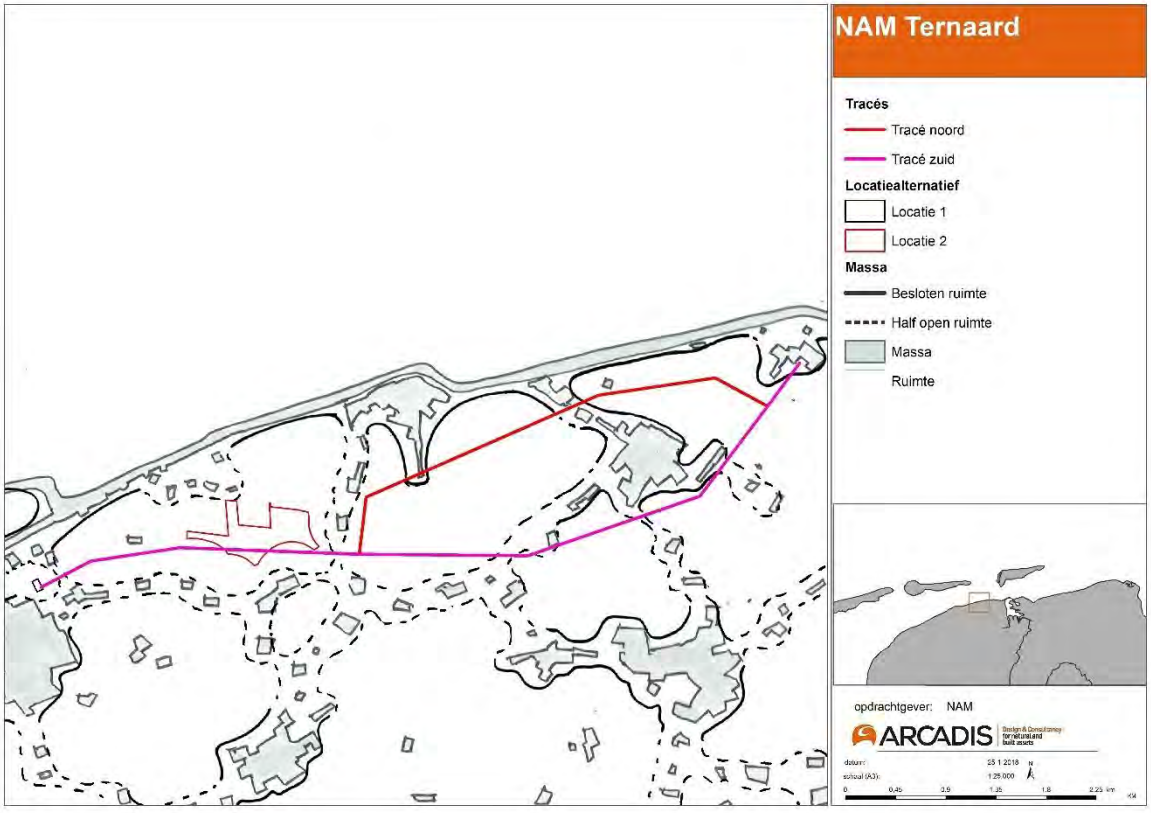
In dit project wordt onderscheid gemaakt tussen drie projectfases.

1. ***Aanlegfase***
   In deze fase wordt de productielocatie ingericht, de boring uitgevoerd en na een succesvolle testfase wordt er een transportleiding gelegd tussen de productielocatie en moddergat.
2. ***Winning***
   In de winning wordt er gas gewonnen. Gas stroomt vanuit het gasvoornemen naar de productielocatie van waaruit het via een transportleiding naar moddergat wordt getransporteerd. Er vinden geen fysieke ingrepen meer plaats in deze fase.
3. ***Verwijderingsfase***
   In de verwijderingsfase wordt de productie gestaakt, de boorput gedicht en de locatie in de originele staat teruggebracht.

Alternatieven

Zoals in Deel A beschreven zijn er twee locatiealternatieven en twee tracé-alternatieven. Gecombineerd leidt dit tot 4 alternatieven die in dit project beoordeeld worden.

1. L1-N: Dit alternatief betreft Locatie 1 met een tracé dat ten noorden van Nes loopt.
2. L1-Z: Dit alternatief betreft Locatie 1 met een tracé dat ten zuiden van Nes loopt.
3. L2-N: Dit alternatief betreft Locatie 2 met een tracé dat ten noorden van Nes loopt.
4. L2-Z: Dit alternatief betreft Locatie 2 met een tracé dat ten zuiden van Nes loopt.



Figuur 10-1 Alternatieven planMER

Referentiesituatie

Het nulalternatief, ook wel referentiesituatie genoemd, omvat de huidige situatie en de autonome ontwikkelingen van de onderzochte aspecten in het studiegebied. De beschrijving van de referentiesituatie maakt inzichtelijk hoe de milieusituatie in het studiegebied zich zal ontwikkelen indien de Gaswinning Ternaard niet gerealiseerd wordt. De vier alternatieven zijn vergeleken met de referentiesituatie.

Beschouwde thema's en leeswijzer

In voorliggend deel B worden de vier alternatieven op de volgende thema's beoordeeld:

- Hydromorfologie (Hoofdstuk 10).
- Natuur(Hoofdstuk 11).
- Bodem en water (Hoofdstuk 12).
- Milieu (Hoofdstuk 13).
  - Lucht.
  - Geluid.
  - Licht.
- Externe Veiligheid (Hoofdstuk 14).
- Aardbevingen (Hoofdstuk 15).
- Waterkeringen (Hoofdstuk 16).
- Verkeer (Hoofdstuk 17).
- Archeologie (Hoofdstuk 18).
- Landschap en cultuurhistorie (Hoofdstuk 19).

Per thema wordt ingegaan op:

- Het relevante beleid, wet- en regelgeving.
- De beoordelingscriteria en methode, die in de effectbeoordeling wordt gehanteerd.
- De beschrijving van de referentiesituatie.
- De effecten van de aanlegfase (inclusief boring), winning en verwijderingsfase van de Gaswinning Ternaard.
- Mitigerende en compenserende maatregelen.
- Leemten in kennis en een aanzet voor een monitoringsprogramma.

Voor het overzicht van effecten is voor iedere set van criteria een tabel opgenomen van de scores. De effectbeoordelingen resulteren in scores, die aangeven of een effect zeer positief (++), positief (+), licht positief (0/+) neutraal (0), licht negatief (0/-), negatief (-) of zeer negatief (- -) is.

10 HYDROMORFOLOGIE

In dit hoofdstuk zijn de effecten van de voorgenomen activiteit op milieu beschreven. In het voorliggend hoofdstuk wordt allereerst ingegaan op de ingreep-effectrelatie met de andere milieuthema's (§ 10.1). Hierbij is onderscheid gemaakt in de aanlegfase, winning en verwijderingsfase. In §10.2 is het relevante beleidskader gepresenteerd. Hierna zijn het beoordelingskader en de beoordelingscriteria geïntroduceerd die in de effectbeoordeling worden gehanteerd (§10.3). De referentiesituatie en autonome ontwikkelingen zijn in §10.4 beschreven. In §10.5 is ingegaan op de effectbeoordeling van de voorgenomen activiteit ten opzichte van de referentiesituatie, waarbij ingegaan is op de winning. In de effectbeoordeling zijn vier alternatieven beoordeeld: L1-N, L1-Z, L2-N en L2-Z, waarbij de verschillen betrekking hebben op de aanlegfase. Aangezien hydromorfologie alleen betrekking heeft op de winning en alleen de winning is beoordeeld, is de beoordeling van de vier alternatieven identiek en komt deze overeen met de integrale effectbeoordeling gepresenteerd. Het hoofdstuk sluit af met mitigerende en compenserende maatregelen (§10.6) en leemten in kennis en een aanzet voor het monitoringprogramma (§10.7).

10.1 Ingreep-effectrelaties

Hydromorfologie heeft betrekking op de waterbeweging (hydrodynamica), het sedimenttransport en de sedimentsamenstelling en de bodemligging (morfologie) in de Waddenzee. In dit MER betreft het Thema Hydromorfologie de ingreep-effectrelaties tussen de gaswinning, de bodemligging en de waterbeweging.

Aanlegfase

De aanleg van het leidingtracé vindt niet in de Waddenzee plaats en heeft derhalve geen gevolgen voor de hydromorfologie. Tijdens de aanlegfase vindt er geen bodemdaling plaats, zodat er geen gevolgen zijn voor de hydromorfologie. Hydromorfologie wordt daarom niet beschouwd voor de aanlegfase.

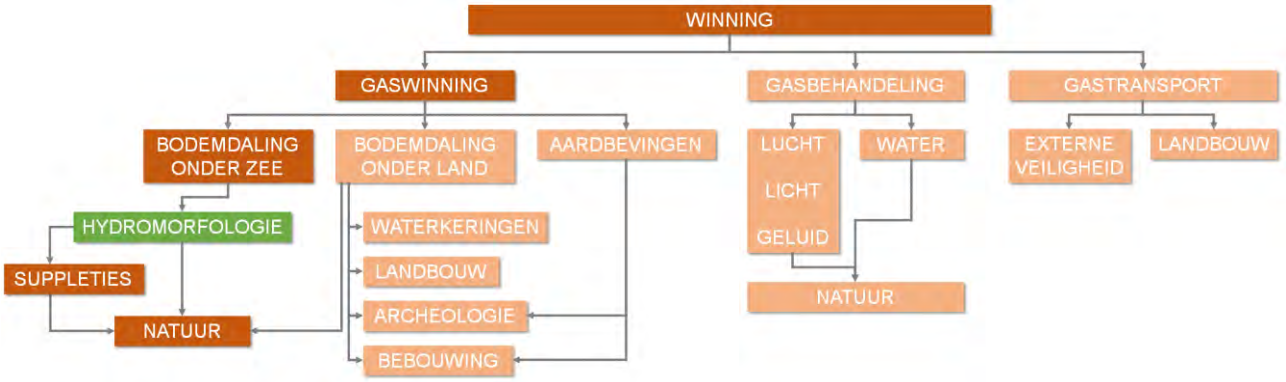
Winning

De gaswinning leidt tot een daling van de diepe ondergrond. In de Waddenzee werkt deze bodemdaling van de diepe ondergrond door in de ligging van de wadbodem, wat weer een effect heeft op de waterbeweging. Ook de hoogteligging en ontwikkeling van kwelders wordt beïnvloed daar waar bodemdaling van de diepe ondergrond plaatsvindt. In hoofdstuk 4, deel A, is ingegaan op de wijze waarop de bodemdaling invloed heeft op de hydromorfologie van de Waddenzee. Hierbij is ook de link gelegd met het extra volume zandsuppletie dat nodig is vanwege de bodemdaling als gevolg van de gaswinning

Het extra volume aan zand dat zal worden gesuppleerd maakt deel uit van de voorgenomen activiteit (de gaswinning) en daarom worden ook de mogelijke gevolgen van de extra zandsuppletie voor de bodemligging en de waterbewegingen in dit hoofdstuk bij het Thema Hydromorfologie beschreven en beoordeeld. Voor de uitvoering van de zandsuppleties die nodig zijn voor het aanvullen van de zandvoorraden van het kustfundament, vanwege de bodemdaling door de gaswinningen Ternaard wordt zo veel mogelijk aangesloten bij de werkwijze zoals die wordt gehanteerd bij de gaswinning Moddergat, Lauwersoog en Vierhuizen (deze staat ook wel bekend als gaswinning Waddenzee; in tekst wordt deze steeds aangeduid met gaswinning MLV). Dat betekent dat de suppleties worden uitgevoerd onder regie van Rijkswaterstaat, op locaties waar al suppleties worden uitgevoerd vanwege de kustlijnzorg in het kader van de Waterwet. Het zandvolume dat bij de betreffende zandsuppleties wordt uitgevoerd ten bate van de gaswinning Ternaard wordt als zodanig geoormerkt, zodat duidelijk is en blijft welk deel van de suppleties wordt uitgevoerd voor de reguliere kustlijnzorg en welk deel voor de gaswinning Ternaard. De verantwoordelijkheid voor het suppletievolume voor de gaswinning Ternaard berust bij de NAM.

Indien het niet mogelijk blijkt om aan te sluiten bij de zandsuppleties die worden uitgevoerd voor de kustlijnzorg door Rijkswaterstaat, zal de NAM zorgdragen voor de uitvoering van de zandsuppleties.

Het belang van eventuele veranderingen in de hydromorfologie van de Waddenzee en de Noordzeekustzone is vooral gelegen in de eventuele doorwerking op de natuurwaarden. Het functioneren van het ecosysteem in de Waddenzee en de kust wordt in sterke mate bepaald door de abiotische condities, zoals de bodemligging, de waterbeweging en de sedimentsamenstelling. De eventuele doorwerking van de veranderingen in de hydromorfologie, als gevolg van de bodemdaling, op de natuurwaarden van de Waddenzee en de Noordzeekustzone worden in het Thema Natuur beschreven.



Figuur 10-1 Ingreep-effectrelaties hydromorfologie

De beschrijving van de fysische processen en de wijze waarop de autonome ontwikkeling en de response op bodemdaling plaatsvindt, zijn opgenomen in paragraaf 10.4. Dit hoofdstuk vormt de basis voor de beschrijving van de referentiesituatie, de autonome ontwikkelingen, de effecten van gaswinning en zandsuppleties en de effectbeoordeling.

Indirecte effecten van de bodemdaling via de hydromorfologie van de Waddenzee zijn in theorie mogelijk op de waterkeringen van het Friese vasteland (dijk) en aan de Noordzeezijde op Ameland (duinen). De theoretische effectketen via de hydromorfologie op de dijk loopt via de golfaanval tijdens stormcondities. Een verlaging van de wadbodem of de kwelders zal leiden tot hogere golven onder dergelijke omstandigheden. Omdat de verandering van de wadbodem en de kwelders zeer beperkt zijn, is voor de dijk geen sprake van een verandering in de golfrandvoorwaarden. Deze effectketen wordt daarom niet nader beschouwd. De theoretische effectketen op de waterkering in de duinen van Ameland verloopt indirect, via het zandtransport van de kustzone naar de Waddenzee. Omdat zandsuppleties zijn voorzien om het getransporteerde zand aan te vullen, vindt er geen effect op de duinwaterkering plaats. Ook deze effectketen wordt daarom niet nader beschouwd.

Verwijderingsfase

Tijdens de verwijderingsfase vindt geen bodemdaling plaats, zodat er geen gevolgen zijn voor de hydromorfologie. Hydromorfologie wordt daarom niet beschouwd voor de verwijderingsfase.

Studiegebied

Het studiegebied voor het Thema Hydromorfologie is aangegeven in Figuur 10-2. Het studiegebied omvat:

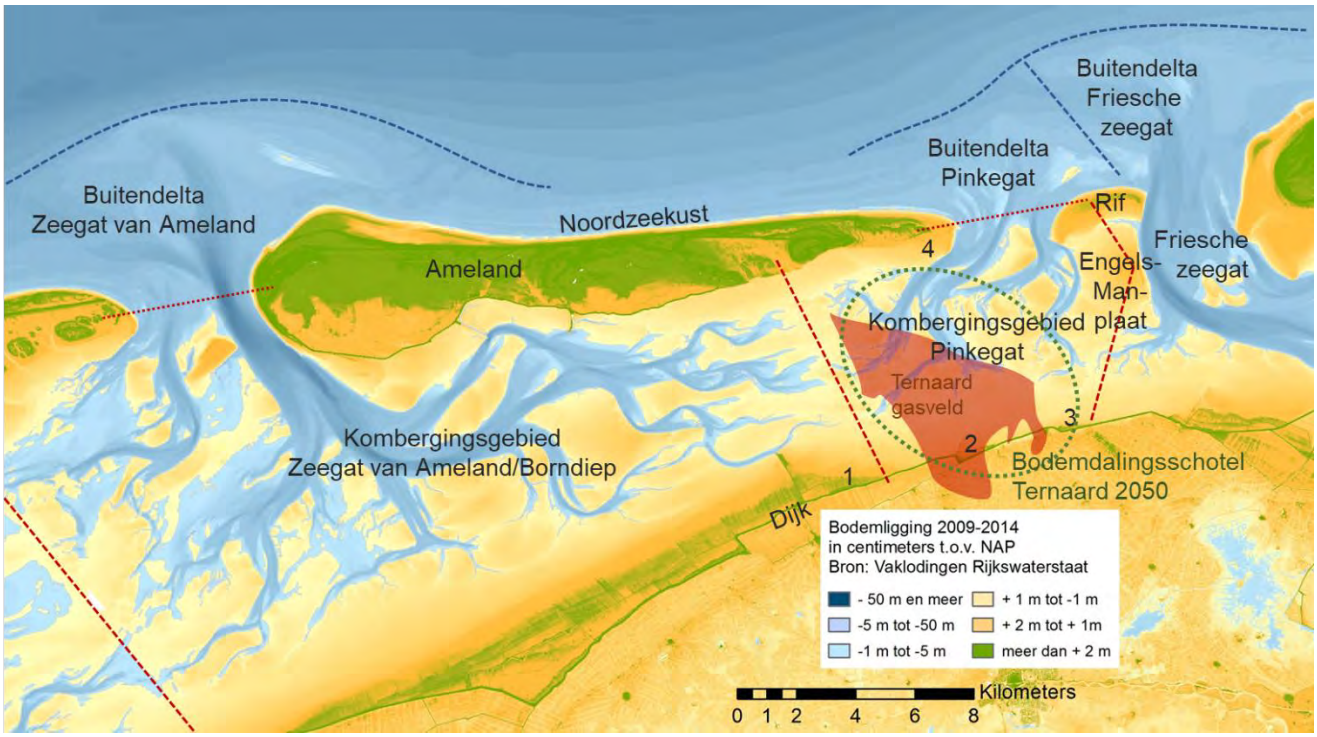
- Het kombergingsgebied van het Pinkegat.
- Het kombergingsgebied van het Borndiep[1].
- De buitendelta van het Pinkegat.
- De buitendelta van het Friesche Zeegat.
- De buitendelta van het Borndiep.
- De kust van Ameland, van de meest zeewaartse duinregel tot aan de NAP -20 m dieptelijn.

De kombergingsgebieden lopen aan de Friese vastelandskust door tot aan de zeedijk (primaire waterkering). Bij Ameland worden het kombergingsgebied van het Borndiep begrensd door de Waddenzeedijk. Het kombergingsgebied van het Pinkegat wordt bij Ameland begrenst door de duinen.

De beide kombergingsgebieden omvatten ook de kwelders, maar deze maken niet allemaal automatisch deel uit van het studiegebied. In de beschouwing van het meegroeivermogen en de gebruiksruimte worden de kwelders namelijk niet beschouwd. Van de kwelders binnen de twee kombergingsgebieden maken alleen de kwelders waaronder bodemdaling zou kunnen optreden (zie Hoofdstuk 3.2, Deel A), deel uit van het

[1] Het kombergingsgebied Borndiep wordt ook wel het kombergingsbied Zeegat van Ameland genoemd.

studiegebied. Het studiegebied omvat de kwelders die zijn gemarkeerd met 2 (kwelderfragment bij ‘ Skoar) en 3 (kwelderfragment bij Wierum) in Figuur 10-2. De 2 cm contour van de bodemdalingsschotel van de meest noordelijk gelegen bodemdalingsschotel uit het Winningsplan (NAM, 2019) ligt ten zuiden van de kwelderrand van Neerlands Reid en de Hon op Ameland. Wel is bij die bodemdalingsschotel sprake van overlap met het hoge wad aan de oostzijde van de Hon. Dit gebied is dermate hoog dat hier pioniervegetatie kan vestigen (4 in Figuur 10-2). De eilandkwelders van Neerlands Reid en de Hon op Ameland vormen geen onderdeel van het studiegebied. En het studiegebied omvat ook niet de kwelders ten oosten van de veerdam Ameland (1 in Figuur 10-2.).



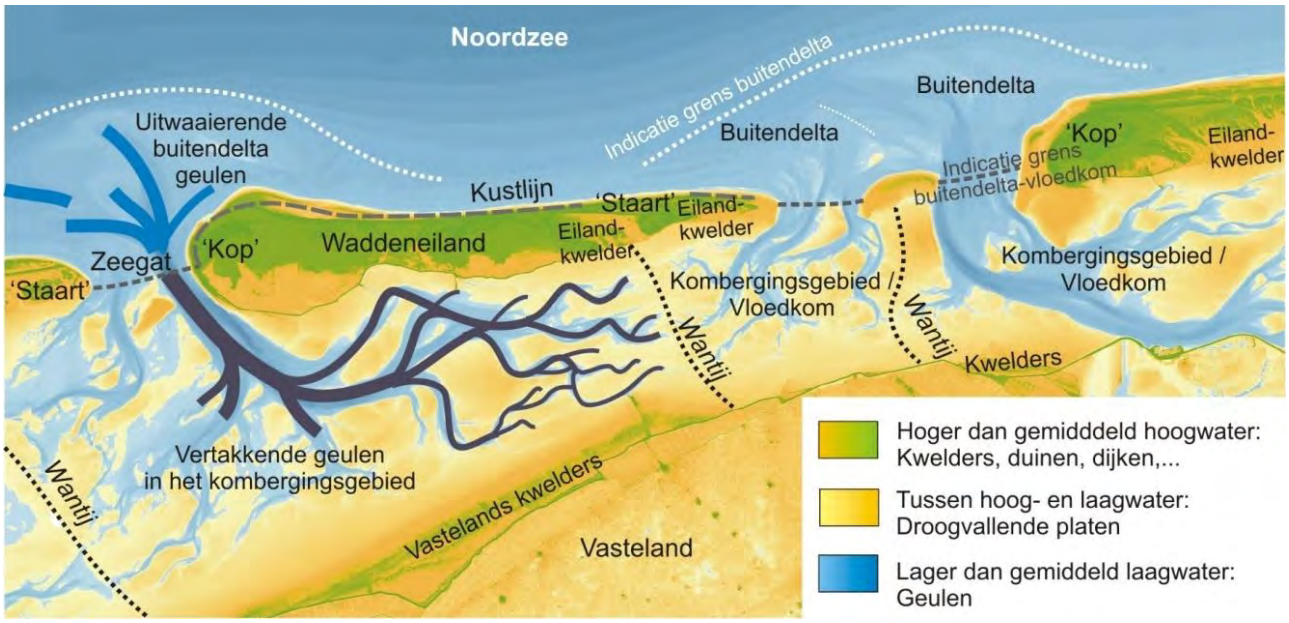
Figuur 10-2 Kaart met het studiegebied voor het Thema Hydromorfologie

De reden dat het studiegebied voor Hydromorfologie zich ruim uitstrekt buiten het gebied waar de bodemdaling onder de Waddenzee plaatsvindt, is dat de Waddenzee zand en slib uitwisselt met de buitendelta en de aangrenzende delen van de kust van de Waddeneilanden. Dit sedimentdelende systeem (hoofdstuk 4, deel A) wordt nader beschreven in paragraaf 10.4.

Bij het beschouwen van autonome ontwikkelingen en de mogelijke gevolgen van bodemdaling door delfstoffenwinning wordt gekeken op de ruimtelijke schaal van de kombergingsgebieden van de Waddenzee (ook wel vloedkom of getijdebekken genoemd). De terminologie is geïllustreerd in Figuur 10-3. Een kombergingsgebied is het gebied in de Waddenzee dat tijdens vloed wordt gevuld via het zeegat en tijdens eb wordt geleegd via het zeegat. Aan de vasteland zijde worden de kombergingsgebieden begrensd door een dijk. De oost- en westzijde van de kombergingsgebieden worden begrensd door wantijen: dit zijn relatief ondiepe gebieden ten zuiden van de Waddeneilanden die niet worden doorsneden door getijdegeulen. Aan de zeezijde van het zeegat van het kombergingsgebied ligt de buitendelta, dat is een ten opzichte van het doorlopende kustprofielen uitstekend deel van de kust. Bij het kombergingsgebied van het Pinkegat ligt de buitendelta aan de oostzijde direct tegen de buitendelta van het Friesche zeegat.

Binnen de kombergingsgebieden worden op hoofdlijnen drie verschillende morfologische eenheden onderscheiden:

- Droogvallende wadplaten: aan de zeezijde van de kwelders liggen vrijwel overal wadplaten, die droogvallen bij laagwater. Op deze wadplaten in het intergetijdengebied zijn over het algemeen geen hogere planten aanwezig (de uitzondering is het tegenwoordig zeer schaarse zeegras).
- Geulen: De aanvoer en afvoer van water naar en van de wadplaten verloopt via de getijdegeulen, die een niveau hebben onder laagwater.
- Kwelders: De begroeide hogere delen van het waddengebied.



Figuur 10-3 Overzicht van de verschillende onderdelen van het hydromorfologische systeem van de Waddenzee, de Waddeneilanden en de Noordzee

Het grootste deel van de bodemdaling door de gaswinning Ternaard dat in de loop van de tijd optreedt in de diepe ondergrond, ligt onder het kombergingsgebied van het Pinkegat. Een klein deel ligt onder het kombergingsgebied van het Borndiep. Daarmee omvat het studiegebied voor de hydromorfologie de kombergingsgebieden Pinkegat en Borndiep, de buitendelta's van het Pinkegat en het Borndiep, die horen bij deze kombergingsgebieden en de aangrenzende delen van de kust en de buitendelta van het Friesche Zeegat. De kombergingsgebieden strekken zich uit vanaf de Friese vastelandsdijk tot aan de Waddenzeedijk op Ameland en omvatten daarmee de vastelandskwelders, de droogvallende platen en de getijdegeulen en de eilandkwelder bij Ameland.

Bij het beschouwen van de hydromorfologie zal relatief veel aandacht worden besteed aan het Pinkegat en minder aan het Borndiep. Het grootste deel van de bodemdaling ligt namelijk onder het kombergingsgebied van het Pinkegat en in dat gebied treedt al bodemdaling op door de bestaande gaswinningen Ameland en Waddenzee.

10.2 Beleidskader

10.2.1 Beleid- en regelgeving

In Tabel 10-1 is het relevante beleid en regelgeving weergegeven voor het thema Hydromorfologie.

Tabel 10-1 Beleidskader Hydromorfologie

Beleid	Inhoud & relevantie
Structuurvisie Waddenzee (2007)	In de Structuurvisie Waddenzee (SVW) (eerder bekend als de Planologische KernBeslissing (PKB) Derde Nota Waddenzee) is het rijksbeleid voor de Waddenzee op het gebied van de natuurbescherming, ruimtelijke ordening, milieu en water in onderlinge samenhang beschreven. De SVW is een onderdeel van de Structuurvisie Infrastructuur en Ruimte (SVIR). In de PKB is het beleid voor de Waddenzee op het gebied van delfstoffenwinning beschreven, waarbij specifiek van belang is dat er wetenschappelijk gezien redelijkerwijs geen twijfel bestaat dat er geen schadelijke gevolgen zijn voor de in deze PKB beschreven natuurlijke waarden en kenmerken.
NB-wet vergunning Gaswinningen Waddenzee en Lauwersmeer (2006)	In de NBwet-vergunning voor de gaswinning MLV zijn is het Hand-aan-de-Kraan principe vastgelegd, dat ook wordt toegepast bij de gaswinning Ternaard. In de NBwet-vergunning voor de gaswinning MLV is ook vastgelegd dat zandsuppleties uitgevoerd dienen te worden, zodat het zandvolume van het kustsysteem op peil blijft. Dit is een uitwerking van het kustbeleid over het op peil houden van de zandvoorraden van het kustfundament, zoals dat tegenwoordig is vastgelegd in het Nationaal Waterplan 2016-2021.
Aanwijzingsbesluit Natura 2000-gebied Waddenzee (25 februari 2009), Wijzigingsbesluit (6 januari 2014) en Ontwerpwijzigingsbesluit (11 november 2016)	In het Aanwijzingsbesluit zijn de doelstelling voor de natuurwaarden van het Natura 2000-gebied Waddenzee vastgelegd. Hierin staan doelstellingen voor habitattypen die direct gekoppeld zijn aan de hydromorfologie, bijvoorbeeld over de habitattypen droogvallende platen, geulen en de verschillende soorten kwelders. Impliciet en expliciet zijn hierin doelstelling over de hydromorfologische processen opgenomen. Specifieke opgaven met de betrekking op de hydromorfologie zijn: - Opgave landschappelijke samenhang en interne compleetheid: Behoud of herstel ruimtelijke samenhang diep water, kreken, geulen, ondiep water, platen, kwelders of schorren, stranden en bijbehorende sedimentatie- en erosieprocessen; - Verbetering kwaliteit permanent overstroomde zandbanken (getijdengebied) o.a. met biogene structuren met mossels; - Behoud slikken en platen voor rustende en foeragerende niet-broedvogels zoals voor bonte strandloper, rosse grutto, scholekster, kanoet, steenloper en eider en rustgebieden voor gewone zeehond en grijze zeehond. - Behoud van kwelders en zilte graslanden (buitendijks) met alle successiestadia, zoet-zout overgangen, verscheidenheid in substraat en getijregime en mede als hoogwatervluchtplaats. In het hoofdstuk Natuur is een meer gedetailleerde uitwerking opgenomen van de Natura 2000-doelstellingen
EU Kaderrichtlijn Water (KRW, 2000)	De Kaderrichtlijn Water heeft tot doel om de aquatische ecosystemen en waterafhankelijke terrestrische natuur voor achteruitgang te behoeden, te beschermen en te verbeteren. Daartoe dienen de lidstaten maatregelenprogramma's op te stellen opdat alle oppervlaktewateren en grondwaterlichamen een zogeheten goede toestand bereiken. Verder moeten de beschermde gebieden voldoen aan de desbetreffende normen en doelstellingen.
Nationaal Waterplan 2016-2021	In het Nationaal waterplan is het kustbeleid omschreven, dat uit gaat van het behoud van de ligging van de kustlijn door het uitvoeren van zandsuppleties.

In aanvulling op de bovenstaande beleidsdocumenten wordt nog gewezen op het Natura 2000-beheerplan Waddenzee; Periode 2016-2022, waarin een verdere uitwerking is opgenomen van het beheer van de Waddenzee en de wijze waarop dit bijdraagt aan de doelstellingen voor het Natura 2000-gebied Waddenzee.

Het beheerplan is niet direct van toepassing op de voorgenomen gaswinning Ternaard, omdat dit een nieuwe gaswinning betreft. Voor het Natura 2000-beheerplan Noordzeekustzone; Periode 2016-2022 geldt hetzelfde, maar dan voor het Noordzeekustzone-gebied.

Het Wadden Sea Plan 2010 is het Trilaterale beheerplan voor de Internationale Waddenzee. De doelstellingen die in deze beheerdocumenten staan komen overeen met die in het Aanwijzingsbesluiten voor de betreffende Natura 2000-gebieden.

De Nederlandse Waddenzee is met de Duitse en Deens Waddenzee een UNESCO werelderfgoed. De status van Werelderfgoed voegt geen beleid of beheerregels toe aan de in de bovenstaande tabel opgenomen documenten en derhalve niet in de tabel opgenomen.

10.3 Beoordelingskader

De effecten voor het thema hydromorfologie worden bepaald op basis van de deelaspecten uit Tabel 10-2. Onder de tabel volgt per deelaspect een toelichting op de beoordelingscriteria en gehanteerde methode. De zevenpuntschaal voor de effectbeoordeling die in dit MER wordt gehanteerd, is voor de hydromorfologie teruggebracht naar een vijfpuntschaal. De categorieën licht positieve en licht negatieve effecten zijn niet ingevuld, omdat het niet mogelijk is om voor de beschouwde deelaspecten dit subtiele onderscheid te maken.

Tabel 10-2 Beoordelingskader hydromorfologie.

Deelaspect	Beoordelingscriterium	Meeteenheid
Gebruiksruimte	Bodemdaling, zeespiegelstijging en meegroeivermogen	mm / jaar
Plaatareaal	Areaal droogvallende platen en droogvalduur plaatareaal	ha en uren/%
	Areaal permanent onder water staande platen	ha
Kwelders	Hoogte kwelders en overstromingsfrequentie	m t.o.v. NAP en aantal/jaar
Kustdynamiek en zandsuppleties	Volume zandsuppleties	m^3
Sedimentsamenstelling	Ruimtelijke verdeling slibgehaltes en mediane korrelgrootte	% en µm

Gebruiksruimte

Het begrip ‘gebruiksruimte’ is ontstaan in het proces dat heeft geleid tot de besluitvorming en vergunningverlening Gaswinning MLV en is een van de onderdelen geworden van de gaswinning met ‘de Hand aan de Kraan’. Het “Hand aan de kraan” principe (HadK) is geïmplementeerd in de verlening van vergunning tot gaswinning onder de Waddenzee vanuit de gasvelden Moddergat, Lauwersoog en Vierhuizen. In hoofdstuk 4, in Deel A van dit MER wordt uitgebreid ingegaan op de HadK-systematiek voor de gaswinning onder de Waddenzee. Bij gaswinning volgens het Hand-aan-de-Kraan principe wordt de gebruiksruimte als randvoorwaarde gehanteerd. Overschrijding, kortdurend of langdurig zal dan ook niet plaatsvinden. Desalniettemin zijn deze mogelijkheden wel opgenomen in de beoordelingsschaal.

In de onderstaande tabel is het beoordelingskader weergegeven dat in de effectbeoordeling wordt gehanteerd voor de gebruiksruimte. De effectscore is neutraal als de gecombineerde bodemdaling van alle gaswinningen binnen de gebruiksruimte blijft. Een overschrijding van de gebruiksruimte wordt negatief gescoord, waarbij een kortdurende overschrijding minder negatief scoort dan een langdurige overschrijding. Een positieve score op gebruiksruimte is niet mogelijk en is daarom aangeduid met n.v.t.

Tabel 10-3 Beoordelingsschaal gebruiksruimte

Score	Toelichting
++	n.v.t.
+	n.v.t.
0/+	n.v.t.
0	De omvang van de bodemdaling door alle gaswinning binnen de beïnvloede kombergingsgebieden, waaronder die door de voorgenomen gaswinning Ternaard, blijft binnen de gebruiksruimte, zodat het geomorfologische evenwicht en de sedimentbalans in stand blijven.
0/-	n.v.t.
-	De omvang van de bodemdaling door alle gaswinning binnen de beïnvloede kombergingsgebieden, waaronder die door de voorgenomen gaswinning Ternaard, leidt tot een kortdurende overschrijding van de gebruiksruimte, zonder dat dit gevolgen heeft voor het geomorfologische evenwicht en de sedimentbalans.
--	De omvang van de bodemdaling door alle gaswinning binnen de beïnvloede kombergingsgebieden, waaronder die door de voorgenomen gaswinning Ternaard, leidt tot een langdurige overschrijding van de gebruiksruimte, zodat het geomorfologische evenwicht en de sedimentbalans verstoord raken en het vermogen van de Waddenzee om mee te groeien met de stijgende zeespiegel en de bodemdaling negatief wordt beïnvloed.

Plaatareaal, areaal geulen en droogvalduur platen

De droogvallende platen van de Waddenzee zijn een belangrijk habitat van de Waddenzee. Kenmerkend voor de Waddenzee zijn de dynamische processen door het getij, de golven en de interactie met biotische processen en de dynamiek van de platen, geulen en kwelders. Binnen het door dijken en Waddeneilanden afgebakende areaal van de Waddenzee verandert het areaal droogvallende platen constant, doordat de hoog- en laagwaterstanden veranderen en doordat de platen veranderen in kwelders en geulen of omgekeerd. Een afname van het areaal droogvallende platen betekent een toename van het areaal geulen en omgekeerd. Daarom worden plaat- en geulareaal samen beschouwd.

Bij de beoordeling van de mogelijke gevolgen van bodemdaling op het plaatareaal worden twee elementen van de dynamiek beschouwd, namelijk de variatie in het beschikbare plaatareaal op de korte tijdschaal (van getij op getij tot een of enkele jaren) en de trendmatige ontwikkeling in het plaatareaal op de middellange tijdschaal (van een tiental jaren).

Zoals bij alle hydromorfologische factoren wordt het plaatareaal beschouwd per kombergingsgebied van het Pinkegat en Borndiep. Andere aspecten, zoals de sedimentatie- en erosieprocessen op de platen, in de geulen en op de kwelders worden hierbij niet beschouwd, omdat deze niet veranderen door de bodemdaling als gevolg van gaswinning. Omdat deze processen ook de abiotische randvoorwaarden leveren voor de vestiging van schelpdierbanken en andere biotische waarden van de Waddenzee, worden deze niet beschouwd. Het abiotische aspect dat wel wordt beschouwd is de sedimentsamenstelling.

De invloed van bodemdaling door gaswinning wordt als neutraal beoordeeld als deze een omvang heeft die niet groter is dan de jaarlijkse variatie in het plaatareaal en niet leidt tot een verandering in de trendmatige ontwikkeling van het plaatareaal. Wanneer een afname optreedt die groter is dan de jaarlijks optredende variatie, dan wordt deze negatief beoordeeld. Wanneer de bodemdaling leidt tot een permanente afname van het areaal droogvallende platen is de beoordeling zeer negatief.

Tabel 10-4 Beoordelingsschaal plaat- en geulareaal.

Score	Toelichting
++	n.v.t.
+	n.v.t.
0/+	n.v.t.
0	De omvang van de bodemdaling door de voorgenomen gaswinning Ternaard leidt niet tot een verandering in de trends van de ontwikkeling van het droogvallende plaatareaal en het areaal geulen in de kombergingsgebieden en ook niet tot een tijdelijk afname van het plaatareaal die groter is dan de jaarlijkse variatie in het plaatareaal.
0/-	n.v.t.
-	De omvang van de bodemdaling door de voorgenomen gaswinning Ternaard leidt tot een tijdelijk afname van het plaatareaal en toename van het areaal geulen die groter is dan de jaarlijkse variatie die in het plaatareaal.
--	De omvang van de bodemdaling door de voorgenomen gaswinning Ternaard leidt tot een permanente afname van het plaatareaal en toename van het areaal geulen.

In aanvulling op het beschikbare plaatareaal wordt ook gekeken naar de droogvalduur van de platen. De droogvalduur van de platen is medebepalend voor de beschikbaarheid voor foeragerende steltlopers. Een afname van de hoogte van de platen betekent dat de duur die beschikbaar is voor het foerageren afneemt. De droogvalduur wordt uitgedrukt in het droogvalpercentage, waarbij een droogvalpercentage van 100% betekent dat de plaat alleen tijdens stormen overstroomt en een droogvalpercentage van 0% betekent dat het gebied nooit droogvalt. Droogvallende platen hebben een droogvalpercentage > 0% en <100%.

Het droogvalpercentage wordt beschouwd ten opzichte van de variatie die van jaar tot jaar optreedt, onder invloed van de variaties in de waterstanden. Wanneer de bodemdaling niet leidt tot een verandering in de droogvalpercentages, dan wordt dit neutraal beoordeeld. Wanneer een afname van de droogvalpercentages plaatsvindt die leidt tot een afname van de droogvalpercentages die kleiner is dan de variaties die van jaar tot optreedt, dan wordt dit als een negatief beoordeeld. Wanneer een afname optreedt die groter is dan de variatie die van jaar tot jaar optreedt, dan wordt dit als zeer negatief beoordeeld.

Tabel 10-5 Beoordelingsschaal droogvalpercentage plaatareaal.

Score	Toelichting
++	n.v.t.
+	n.v.t.
0/+	n.v.t.
0	De omvang van de bodemdaling door de voorgenomen gaswinning Ternaard leidt niet tot een verandering droogvalpercentages.
0/-	n.v.t.
-	De omvang van de bodemdaling door de voorgenomen gaswinning Ternaard leidt tot een tijdelijk afname van de droogvalpercentages die kleiner is dan de variatie die van jaar tot jaar daarin optreedt.
--	De omvang van de bodemdaling door de voorgenomen gaswinning Ternaard leidt tot een tijdelijk afname van de droogvalpercentages die groter is dan de variatie die van jaar tot jaar daarin optreedt.

Kwelders

De beoordeling van de effecten van bodemdaling op de kwelders vindt plaats via de ontwikkeling van de hoogte van de kwelders ten opzichte van de niveaus van gemiddeld hoogwater, hoogwater tijdens springtij en hoogwater tijdens stormen. Verandering van de hoogte van de kwelder heeft echter geen eigenstandig beoordelingskader, de beoordeling is gekoppeld aan de ecologische waarde van de kwelder. In die zin is het geen hydromorfologisch criterium, maar een ecologisch criterium. Omdat de effectketen loopt via de hydromorfologie, wordt het als zodanig wel hier beschreven.

De waarde die aan het kwelderhabitat wordt toegekend, wordt bepaald door de aanwezige vegetatie, het broeden van vogels en gebruik als foerageer en rustgebied. Het kader hiervoor wordt gegeven door de instandhoudingsdoelstellingen voor het Natura 2000-gebied Waddenzee en de doelstellingen vanwege de Kaderrichtlijn Water. In algemene termen kan worden gesteld dat de verhouding van de arealen van de pionier zone en de lage, middelhoge en hoge kwelder in balans dienen te zijn.

Kwelders zijn, net als de andere morfologische onderdelen van de Waddenzee, dynamisch. De hoogte van de kwelders verandert doordat zand en slib sedimenteren, waarbij door de aanwezigheid van de begroeiing het invangen van het zand en slib zeer effectief is. Afhankelijk van de mate van hoogteverandering kan ook het areaal van de zones (pionierkwelder, lage, middelhoge en hoge kwelder) veranderen. Ook de hoogte van de waterstanden verandert in de loop van de tijd, waarbij voor de kwelders vooral de veranderingen van de niveaus van hoogwater bij springtij en stormen van belang zijn. Als de toename van de hoogte van de kwelders groter is dan de toename van de niveaus van hoogwater, dan verandert de hoogtezone van de kwelder. Bodemdaling zorgt voor een verlaging van de hoogte van de kwelder, waardoor de hoogtezone kan veranderen. De veranderingen in de abiotiek (hoogte van de kwelder, niveau van de hoogwaterstanden) gaan samen met veranderingen van de kenmerken van kwelders doordat een opeenvolging (successie) optreedt in de vegetatie. Deze successie kan ertoe leiden dat de kwelder verruigt en de natuurwaarde afneemt. Bodemdaling kan de verhoging en verruwing beperken en zelfs omkeren.

Voor het gebruik door vogels zijn zowel de frequentie van overstromen, als de aard van de vegetatie van belang. Voor broedvogels is het belangrijk dat gedurende het broedseizoen de kwelders slechts zelden overstromen, omdat hierdoor het broedsucces afneemt. Onder ‘slechts zelden’ overstromen worden voor de verschillende delen van de kwelder en voor de verschillende broedvogelsoorten verschillende frequenties verstaan. Over het algemeen zijn soorten die op de lage kwelder broeden meer ingesteld op het optreden van een overstroming dan soorten die hoger op de kwelder broeden. Naast de frequentie van overstromen in het broedseizoen is de aard van de vegetatie een belangrijke factor voor het gebruik van de kwelder als broedgebied. De verschillende soorten broedvogels gebruiken verschillende Habitats, die variëren van onbegroeid tot dichtbegroeid.

De beoordeling betreft de ontwikkeling van de trend in de hoogteontwikkeling en de daaraan gekoppelde veranderingen die kunnen optreden in de vegetatie en in het gebruik van de kwelder door vogels.

Tabel 10-6 Beoordelingsschaal kwelders

Score	Toelichting
++	De omvang van de bodemdaling door de voorgenomen gaswinning Ternaard leidt tot een verandering in de trend van de hoogteontwikkeling van de kwelders, waardoor de natuurwaarden van de kwelders (met name de successie van de vegetatie) dusdanig positief wordt beïnvloed, dat deze ontwikkelingen bijdragen aan de doelstellingen voor de Wet Natuurbescherming en de kaderrichtlijn Water.
+	De omvang van de bodemdaling door de voorgenomen gaswinning Ternaard leidt tot een verandering in de trend van de hoogteontwikkeling van de kwelders, waardoor de natuurwaarden van de kwelders (met name de successie van de vegetatie) positief wordt beïnvloed.
0/+	n.v.t.
0	De omvang van de bodemdaling door de voorgenomen gaswinning Ternaard leidt niet tot een verandering in de trend van de hoogteontwikkeling van de kwelders.
0/-	n.v.t.
-	De omvang van de bodemdaling door de voorgenomen gaswinning Ternaard leidt tot een verandering in de trend van de hoogteontwikkeling van de kwelders, waardoor de natuurwaarden van de kwelders (successie van de vegetatie, broedsucces van beschermde broedvogels) negatief worden beïnvloed.
--	De omvang van de bodemdaling door de voorgenomen gaswinning Ternaard leidt tot een verandering in de trend van de hoogteontwikkeling van de kwelders, waardoor de natuurwaarden van de kwelders (successie van de vegetatie, broedsucces van beschermde broedvogels) dusdanig negatief worden beïnvloed, dat deze worden aangemerkt als ‘significant negatief’ in het kader van de Wet Natuurbescherming.

Kustdynamiek en zandsuppleties

Het volume aan bodemdaling dat onder de Waddenzee plaatsvindt door de gaswinning wordt door natuurlijke transport- en sedimentatieprocessen aangevuld met zand en slib. Het zand is afkomstig uit de buitendelta en de aangrenzende kusten. De aanvoer van het zand vanaf de buitendelta en de aangrenzende kustzone betekent dat het zandvolume daar afneemt. De buitendelta en de aangrenzende kustzone zijn onderdeel van de Natura 2000-gebieden Noordzeekustzone en Duinen van Ameland. Afname van het zandvolume betekent dat de bodemligging in deze Natura 2000-gebieden verandert, waardoor mogelijk een indirect effect van de bodemdaling van de diepe ondergrond kan optreden op de natuurwaarden van de Natura 2000-gebieden. Een doorgaande afname van het zandvolume van de kust kan bijvoorbeeld leiden tot een permanente landwaartse verplaatsing van de kustlijn en daarmee tot een structurele afname van het areaal duinen. Het kustbeleid in Nederland is gericht op het in standhouden van de ligging van de kustlijn.

Omdat een afname van het areaal duinen en andere negatieve veranderingen van de natuurwaarden van de Natura 2000-gebieden Noordzeekustzone en Duinen van Ameland niet gewenst zijn, wordt de structurele extra afname van de zandvolumes als gevolg van de bodemdaling onder de Waddenzee aangevuld door het uitvoeren van zandsuppleties.

De beoordeling van dit criterium heeft betrekking op de omvang van de zandsuppleties die nodig zijn voor de gaswinning Ternaard. De omvang wordt beschouwd ten opzichte van het volume van de zandsuppleties die worden uitgevoerd voor het kustbeheer door Rijkswaterstaat. De zandsuppleties die door Rijkswaterstaat worden uitgevoerd zijn gericht op het tegengaan van de autonoom optredende afname van het zandvolume in de Noordzeekustzone. De omvang van de zandsuppleties die nodig zijn voor de gaswinning is bepaald op basis van de voorspelling van de bodemdaling. De autonome afname van de kustzone is gebaseerd op bestaande studies van de kustontwikkeling. Op basis van expert judgement is bepaald dat als het volume van de zandsuppleties voor de gaswinning Ternaard binnen een orde van grootte van tot 10% ligt van de afname die autonoom in het gebied plaatsvindt, de beoordeling neutraal is. Deze beoordeling is gebaseerd op een beschouwing van de fysieke omvang van de zandsuppleties. Een toevoeging van 10% van het volume kan plaatsvinden door deze letterlijk bovenop de voorziene suppleties uit te voeren, zodat het oppervlakte van de Noordzeekust die wordt beïnvloed door de zandsuppletie niet toeneemt.

Indien het volume groter is dan 10% van de autonome afname, dan wordt dit als negatief beschouwd. Een sterk negatieve beoordeling is gekoppeld aan een afname die tenminste zo groot is als de autonome afname van het zandvolume.

Tabel 10-7 Beoordelingsschaal zandsuppleties

Score	Toelichting
++	n.v.t.
+	n.v.t.
0/+	n.v.t.
0	Het volume van de benodigde zandsuppleties voor de bodemdaling door de voorgenomen gaswinning heeft een grote van orde tot 10% van de afname die autonoom plaatsvindt.
0/-	n.v.t.
-	Het volume van de benodigde zandsuppleties voor de bodemdaling door de voorgenomen gaswinning heeft een omvang van 10% tot 100% die groter is dan de afname die autonoom plaatsvindt.
--	Het volume van de benodigde zandsuppleties voor de bodemdaling door de voorgenomen gaswinning heeft een omvang groter is dan de afname die autonoom plaatsvindt.

Sedimentsamenstelling

De sedimentsamenstelling van de Waddenzee heeft betrekking op het percentage slib in de bodem en op de mediane korrelgrootte. De sedimentsamenstelling is als abiotische factor van belang voor het bodemleven en is als zodanig medebepalend voor welke soorten aanwezig zijn en in welke dichtheden (zie bijvoorbeeld Van der Kam e.a., 1999 voor een overzicht van deze relaties). Als er heel veel slib aanwezig is in de bodem, dan kan dat het foerageren door steltlopers beperken (Blomert, 2002). De sedimentsamenstelling is een van de abiotische factoren die de kwaliteit van het habitattype bepaald.

De beoordeling van dit deelaspect vindt plaats ten opzichte van de huidige situatie, zoals beschreven in paragraaf 10.4.1. Het uitgangspunt bij deze beoordeling is dat de huidige sedimentsamenstelling in de kombergingsgebieden van de Waddenzee een representatieve afspiegeling is van alle verschillende fysische en biologische processen in het gebied. Een verandering ten opzichte van de huidige situatie betekent dat de processen veranderen en dat wordt beoordeeld als licht negatief. Een grote verandering, die betekent dat er een wezenlijke verandering van de processen plaatsvindt, wordt beoordeeld als sterk negatief. Een grote verandering kan bijvoorbeeld betrekking hebben op één plaatgebied waarvan de sediment samenstelling verschuift van slibrijk naar slibarm (of omgekeerd). Hierbij wordt opgemerkt dat een verandering van de sedimentsamenstelling voor de ecologie niet noodzakelijkerwijs negatief doorwerkt op de ecologie. Eventuele doorwerkingen op natuurwaarden worden beschreven in het hoofdstuk Ecologie.

Tabel 10-8 Beoordelingsschaal sedimentsamenstelling

Score	Toelichting
++	n.v.t.
+	n.v.t.
0/+	n.v.t.
0	De sedimentsamenstelling verandert niet als gevolg van de bodemdaling door de gaswinning Ternaard.
0/-	n.v.t.
-	De sedimentsamenstelling verandert beperkt als gevolg van de bodemdaling door de gaswinning Ternaard.
--	De sedimentsamenstelling verandert grootschalig als gevolg van de bodemdaling door de gaswinning Ternaard.

10.4 Referentiesituatie

De Waddenzee is een dynamisch gebied, waar de ligging van geulen, platen en kwelders verandert onder invloed van het getij, golven, stormen en biologische processen. De referentiesituatie en de autonome ontwikkeling worden dan ook gezamenlijk beschouwd, waarbij de trendmatige ontwikkelingen en variaties in de afgelopen jaren worden beschouwd.

De belangrijkste sturende factor bij het beschouwen van de autonome ontwikkelingen is de snelheid waarmee de zeespiegel stijgt. In Baart et al. (2015) en Vermeersen et al. (2018) is geconstateerd dat de afgelopen jaren nog geen verandering in de snelheid van zeespiegelstijging is waargenomen in de waterstandstations langs de Nederlandse kust. Dat betekent dat de versnelling van de zeespiegelstijging, waarmee sinds de Integrale bodemdalingsstudie Gaswinning (Oost et al., 1998) rekening mee is gehouden, zich nog niet heeft voorgedaan. In recente prognoses van de zeespiegelstijging wordt rekening gehouden met een versnelde stijging van de zeespiegel (KNMI 2015; Vermeersen et al., 2018). Ook in de voorliggende Passende beoordeling wordt bij de autonome ontwikkeling uitgegaan van een versnelling van de snelheid van zeespiegelstijging volgens het actuele scenario dat wordt gehanteerd bij de Gaswinning Waddenzee (TNO, 2016), zie ook paragraaf 3.3.4.

10.4.1 Grootschalige sedimentatie

In de Waddenzee is sprake van een langjarige trend van doorgaande sedimentatie in de kombergingsgebieden van de Waddenzee. De sedimentatie in de kombergingsgebieden in de Waddenzee is gerapporteerd in Elias et al. (2012), Nederhoff & Smits (2017) en Elias (2019). De sedimentatie vindt plaats onder invloed van een serie abiotische en biotische processen. Op basis van de kennis van de processen, zoals bijvoorbeeld verwoord in Wang et al., (2018) wordt verwacht dat de langjarige trend van doorgaande sedimentatie nog tenminste enkele decennia zal doorzetten. De sedimentatie in de Waddenzee trend wordt mede-gestuurd door de stijging van de zeespiegel. Voor het Borndiep en het Pinkegat-Friesche zeegat (in de studies worden deze kombergingsgebieden samengenomen) is de waargenomen doorgaande sedimentatie groter dan nodig is voor het bijhouden van de zeespiegelstijging tot nu toe (Elias et al., 2012; Nederhoff & Smits, 2017; Elias, 2019).

Bij een versnelde stijging van de zeespiegel zal de langjarige sedimentatie in de kombergingsgebieden toenemen, zodat de morfologische kenmerken van deze kombergingsgebieden niet zullen veranderen (Oost et al., 1998; Wang et al, 2107; 2018). Het meegroeien met de versneld stijgende zeespiegel zal tenminste doorgaan totdat de snelheid waarmee de zeespiegel groter wordt dan het meegroeivermogen van respectievelijk 5 mm/jaar voor het Borndiep en 6 mm/jaar voor het Pinkegat. Waarschijnlijk zal ook na het overschrijden van deze ondergrenzen van het meegroeivermogen de karakteristiek van de kombergingsgebieden niet veranderen, omdat de grens van het meegroeivermogen op een voorzichtige, conservatieve wijze is bepaald en recente berekeningen beduidend hogere grenzen laten zien (Wang et al.,

2017; 2018). Overigens gaat bij het overschrijden van het meegroeivermogen de grootschalige sedimentatie in de Waddenzee door, maar dan is deze niet meer voldoende groot om de droogvallende platen in hun geheel te laten meegroeien met de versneld stijgende zeespiegel. Dit leidt tot een geleidelijk proces waarbij het areaal droogvallende platen afneemt, zodat op een termijn van eeuwen het karakter van de Waddenzee verandert (Van der Spek, 2018).

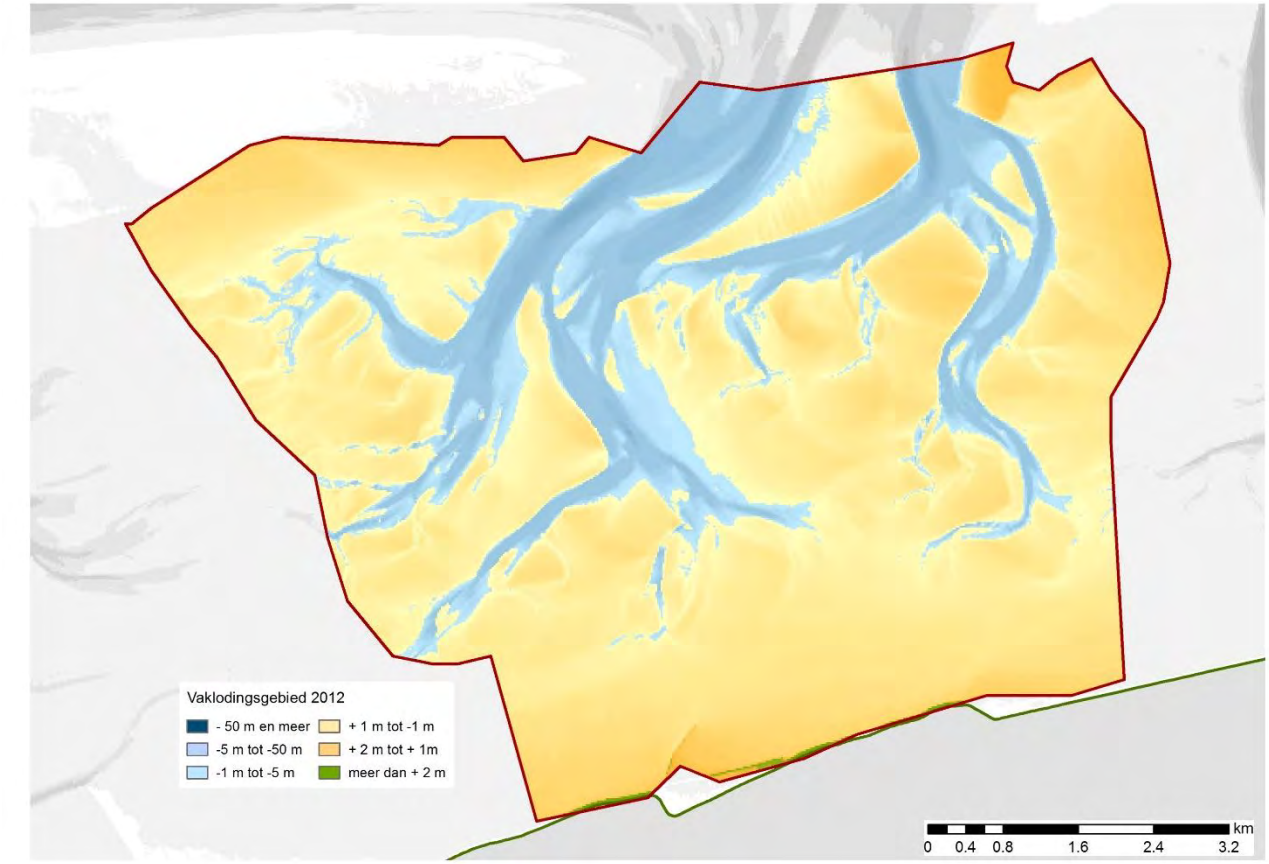
De autonome trend in de kombergingsgebieden is er een van grootschalige sedimentatie. Bij versnelde stijging van de zeespiegel zal de sedimentatiesnelheid verder toenemen.

10.4.2 Plaatareaal, droogvalduur

Het plaatareaal in het studiegebied omvat de droogvallende platen in het Pinkegat en het Borndiep. Het gebied dat is gebruikt voor de analyse is weergegeven in Figuur 10-4. De kwelders vallen buiten de begrenzing van het analysegebied. In Tabel 10-9 zijn de oppervlaktes weergegeven van de geulen bij verschillende laagwaterstanden en de natte oppervlaktes bij de bijbehorende hoogwaterstanden. Het verschil tussen de natte oppervlakte bij hoog- en laagwater is het oppervlakte aan de droogvallende platen en ook deze zijn opgenomen in Tabel 10-9. Bij gemiddelde getij bestaat ongeveer 80% van het kombergingsgebied van het Pinkegat uit droogvallende platen.

Tabel 10-9 Overzicht van de oppervlaktes bij hoogwater- en laagwaterstanden in het Pinkegat (Waterstanden Nes, langjarige gemiddelden 2011, Rijkswaterstaat, 2013)

	Hoogwater-standen in cm	Natte opper-vlakte bij hoogwater in ha	Laagwater-standen in cm	Natte opper-vlakte bij laagwater in ha	Droogvallend areaal (ha)
Gemiddeld springtij	119	6.085	-133	1.092	4.993
Gemiddeld tij	106	6.075	-116	1.268	4.807
Gemiddeld doodtij	88	6.062	-94	1.582	4.480
LAT (Lowest Astronomical Tide)			-172	880	

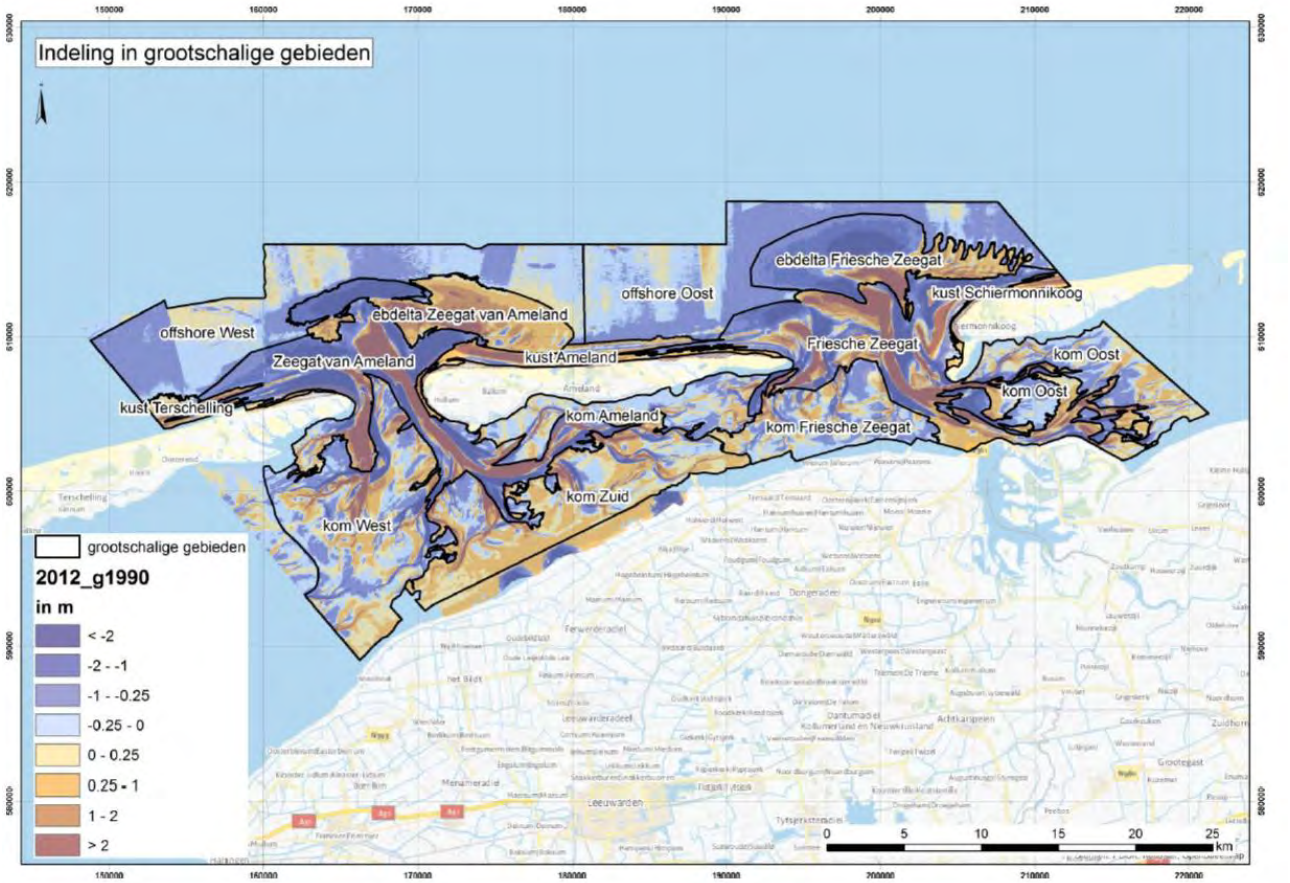


Figuur 10-4 Kaart van het kombergingsgebied Pinkegat

De hoogte van de platen en de diepte van de geulen van elk kombergingsgebied in de Waddenzee worden iedere zes jaar opgemeten in opdracht van Rijkswaterstaat, als onderdeel van de vaklodingen. Uit de vaklodingen wordt het areaal van de droogvallende platen bepaald, zoals hierboven is gedaan. De opeenvolgende vaklodingen maken het mogelijk om de trends in de sedimentvolume te bepalen. De ontwikkelingen van de sedimentvolumes in de Waddenzee, op de buitendelta's, de Noordzee en de eilandkusten rondom Ameland zijn in 2015 bepaald door Tommer en Marges (2015) op basis van alle destijds beschikbare vaklodingen. De gebiedsindeling die door Tommer en Marges (2015) is gehanteerd maakt het mogelijk om de ontwikkeling van de sedimentvolumes op de platen in de kombergingsgebieden te volgen, dit zijn de gebieden die in Figuur 10-5 zijn aangeduid met 'kom'. In Tabel 10-10 zijn de volumeveranderingen voor deze gebieden weergeven.

Tabel 10-10 Volumeveranderingen in deelgebieden (uit Vermaas en Marges, 2015

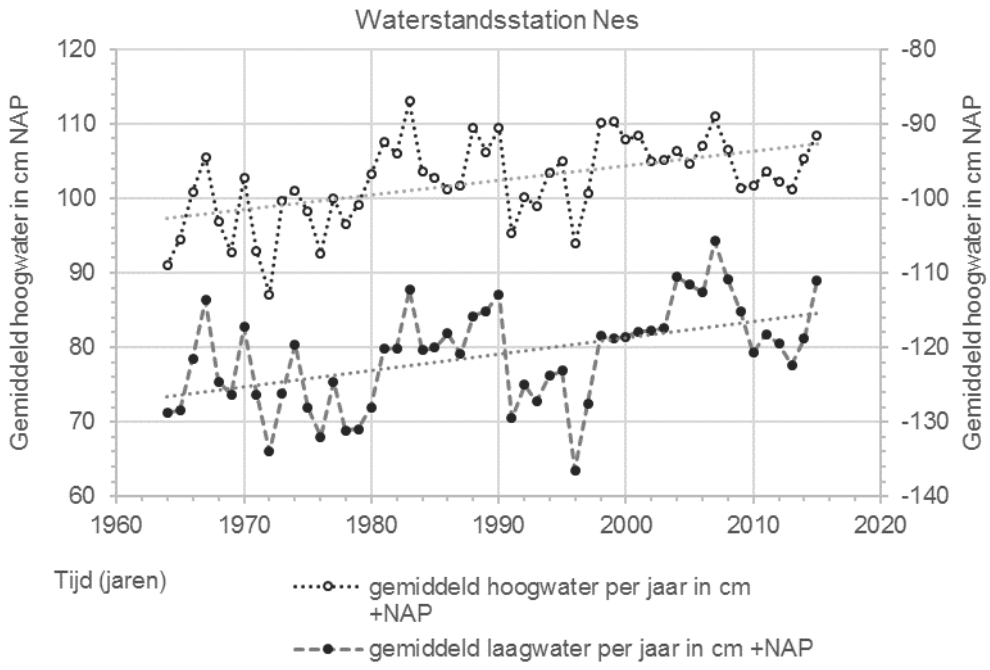
Naam deelgebied	Volumeverandering 1990-2012
kom West	-11,64 x 10^6 m^3
kom Zuid	35,77 x 10^6 m^3
kom Ameland	-4,55 x 10^6 m^3
kom Friesche Zeegat	-1,98 x 10^6 m^3
kom Oost	-26,39 x 10^6 m^3



Figuur 10-5 Gebiedsindeling zoals gehanteerd voor de volumebepalingen door Tommer en Marges (2015), op de verschilkaart 1990-2012 (uit Vermaas en Marges, 2015)

De platen en geulen in de nabijheid van de veerdam bij Holwerd, dat onderdeel is van het Borndiep, hebben in de afgelopen tiental jaren ontwikkelingen doorgemaakt waardoor de natuurlijke omvang van de geul is afgenomen. Een van deze ontwikkelingen is de sedimentatie van het plaatgebied, waardoor het kombergingsvolume is afgenomen. Verder heeft een kleine verschuiving van het wantij plaatsgevonden en heeft het doorlopend Dantziggat een deel van het debiet van de vaargeul overgenomen. Deze autonome veranderingen zijn medeoorzaak van de toename van het baggerbezwaar in de Vaarweg Holwerd-Ameland in de afgelopen 20 jaar (Herman e.a., 2016). Het betekent dat in de directe nabijheid van het gebied waar de bodemdaling door de gaswinning Ternaard plaats zal vinden, in het kombergingsgebied van het Pinkegat substantiële sedimentatie op de wadplaten heeft plaatsgevonden.

De droogvalpercentages op de platen veranderen bij een andere bodemligging van de platen en bij wijzigingen in het getij. Het getij heeft de afgelopen jaren een trendmatige toename laten zien van de niveaus van hoog- en laagwater conform de stijgende zeespiegel. Figuur 10-6 toont de ontwikkeling in de hoog- en laagwaterstanden voor Nes (Ameland), het dichtstbijzijnde waterstandstation met een continue meetreeks. In de grafiek is zichtbaar dat de variaties in de jaargemiddelde hoog- en laagwaterstanden van jaar op jaar centimeters groot zijn. Deze variaties betekenen dat de droogvalpercentages als gevolg van veranderingen in het getij van jaar op jaar verschillen.



Figuur 10-6 Grafiek met de jaargemiddelde hoog- en laagwaterstanden bij Nes (Ameland, gegevens Rijkswaterstaat)

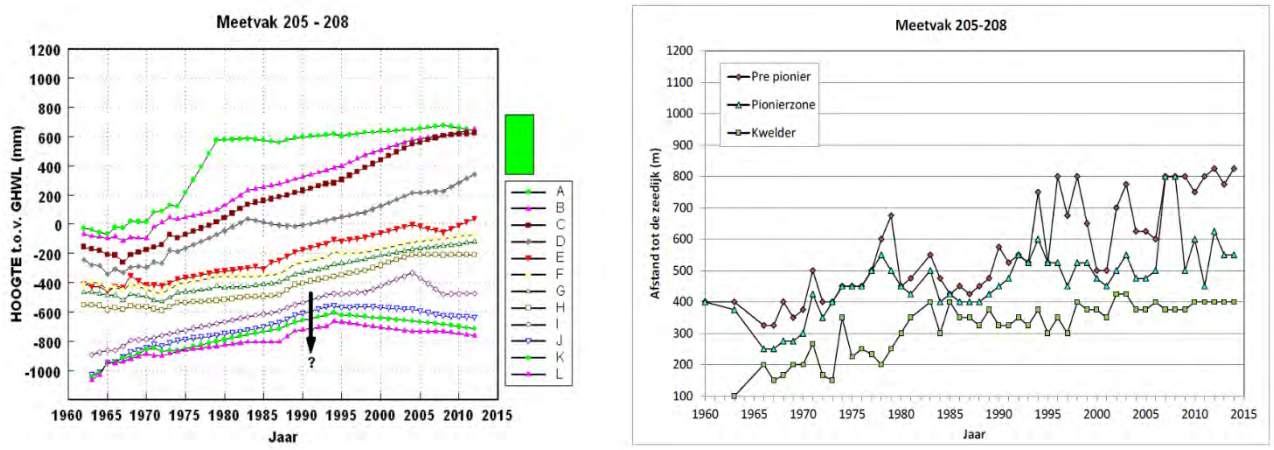
De ontwikkeling van het plaatareaal op de lange termijn is een belangrijk onderdeel van de langjarige ontwikkelingen van de kombergingsgebieden. Wanneer de snelheid van zeespiegelstijging en de bodemdaling het meegroeivermogen niet overschrijden, blijven de kenmerken van de kombergingsgebieden behouden. Voor de platen betekent dit dat de ontwikkelingen in het plaatareaal op dezelfde wijze zullen doorzetten. Daarbij geldt ook de kanttekening dat variatie optreedt in de hoogte en het areaal van de platen onder invloed van de verschillende korte termijn fluctuaties in het getij, wind en golven en de biologische processen en door morfologische veranderingen in de ligging van geulen en platen. De bodemligging in het Pinkegat zal niet structureel veranderen ten opzichte van het referentieniveau van de (stijgende) zeespiegel, zolang de snelheid van zeespiegelstijging onder het meegroeivermogen blijft (Wang et al, 2018). Wel zullen de posities van de geulen en de platen veranderen als gevolg van de autonome dynamiek van de Waddenzee.

De wadplaten die in de Waddenzee droogvallen bij laagwater vormen een beschermd habitattype, net als de geulen en de kwelders. De wadplaten zijn onder andere van groot belang voor de natuurfunctie van de Waddenzee vanwege hun rol als foerageergebied voor veel beschermde vogelsoorten. Tijdens laagwater, als de wadplaten droogvallen, vormen de aanwezige bodemdieren een essentiële voedselbron voor deze vogels. De draagkracht voor de vogels wordt bepaald door het aanwezige voedsel en de bereikbaarheid van dat voedsel (zie voor een recente analyse hiervan in het licht van de gaswinning Waddenzee: Ens et al., 2019). De hoogteligging van de wadplaten is via de droogvalduur (Blomert, 2002) medebepalend voor de bereikbaarheid van het voedsel (Rappoldt & Ens, 2013). In het licht van de effectenbepaling in deze Passende beoordeling is het alleen zinvol om eventuele veranderingen in het areaal en de hoogteligging van de wadplaten te beschouwen als deze meetbaar en merkbaar veranderen als gevolg van de gaswinning Ternaard. In het volgende hoofdstuk zal hier nader op worden ingegaan.

10.4.3 Kwelders

De kwelders in het studiegebied omvatten de kwelderfragmenten bij ‘t Skoar en de Kromme Horne bij Wierum, aan de vastelandskust en de pioniervegetatie op het hoge wad ten zuiden van het Hon aan de oostpunt van Ameland. De kwelderwerken en kwelders ten oosten van de veerdam Ameland, de Paezummerlannen en de eilandkwelders ’t Hon en Neerlands Reid van Ameland liggen buiten het studiegebied. Over de hoogteontwikkeling van de kwelder Ameland onder invloed van de bodemdaling door de gaswinning Ameland is een toelichting opgenomen in paragraaf 4.3.10. De bodemdaling door de gaswinning Ternaard heeft geen invloed op de kwelder Ameland.

De hoogteontwikkeling van de vastelandskwelders met kwelderwerken wordt sinds jaar en dag gemeten en hierover wordt frequent gerapporteerd. Duin et al. (2016) is de meest recente rapportage, waarin over deze ontwikkelingen wordt gerapporteerd en hierin is de ontwikkeling opgenomen van de kwelder ten oosten van de Veerdam (Figuur 10-7). De hoogte van de A-D vakken in de kwelderzone (met begroeiing) is toegenomen vanaf halverwege de jaren ’60. De breedte van de begroeide kwelder is tot rond 2000 toegenomen, met grote fluctuaties. Sindsdien is de breedte min of meer stabiel. Ook in de pionierzone voor de kwelder is de hoogte toegenomen. De breedte van de pionierzone is ten opzichte van eerste metingen toegenomen, waarbij grote fluctuaties zijn opgetreden. De hoogte van de pionierzone is afgenomen sinds het onderhoud aan de buitenste dwarsdam is gestaakt. De breedte van de pre-pionierzone is wel toegenomen, met ook grote fluctuaties.



Figuur 10-7 Ontwikkeling van de vastelandskwelder ten oosten van de veerdam bij Holwerd uit Duin et al (2016). Het groene blokje geeft het hoogteniveau van de kwelderzone weer, de pijl met het vraagteken toont het moment en de locatie van het verlaten van de buitenste dwarsdam. Voor de positie van de meetvakken A tot en met L zie Duin et al (2016)

Sinds 2006 wordt de ontwikkeling van de vastelandskwelder “de Paezumerlannen” gemonitoord. Bij deze kwelder vindt bodemdaling plaats door de winning uit het gasveld “Moddergat”. De kwelder Paezummerlannen ligt ten oosten van het studiegebied voor de gaswinning Ternaard en er zal geen extra bodemdaling plaatsvinden door de gaswinning bij Ternaard. De bodemdalingssnelheid bij de meetlocatie Moddergat bedraagt gemiddeld 3,3 mm per jaar (van Duin et al., 2016b). Uit de monitoringresultaten blijkt dat de opslibbingsnelheid hoog genoeg is om de bodemdaling en zeespiegelstijging bij te houden. Deze kwelder heeft zich de afgelopen jaren in zeewaartse richting uitgebreid. Er zijn dus, zoals voorspeld, geen effecten van bodemdaling door gaswinning in dit gebied.

De ontwikkeling van het kleine kweldergebied, of juister de zomerpolder bij ’t Skoar is niet vastgelegd met metingen van de kwelderhoogte en dat geldt ook voor de kwelder de Kromme Horne bij Wierum. Over de kwelder bij Wierum is in Van Duin et al. (2016b) opgemerkt: “Het volledig stoppen met onderhoud aan de dammen kan er voor zorgen dat de over het algemeen op dit moment juist gewenste jonge stadia verdwijnen en de gerijpte kwelder door kliferosie vervolgens langzaam verdwijnt. De kwelder de Kromme Horne bij Wierum is hier een duidelijk voorbeeld van: de pionierzone is vrijwel geheel verdwenen en er vindt kliferosie plaats”.

Vanwege de verschillende morfologische veranderingen van de vastelands kwelders en de variatie in de randvoorwaarden, met inbegrip van het gebruik en beheer, is het voor de kwelders lastiger dan bij de droogvallende platen om een voorspelling te presenteren van de autonome ontwikkelingen. Om toch een uitspraak te kunnen doen over de autonome ontwikkelingen wordt een aantal aannames gedaan, op basis van expert-judgement en inzichten uit studies en literatuur. De aannames zijn:

- Geen wijzigingen in de overstromingsfrequentie door veranderingen in het niveau van hoogwater.
- Geen veranderingen in de hoogteligging van de voorliggende wadplaten.
- Hogere sedimentatiesnelheden bij toename overspoelingsfrequentie door zeespiegelstijging en bodemdaling.

Voor verschillende kwelders in het studiegebied betekent dit:

't Skoar: Het kwelderareaal is feitelijk een zomerpolder die achter een zomerdijk ligt. Pas als de overstromingsfrequentie van de zomerdijk duidelijk gaat toenemen, zal er sprake zijn van effecten op de zomerpolder. In eerste instantie zal de sedimentatiesnelheid in de zomerpolder toenemen. Bij een versnelde stijging van de zeespiegel wordt daarna een moment bereikt waarop de sedimentatiesnelheid niet meer opweegt tegen de relatieve zeespiegelstijging. Uiteindelijk zal dat leiden tot een afname van de relatieve hoogte van de zomerpolder.

Kwelder bij Wierum. De kliferosie bij de kwelder de Kromme Horne bij Wierum zal verder gaan, zodat het areaal van de kwelder afneemt. Bij een versnelde stijging van de relatieve zeespiegel zal daarbij gaandeweg 'verdrinking' plaatsvinden van de kwelder.

Pionierbegroeing Ameland oost: In het gebied ten zuiden van het eiland Ameland aan de oostpunt van de Hon, waar in de meest noordelijk gelegen bodemdalingsschotel uit winningsplan (NAM, 2019) de contour van 2 cm bodemdaling loopt, is op de hoge wadplaat op verschillende plekken ook pioniervegetatie aanwezig. De hoge wadplaat is onderdeel van het habitattype H1140, terwijl de delen met pioniervegetatie classificeren als zilte pionierbegroeiingen (habitattype H1310). Pioniervegetatie kan zich alleen vestigen als de wadplaten voldoende hoog zijn geworden. De aanwezigheid van het habitattype H1310 is daarmee een indicatie van hoogtetoename van het wad. De toename van de hoogte van de wadplaat in dit gebied met tenminste één decimeter binnen tien jaar is een recente ontwikkeling, die zichtbaar is in de opeenvolgende hoogtemetingen. Deze hoogtetoename heeft plaatsgevonden terwijl daar ondertussen ook bodemdaling heeft plaatsgevonden als gevolg van de gaswinning Ameland. Vastgesteld kan worden dat de sedimentatie ter plaatse voldoende groot is om de lokale bodemdaling te niet te doen en een bodemhoogte toename van tenminste 1 decimeter te realiseren.

Bij een versnelde zeespiegelstijging zal de sedimentatie op de kwelder na verloop van tijd onvoldoende zijn om de stijging bij te houden. De afname van de hoogte van de kwelder zal bij verdere stijging van de zeespiegel doorgaan en uiteindelijk leiden tot een afname van het kwelderareaal. Daar waar erosie van de kwelderrand plaatsvindt, zal deze naar verwachting ook in de toekomst verder doorgaan. De snelheid van zeespiegelstijging die door kwelders kan worden gevolgd, verschilt per kwelder. De sedimentatiesnelheden van de vastelandskwelders zijn over het algemeen hoger dan die op de eilandkwelders. De vastelandslandskwelders kunnen daardoor in stand blijven bij een hogere snelheid van zeespiegelstijing dan de eilandkwelders. De snelheid waarmee sedimentatie plaatsvindt op de kwelders ligt boven de grens van het meegroeivermogen van 6 mm/jaar. Dat betekent dat op het moment dat de invloed van zeespiegelstijging doorslaggevend zal worden voor de ontwikkeling van de kwelders, de gaswinning conform de HadK-systematiek, al zal zijn beëindigd.

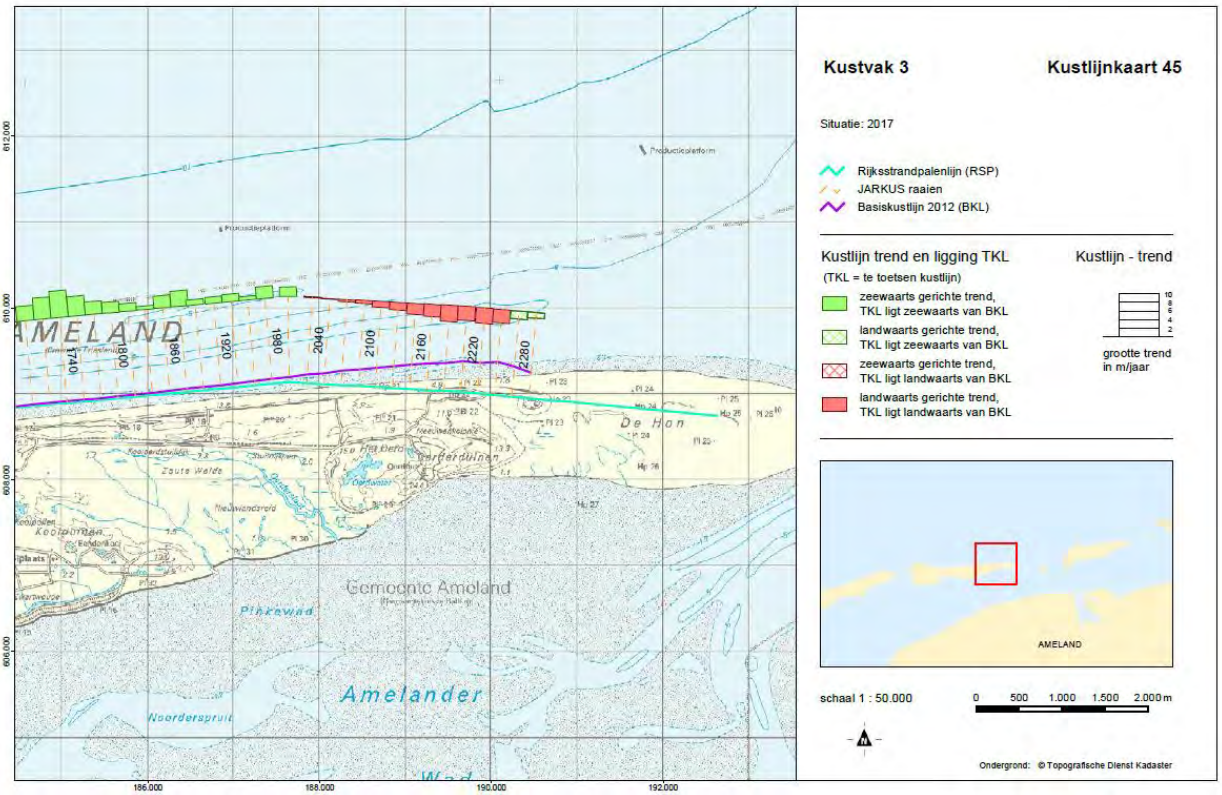
10.4.4 Kustdynamiek en zandsuppleties

Het strand en de vooroever van de Noordzeekustzone zijn zeer dynamische gebieden. De dynamiek bestaat deels uit tijdelijke fluctuaties, zoals het verhogen en verlagen van het strand onder invloed van seizoensdynamiek, uit semi-cyclische processen, zoals het ontstaan en de migratie van brekerbanken en uit structurele uitbouw, dan wel achteruitgang. Dat laatste, de structurele achteruitgang van de kustlijn en de bijbehorende structurele afname van het zandvolume van de kust, is reden voor de kustbeheerder voor het uitvoeren van zandsuppleties. Zandsuppleties worden uitgevoerd om de zandvoorraad van de kust op peil te houden, zoals is vastgelegd in het Nationale Waterplan. In de nabijheid van de kombergingsgebieden Pinkegat en Borndiep zijn op de kust van Ameland de afgelopen jaren frequent zandsuppleties uitgevoerd, zowel op het strand, als op de onderwateroever. De meest recente zandsuppleties op het midden-oostelijke deel van Ameland zijn uitgevoerd in 2015 in de vorm van een vooroever- en strandsuppletie tussen de raaien 1240 en 1700. Voor de periode tot 2020 is een vooroeversuppletie voorzien voor Ameland midden tussen de raaien 13 en 23 met een omvang van 4.000.000 m^3.

De noodzaak tot het uitvoeren van zandsuppleties wordt ieder jaar vastgesteld door Rijkswaterstaat op basis van de gegevens uit jaarlijkse metingen van de ligging van de kust (de Jarkus-metingen). Ieder jaar wordt vastgesteld of voldoende zand aanwezig is in het kustprofiel. Daarbij wordt uitgegaan van de trends in de ontwikkeling van het zandvolume. Een toelichting op de methode kan worden gevonden in het jaarlijkse verschijnende rapport 'Kustlijnkaarten' (Rijkswaterstaat, 2016a). In de 'Kustlijnkaarten' wordt in tabellen en in kaarten zichtbaar gemaakt welke trends optreden in de ontwikkeling van de zandvolumes per raai. Figuur 10-8 toont een kustlijnkaart van de oostzijde van Ameland. In de roodgekleurde raaien is sprake van een

overschrijding van de basiskustlijn. In de ‘Kustlijnkaarten’ wordt hierover opgemerkt: “Tussen 2020 en 2280 is de trend overwegend landwaarts en wordt de basiskustlijn op het merendeel van de raaien overschreden. Voor het midden en oosten van Ameland staat daarom een vooroeversuppletie gepland in 2020.”

De samenhang tussen de zandsuppleties voor de kust en de autonome ontwikkelingen van de kombergingsgebieden in de Waddenzee ligt in het sedimentdelende systeem. Het sedimentdelende systeem van het Pinkegat grenst via de buitendelta aan de westzijde aan de kust van Ameland en oostzijde aan de buitendelta van het Friesche zeegat. Mogelijk wordt een klein deel van het benodigde zand voor het Pinkegat geleverd door dan wel via de buitendelta van het Friesche Zeegat. Waarschijnlijk is deze aanvoer veel kleiner dan aanvoer vanaf de kust van Ameland, vanwege het van west naar oost gerichte netto transport van sediment langs de Waddeneilanden. Aanvoer vanaf de hoge platen het Rif en Engelsmansplaat naar het Pinkegat onder invloed van bodemdaling vindt hoogstwaarschijnlijk niet plaats (Wang, 2007). Ook het kombergingsgebied van het Borndiep, waar ten opzichte van het Pinkegat een veel minder omvangrijke bodemdaling zal plaatsvinden door de gaswinning Ternaard is verbonden met de kust van Ameland. Voor het aanvullen van de zandvoorraad van de kust vanwege de bodemdaling wordt daarom uitsluitend naar de kust van Ameland gekeken.



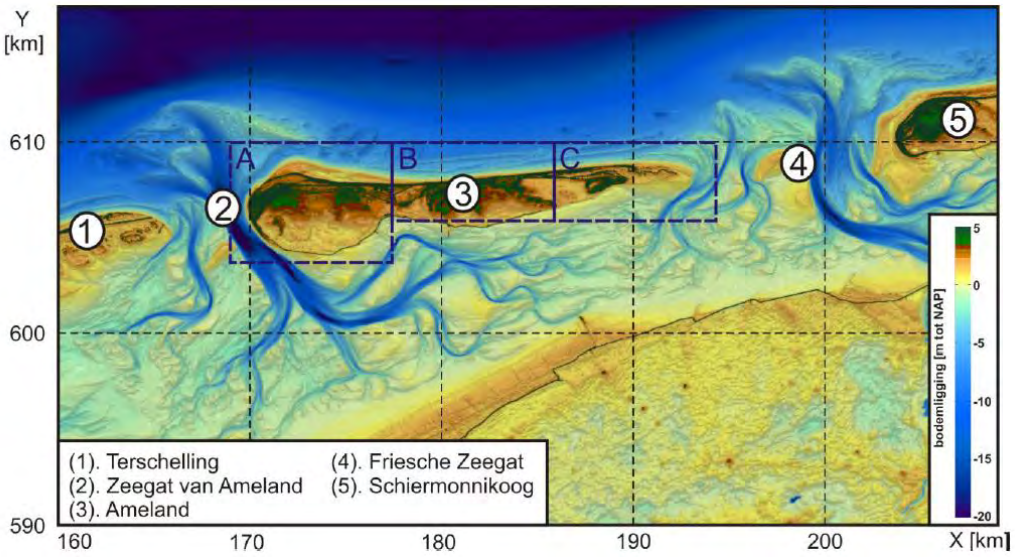
Figuur 10-8 Kustlijnkaart 2017 van de oostzijde van Ameland (uit Rijkswaterstaat, 2016a)

De analyse van de bodemhoogte door Vermaas en Marges (2015) laat een volumetoename zien van het vak ‘kust Ameland’ (zie Figuur 10-8) van 19,86 x 10^6 m^3 in de periode 1990-2012. Het zandvolume van de kust is dus groter geworden. De toename van het volume van de kust komt overeen met het volume zand van circa 20 x 10^6 m^3 dat in de periode 1990-2012 op de kust van Ameland is gesuppleerd. Ondanks de toename van het zandvolume van de kust van Ameland zullen ook in de toekomst naar verwachting nog zandsuppleties op de kust van Ameland moeten worden uitgevoerd om de ligging van de kustlijn te handhaven. Een van de redenen is dat de toename van het zandvolume in een ander gebied heeft plaatsgevonden dan de gebieden die worden beschouwd voor de kustlijnkaarten. Het aanlanden van de strandhaak van het Bornrif aan de westzijde heeft geleid tot een grote toename van het zandvolume aan de noordwestzijde van Ameland (in gebied A in Figuur 10-9).

Door Elias en Bruens (2013) zijn berekeningen uitgevoerd naar de volumeontwikkelingen van de kust van Ameland. In de berekeningen is de ontwikkeling van het zandvolume in de kustzone beschouwd, waarbij is gecorrigeerd voor de aangebrachte zandsuppleties. Uit het centrale deel van de kust van Ameland (gebied B

in Figuur 10-9) wordt per jaar 0,55 x 10^6 m^3 zand afgevoerd. Vanaf de strandhaak (gebied A in Figuur 10-9) wordt nog eens 0,8 x 10^6 m^3 zand verplaatst, zodat in totaal ruwweg 1,35 x 10^6 m^3 sediment per jaar verplaatst wordt. Dit betreft de netto verplaatsing, bruto is veel meer sediment in beweging. Voor de volledigheid wordt opgemerkt dat uit de berekeningen en beschouwing van Elias en Bruens (2013) niet valt op te maken in welke richting het zand wordt getransporteerd. Op basis van de generieke kennis van de kust van de Wadden wordt verondersteld dat een belangrijk deel van het zandtransport plaatsvindt van west naar oost, onder invloed van het golf-gedreven langstransport. En uit Elias en Bruens (2013) is ook duidelijk dat voor een groot deel van de kust van Ameland netto transporten van zand naar de duinen plaatsvindt. De sedimentbalans van Vermaas en Marges (2015) is aanvullend op de analyse van Elias en Bruens (2013), maar geeft geen uitsluitsel over de richting van de transporten. Wel is in Vermaas en Marges (2015) rekening gehouden met de bodemdaling door gaswinning. Omdat de bodemdaling door de gaswinning Ameland ook optreedt onder Noordzeekustzone, de duinen en de buitendelta van het Pinkegat, is dit een factor die tot een schijnbaar[2] verlies van sediment kan leiden.

In aanvulling op de berekende netto zandtransporten is ook gekeken naar de volumes zand die de afgelopen decennia zijn gesuppleerd op Ameland. Het Kustlijnkaartenboek 2017 (Rijkswaterstaat, 2016a) geeft een gesuppleerd volume voor het kustvak Ameland van 14,9 x 10^6 m^3 in tien jaar (de periode 2007- 2016). Het gemiddelde jaarlijkse suppletievolume is daarmee 1,49 x 10^6 m^3. Dit volume heeft dezelfde grootte van orde als de door Elias en Bruens (2013) berekende netto verplaatste volume van ruwweg 1,35 x 10^6 m^3 sediment per jaar. Het is niet mogelijk om hierbij een onderscheid te maken naar het suppletievolume dat is gemoeid met de autonome achteruitgang van de kust (inclusief de autonome transporten naar de Waddenzee onder invloed van de stijgende zeespiegel) en de suppletievolume dat is gerelateerd aan de bodemdaling door de gaswinning Ameland. Dit onderscheid is dan ook niet aangegeven bij de suppletievolumes. Het is wel mogelijk achteraf om in een sedimentbalans, op basis van de opgetreden bodemdaling en sedimentatie in de Waddenzee te berekenen hoeveel sediment vanuit de kustzone naar de Waddenzee is getransporteerd vanwege de bodemdaling door gaswinning, zoals bijvoorbeeld is gedaan in Vermaas en Marges (2015).



Figuur 10-9 Gehanteerde indeling van de kust van Ameland: (A) westelijke eilandkop, (B) de eilandkust en (C) oostelijke eilandstaart; uit Elias en Bruens (2013).

Ook in de toekomst zullen zandsuppleties op de kust van Ameland uitgevoerd moeten worden, waarbij net als voor de bodemdaling door gaswinning de snelheid van zeespiegelstijging een belangrijke variabele is. De snelheid van zeespiegelstijging beïnvloedt namelijk de achteruitgang van de kust. De achteruitgang van het zandvolume is op twee manieren gerelateerd aan de snelheid van zeespiegelstijging. In de eerste plaats is er het directe effect op de ligging van kustlijn en het zandvolume van de kust. Een sneller stijgende zeespiegel leidt tot een grotere achteruitgang van het kustprofiel (Oost e.a., 1998; Mulder, 2000) en een grotere achteruitgang betekent dat een groter volume aan zand gesuppleerd moet worden. Een sneller stijgende zeespiegel leidt ook tot een toename van het zandtransport naar de kombergingsgebieden in de

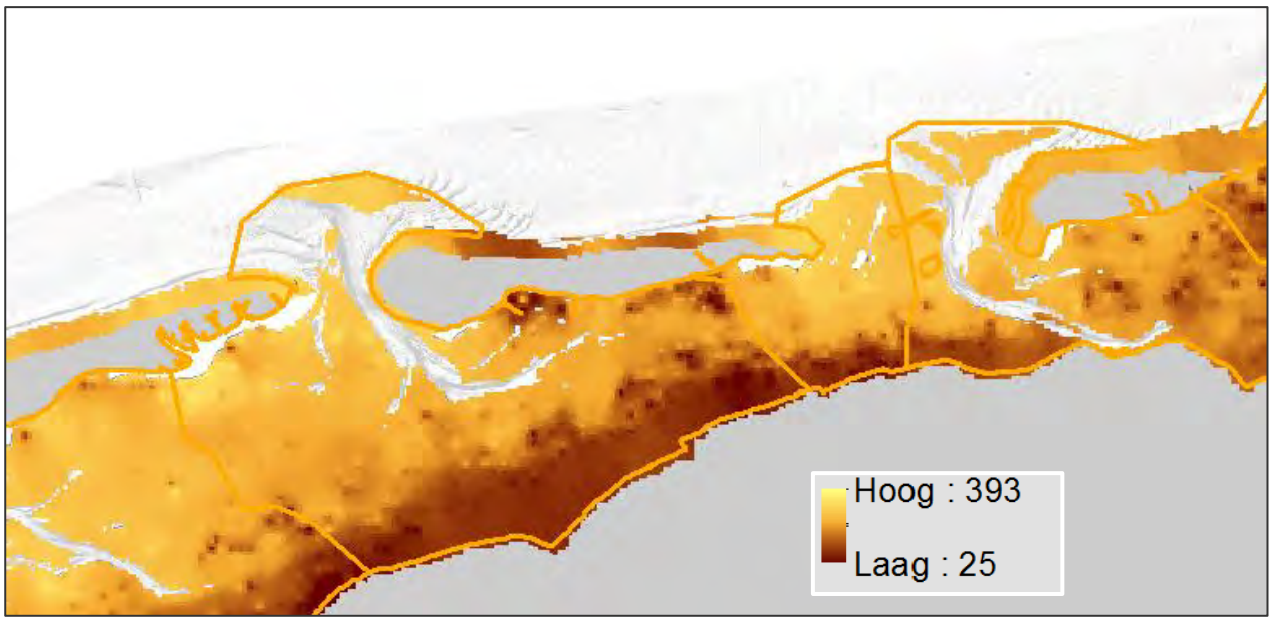
[2] Door de bodemdaling verdwijnt er geen zand of slib maar neemt het watervolume toe. Dit is een schijnbaar verdwijnen (verlies) van sediment.

Waddenzee. Het zandtransport naar de Waddenzee leidt tot een afname van de zandvoorraad van de kust en daarmee tot een achteruitgang van de kustlijn[3].

De combinatie van de response van de kustlijn zelf en die van de kombergingsgebieden op de stijgende zeespiegel leidt tot een sterkere achteruitgang van de kust bij een versneld stijgende zeespiegel. Uitgaande van het vigerende kustbeleid, dat is gericht op het behoud van de ligging van de kustlijn en het aanvullen van de zand voorraad van het kustfundament, betekent een versneld stijgende zeespiegel daarom dat meer zand gesuppleerd zal worden. Onderliggende studies bij het kustbeleid (Mulder, 2000; Nederbragt, 2005) en voor het Deltaprogramma (Haasnoot et al, 2018) laten een lineaire toename zien van het benodigde suppletievolume voor de kustlijnzorg voor geheel Nederland bij hogere snelheden van zeespiegelstijging. Bij een directe vertaling van deze landelijke relatie tussen zeespiegelstijging en suppletievolume naar Ameland betekent dit een toename van het suppletievolume van 1,49 x 10^6 m^3 per jaar bij de huidige snelheid van zeespiegelstijging, tot 4,47 x 10^6 m^3 per jaar bij de drie keer zo hoge snelheid van zeespiegelstijging bij het bereiken van het meegroeivermogen van 6 mm/jaar.

10.4.5 Sedimentsamenstelling

De sedimentsamenstelling van de droogvallende platen in het studiegebied is vastgesteld als onderdeel van de SIBES-bemonstering. Op basis van de SIBES-bemonstering 2008-2012 is een kaart gemaakt van de mediane korrelgrootte in de bodem van de wadplaten, waarvan het deel rond de kombergingsgebieden van het Borndiep en het Pinkegat is getoond in Figuur 10-10. In deze kaart komen de donkere kleuren overeen met een kleine mediane korrelgrootte, dit zijn de slibrijke delen van de Waddenzee. De lichte kleuren komen overeen met de gebieden met zand en schelpfragmenten. Slibrijk sediment wordt vooral aangetroffen op de wadplaten voor de vastelandskwelder en op de wadplaten die in de luwte van Ameland liggen.



Figuur 10-10 Uitsnede uit de kaart van de mediane korrelgrootte (in µm) op basis van de SIBES-bemonstering (uit Christianen et al, 2015).

De verschillende biotische en abiotische processen die leiden tot de verdeling van zand en slib in de Waddenzee blijven bij de autonome ontwikkeling hetzelfde. Omdat deze processen en de condities in de

[3] Voor de duidelijkheid: de zandsuppleties op de kust van de Waddeneilanden worden niet uitgevoerd zodat de Waddenzee mee kan groeien met de stijgende zeespiegel. Het meegroeien met de stijgende zeespiegel is een autonome response van de zanddelende systemen. Het meegroeien gaat ten koste van de zandvoorraad van de aangrenzende kusten. De afname van de zandvoorraad van de kusten leidt tot achteruitgang van de kustlijn. Het kustbeleid gaat uit van het behoud van alle functies van de kust en daarom is het beheer gericht op het handhaven van de kustlijn en van de zandvoorraad van de kust. Daarom worden de zandsuppleties uitgevoerd. Zonder het uitvoeren van de zandsuppleties zullen de kombergingsgebieden van de Waddenzee nog steeds meegroeien met de stijgende zeespiegel, maar gaat de kustlijn achteruit.

kombergingsgebieden vergelijkbaar blijven, verandert de sedimentsamenstelling in de Waddenzee niet. De bodemdaling door de gaswinning Ternaard verandert de processen en condities ook niet, omdat deze niet leidt tot veranderingen van de kenmerken van het kombergingsgebied. Bij een snelheid van zeespiegelstijging die toeneemt tot boven het meegroeivermogen kan langzamerhand de sedimentatie in de Waddenzee achterblijven bij de zeespiegel. Daarmee veranderen gaandeweg de lokale omstandigheden, zoals de waterdiepte op de platen en dat kan betekenen dat ook de lokale sedimentsamenstelling verandert. Dergelijke veranderingen in de sedimentsamenstelling treden alleen op bij snelheden van zeespiegel die zo hoog zijn dat de gaswinning niet meer plaatsvindt, omdat er geen gebruiksruimte meer beschikbaar is.

10.5 Effectbeoordeling

De effectbeoordeling voor de hydromorfologie heeft alleen betrekking op de winning. De effectketen loopt geheel via de bodemdaling die door de gaswinning onder de Waddenzee optreedt. Tijdens de aanleg- en de verwijderingsfasen vinden geen effecten plaats op de hydromorfologische criteria. Daarom vindt in deze paragraaf alleen een beoordeling van de winning plaats en deze komt overeen met de integrale effectbeoordeling voor hydromorfologie. De effectbeoordeling is niet afhankelijk van het gekozen alternatief, omdat de omvang en de ruimtelijke verbreiding van de bodemdaling door de gaswinning niet afhankelijk zijn van de locatie voor de boring en het leidingtracé.

Effectbeoordeling winning

In Tabel 10-11 is de effectbeoordeling voor hydromorfologie voor de winning gepresenteerd. Omdat effecten tijdens de aanleg- en verwijderingsfase ontbreken is dit tevens de integrale effectbeoordeling is. Na de tabel volgt per deelaspect een toelichting.

Tabel 10-11 Effectbeoordeling hydromorfologie, winning

Deelaspect	Referentiesituatie	Gaswinning Ternaard (alle alternatieven)
Gebruiksruimte	0	0
Plaat- en geulareaal	0	0
Droogvalduur platen	0	0
Kwelders	0	0
Zandsuppleties	0	0
Sedimentsamenstelling	0	0

10.5.1 Grootschalige sedimentatie, meegroeivermogen en gebruiksruimte

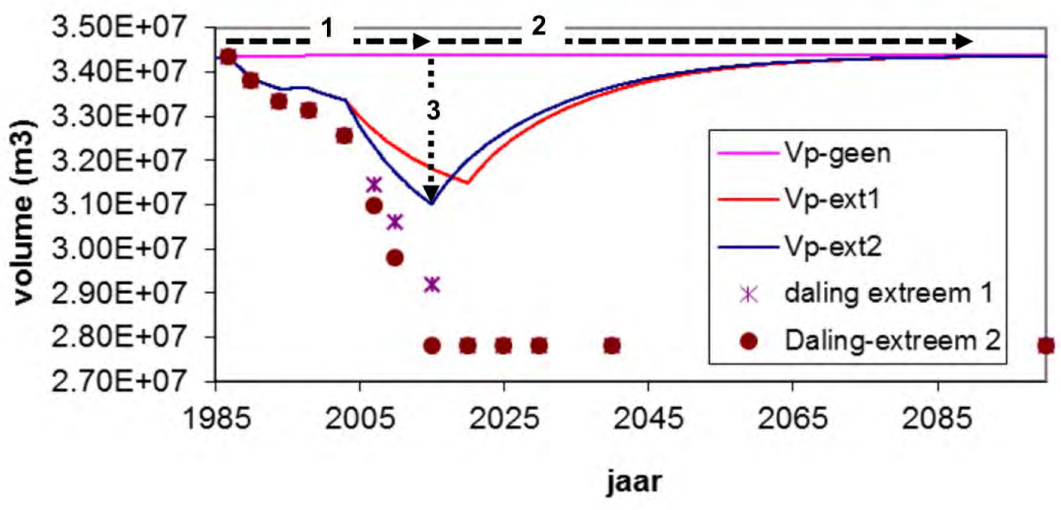
Bij de bodemdaling die optreedt bij de gaswinning wordt de beschikbare gebruiksruimte per kombergingsgebied als harde grens gehanteerd. Deze randvoorwaarde wordt op voorhand toegepast bij het vaststellen van het maximaal winbare volume aan gas en tijdens de winning door te werken volgens de HadK-systematiek, zoals is beschreven in Hoofdstuk 4. De bodemdaling door alle gaswinning (de voorgenomen gaswinning Ternaard en de bestaande gaswinningen Ameland en MLV) in de beïnvloede kombergingsgebieden Pinkegat en Borndiep zal daarom in combinatie met de zeespiegelstijging het meegroeivermogen van de betreffende kombergingsgebieden niet overschrijden. Omdat de omvang van de bodemdaling door de gaswinningen binnen de beschikbare gebruiksruimte wordt uitgevoerd en het meegroeivermogen niet wordt overschreden als gevolg van de bodemdaling door gaswinning, blijven het geomorfologische evenwicht en de sedimentbalans van de kombergingsgebieden in stand. Dit is

aangetoond in de Passende beoordeling voor de gaswinning Waddenzee (Ministerie van Economische Zaken, 2006), in aanvullend onderzoek dat is uitgevoerd als onderdeel van de monitoring bij die gaswinning (Wang *et.al.,* 2017) en in onderzoek in opdracht van de Waddenacademie (van der Spek, 2018, Wang et al., 2018). Deze onderzoeken omvatten alle bodemdaling onder de kombergingsgebieden, ongeacht het gasveld of de gasvelden waaruit de winning plaatsvindt. De resultaten van deze onderzoeken zijn daarom ook van toepassing op de bodemdaling door de gaswinning Ternaard. Het hanteren van de harde randvoorwaarde, die wordt geborgd door het toepassen van de HadK-systematiek, betekent dat geen effecten zullen optreden op de kenmerkende morfologische elementen en processen in de Waddenzee. Structurele effecten op de sedimenthuishouding en de morfologie van de Waddenzee als gevolg van de bodemdaling door gaswinning, waaronder de gaswinning Ternaard, zullen dan ook niet optreden.

10.5.2 Plaatareaal, droogvalduur

De modellen voor het berekenen van de gevolgen van de bodemdaling op de morfologie, waaronder het ASMITA-model (Oost et al., 1998; Wang et al., 2017; 2018), laten allemaal een tijdelijke afname zien van het sedimentvolume van de droogvallende platen. Deze tijdelijke en beperkte afname van het sedimentvolume van de platen, triggert de aanvoer van extra sediment vanuit de kustzone en naar de platen en geulen in het kombergingsgebied. De bodemdaling die optreedt door de gaswinning brengt een extra netto transport van zand en slib op gang (extra ten opzichte van het netto transport onder invloed van de -versneld- stijgende zeespiegel), zodat de afname van het sedimentvolume van de wadplaten kleiner is dan omvang van de bodemdaling onder de wadplaten (Oost et al., 1998; Ministerie van Economische Zaken, 2006; Wang *et.al.,* 2017).

De berekende afname van het sedimentvolume van de wadplaten door Wang en Eysink (2005) en aangevuld in Wang *et.al.* (2017), is gebruikt om de tijdelijke afname van de hoogte en het areaal van de wadplaten te bepalen. De afname van het sedimentvolume van de wadplaten is kleiner dan de bodemdaling door gaswinning, omdat 1. De bodemdaling deels onder de geulen en deels onder de wadplaten plaatsvindt; 2. Extra aanvoer van sediment plaatsvindt. De bodemdaling onder de geulen leidt niet tot een afname van het sedimentvolume van de platen. Figuur 10-11 toont de met het Asmita model gemodelleerde response van het plaatvolume bij twee hypothetische bodemdalingsscenario's, zoals die zijn opgenomen in Wang et al. (2017). In de grafiek zijn zowel de bodemdalingsvolumes getoond, als de ontwikkeling van het plaatvolume in de loop van de tijd. In de periode waarin de bodemdaling plaatsvindt (aangegeven met de pijl bij 1) is sprake van een afname van het plaatvolume. In de periode na de bodemdaling (aangegeven met de pijl bij 2) neemt het plaatvolume toe, totdat het op hetzelfde niveau is als het plaatvolume zonder bodemdaling. De maximale omvang van de volume afname (aangegeven met de pijl bij 3) is ongeveer 50% van het totale bodemdalingsvolume.



Figuur 10-11 Grafiek met de ontwikkeling van het bodemdalingsvolume in het Pinkegat bij twee scenario's 'extreem 1' en 'extreem 2' (de punten in de grafiek), de ontwikkeling van het volume sediment in de droogvallende plaat (Vp-geen), en

de ontwikkeling van het sedimentvolume in de plaat onder invloed van de twee bodemdalingscenario's (Vp-extr 1: extreem 1 en Vp-extr 2: extreem 2). Afkomstig uit Wang et al. (2017)

Voor het berekenen van de tijdelijke afname van het sedimentvolume van de wadplaten in het kombergingsgebied Pinkegat is uitgegaan van de berekeningsresultaten van Wang en Eysink (2005) en Wang *et.al.* (2017) die zijn getoond in Figuur 10-11: de afname van het sedimentvolume van de platen door bodemdaling wordt voor 50% aangevuld door extra aanvoer van zand en slib. Op basis van het areaal platen en geulen in het Pinkegat wordt voor de verdeling van de bodemdaling gehanteerd dat ¼ daarvan plaatsvindt onder geulen en ¾ onder wadplaten. Op basis van de genoemde percentages, in combinatie met de berekende belasting van de gebruiksruimte door gaswinning (meegroeivermogen van 6 mm/jaar voor het Pinkegat, in combinatie met het TNO 2016 zeespiegelstijgingsscenario) bedraagt de maximale jaarlijkse afname van het sedimentvolume van de droogvallende platen 73.000 m^3. Deze tijdelijke afname van het sedimentvolume komt overeen met een afname van de hoogte van de platen met maximaal 1,6 mm, gemiddeld over alle platen in het gehele kombergingsgebied. Deze afname is kleiner dan de resolutie van centimeters die wordt gehanteerd bij het meten van de hoogte van de platen (vaklodingen Rijkswaterstaat). De droogvalpercentages van de platen veranderen niet door deze hoogteafname.

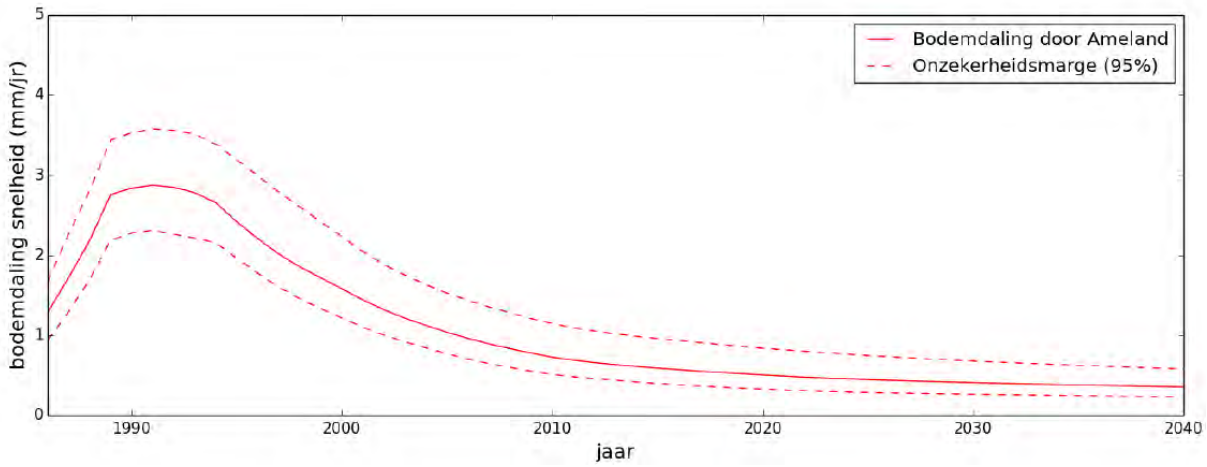
De langjarige afname van het sedimentvolume van de droogvallende platen is klein in vergelijking tot de grote variatie die optreedt op kortere tijdschalen, zoals bijvoorbeeld waargenomen met de LIDAR metingen (Schrijfershof, 2018; van der Lugt et al. 2019). De tijdelijke afname van het sedimentvolume leidt niet tot een meetbare of merkbare afname van het plaatareaal.

Omdat de bodemdalingsvolumes onder het Borndiep kombergingsgebied beduidend kleiner zijn dan die in het Pinkegat, zal de berekende maximale afname van de plaathoogte nog veel kleiner zijn dan de 1,6 mm. Vanwege de zeer beperkte omvang (minder dan 1 mm) is deze niet berekend.

Meetbare en merkbare veranderingen van het areaal en de droogvalpercentages van de wadplaten zullen niet optreden als gevolg van de bodemdaling door de gaswinning Ternaard.

De bodemdaling stopt niet volledig na het beëindigen van de gaswinning, omdat daarna nog sprake is van een zekere na-ijling van de bodemdaling. Figuur 10-12 toont de voorspelling van de reeds opgetreden en de toekomstige bodemdaling bij de gaswinning Ameland, waarbij de gemiddelde bodemdaling is weergegeven, met een onzekerheidsmarge. Duidelijk is dat de bodemdaling na aanvang van de gaswinning in eerste instantie sneller ging, tot de maximale snelheid werd bereikt in het begin van de jaren '90. Daarna is de snelheid van bodemdaling afgenomen. De 'staart' van de grafiek aan de rechterzijde is het na-ijleffect. Het na-ijleffect is nadrukkelijker in beeld gekomen bij de studies naar de tijdsafhankelijke bodemdaling (ook wel bekend als de LTS-studies, zie ook hoofdstuk 4), maar was ook al onderwerp van aandacht in de Passende beoordeling Gaswinning Waddenzee (Ministerie van EZ, 2006). Op het moment van opstellen van de Passende beoordeling was duidelijk dat na beëindiging van de gaswinning nog gedurende enige tijd bodemdaling zou voortduren. In de Passende beoordeling Gaswinning Waddenzee (Ministerie van EZ, 2006) is over deze na-ijling dan ook opgemerkt: "… *Aangezien het cumulatief gaat om enkele millimeters tot 2100 is er wetenschappelijk gezien redelijkerwijs geen twijfel dat dit effect de natuurwaarden van de Wadden of aangrenzende kusten niet beïnvloedt. In beide gevallen zullen deze effecten verdwijnen door sedimentatie, zolang de zeespiegelstijgsnelheid nog gebruiksruimte overlaat. Mocht dat laatste niet het geval zijn (alleen bij een zeer extreme zeespiegelstijgingsontwikkeling) dan verdrinkt het gebied enkele jaren eerder dan door autonome ontwikkelingen het geval zou zijn.*" De berekeningen laten zien dat met "enkele jaren" een periode van hooguit één tot twee jaar omvat. Deze beoordeling uit de Passende beoordeling Gaswinning Waddenzee (Ministerie van EZ, 2006) is onverkort van kracht, inclusief de mogelijke na-ijling door de gaswinning Ternaard.

Meetbare en merkbare veranderingen van het areaal en de droogvalpercentages van de wadplaten zullen na beëindiging van de gaswinning Ternaard niet optreden als gevolg van het naijlen van de bodemdaling.



Figuur 10-12 Grafiek met de gemiddelde snelheid van daling in de loop van de tijd in kombergingsgebied Pinkegat door de gaswinning Ameland. De stippellijnen zijn de boven- en ondergrens van het betrouwbaarheidsinterval (NAM, 2017).

10.5.3 Kwelders

De bodemdalingsschotel die ontstaat door de gaswinning bij Ternaard heeft het zwaartepunt onder de Waddenzee. De vastelandskwelders liggen aan de buitenzijde van de bodemdalingsschotel, zodat de totale bodemdaling onder de kwelders aan het einde van de gaswinning maximaal enkele centimeters bedraagt. Binnen het beïnvloedingsgebied van de gaswinning Ternaard bevinden zich twee kleine kwelders: ‘t Skoar en de Kromme Horne en het gebied met pioniervegetatie ten zuiden van de kwelderrand van de Hon op Oost Ameland.

De autonome ontwikkeling van de kwelders ‘t Skoar en de Kromme Horne is beschreven in paragraaf 10.4.3. De bodemdaling onder ‘t Skoar blijft kleiner dan 1mm per jaar. Voor de Kromme Horne is dat iets meer vanwege cumulatie van bodemdaling die optreedt als gevolg van de gaswinning uit het gasveld Nes. Deze cumulatie leidt tot een verwachte totale bodemdaling onder de kwelder van ca. 8 cm in de eindfase (2050). De bodemdaling van enkele millimeters per jaar is weinig in vergelijking met de waargenomen gemiddelde sedimentatie van 7 -14 mm/jaar die op de kwelders plaats kan vinden (Van Duin et al., 2016a). De omvang van de bodemdaling door de voorgenomen winning bij Ternaard onder de vastelandskwelders is dermate klein dat deze leidt niet tot een verandering in de trend van de hoogteontwikkeling van de kwelders. De trend in de hoogteontwikkeling wordt gedomineerd door de sedimentatie en deze doet de lokaal optredende bodemdaling meer dan te niet. De daadwerkelijke ontwikkeling van deze kwelderhoogte wordt bepaald door de snelheid van sedimentatie in verhouding tot de versnelde stijging van de zeespiegel. Bij versnelde zeespiegelstijging tot boven het meegroeivermogen van 6 mm/jaar voor het Pinkegat kan de zeespiegelstijging de sedimentatie op deze kwelders ‘inhalen’. De gaswinning is dan al beëindigt, omdat geen gebruiksruimte meer beschikbaar is. De bodemdaling door de gaswinning Ternaard heeft dus geen gevolgen voor de hoogteontwikkeling van de kwelders.

In het gebied ten zuiden van het eiland Ameland aan de oostpunt van de Hon, waar in de meest noordelijk gelegen bodemdalingsschotel uit winningsplan (NAM, 2019) de contour van 2 cm bodemdaling loopt, is op de hoge wadplaat op verschillende plekken zilte pionierbegroeiingen (habitattype H1310) aanwezig. De sedimentatie in dit gebied is voldoende groot om de lokale bodemdaling te niet te doen en een bodemhoogte toename van tenminste 1 decimeter te realiseren. De omvang van de extra toekomstige bodemdaling door de gaswinning Ternaard is in deze omgeving iets meer dan 2 cm gedurende de gehele periode van winning. De omvang van de bodemdaling door de gaswinning Ternaard is dermate klein, dat deze geen gevolgen zal hebben voor de hoogte-ontwikkeling van dit gebied. De bodemdaling zal dan ook geen invloed op hebben op de mogelijke uitbreiding en ontwikkeling van de vegetatie ten zuiden van de kwelderrand van de Hon.

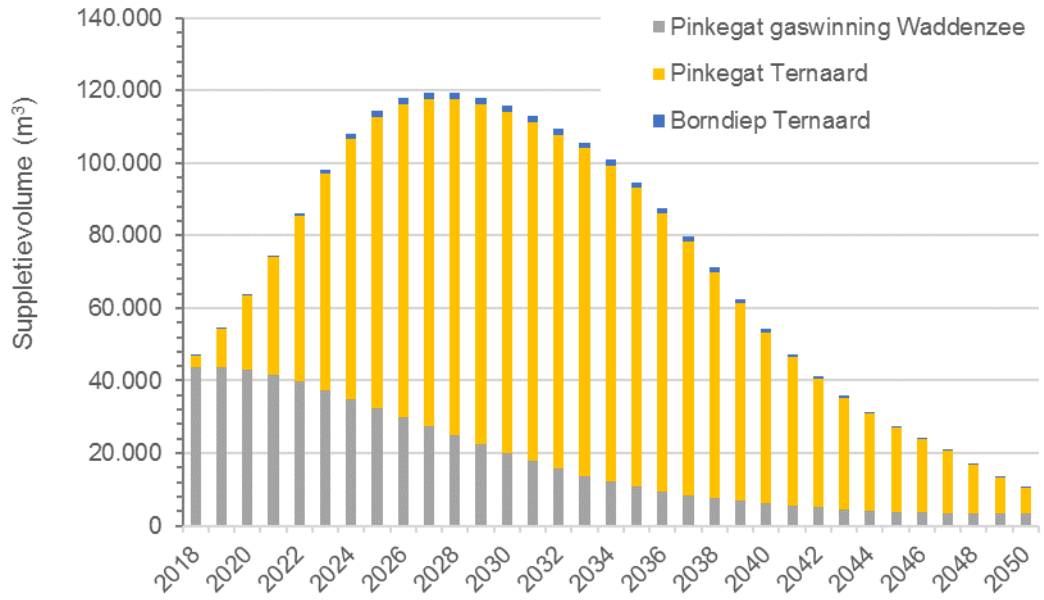
De kwelders bij Ameland-oost liggen buiten de bodemdalingsschotel die ontstaat door de voorgenomen winning bij Ternaard, zodat deze niet leidt tot een verandering in de hoogteontwikkeling van deze eilandkwelders.

10.5.4 Zandsuppleties

Zandsuppleties worden uitgevoerd vanwege de kustlijnzorg. De beschouwing van de mogelijke gevolgen van bodemdaling voor de sedimentdelende systemen Pinkegat en Borndiep, laten zien dat het zand dat in de Waddenzee tot afzetting komt, wordt aangevoerd vanaf de buitendelta en de kustlijn van de Waddeneilanden, voornamelijk van Ameland. Deze aanvoer vindt ook plaats in de situatie zonder de bodemdaling door gaswinning, maar is dan iets kleiner. De iets grotere zandaanvoer vanaf de kust naar de kombergingsgebieden in de Waddenzee leidt tot een iets grotere suppletiebehoefte in de situatie met de gaswinning Ternaard.

De bodemdaling door gaswinning zal na verloop van tijd leiden tot een afname van het zandvolume van de kustzone. De omvang van deze afname is gelijk aan de omvang van de bodemdaling onder de geulen en platen in de kombergingsgebieden in de Waddenzee, minus de bijdrage die slib aan de sedimentatie in de Waddenzee levert. Conform eerdere studies rond bodemdaling in deze omgeving wordt voor de bijdrage van slib een volumepercentage van 10% aan gehouden. De afname van het zandvolume in de kustzone treedt met enige vertraging op, omdat in eerste instantie zand wordt herverdeeld binnen het kombergingsgebied en wordt geleverd door de twee andere delen van het sediment delende systeem, namelijk de geulen en de buitendelta. Deze vertraging betekent ook dat de bodemdaling in de Waddenzee niet direct leidt tot een afname van het zandvolume in kustzone, die wordt beschouwd om vast te stellen of er wel of niet gesuppleerd dient te worden. Voor de effectbeoordeling laten we deze vertraging buiten beschouwing en wordt naar het bodemdalingsvolume gekeken, zoals dat optreedt door de voorgenomen gaswinning Ternaard en door de bestaande gaswinning MLV. De gaswinning Ameland is buiten de beschouwing gelaten, omdat hiervoor in de Natuurbeschermingswetvergunning andere randvoorwaarden zijn vastgelegd aangaande zandsuppleties. Voor het bepalen van volumes is gekeken naar de kombergingsgebieden Pinkegat en het Borndiep.

Voor het Pinkegat en het Borndiep is de prognose van de bodemdaling gebruikt voor het berekenen van het suppletievolume. Figuur 10-13 toont de berekende volumes, waarin rekening is gehouden met de bijdrage van slib, maar geen rekening is gehouden met de vertraagde response van het transport vanuit de kustzone. De omvang van de zandsuppleties bedraagt ten hoogste 120 x 10^3 m^3/per jaar in het begin van de beschouwde periode. Omdat de bodemdaling afneemt na 2028, neemt het zandsuppletievolume voor de bodemdaling door gaswinning af na die periode.



Figuur 10-13 Maximaal benodigde jaarlijks volume aan zandsuppleties vanwege bodemdaling in de kombergingsgebieden Pinkegat en het Borndiep.

Door Elias en Bruens (2013) zijn berekeningen uitgevoerd naar de volumeontwikkelingen van de kust van Ameland. In de berekeningen is de ontwikkeling van het zandvolume in de kustzone beschouwd, waarbij is

gecorrigeerd voor de aangebrachte zandsuppleties. Uit het centrale deel van de kust van Ameland (gebied B in Figuur 10-14) wordt per jaar 0,55 x 10^6 m^3 zand afgevoerd. Vanaf de strandhaak (gebied A in Figuur 10-14) wordt nog eens 0,8 x 10^6 m^3 zand verplaatst, zodat in totaal ruwweg 1,35 x 10^6 m^3 sediment per jaar verplaatst wordt. Dit betreft de netto verplaatsing, bruto is veel meer sediment in beweging. Voor de volledigheid wordt opgemerkt dat uit de berekeningen en beschouwing van Elias en Bruens (2013) niet valt op te maken in welke richting het zand wordt getransporteerd. Op basis van de generieke kennis van de kust van de Wadden wordt verondersteld dat een belangrijk deel van het zandtransport plaatsvindt van west naar oost, onder invloed van het golf-gedreven langstransport. En uit Elias en Bruens (2013) is ook duidelijk dat voor een groot deel van de kust van Ameland netto transporten van zand naar de duinen plaatsvindt. De sedimentbalans van Vermaas en Marges (2015) is aanvullend op de analyse van Elias en Bruens (2013), maar geeft geen uitsluitsel over de richting van de transporten. Wel is in Vermaas en Marges (2015) rekening gehouden met de bodemdaling door gaswinning. Omdat de bodemdaling door de gaswinning Ameland ook optreedt onder Noordzeekustzone, de duinen en de buitendelta van het Pinkegat, is dit een factor die tot een schijnbaar[4] verlies van sediment kan leiden.

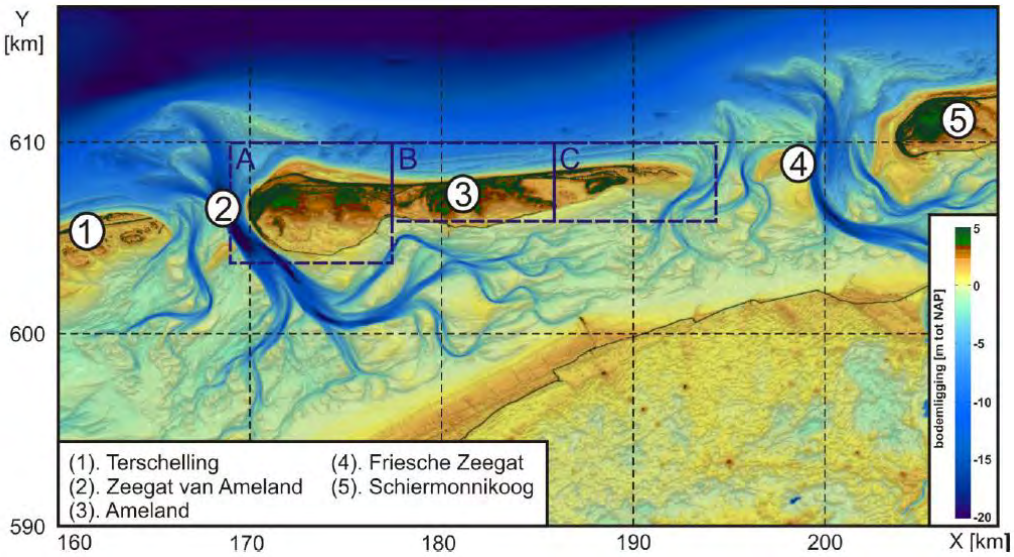
In aanvulling op de berekende netto zandtransporten is ook gekeken naar de volumes zand die de afgelopen zijn gesuppleerd op Ameland. Het Kustlijnkaartenboek 2017 (Rijkswaterstaat, 2016) geeft een gesuppleerd volume voor het kustvak Ameland van 14,9 x 10^6 m^3 in tien jaar (de periode 2007- 2016, waarbij voor november en december 2016 is uitgegaan van een prognose). Het gemiddelde jaarlijkse suppletievolume is daarmee 1,49 x 10^6 m^3. Dit volume heeft dezelfde grootte van orde als de door Elias en Bruens (2013) berekende netto verplaatste volume van ruwweg 1,35 x 10^6 m^3 sediment per jaar. Het is niet mogelijk om hierbij een onderscheid te maken naar het suppletievolume dat is gemoeid met de autonomen achteruitgang van de kust (inclusief de autonome transporten naar de Waddenzee onder invloed van de stijgende zeespiegel) en de suppletievolume dat is gerelateerd aan de bodemdaling door de gaswinning Ameland, omdat dit onderscheidt niet is aangegeven bij de suppletievolumes.

Naar verwachting zal in de toekomst het netto verplaatste volume en de omvang van de zandsuppleties van een vergelijkbare omvang blijven. Mogelijk neemt de rol van de gaswinning Ameland in de toekomst af, maar daar staat een toename tegenover door de stijgende zeespiegel.

Het volume aan zand dat aangevuld wordt voor de bodemdaling door de gaswinning Ternaard is met maximaal 95 x 10^3 m^3 sediment per jaar (zoals getoond in Figuur 10-13) beperkt ten opzichte van het totale zandvolume dat netto wordt getransporteerd langs de kust van Ameland. De bruto transporten van zand, dat heen en weer wordt getransporteerd onder invloed van de golven en het getij, zijn naar verwachting nog een factor 10 groter.

De omvang bedraagt 7% van het berekende netto zandtransport van 1,35 x 10^6 m^3 langs de kust van Ameland en 6% van het gesuppleerde zandvolume van 1,49 x 10^6 m^3. Daarmee wordt het effect van de gaswinning Ternaard op de zandsuppleties als neutraal beoordeeld.

[4] Door de bodemdaling verdwijnt er geen zand of slib maar neemt het watervolume toe. Dit is een schijnbaar verdwijnen (verlies) van sediment.



Figuur 10-14 Gehanteerde indeling van de kust van Ameland: (A) westelijke eilandkop, (B) de eilandkust en (C) oostelijke eilandstaart; uit Elias en Bruens (2013)

10.5.5 Sedimentsamenstelling

De abiotische en biotische processen in de Waddenzee veranderen niet als gevolg van de bodemdaling door de voorgenomen gaswinning. De effectketen van de gaswinning werkt niet door tot op het niveau van de sedimentsamenstelling. Dat betekent dat geen sprake zal zijn van een verandering in de sedimentsamenstelling door de voorgenomen gaswinning Ternaard. Het effect wordt neutraal beoordeeld.

10.5.6 Cumulatie

Bij cumulatie worden activiteiten en projecten beschouwd die via dezelfde effectketen aangrijpen, dan wel op dezelfde criteria aangrijpen. Dat betekent dat alleen activiteiten en projecten die consequenties hebben op gebruiksruimte, plaatareaal, kwelders en zandsuppleties worden beschouwd onder cumulatie. Daarbij worden de kombergingsgebieden Pinkegat en Borndiep beschouwd. In de onderstaande tabel zijn de activiteiten en projecten opgenomen waarbij mogelijk sprake is van cumulatie. Onder deze tabel wordt per tabel toegelicht in hoeverre sprake is van cumulatie en wat hiervan de effecten zijn.

Tabel 10-12 Activiteiten en projecten waarbij mogelijk sprake is van cumulatie

	Gebruiksruimte	Plaatareaal	Droogvalduur	Kwelders	Zandsuppleties	Sediment-samenstelling
Gaswinning Ameland	X	X	X	X		X
Gaswinning MLV	X	X	X		X	X
Baggeren en verspreiden vaarweg Holwerd-Ameland						X
Aanleg kortsluitgeul vaarweg Holwerd-Ameland						X
Beheer en gebruik kwelders				X		
Bodemberoerende visserij						X

	Gebruiksruimte	Plaatareaal	Droogvalduur	Kwelders	Zandsuppleties	Sediment-samenstelling
Dijkversterking Koehool-Lauwersmeerdijk				X		

Gebruiksruimte
De gaswinning Ameland vindt plaats sinds de tweede helft van de jaren ’80. Een deel van de bodemdaling door de gaswinning Ameland vindt plaats onder het kombergingsgebied van het Pinkegat, net als de boogde gaswinning Ternaard. Ook voor de gaswinning MLV geldt dat een deel van de bodemdaling plaatsvindt onder het kombergingsgebied van het Pinkegat. Bij het kombergingsgebied van het Borndiep is geen sprake van cumulatie, omdat daar geen bodemdaling door andere gaswinning plaatsvindt. Door de beschikbare gebruiksruimte van elk kombergingsgebied als harde grens te hanteren voor de bodemdaling van alle gaswinningen onder het betreffende kombergingsgebied, worden de effecten van gaswinning altijd in cumulatie beschouwd. Omdat de gecombineerde gaswinningen vanwege het toepassen van de HadK-systematiek voorafgaand en tijdens de winning door het plannen en zo nodig aanpassen van de gasproductie van de verschillende velden, binnen de gebruiksruimte blijft, blijven de morfologische kenmerken en processen in de Waddenzee behouden. Doordat de gecombineerde gaswinning binnen de gebruiksruimte blijft, dan blijven de morfologische kenmerken en processen in het Pinkegat behouden, zoals is betoogd in paragraaf 10.5.1.

Plaatareaal en droogvalduur
De gevolgen voor het plaatareaal en de droogvalpercentages blijven eveneens beperkt doordat binnen de gebruiksruimte wordt bewerkt. Voor de bodemdaling door de gaswinningen Ameland en Waddenzee is een hoogtedaling berekend van minder dan 0,6-1,1 cm gemiddeld over het Pinkegat (Ministerie van Economische Zaken, 2006). Deze hoogtedaling cumuleert met hoogtedaling door de gaswinning Ternaard van 1,6 mm. Ook de gecumuleerde waarden van 0,8-1,3 cm gemiddeld over het Pinkegat rechtvaardigen de conclusie dat geen sprake zal zijn van een meetbare of merkbare afname van het plaatareaal door de bodemdaling als gevolg van alle gaswinningen in het kombergingsgebied Pinkegat. Hetzelfde geldt voor de droogvalduur van de platen, deze zullen niet veranderen als gevolg van de bodemdaling door de verschillende gaswinning in het kombergingsgebied Pinkegat.

Kwelders
De eilandkwelders bij Ameland-oost vallen buiten de bodemdalingscontour door de gaswinning Ternaard en cumulatie is daar derhalve niet aan de orde. Bij de pioniervegetatie ten zuiden van de oostpunt van de Hon is geen sprake van beheer en treedt derhalve geen cumulatie op door het beheer. Bij dit gebied is wel sprake van cumulatie van de bodemdaling door de gaswinning Ameland met de bodemdaling door de gaswinning Ternaard. De totale bodemdaling zal door de gaswinning Ternaard aan het einde van winning net iets meer dan 2 cm toenemen ten opzichte van de bodemdaling door de gaswinning Ameland. In de huidige situatie, is, ondanks de bodemdaling door de gaswinning Ameland, sprake van een hoogte toename van de wadplaat. De hoogtetoename van deze wadplaat is dermate groot geweest dat de vestiging van pioniervegetatie mogelijk is geworden. In de toekomst zal de gecumuleerde bodemdaling in dit gebied niet groter worden dan de bodemdaling die reeds is opgetreden. De sedimentatie in dit gebied is ruimschoots voldoende om de bodemdaling bij te houden, zodat hier geen gevolgen zullen optreden van de gecumuleerde bodemdaling.

Veranderingen in gebruik en beheer van kwelders kunnen leiden tot grote veranderingen in de vegetatie, de hoogteligging en de sedimentatiesnelheid. Voorbeelden zijn het wel of juist niet laten begrazen van de kwelder en bij het wel begrazen veranderingen in de begrazingsdruk en de inzet van verschillende soorten grazers. Andere voorbeelden zijn het doorstroombaar maken van zomerkades, waardoor zoutwater de delen achter de zomerkade frequenter bereikt. Daar waar bodemdaling door gaswinning onder de kwelder optreedt samen met beheer kan sprake zijn van meetbare gevolgen voor de hoogte- en de vegetatie op de kwelders,

zoals is waargenomen op de Hon (Ameland-Oost). Vanwege de zeer beperkte omvang van de bodemdaling door de gaswinning Ternaard is het echter uitgesloten deze gevolgen heeft voor de ontwikkeling van deze kwelders. Daarom is cumulatie met gebruik en beheer niet aan de orde.

Zandsuppleties

De achteruitgang van de kustlijn is de aanleiding om over te gaan tot het uitvoeren van zandsuppleties. Hierbij wordt door Rijkswaterstaat de reguliere jaarlijkse cyclus doorlopen voor het vaststellen van de noodzaak tot het uitvoeren van suppleties (zie Rijkswaterstaat, 2016 voor een introductie in de methodiek die wordt gehanteerd om de noodzaak tot het uitvoeren van zandsuppleties vast te stellen). Wanneer de noodzaak tot het uitvoeren van een suppletie wordt vastgesteld, dan wordt het volume vergroot met een bijdrage voor de bodemdaling door de gaswinning MLV (zie voor een toelichting op de werkwijze Bruens & Vonhögen, 2009). Een deel van het volume van de zandsuppleties bij Ameland wordt uitgevoerd om kustachteruitgang als gevolg van de bodemdaling door de gaswinning te niet te doen, zoals is vastgelegd in de NB-wetvergunning voor de gaswinning MLV.

De bodemdaling door de gaswinning Ameland werkt ook door op het sedimentvolume in de Noordzeekustzone, op de buitendelta en in de Waddenzee. De bodemdaling onder het strand, de vooroever en de buitendelta door de gaswinning Ameland leidt tot een directe afname van het sedimentvolume in de kustzone. De bodemdaling onder Waddenzee doet dat indirect, op dezelfde wijze als beschreven voor de gaswinning MLV en de voorgenomen gaswinning Ternaard. Een deel van de achteruitgang van de kustlijn van Ameland wordt als zodanig gerelateerd aan de directe en indirecte gevolgen van de bodemdaling Ameland. Dit deel van de zandsuppleties wordt beschouwd als onderdeel van de autonome ontwikkeling, omdat deze zandsuppleties zijn uitgevoerd als onderdeel van reguliere suppletieprogramma. In tegenstelling tot de gaswinning MLV zijn voor de gaswinning Ameland geen voorschriften vastgelegd in vergunningen of overeenkomsten. In de beoordeling van de cumulatie is de gaswinning Ameland dan ook buiten beschouwing gelaten.

In de toekomst zal met de toename van de bodemdaling door de gaswinning Ternaard sprake zijn van iets grotere volumes suppletiezand die hieraan toegerekend worden. De omvang hiervan is aangegeven in Figuur 10-1, waarbij is uitgegaan van de berekende belasting van de gebruiksruimte in het Pinkegat door de gaswinning MLV en voorgenomen gaswinning Ternaard en ook van de effecten op het Borndiep door de voorgenomen gaswinning Ternaard.

Ook in de toekomst worden de zandsuppleties uitgevoerd voor de kustlijnzorg, vanwege de achteruitgang van de kustlijn. De bijdrage voor de bodemdaling door de gecumuleerde gaswinning MLV en Ternaard is beperkt tot minder dan 10% van het zandvolume dat voor kustlijnzorg op Ameland wordt gesuppleerd. Dat betekent dat de suppleties kunnen worden uitgevoerd door het vergroten van de reguliere suppleties. Vanwege relatief beperkte omvang kan deze vergroting plaatsvinden binnen de ‘footprint’ van de reguliere kustlijnzorgsuppleties en dat betekent dat geen extra effecten optreden door de zandsuppleties. Er is daarom geen sprake van cumulatie van effecten met zandsuppleties.

Sedimentsamenstelling

Verschillende activiteiten of voorgenomen projecten hebben in potentie gevolgen voor de sedimentsamenstelling. Reguliere beheer van de vaarweg Holwerd-Ameland omvat het baggeren van de vaarweg nabij de veerdam en op enkele drempels en het verspreiden van de opgebaggerde specie op twee locaties, dan wel het ‘op stroom zetten’ van de opgebaggerde specie. Jaarlijks wordt hiervoor meer dan 1 x 10^6 m^3 baggerspecie verplaatst in het kombergingsgebied Borndiep. Het baggeren en verspreiden ten bate van het onderhoud van deze en de andere vaargeulen in de Waddenzee door Rijkswaterstaat is getoetst aan de Natuurbeschermingswet en opgenomen in het Natura2000-Beheerplan Waddenzee. Dit betekent dat geen significant negatieve gevolgen optreden door eventuele veranderingen in de bodemsamenstelling als gevolg van het reguliere vaarwegbeheer. Onderzoek aan de Vaarweg Holwerd-Ameland heeft laten zien dat het aanleggen van een kortsluitgeul waarschijnlijk een positieve bijdrage zal leveren aan de bereikbaarheid van Ameland. Het voornemen is dan ook om deze geulverruiming op een termijn van twee jaar te realiseren. Bodemberoerende visserij kan in potentie ook leiden tot veranderingen in de bodemsamenstelling.

De bodemdaling door gaswinning Ternaard, die in cumulatie met de andere gaswinning wordt uitgevoerd binnen de grens van de beschikbar gebruiksruimte, leidt niet tot veranderingen in de morfologie en de sedimentatie- en erosieprocessen in de Waddenzee. Omdat de processen niet veranderen, zal ook de sedimentsamenstelling niet veranderen als gevolg van de bodemdaling door gaswinning. Omdat de

sedimentsamenstelling niet verandert door de gaswinning, zal ook geen sprake zijn van cumulatie met andere activiteiten of projecten die in potentie gevolgen hebben voor de bodemsamenstelling.

Conclusie

De bodemdaling door de voorgenomen gaswinning Ternaard:

- Leidt met een tijdelijke afname van de hoogte van de platen met maximaal 1,6 mm, niet tot meetbare of merkbare gevolgen voor de geulen en platen in de Waddenzee, mede omdat deze wordt uitgevoerd binnen de beschikbare gebruiksruimte voor het Pinkegat.
- Heeft geen gevolgen voor de kwelders.
- Leidt tot een toename van het zandsuppletiesvolume dat beduidend kleiner is dan de autonome achteruitgang van het zandvolume van de kust van Ameland.
- Heeft geen gevolgen voor de sedimentsamenstelling van de Waddenzee.
- Leidt niet tot cumulatie met activiteiten en projecten die via dezelfde effectketen aangrijpen.

10.6 Mitigerende en compenserende maatregelen

Voor het uitvoeren van zandsuppleties in de Noordzeekustzone zijn een aantal mitigerende maatregelen opgenomen onder vrijstellingsvoorwaarden in het Natura 2000-beheerplan Noordzeekustzone. De mogelijke effecten die kunnen optreden door het aanbrengen van het extra volume aan zandsuppletie wordt bepaald door de specifieke omstandigheden, waaronder de locatie van de zandsuppletie, het type zandsuppletie (onderwater of of op het strand), de periode van uitvoering en de combinatie met de condities van het uitvoeringsgebied (zandwingebied, transportroute en te suppleren gebied). Onder de condities in het uitvoeringsgebied vallen het vóórkomen van schelpenbanken van *Ensis* of *Spisula*, ‘zilte pionierbegroeiingen’, ‘embryonale duinen’, de samenstelling van het suppletiezand, het vóórkomen van zeehonden en de aanwezigheid van nestplaatsen van kustbroedvogels. In het Natura 2000-beheerplan Noordzeekustzone zijn een aantal vrijstellingsvoorwaarden opgenomen, die deze mogelijke effecten mitigeren. De voorwaarden zijn in het beheerplan opgenomen in bijlage B3.3.1. De nummering in onderstaand overzicht is overeenkomstig de nummering van de voorwaarden in het beheerplan. Alleen die voorwaarden die betrekking hebben op onderwatersuppleties zijn hier opgenomen. Daar waar sprake is van aantonen door “Rijkswaterstaat”, is dit vervangen door “NAM”. Welke van deze maatregelen van toepassing is op het betreffende extra volume zandsuppletie zal steeds voorafgaand aan de uitvoering van de zandsuppletie worden vastgesteld, overeenkomstig het gestelde in artikel 20. A. Zandsuppleties

Bij de bepaling is aangegeven of de bepaling geldt voor onderwatersuppleties, strandsuppleties of voor beide.

Permanent overstroomde zandbanken (onderwatersuppleties)

1. Suppleties worden zodanig uitgevoerd dat schelpenbanken van levende *Spisula subtruncata* niet bedekt worden met zand;
2. Indien NAM aantoont dat bedekking met zand van de in artikel 1 genoemde schelpenbanken onvermijdelijk is, worden de uit te voeren suppleties niet gestart in de periode van 1 juni tot 1 maart;
3. De suppleties die schelpenbanken met levende *Ensis directus* bedekken zijn toegelaten als NAM aantoont dat er geen negatieve gevolgen zullen zijn voor de voedselvoorziening van zee-eenden.

Grijze en gewone zeehond (onderwater- en strandsuppleties)

8. Schepen die zand suppleren houden minimaal 1200 meter afstand van het deel van de zandplaat(platen) waarop zich grijze of gewone zeehonden bevinden;
9. Het suppleren vanuit schepen op kortere afstand dan 1200 meter is toegestaan als NAM aantoont dat wegens fysieke omstandigheden (zoals de ligging van vaargeulen en ondieptes op de route van suppletievaartuigen) niet aan die afstandsvereiste kan worden voldaan en er geen negatieve gevolgen zijn voor zeehonden ten aanzien van het gebruik van de betreffende zeehondenligplaats(en);
10. Bij het vóórkomen van zeehonden met pups op zandplaten en bij de suppletielocatie is uitvoering van suppleren conform artikel 9 alleen toegestaan buiten de onderstaande werp- en zoogperioden van zeehonden:
    • bij grijze zeehonden: tussen 1 december en 31 januari;
    • bij gewone zeehonden: tussen 1 mei en 31 juli;
11. In situaties als bedoeld bij het hierboven vermelde artikel 10 gelden voor schepen de volgende aanvullende voorwaarden:
    • Geen bemanning aan dek, tenzij dit strikt noodzakelijk is;

• Geen andere verlichting dan navigatieverlichting, behoudens noodgevallen;
• Geen geluidsproductie anders dan die uit technische- (motor) of veiligheidsoverwegingen (scheepshoorn) noodzakelijk is.

Topper, eidereend en zwarte zee-eend (onderwater- en strandsuppleties)
14. Schepen die zand suppleren, houden minimaal 500 meter afstand van vogelconcentraties van topper, eidereend- en zwarte zee-eend.

B. Transport van zand tussen win- en suppletielocaties

Grijze en gewone zeehond
15. Op schepen die zand transporteren zijn de voorwaarden opgenomen in de artikelen 8 tot en met 11 overeenkomstig van toepassing, met dien verstande, dat voor de term ‘’suppleren’’ de term ‘’transporteren’’ moet worden gelezen.

Topper, eidereend en zwarte zee-eend
16. Schepen die zand transporteren, houden minimaal 500 meter afstand tot vogelconcentraties van topper, eidereend en zwarte zee-eend.

Zee-eenden in zones 1 (op grond van het Toegangbeperkend Besluit Noordzeekustzone ex artikel 20 Nb-wet)
17. Voor zandsuppletievaartuigen is doorvaart van 1 november tot 1 april mogelijk via een variabele corridor, waarvan de exacte locatie afhankelijk is van de ligging van het zandwingebied en de te bereiken suppletielocatie en de aanwezigheid van concentraties zee-eenden. De ligging van de variabele corridor wordt in overleg met het bevoegd gezag vastgesteld, waarbij als uitgangspunt geldt dat de vaarafstand tussen het zandwingebied en de suppletielocatie zo kort mogelijk is met dien verstande, dat er een afstand van minimaal 1500 meter in acht wordt genomen ten opzicht van concentraties zeeeenden.

C. Zandwinningen

18. Zandwinningen gelegen nabij Natura 2000-gebieden in de Noordzeekustzone zijn toegelaten op een afstand van minimaal 900 meter buiten het Natura 2000-gebied;
19. Zandwinningen nabij Natura 2000-gebieden op locaties waar dieper dan 2meter in de bodem zand gewonnen wordt, zijn toegelaten op een afstand van minimaal 2000 meter van het Natura 2000-gebied.

D. Aanvullende voorwaarden voor melding aan en afstemming met het bevoegd gezag en het publiek

20. Voorgenomen zandsuppleties worden door NAM tenminste drie maanden voorafgaand aan de uitvoeringsperiode gemeld bij het bevoegd gezag. Bij de melding worden tevens de locatie, wijze van uitvoering, hoeveelheden zand en maatregelen ter voorkoming of beperking van negatieve effecten op de beschermde natuurwaarden weergeven. Dat geldt onder andere voor gegevens over schelpenbanken (artikelen 1 en 3), de aanwezigheid van zeehonden nabij suppleties en transport (artikel 8, 10 en 15) en de ligging van de variabele corridors (artikel 17);
22. Gelijktijdig met de melding aan het bevoegd gezag volgens artikel 20 informeert NAM de betrokken gemeente en doet publieke mededeling van de voorgenomen suppletie. Hierbij geeft NAM ook aan op welke wijze de gegevens als vermeld in de artikelen 20 en 21 beschikbaar worden gesteld aan het publiek.

In aanvulling op deze vrijstellingsvoorwaarden, op grond van zijn zorgplicht volgens de Nb-wet, stelt Rijkswaterstaat voor de aannemers een protocol op waarin voorschriften zijn opgenomen als extra garantie van de nakoming van de vrijstellingsvoorwaarden. Het protocol maakt onderdeel uit van de aangenomen opdracht.

10.7 Leemten in kennis en monitoringprogramma

10.7.1 Leemten in kennis

Op het gebied van de hydromorfologie is op dit moment geen sprake van leemten in kennis die van invloed zijn op de effectbepaling en -beoordeling.

10.7.2 Monitoringprogramma

De Leemten in Kennis geven geen aanleiding tot het uitvoeren van een monitoringsprogramma.

Als onderdeel van het Hand-aan-de-Kraan principe bij de Gaswinning Moddergat, Lauwersoog en Vierhuizen en Gaswinning Ameland wordt vanwege het voorzorgsprincipe monitoring uitgevoerd naar biotische en abiotische paramaters in de Waddenzee. Het monitoringsprogramma is opgenomen in de Passende Beoordeling Gaswinning Ternaard (Bijlage VIII).

11 NATUUR

In dit hoofdstuk zijn de effecten van de voorgenomen activiteit op natuur beschreven. In dit hoofdstuk wordt eerst ingegaan op het beleidskader, dat wordt bepaald door de verschillende beschermingskaders die van toepassing zijn op (natuur)gebieden en in het wild levende soorten planten en dieren. Deze beschermingskaders worden beschreven in §11.1.Vervolgens is ingegaan op de ingreep-effectrelatie met de andere milieuthema's (§11.2). Hierbij is onderscheid gemaakt in de aanlegfase, winning en verwijderingsfase Tevens is ingegaan op de effectketens waarlangs deze effecten tot stand kunnen komen. Hierin is ook omschreven wat de maximale reikwijdte van potentiële effecten is, op basis waarvan voor verschillende soorten effecten de omvang van het studiegebied is bepaald. Hierna zijn het beoordelingskader en de beoordelingscriteria geïntroduceerd die in de effectbeoordeling worden gehanteerd (§11.3). In §11.4 is ingegaan op de effectbeoordeling van de voorgenomen activiteit ten opzichte van de referentiesituatie, waarbij onderscheid is gemaakt in effecten in de aanlegfase (§11.5.1), winning (§11.5.2) en verwijderingsfase (§11.5.3). In de effectbeoordeling zijn vier alternatieven beoordeeld: L1-N, L1-Z, L2-N en L2-Z. Tot slot is een integrale effectbeoordeling gepresenteerd in §11.5.4, waarbij de effecten van de alternatieven voor de voorgenomen activiteit als geheel zijn beoordeeld. Het hoofdstuk sluit af met mitigerende en compenserende maatregelen (§11.6), en leemten in kennis en een aanzet voor het monitoringprogramma (§11.8).

11.1 Beleidskader

In Tabel 11-1 is het relevante beleid en regelgeving weergegeven voor het thema natuur.

Tabel 11-1 Beleidskader natuur

Beleid	Inhoud & relevantie
Wet natuurbescherming	Bescherming van Vogel- en Habitatrichtlijngebieden (Natura 2000-gebieden) Bescherming van soorten
Provinciale verordening Ruimte (Romte)	Bescherming van de gebieden die als EHS begrensd zijn

Wet natuurbescherming

De Wet natuurbescherming is per 1 januari 2017 de vervanger van de Natuurbeschermingswet 1998, de Boswet en de Flora- en faunawet. De bescherming van de Natura 2000-gebieden is ook in de Wet natuurbescherming gebaseerd op de Vogel- en Habitatrichtlijnen en wijkt inhoudelijk niet af van de voormalige Natuurbeschermingswet 1998.

Natura 2000-gebied

Natura 2000 is het netwerk van natuurgebieden in de Europese Unie, die worden beschermd op grond van de Vogelrichtlijn (1979) en de Habitatrichtlijn (1992). De richtlijnen bepalen welke typen natuur en soorten beschermd moeten worden. De EU-lidstaten hebben daarvoor speciale beschermingszones aangewezen en zijn verplicht instandhoudingsmaatregelen te nemen voor de bescherming van deze gebieden. De Vogelrichtlijn en de Habitatrichtlijn zijn in Nederland geïmplementeerd in de Wet natuurbescherming. Deze wet kent voor de bescherming van de Natura 2000-gebieden onder andere een vergunningenstelsel:

De Wet natuurbescherming maakt onderscheid in plannen, projecten en andere handelingen. Het verschil tussen een plan enerzijds en project en andere handeling anderzijds is duidelijk. Een plan gaat over het voornemen tot het verrichten van een handeling of om het scheppen van een (planologisch) kader voor een toekomstige handeling. Een project of andere handeling gaat altijd om een daadwerkelijk uit te voeren handeling.

Voorafgaand aan het vaststellen van een plan hoeft geen vergunning aangevraagd te worden. Wel dient het bestuursorgaan indien nodig middels een passende beoordeling de effecten op Natura 2000-gebieden te toetsen. Voor het uitvoeren van een project is, indien aan de orde, wel een vergunningaanvraag noodzakelijk. Ook hierbij is een passende beoordeling nodig waarin de effecten op Natura 2000-gebieden getoetst wordt.

Voor de gaswinning bij Ternaard wordt een Rijksinpassingsplan (RIP) vastgesteld door de minister van EZ. Daarnaast dienen verschillende vergunningen aangevraagd te worden, waaronder een vergunning in het kader van de Wet natuurbescherming. Het MER en de Passende beoordeling voor de gaswinning Ternaard zijn bedoeld voor beide besluitvormingsprocedures.

De wet laat het niet toe om een plan vast te stellen of zonder vergunning een project uit te voeren dat -gelet op de instandhoudingsdoelstellingen van een Natura 2000-gebied- de kwaliteit van de natuurlijke habitats of habitats van soorten in dat gebied kan verslechteren of een significant verstorend effect kan hebben op de soorten waarvoor dat gebied is aangewezen (art 2.7 lid 2). Wanneer het een project betreft dat niet direct verband houdt met, of nodig is voor het beheer van een gebied, en dat afzonderlijk of in cumulatie significante gevolgen kan hebben voor een Natura 2000-gebied, wordt de vergunning niet verleend nadat uit een passende beoordeling is gebleken dat de natuurlijke kenmerken van het gebied niet worden aangetast (art 2.7 lid 3 onder a en art 2.8 lid 1). Een uitzondering is een project dat een herhaling of voortzetting is van een ander project, of deel uitmaakt van een ander plan, waarvoor al een passende beoordeling is gemaakt en een nieuwe passende beoordeling geen nieuwe gegevens op inzichten op kan leveren (art 2.8 lid 2).

Wanneer de zekerheid dat de natuurlijke kenmerken van het gebied niet worden aangetast niet is verkregen, mag de vergunning alleen worden verleend wanneer er geen alternatieve oplossing is, er een dwingende reden van groot openbaar belang wordt gediend en er compenserende maatregelen worden getroffen (de ADC-toets) (art 2.8 lid 4). Wanneer er sprake is van significante gevolgen voor een prioritair habitat of prioritaire soort en de dwingende reden van groot openbaar belang is een reden van sociale of economische aard, dient in aanvulling op de ADC-toets door de minister van LNV een advies gevraagd te worden aan de Europese Commissie voordat de vergunning wordt verleend (art 2.8 lid 5). De te nemen compenseren maatregelen moeten onderdeel uitmaken de vergunning voor het betreffende project (art 2.8 lid 7). Een eventueel in te richten compensatiegebied dient de status van Natura 2000-gebied te krijgen (art 2.8 lid 8).

Significante effecten

Een activiteit heeft significante effecten als deze de natuurlijke kenmerken van het gebied zodanig aantast dat de instandhoudingsdoelstellingen van het gebied in gevaar gebracht worden. Hiervoor bestaat geen objectieve norm, per situatie moet beoordeeld worden of er sprake is van een significant negatief effect. Hierbij moeten ook de cumulatieve effecten met andere plannen en projecten onderzocht worden (Ministerie van LNV, 2006). De cumulatietoets is beperkt tot andere projecten die al wel vergund, maar nog niet gerealiseerd zijn. Daarnaast heeft LNV de beleidsvrijheid om ook naar de effecten van bestaande (vergunde) en wel gerealiseerde projecten te kijken. Zie paragraaf 11.7.1 voor een verdere toelichting op de manier waarop de cumulatietoets is uitgevoerd.

Stikstofdepositie

De effecten van een toename van stikstofdepositie kunnen binnen de vigerende wet- en regelgeving niet langer worden getoetst op grond van het Programma Aanpak Stikstof (PAS), dat voorzag in ontwikkelingsruimte voor projecten met een toename van stikstofdepositie in Natura 2000-gebieden.

Omdat het PAS niet langer kan worden gebruikt als basis voor toestemmingsverlening, is in plaats daarvan een effectbeoordeling van de stikstofdepositie noodzakelijk, waarbij geen beroep op het PAS wordt gedaan (zelfstandige beoordeling).

Soortbescherming

De wet maakt onderscheid in drie categorieën van beschermde soorten, namelijk:

- Vogelrichtlijnsoorten: alle soorten vogels die op het Europese grondgebied van de lidstaten van de EU voorkomen.
- Habitatrichtlijnsoorten: overige soorten dieren en planten die op grond van de Habitatrichtlijn en Europese verdragen (Bern, Bonn) beschermd worden.
- Overige soorten. Het gaat hierbij om soorten die zeer zeldzaam en/of bedreigd zijn, en waarvan het duurzaam voortbestaan niet is verzekerd als geen beschermingsmaatregelen worden getroffen.

Verbodsbepalingen

Ten aanzien van vogels verbiedt de wet het opzettelijk doden of vangen (art. 3.1 lid 1), het opzettelijk vernielen van nesten, rustplaatsen en eieren (art. 3.1 lid 2), het rapen of onder zich hebben van eieren (art. 3.1 lid 3) en het opzettelijk storen van vogels (art. 3.1lid 4). Het verbod tot opzettelijk storen geldt niet in het geval de storing niet van wezenlijke invloed is op de staat van instandhouding van de desbetreffende vogelsoort (art. 3.1 lid 5).

Ten aanzien van de overige Europees beschermde diersoorten verbiedt de wet het opzettelijk doden of vangen (art 3.5 lid 1), het opzettelijk verstoren (art 3.5 lid 2), het opzettelijk vernielen of rapen van eieren (art 3.5 lid 3) en het beschadigen of vernielen van voortplantingsplaatsen of rustplaatsen (art 3.5 lid 4). Ten aanzien van de Europees beschermde plantensoorten verbiedt de wet het opzettelijk te plukken en verzamelen, afsnijden, ontwortelen en vernielen (art 3.5 lid 5).

Ten aanzien van de nationaal beschermde diersoorten geldt slechts een verbod tot het opzettelijk doden of vangen (art 3.10 lid 1 onder a) en het opzettelijk beschadigen of vernielen van voortplantingsplaatsen of rustplaatsen (art 3.10 lid 1 onder b). Ten aanzien van de nationaal beschermde plantensoorten geldt een verbod tot opzettelijk plukken en verzamelen, afsnijden, ontwortelen of vernielen (art 3.10 lid 1 onder c).

Gedragscodes, vrijstellingen en ontheffingen

Vrijstelling

Provinciale staten en de minister van LVN kunnen vrijstelling verlenen van de verbodsbepalingen (art 3.3 lid 2-4; 3.8 lid 2-5, 3.10 lid 2). Voor zover het gaat om de hiervoor beschreven verbodsbepalingen, kan in het kader van ruimtelijke ontwikkeling en inrichting een ontheffing worden verleend van de verbodsbepalingen van artikel 3.1, 3.5 en 3.10, dus ten aanzien van alle beschermde soorten. Een vrijstelling mag alleen worden verleend wanneer aan bepaalde voorwaarden is voldaan. Deze zijn gelijk aan de voorwaarden waaronder een ontheffing verleend kan worden (zie hier onder).

Voor welke soorten een vrijstelling geldt, verschilt per bevoegd gezag (ministerie van LNV en de afzonderlijke provincies). De lijst met vrijgestelde soorten van het ministerie is alleen van toepassing op handelingen waarvoor de minister van LNV het gevoegd gezag is. De door LNV vrijgestelde soorten zijn algemeen voorkomende soorten zoogdieren en amfibieën.

Ontheffing

Voor soorten waarvoor (in de betreffende provincie) geen vrijstelling geldt, moet wanneer niet volgens een goedgekeurde gedragscode wordt gewerkt een ontheffing worden aangevraagd wanneer er een handeling wordt uitgevoerd waardoor een verbodsbepalingen van artikel 3.1, 3.5 of 3.10 van de Wnb wordt overtreden (art 3.3 lid 1,3; 3.8 lid 1,3, 3.10 lid 2). Of deze ontheffing kan worden verleend, hangt af of voldaan wordt aan de voorwaarden. De voorwaarden waaraan moet worden voldaan, verschillen per categorie.

De eerste eis die wordt gesteld, is dat er geen andere bevredigende oplossing mag zijn. Dat betekent - ook in combinatie met de in artikel 11.1 beschreven zorgplicht- dat wanneer een overtreding redelijkerwijs te voorkomen is, en ontheffing niet mogelijk is. De werkzaamheden moeten dan op zodanige wijze worden uitgevoerd dat er geen overtreding van de wet plaatsvindt. Te denken valt aan het kappen van bomen buiten het broedseizoen, of het afzetten van en het wegvangen van soorten in het werkgebied. Verder kan een ontheffing alleen worden verleend wanneer is aangetoond dat er geen afbreuk wordt gedaan aan de gunstige staat van instandhouding van de betreffende soort. Daarnaast gelden er per categorie verschillende aanvullende voorwaarden.

Provinciale verordening Ruimte

De Ecologische Hoofdstructuur (EHS) (tegenwoordig ook het Natuurnetwerk Nederland (NNN) genoemd)[5] heeft als doel om bijzondere en beschermde natuurgebieden te beschermen, te vergroten en met elkaar te verbinden. Het ruimtelijke beleid voor de EHS is gericht op behoud en ontwikkeling van de wezenlijke kenmerken en waarden. De EHS is beschermd via de regelgeving van de ruimtelijke ordening. In het kader van de Wet ruimtelijke ordening (Wro) is het beschermingsregime vastgelegd in Besluit algemene regels ruimtelijke ordening (Barro).

De Friese grote wateren Noordzee, de Waddenzee, het IJsselmeer en het Lauwersmeer maken deel uit van het Natura 2000-netwerk en worden beschermd op basis van de Natuurbeschermingswet. De bescherming van de Waddenzee wordt daarnaast geregeld in het Barro. Deze grote wateren zijn wel opgenomen als EHS op de kaart Natuur om de samenhang van de EHS te handhaven en als basis voor subsidiëring van natuurbeheer. Daar waar sprake is van overlap van regelgeving, geldt de hogere regelgeving (Barro, Natuurbeschermingswet).

De overige delen van de EHS worden planologisch beschermd in de Verordening Romte van de Provincie Fryslân. Deze staat binnen de EHS geen ontwikkelingen toe die significante negatieve effecten hebben op de wezenlijke kenmerken en waarden van de EHS, of tot een significante vermindering van de oppervlakte of significante aantasting van de samenhang tussen (deel)gebieden van de EHS leiden. Medegebruik van de EHS is toegestaan zolang dit geen afbreuk doet aan die kenmerken en waarden. De EHS heeft geen externe werking, voor zover het betreft agrarische ontwikkelingen nabij de EHS. Niet-agrarische ontwikkelingen buiten de EHS zijn mogelijk, mits die geen significante negatieve effecten op de EHS tot gevolg hebben (‘ja, mits’ principe).

11.2 Ingreep-effectrelaties

Fasen van de voorgenomen activiteit

De voorgenomen activiteit is uitgebreid beschreven in Deel A, hoofdstuk 3. Relevante onderdelen hiervan voor het effectenonderzoek natuur zijn hieronder kort samengevat.

Aanlegfase

Bij de aanleg van de productielocatie vinden activiteiten plaats die kunnen leiden tot verstoring of aantasting van beschermde natuurwaarden. Het gaat daarbij zowel om effecten op de beoogde productielocatie en transportleidingtracé – de landschappelijke inrichting wijzigt hierbij dusdanig dat (potentieel) leefgebied verdwijnt – als om effecten op natuurwaarden in de omgeving als gevolg van externe werking. Bij externe werking kan gedacht worden aan verstoring van bijvoorbeeld vogels door licht- of geluidverstoring of de gevolgen van vermesting en verzuring door stikstofdepositie afkomstig van bouwverkeer en mobiele werktuigen. Ook kunnen potentiële effecten ontstaan als gevolg van het affakkelen van gas in de opstartfase.

Winningsfase

Gaswinning is een proces waarbij het gas door de hoge druk in de bodem automatisch naar de winlocatie stroomt. Vanuit daar wordt het middels een ondergrondse transportleiding getransporteerd naar de bestaand mijnbouwlocatie Moddergat. Vanuit Moddergat wordt het gas verder, via bestaande transportleidingen, getransporteerd naar de bestaande gasbehandelingslocatie nabij Anjum. Dit win- en transportproces vindt in een gesloten systeem plaats, waarbij geen verstoringsfactoren optreden.

Winning van gas leidt tot pleistocene bodemdaling met als mogelijk gevolg een daling van de hoogteligging van de bodem van de Waddenzee. In de Waddenzee wordt de bodemdalingsschotel geheel opgevuld met sediment dat door het getij wordt aangevoerd (meegroeivermogen). Dit sediment is afkomstig uit de kustzone. Om sedimentverlies voor de kustzone en daarmee kustachteruitgang te voorkomen, zal de hoeveelheid zand die voor de kust van Ameland gesuppleerd moet worden toenemen.

Verwijderingsfase

Na het beëindigen van de gaswinning wordt de productielocatie en de transportleiding weer verwijderd. Hiervoor vinden werkzaamheden plaats die tot verstoring kunnen leiden van beschermde natuurwaarden.

[5] In de provincie Fryslân wordt nog de term Ecologische hoofdstructuur gehanteerd.

Naar verwachting zal het vooral gaan om effecten als gevolg van externe werking zoals licht of geluidverstoring. De productielocatie zelf kent vanwege de industriële inrichting weinig tot geen natuurwaarden.

Afbakening effectbeoordeling

De geplande gasboring en gaswinning en de hiervoor benodigde werkzaamheden leiden tot diverse effecten op de omgeving. Dit kan tot gevolg hebben dat effecten optreden op beschermde natuurwaarden. De werkzaamheden of processen die een effect kunnen hebben op natuurwaarden zijn opgenomen in Tabel 11-2 waarbij deze gekoppeld zijn aan zogenaamde storingsfactoren. Deze vertaling naar storingsfactoren is gemaakt omdat verschillende activiteiten tot dezelfde storingsfactor kunnen leiden, gelijktijdig kunnen optreden en elkaar daarbij ook kunnen versterken. Van habitattypen en soorten die in de Natura 2000-gebieden beschermd worden is bekend in welke mate ze gevoelig zijn voor storingsfactoren. Hierbij is gebruik gemaakt van de indeling uit de effectenindicator Natura 2000 (Ministerie van EZ, 2017). Deze is aangevuld met het onderdeel bodemdaling. De gevolgen van bodemdaling zijn breed en omvatten meer dan één storingsfactor (oppervlakteverlies, vernatting, substraatwijziging et cetera). De effecten van bodemdaling worden dan ook apart beschreven. In onderstaande paragrafen wordt ingegaan op de aard en de omvang van deze effecten.

Tabel 11-2 Potentiele effecten per fase

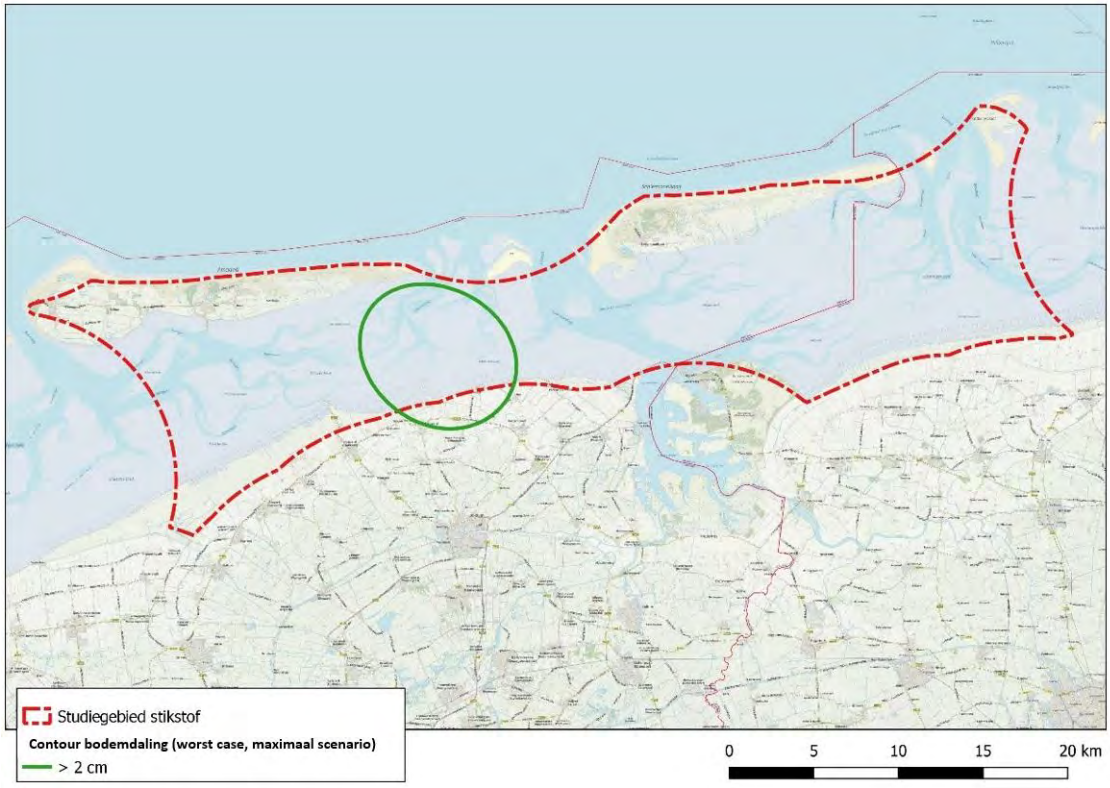
Fase en activiteit	Verstoring door geluid	Verstoring door licht	Visuele verstoring	Oppervlakteverlies	Bodemdaling	Verandering populatiedynamiek (sterfte)	Vermesting en verzuring	Verdroging en vernatting
Aanlegfase								
Bouwrijp maken productielocatie	●	●	●	●			●	
Transport materieel	●	●	●				●	
Opbouw boorinstallatie en aanleg transportleiding	●	●	●	●			●	●
Boren nieuwe put	●	●	●				●	
Affakkelen	●	●	●			●	●	
Winningsfase								
Gaswinning				●[1]	●			●[1]
Suppleties	●	●	●	●	-	-	●	-
Verwijderingsfase								
Afbreken boorinstallatie en verwijderen transportleiding	●	●	●				●	
Transport materieel	●	●	●				●	

[1] Deze mogelijke gevolgen van de gaswinning (bijvoorbeeld mogelijk oppervlakteverlies van platen of vernatting van kwelders) worden beschreven bij de effectketen van bodemdaling en niet apart behandeld.

Studiegebied

Het studiegebied is het gebied waar effecten kunnen optreden als gevolg van de activiteit. De omvang hiervan wordt bepaald door de reikwijdte van de effecten. Het studiegebied is groter dan het plangebied als gevolg van externe werking. Het studiegebied wordt met name bepaald door stikstofdepositie en bestaat uit het noordelijke deel van Friesland, de Waddenzee ter hoogte van Ternaard en Wierum en het oostelijke deel van het Waddeneiland Ameland Figuur 11-1. In onderstaande paragrafen wordt de daadwerkelijke reikwijdte van de verwachte effecten bepaald.

Wanneer de drempelwaarde van een effect reikt tot in een beschermd natuurgebied (Natura 2000 of EHS) en op die plek leidt tot verstoring, is een nadere effectbeoordeling noodzakelijk. Indien geen sprake is van overlap tussen het effectbereik en beschermde waarden, is een verdere beoordeling niet aan de orde, het betreffende effect komt dan ook niet terug in de effectbeoordeling.



Figuur 11-1 Studiegebied van de gaswinning Ternaard

11.2.1 Effecten en reikwijdte

11.2.1.1 Oppervlakteverlies

Het onderdeel oppervlakteverlies beperkt zich tot de direct effecten van de ingreep, oppervlakteverlies treedt als gevolg alleen op gedurende de aanlegfase. De mogelijk afname van het areaal van wadplaten en kwelders als gevolg van bodemdaling worden in paragraaf 11.2.1.6 beschreven.

Oppervlakteverlies leidt tot een afname van het areaal vegetaties of beschikbaar leefgebied. Dit kan leiden tot een afname van de draagkracht van een gebied (minder foerageerruimte, plekken om te rusten et cetera), wat kan leiden tot een verminderde fitheid van individuen (minder voedsel, minder rust, meer stress). Dit kan weer leiden tot een verminderd reproductiesucces, het verlaten van het gebied of een hogere mortaliteit. Uiteindelijk leidt dit tot een verkleining van de populatie. In het meest ernstige geval wordt het gebied dusdanig klein dat het de minimale ondergrens overschrijdt en een populatie uitsterft. Door verkleining van leefgebied wordt een populatie kwetsbaar voor veranderingen ten gevolge van bijvoorbeeld predatie, extreme seizoensinvloeden of ziekten. Het is belangrijk dat functionele eenheden in tact blijven. Voor habitattypen zijn ondergrenzen voor een duurzame oppervlakte bekend (Broekmeyer et al., 2005).

Geen van de alternatieven liggen in een Natura 2000-gebied of binnen de EHS. Op voorhand kan gesteld worden dat van negatieve effecten, als gevolg van oppervlakteverlies, op de instandhoudingsdoelen van het Natura 2000-gebied Waddenzee geen sprake kan zijn. Dit geldt eveneens voor de waarden van de EHS.

De alternatieven liggen allemaal in intensief gebruikt agrarisch gebied. Dit vormt geen leefgebied van beschermde soorten. Ook wordt het terrein, na aanleg van de transportleiding, weer in oorspronkelijke staat hersteld, waardoor het alleen om een tijdelijk effect gaat. De leidingtracés kruisen wel diverse watergangen waar mogelijk lokaal (tijdelijke) dammen in aangelegd worden voor de transportleiding (indien niet onder de watergangen door geboord wordt). Het oppervlak van deze dammen is dusdanig klein ten opzichte van de totale lengte aan watergangen dat het verwaarloosbaar is. Ook zijn uit deze watergangen geen beschermde soorten bekend (NDFF, uitleesdatum februari 2017). Van aantasting van potentieel leefgebied is dan ook van geen sprake.

Gesteld wordt dat de fysieke ingreep nergens in beschermde natuurgebieden (Natura 2000 en EHS) of leefgebieden van beschermde soorten plaatsvinden. Van negatieve effecten op de instandhoudingsdoelen van Natura 2000-gebieden of de gunstige staat van instandhouding van soorten is hierdoor geen sprake. Een nadere beoordeling van oppervlakteverlies als gevolg van de aanleg is dan ook niet aan de orde.

11.2.1.2 Verstoring

Toelichting

Geluid, licht en visuele verstoring (aanwezigheid en bewegingen van mensen, installaties en voertuigen) kunnen diersoorten verstoren. Deze verstoringen kunnen leiden tot stress en/of vluchtgedrag van individuele dieren, wat vervolgens ertoe kan leiden dat dieren het leefgebied voor kortere of langere tijd verlaten, dat de reproductie te ver achterblijft om een goede populatie in stand te houden of dat er een toename van sterfte plaatsvindt. Er kan ook gewenning aan verstoring optreden, in het bijzonder bij continue verstoring door bijvoorbeeld geluid (Broekmeyer *et al.*, 2005). Vaak treden deze verstoringen gelijktijdig op en is de specifieke oorsprong niet altijd goed te duiden.

Verstoring door licht, geluid of bewegingen kan alleen optreden in de realisatie- en verwijderingsfase door bijvoorbeeld bouwmachines en vrachtverkeer. Gedurende de winningsfase is nauwelijks sprake van emissies van geluid, licht of anderzijds bewegingen. Bovengronds is gedurende de winning slechts een kleine installatie aanwezig en de enige activiteit is een wekelijkse controle door een werknemer. Daarnaast vindt één á twee keer per jaar onderhoud plaats. Hiervoor wordt een installatie over de put geplaatst, waarna werkzaamheden verricht worden die tot doel hebben om zand wat in de put aanwezig is te verwijderen en hiermee de toestroming van gas te verbeteren in de productieput. Deze aanwezigheid van installatie en de verstoring door geluid, licht en beweging door het onderhoud zijn van dusdanig beperkte aard in omvang en duur, dat deze als niet relevant worden beschouwd en niet worden beoordeeld (zie ook Hoofdstuk 13 en Bijlagen I en II).

Geluid

Effectomschrijving

Belangrijke geluidsbronnen zijn hei- en bouwwerkzaamheden bij de aanleg, gebruik van voertuigen, boortoren en geluid afkomstig van het affakkelen. Voor de aanlegfase zijn de geluidsemissies afgezet tegen geluidseisen in het bouwbesluit 2012. Om te voldoen aan het bouwbesluit dient de geluidsemissie te voldoen aan een dagwaarde van 60 dB(A) en een langtijdgemiddeld beoordelingsniveau van 45 dB(A) in de avond- en 40 dB(A) in de nachtperiode uit het Bouwbesluit. Voor de boorfase wordt vanuit het Barmm een geluidsbelasting onder de 60 dB(A) vereist. Een nadere toelichting hierop is gegeven in paragraaf 12.3 (beoordelingskader geluid). Geluidsgolven verspreiden zich via de lucht, wat tot op een bepaalde afstand kan leiden tot (verhoging van de) geluidbelasting, die tot verstoring van daar aanwezige dieren kan leiden. Activiteiten in en nabij het water kunnen leiden tot verhoging van de geluidbelasting onder water, wat verstoring of gehoorbeschadiging bij zeedieren kan leiden. Omdat beide productielocaties op afstand van de Waddenzee liggen (> 750 meter), is alleen geluid dat door de lucht verplaatst relevant.

Bij het beoordelen van de effecten van verstoring door geluid is onderscheid gemaakt tussen verstoring door continue bronnen en verstoring door impulsgeluiden.

Voor verstoring door continue geluidsbronnen in de verschillende projectfasen wordt de (gecumuleerde) 24-uurgemiddelde geluidscontour gebruikt. De geluidscontouren zijn op 1,5 meter en op 0,3 meter hoogte berekend. Hoewel de belasting op 1,5 meter vaak hoger is, is voor op het wad levende soorten vooral de 0,3 meter als relevant (vergelijkbare hoogte als de lichaamsgrootte van op en in het water levende vogels en zeehonden).

Uit de berekeningen blijkt dat buitendijks echter nauwelijks verschil is tussen de geluidbelastingen op 0,3 en 1,5 meter hoogte. Hier is dan ook geen onderscheid in gemaakt. Alle resultaten van geluidberekeningen zijn in de vorm van contourkaarten opgenomen in Bijlage I.

Afhankelijk van soort en gedrag van de soort gelden de volgende drempelwaarden voor verstoring (Reijnen & Foppen, 1991[6]), buiten deze grenzen is verstoring uitgesloten:

- Broedvogels (van open gebied): 47 dB(A) op 30 cm.
- Foeragerende vogels: 51 dB(A) op 30 cm.
- Rustende zeehonden: 45 dB(A) op 30 cm.

Voor verstoring door impulsgeluiden, zoals heiwerkzaamheden in de voorbereidingsfase, gelden andere drempelwaarden vergeleken met continue bronnen, als gevolg van de aard van de geluidsbelasting (hoge, maar korte pieken). Hiervoor is de LAmax berekend.
Over de gevoeligheid van dieren voor impulsgeluiden is niet veel literatuur beschikbaar. In twee al wat oudere studies zijn de effecten van knalgeluiden onderzocht:

- Effecten van schietoefeningen vanaf fort Erfprins op natuurwaarden in het zeegat van Texel. (Smit et al, 2007).
- Vuurwerk en Natuur, effecten van evenementenvuurwerk op beschermde natuurwaarden in Zeeland (Van Apeldoorn & Smit, 2006).

Beide rapporten proberen een inschatting te geven van de effecten van knalgeluid (schietoefeningen resp. vuurwerk) op onder meer vogels. Daarbij wordt een vrij breed overzicht gegeven van de op dit punt beschikbare literatuur.
Als eerste wordt geconstateerd dat er geen onderzoek bekend is waaruit algemene drempelwaarden of andere algemeen geldende vuistregels voor de effecten van knalgeluid kunnen worden afgeleid. De meeste studies geven afstanden vanaf de bron aan tot waarop effecten (uitgedrukt in opvliegen, over de grond verplaatsen, onrust) merkbaar zijn. Zelden worden daarbij bronniveaus of geluidsniveaus op de locatie waar het effect wordt waargenomen genoemd. Doordat deze gegevens ontbreken kunnen moeilijk drempelwaarden of vuistregels worden afgeleid. Opvallend is dat auteurs van beide rapporten geen bindende uitspraken durven doen over de effecten van de onderzochte schietoefeningen en vuurwerkevenementen bij gebrek aan voldoende gegevens.

Over de specifieke effecten van impulsgeluid als gevolg van heien op (water)vogels is eveneens zeer weinig bekend, wat het trekken van wetenschappelijk onderbouwde conclusies over de effecten van heien bemoeilijkt. Onderzoek in Engeland wees uit dat er weinig reactie van vogels was op geluid van heien met geluidvolumes tot 84 dB(A). De situaties waar wel verstoring optrad waren gecorreleerd met visuele verstoring door aanwezigheid van mensen (Institute of Estuarine & Coastal Studies, 2009). Omdat de werkzaamheden achter de dijk van de Waddenzee plaatsvinden, treedt een dergelijke visuele verstoring voor de vogels in de Waddenzee niet op.

Uit bovengenoemde onderzoeken kunnen de volgende algemene conclusies getrokken worden, die van toepassing kunnen zijn op het beoordelen van de effecten van heien op Locatie 1:

- Een drempelwaarde van 60 dB(A) lijkt een reële waarde voor de worst case situatie (uit onderzoek blijkt geen effect bij meer dan 60, wel effect bij 100 dB(A)). Aangenomen wordt dat bij knalgeluiden van meer dan 60 dB(A) een reactie bij foeragerende, rustende en broedende vogels waargenomen zal worden;
- Bij herhaald terugkerende drempel overschrijdende knallen kan langdurige of min of meer permanente mijding van het verstoorde gebied optreden. Bij welke frequentie dit optreedt, valt niet met zekerheid te zeggen; een expert-judgement is dat bij wekelijks optredende drempel overschrijdende knallen er langdurige mijding van 1 à 2 dagen van een deel van de foeragerende en rustende vogels op zal treden. Bij meer frequente drempel overschrijdende knallen wordt min of meer permanente mijding van een deel

6 Dit onderzoek geldt specifiek voor autoverkeer op snelwegen, waarin een correlatief verband is aangetroffen (hoe meer geluid, hoe minder vogels). Bij industrie gaat het om bronnen die niet bewegen. Mogelijk leidt dit tot meer gewenning (Broekmeyer et al, 2005).

van de rustende en foeragerende vogels verwacht. Nestverlating van broedende vogels wordt eveneens verwacht.

Verder moet bedacht worden dat de heiwerkzaamheden slechts van korte duur zijn (tien tot vijftien dagen).

Effectbereik
De effecten van geluid zijn beschreven in hoofdstuk 13. Kaartjes met geluidcontouren zijn opgenomen in bijlage I.

Er is een modelberekening gedaan voor locatiealternatief L1. Omdat de productielocatie bij Locatie 2 (in de polder) op vergelijkbare afstand tot aan de Waddenzee ligt, gelden dezelfde afstanden qua reikwijdte en verwacht effect.

Uit deze geluidberekeningen van de verschillende fases blijkt dat de 45 dB(A)$_{24eq}$-contour van de aanleg en het verwijderen van zowel de productielocatie als de transportleiding tot maximaal 150 meter reikt vanaf de bron (Bijlage I). De 45 dB(A)$_{24eq}$-contour van de boring (ook onderdeel van aanleg) reikt tot circa 300 meter vanaf de bron.

De LA_{max} 60 dB(A)-contour van de heiwerkzaamheden ligt op circa 700 meter van de bron, tegen de Waddenzeedijk aan, maar reikt niet over de kwelders of het wad (Bijlage I).

Tevens liggen ter hoogte van Ternaard (beide locatiealternatieven) binnendijks geen belangrijke hoogwatervluchtplaatsen (Ministerie van I&M, 2016a).

Gesteld wordt dat dat drempelwaarden van geluidverstoring nergens reiken tot in Natura 2000-gebieden of EHS. Van negatieve effecten op de instandhoudingsdoelen van het Natura 2000-gebied Waddenzee is dan ook geen sprake. Een verdere effectbepaling en -beoordeling van geluidsverstoring is daarom niet aan de orde.

Wel kan sprake zijn van verstoring van leefgebied van beschermde soorten. Voor mogelijke effecten op beschermde soorten wordt een nadere beoordeling uitgevoerd (paragraaf 11.5).

Licht

Bij de effecten van licht moet onderscheid gemaakt worden tussen gevolgen voor de verlichtingssterkte (de mate waarin een gebied minder donker wordt) en de zichtbaarheid van het licht (lichtsterkte). De afstand waarop een lichtbron gezien wordt is vele malen groter dan de afstand waarop een lichtbron nog bijdraagt aan de mate van verlichting van een gebied. Vooral de verlichtingssterkte is relevant voor natuur, omdat deze kan leiden tot fysiologische en gedragsveranderingen bij dieren. Voor de verlichtingssterkte geldt dat negatieve effecten niet uitgesloten kunnen worden boven de drempelwaarde van 0,1 lux (Molenaar, 2003).

De effecten van verlichting zijn beschreven in hoofdstuk 13, kaartjes met contouren van de verlichtingssterkte zijn opgenomen in bijlage II.

De 0,1 lux-grens van zowel de aanlegwerkzaamheden van de productielocatie als van de transportleiding naar Moddergat ligt op circa 115 meter vanaf de grens van de werklocaties. Dit is inclusief het effect van affakkelen. Overigens is de verwachting dat werkzaamheden voor de transportleiding alleen overdag plaats vinden. Bij geen van de alternatieven reikt de verlichtingsgrens van 0,1 lux tot in een Natura 2000-gebied of gebied dat begrensd is al EHS. Ook zijn binnen de contour geen belangrijke hoogwatervluchtplaatsen aanwezig (Wiersma en Van Dijk, 2009; Ministerie van I&M, 2016a). Tracéalternatief noord komt op circa 400 meter afstand van de zeedijk te liggen en de 0,1 lux-contour ligt op circa 285 meter (meest nabij de Waddenzee gelegen deel). Omdat de aanlegwerkzaamheden achter de zeedijk plaatsvinden, is ook de zichtbaarheid van de verlichting vanaf de Waddenzee beperkt.

Binnen de lichtcontouren is nagenoeg nergens potentieel geschikt leefgebied van beschermde soorten aanwezig. Alleen ten zuiden van Locatie 1 ligt een deel van een singel binnen de 1,0 lux contour. Dit kan leefgebied zijn van enkele algemeen in Nederland voorkomende vogels of foerageergebied van vleermuizen. Omdat de mate van verlichting hier laag is, het om een tijdelijk effect gaat en de locatie al verlicht wordt door verlichting van de sportvelden, is van aantasting van potentieel leefgebied van geen sprake.

De drempelwaarden voor lichtverstoring (0,1 lux) reikt niet tot in Natura 2000-gebieden of de EHS. Van negatieve effecten op de instandhoudingsdoelen van Natura 2000-gebieden of de gunstige staat van is hierdoor geen sprake. Een nadere beoordeling is dan ook niet aan de orde.

Visuele verstoring

Een toename van visuele verstoring kan optreden door de plaatsing van de boorinstallatie of verkeersbewegingen bij de aanleg van de transportleiding. Voor het bepalen van de reikwijdte wordt uitgegaan van een bij eerdere onderzoeken vastgestelde maximale verstoringsafstand bij een soort(groep). Van boorinstallaties zijn echter geen specifieke gegevens bekend. Van hoogspanningsmasten wordt voor veel vogelsoorten uitgegaan van 150 meter en voor kritische soorten van open gebieden (weidevogels) wordt een afstand van 200-300 meter aangehouden (Ballasus & Sossinka, 1996, Steinborn et al., 2011 en Voslamber & Liefting, 2011). Daarnaast kan verstoring optreden als gevolg van de bewegingen van mensen. In Krijgsveld et al (2008) wordt voor soorten van open gebieden (ganzen en steltlopers) afstanden tot 300 meter genoemd. Als maximale afstand wordt hier 300 meter aangehouden, gezien de soorten die aangewezen zijn voor het Natura 2000-gebied Waddenzee vooral soorten van open gebied zijn.

De beide locatiealternatieven liggen op circa 750 meter afstand van de Waddenzee. Van visuele verstoring van aangewezen waarden van de Waddenzee kan hierdoor geen sprake zijn. Dit geldt ook voor de tracéalternatieven van de transportleiding. Het Tracé Zuid ligt op minimaal 800 meter afstand. Tracé Noord ligt ten noorden van Nes op circa 350 meter van de Waddenzee. Ten opzichte van de Waddenzee vinden de werkzaamheden bovendien achter de Zeedijk plaats, waardoor van verstoring door beweging of aanwezigheid van mensen en materieel niet optreedt. Ook zijn binnen de contour geen belangrijke hoogwatervluchtplaatsen aanwezig (Wiersma en Van Dijk, 2009; Ministerie van I&M, 2016a)).

Binnen de verstoringscontour is nagenoeg nergens potentieel geschikt leefgebied van beschermde soorten aanwezig. Alleen ten zuiden van Locatie 1 ligt een deel van een singel binnen storingsafstand. Dit kan leefgebied zijn van enkele algemene vogels of foerageergebied van vleermuizen. Omdat het om een tijdelijk effect gaat en de locatie al verstoord wordt door het gebruik van de sportvelden, is van aantasting van potentieel leefgebied van geen sprake.

Gesteld wordt dat visuele verstoring niet kan optreden omdat de werkzaamheden buiten de verstoringsafstand plaats vinden en tussen de planlocatie een hoge zeedijk ligt die het zicht ontneemt. Van negatieve effecten op instandhoudingsdoelen van Natura 2000-gebieden of de gunstige staat van instandhouding van soorten is hierdoor geen sprake. Een nadere beoordeling is dan ook niet aan de orde.

11.2.1.3 Verandering populatiedynamiek (sterfte)

Effectomschrijving

Een verandering van de populatiedynamiek[7] is geen op zichzelf staand effect. De veranderingen in populatiedynamiek hangen samen met invloeden van de voorgenomen activiteit die gevolgen kunnen hebben voor het sterftecijfer of de mortaliteit van soorten. Wanneer de mortaliteit onder dieren groot is als gevolg van deze invloeden, dan heeft dit mogelijk een effect op de omvang van de populatie. De norm die gebruikt wordt om de significantie van dit effect te beoordelen is de 1%-mortaliteitsnorm. Wanneer sterfte als gevolg van de plannen hoger is dan 1% van de autonome sterfte binnen de populatie, zijn significante effecten op de populatie niet zonder meer uit te sluiten. Zie voor een meer uitgebreide uitleg van de 1%-mortaliteitsnorm Kader 1.

Bij de gaswinning in Ternaard kunnen veranderingen in de populatiedynamiek van soorten optreden als gevolg van het optreden van slachtoffers onder vogels door het affakkelen in de aanlegfase. In de gebruiksfase, bijvoorbeeld bij onderhoud, wordt niet afgefakkeld. Hoewel beide locatiealternatieven (L1 en L2) en dus de fakkel buiten het Natura 2000-gebied Waddenzee ligt, zijn slachtoffers onder vogels, waaronder soorten met een instandhoudingdoel in de Waddenzee, niet op voorhand uit te sluiten door de ligging nabij het Natura 2000-gebied. Daarnaast geldt vanuit de soortbescherming eveneens een bescherming van alle inheemse vogelsoorten.

[7] De storende factor verandering in populatiedynamiek treedt op indien er een direct effect is van een activiteit op de populatie-opbouw en/of populatiegrootte. Er wordt hier vooral gedoeld op de situatie wanneer sprake is van sterfte van individuen.

Kader 1 De 1%-mortaliteitsnorm

De 1%-norm voor additionele sterfte (1%-mortaliteitsnorm) is een door de Raad van State geaccepteerde toetsingsnorm voor het beoordelen van sterfte onder vogels door windturbines. Per vogelsoort wordt de gemiddelde jaarlijkse sterfte bepaald voor het betreffende gebied:

1% mortaliteitsnorm = jaarlijkse sterfte in Natura 2000-gebied x draagkracht Natura 2000-gebied x 0,01

De jaarlijkse sterfte is gebaseerd op de soort specifieke data op www.bto.org met betrekking tot de jaarlijkse overleving. Indien er als gevolg van de activiteit minder dan 1% van de autonome sterfte optreedt, wordt niet gesproken over een significant negatief effect. Wanneer wel een overschrijding plaatsvindt, dan kan een nadere analyse noodzakelijk zijn om de relatie nader te onderzoeken.

Deze “1%-mortaliteitsnorm” wordt algemeen in Nederland toegepast om de significantie van een ingreep die sterfte tot gevolg heeft te bepalen. In de “Leidraad bepaling significantie” van het Steunpunt Natura 2000 (2010) wordt deze norm ook genoemd als een bruikbaar instrument om de significantie van een ingreep te bepalen. De 1%-mortaliteitsnorm is ontwikkeld door het ORNIS-comité (een groep vogel-experts die door de Europese Commissie als gezaghebbend wordt gezien) en is in verschillende gevallen door de Afdeling Bestuursrechtspraak van de Raad van State als zodanig erkend, zie de uitspraak van 1 april 2009 (ABRvS200801465/R2), een zaak die specifiek op sterfte veroorzaakt door windturbines betrekking had.

Effectbereik

De duur van het affakkelen hangt sterk af van hoe de clean-up aan het einde van de aanlegfase verloopt. In de beoordeling is uitgegaan van een standaard affakkelperiode bij een test van drie maal 8 uur verdeeld over 36 uur en éénmaal 24 uur continu.

Het exacte moment van ontbranden van de fakkel is vooraf niet goed te voorspellen, de vlam ontstaat vrij plotseling. Hierdoor bestaat een zeer kleine kans dat één of enkele vogels tijdens het affakkelen in de vlam terecht komen en sterven. Uitgangspunt is dat wanneer er eenmaal sprake is van een vlam, deze geen risico meer vormt voor vogels. In tegenstelling tot effecten bij een boorplatform op zee, is uitputting van vogels die ’s nachts door het licht van de vlam aangetrokken worden en rond blijven zwermen, bij een productielocatie op land geen knelpunt omdat in de omgeving voldoende land-, rust- en foerageerplekken beschikbaar zijn. Dit betekent dat er slechts enkele malen kortstondig een risico is, namelijk op het moment van ontstaan van de vlam bij het affakkelen.

Wanneer rekening gehouden wordt met de duur van het affakkelen en de locatie ten opzichte van de Waddenzee, is de kans dat een vogel sterft in de vlam nihil. Het aantal potentiele slachtoffers is dusdanig klein, dat dit als niet meetbaar beschouwd wordt. Het inzetten van bijvoorbeeld een vogelwachter biedt door de zeer korte tijd dat slachtoffers kunnen vallen geen meerwaarde en is niet nodig.

Van de vogelsoorten die in de Waddenzee leven lopen vooral soorten die ook gebruik maken van het binnendijkse gebied risico op een incidenteel effect. Dit zijn vooral de soorten die in de Waddenzee broeden of rusten en in het binnenland foerageren. Van de broedvogels zijn dit bruine kiekendief en velduil, van de niet-broedvogels vooral plantenetende soorten als diverse soorten ganzen, kleine zwaan en smient. De broedvogels komen in de omgeving van Ternaard in zeer lage dichtheden voor, het risico op een incident met de fakkel is voor deze soorten zeer gering. Voor de grasetende soorten niet-broedvogels, die veelal in groepen vliegen, is het risico iets groter.

Op voorhand gesteld kan worden dat de 1%-mortaliteitsnorm van geen enkele soort overschreden zal worden door een incidenteel en individueel sterfgeval. Van negatieve effecten op de instandhoudingsdoelen van het Natura 2000-gebied Waddenzee, de kenmerkende waarden van de EHS of de gunstige staat van instandhouding is dan ook geen sprake. Een bepaling en beoordeling van de effecten van sterfte door affakkelen is daarom niet nodig.

11.2.1.4 Verzuring en vermesting

Verzuring van bodem of water is een gevolg van de uitstoot (emissie) van vervuilende gassen door bijvoorbeeld industrie en verkeer. De uitstoot bevat onder andere zwaveldioxide (SO_2), stikstofoxide (NO_x), ammoniak (NH_3) en vluchtige organische stoffen (VOS).

Deze stoffen komen via lucht of water in de grond terecht en leiden tot het zuurder worden van het biotische milieu. Vermesting is de letterlijke verrijking van ecosystemen met name met stikstof en fosfaat. Het kan gaan om aanvoer door de lucht (droge en natte neerslag van ammoniak en stikstofoxiden) of nitraat- en fosfaataanvoer door het oppervlakte- of grondwater. De effecten van beide zijn niet altijd te scheiden, omdat een deel van de verzurende stoffen ook vermestend werkt (aanvoer van stikstof). Vermesting en verzuring kan zowel effect hebben op habitattypen als op leefgebied van habitatrichtlijnsoorten.

Emissies zijn alleen aan de orde gedurende de aanleg- en verwijderingsfase, tijdens de winningsfase is geen sprake van relevante emissies en depositie (Bijlage III). De aanlegfase kan verdeeld worden over de productielocatie en het transportleidingtracé en bestaat hoofdzakelijk uit bouwverkeer en -machines.

Ten behoeve van het onderdeel verzuring en vermesting als gevolg van stikstofdepositie, is de depositie als gevolg van de alternatieven onderzocht door de stikstofemissies te berekenen. De berekeningen zijn uitgevoerd met het hiervoor ontwikkelde model AERIUS. De effecten van stikstof worden beoordeeld voor de stikstofgevoelige natuurwaarden (habitattypen en leefgebieden van soorten) binnen Natura 2000-gebieden.

Uit de AERIUS-berekeningen (Bijlage III) blijkt dat het gebied met een toename van stikstofdepositie reikt tot in de Natura 2000-gebieden Waddenzee, Noordzeekustzone, Duinen Ameland en Duinen Schiermonnikoog. Voor deze gebieden wordt dan ook beoordeeld of stikstofdepositie leidt tot negatieve effecten op de instandhoudingsdoelen van dit Natura 2000-gebied.

11.2.1.5 Verdroging en vernatting

Verdroging kan optreden wanneer voor de bouw of de uiteindelijke situatie bronbemaling toegepast wordt. Daarnaast kan de aanwezigheid van objecten onder de grond van invloed zijn op de freatische grondwaterstromingen en grondwaterstanden. De effecten op buitendijks gelegen gebieden (Waddenzee: kwelders en platen) zoals gevolgen van wijzigingen in de (hydro)morfologie als gevolg van bodemdaling, zijn beschreven onder de effecten van oppervlakteverlies of verandering substraat.

Verdroging uit zich in lagere grondwaterstanden en/of afnemende kwel. Als gevolg hiervan ontstaat een vochttekort bij grondwaterafhankelijke vegetaties. Daarnaast treden er veranderingen op doordat de aard en de beschikbaarheid van voedingsstoffen veranderen. Doordat de doorluchtig van de bodem toeneemt, wordt er meer organisch materiaal afgebroken. Op deze manier kan verdroging tevens tot vermesting leiden. Bij vernatting is er sprake van hogere grondwaterstanden en/of kwel door menselijk toedoen (dit kan ook door het dalen van de bodem. Door verdroging en vernatting kan een gebied ongeschikt worden voor planten en dieren en zo leiden tot een verandering in de soortensamenstelling en uiteindelijk het aanwezige habitat (Broekmeyer et al., 2005).

Wijzigingen in grondwaterstand beperken zich tot het (grondwater van het) binnendijkse gebied (hoofdstuk 12). Dit betreft gebied dat niet als Natura 2000-gebied of Ecologische Hoofdstructuur begrensd is. Van negatieve effecten, als gevolg van verdroging of vernatting, op natuurlijke kenmerken van Natura 2000-gebieden of de EHS is hierdoor geen sprake.

Effecten van verdroging of vernatting kunnen wel optreden op leefgebied van beschermde soorten. De effectbeoordeling gaat alleen in op beschermde soorten.

11.2.1.6 Bodemdaling

Van het winningsscenario zijn bodemdalingscontouren berekend. In het winningsplan voor de gaswinning Ternaard (NAM, 2019) zijn meerdere bodemdalingsschotels opgenomen en ook deze zijn beschouwd bij het bepalen van de reikwijdte van de bodemdaling. Hieruit blijkt dat binnen het Natura 2000-gebied Waddenzee een daling op zal treden (Hoofdstuk 3, Deel A). De noordelijke grens van de verwachte bodemdaling ligt ten zuiden van de kwelderrand van de oostelijke kwelder van Ameland. Overigens vallen de kwelders van Ameland onder het Natura 2000-gebied Waddenzee, de begrenzing van het Natura 2000-gebied Duinen van Ameland ligt buiten de uiterste dalingscontour.

Figuur 11-2 Dalingscontour van de voorgenomen gaswinning (bron: NAM).

Als gevolg van de bodemaling in het kombergingsgebied kunnen diverse mogelijke effecten optreden in de Waddenzee, maar ook de aangrenzende Natura 2000-gebieden, waarmee het systeem van de Waddenzee in verbinding staat. Mogelijke effecten zijn wijzigingen van de bodemsamenstelling (sediment en dichtheid), veranderingen in oppervlak of ligging van droogvallende platen of wijzigingen van oppervlak of samenstelling kwelders (verlaging, afkalving). Wijzigingen in oppervlak of samenstelling van droogvallende platen kunnen bijvoorbeeld een effect hebben op de beschikbaarheid of bereikbaarheid van voedsel voor steltlopers. Een afname van het kwelderoppervlak kan leiden tot een afname van (potentieel) beschikbaar broedgebied.

Wanneer wijzigingen optreden in het abiotische systeem en de gevolgen hiervan mogelijk kunnen doorwerken in het biotische systeem, kunnen negatieve effecten op de kenmerkende natuurwaarden van het Natura 2000-gebied Waddenzee en de EHS niet op voorhand uitgesloten worden. In het MER is onderzocht wat het effect is van de bodemdaling op het systeem van de Waddenzee (hoofdstuk 10). Vervolgens is een relatie gelegd met de aanwezigheid van habitattypen en soorten waarvoor instandhoudingsdoelen gelden in het gebied, en de effecten daarop.

11.2.1.7 Effecten van zandsuppleties

De bodemdalingsschotel van de gaswinning zal na verloop van tijd geheel opgevuld worden met sediment. Dit sediment bestaat uit slib en zand. Het zand zal initieel uit de nabije omgeving komen, van de platen en uit de geulen in de buurt van de bodemdalingsschotel. Na verloop van tijd zal dit sediment worden aangevuld met sediment uit de kustzone. Het sediment dat uit de kustzone wordt aangevoerd betekend een extra sedimentverlies voor de kustzone en hiervoor geldt, in het vigerende kustbeleid, dat dit zal moeten worden aangevuld met zandsuppleties. Het zand voor deze suppleties zal buiten de grenzen van het kustfundament gewonnen moeten worden, dat wil zeggen op waterdieptes groter dan -20 m op de Noordzee.

Van het sediment dat in de bodemdalingsschotel wordt afgezet, wordt het deel fijn sediment (de fractie kleiner dan 63 µm) aangevoerd als zwevend stof in de waterkolom. Dit wordt aangevoerd vanuit de Noordzee en wordt niet onttrokken aan andere delen van het kustsysteem. Dit betekent dat aanvoer van fijn

sediment geen gevolgen heeft voor het kustsysteem, er vindt daardoor geen afname plaats van het sedimentvolume van de kust en de buitendelta's en er vindt geen achteruitgang plaats van de kustlijn.

Het Nederlandse kustbeleid is er op gericht om de positie van de kustlijn in stand te houden. Wanneer de kustlijn te ver landwaarts verschuift dan worden zandsuppleties uitgevoerd om de kustlijn terug te leggen in zeewaartse richting. Ook wordt zand toegevoegd aan het kustfundament zodat dit zijn hoogte behoudt ten opzichte van de stijgende zeespiegel.

De bodemdaling door gaswinning leidt op termijn tot een achteruitgang van het zandvolume van de kust en dit kan leiden tot een achteruitgang van de kustlijn. Omdat deze ontwikkelingen in gaan tegen het kustbeleid zal de achteruitgang van het zandvolume te niet moeten worden gedaan door het uitvoeren van zandsuppleties.

Het zand waarmee het bodemdalingsvolume wordt aangevuld, wordt in eerste instantie door het sedimentdelende systeem onttrokken aan de platen, geulen en de buitendelta's van de Waddenzee. Uiteindelijk wordt het gehele zandvolume onttrokken aan de kustzones die grenzen aan de buitendelta's. De aanvulling van het zandvolume dat nodig is voor het aanvullen van het bodemdalingsvolume in de Waddenzee leidt dus tot een afname van het zandvolume van de kust. Het zand is, via de buitendelta van het Pinkegat, afkomstig van de kust van Ameland.

Voor de uitvoering van de zandsuppleties die nodig zijn voor het aanvullen van de zandvoorraden van het kustfundament, vanwege de bodemdaling door de gaswinningen Ternaard wordt zo veel mogelijk aangesloten bij de werkwijze zoals die wordt gehanteerd bij de gaswinning Moddergat, Lauwersoog en Vierhuizen. Dat betekent dat de suppleties worden uitgevoerd onder regie van Rijkswaterstaat, op locaties waar al suppleties worden uitgevoerd vanwege de kustlijnzorg in het kader van de Waterwet. Het zandvolume dat bij de betreffende zandsuppleties wordt uitgevoerd ten bate van de gaswinning Ternaard wordt als zodanig geoormerkt, zodat duidelijk is en blijft welk deel van de suppleties wordt uitgevoerd voor de reguliere kustlijnzorg en welk deel voor de gaswinning Ternaard. De verantwoordelijkheid voor het suppletievolume voor de gaswinning Ternaard berust bij de NAM. Indien het niet mogelijk blijkt om aan te sluiten bij de zandsuppleties die worden uitgevoerd voor de kustlijnzorg door Rijkswaterstaat, zal de NAM zorgdragen voor de uitvoering van de zandsuppleties.

De ecologische impact van zandsuppletie worden voor een deel bepaald door de bedekking van het bodemleven met zand. De bedekking leidt tot het afsterven van de bodemfauna en dit betekent dat ook alle dieren die prederen op dit bodemleven de effecten merken. Andere ecologische effecten van zandsuppleties treden op door de vertroebeling van de waterkolom, de eventuele verandering van de korrelgrootte van het substraat en de aanwezigheid van de schepen en het andere materieel voor het uitvoeren van de suppletie. In het algemeen geldt: hoe groter de zandsuppletie, des te groter de ecologische impact. Effecten van zandsuppleties kunnen geminimaliseerd worden door deze uit te voeren binnen het bestaande suppletieprogramma van Rijkswaterstaat, ten behoeve van behoud van de Basiskustlijn.

De ecologische effecten van de uitvoering van de aanvullende zandsuppleties worden in deze MER en in de Passende beoordeling (Bijlage VIII) nader onderzocht.

Achteruitgang van het zandvolume in de Noordzeekustzone kan onder stormcondities leiden tot aantasting van de kust van Ameland en daarmee van duinen in het Nature 2000-gebied Duinen Ameland. Omdat zandsuppleties zijn voorzien om het getransporteerde zand aan te vullen, vindt er echter geen effect op de duinwaterkering plaats. Deze effectketen wordt daarom niet nader beschouwd.

Voor meer informatie over de uitgangspunten en uitvoering van de zandsuppleties wordt verwezen naar hoofdstuk 10 Hydromorfologie.

11.2.2 Onderzoeksopgave

Op basis van de voorgaande analyse van mogelijke effecten van het voornemen en de reikwijdte daarvan is de onderzoeksopgave voor de m.e.r. en de passende beoordeling bepaald. Effecten kunnen optreden op delen van de Natura 2000-gebieden Waddenzee (door stikstofdepositie en bodemdaling) en Noordzeekustzone (in verband met de uitvoering van aanvullende zandsuppleties).

Effecten op de EHS lopen parallel aan de effecten op deze Natuurgebieden, omdat de begrenzing hiervan overlapt. De effecten beschermde soorten kunnen zowel op de planlocaties als in de Waddenzee optreden.

Tabel 11-3 Onderzoeksopgave: effecten die op voorhand niet uitgesloten kunnen worden

Effect	Natura 2000-gebied Waddenzee	Natura 2000-gebied Noordzeekustzone	Duinen Ameland	Duinen Schiermonnikoog	Ecologische Hoofdstructuur	Beschermde soorten
Verstoring door geluid	-	●	-	-	●	●
Verstoring door licht	-	●	-	-	●	●
Visuele verstoring/silhouetwerking	-	●	-	-	●	●
Oppervlakteverlies	-	●	-	-	●	●
Vermesting en verzuring	●	●	●	●	●	-
Verdroging en vernatting	-	-	-	-	-	●
Bodemdaling	●	-	-	-	●	●

11.3 Beoordelingskader

11.3.1 Beoordelingskader MER

De effecten voor het thema natuur worden bepaald op basis van de beoordelingscriteria uit Tabel 11-4 Beoordelingskader natuur Onder de tabel volgt per beoordelingscriterium een toelichting op de beoordelingscriteria (meeteenheden) en gehanteerde methode.

Tabel 11-4 Beoordelingskader natuur

Beschermingsregime	Beoordelingscriterium
Natura 2000-gebieden	Aantasting van de natuurlijke kenmerken, gelet op de instandhoudingsdoelen die hiervoor gelden
Beschermde soorten	Gevolgen voor de staat van instandhouding van beschermde soorten planten en dieren, gelet op de verbodsbepalingen die hiervoor gelden
Ecologische Hoofdstructuur	Aantasting van de wezenlijke waarden en kenmerken

11.3.2 Gebiedenbescherming

De bescherming van Natura 2000-gebieden gaat uit van het voorkómen van significant negatieve effecten, gelet op de instandhoudingsdoelen die voor deze gebieden gelden. Per Natura 2000-gebied zijn doelen vastgesteld voor behoud of herstel van areaal en kwaliteit van habitattypen en areaal, kwaliteit en draagkracht van leefgebieden voor soorten. De beoordeling in het MER ten aanzien van de Natura 2000-gebieden gaat in op het effect van de voorgenomen activiteiten op de natuurlijke kenmerken van deze Natura 2000-gebieden, gelet op deze instandhoudingsdoelen.

In het MER wordt gebruik gemaakt van een zevenpuntschaal. Voor het onderdeel natuur zijn niet alle categorieën toegepast. Positieve effecten worden op voorhand niet verwacht. De score of 0/- is bovendien niet meegenomen.

In de beoordelingen is uitgegaan van criteria die ook bij effectbeoordelingen aan de Wet natuurbescherming gehanteerd worden. Daarbij wordt onderscheid gemaakt in twee categorieën, gebaseerd op juridische mogelijkheden: significant negatieve effecten of negatieve effecten.

Tabel 11-5 Beoordelingskader gebiedenbescherming uit de Wet natuurbescherming

Score	Beoordelingscriterium
++	Niet van toepassing
+	Niet van toepassing
0/+	Niet van toepassing
0	Geen effecten
0/-	Niet van toepassing
-	Een beperkte verslechtering. Er is, gelet op de instandhoudingsdoelstellingen, sprake van negatieve effecten die niet significant zijn.
- -	Een sterkte verslechtering. Er is, gelet op de instandhoudingsdoelstellingen, sprake van significant negatieve effecten.

11.3.3 Soortbescherming

De bescherming van soorten gaat uit van het behoud van de gunstige staat van instandhouding van de populatie. De effecten worden daarbij getoetst aan de algemene verbodsbepalingen die de wet hanteert.

In het MER wordt gebruik gemaakt van een zevenpuntschaal. Voor het onderdeel Natuur zijn niet alle categorieën toegepast. Positieve effecten worden op voorhand niet verwacht. De score of 0/- is bovendien niet meegenomen. In de beoordelingen is uitgegaan van criteria die ook bij effectbeoordelingen aan de Wet natuurbescherming gehanteerd worden. Daarbij wordt onderscheid gemaakt in twee categorieën, gebaseerd op juridische mogelijkheden: effecten leiden tot aantasting van de gunstige staat van instandhouding (sterke verslechtering) of negatieve effecten leiden niet tot aantasting van de gunstige staat van instandhouding (verslechtering).

Tabel 11-6 Beoordelingskader soortbescherming uit de Wet natuurbescherming.

Score	Beoordelingscriterium
++	Niet van toepassing
+	Niet van toepassing
0/+	Niet van toepassing
0	Geen effect op de gunstige staat van instandhouding van beschermde soorten.
0/-	Niet van toepassing
-	Algemene verbodsbepalingen worden (mogelijk) overtreden, maar de gunstige staat van instandhouding van beschermde gebieden is niet in het geding
- -	Algemene verbodsbepalingen worden overtreden, met negatieve gevolgen voor de gunstige staat van instandhouding van beschermde soorten

11.3.4 Ecologische Hoofdstructuur

De EHS is begrensd en planologisch vastgelegd. Het beschermingsregime is onder de nieuwe Wet Ruimtelijke Ordening vastgelegd in de Barro en werkt via provinciale verordeningen (Verordening Romte) door in gemeentelijke bestemmingsplannen. Ruimtelijke ingrepen in de EHS met significant negatieve effecten zijn niet toegestaan. Het nee, tenzij-regime uit de Nota Ruimte laat alleen onder bepaalde voorwaarden ontwikkelingen toe. Dit betekent dat voor ruimtebeslag of verlies in functie door bijvoorbeeld kwaliteitsverlies, versnippering of verstoring, compensatie vereist is. De beoordeling in het MER ten aanzien van de EHS gaat uit van het effect van de plannen op de wezenlijke kenmerken en waarden van deze EHS.

In het MER wordt gebruik gemaakt van een zevenpuntschaal. Voor het onderdeel Natuur zijn niet alle categorieën toegepast. Positieve effecten worden op voorhand niet verwacht. De score 0/- is bovendien niet meegenomen. Hoewel voor beoordelingen in relatie tot de EHS minder strak zijn af gekaderd dan de Wet natuurbescherming, is voor de consistentie ook voor de EHS de bovengenoemde categorie niet gehanteerd.

Tabel 11-7 Beoordelingskader EHS

Score	Beoordelingscriterium
++	Niet van toepassing
+	Niet van toepassing
0/+	Niet van toepassing
0	Geen effect op de wezenlijke kenmerken en waarden van de EHS.
0/-	Niet van toepassing
-	Er is sprake van beperkte aantasting van de wezenlijke kenmerken en waarden van de EHS.
- -	Er is sprake van een significante aantasting van de wezenlijke kenmerken en waarden van de EHS.

11.4 Referentiesituatie

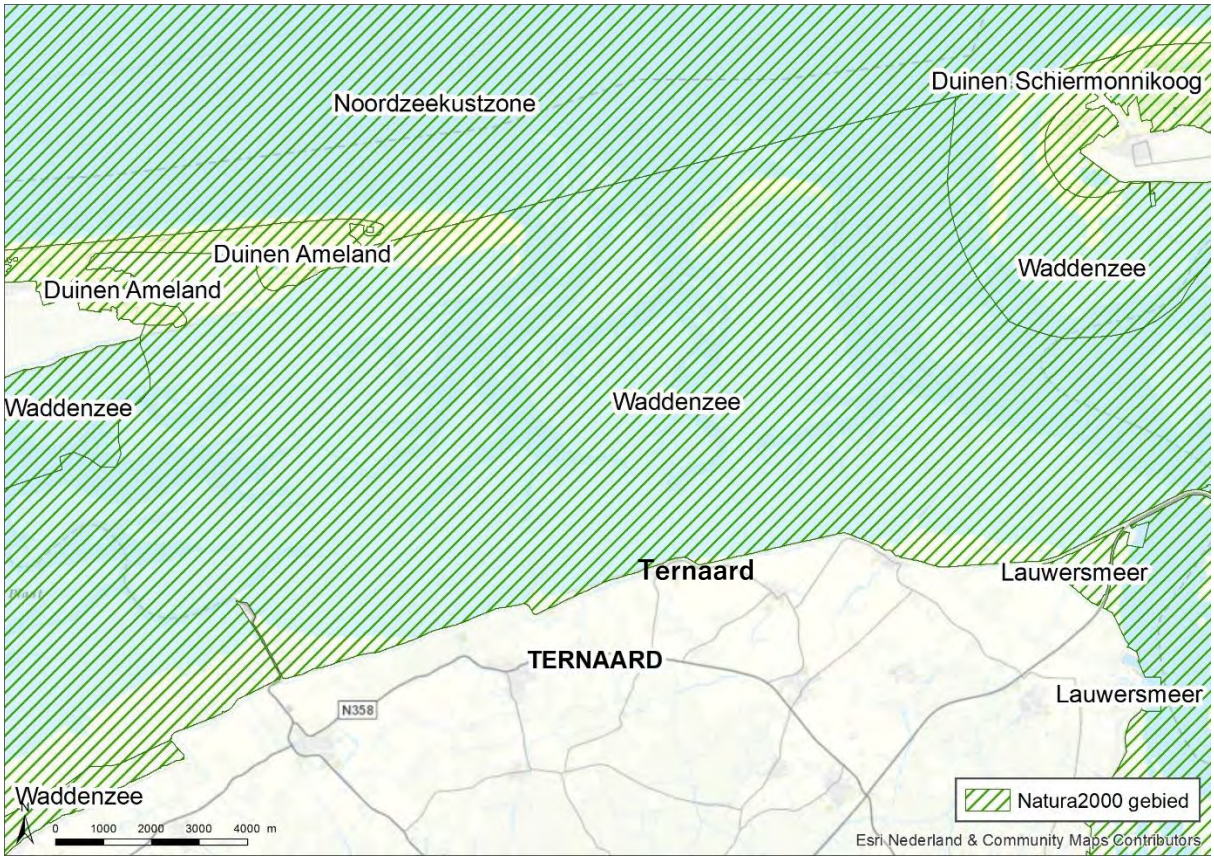
Huidige situatie

Het plangebied (beide productielocaties en transportleidingtracés) ligt buiten de begrenzing van een Natura 2000-gebied. Het meest nabij gelegen Natura 2000-gebied is de Waddenzee (de gebiedsgrens ligt op de buitenteen van de Waddenzeedijk). Op grotere afstand liggen de Natura 2000-gebieden Duinen Ameland, Duinen Schiermonnikoog en Lauwersmeer. Uit de analyse van de ingreep-effectrelatie (paragraaf 11.2) blijkt dat alleen mogelijk effecten optreden op de Natura 2000-gebieden Waddenzee. Van dit gebied is hieronder een korte beschrijving gegeven, de instandhoudingsdoelen zijn op genomen in Bijlage IV.

Bij de beschrijving wordt ook aangegeven of de habitattypen en soorten voorkomen binnen het effectbereik van de storingsfactoren van het plan en of deze gevoelig zijn voor de optredende verstoring. Wanneer hiervan geen sprake is, wordt dit benoemd wat ertoe leidt dat deze habitattypen en soorten niet verder behandeld worden. Aan het einde van de paragraaf wordt een samenvatting gegeven van de habitattypen en soorten die mogelijk beïnvloed worden (en dus nader behandeld worden).

Natura 2000-gebied Waddenzee

Het Natura 2000-gebied Waddenzee is onderdeel van het internationale waddengebied dat zich uitstrekt van Den Helder tot Esbjerg (Denemarken). Het is een natuurlijk en dynamisch zoutwatergetijdengebied dat bestaat uit een complex van diepe geulen en ondiep water met platen, waarvan grote delen bij eb droogvallen. Deze platen worden doorsneden door een fijn vertakt stelsel van geulen.



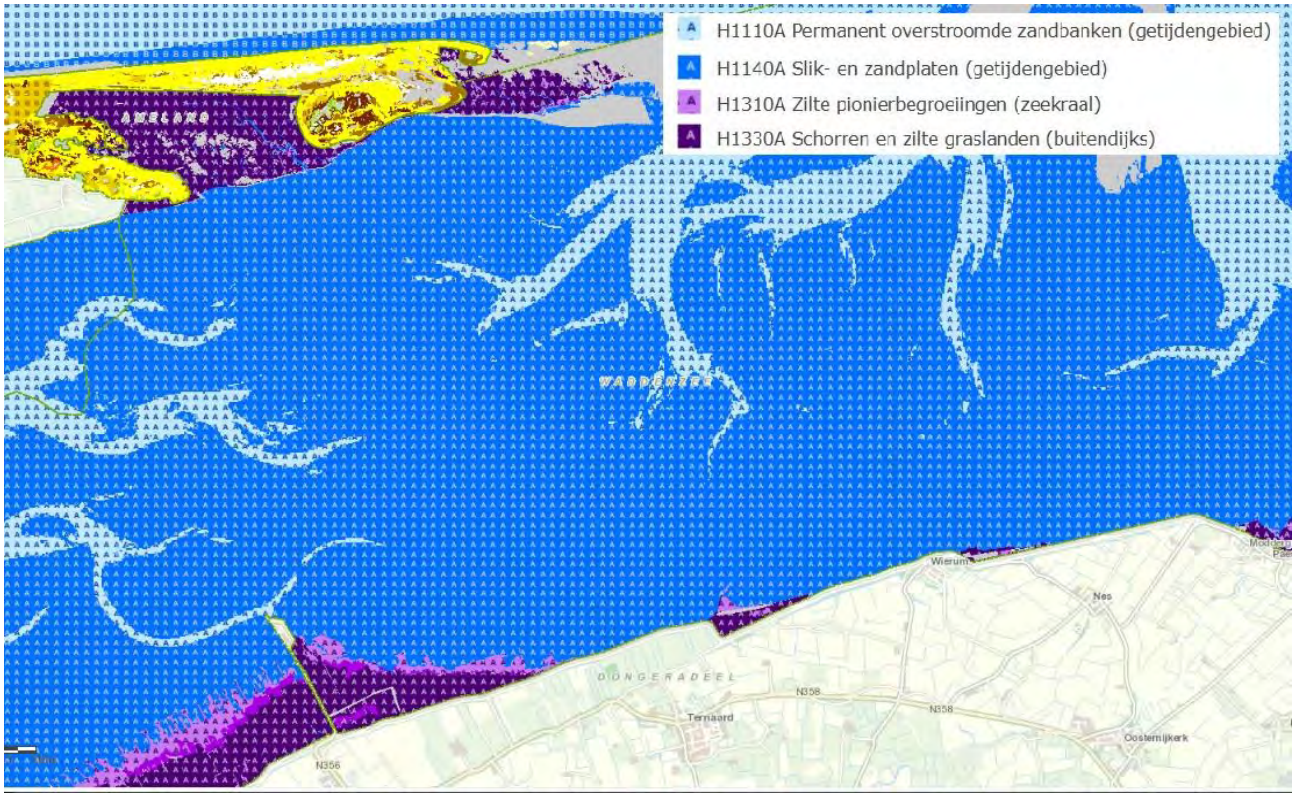
Figuur 11-3 Begrenzing Natura 2000-gebieden nabij de planlocatie

Langs het vasteland en op de eilanden liggen verspreid kweldergebieden, die een zeer diverse flora en fauna kennen. De kwelders langs de vastelandskust zijn door menselijk ingrijpen ontstaan. Op de overgang van de hoge, groene kwelders en de lager gelegen, nattere landaanwinningskwelders ligt een natuurlijke afslagrand, het zogenaamde kwelderklif. De kwelders op de Waddeneilanden[8] hebben een natuurlijke geomorfologie, met geleidelijke hoogtegradiënten, meanderende kreken en afwisseling in de mate van natuurlijke drainage. De bodem is over het algemeen zandig, mede door de invloed van stuivend zand uit de nabijgelegen duingebieden. De geleidelijke overgangen van het wad richting duin leveren een grote biodiversiteit op. Er is een nagenoeg ongestoorde hydrodynamiek en geomorfologie aanwezig, waarin natuurlijke processen zorgen voor instandhouding en ontwikkeling van karakteristieke leefgebieden en habitats en de grenzen van land en water voortdurend wijzigen. De identiteit van het Waddengebied wordt mede bepaald door de natuurlijke samenhang tussen Waddenzee, Waddeneilanden, Noordzeekustzone en de vasteland kust en de karakteristieke overgangen tussen land en zee, zoet en zout en droog en nat. Het Natura 2000-gebied is aangewezen voor 13 habitattypen, 6 habitatrichtlijnsoorten, 13 broedvogels en 39 niet-broedvogels (Bijlage IV).

Habitattypen

In het deel van de Waddenzee binnen het effectbereik van de bodemdaling (Figuur 11-4) zijn vijf habitattypen onderscheiden, die verdeeld worden in twee groepen: habitattypen van het wad en van de kwelders. In dit zeer dynamische deel, dat door getijdewerking sterk beïnvloed wordt, bevinden zich de habitattypen: permanent overstroomde zandbanken (Waddenzee) [H1110A] en slik- en zandplaten (Waddenzee) [H1140A]. Dit zijn de delen die respectievelijk niet en wel droogvallen bij laagwater. In het minder dynamische gedeelte van het gebied liggen de kwelders, die opgedeeld wordt in drie habitattypen: zilte pionierbegroeiingen (zeekraal) [H1310A], slijkgrasvelden [H1320] en schorren en zilte graslanden (buitendijks) [H1330A]. De ruimtelijke spreiding van de habitattypen wordt bepaald door de frequentie, de mate en de duur van overstroming gedurende hoogwater.

[8] De kwelders van de Waddeneilanden vallen grotendeels onder het Natura 2000-gebied Waddenzee.

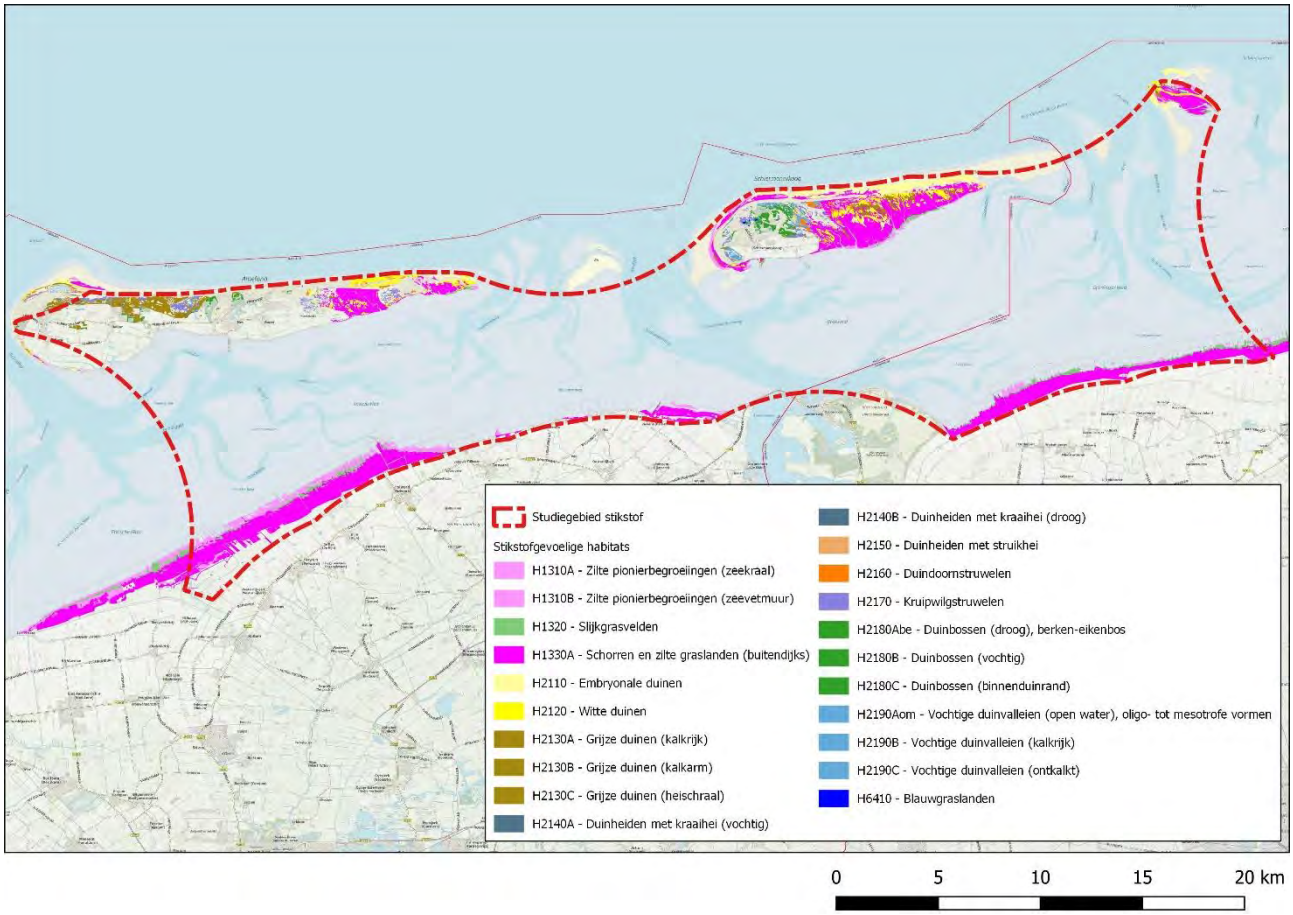


Figuur 11-4 Habitattypenkaart Natura 2000-gebied Waddenzee ter hoogte van Ternaard (bron: Provincie Fryslân, frysland.maps.arcgis.com)

Over het habitattype slijkgrasvelden [H1320] wordt zowel in het aanwijzingsbesluit (Ministerie van LNV, 2008) als in het Natura 2000-beheerplan (Ministerie van I&M, 2016a) gesteld dat slijkgrasvelden zoals bedoeld in de Europese richtlijn (met klein slijkgras) niet in het waddengebied voorkomt en daar vroeger ook niet aanwezig waren[9]. Gezien het zeer kleine oppervlak waarop dit habitattype voorkomt binnen het plangebied (enkele vierkante meters), de matige kwaliteit en de 'ten gunste van' bepaling ten behoeve van zilte pionierbegroeiingen (zeekraal) [H1310A] wordt dit habitattype ten behoeve van de beoordeling samengevoegd met het habitattype zilte pionierbegroeiingen (natte habitattypen van de kwelders).

De overige habitattypen, vooral duinhabitattypen, liggen buiten het effectbereik van de bodemdaling, ,maar deels wel binnen het effectbereik van de stikstofdepositie. Onderstaande afbeelding toont globaal het effectbereik van stikstofdepositie van het plan. In de legenda van deze afbeelding is te zien welke habitattypen het betreft. Een nadere beoordeling richt zich op de habitattypen die voor respectievelijk de bodemdaling en de stikstofdepositie relevant zijn.

[9] Er zijn wel velden met de winterharde bastaard tussen klein slijkgras en Amerikaans slijkgras. Dit Engels slijkgras heeft zich met hulp van de mens over het hele waddengebied en tot ver daarbuiten verspreid. De begroeiingen met Engels slijkgras worden als een kwalitatief niet optimale vorm van het habitattype 'slijkgrasvelden' beschouwd. Deze matige vorm ontstaat vaak op plekken waar kwelders eroderen. Herstel van de kwaliteit van de door klein slijkgras gedomineerde vormen van het habitattype wordt op dit moment niet als haalbaar gezien, doordat de vegetaties tegenwoordig geheel uit Engels slijkgras bestaan.



Figuur 11-5 Studiegebied stikstofdepositie met de relevante habitattypen in de Natura 2000-gebieden Waddenzee, Noordzeekustzone, Duinen Ameland en Duinen Schiermonnikoog.

Habitatrichtlijnsoorten

Gewone zeehond, grijze zeehond en de drie aangewezen vissoorten (zeeprik, rivierprik en fint) komen in het hele internationale Waddengebied voor. Nabij Ameland zijn rondom Engelsmanplaat enkele bekende zeehondenligplaatsen van gewone zeehond. Grijze zeehond komt voornamelijk voor in het westelijke deel van de Waddenzee, maar wordt in toenemende mate ook in het overige deel waargenomen. Nabij de planlocatie zijn geen bekende ligplaatsen van grijze zeehond bekend (Ministerie van I&M, 2016a). De vissoorten zijn anadrome soorten, dat wil zeggen vissen die als volwassen exemplaren vanuit zee de rivieren optrekken om daar te paaien. Een belangrijk deel van het leven wordt op zee doorgebracht, waarbij de Waddenzee van groot belang is als doortrek- en opgroeigebied (Ministerie van I&M, 2016a).

De nauwe korfslak is een typische soort van duinvalleien, maar is in de omgeving alleen bekend van duintjes op de kwelders van Schiermonnikoog (Boesveld et al, 2014).

Broedvogels

De aangewezen broedvogels zijn kenmerkende soorten van duinen, kwelders en stranden. Binnen het invloedgebied liggen alleen de kwelders aan de Friese waddenkust, duinen ontbreken binnen het gebied. Negatieve effecten op broedvogels van het duingebied worden hierdoor op voorhand uitgesloten.

Langs de kust van het vaste land is het aandeel potentieel geschikt broedgebied klein. Dit zijn alleen de kwelders ’t Skoar ter hoogte van Ternaard en de kwelder bij Wierum. Beide zijn door de omvang, de ligging tegen de dijk en het beheer niet geschikt als broedgebied. Van deze kwelder zijn ook geen kolonies of broedvogels bekend[10].

[10] Alleen ten westen van Holwerd ligt een grotere kwelder, waar ook kolonies van sterns bekend zijn (Rijkswaterstaat, 2016). Deze kwelder ligt buiten het invloedgebied.

Niet-broedvogels

De Waddenzee vormt voor niet-broedvogels een belangrijk gebied om te rusten en te foerageren. Gedurende de trekperiode in het voor- en najaar foerageren een groot aantal vogels op de droogvallende wadplaten en rusten tijdens hoogwater op kwelders of andere droog blijvende delen, zogenaamde hoogwatervluchtplaatsen (hvp's). Voor enkele soorten, zoals steenloper, bontbekplevier en scholekster, vormen naast de kwelders ook taluds van dijken, havens en pieren belangrijke foerageer- en rustplaatsen.

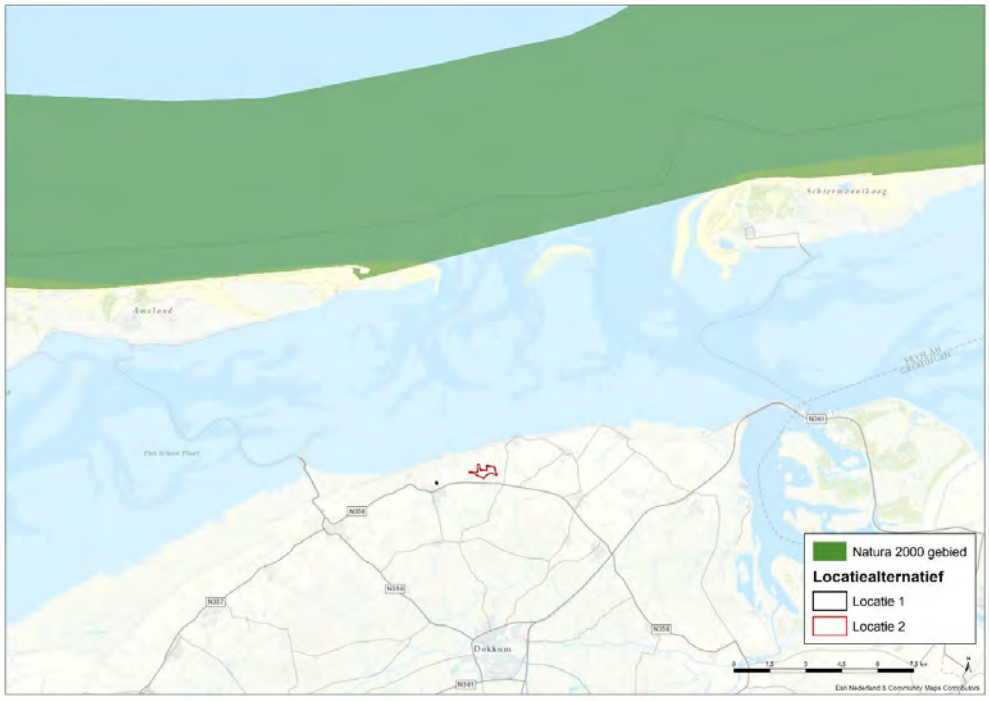
Een wijziging in het areaal of kwaliteit droogvallende platen of kwelders kan van invloed zijn op deze soorten. Het effectbereik van de bodemdaling ligt grotendeels over het kombergingsgebied van het Pinkegat, waar een verscheidenheid aan habitats aanwezig is van de aangewezen niet-broedvogels (geulen, droogvallende platen en enkele kwelders). De vogelsoorten kunnen op basis van leef- en foerageerwijze ingedeeld worden in groepen met dezelfde eigenschappen:

- Viseters.
- Grondeleenden.
- Benthoseters (eenden en steltlopers).
- Kwelder foerageerders (grasetende soorten).
- Roofvogels.

De geulen vormen het foerageergebied voor visetende soorten en duikeenden en op de droogvallende platen foerageren hoofdzakelijk de benthoseters. De kwelders zijn het foerageer- en rustgebieden voor met name ganzen, eenden en steltlopers. De grondeleenden komen wisselend voor op droogvallende platen, lage kwelders en in permanent water op de hoge kwelders. Alle soorten komen buiten het broedseizoen verspreid over de hele Waddenzee voor en daarmee ook in het kombergingsgebied van het Pinkegat ten zuiden van Ameland-oost.

Natura 2000-gebied Noordzeekustzone

De overgang van de open zee naar land wordt in ons land gevormd door de Noordzeekustzone. Hiervan is het gedeelte tussen Bergen en de monding van de Eems als Natura 2000-gebied bestempeld. Deze zandige, dynamische kust is internationaal gezien een zeldzaam biotoop en herbergt lokaal grote hoeveelheden schelpdieren. Mede daardoor vormt het in de winter een belangrijk foerageergebied voor soorten als zwarte zee-eend en eidereend. Het gebied is ook een belangrijke kraamkamer voor mariene vissoorten.



Figuur 11-6 Begrenzing van het Natura 2000-gebied Noordzeekustzone ten noorden van Ternaard

De Noordzeekustzone loopt vanaf de enkele tientallen meters diepe zee geleidelijk op naar het strand. De begrenzing van het Natura 2000-gebied volgt aan de vastelandskust de laagwaterlijn, op de Waddeneilanden de voet van het duin en ligt aan de zeezijde op drie zeemijl (ongeveer 5,5 kilometer) voor de kust, op een diepte van ongeveer 20 meter (Figuur 11-6). Deze vooroever bestaat voor het grootste deel uit fijn zand; alleen lokaal vormt grover zand de onderwaterbodem. Het betreft een dynamisch gebied, met hoge stroomsnelheden, sterke schommelingen in zoutgehalten (mede onder invloed van de rivieren) en sterke temperatuurwisselingen gedurende het jaar. Het gebied hangt functioneel samen met de diepere delen van de Noordzee en de Waddenzee: met beide vindt sterke uitwisseling van sediment plaats. Binnen de Noordzeekustzone wordt voortdurend materiaal afgezet en weer verplaatst als gevolg van zeestromingen en golfwerking. Het Natura 2000-gebied heeft een oppervlakte van 123.134 hectare (bron: http://www.synbiosys.alterra.nl/natura2000/gebiedendatabase.aspx).

Habitattypen

Binnen het effectbereik van het plan liggen vooral de habitattypen H1110B, Permanent overstroomde zandbanken (Noordzeekustzone) en H1140B, Slik- en zandplaten (Noordzeekustzone). Omdat ook de meest oostelijke punt van de kwelder van Ameland valt onder het Natura 2000-gebied Noordzeekustzone, komen ook de habitattypen H1330A, Schorren en zilte graslanden (buitendijks), H2110, Embryonale duinen en H2120, Witte duinen voor. Net als voor de Waddenzee zijn dit respectievelijk het dynamische en minder dynamische deel van het Natura 2000-gebied (variërend van permanent overstroomt tot permanent boven zeeniveau). Zie ook de habitatkaart in Figuur 11-5

Habitatrichtlijnsoorten

Gewone zeehond, grijze zeehond, bruinvis en de drie aangewezen vissoorten (zeeprik, rivierprik en fint) komen in de hele internationale Noordzee voor. Voor de zeehonden geldt dat binnen het Natura 2000-gebied Noordzeekustzone vooral gefoerageerd wordt, nabij Ameland zijn geen bekende zeehondenligplaatsen van gewone en grijze zeehond (Ministerie van I&M, 2016b). De vissoorten zijn anadrome soorten, dat wil zeggen vissen die als volwassen exemplaren vanuit zee de rivieren optrekken om daar te paaien. Een belangrijk deel van het leven wordt op zee doorgebracht, waarbij de Noordzeekustzone van groot belang is als doortrek- en opgroeigebied (Ministerie van I&M, 2016b).

Broedvogels

De drie aangewezen broedvogels (bontbekplevier, strandplevier, dwergstern) zijn kenmerkende soorten van zandplaten en stranden. Binnen het invloedgebied ligt alleen de oostpunt van Ameland (De Hon). De Hon is in het beheerplan aangemerkt als beschermingszone voor de drie kustbroedvogels. Van het hoge deel van het strand, op de grens met de Natura 2000-gebieden Duinen Ameland en Waddenzee is een kleine kolonie van dwergsterns aanwezig (Ministerie van I&M, 2016b).

Niet-broedvogels

Voor de niet-broedvogels vormt de Noordzeekustzone vooral een belangrijk foerageer en rustgebied gedurende de trekperiode of als overwinteringsgebied voor visetende en benthos etende soorten. Een wijziging in het areaal of kwaliteit van het voedsel in de bodem (permanent overstroomde zandbanken) kan van invloed zijn op deze soorten. Het effectbereik ligt grotendeels over het gebied grenzend aan het kombergingsgebied van het Pinkegat, waar een verscheidenheid aan habitats aanwezig is van de aangewezen niet-broedvogels (geulen, droogvallende platen en stranden). De vogelsoorten kunnen op basis van leef- en foerageerwijze ingedeeld worden in groepen met dezelfde eigenschappen:

- Viseters.
- Benthoseters (eenden en steltlopers).
- Meeuwen.

De overstroomde zandbanken vormen het foerageergebied voor visetende soorten en duikeenden en op de droogvallende platen foerageren hoofdzakelijk de benthoseters. Dwergmeeuw foerageert op vis en ongewervelden vanaf het wateroppervlak. Alle soorten komen verspreid over de hele Noordzeekustzone en daarmee ook ter hoogte van de kustzone ter hoogte van het kombergingsgebied van het Pinkegat, Ameland-oost.

Natura 2000-gebieden Duinen Ameland en Duinen Schiermonnikoog

De stikstofgevoelige habitattypen van deze Natura 2000-gebieden zijn relevant, omdat op een groot deel van deze eilanden sprake zal zijn van stikstofdepositie. De betreffende habitats zijn opgenomen in Figuur 11-5.

Beschermde soorten

De omgeving van Ternaard bestaat uit een open agrarisch landschap met slechts spaarzame opgaande structuren als singels, bos of houtwallen. Slechts lokaal zijn kleine bosje aanwezig. Wel zijn veel watergangen en sloten aanwezig die variëren van breedte en mate van water voeren.

Er zijn geen gerichte soortonderzoeken bekend uit het gebied. Wel zijn recente gegevens beschikbaar uit de NDFF (Nationale Databank Flora en Fauna). De gegevens uit de NDFF (uitleesdatum juli 2017) sluiten aan bij de verwachte soorten in de omgeving.

Door het ontbreken van structuren, is het aandeel beschermde soorten dat voorkomt in en rond het plangebied laag (NDFF, 2017). Uit de bebouwingskernen zijn enkele waarnemingen bekend van vleermuizen (gewone dwergvleermuis en laatvlieger) en er is een waarneming opgenomen van een otter. Rondom de planlocatie ontbreekt geschikt habitat voor de otter, van een bestendige populatie of verblijf van deze soort is hier geen sprake. De soort kan grote afstanden afleggen en is waarschijnlijk afkomstig van de populatie uit de Friese veengebieden of het Lauwersmeer. Door de openheid en het intensief agrarische gebruik is de polder van weinig belang voor deze soort(groep)en.

In het landbouwgebied komen diverse vogelsoorten voor. Het gaat dan vooral om algemeen in Nederland voorkomende soorten, maar ook enkele soorten van de Rode lijst als kneu en grasmus. Door de nabijheid van de Waddenzee is incidentele aanwezigheid binnendijks van enkele minder algemeen soorten niet onwaarschijnlijk. Het gaat daarbij om foeragerende ganzen, zwanen, eenden en steltlopers of bijvoorbeeld bruine kiekendief en velduil. (Streng) beschermde amfibieën, vissen of ongewervelden zijn niet bekend uit het gebied en worden hier eveneens niet verwacht op basis van de gebiedskenmerken.

Ecologische Hoofdstructuur

In het invloedsgebied van de voorgenomen activiteit zijn de Natura 2000-gebieden Waddenzee en Noordzeekustzone tevens onderdeel van de EHS water. Binnendijks is binnen het invloedsgebied van de gaswinning geen EHS begrensd (Figuur 11-7). De verspreid liggende kleine landschapselementen als bosjes, singels en een enkele eendenkooi behoren niet tot de EHS. Enkele hiervan zijn wel als beheersgebied aangewezen. De planologische bescherming conform de Verordening Romte Fryslân 2014 (Provincie Fryslân, 2014) is op deze elementen niet van toepassing.

Figuur 11-7 EHS-begrenzing rondom Ternaard (bron: Provincie Friyslân; fryslan.maps.arcgis.com)

De wezenlijke kenmerken en waarden zijn voor gebieden met de bestemming natuur binnen de EHS de aanwezige en potentiële natuurwaarden, inclusief de daarvoor vereiste bodem- en watercondities. De

wezenlijke kenmerken en waarden van de EHS zijn minder concreet gedefinieerd dan in de aanwijzingsbesluiten voor de Natura 2000-gebieden (de instandhoudingsdoelen).

Ganzenfoerageergebied

Nabij Ternaard zijn enkele kleine gebieden begrensd als ganzenfoerageergebied (Provincie Fryslân, 2017). Het gaat om de buitendijkse kwelders 't Skoar ten noorden van Ternaard en de kwelder bij Wierum en een deel van de kwelder bij die pier van Holwerd. Omdat in het Natura 2000-gebied Waddenzee ook ganzen, zwanen en eenden beschermd worden, worden de effecten op de ganzenfoerageergebieden beoordeeld via het Natura 2000-spoor.

Autonome ontwikkeling

De autonome situatie is de ontwikkeling in het waddensysteem zonder de beoogde gaswinning Ternaard. Ook voor de autonome ontwikkeling is de morfologische situatie leidend voor de aanwezigheid van natuurwaarden. Voor een uitgebreide beschrijving wordt verwezen naar het deelrapport Hydromorfologie (Arcadis, 2017a). Hier is een samenvatting opgenomen van de onderdelen die een relatie hebben met de natuurwaarden (doorwerken in de effectketens).

Systeemontwikkeling

De belangrijkste sturende factor bij het beschouwen van de autonome ontwikkelingen is de snelheid waarmee de zeespiegel stijgt. In Baart et al. (2015) is geconstateerd dat de afgelopen jaren nog geen verandering in de snelheid van zeespiegelstijging is waargenomen in de waterstandstations langs de Nederlandse kust. Dat betekent dat de versnelling van de zeespiegelstijging, waarmee sinds de Integrale bodemdalingsstudie Gaswinning (Oost et al., 1999) rekening mee is gehouden, zich nog niet heeft voorgedaan. Desondanks wordt ook in deze studie bij de autonome ontwikkeling uitgegaan van een versnelling van de snelheid van zeespiegelstijging. Dit is ingegeven door het voorzorgsprincipe, dat wordt gehanteerd bij het beschouwen van het beschermde natuur- en werelderfgoed-gebied Waddenzee.

De trend van langjarige doorgaande sedimentatie in de kombergingsgebieden van de Waddenzee onder invloed van een serie abiotische en biotische processen zal in de toekomst doorzetten. Deze trend wordt mede-gestuurd door de stijging van de zeespiegel. Bij een versnelde stijging van de zeespiegel neemt de langjarige sedimentatie in de kombergingsgebieden toe, zodat de morfologische kenmerken van deze kombergingsgebieden niet veranderen.

Het meegroeien met de versneld stijgende zeespiegel gaat tenminste door totdat de snelheid waarmee de zeespiegel groter wordt dat het natuurlijke meegroeivermogen. Omdat de morfologische kenmerken niet wijzigen, is ook geen wijziging in de ontwikkeling van het plaatareaal, areaal kwelders of sedimentatie.

De langjarige trend van doorgaande sedimentatie wordt op de tijdschaal van het getij, stormen en seizoenen en langjarige getijdecycli overvleugeld door de grote variaties in de sedimentatie en erosie. Het is daardoor niet mogelijk om op basis van waarnemingen op de korte termijn uitspraken te doen over de langjarige ontwikkelingen. Dit dient in de monitoring (o.a. het MLV monitoringsprogramma) en de evaluatie onderkend te worden.

11.5 Effectbeoordeling

11.5.1 Effectbeoordeling aanlegfase

In Tabel 11-8 is de effectbeoordeling voor natuur voor de aanlegfase gepresenteerd. In de effectbeoordeling (en ook in de tabel) zijn alleen het deel van de storingsfactor of het deel van de alternatieven die leidt tot deze storingsfactor beschreven en beoordeeld die binnen het effectbereik van het plan liggen.

Tabel 11-8 Effectbeoordeling natuur, aanlegfase

Effect	Ref.	L1-N	L1-Z	L2-N	L2-Z
Oppervlakteverlies	0	0	0	0	0
Verstoring [1]	0	0	0	0	0
Vermesting en verzuring[2]	0	-	-	-	-
Verdroging en vernatting[1]	0	0	0	0	0

[1] Alleen van toepassing op beschermde soorten
[2] Van toepassing op Natura 2000-gebieden (en EHS)

Oppervlakteverlies

De aanleg van de voorzieningen voor de gaswinning van het Ternaard gasveld vindt volledig plaats in het binnendijkse gebied. De Natura 2000-gebieden in het buitendijkse gebied (tevens EHS water) worden zowel door Locatie 1 als Locatie 2 niet aangetast. De productielocatie L1 is bovendien een in het verleden al ingericht terrein voor gasboringen (verharding is al aanwezig), waardoor van oppervlakteverlies van groeiplaatsen of leefgebied van beschermde soorten niet aan de orde is. Voor Locatie 2 is ook geen sprake van effecten op beschermde soorten. De tracés hebben geen effect op oppervlakte verlies, derhalve scoren alle alternatieven neutraal (score: 0).

Verstoring

De geluid- en lichtcontouren in de aanlegfase zijn bepaald in het kader van het geluid- en lichtonderzoek (hoofdstuk 13). De ligging van de contouren is opgenomen in de bijlage I en II.

In paragraaf 11.2.1.2 is aangetoond dat effecten van verstoring in de aanlegfase niet reiken tot in het Natura 2000-gebied Waddenzee (tevens EHS water). In de aanlegfase vindt echter wel mogelijke verstoring als gevolg van geluid en licht in het binnendijkse gebied. Met name de effecten van heien kunnen hier een groot gebied beslaan.

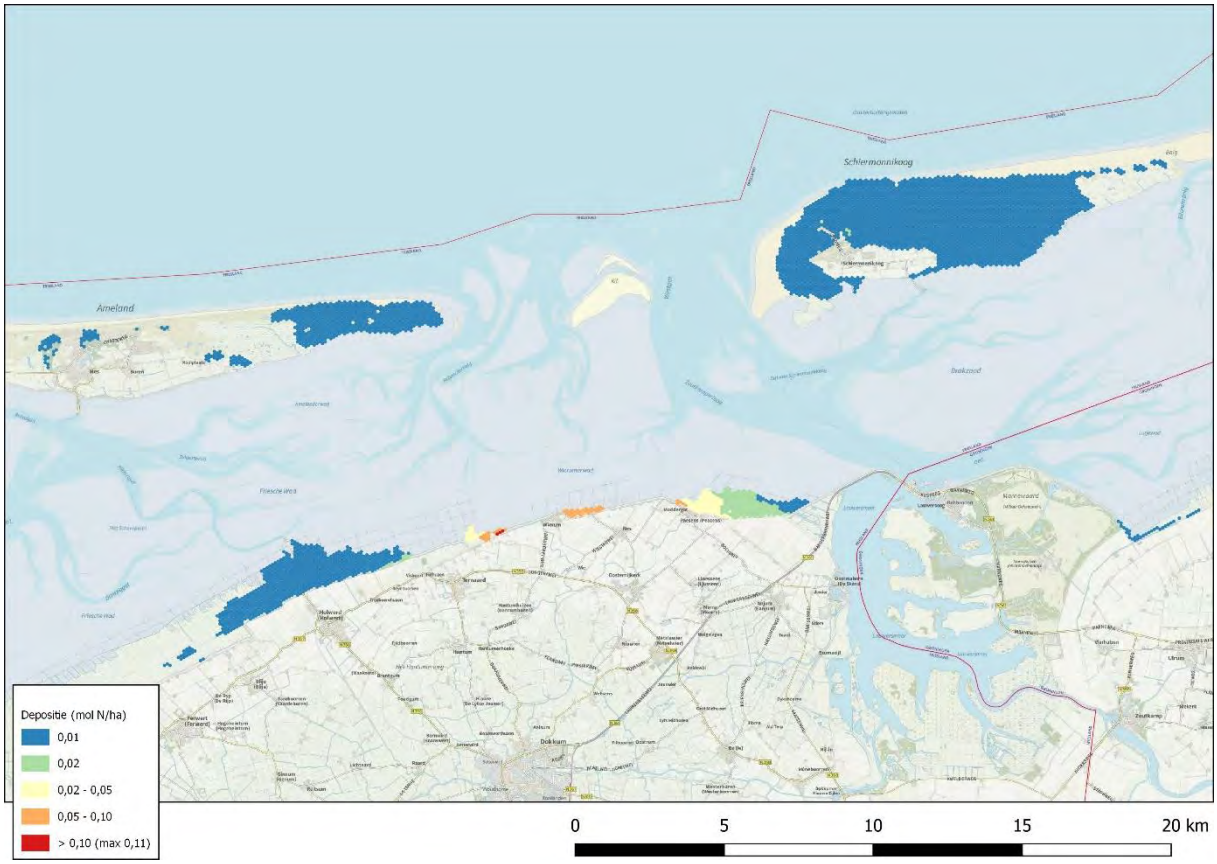
Zowel tijdens de boring als bij het heien worden de drempelwaarden voor geluidbelasting op potentieel leefgebied van beschermde (vogel)soorten overschreden. Dit leefgebied betreft bij Locatie 1 (opgaand) groen binnen de bebouwde kom van Ternaard (o.a. de singel om de locatie) en op erven in de directe omgeving van de locatie. Ook vallen watergangen binnen de contouren. Voor het overige bestaat het verstoorde gebied uit open en intensief gebruikt agrarisch gebied of uit gebieden die al beïnvloed worden bestaande activiteiten (sportvelden, lokaal verkeer). Rondom Locatie 2 is het aandeel potentieel geschikt leefgebied beperkt doordat alleen intensief agrarisch grasland binnen de verstoringscontour ligt.

Voor beide locaties geldt dat door de combinatie van de korte duur van de perioden met een hoge geluidbelasting en het ontbreken van leefgebieden van beschermde soorten, negatieve effecten op de gunstige staat van instandhouding van beschermde soorten als gevolg van verstoring door geluid niet te verwachten. De kans op verstoring van individuele vogels (ganzen, een en steltlopers) die in de polder rusten of foerageren is bij Locatie 2 wel groter dan bij Locatie 1. Dit betreft echter geen vaste rust- of verblijfplaats in de zin van de Wet natuurbescherming.

Verzuring en vermesting

Mate van depositie

Voor de verschillende alternatieven zijn met AERIUS (versie 2016) berekeningen uitgevoerd om te bepalen wat de gevolgen zijn van de stikstofdepositie op omliggende Natura 2000-gebieden. De uitgangspunten voor deze berekeningen zijn opgenomen in het hoofdstuk Milieu (13) en Bijlage V. De berekening is uitgevoerd voor een tijdelijk project met een looptijd van 1 jaar en uitvoering in 2019. Mede naar aanleiding van de uitspraak van de Raad van State mag een berekening met AERIUS versie 2016 niet meer gebruikt worden als onderbouwing van de effecten van stikstofdepositie. Omdat op grond van de berekeningen met AERIUS versie 2016 wel kan worden vastgesteld dat de alternatieven voor het aspect stikstofdepositie niet onderscheidend zijn, is de nieuwe berekening alleen uitgevoerd voor het alternatief L2-Z. Het resultaat van de AERIUS berekening is opgenomen in Bijlage III. Uit de berekening blijkt dat sprake is van stikstofdepositie op een viertal Natura 2000-gebieden. Onderstaande tabel en figuur tonen deze depositie.



Figuur 8 Stikstofdepositie in de aanlegfase

Tabel 11-9 Samenvatting stikstofdepositie aanlegfase op overbelaste habitats. De hoogste depositie op niet-overbelast habitat is 0,28 mol N/ha.

Natura 2000-gebied	Depositie op overbelast gebied (mol N/ha)
Waddenzee	0,07
Duinen Schiermonnikoog	0,02
Duinen Ameland	0,01
Noordzeekustzone	0,01

Beoordeling stikstofdepositie

Uit de AERIUS-berekening blijkt een tijdelijke depositie van maximaal 0,07 mol/ha op de Waddenzee (langs de vastelandskust). De depositie op de Waddeneilanden en de Noordzeekustzone is nergens hoger dan 0,02 mol N/ha. Deze depositie vinden plaats op locaties waar de kritische depositiewaarde (KDW) van aanwezige habitattypen wordt overschreden. De KDW is de waarde van stikstofdepositie waaronder negatieve gevolgen voor het betreffende habitattype kunnen worden uitgesloten. Op deze locatie(s) ontstaat een risico op aantasting van de kwaliteit van de aanwezige habitattypen en daarmee op een significant negatief effect.

Ruimtelijke verspreiding van toename stikstofdepositie.

De ruimtelijke spreiding van de stikstofdepositie is getoond in Figuur 8. Omdat de depositie tussen de alternatieven niet onderscheidend is, zijn de resultaten van één van de alternatieven getoond.

De toename van stikstofdepositie per habitattype is aangegeven in Tabel 11-9 Deze toename is tijdelijk en verbonden met de aanleg van de gaswininstallatie.

Effecten Waddenzee

De emissie van stikstofverbindingen tijdens de aanlegfase van de gaswinning Ternaard leidt tot een zeer geringe eenmalige depositie van stikstof. Er is sprake van stikstofdepositie op tien overbelaste habitats het Natura 2000-gebied Waddenzee. De omvang van de deposities is te vinden in de rapportage van de berekening met Aerius Calculator (Bijlage III), waarvan onderstaand de samenvatting is weergegeven.

Tabel 11-10 Stikstofdepositie op het Natura 2000-gebied Waddenzee, maximale depositie in mol N/ha op overbelast habitat

Code	Habitat	Depositie
H2110	Embryonale duinen	0,01
H2120	Witte duinen	0,01
H2130A	Grijze duinen (kalkrijk)	0,01
H2160	Duindoornstruwelen	0,01
H2170	Kruipwilgstruwelen	0,01
H2190B	Vochtige duinvalleien (kalkrijk)	0,01
H1310A	Zilte pionierbegroeiingen (zeekraal)	0,01
H3110B	Zilte pionierbegroeiingen (zeevetmuur)	0,01
H1320	Slijkgrasvelden	0,01
H1330A	Schorren en zilte graslanden (buitendijks)	0,07

<u>H1330A Schorren en zilte graslanden</u>

Het habitattype H1330A Schorren en zilte graslanden (buitendijks) bestaat uit een groot aantal vegetatietypen, die voorkomen bij verschillende condities t.a.v. bodem, zoutgehalte, overstromingsfrequentie, voedselrijkdom en beheer. De voedselrijkdom van het habitattype varieert van licht voedselrijk tot uiterst voedselrijk. De gevoeligheid voor stikstofdepositie wordt als minder/niet gevoelig gekwalificeerd (Ministerie van LNV, 2009). De depositie op dit habitattype bedraagt maximaal 0,30 mol N/ha. Er is sprake van depositie op één hexagoon waarvoor de kritische depositiewaarde door de achtergronddepositie wordt overschreden. De depositie op dit hexagoon bedraagt 0,09 mol N/ha/. Wanneer in Aerius wordt ingezoomd, is zichtbaar dat dit hexagoon grotendeels buiten het Natura 2000-gebied ligt en voor een groot deel de dijk betreft. De informatiebutton in de Aerius calculator geeft aan dat het aandeel van het habitat 1330 binnen dit Hexagoon 0,0 ha betreft. Het betreft dus een zeer klein areaal waar zich in potentie een verslechtering zou kunnen voordoen. De vegetatie van de kwelders langs de Friese

Waddenkust is in 2014 in kaart gebracht door middel van luchtfoto-interpretaties en uitvoering van vegetatie-opnames. Uit deze vegetatieopnames blijkt dat de vegetatie in het Natura 2000-gebied binnen het overbelaste deel bestaat uit grasland met gewoon kweldergras behorend tot de vegetatiegemeenschap Puccinellietum maritimae. Deze graslanden komen voor op klei of zand met een dunne sliblaag op bodems die regelmatig (dagelijks) overstromen. Het gras is door zijn zoete smaak en hoge eiwitgehalte zeer geliefd bij het vee. Onder invloed van beweiding kan dominantie van Gewoon kweldergras optreden. Vaak is de vegetatie zeer kort als gevolg van begrazing door vee. In het vroege voorjaar vormt het gewoon kweldergras stapelvoedsel voor rotganzen. Dit vegetatietype is als gevolg van de voedselrijke (klei)bodem, de regelmatige overspoeling met (voedselrijk) zeewater, opslibbing en bemesting door vee en ganzen te kwalificeren als eutroof. Het vegetatietype en dus ook het habitattype H1330A (indien gebaseerd op dit vegetatietype) is daardoor weinig gevoelig voor aanvoer van (extra) voedingsstoffen, o.a. in de vorm van stikstofdepositie.

Effecten Noordzeekustzone

De emissie van stikstofverbindingen tijdens de aanlegfase van de gaswinning Ternaard leidt tot een zeer geringe eenmalige depositie van stikstof op het Natura 2000-gebied Noordzeekustzone. Er is sprake van stikstofdepositie op vijf overbelaste habitats het Natura 2000-gebied. De omvang van de deposities is te vinden in de rapportage van de berekening met Aerius Calculator (Bijlage III), waarvan onderstaand de samenvatting is weergegeven.

Tabel 11-11 Stikstofdepositie op het Natura 2000-gebied Noordzeekustzone, maximale depositie in mol N/ha op overbelast habitat

Code	Habitattype	Depositie
H3130A	Zilte pionierbegroeiingen (zeekraal)	0,01
H1310B	Zilte pionierbegroeiingen (zeevetmuur)	0,01
H1330A	Schorren en zilte graslanden (buitendijks)	0,01
H2110	Embryonale duinen	0,01
H2190B	Vochtige duinvalleien (kalkrijk)	0,01

De depositie op de Noordzeekustzone is eenmalig en in absolute en relatieve zin zeer laag, namelijk maximaal 0,01 mol N/ha. Een depositie van 0,01 mol komt overeen met 0,14 gram. Een éénmalige depositie van maximaal 0,01 mol per hectare kan op geen enkele wijze een meetbare bijdrage leveren aan de verruiging van vegetaties of verzuring van de bodem. Er is geen sprake van een permanente depositie die over een langere periode door accumulatie alsnog een effect kan hebben, maar van een zeer kleine éénmalige depositie.

Effecten Duinen Ameland

De emissie van stikstofverbindingen tijdens de aanlegfase van de gaswinning Ternaard leidt tot een zeer geringe eenmalige depositie van stikstof op het Natura 2000-gebied Duinen Ameland. Er is sprake van stikstofdepositie op achttien overbelaste habitats het Natura 2000-gebied. De omvang van de deposities is te vinden in de rapportage van de berekening met Aerius Calculator (Bijlage III), waarvan onderstaand de samenvatting is weergegeven.

Tabel 11-12 Stikstofdepositie op het Natura 2000-gebied Duinen Ameland, maximale depositie in mol N/ha op overbelast habitat

Code	Habitattype	Depositie
H1330A	Schorren en zilte graslanden (buitendijks)	0,01
H2120	Witte duinen	0,01
H2130A	Grijze duinen (kalkrijk)	0,01
H2130B	Grijze duinen (kalkarm)	0,01
H2130C	Grijze duinen (heischraal)	0,01
H2140A	Duinheiden met kraaihei (vochtig)	0,01
H2140B	Duinheiden met kraaihei (droog)	0,01
H2150	Duinheiden met struikhei	0,01
H2160	Duindoornstruwelen	0,01
H2170	Kruipwilgstruwelen	0,01
H2180A	Duinbossen (droog)	0,01
H2180B	Duinbossen (vochtig)	0,01
H2180C	Duinbossen (binnenduinrand)	0,01
H2190A	Vochtige duinvalleien (open water)	0,01
H2190B	Vochtige duinvalleien (kalkrijk)	0,01
H2190C	Vochtige duinvalleien (ontkalkt)	0,01
H2190D	Vochtige duinvalleien (hoge moerasplanten)	0,01
H6230	Heischrale graslanden	0,01

De depositie op Ameland is eenmalig en in absolute en relatieve zin zeer laag, namelijk maximaal 0,01 mol N/ha. Een depositie van 0,01 mol komt overeen met 0,14 gram.

Effecten Duinen Schiermonnikoog

De emissie van stikstofverbindingen tijdens de aanlegfase van de gaswinning Ternaard leidt tot een zeer geringe eenmalige depositie van stikstof op het Natura 2000-gebied Duinen Schiermonnikoog. Er is sprake van stikstofdepositie op zestien overbelaste habitats het Natura 2000-gebied. De omvang van de deposities is te vinden in de rapportage van de berekening met Aerius Calculator (Bijlage III), waarvan onderstaand de samenvatting is weergegeven.

Tabel 11-13 Stikstofdepositie op het Natura 2000-gebied Duinen Schiermonnikoog, maximale depositie in mol N/ha op overbelast habitat

Code	Habitat	Depositie
H1310B	Zilte pionierbegroeiingen (zeevetmuur)	0,01
H1330A	Schorren en zilte graslanden (buitendijks)	0,01
H2120	Witte duinen	0,01

Code	Habitat	Depositie
H2130A	Grijze duinen (kalkrijk)	0,01
H2130B	Grijze duinen (kalkarm)	0,02
H2130C	Grijze duinen (heischraal)	0,01
H2160	Duindoornstruwelen	0,01
H2170	Kruipwilgstruwelen	0,01
H2180A	Duinbossen (droog)	0,02
H2180B	Duinbossen (vochtig)	0,02
H2180C	Duinbossen (binnenduinrand)	0,01
H2190A	Vochtige duinvalleien (open water)	0,01
H2190B	Vochtige duinvalleien (kalkrijk)	0,01
H2190C	Vochtige duinvalleien (ontkalkt)	0,01
H2190D	Vochtige duinvalleien (hoge moerasplanten)	0,01
H6410	Blauwgraslanden	0,01

De depositie op Schiermonnikoog is eenmalig en in absolute en relatieve zin zeer laag, namelijk maximaal 0,02 mol N/ha. Een depositie van 0,02 mol komt overeen met 0,28 gram.

Verdroging en vernatting

Voor de realisatie van de productielocatie en het aanleggen van de transportleiding is tijdelijke bemaling nodig. Hierdoor daalt de grondwaterstand licht in de directe omgeving van de locatie. Gezien de afstand van beide productielocaties (L1 en L2) en de transportleidingtracés (noord en zuid) tot aan het Natura 2000-gebied Waddenzee, inclusief EHS, zijn effecten als gevolg van deze tijdelijke daling uit te sluiten. De Waddenzee is bovendien een zelfstandig hydrologisch systeem, dat niet wordt beïnvloed door grondwaterstanden binnendijks.

Binnendijks heeft de tijdelijke bemaling alleen een potentieel effect op lokaal aanwezige flora en fauna. Omdat het voor beide productielocaties en (L1 en L2) en beide transportleidingtracés (noord en zuid) hoofdzakelijk intensief agrarisch in gebruik zijnde percelen betreft, komen beschermde soorten die afhankelijk zijn van natte omstandigheden hier niet voor. Negatieve effecten zijn dan ook niet te verwachten. Dit criterium wordt daarom als neutraal (score: 0) beoordeeld.

11.5.2 Effectbeoordeling winning

In

Tabel 11-14 Effectbeoordeling natuur, winningsfase is de effectbeoordeling voor natuur voor de winning gepresenteerd. In de effectbeoordeling (en ook in de tabel) zijn alleen het deel van de storingsfactor of het deel van de alternatieven dat leidt tot deze verstoringsfactor beschreven en beoordeeld die binnen het effectbereik van het plan liggen. Na de tabel volgt per criterium een toelichting.

Tabel 11-14 Effectbeoordeling natuur, winningsfase

Criterium	Ref.	L1-N	L1-Z	L2-N	L2-Z
Verdroging en vernatting[1]	0	0	0	0	0
Bodemdaling[2]	0	0	0	0	0
Vermesting en verzuring[2]	0	-	-	-	-
Zandsuppleties	0	-	-	-	-

[1] Alleen van toepassing op beschermde soorten
[2] Van toepassing op Natura 2000-gebieden

Verdroging en vernatting

Door de gaswinning kan onder het vaste land Friesland een bodemdaling optreden van maximaal enkele centimeters (Arcadis, 2017c deelrapport Water). Deze daling valt binnen de marge van het te hanteren waterpeil in de polders, waardoor geen peilwijziging uitgevoerd zal worden. Per saldo is door de bodemdaling sprake van vernatting en hiermee een kans op verzilting. Omdat geen fysieke wijzigingen plaats vinden, vindt ook geen aantasting plaats van vaste rust- of verblijfplaatsen of leefgebieden. Voor eventueel aanwezige beschermde soorten die gebruik maken van de polder of watergangen kan de vernatting en verzilting zelfs een positief effect hebben door dat meer plas-drasomstandigheden ontstaan en de voedselbeschikbaarheid verbeterd. Doordat het gebruik van de percelen, als gevolg van het plan, echter niet wijzigt en dit hoofdzakelijk agrarisch is, zal van een daadwerkelijke kwaliteitsverbetering niet snel sprake zijn.

Omdat de wijze en mate van gaswinning in alle alternatieven gelijk is, is geen verschil in beoordeling of effect tussen de alternatieven aanwezig. Voor alle alternatieven wordt dit onderdeel beoordeeld als neutraal (score: 0).

Bodemdaling

De abiotische processen die optreden in de Waddenzee en de beïnvloeding daarvan door de bodemdaling zijn beschreven in hoofdstuk 10. Uit dat hoofdstuk is duidelijk geworden dat het grootste deel van de bodemdaling onder het kombergingsgebied van het Pinkegat plaats zal vinden. In vergelijking hiermee is de bodemdaling onder het kombergingsgebied van het Zeegat van Ameland/Borndiep zeer klein. De omvang is dermate klein dat de mogelijke gevolgen voor bijvoorbeeld het plaatareaal niet kunnen worden berekend, omdat de omvang kleiner is dan de meetbare resolutie waarmee de plaathoogte wordt bepaald (zie 10.5.2). De gevolgen van de bodemdaling door de gaswinning Ameland voor de kwelders bij Ameland, zoals gerapporteerd in Begeleidingscommissie Bodemdaling Ameland (2017), zullen zich niet voordoen bij de kweldergebieden die bodemdaling zullen ondervinden door de gaswinning Ternaard. In vergelijking met de bodemdaling door de gaswinning Ameland is de voorspelde omvang van de bodemdaling door de gaswinning Ternaard dermate beperkt (maximaal enkele centimeters, in plaats enkele decimeters), dat dergelijke gevolgen niet aan de orde zijn.

Vanwege de minuscule omvang van de mogelijke gevolgen voor de hydromorfologie in het kombergingsgebied Zeegat van Ameland/Borndiep, zal zeker geen sprake zijn van doorwerking op de natuurwaarden. In dit hoofdstuk zijn daarom alleen de mogelijke gevolgen voor het kombergingsgebied Pinkegat beschreven.

Effectketens

Om de effecten van de bodemdaling te bepalen en beoordelen, is informatie nodig over de relaties tussen het abiotisch functioneren van het systeem en de invloed daarvan op de instandhoudingsdoelen. Deze relatie wordt weergegeven in zogenaamde effectketens, waarin relaties gelegd worden tussen de abiotische onderdelen, de vegetatie- of habitattypen en welke functies deze hebben voor habitatrichtlijnsoorten en vogelsoorten (al dan niet gegroepeerd bij een vergelijkbare levenswijze).

In de effectketens (paragraaf 11.2.1) is inzichtelijk gemaakt hoe de abiotische veranderingen ten gevolge van de bodemdaling zouden kunnen doorwerken op habitattypen en (leefgebieden van) soorten.

In de volgende alinea's wordt hier nader op ingegaan of de genoemde systeemonderdelen en dus instandhoudingsdoelen binnen het effectbereik liggen en of deze ook beïnvloed worden door de bodemdaling en zo ja, hoe deze beïnvloeding plaats vindt.

Om te bepalen of de bodemdaling effect heeft op de natuurlijke kenmerken van het Natura 2000-gebied Waddenzee, is onderzocht of door de bodemdaling als gevolg van de gaswinning wijzigingen in het waddensysteem optreden (zie ook hoofdstuk 10 Hydromorfologie).

Bij de bodemdaling die optreedt bij de gaswinning wordt de beschikbare gebruiksruimte per kombergingsgebied als een randvoorwaarde gehanteerd (zie voor de definitie en toepassing van de gebruiksruimte en het "Hand aan de kraan"-principe (deel A hoofdstuk 4). De bodemdaling door de gezamenlijke gaswinningen (Ameland, Moddergat, Lauwersoog, Vierhuizen en Ternaard) onder de beïnvloede kombergingsgebieden overschrijdt de gebruiksruimte van de betreffende kombergingsgebieden niet. De productie wordt hierop aangepast. De omvang van de bodemdaling door alle gaswinning binnen de beïnvloede kombergingsgebieden, waaronder die door de voorgenomen winning bij Ternaard, blijft binnen de gebruiksruimte, zodat het geomorfologische evenwicht en de sedimentbalans in de Waddenzee in stand blijven. De gasproductie en de opgetreden bodemdaling worden gemeten gedurende de winning, zodat wordt gegarandeerd dat deze binnen de gebruiksruimte blijft. Het hiervoor opgestelde meet en regelprotocol (gericht op de bodemdaling en gasproductie) en het monitoringsplan (betrekking op de morfologische en ecologische waarden van de Waddenzee) zijn hierbij leidend en geven inhoud aan het Hand aan de kraan-principe. Het monitoringsprogramma is opgenomen in de Passende Beoordeling als bijlage.

Tabel 11-15 Effectketens doorwerking gevolgen van bodemdaling op de habitattypen en soorten in het Natura 2000-gebied Waddenzee

Habitattype/soort(groep)	Effect bodemdaling	Gevolg
[H1110A] Permanent overstroomde zandbanken (Waddenzee)]	Verschuiving laagwaterlijn	Toename areaal overstroomde banken (ten koste van H1140A)
[H1140A] Slik- en zandplaten (Waddenzee)	Verschuiving laagwaterlijn	Afname areaal slikken en platen Toename overstromingsduur
[H1310A] Zilte pionierbegroeiingen (zeekraal) [H1330A] Schorren en zilte graslanden (buitendijks)	Verticaal effect: Vernatting kwelders & Horizontaal: Kliferosie	Regressie (verjonging) vegetatie ↓ Toename (tijdelijke) pionierzone Afname areaal hoge kwelder
Niet-broedvogels (grondeleenden)	Verschuiving laagwaterlijn	Afname areaal dat droogvalt ↓ Afname voedselbeschikbaarheid
Niet-broedvogels (kwelder foerageerders & grondeleenden)	Vernatting kwelders	Afname areaal hoge kwelders ↓ Afname oppervlak foerageergebied
Niet-broedvogels (viseters)	Verschuiving laagwaterlijn	Toename areaal permanent overstroomde zandbanken ↓ Toename areaal foerageergebied
Niet-broedvogels (benthoseters)	Verlaging permanent overstroomde zandbanken	Dieper duiken voor schelpdiereters ↓ Hoger energieverbruik ↓ Habitatverslechtering schelpdieren ↓ Afname biomassa ↓

Habitattype/soort(groep)	Effect bodemdaling	Gevolg	
		Verlaagde overlevingskans	Verlaagde overlevingskans
Niet-broedvogels (steltlopers)	Verschuiving laagwaterlijn	Afname areaal dat droogvalt ↓ Afname voedselbeschikbaarheid	

Uit het hydromorfologische onderzoek voor Ternaard blijkt dat de bodemdaling door de voorgenomen gaswinning Ternaard:

- Niet leidt tot meetbare of merkbare gevolgen voor de geulen en platen in de Waddenzee, mede omdat deze wordt uitgevoerd binnen de beschikbare gebruiksruimte voor het Pinkegat.
- Geen gevolgen heeft voor de kwelders.
- Geen gevolgen heeft voor de sedimentsamenstelling van de Waddenzee.
- Niet leidt tot cumulatie met activiteiten en projecten die via dezelfde effectketen aangrijpen.

Op grond van het bovenstaande wordt geconcludeerd dat als gevolg van de gaswinning Ternaard geen effecten zullen optreden op de kenmerkende morfologische elementen en processen van de Waddenzee wanneer met behulp van het “Hand aan de kraan”-principe binnen gebruiksruimte wordt geopereerd.

In Tabel 11-16 is aangegeven wat de gevolgen hiervan zijn voor de habitattypen en soorten die gevoelig zijn voor de effecten van bodemdaling.

Tabel 11-16 Beoordeling mogelijke effecten van bodemdaling op habitattypen en soorten

Instandhoudingsdoel	Effect hydromorfologie	Effect ecologie
[H1110A] Permanent overstroomde zandbanken (Waddenzee)	Geen verschuiving van de laagwaterlijn, areaal blijft gelijk. Geen gevolgen voor sedimentsamenstelling	Geen effect
[H1140A] Slik- en zandplaten (Waddenzee)	Geen verschuiving laagwaterlijn, areaal blijft gelijk. Geen gevolgen voor sedimentsamenstelling	Geen effect
[H1310A] Zilte pionierbegroeiingen (zeekraal) [H1330A] Schorren en zilte graslanden (buitendijks)	Geen gevolgen voor kwelders (vernatting, kliferosie)	Geen effect
Broedvogels (hogere kwelders)	Geen aantasting van kwelders. Geen toename van overstroming van kwelders	Geen effect
Niet-broedvogels (viseters)	Areaal blijft gelijk. Geen gevolgen voor voedselbeschikbaarheid	Geen effect
Niet-broedvogels (benthoseters)	Areaal blijft gelijk. Geen gevolgen voor sedimentsamenstelling en voedselbeschikbaarheid	Geen effect
Niet-broedvogels (grondeleenden)	Areaal blijft gelijk. Geen gevolgen voor sedimentsamenstelling en voedselbeschikbaarheid	Geen effect
Niet-broedvogels (steltlopers)	Geen wijziging in het systeem, areaal blijft gelijk (kwelder Ameland ligt buiten dalingsbereik)	Geen effect

Beoordeling

Uit de nadere effectbepalingen in de vorige paragrafen blijkt dat de bodemdaling door de voorgenomen gaswinning Ternaard niet leidt tot wijzigingen in het Waddenzeesysteem, dat geen sprake is van meetbare of merkbare gevolgen voor het areaal geulen, platen of kwelders en de sedimentsamenstelling. Negatieve effecten op de natuurlijke kenmerken van de Waddenzee treden niet op.
Omdat de wijze en mate van gaswinning in alle alternatieven gelijk is (deze is niet afhankelijk van de locatiekeuze), is geen verschil in beoordeling of effect tussen de alternatieven aanwezig. Op zowel habitattypen, habitatrichtlijnsoorten, broedvogels en niet-broedvogels (inclusief EHS) treden geen negatieve effecten op. Voor alle alternatieven wordt dit onderdeel beoordeeld als neutraal (score: 0).

Effecten van zandsuppleties

Bij de beoordeling van de suppleties die nodig zijn als gevolg van de gaswinning Ternaard moet bedacht worden dat het om een relatief kleine toevoeging (minder dan 10%) gaat ten opzichte van de tot nog toe uitgevoerde suppleties ten behoeve van kustlijnzorg. Vanwege de dynamiek van de kust van Ameland is het aannemelijk dat het suppletievolume voor de kustlijnzorg in de toekomst tenminste zo groot zal zijn als de afgelopen jaren. Bij een versneld stijgende zeespiegelstijging en wanneer uitvoering wordt gegeven aan het beleid om het zandvolume van het kustfundament de zeespiegel te laten volgen, zal het volume aan zandsuppleties toenemen.

De effecten van de winning van het suppletiezand zijn in detail beschreven in het MER Winning suppletiezand Noordzee 2018 t/m 2027 (Van Duin et al., 2017) en de bijbehorende “Nadere verdieping effecten Natura 2000” (Kleijberg et al., 2017), waarin is vastgesteld dat significante effecten op beschermde Natura-2000 waarden als gevolg van zandwinning worden uitgesloten. Het MER en de “Nadere verdieping” worden hieronder niet herhaald, wel worden hier de effecten van de zandsuppleties beschreven.

Waterbeweging en morfologie

De stroomsnelheid kan veranderen wanneer grote hoeveelheden sediment in het water worden gebracht (Bray, 2008). Dit effect is op en rondom een suppletielocaties het grootst en kan daar van invloed zijn op het lokale bodemleven. De effecten zijn ten opzichte van het Natura 2000-gebied Noordzeekustzone echter lokaal en kleinschalig. Ook kent de plaats waar de suppletie wordt uitgevoerd een grote, natuurlijke dynamiek. De suppleties zullen voor dit aspect dan ook zeker geen significante effecten met zich meebrengen.

In onder andere Rijkswaterstaat (2016c) en Koolstra (2017 en 2018) zijn de effecten op morfologie en het bodemleven beschreven en beoordeeld. Door suppleties wordt een deel van het habitattype H1110B Permanent overstroomde banken bedekt, maar er is geen sprake van oppervlakteverlies. Kwantitatieve effecten worden hierdoor uitgesloten. Kwalitatief is lokaal wel sprake van een achteruitgang, dat voor de reguliere suppleties betekent dat tot maximaal circa 1,7% van het totaal oppervlak van het habitattype zich in de herstelfase bevindt. De gebieden waar de suppleties uitgevoerd worden zijn de hoog-dynamische delen van de kust, waar ook onder natuurlijke omstandigheden bedekking en rekolonisatie plaatsvindt. Delen van de vooroever zijn geschikt voor de vestiging en aanwezigheid van schelpdierbanken, waaronder Spisula-banken, waarop wordt gefoerageerd door zwarte-zee-eenden.

Waterkwaliteit

Verandering van de waterkwaliteit kan deels door vertroebeling met sediment, nutriënten en verontreiniging ontstaan (Bray, 2008). Dit speelt echter op zeer kleine schaal en heeft derhalve geen invloed.

(Natuurlijk) sediment-transport

Door de suppletie van zand wordt een nieuwe voorraad zand aangebracht, waarin doorgaans nog een fractie (zeer) fijn zand (en slib) aanwezig is. Fijn zand en slib is mobieler dan grover zand, waardoor dit gemakkelijker kan worden meegevoerd door stromingen. Door relatief hoge dynamiek aan de kust (branding en invloed van wind) blijft de fijnere fractie voor een groot deel in suspensie en wordt dit meegevoerd langs de kust. Dit sedimenttransport door de zee vindt altijd plaats. Een suppletie zal alleen tijdelijk en plaatselijk de hoeveelheid fijn zand en slib verhogen. Door de hoge dynamiek is het water op de vooroever al relatief troebel. Suppleties hebben in relatie tot de natuurlijke situatie geen invloed op de mate waarin kustlangs in noordwaartse richting sedimenttransport plaatsvindt, immers, de suppleties worden uitgevoerd om reeds weggespoeld sediment weer aan te vullen. Het sedimenttransport zal geen gevolgen hebben voor de natuurlijke kenmerken van de Natura 2000-gebieden (Rijkswaterstaat, 2016c en Koolstra, 2018).

Geluid- en trillingsniveaus, beweging en lichtintensiteit

De noodzakelijke suppleties betreffen vooroeversuppleties, waardoor effecten op soorten van strand en zandbanken op voorhand uitgesloten kunnen worden. Voor zeezoogdieren wordt in Rijkswaterstaat (2016c) en Koolstra (2018) gesteld dat het impactgebied dusdanig klein is, dat de soorten te allen tijde kunnen uitwijken. Voor rustende of foeragerende vogels wordt een vergelijkbare redenatie gegeven, waarbij ook genoemd wordt dat de suppleties vooral op locaties uitgevoerd worden met een hoge dynamiek. Deze plekken zijn van natura al minder voedselrijk en dus minder relevant voor bijvoorbeeld zwarte zee-eend en topper. Het is echter niet geheel uit te sluiten dat verstoring optreedt door beweging en geluid op zee-eenden.

Vermesting door stikstofdepositie

De exacte uitvoeringsperiode voor het extra volume zandsuppletie en het materieel waarmee de uitvoering zal plaatsvinden zijn nog onbekend. Op dit moment is het daardoor niet mogelijk een inhoudelijke beoordeling van uit te voeren van de vermesting en verzuring door het extra volume zandsuppletie.

Effecten op het Natura 2000-gebied Noordzeekustzone kunnen alleen optreden als gevolg van het extra volume aan zandsuppleties voor de kust van Ameland. De effecten van het extra volume aan zandsuppletie zijn beschreven in paragraaf 8.3.3. In *Tabel 11-17* zijn de effecten die optreden op het Natura 2000-gebied Noordzeekustzone samengevat.

Tabel 11-17 Samenvatting effecten op Natura 2000-gebied Noordzeekustzone

Thema	Aard en omvang van effecten op Natura 2000-gebied
Waterbeweging en morfologie	Door zandwinning: Gezien de ligging ruim buiten het Natura 2000-gebied Noordzeekustzone treden geen effecten op. Door transport: Dit aspect is voor zandtransport niet relevant. Door suppletie: Verandering van stroomsnelheid is beperkt en leidt niet tot significante effecten. De zeebodem wordt over een zeer beperkt extra oppervlakte bedekt ten opzichte van de reguliere kustijnzorgsuppletie. Na 3-5 jaar zijn de effecten van de bedekking hersteld. Bedekking van schelpdiebanken van Spisula of Ensis kan door doorwerking leiden tot effecten op (kwalificerende) soorten.
Waterkwaliteit	Door zandwinning, transport en suppletie: Effecten op waterkwaliteit zijn zeer beperkt.
Natuurlijk sedimenttransport	Door zandwinning: Er is als gevolg van het slib dat vrijkomt, wat voor vertroebeling zorgt, een beperkte afname van de primaire productie. De doorwerking hiervan naar de groei van schelpdieren is zeer beperkt (Kleijberg et al., 2017). Door transport: Tijdens het transport kan een kleine hoeveelheid slib in het water terechtkomen. De hoeveelheid is te gering om tot effecten te kunnen leiden. Door suppletie: Er zal als gevolg van de suppletie een tijdelijke toename van de hoeveelheid slib in de waterkolom optreden in de ondiepe kustzone. Dit kan lokaal leiden tot een verminderde primaire productie en een verminderd doorzicht.
Geluid, trilling, beweging en licht	Door zandwinning: Mede gezien de ligging ruim buiten het Natura 2000-gebied Noordzeekustzone en afwezigheid van locatiegebonden soorten zijn er geen effecten. Door transport: De geluidsniveaus onder water zijn te laag om significante effecten te kunnen hebben. Effecten door optische verstoring/ geluidverstoring zijn alleen mogelijk voor zee-eenden. De beperkte lichtuitstraling leidt niet tot effecten. Door suppletie: De geluidsniveaus onder water zijn te laag om significante effecten te kunnen hebben. Effecten door optische verstoring/geluidverstoring zijn alleen mogelijk voor zee-eenden. De beperkte lichtuitstraling leidt niet tot significante effecten.
Stikstofdepositie	De toetsing van de effecten van stikstofdepositie zijn nog niet te bepalen, omdat nog niet duidelijk is hoeveel zand waar wordt gesuppleerd. Dit geldt ook voor de toekomstige reguliere kustsuppleties (van Duin et al., 2017). Toetsing van de stiikstofdepositie zal voorafgaand aan de uitvoering van de suppleties plaatsvinden, waarbij dient te worden vastgesteld dat significante negatieve effecten door stikstofdepositie kunnen worden uitgesloten.

11.5.3 Effectbeoordeling verwijderingsfase

In Tabel 11-18 is de effectbeoordeling voor natuur voor de verwijderingsfase gepresenteerd. In de effectbeoordeling (en ook in de tabel) zijn alleen het deel van de storingsfactor of het deel van de alternatieven dat leidt tot deze storingsfactor beschreven en beoordeeld die binnen het effectbereik van het plan liggen.

Tabel 11-18 Effectbeoordeling natuur, verwijderingsfase

Effect	Ref.	L1-N	L1-Z	L2-N	L2-Z
Verdroging en vernatting[1]	0	0	0	0	0
Vermesting en verzuring[2]	0	0	0	0	0

[1] Alleen van toepassing op beschermde soorten
[2] Van toepassing op Natura 2000-gebieden

Verdroging en vernatting

Voor het verwijderen van de productielocatie en de transportleiding is tijdelijke bemaling nodig. Hierdoor daalt lokaal de grondwaterstand licht. Gezien de afstand van beide productielocaties (L1 en L2) tot aan de het Natura 2000-gebied Waddenzee, inclusief EHS, zijn effecten als gevolg van deze tijdelijke daling uit te sluiten. Tevens geldt dat de Waddenzee een volledig zelfstandig systeem is met getijdewerking, niet wordt beïnvloed door grondwaterstanden binnendijks.

Binnendijks heeft de tijdelijke bemaling alleen effect op lokaal aanwezige flora en fauna. Omdat het voor beide productielocaties en (L1 en L2) en beide transportleidingtracés (Noord en Zuid) hoofdzakelijk intensief agrarisch in gebruik zijnde percelen betreft, komen beschermde soorten die afhankelijk zijn van natte omstandigheden hier niet voor. Negatieve effecten zijn dan ook niet te verwachten. Dit criterium wordt daarom als neutraal (score: 0) beoordeeld.

Omdat deze fase zich pas over enkele decennia voor zal doen, kan op dit moment lastig beoordeeld worden wat de gunstige staat van instandhouding is van soorten die tegen die tijd beschermd zijn, en welke van deze soorten in het studiegebied voorkomen. Het uitgangspunt voor de effectbeoordeling zijn de soorten die in de huidige situatie in het gebied voorkomen.

Verzuring en vermesting

De verwijdering van de productielocatie vindt pas over enkele decennia plaats. Daardoor is het niet mogelijk om nu berekeningen uit te voeren van de stikstofdepositie die dit veroorzaakt.

De inzet van materieel bij de verwijdering is minder groot dan bij de aanleg. Daarnaast zal de achtergronddepositie over enkele decennia aanzienlijk lager zijn dan in de huidige situatie, als gevolg van maatregelen die getroffen worden om emissie vanuit landbouw, verkeer en industrie terug te dringen. Daardoor kan uitgesloten worden dat de kritische depositiewaarden van habitattypen in de Waddenzee in de verwijderingsfase overschreden zullen worden.

Het effect van stikstofdepositie voor beide alternatieven van de productielocatie (L1 en L2) is als neutraal beoordeeld (score: 0).

11.5.4 Integrale effectbeoordeling

In Tabel 11-19 is de integrale effectbeoordeling voor natuur voor de gehele voorgenomen activiteit gepresenteerd. De integrale effectbeoordeling wijkt weinig af van de beoordelingen van de verschillende projectfases. Geconcludeerd wordt dat de alternatieven van zowel de productielocatie als de transportleidingtracés, voor wat betreft effecten op natuur, ook bij een integrale beoordeling van aanleg-winning- en verwijderingsfase niet onderscheidend zijn. De fases volgen elkaar op, waardoor geen overlap in effecten optreedt.

De negatieve effecten van verstoring die optreden zijn van tijdelijke aard en bij de opvolgende fase niet meer aan de orde.

De negatieve effecten als gevolg van zandsuppleties zijn zeer beperkt, omdat aangesloten wordt bij de gangbare suppleties voor kustlijnzorg, en het additionele suppletievolume slechts een fractie is van het volume dat voor kustlijnzorg wordt aangewend.

Tabel 11-19 Effectbeoordeling natuur, integraal

Effect	Ref.	L1-N	L1-Z	L2-N	L2-Z
Verstoring door geluid[1]	0	0	0	0	0
Vermesting en verzuring[2]	0	-	-	-	-
Verdroging en vernatting[1]	0	0	0	0	0
Bodemdaling	0	0	0	0	0
Zandsuppleties	0	-	-	-	-

[1] Alleen van toepassing op beschermde soorten
[2] Van toepassing op Natura 2000-gebieden

Hoewel op basis van de juridische criteria (van de Wet natuurbescherming en de beleidslijnen van de EHS) geen verschillen zijn, en de verschillen in effecten tussen de beide locaties nauwelijks onderscheidend zijn, heeft op basis van de ligging van de twee productielocaties Locatie 1 naar verwachting de kleinste effecten op natuurwaarden. Dit omdat Locatie 1 al deels bestaat en tegen de bebouwingskern van Ternaard aan ligt. Hiermee wordt verharding geclusterd en ontstaat niet een nieuw verhard oppervlak in de polder. Ondanks dat de productielocatie geen bebouwing kent en nagenoeg open is, leidt een dergelijk verhard oppervlak met hekwerk in een open gebied, naar verwachting wel tot mijdingsgedrag.

11.5.5 Conclusie

Voorgaande analyses van de effecten op zowel het hydromorfologische systeem van de kombergingsgebieden binnen de invloedssfeer van de gaswinning Ternaard als de beschermde natuurwaarden kunnen als volgt worden samengevat. De meeste effecten treden alleen op tijdens de aanlegfase, waarbij licht-, geluid- en optische verstoring optreedt rondom de boorlocatie door de werkzaamheden die hierbij nodig zijn. Gedurende de winning – het autonome proces van gas dat onder druk uit het gasveld naar het net stroomt - is geen sprake van enige uitstralingseffecten. De verstoringseffecten reiken nergens tot aan Natura 2000-gebieden waardoor geen sprake is van aantasting van de natuurlijke kenmerken van deze gebieden. Door de aanleg is wel sprake vaan een tijdelijke emissie van vermestende stoffen (stikstof), maar de emissie is dusdanig beperkt dat alleen lokaal sprake is van depositie binnen het Natura 2000-gebied Waddenzee. De tijdelijke, extra NOx-depositie is hier echter dusdanig laag dat deze niet leidt tot een overschrijding van de KDW of leidt tot effecten gezien de hoge trofiegraad van het systeem ter plaatse (opslibbende kwelders).

De productielocaties vormen tevens geen geschikt leefgebied of groeiplaats van (strikt) beschermde flora en fauna, waardoor negatieve effecten op deze beschermde soorten eveneens zijn uitgesloten. Mogelijk is sprake van tijdelijke verstoring (externe werking door licht en geluid), maar die is van dusdanige aard dat dit niet leidt tot aantasting van de kwaliteit van het leefgebied.

Door de gaswinning kan wel sprake zijn van een bodemdaling binnen het kombergingsgebied. De verwachte daling leidt niet tot meetbare of merkbare gevolgen voor de geulen, platen en kwelders in de Waddenzee, mede omdat deze wordt uitgevoerd binnen de beschikbare gebruiksruimte voor het Pinkegat. Ook is geen sprake van een wijziging in de sedimentsamenstelling en treedt geen cumulatie van negatieve effecten op met activiteiten en projecten die via dezelfde effectketen aangrijpen (zoals bijvoorbeeld zandsuppleties of andere gaswinningen).

Concluderend wordt gesteld dat de geplande gaswinning nabij Ternaard niet zal leiden tot negatieve effecten op beschermde natuurwaarden. Wanneer beide alternatieven vergeleken worden is geen verschil te onderscheiden. De locaties liggen op vergelijkbare afstand tot aan de Waddenzee en de ingreep van de

transportleidingaanleg is van een dergelijke kleine omvang dat hierdoor geen verschil door optreedt. Het verschil tussen de alternatieven is echter dusdanig klein dat dit niet leidt tot een andere beoordeling.

De omvang van de gaswinning is in alle alternatieven gelijk en wordt primair gestuurd door de beschikbare gebruiksruimte die vastgesteld is voor gaswinningen in de Waddenzee. Hierdoor is er geen meetbaar effect op het plaatareaal, het areaal kwelders en de sedimentsamenstelling, en is er geen sprake van aantasting van het beschikbare oppervlak broed-, foerageer- en broedgebied van de voor de Waddenzee aangewezen vogelsoorten.

Geconcludeerd wordt dat de alternatieven, voor wat betreft effecten op natuur, niet onderscheidend zijn. Dit geldt voor zowel de gebiedenbescherming als de soortbescherming.

11.6 Mitigerende en compenserende maatregelen

11.6.1 Mitigerende maatregelen

Verstoring door geluid

Uit de effectbepaling en -beoordelingen blijkt dat mogelijk alleen negatieve effecten optreden op beschermde fauna bij de aanlegwerkzaamheden van de productielocaties. Het gaat daarbij vooral om effecten als gevolg van geluidverstoring van broedvogels in de singel rond om de Locatie 1 en van broedvogels van open agrarisch gebied bij Locatie 2.

Negatieve effecten kunnen worden voorkomen door de aanlegwerkzaamheden buiten het vogelbroedseizoen, van half maart tot half juli, uit te voeren of te starten. Werkzaamheden in het broedseizoen is ook mogelijk, mits voorafgaande aan het broedseizoen potentiele broedlocaties ongeschikt gemaakt zijn.

Effecten van affakkelen

De effecten van affakkelen op vogels zijn als zeer nihil beoordeeld. De kans dat bij het ontsteken van de vlam overvliegende vogels geraakt worden en sterven is zeer klein. Dit zal niet leiden tot overschrijding van de 1%-mortaliteitsnorm (zie paragraaf 11.5)

Desalniettemin kan het vanuit het voorzorgsbeginsel raadzaam zijn om affakkelen niet gedurende de vogeltrekperioden (voorjaar, najaar) uit te voeren. De kans op grotere concentraties langstrekkende vogels is dan het grootst, zij het dat de meeste van deze vogels veelal op grotere hoogtes vliegen.

Effecten van stikstof

De emissie van stikstofdepositie wordt sterk beperkt door de inzet van modern materieel bij de aanlegwerkzaamheden. Ook de generatoren die worden ingezet bij de boring voldoen aan de emissie-eisen STAGE IV. Op deze wijze vindt een reductie van de stikstofemissie plaats van ruim 80% dat opzichte van een reguliere werkwijze waarbij materieel gebruikt wordt dat voldoet aan de emissie-eisen van STAGE IIIB.

In de passende beoordeling is de omvang van de stikstofdepositie in detail beschreven. De feitelijke beoordeling is nog niet uitgevoerd en zal op een later moment, volgens de lijnen die zijn uitgezet in de kamerbrieven[11] van 7 februari en 24 april, separaat worden uitgevoerd. Hiervoor is gekozen om de beoordeling zo veel mogelijk te kunnen laten aansluiten bij de actualiteit op het moment van vergunningaanvraag.

Effecten van zandsuppleties

Zie voor de mitigerende maatregelen bij zandsuppleties de paragraaf “mitigerende en compenserende maatregelen” in het voorgaande hoofdstuk.

Op basis van de conclusies uit de diverse onlangs uitgevoerde toetsingen ten behoeve van zandwinning- en -suppletie wordt geconcludeerd dat het toekomstige extra volume zandsuppletie, na het uitvoeren van mitigerende maatregelen, niet zal leiden tot significant negatieve effecten op de natuurlijke kenmerken van de Natura 2000-gebieden Noordzeekustzone en Waddenzee.

[11] brief 7 februari: voortgang stikstofproblematiek: maatregelen landbouw en verdere impuls gebiedsgerichte aanpak (dga-dad / 20032998); brief 24 april: voortgang stikstofproblematiek: structurele aanpak (bpz / 20120075)

11.6.2 Compenserende maatregelen

Compenserende maatregelen zijn niet van toepassing.

11.6.3 Effectbeoordeling na mitigatie

Tabel 11-20 Effectbeoordeling natuur na mitigatie

Effect	Ref.	L1-N	L1-Z	L2-N	L2-Z
Verstoring door geluid[1]	0	0	0	0	0
Vermesting en verzuring[2]	0	-	-	-	-
Verdroging en vernatting[1]	0	0	0	0	0
Bodemdaling	0	0	0	0	0
Zandsuppleties[2]	0	0	0	0	0

[1] Alleen van toepassing op beschermde soorten
[2] Van toepassing op Natura 2000-gebieden

11.7 Samenvatting effecten

11.7.1 Natura 2000-gebied

Effecten

De effecten van de gaswinning in de aanleg-, winnings- en verwijderingsfasen zijn beschreven in paragraaf 11.5. In paragraaf 11.7 zijn de effecten die optreden op de Natura 2000-gebieden samengevat.

Tabel 11-21 Samenvatting effecten op Natura 2000-gebieden

Effectketen	Aard en omvang van effecten op Natura 2000-gebied
Oppervlakteverlies	Er vinden geen fysieke ingrepen plaats binnen Natura 2000-gebied
Verstoring door geluid	Voor verstoring door geluid zijn de effecten van heien in de aanlegfase maatgevend. Het heien leidt niet tot overschrijding van de drempelwaarde voor verstoring binnen de Natura 2000-gebieden. De verstoringscontouren van de overige activiteiten in de aanleg-, winnings- en verwijderingsfase liggen op ruime afstand van Natura 2000-gebied
Verstoring door licht	De verstoringscontouren van de activiteiten in de aanleg-, winnings- en verwijderingsfase liggen op ruime afstand van Natura 2000-gebied
Visuele verstoring	De werkzaamheden vinden plaats op ruime afstand van de Waddenzee, buiten de verstoringsafstand van soorten. De locaties worden bovendien fysiek afgeschermd door de Waddenzeedijk
Verandering populatiedynamiek	Het kortdurende affakkelen tijdens de aanlegfase leidt tot een zeer gering risico op doden van overvliegende vogels. Een eventueel enkel slachtoffer zal niet leiden tot overschrijding van de 1%-mortaliteitsnorm.
Verzuring en vermesting	In de aanlegfase treedt een kleine toename op van de stikstofdepositie op habitattypen in de Waddenzee, Noordzeekustzone, Duinen Ameland en Duinen Schiermonnikoog. Dit leidt niet significante effecten op de instandhoudingsdoelstellingen van deze gebieden.

Effectketen	Aard en omvang van effecten op Natura 2000-gebied
Verdroging en vernatting	Bemaling ten behoeve van de aanleg en verwijdering van de faciliteiten heeft geen gevolgen voor de waterhuishouding van de Waddenzee of andere Natura 2000-gebieden.
Bodemdaling	Door toepassing van het “Hand aan de kraan”-principe wordt de gebruiksruimte in de kombergingsgebieden in de Waddenzee voor de gezamenlijke gaswinningen niet overschreden. Daardoor treden er geen effecten op de hydromorfologische kenmerken van de Waddenzee of andere Natura 2000-gebieden op. De arealen en de kwaliteit van habitattypen en leefgebieden van soorten veranderen daardoor niet als gevolg van de bodemdaling.
Zandsuppleties	De zandsuppleties aan de Noordzeekust van Ameland leiden niet tot effecten op de Natura 2000-gebieden Waddenzee, Noordzeekustzone en Duinen Ameland.

Significantiebeoordeling

In Tabel 11-22 Beoordeling significantie habitattypen Waddenzee t/m Tabel 11-24 Significantiebeoordeling vogelsoorten Waddenzee is een overzicht gegeven van de significantiebeoordeling van de effecten die op kunnen treden op habitattypen, habitatsoorten en vogelsoorten in het Natura 2000-gebied Waddenzee.

Als gevolg van de gaswinning in Ternaard kunnen kleine effecten optreden als gevolg van het affakkelen en stikstofdepositie. Significante effecten van bodemdaling treden niet op omdat in de productiefase het effect binnen de gebruiksruimte van de Waddenzee valt. De overige effecten reiken niet tot in de Waddenzee.

Tabel 11-22 Beoordeling significantie habitattypen Waddenzee

Code	Habitattypen	Aantasting natuurlijke kenmerken?
H1110A	Permanent overstroomde zandbanken (getijdengebied)	Nee
H1140A	Slik- en zandplaten (getijdengebied)	Nee
H1310A	Zilte pionierbegroeiingen (zeekraal)	Nee
H1320	Slijkgrasvelden	Nee
H1330A	Schorren en zilte graslanden (buitendijks)	Nee

Tabel 11-23 Significantiebeoordeling habitatrichtlijnsoorten Waddenzee

Code	Habitatrichtlijnsoort	Aantasting natuurlijke kenmerken?
H1095	Zeeprik	Nee
H1099	Rivierprik	Nee
H1103	Fint	Nee
H1364	Grijze zeehond	Nee
H1365	Gewone zeehond	Nee

Tabel 11-24 Significantiebeoordeling vogelsoorten Waddenzee

Code	Vogelrichtlijnsoort	Aantasting natuurlijke kenmerken?
Broedvogelsoorten		
A063	Eider	Nee
A081	Bruine Kiekendief	Nee
A082	Blauwe Kiekendief	Nee
A132	Kluut	Nee
A137	Bontbekplevier	Nee
A222	Velduil	Nee
Niet-broedvogelsoorten		
A005	Fuut	Nee
A017	Aalscholver	Nee
A034	Lepelaar	Nee
A037	Kleine zwaan	Nee
A039	Toendrarietgans	Nee
A043	Grauwe Gans	Nee
A045	Brandgans	Nee
A046	Rotgans	Nee
A048	Bergeend	Nee
A050	Smient	Nee
A051	Krakeend	Nee
A052	Wintertaling	Nee
A053	Wilde eend	Nee
A054	Pijlstaart	Nee
A056	Slobeend	Nee
A062	Topper	Nee
A063	Eider	Nee
A067	Brilduiker	Nee
A069	Middelste zaagbek	Nee
A070	Grote zaagbek	Nee
A103	Slechtvalk	Nee

Code	Vogelrichtlijnsoort	Aantasting natuurlijke kenmerken?
A130	Scholekster	Nee
A132	Kluut	Nee
A137	Bontbekplevier	Nee
A140	Goudplevier	Nee
A141	Zilverplevier	Nee
A142	Kievit	Nee
A143	Kanoet	Nee
A144	Drieteenstrandloper	Nee
A147	Krombekstrandloper	Nee
A149	Bonte strandloper	Nee
A156	Grutto	Nee
A157	Rosse grutto	Nee
A160	Wulp	Nee
A161	Zwarte ruiter	Nee
A162	Tureluur	Nee
A164	Groenpootruiter	Nee
A169	Steenloper	Nee
A197	Zwarte stern	Nee

In bovenstaande tabellen is daarom alleen de significantie van de genoemde effecten die reiken tot in de Waddenzee beoordeeld. Alleen de habitattypen en soorten die binnen de invloedssfeer van deze effecten vallen zijn in de tabellen opgenomen.

Significantiebeoordeling effecten affakkelen

Effecten van affakkelen kunnen alleen optreden op vogels die vanuit de Waddenzee een relatie hebben met binnendijkse gebieden. Voor broedvogels zijn dit de bruine kiekendief en velduil. Beide soorten komen in zeer lage dichtheden voor in de omgeving van Ternaard. Het risico op een incident bij de enkele malen dat de fakkel wordt ontstoken is daarom zeer gering. Ganzen, zwanen en eenden (smienten) die in het binnenland foerageren vliegen in groepen. Het risico op een incident bij het ontsteken van de fakkel is voor deze groepen iets groter.

De combinatie van het beperkt aantal malen dat gefakkeld wordt, de lage dichtheid van langs vliegende vogels en de lage aantallen van eventuele slachtoffers maakt het risico op overschrijden van de 1%-mortaliteitsnorm voor één van de betrokken soorten verwaarloosbaar klein.

Het effect kan bovendien nog verder gemitigeerd door bij het fakkelen rekening te houden met gevoelige perioden voor de betrokken soorten. Significante effecten van affakkelen op vogelsoorten in de Waddenzee kunnen daarmee uitgesloten worden.

Significantiebeoordeling effecten stikstofdepositie.

De toename van de stikstofdepositie in de aanlegfase leidt niet tot overschrijding van de kritische depositiewaarden van de betrokken habitattypen. De achtergrondwaarde van de depositie is lager dan de kritische depositiewaarde, en de toename is te beperkt om te kritische depositiewaarde te bereiken. Beneden de kritische depositiewaarden zijn negatieve effecten van stikstofdepositie op habitattypen uitgesloten. De depositie van stikstof in de aanlegfase leidt daarmee niet tot aantasting van de natuurlijke kenmerken van de Waddenzee.

Significantiebeoordeling effecten bodemdaling

De bodemdaling als gevolg van alle gaswinningen onder de Waddenzee leidt niet tot veranderingen in de hydromorfologische kenmerken van het systeem. De oppervlakte van platen, slikken en kwelders en de droogvalduren daarvan blijven gelijk. Ook de samenstelling van het sediment verandert niet. Er zijn daarom geen veranderingen in de arealen van habitattypen en leefgebieden van soorten, zoals broedgebieden op kwelders, foerageergebieden op slikken en platen en rustgebieden voor zeehonden. Ook de kwaliteit van deze gebieden blijft gelijk, waardoor voedselaanbod en foerageermogelijkheden voor soorten niet wijzigen.

Habitattypen, habitatrichtlijnsoorten en vogelsoorten die gebonden zijn aan deze delen van de Waddenzee worden daarmee niet nadelig beïnvloed. Aantasting van de natuurlijke kenmerken van de Waddenzee door bodemdaling zijn uitgesloten.

Cumulatie

De bodemdaling als gevolg van de gaswinning in Ternaard leidt niet tot negatieve effecten voor habitattypen en soorten in de Waddenzee. De bodemdaling die optreedt onder het kombergingsgebied Pinkegat en door de gaswinning Ternaard en door de gaswinningen Ameland (AME), Nes en Moddergat (MGT) zal gecombineerd niet groter zijn dan gebruiksruimte. De optredende bodemdaling wordt gemeten en de morfologie en ecologie van de Waddenzee worden gemonitord. Op basis van de gerapporteerde resultaten van meten en monitoren wordt voor de gaswinningen en Moddergat (MGT) en naar verwachting ook voor Ternaard beschouwd of binnen de gebruiksruimte wordt geopereerd. Dit is bedoeld om bij te houden of niet verwachte ontwikkelingen in de Waddenzee optreden, waarvan niet kan worden uitgesloten dat deze worden veroorzaakt door de gaswinning, Op basis van de waarnemingen kan worden besloten de gaswinning te verminderen of te stoppen. Deze wijze van gaswinnen “met de Hand aan de Kraan (HadK)” garandeert dat geen negatieve effecten optreden voor habitattypen en soorten in de Waddenzee door de verschillende gaswinningen.

Ook is de kans op effecten als gevolg van het affakkelen in de aanlegfase verwaarloosbaar klein.

Op grond hiervan zijn cumulatieve effecten van de gaswinning bij Ternaard, in combinatie met andere plannen en projecten op voorhand uitgesloten. Een uitgebreide cumulatietoets is daarom niet gemaakt.

11.7.2 Natura 2000-gebied Noordzeekustzone

Effecten

Effecten op het Natura 2000-gebied Noordzeekustzone kunnen alleen optreden als gevolg van aanvullende kustsuppleties voor de kust van Ameland.

Bij de verschillende stappen in de uitvoering van deze suppleties (winning, transport en suppletie) ontstaan risico’s op het optreden van effecten op habitattypen en soorten binnen de Noordzeekustzone. Deze risico’s kunnen vermeden worden door het uitvoeren van diverse mitigerende maatregelen.

Significantiebeoordeling

In Tabel 11-25 t/m Tabel 11-27 is een overzicht gegeven van de significantiebeoordeling van de effecten die op kunnen treden op habitattypen, habitatsoorten en vogelsoorten in het Natura 2000-gebied Noordzeekustzone. Alleen de habitattypen en soorten die binnen de invloedssfeer van deze effecten vallen zijn in de tabellen opgenomen.

Tabel 11-25 Significantiebeoordeling habitattypen Noordzeekustzone

Code	Habitattypen	Aantasting natuurlijke kenmerken?
H1110B	Permanent overstroomde zandbanken (Noordzeekustzone)	Nee
H1140B	Slik- en zandplaten (Noordzeekustzone)	Nee

Tabel 11-26 Significantiebeoordeling habitatrichtlijnsoorten Noordzeekustzone

Code	Habitatrichtlijnsoort	Aantasting natuurlijke kenmerken?
H1095	Zeeprik	Nee
H1099	Rivierprik	Nee
H1103	Fint	Nee
H1351	Bruinvis	Nee
H1364	Grijze zeehond	Nee
H1365	Gewone zeehond	Nee

Tabel 11-27 Significantiebeoordeling vogelrichtlijnsoorten Noordzeekustzone

Code	Vogelrichtlijnsoort	Aantasting natuurlijke kenmerken?
Broedvogelsoorten		
A137	Bontbekplevier	Nee
A138	Strandplevier	Nee
A195	Dwergstern	Nee
Niet broedvogelsoorten		
A001	Roodkeelduiker	Nee
A002	Parelduiker	Nee
A017	Aalscholver	Nee
A048	Bergeend	Nee
A062	Topper	Nee

Code	Vogelrichtlijnsoort	Aantasting natuurlijke kenmerken?
A063	Eider	Nee
A065	Zwarte zee-eend	Nee
A130	Scholekster	Nee
A132	Kluut	Nee
A137	Bontbekplevier	Nee
A141	Zilverplevier	Nee
A143	Kanoet	Nee
A144	Drieteenstrandloper	Nee
A149	Bonte strandloper	Nee
A157	Rosse grutto	Nee
A160	Wulp	Nee
A169	Steenloper	Nee
A177	Dwergmeeuw	Nee

Omdat de aanvullende zandsuppleties als gevolg van bodemdaling door de winning bij Ternaard uitgevoerd worden in combinatie met de gangbare suppleties voor kustlijnzorg, is het additionele effect hiervan zeer beperkt. Het extra volume zand dat gestort wordt is relatief beperkt vergeleken met de volumes die voor de kustlijnzorg toegepast worden (6% van het voor kustlijnzorg gesuppleerde volume).

Voor de uitvoering van zandsuppleties t.b.v. kunstlijnzorg is een Passende beoordeling uitgevoerd (Rijkswaterstaat, 2016c). Door een zorgvuldige inpassing en uitvoeren van mitigerende maatregelen zijn (significante) effecten te voorkomen. In het beheerplan Natura 2000 Noordzeekustzone (Ministerie van I&M, 2016b) is het uitvoeren van kustsuppleties vrijgesteld. De voorwaarden aan deze vrijstelling sluiten aan bij deze inpassing en mitigatie.

De aanvullende suppleties worden gecombineerd met de gangbare suppleties voor kustlijnzorg, en passen hiermee binnen het kader dat door het Beheerplan Noordzeekustzone is gesteld. Daarmee is zeker gesteld dat de natuurlijke kenmerken van het Natura 2000-gebied Noordzeekustzone niet worden aangetast.

Cumulatie

In de meest recente locatiespecifieke Passende beoordeling voor suppleties in het kader van kustlijnzorg bij Vlieland (ARCADIS, 2016) is onderbouwd dat er geen cumulatieve effecten van gezamenlijke suppleties in het Natura 2000-gebied Noordzeekustzone zijn.

Cumulatie van de effecten van verstoring van de strandsuppleties bij Vlieland Oost en Vlieland Havenstrand met de andere suppleties in het Natura 2000-gebied Noordzeekustzone is - zelfs al zouden de suppleties

tegelijk uitgevoerd worden (wat mogelijk het geval is) - door het ontbreken van hoge dichtheden gevoelige soorten en de lokale aard en tijdelijkheid van de effecten niet aan de orde.

Omdat de additionele effecten van de aanvullende suppleties bij Ameland nihil zijn, kan geconcludeerd worden dat cumulatieve effecten uitgesloten kunnen worden.

Conclusies

De aanleg, het gebruik en de verwijdering van gaswinningsfaciliteiten in Ternaard leidt niet tot de aantasting van natuurlijke kenmerken van de Natura 2000-gebieden Waddenzee en Noordzeekustzone, op voorwaarde dat effecten gemitigeerd worden en de gezamenlijke gaswinningen onder de Waddenzee de gebruiksruimte niet overschrijden.

Het RIP voor de gaswinning in Ternaard kan daarmee vastgesteld worden in overeenstemming met artikel 2.7 en 2.8 van de Wet natuurbescherming.

Ook bestaan hiermee vooruitzichten om voor het te kiezen voorkeursalternatief een vergunning volgens de Wet natuurbescherming te verkrijgen.

11.8 Leemten in kennis en monitoringprogramma

11.8.1 Leemten in kennis

De effecten van aanvullende suppleties in de Noordzeekustzone konden slechts indicatief aangegeven worden, omdat nog niet bekend is waar deze suppleties plaats zullen vinden. De exacte verspreiding van habitattypen en soorten is daarom op dit moment niet nodig om de exacte effecten te bepalen. Bovendien is geconcludeerd dat significante effecten kunnen worden voorkomen, ongeacht de verspreiding van habitattypen en soorten, wanneer de mitigerende maatregelen worden toegepast die bij kustsuppleties in het kader van het Beheerplan Noordzeekustzone worden voorgeschreven.

11.8.2 Monitoringprogramma

De Leemten in Kennis geven geen aanleiding tot het uitvoeren van een monitoringsprogramma.

Als onderdeel van het Hand-aan-de-Kraan principe bij de Gaswinning Moddergat, Lauwersoog en Vierhuizen en Gaswinning Ameland wordt vanuit het voorzorgsprincipe monitoring uitgevoerd naar biotische en abiotische paramaters in de Waddenzee. Dit om te controleren of de gaswinning geen meetbaar nadelig effect heeft op de instandhoudingsdoelen van het Natura 2000-gebied Waddenzee. De gaswinning bij Ternaard is onderdeel van dit monitoringprogramma.

12 BODEM EN WATER

In dit hoofdstuk zijn de effecten van de voorgenomen activiteit op bodem en water beschreven. Bodem en water is geen landgebruiksfunctie maar een onderliggend systeem waardoor de ingreepgevolgen kunnen optreden. Deze gevolgen kunnen effecten hebben op de landgebruiksfuncties in het beïnvloedingsgebied. Allereerst is inzichtelijk gemaakt met diagrammen met ingreep-effectrelaties hoe de ingreep samenhangt met effecten op de landgebruiksfuncties. Deze zijn specifiek op de samenhang met bodem en water, maar algemeen wat betreft de effecten op landgebruiksfuncties. Die effecten zijn in afzonderlijke hoofdstukken (ecologie, archeologie) of paragrafen (landbouw, infrastructuur en riolering) beschreven. Hierin is onderscheid gemaakt in de aanlegfase, de winning en de verwijderingsfase.

Na de inhoudelijke inkadering heeft de ruimtelijk inkadering plaatsgevonden in de beschrijving van het studiegebied. Vervolgens zijn in het beleidskader de wettelijke randvoorwaarden en kader voor autonome situatie beschreven.

In voorliggend hoofdstuk is allereerst ingegaan op de ingreep-effectrelatie met de andere milieuthema's (§12.1). Hierbij is onderscheid gemaakt in de aanlegfase, winning en verwijderingsfase. In §12.2 is het relevante beleidskader gepresenteerd. Hierna zijn het beoordelingskader en de beoordelingscriteria geïntroduceerd die in de effectbeoordeling worden gehanteerd (§12.3). In §12.5 is ingegaan op de effectbeoordeling van de voorgenomen activiteit ten opzichte van de referentiesituatie, waarbij onderscheid is gemaakt in effecten in de aanlegfase (§12.5.1), winning (§13.5.2) en verwijderingsfase (§12.5.3). In de effectbeoordeling zijn vier alternatieven beoordeeld: L1-N, L1-Z, L2-N en L2-Z. Tot slot is een integrale effectbeoordeling gepresenteerd in §12.5.4, waarbij de effecten van de alternatieven voor de voorgenomen activiteit als geheel zijn beoordeeld. Het hoofdstuk sluit af met mitigerende en compenserende maatregelen (§12.6) en leemten in kennis en een aanzet voor het monitoringprogramma (§12.7).

12.1 Ingreep-effectrelaties

Gezien de complexiteit van het bodem- en watersysteem zijn de ingreep-effectschema's zoals gepresenteerd in de overige hoofdstukken niet toereikend. In dit hoofdstuk is er daarom voor gekozen om meer gedetailleerde ingreep-effectschema's op te nemen. Hierin staat hoe de ingreep samenhangt met effecten op de landgebruiksfuncties. Deze zijn specifiek in de samenhang van de ingreep met bodem en water, maar algemeen wat betreft de effecten op landgebruiksfuncties. De schema's worden in deze paragraaf gepresenteerd en nader toegelicht.

Aanlegfase

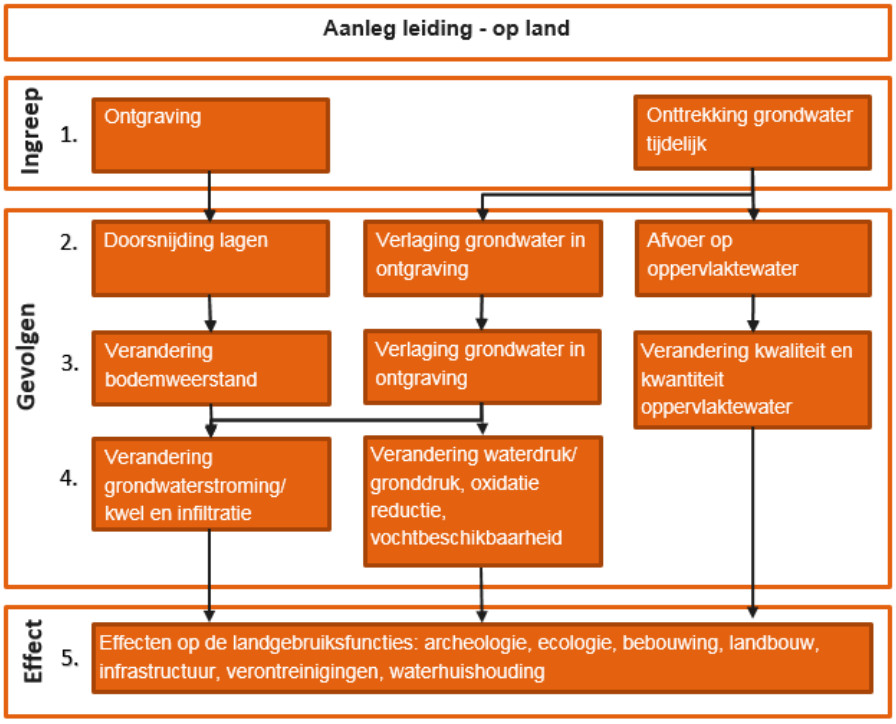
De aanlegfase voor het thema bodem en water omvat de leidingaanleg van de transportleiding en het realiseren van de productielocatie. De aanleg van de transportleiding en productielocatie kunnen verschillende gevolgen hebben op het bodem- en watersysteem. Dit zijn op zichzelf staand geen significante milieueffecten, maar ze hebben gevolgen voor aanwezige functies en leiden tot andersoortige milieueffecten. Dit wordt in onderstaande paragrafen nader toegelicht.

Transportleiding

Voor de effectbepaling voor de aanleg van de transportleiding wordt onderscheid gemaakt in:

1. De werking van het bodem- en watersysteem en de gevolgen van de ingreep (aanleg transportleiding) op dat systeem.
2. De verandering in het bodem- en watersysteem en effecten daarvan op functies.

Inzicht in deze effecten vormt de input voor de effecten op de functies (archeologie, ecologie, bebouwing, infrastructuur, landbouw en waterhuishouding) die optreden. Het zijn de mogelijke effecten die uiteindelijk van belang zijn in de beoordeling van de voorgenomen activiteit. In het onderstaande schema is de relatie tussen de ingreep, de gevolgen op het bodem- en watersysteem en de effecten op de functies schematisch weergegeven. Onder Figuur 12-1 volgt een toelichting op het schema.



Figuur 12-1 Relatie ingreep - effect voor leidingaanleg op land

In bovenstaande Figuur 12-1 is bij ontgraving niet opgenomen dat dit gevolgen heeft op de bodemkwaliteit. Dit heeft twee redenen:

Ontgraving van de teelaarde waar de vegetatie in wortelt en het niet weer aanbrengen in oorspronkelijke staat (=laagopbouw en structuur) leidt tot een bodemkwaliteitsafname. Deze heeft effect op de vegetatie die daar vervolgens van de bodem afhankelijk is. Doordat ontgraving geregeld is in protocollen om te borgen dat het tracé weer in oorspronkelijke staat wordt opgeleverd aan de eigenaar wordt dit kwaliteitsverlies al in de manier van werken voorkomen.

Ontgraving van op het tracé aanwezige bodemverontreinigingen leidt tot een bodemkwaliteitsverbetering. Beide tracés bevinden zich niet in op bodemverontreiniging verdachte landbouwkundige percelen. Lokaal kunnen echter slootdempingen met bodemvreemd materiaal aanwezig zijn die het detailniveau hebben voor een MER niet onderscheidend te zijn. Vooraf aan de werkzaamheden wordt op het tracé een milieukundig bodemonderzoek uitgevoerd waarin de milieukwaliteit van de aanwezige en te ontgraven bodem vastgesteld wordt.

Ontgraving

(1) Ontgraving van de sleuf waar de transportleiding in gelegd wordt kan leiden tot het deels of geheel (2) doorsnijden van de slecht doorlatende lagen in de ondergrond. Dit leidt tot een tijdelijke afname van de dikte en dat betekent een afname van de (3) weerstand van deze laag. Afhankelijk van de herstelmogelijkheden treedt er een permanente afname in weerstand op. Dit leidt vervolgens tot een verandering in (4) grondwaterstroming en mogelijk tot kwel en infiltratie. Verandering in grondwaterstroming kan effect hebben op de aanwezige natuurwaarden en landbouw. Dit is afhankelijk van de grondwaterbehoefte van de aanwezige vegetaties in zowel kwantiteit (hoeveelheid) als kwaliteit (chloridegehalte).

Onttrekking grondwater (tijdelijk)

Onttrekking van grondwater (1) leidt tot de benodigde verlaging (2) van de grondwaterstand ter plaatse van de ontgraving en mogelijk verlaging van de stijghoogte in pakketten onder de ontgraving. Deze verlaging straalt uit naar de omgeving: het invloedsgebied. Dit is het gebied waarbinnen een verlaging van de grondwaterstand met minimaal 0,05 m optreedt. De verlaging van de grondwaterstand heeft gevolgen voor de (4) grondwaterstroming en (4) een verandering in de verhouding van: waterdruk/gronddruk, oxidatie/reductie en vochtbeschikbaarheid.

Deze gevolgen leiden tot effecten op de functies (5):

- Archeologie: door verandering oxidatie/reductie kan mineralisatie (verval) van archeologische waarden optreden.
- Landbouw: bij verandering in vochtbeschikbaarheid kunnen effecten op grondwaterafhankelijke vegetaties optreden.
- Ecologie: bij verandering in vochtbeschikbaarheid kunnen effecten op grondwaterafhankelijke vegetaties optreden.
- Bebouwing: door verandering gronddruk/waterdruk kan zetting optreden, wat tot schade kan leiden.
- Infrastructuur: door verandering gronddruk/waterdruk kan zetting optreden en dit kan tot schade leiden.

Verandering in grondwaterstroming leidt potentieel tot effecten op de functies:

- Landbouw: door kwelverandering kan permanente invloed op het grensvlak zoet-zout optreden, dit leidend tot verzilting van de zoetwatervoorraad.
- Ecologie: door kwelverandering en vochtbeschikbaarheid kunnen effecten op grondwaterafhankelijke vegetaties optreden.

(1) Onttrekking van grondwater leidt tevens tot (2) een te lozen hoeveelheid water. Dit zal overwegend op het oppervlaktewater geloosd worden. Hierdoor (3) verandert de kwantiteit en kwaliteit van het oppervlaktewater. Dit kan een effect hebben op de functies (5):

- Waterleven: beïnvloeding van het waterleven als gevolg van verandering waterkwaliteit door lozing (chloride en andere waterkwaliteitsparameters).

Productielocatie

Bij de boring tot de beoogde diepte worden slecht doorlatende lagen doorboord. Dit heeft effect (2, 3, en 4 in Figuur 12-1). Met casings, cementeren en boorspoeling worden de lagen afgedicht om te voorkomen dat er interactie met het grondwatersysteem plaatsheeft (lekkage). Tijdens de boring worden boorvloeistoffen verbruikt. Dit heeft potentieel effect op de grondwaterkwaliteit.

Winning

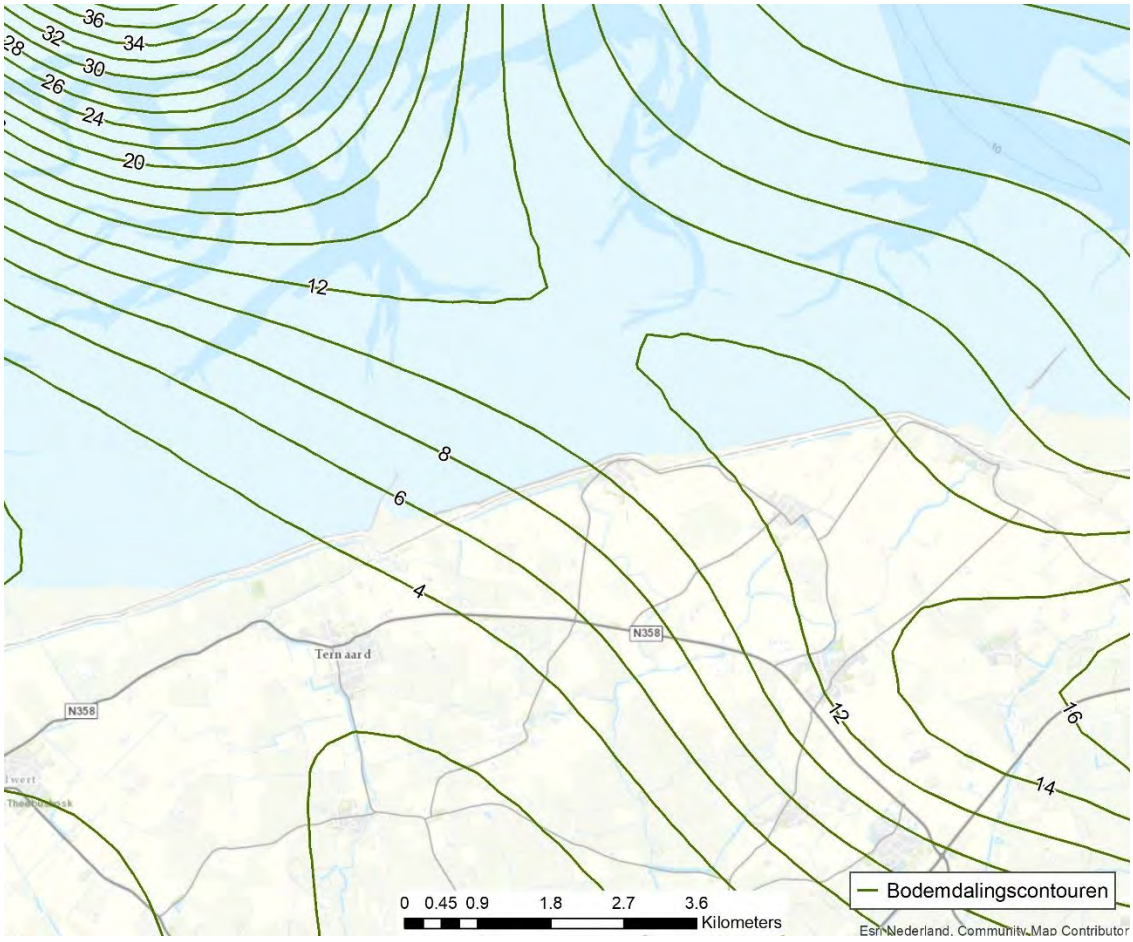
Gaswinning leidt tot een afname van druk in de ondergrond, waardoor compactie van de diepere bodemlagen optreedt. De mate van de bodemdaling is beschikbaar in vastgestelde bodemdalingscontouren. Voor de effectbepaling wordt onderscheid gemaakt in:

1. De werking van het bodem- en watersysteem en de gevolgen van de bodemdaling op dat systeem.
2. De verandering in het bodem- en watersysteem en effecten daarvan op de functies.
3. Aanpassingen in het bodem- en watersysteem die onderdeel zijn van de ingreep.

- Bodemdaling door aardgaswinning leidt tot een gebiedsdekkende afname van het maaiveldniveau ten opzichte van de oppervlaktewaterstand. Het waterhuishoudkundige systeem is door het waterschap zo ingericht dat het voor de lang gebruiksfuncties zo optimaal mogelijk is. Wanneer dit leidt tot een niet toelaatbare toename in inundatierisico of vernatting zal het waterschap het waterbeheer vanuit haar rol l aanpassen aan de situatie met bodemdaling Dit is de huidige praktijk in gebieden met bodemdaling door gaswinning. De waterbeheersingsmaatregelen kunnen daarmee niet los gezien worden van de ingreep bestaande uit bodemdaling. Omdat deze aanpassingen leiden tot effecten zullen die in het kader van de MER beoordeeld worden.
- Een peilverlaging wordt echter niet als onderdeel van de ingreep meegenomen in voorliggend MER. Reden hiervoor is dat de bodemdalingscontour slechts gedeeltelijk over land ligt. Dit houdt in dat de bodemdaling nabij de kust circa 4 cm is en verder landinwaarts afneemt tot 2 cm. Dit is een zodanig kleine bodemdaling, dat geen grootschalige peilverlagingen aan de orde zijn. Op voorhand is dan ook aan te geven dat lokale peilaanpassingen niet plaats zullen vinden, aangezien er bij deze ordegrootte eventuele andere maatregelen effectiever en minder ingrijpend zijn. Zonder peilaanpassingen zullen ook de hydrologische potentialen niet wijzigen. Een potentiele kweltoename, en daarmee toename van zoute kwel, kan op voorhand worden uitgesloten.

De effectbeoordeling vindt plaats op basis van gegevens van bodemdaling. De belangrijkste thema's zijn verzilting en afname waterberging. Door de relatief beperkte bodemdaling zal uit de analyse voldoende informatie volgen om betrouwbaar inzicht te krijgen in aard en omvang van de eventueel te nemen waterhuishoudkundige maatregelen.

De gaswinning Ternaard staat niet op zichzelf voor wat betreft effecten op bodemdaling. De oostelijker gelegen mijnbouwlocatie Moddergat waar zich een gaswinning op land bevindt, leidt tot een bodemdaling in de huidige situatie van maximaal 10 cm (moment 2010) en maximaal 17 cm in de eindsituatie (2050). Beide winningen vertonen overlap in bodemdalingscontouren, waardoor cumulatie optreedt. In onderstaande Figuur 12-2 is dit weergegeven.



Figuur 12-2 Prognose cumulatieve bodemdaling in centimeters door gaswinning in de eindsituatie 2050

Uit de figuur is af te leiden dat cumulatieve effecten vooral ontstaan in de binnendijkse randzone rond Wierum, ten Noordoosten van Ternaard. De gaswinning Ternaard leidt vooral binnendijks tot een versterking van de bodemdalingsprognose. De maximum cumulatieve daling bedraagt 13 cm. Daarvan is 2 cm ten gevolge van bodemdaling Ternaard en 11 cm ten gevolge van Moddergat. Voor de effectbepaling wordt aandacht besteed aan twee situaties:

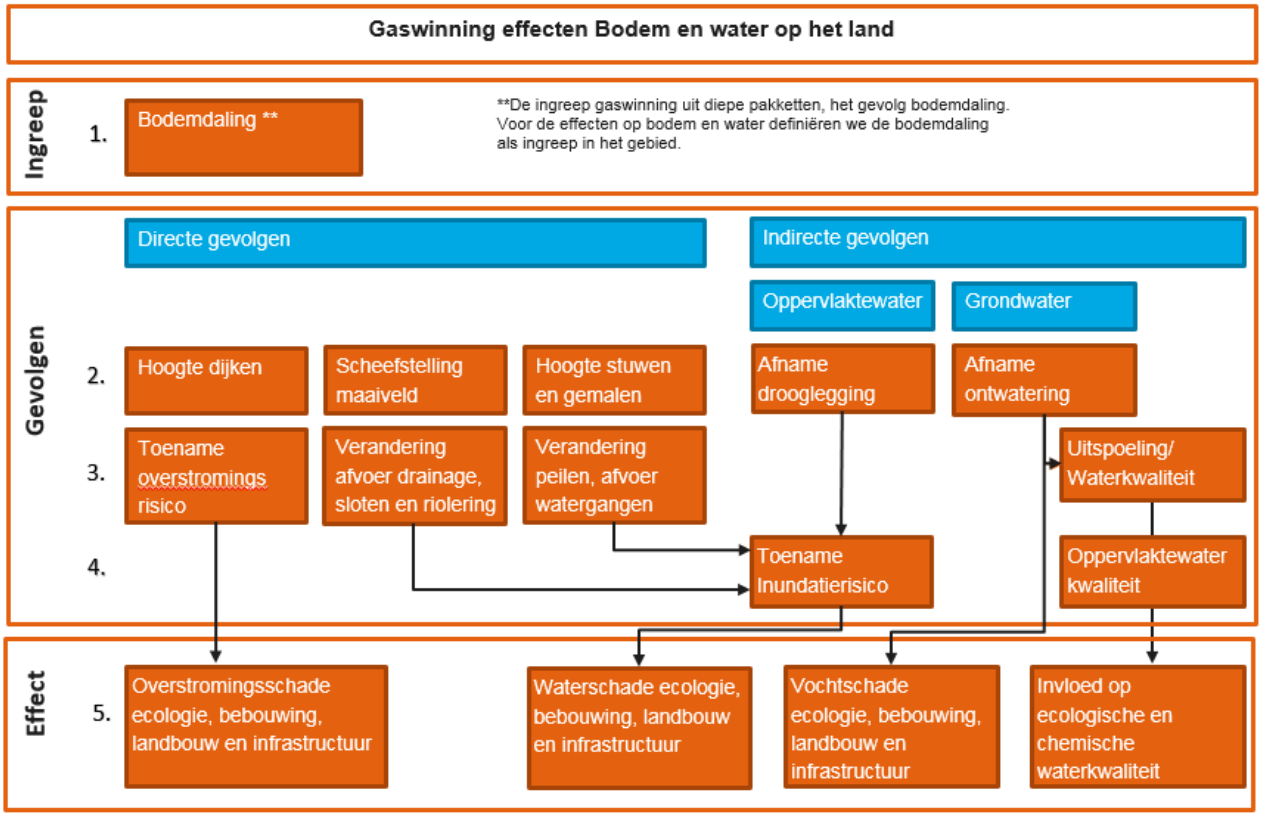
1. Alleen de gaswinning Ternaard.
2. Gecombineerde bodemdaling (Locatie Ternaard en autonome bodemdaling de bestaande mijnbouwlocatie Moddergat).

De reden hiervoor is dat de bodemdaling ten gevolge van mijnbouwlocatie Moddergat aanzienlijker is dan de effecten van alleen winninglocatie Ternaard. Om de cumulatie van deze effecten te duiden is een afzonderlijke ingreep-effectrelatie opgesteld.

Winning Ternaard

In het onderstaande schema (Figuur 12-3) is de relatie tussen de ingreep, de gevolgen op het bodem- en watersysteem en de effecten op de functies schematisch weergegeven. Onder de figuur volgt een toelichting op het schema.

Geredeneerd vanuit de winning en de relatie met bodem en water vormt bodemdaling de ingreep die de effecten veroorzaakt. Optreden van bevingen is ook een gevolg die onderdeel kan zijn van de winning. Deltares heeft hier een analyse op gemaakt [bron artikel TNO.NL; 14 oktober 2016] Theoretisch kunnen aardbevingen met magnitudes zoals in Groningen zien leiden tot een lichte verhoging van de waterdruk gedurende enkele seconden. Dit is met reguliere grondwatermonitoring niet waarneembaar. Het leidt daarmee ook niet tot effecten.



Figuur 12-3 Relatie ingreep-effect voor winning bodem en water

Bodemdaling

(1) Bodemdaling is direct gerelateerd aan de ingreep. Dit heeft directe en indirecte gevolgen.

Directe gevolgen

(2) De aanwezige dijken dalen mee met de optredende bodemdaling ter plaatse. Dit betekent dat de kerende hoogte afneemt en als gevolg daarvan neemt het (3) overstromingsrisico toe. Overstromingen hebben op hun beurt (5) schade op de landgebruiksfuncties als gevolg. Echter, deze effecten zullen zich in de werkelijkheid niet voordoen, aangezien waterkeringen een normering hebben waaraan ze moeten voldoen, waardoor herstel van waterkerende functie onderdeel wordt van de ingreep. Hierbij kan gedacht worden aan ophoging al dan niet in combinatie met versterking van de dijk.

(2) Door daling van stuwen en gemalen kunnen deze kunstwerken zonder aanpassingen de waterstanden niet meer op de voor het functie gerichte peilen en afvoeren handhaven (3). Dit kan leiden tot een toename in inundatierisico's. Zowel bovenstrooms als benedenstrooms van het kunstwerk.

Bodemdaling is komvorming, waardoor (2) een mate van scheeftstelling optreedt. Scheefstelling heeft gevolgen op (3) de afstroming van drainage, sloten en riolering. Wanneer water minder goed weg kan stromen, dan kan vernatting optreden, dan kan (4) het inundatierisico toenemen of er kan water op straat ontstaan. Als gevolg hiervan kunnen (5) functies waterschade ondervinden:

- Landbouw: bij toename in inundatie treden effecten op vegetaties (zuurstoftekort) en bodemstructuur of bodemkwaliteit (verslemping of chemische bodemkwaliteit) op.
- Ecologie: bij toename in inundatie treden effecten op vegetaties die kunnen bestaan uit buffering om verzuring tegen te gaan, maar ook vermesting door aanvoer van nutriëntenrijk water.
- Bebouwing: bij inundatie treedt waterschade op. Bij water op straat vanuit riolering treden milieuhygiënische risico's voor volksgezondheid op.
- Infrastructuur: door scheefstelling kan er afname van hydraulisch verhang en mogelijke afname in afvoercapaciteit optreden van rioleringssystemen die onder vrij verval liggen.

Indirecte gevolgen

Bodemdaling heeft indirecte gevolgen die samenhangen met oppervlaktewater en grondwater. Deze gevolgen zijn echter niet direct te vertalen naar een effect op de landgebruiksfuncties. Door de bodemdaling zal bij gelijkblijvend oppervlaktewaterpeil (2) de drooglegging van de percelen afnemen. Een afname van drooglegging leidt tot (4) een potentiele toename in inundatierisico. De effecten hiervan zijn omschreven in de voorgaande paragraaf directe gevolgen.

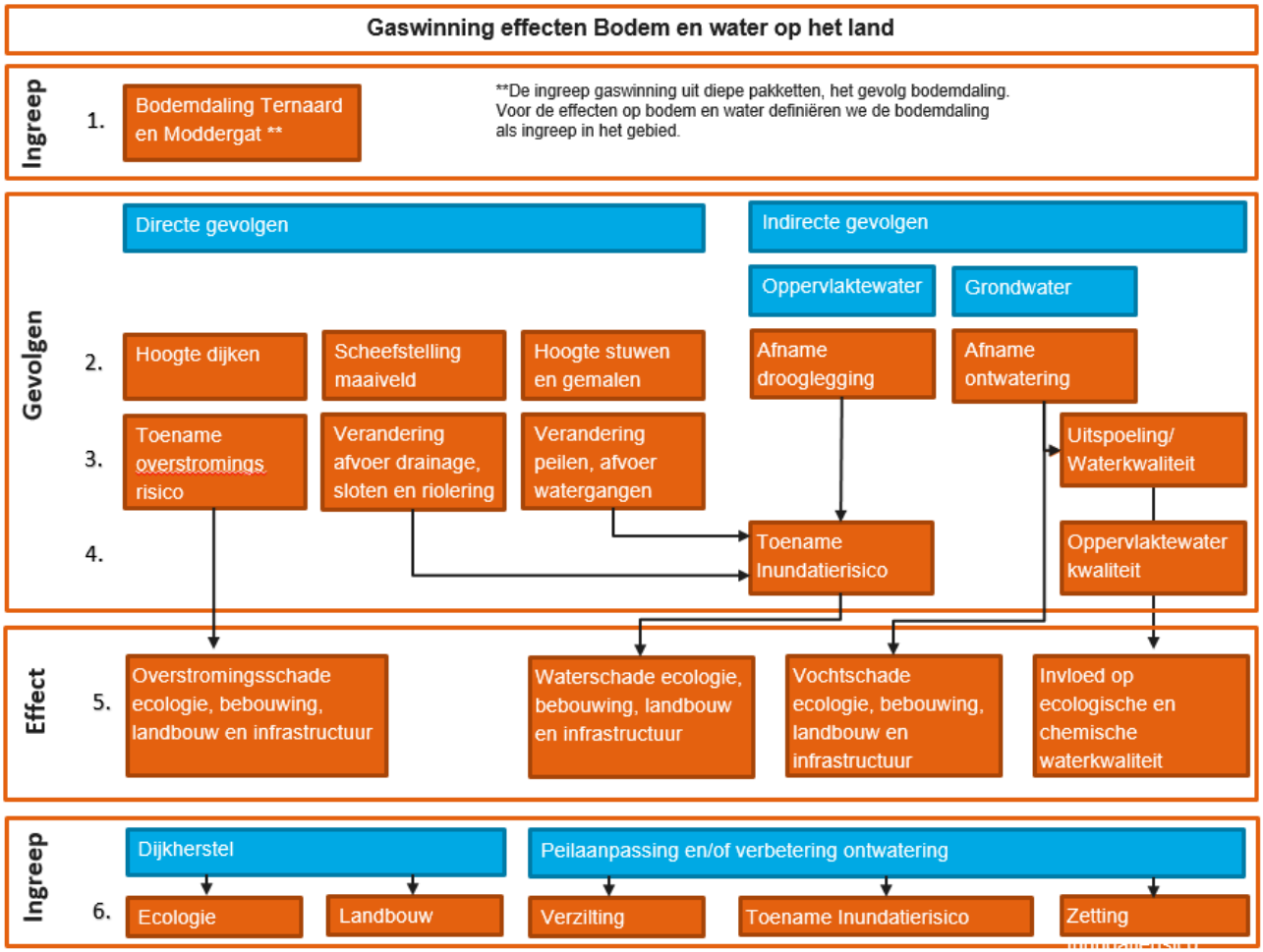
Het afnamen van de ontwatering kan twee oorzaken hebben. Als gevolg van de bodemdaling zakt het maaiveld tot dichter bij het regionale grondwaterniveau. Daarnaast zal bij gelijkblijvend oppervlaktewaterpeil de drooglegging afnemen en opbolling van grondwater tussen de sloten dichter bij maaiveld komen. Ten opzichte van maaiveld stijgt het grondwaterniveau en neemt de ontwatering af. Een afname in ontwatering leidt tot potentiele vochtschade (5) op de functies:

- Landbouw: door afname in ontwatering treden effecten op zuurstofbeschikbaarheid van vegetaties en duur van het groeiseizoen op.
- Ecologie: door afname in ontwatering treden effecten op zuurstof- en vochtbeschikbaarheid van vegetaties op.
- Bebouwing: een beperking in ontwatering leidt potentieel tot vochtoverlast aan of in de bebouwing. Of een afname in ontwatering ook leidt tot een beperkende ontwatering voor bebouwing is op voorhand niet bekend. In zeer uitzonderlijke gevallen kan een afname van ontwatering ook leiden tot afname van stabiliteit van een toch al kritische fundering, waardoor schade aan een fundering kan ontstaan.
- Infrastructuur: een beperking in ontwatering leidt tot een afname in benodigde draagkracht van de weg, daarnaast leidt het tot een toename in vorstschade.

De (2) afname in ontwatering leidt ook tot een verandering in de vocht- en zuurstofhuishouding, wat weer leidt tot (3) uitspoeling van mineralen in de bodem. De in het grondwater aanwezige mineralen zullen vervolgens via drainerende watergangen of drainage in het (4) oppervlaktewater terecht komen. Een verandering van uitspoeling in het grondwater leidt daardoor ook tot (5) effecten in het oppervlaktewater (chemische waterkwaliteit) en de daarin aanwezige waarden of daarvan afhankelijke waarden.

Winning Ternaard inclusief bodemdaling overige winningen

In het onderstaande schema (Figuur 12-4) is de relatie tussen de ingreep, de gevolgen op het bodem- en watersysteem en de effecten op de functies schematisch weergegeven voor de samenhang met locatie Moddergat. Onder de figuur volgt een toelichting op het schema.



Figuur 12-4 Relatie ingreep-effect voor winning bodem en water, inclusief overige winningen

Indien de bodemdaling van de gaswinning nabij mijnbouwlocatie Moddergat meegenomen wordt in de effectbeoordeling, dan kunnen als gevolg van cumulatie van bodemdaling effecten optreden. Mitigerende maatregelen zijn in dat geval eventueel nodig.

Bij mitigerende maatregelen kan gedacht worden aan (6) dijkherstel om weer te voldoen aan de veiligheidsnormering van de keringen. Deze hebben niet alleen betrekking op de hoogte van de dijk, maar ook op stabiliteit, veranderende kwelweg onder de dijk (als gevolg van verandering in binnendijkse potentiaal) en op de hoogte van de dijkbekleding. Deze maatregelen hebben een potentieel effect op (6) de buitendijkse ecologische of binnendijkse landbouwkundige waarden.

(6) Indien peilaanpassing of verbetering van ontwatering aan de orde is, treden potentiële effecten op die hiermee samenhangen. Door een peilverlaging kan – afhankelijk van de aanwezige hydrologische situatie – de kwel naar de watergangen toenemen. Wanneer sprake is van een toename in kwel van dieper zout grondwater, treedt een toename van chloride in het oppervlaktewater op met (6) verzilting van oppervlaktewater als gevolg. Hierop treedt ook een versterkend effect op, door de kwel zal ook het grondwater zouter worden vanuit het diepere grondwater.

Daar waar zoute kwel tot in de wortelzone komt, is verzilting van het grondwater en schade aan gewassen het gevolg. De peilaanpassing is daarmee een ingreep die leidt op een verandering in het grondwatersysteem, op de omvang van kwel- en infiltratiegebieden, de intensiteit van kwel en de kwaliteit van het grondwater.

Een andere mogelijkheid is dat door peilaanpassingen waarbij opdeling van peilvakken aan de orde is, de afvoermogelijkheid van het oppervlaktewater kan verslechteren. Dit kan leiden tot (6) een toename van het inundatierisico. Bij de peilverlaging wordt voornamelijk gestuurd op behoud van drooglegging. Echter kan door de komvormige bodemdaling het voorkomen dat delen in een peilgebied verder verlaagd worden dan andere. Dit leidt tot een ongelijke peilaanpassing ten opzichte van maaiveld en daarmee potentiele zettingsverschillen. Naast het verschil in verlaging speelt ook de heterogeniteit van de bodem een rol.

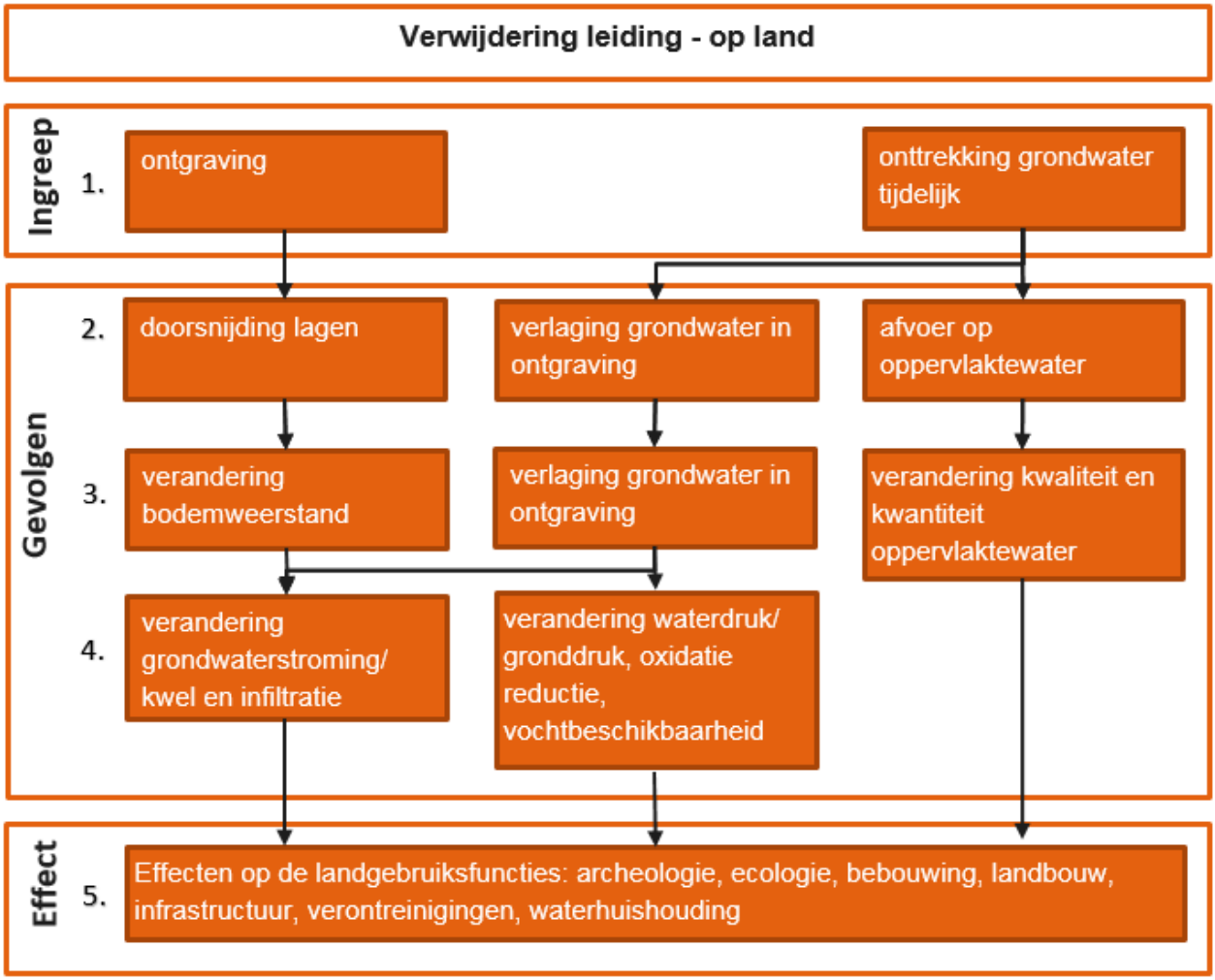
Bij overgangen van zand, veen en kleiafzettingen kunnen verschilzettingen optreden. De grondsoorten reageren anders op een peilverlaging.

Verwijderingsfase

De verwijderingsfase omvat het verwijderen van de transportleiding en het ontmantelen van de productielocatie. Voor het verwijderen van de transportleiding zullen vergelijkbare werkzaamheden plaatsvinden als bij het aanleggen.

Waar bij de aanleg van de transportleiding ontgraven wordt om de transportleiding te plaatsen, wordt bij het verwijderen van de leiding ontgraven om de leiding weer in delen naar boven te halen. In plaats van het lassen van de afzonderlijke leidingdelen worden de delen losgesneden.

Het graven van de sleuf en afwerken van de werkstrook zal op vergelijkbare wijze plaatsvinden om geen cultuurtechnische restschade voor het landbouwkundig gebruik te hebben. Een praktijk bij het verwijderen van de leidingen is het trekken van de transportleiding. Dit maakt verwijdering sneller, maar kan ook leiden tot het achterblijven van een preferente stroombaan voor grondwaterstroming. In de verwijderingsfase dient de weerstand van de slecht doorlatende laag weer hersteld te worden. De ingreep-effectrelaties zijn weergegeven in Figuur 12-5. De toelichting komt overeen met de beschrijving van de aanlegfase.

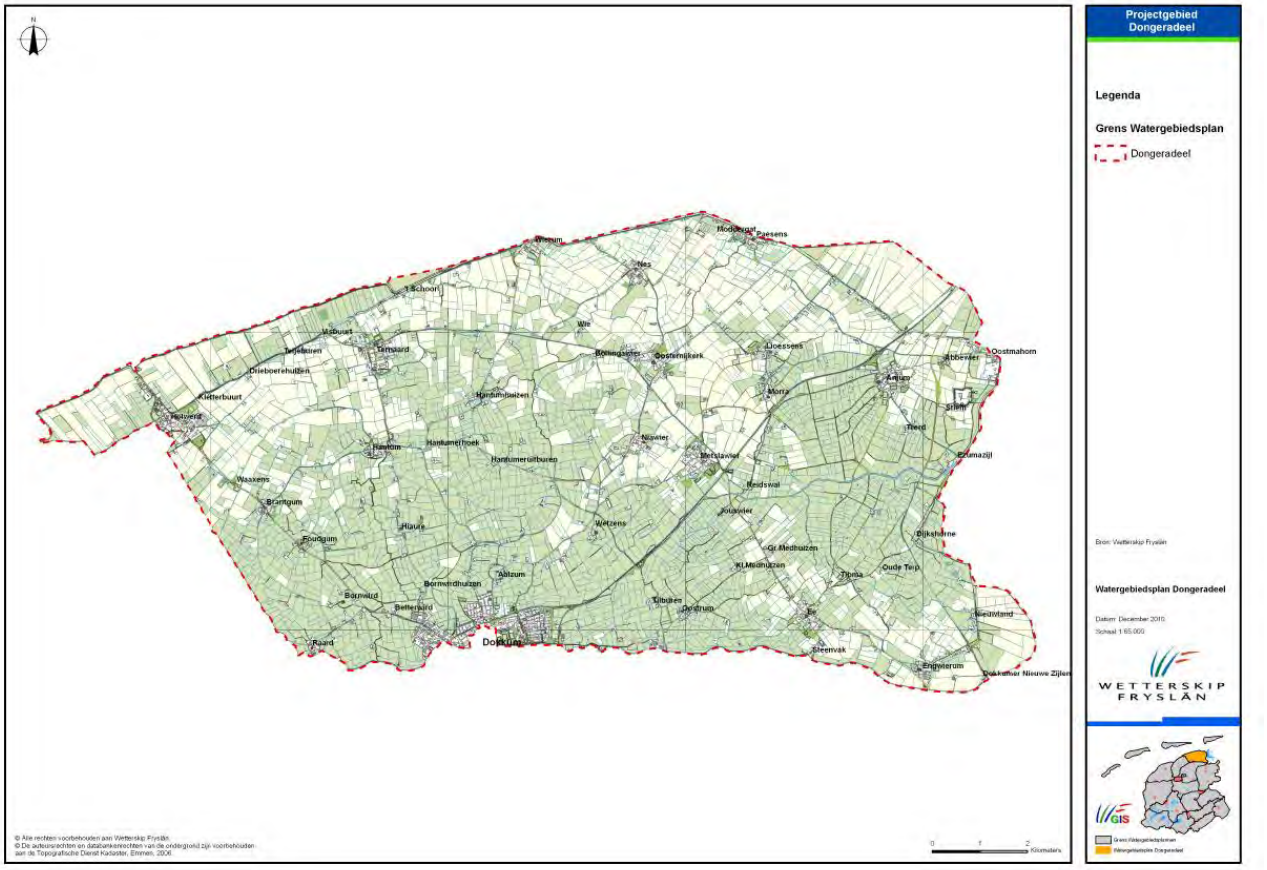


Figuur 12-5 Relatie ingreep-effect voor verwijdering leiding bodem en water

Studiegebied

Het studiegebied bestaat uit het watersysteem van de voormalige gemeente Dongeradeel[12], zoals dat in het Watergebiedsplan Dongeradeel[13] begrensd is. De watersysteemgrenzen zijn daarmee leidend voor de bepaling van het studiegebied. Reden hiervoor is dat de bodemdaling leidt tot potentiele effecten die op watersysteemniveau doorwerken. Voor het nastreven van een robuust watersysteem dienen de peilgebieden waar bodemdaling aan de orde is in samenhang met de omliggende peilgebieden beschouwd te worden.

Het studiegebied ligt in het kustgebied van Noordoost-Fryslân en omvat de voormalige gemeente Dongeradeel. Verspreid over het gebied ligt een aantal dorpskernen. In de lage delen liggen deze kernen op terpen. Het gebied wordt begrensd door de Waddenzee, het Lauwersmeer, het Dokkumer Djip en de lijn Dokkum-Holwerd. In het gebied liggen vier natuurgebieden: de Jouswierpolder, De Kolken, de Cuperuspolder en Dykshorne. Het studiegebied is weergegeven in Figuur 12-6.



Figuur 12-6 Begrenzing studiegebied Watergebiedsplan Dongeradeel

12 Voormalige gemeente Dongeradeel is op 1 januari 2019 gefuseerd met omliggende gemeenten tot gemeente Noardeast-Fryslân
13 Wetterskip Fryslân (2012), Watergebiedsplan Dongeradeel, versie 20120726

12.2 Beleidskader

In Tabel 12-1 is het relevante beleid en regelgeving weergegeven voor het thema bodem en water.

Tabel 12-1 Beleidskader bodem en water

Beleid	Inhoud & relevantie
Europees beleid	
EU Kaderrichtlijn Water (KRW, 2000)	De Kaderrichtlijn Water heeft tot doel om de aquatische ecosystemen en waterafhankelijke terrestrische natuur voor achteruitgang te behoeden, te beschermen en te verbeteren. Daartoe dienen de lidstaten maatregelenprogramma's op te stellen opdat alle oppervlaktewateren en grondwaterlichamen een zogeheten goede toestand bereiken. Verder moeten de beschermde gebieden voldoen aan de desbetreffende normen en doelstellingen.
Rijksbeleid	
Waterwet (2017)	De Waterwet regelt het beheer van oppervlaktewater en grondwater, en verbetert de samenhang tussen waterbeleid en ruimtelijke ordening. De Waterwet voegt de bestaande waterbeheerwetten samen. Relevante thema's uit de Waterwet hebben betrekking op: waterhuishouding, verontreiniging van oppervlaktewateren, grondwater, waterkeringen.
Noem hier ook het Beheer- en ontwikkelplan voor de Rijkswateren 2016-2021	In dit plan zijn de beleidslijnen water uitgewerkt naar het beheer en de ontwikkelings opgave van rijkswateren. Relevante thema is de waterkwaliteit van de Waddenzee.
Wet bodembescherming (Wbb, 1986) en Nederlandse Bodemrichtlijn (NBR, 2012)	De Wbb en de NBR geven het beoordelingskader voor bodemverontreiniging en zien toe op het voorkomen van bodemverontreiniging. Leidingaanleg en werkzaamheden op de productielocatie hebben een potentieel effect op de bodemkwaliteit.
Provinciaal beleid	
Provinciaal waterhuishoudingsplan	In het provinciale Waterhuishoudingsplan 2016 -2021 en Waterbeheerplan 2016-2021 van het Wetterskip hebben de Provinsje Fryslân en Wetterskip Fryslân afstemming gezocht over de wateropgaven. De aanleg- en winning hebben invloed op de volgende, in het provinciale waterbeleid opgenomen, waterthema's: veilig, voldoende en schoon.
Regionaal beleid	
Keur waterschappen	De Keur van de waterschappen hebben tot doel om de functie van waterlopen en waterkeringen te beschermen en een waterbeheerplan vorm te geven. In voorliggend MER is de Keur van belang voor het bepalen van de effecten van • Ruimtelijke ontwikkelingen, functies landgebruik • Doorsnijding waterwerken (bij aspect veiligheid) • Doorsnijding slecht doorlatende lagen

Beleid waterschap

Waterbeheerplan 2016 – 2021

Om goed in te kunnen spelen op de ontwikkelingen, heeft Wetterskip Fryslân een aantal speerpunten gedefinieerd. De voor aanleg-, winning- en verwijderingsfase relevante speerpunten zijn hieronder opgesomd:

- Zeedijken, boezemkaden, duinen en andere waterkeringen onderhouden en ervoor zorgen dat ze aan de veiligheidsnormen voldoen.
- Grond- en oppervlaktewaterpeilen regelen en het watersysteem onderhouden.
- De inrichting van het watersysteem afstemmen op de functies en wensen van gebruikers.
- De waterkwaliteit monitoren en indien nodig verbeteren.
- Lozingen en emissies van bedrijven en onze eigen zuiveringsinstallaties reguleren en hierop toezien.

Watergebiedsplan Dongeradeel

In het vorige waterbeheerplan en waterhuishoudingplan hebben Provincie Fryslân en Wetterskip Fryslân afspraken gemaakt over de voorbereiding en vaststelling van het gewenst peilbeheer. Dit is door het waterschap uitgewerkt in watergebiedsplannen. In het Watergebiedsplan Dongeradeel is het beleid van Wetterskip Fryslân uitgewerkt voor het watersysteem Dongeradeel.

Waterveiligheid, waterkeringen

Het Wetterskip heeft beleid opgenomen over de dimensionering en veiligheidszones van kruisingen met waterwerken. Dit beleid stelt de randvoorwaarden waarmee kruisingen worden ontworpen en waarop de vergunningaanvragen voor aanleg door de waterschappen worden getoetst.

Erg natte omstandigheden

Bij hevige of zware neerslag kan land onder water lopen doordat de sloten het regenwater niet meer kunnen afvoeren. Een bepaalde mate van wateroverlast wordt geaccepteerd omdat het te kostbaar is om wateroverlast volledig te voorkomen. De kosten van de maatregelen staan anders niet meer in verhouding tot de schade die wordt voorkomen. De mate van wateroverlast die moet worden geaccepteerd, is door Provincie Fryslân vastgelegd in het Waterhuishoudingsplan 2010-2015 met normen voor regionale wateroverlast. In het watergebiedsplan is gecontroleerd of het gebied aan deze normen voldoet en welke maatregelen nodig zijn.

Gewenst peilbeheer

Voor het Gewenst peilbeheer is onderzocht of de grondwaterstanden goed zijn afgestemd op het bestaande landgebruik en of het peilbeheer moet worden aangepast. Daarbij is zo goed mogelijk rekening gehouden met de verschillende belangen van landbouw en natuur.

Schoon water en verzilting

Voor de Europese Kaderrichtlijn Water (KRW) zijn in 2007 en 2008 de maatregelen bepaald om de waterkwaliteit in heel Fryslân te verbeteren. Deze maatregelen worden in het watergebiedsplan verder uitgewerkt voor het watersysteem Dongeradeel. Verzilting is een bijzonder aandachtpunt. Landbouw kan schade ondervinden van het zoute grondwater. In het watergebiedsplan is onderzocht hoe dit kan worden beperkt.

Aandachtpunt bij de KRW is dat dit een breder beleidskader betreft dan aangehaald in het Watergebiedsplan Dongeradeel. In het watergebiedsplan heeft een gebiedsgerichte vertaling plaatsgevonden naar de meest relevante en daarmee bepalende parameters. Tot deze parameters zal de beoordeling in dit MER beperkt worden.

Mooi en schoon water

Behoud van waterkwaliteit is geborgd in het Besluit lozen buiten inrichtingen. Om voor een vergunning tot lozen in aanmerking te komen dienen lozingen op oppervlaktewater te voldoen aan door de waterschappen gebiedspecifieke gestelde eisen.

12.3 Beoordelingskader

De effecten voor het thema bodem en water worden bepaald op basis van de ingreep-effectrelaties en worden op basis van de beoordelingscriteria uit de navolgende tabellen beoordeeld. Onder de tabel volgt per criterium een toelichting op de beoordelingscriteria en gehanteerde methode.

Aangezien de effecten per fase verschillend zijn, is per fase een beoordelingskader opgesteld.

In het beoordelingskader zijn geen positieve scores opgenomen. Door de voorgenomen ingreep neemt namelijk de functionaliteit van het bodem en watersysteem af. Voor de huidige situatie heeft een optimalisatie plaatsgevonden van de werking van het watersysteem, gericht op de landgebruiksfuncties. Elke verandering hierin door kabelaanleg of bodemdaling leidt tot een afwijking die de functionaliteit beperkt. Dit geldt voor de hier beschouwde functies. Voor de functie natuur/ecologie kunnen gevolgen van de voorgenomen activiteit leiden tot positieve scores. Deze effecten worden echter niet in dit hoofdstuk beschreven of beoordeeld.

12.3.1 Aanlegfase

In Tabel 12-2 is het beoordelingskader voor de winning weergegeven. Onder de tabel volgt per criterium een toelichting.

Tabel 12-2 Beoordelingskader bodem en water kabelaanleg/boring

Deelaspect	Criterium	Methode	Toetsing/ norm
Bodem	Zetting	Kwalitatief	Tijdelijke verlaging van de grondwaterstand waardoor zetting in de omgeving optreedt, leidend tot effecten op functies.
Grondwater	Emissies naar grondwater	Kwalitatief	Vergraven of doorgraven van slecht doorlatende lagen waardoor een effect op de grondwaterstroming (hoeveelheid en kwaliteit) optreedt, leidend tot verzilting.
Oppervlaktewater	Toename verzilting en afname bruikbaarheid oppervlaktewater	Kwalitatief	Lozing van grondwater bij de tijdelijke grondwateronttrekking leidend tot een verzilting van het oppervlaktewater. Lozing van werkwater tijdens het uitvoeren van de boring.

Zetting

Zetting is het gevolg van een toename van korrelspanning. Dit is het gevolg van een extra belasting door de werkzaamheden (betreden door machines) of door een verlaging van de poriëndruk van het grondwater (verlaging waterspanning door bemaling). Of zetting optreedt door bemaling wordt bepaald door het onderschrijden van de laagst opgetreden historische grondwaterstand. De mate waarin zetting optreedt, wordt bepaald door de hoeveelheid verlaging van de waterspanning en de zettingsgevoeligheid van de bodem. Daarbij is veen zeer zettingsgevoelig en zand beperkt zettingsgevoelig.

De zetting door bemaling is maximaal bij de onttrekking van het grondwater en neemt af tot de rand van het invloedsgebied waar de zetting gelijk is aan 0 cm. Zetting binnen de leidingwerkstrook kan ontstaan door bemaling en het gebruik van machines en gronddepots.

Dit wordt gecompenseerd door toevoeging van bodemmateriaal bij de opvulling van de leidingsleuf en afwerking van de werkstrook. Zetting buiten de werkstrook wordt niet gecompenseerd en heeft een grotendeels permanent karakter. Wanneer dit het geval is, heeft dit risico's voor bijvoorbeeld woningen en gevoelige objecten. Het beoordelingskader is weergegeven in Tabel 12-3.

Tabel 12-3 Beoordelingskader zetting

Score	Beoordelingscriterium
0	Geen of beperkt voor zetting gevoelige bodem en geen verlaging van de stijghoogten
0/-	Geen of beperkt voor zetting gevoelige bodem en verlaging van de stijghoogten
-	Matig zetting gevoelige bodem en verlaging van de stijghoogten
- -	Sterk zetting gevoelige bodem en verlaging van de stijghoogten

Emissies naar grondwater

Vergraven of doorgraven van slecht doorlatende lagen leidt tot een effect op de grondwaterstroming, zowel op de hoeveelheid als ook de kwaliteit van het grondwater. Indien meer brakke of zoute kwel door de slecht doorlatende deklaag kan stromen, treedt een verzilting van het ondiepe grondwater op.

De doorsnijding van slecht doorlatende lagen in infiltratiegebieden kan mogelijk leiden tot een toename van wegzijging van grondwater met landbouwkundige emissies naar het diepere grondwater. Aangezien het diepere grondwater hier brak tot zout is, leidt deze toename niet tot een potentieel effect op landgebruiksfuncties.

Naast de permanente effecten na doorsnijding van slecht doorlatende lagen treedt ook een tijdelijk effect op met een lang na-ijleffect. Door de grondwateronttrekking zal *upconing* (omhoogtrekken van zout water) plaats kunnen vinden van zout grondwater. De eventuele verzilting door de grondwateronttrekking is niet in de beoordeling meegenomen. Reden hiervoor is dat het net als de doorsnijding leidt tot een verzilting van het grondwater. De doorsnijding heeft echter een meer permanent karakter en overheerst daarmee de effecten van de onttrekking. Het beoordelingskader is weergegeven in Tabel 12-4.

Tabel 12-4 Beoordelingskader emissies naar grondwater

Score	Beoordelingscriterium
0	Geen doorsnijding van slecht doorlatende lagen in een infiltratie of intermediair gebied
0/-	Doorsnijding van slecht doorlatende lagen in een kwelgebied, herstel is goed mogelijk, nauwelijks permanente verandering van zoete kwel
-	Doorsnijding van slecht doorlatende lagen in een kwelgebied, herstel is deels mogelijk, beperkt permanente verandering van zoete kwel
- -	Doorsnijding van slecht doorlatende lagen in een kwelgebied, herstel is niet of beperkt mogelijk, permanente kweltoename van zoute kwel

Toename verzilting en afname bruikbaarheid oppervlaktewater

Het vrijkomende water bij de onttrekking van grondwater zal geloosd worden op het oppervlaktewater. De kwaliteit van het onttrokken grondwater beïnvloedt de aanwezige oppervlaktewaterkwaliteit.

De kwaliteit van het te lozen grondwater wordt gecontroleerd door het waterschap. Vóór de lozing dient een vergunning aangevraagd te worden bij het waterschap. Deze heeft gebied specifieke eisen opgesteld waaraan het te lozen water moet voldoen om een negatief milieueffect op het oppervlaktewater te voorkomen.

Voor bemaling van de transportleiding in dit gebied zullen de belangrijkste gebied specifieke eisen gesteld worden aan chloride, ijzer en onopgeloste bestanddelen.

Voor lozing kan het daarmee noodzakelijk zijn dat het onttrokken grondwater op enige wijze wordt gezuiverd of opgevangen. Doordat chloridezuivering een zeer kapitaal intensieve activiteit is, is deze niet meegenomen als realistische mitigerende maatregel. Lozing van chloride-houdend grondwater potentieel kan daardoor leiden tot een verhoging in chloridegehalten en verzilting van het oppervlaktewater.

Daar waar een landbouwkundige (beregening of veedrenking) of ecologische functie aan het oppervlaktewater gegeven is, treedt potentieel een beperking van functies op. Het beoordelingskader is weergegeven in Tabel 12-5.

Tabel 12-5 Beoordelingskader toename verzilting en afname bruikbaarheid oppervlaktewater/grondwater

Score	Beoordelingscriterium
0	Geen lozing op oppervlaktewater binnen de poldergebieden
0/-	Lozing op oppervlaktewater binnen de poldergebieden, wel een kwaliteitsverandering maar geen beperking van functie
-	Lozing op oppervlaktewater binnen de poldergebieden leidend tot een kwaliteitsverandering en beperking van functie

Score	Beoordelingscriterium
- -	Lozing op oppervlaktewater binnen de poldergebieden leidend tot een onacceptabele kwaliteitsverandering

12.3.2 Winning

In Tabel 12-6 is het beoordelingskader voor de winning weergegeven. Onder de tabel volgt per criterium een toelichting.

Tabel 12-6 Beoordelingskader bodem en water winning

Deelaspect	Criterium	Methode	Toetsing/ norm
Maaiveld/bodem	Hoogte dijken	Kwalitatief	Door afname hoogte dijken treedt een verhoging van het overstromingsrisico van de functies binnen het gebied op.
	Scheefstelling maaiveld	Kwalitatief	Door scheefstelling van het maaiveld kan de afvoer van aanwezige drainage, sloten en riolering verslechteren. Dit leidend tot een verhoogd inundatierisico in zowel landelijk als stedelijk gebied.
	Hoogte stuwen en gemalen	Kwalitatief	Door verandering van hoogteligging van stuwen, gemalen en ander kunstwerken kan het inundatierisico toenemen.
Water	Verandering functies watersysteem (afvoer, berging)	Kwalitatief	Door afname in drooglegging neemt het inundatierisico mogelijk toe en kan waterschade optreden op de in het gebied aanwezige functies. Door afname in ontwatering kan vochtschade toenemen, dit voor functies als bebouwing, infrastructuur, landbouw, ecologie en bebouwing.
	Verandering grond- en oppervlaktewaterkwaliteit (KRW)	Kwalitatief	Door potentiele afname in ontwatering wijzigen oxidatie- en reductieomstandigheden in de bodem. Dit leidt tot uitspoeling of vastlegging van nutriënten. Bij een toename in uitspoeling verandert de grondwaterkwaliteit en daarmee mogelijk ook de oppervlaktewaterkwaliteit. Dit kan effect hebben op chemische waterkwaliteit en ecologische waarden.

Hoogte dijken

Wanneer de hoogte van dijken zodanig afneemt door de bodemdaling dat deze niet meer voldoet aan de veiligheidsnormering, treedt een verhoging van het overstromingsrisico op van de functies in het binnendijks gebied. Omdat effecten op bodem en water niet aan de orde zijn verwijzen we voor de beoordeling van de waterkering zelf naar het betreffende hoofdstuk, hoofdstuk 13.

Scheefstelling maaiveld

Scheefstelling van het maaiveld wordt veroorzaakt door de komvormige bodemdaling die optreedt bij gaswinning. Hierdoor is de bodemdaling binnen een gebied niet gelijk. Door scheefstelling van het maaiveld kan de afvoer van aanwezige drainage, sloten en riolering verslechteren. Dit kan leiden tot een verhoogd inundatierisico in zowel landelijk als stedelijk gebied. Indien scheeftstelling van het maaiveld leidt tot een afname in afvoerverhang dan leidt dit tot beperking in het huidige afvoerend vermogen van drainage, sloten en riolering. Dit wordt beoordeeld als (-). De scheeftstelling kan echter ook zo groot zijn dat er stagnatie in afvoer optreedt. Dit leidend tot inundatie en overlast of schade. Dit wordt beoordeeld als (- -).

Tabel 12-7 Beoordelingskader scheefstelling maaiveld

Score	Beoordelingscriterium
0	Geen scheefstelling
0/-	Scheeftstelling van het maaiveld die niet leidt tot een afname in afvoerverhang
-	Scheeftstelling van het maaiveld die leidt tot een afname in afvoerverhang
- -	Scheefstelling leidend tot stagnatie van afvoer

Hoogte stuwen en gemalen

Door verandering van hoogteligging van stuwen, gemalen en andere kunstwerken door bodemdaling kan het inundatierisico toenemen. Het watersysteem is ingericht om de op landgebruiksfuncties gerichte peilen te realiseren. Indien de hoogte van de peilbepalende kunstwerken wijzigt dan kan dit ertoe leiden dat de beoogde peilen en afvoer niet gerealiseerd wordt. Indien een stuw of gemaal door daling het peil niet meer kan realiseren, waardoor het afvoerend vermogen verminderd, dan treedt een afname in het functioneren van het watersysteem op en vergroting van risico's op inundatie. Daarmee ontstaat er een noodzaak tot herstelmaatregelen. Dit wordt beoordeeld als (-). De daling van een kunstwerk kan ook dermate groot zijn dat dit leidt tot een beperking van de afvoer, leidend tot inundatie. Ook hier is een noodzaak tot herstelmaatregelen. Deze kunnen echter naast maatregelen aan het kunstwerk ook uit herstelmaatregelen in het watersysteem bestaan. Dit wordt beoordeeld als (- -).

Tabel 12-8 Beoordelingskader hoogte stuwen en gemalen

Score	Beoordelingscriterium
0	Geen afname maaiveld ter plaatse van stuwen of gemalen
0/-	Beperkte afname maaiveld ter plaatse van stuwen of gemalen, niet leidend tot een afname in afvoervermogen
-	Afname maaiveld ter plaatse van stuwen of gemalen, leidend tot een afname in afvoervermogen
- -	Afname maaiveld ter plaatse van stuwen of gemalen, leidend tot een beperkt afvoervermogen

Verandering functies watersysteem

Het watersysteem is ingericht om de op landgebruiksfuncties gerichte peilen te realiseren. Doordat de bodem daalt en de peilen in het watersysteem gelijk blijven, zal de drooglegging van de percelen afnemen.

Door een afname in drooglegging is het verschil tussen wateroppervlak en maaiveld kleiner. Door hevige neerslag die gepaard gaat met hoge afvoeren in de sloten neemt het inundatierisico mogelijk toe. Dit leidt tot waterschade op de in het gebied aanwezige functies. Door een afname in maaiveldhoogte zal bij gelijk blijvende grondwaterstand de ontwatering afnemen. Door afname in ontwatering kan vochtschade toenemen voor functies als infrastructuur, landbouw, ecologie en bebouwing.

Wanneer de drooglegging en ontwatering afneemt tot de norm die geldt voor het landgebruik dan voldoet het watersysteem. Er is echter geen ruimte in het systeem voor toekomstige onverwachte hydrologische gebeurtenissen. Dit beoordelen we als (-). Indien de drooglegging en ontwatering niet voldoen aan de norm die geldt voor het landgebruik dan kan dit leiden tot schade bij huidige omstandigheden. Dit beoordelen we als (- -).

Tabel 12-9 Beoordelingskader verandering functies watersysteem

Score	Beoordelingscriterium
0	Geen afname in drooglegging
0/-	Beperkte afname in drooglegging, geen overschrijding van drooglegginsnorm
-	Afname in drooglegging en ontwatering tot rond de drooglegginsnorm van het landgebruik
- -	Afname in drooglegging en ontwatering tot beneden de drooglegginsnorm van het landgebruik

Verandering grond- en oppervlaktewaterkwaliteit

Door potentiële afname in ontwatering wijzigen oxidatie- en reductieomstandigheden in de bodem. Dit leidt tot uitspoeling of vastlegging van nutriënten. Bij een toename in uitspoeling verandert de grondwaterkwaliteit en daarmee mogelijk ook de oppervlaktewaterkwaliteit. Dit kan effect hebben op chemische waterkwaliteit en ecologische waarden. Wanneer een verandering van uitspoeling van mineralen plaatsheeft, maar dit niet leidt tot een (extra) beperking van de functies in het watersysteem dan beoordelen we dit als (-). Er treedt een verslechtering op, maar dit leidt niet tot een beperking. Indien de uitspoeling wel leidt tot een beperking van de functies van het watersysteem dan beoordelen we dit als (- -).

Tabel 12-10 Beoordelingskader Verandering grond- en oppervlaktewaterkwaliteit

Score	Beoordelingscriterium
0	Geen verandering in uitspoeling van mineralen
0/-	Beperkte verandering in uitspoeling van mineralen niet leidend tot (extra) beperking in functies van het watersysteem
-	Verandering in uitspoeling van mineralen niet leidend tot (extra) beperking in functies van het watersysteem
- -	Verandering in uitspoeling van mineralen leidend tot (extra) beperking in functies van het watersysteem

Cumulatie van effecten

In bovenstaand beoordelingskader is weergeven wat de effecten zijn van de bodemdaling ten gevolge van winning Ternaard. De werkelijke bodemdaling is echter groter door cumulatie met bodemdaling door mijnbouwlocatie Moddergat. Deze cumulatie leidt echter tot effecten waarvoor in de huidige situatie (zie Watergebiedsplan Dongeradeel) en de toekomstige situatie maatregelen genomen zullen worden. In concept is het maatregelenplan voor de einddaling (2050) door winning mijnbouwlocatie Moddergat beschikbaar.

Voor de beoordeling van de effecten van cumulatie dient rekening gehouden te worden met de ordegrootte van bodemdaling Ternaard ten opzichte van de robuustheid van de beoogde maatregelen. Op voorhand is aan te geven dat de daling van 2 à 4 cm niet leidt tot een effect op de maatregelen (waar robuustheid nagestreefd wordt). Wel neemt door de bodemdaling de marge en robuustheid van maatregelen gericht op de toekomst af.

In de beoordeling van de cumulatieve effecten maken we een inschatting of de bodemdaling door winning Ternaard leidt tot aanpassing van de maatregelen in het watersysteem Dongeradeel. De benodigde aanpassing van de maatregelen vormen de bijdrage van winning Ternaard.

Daarbij beoordelen we ook maatregelen die door de cumulatie zullen leiden tot afgeleide effecten. Dit doordat de omvang (ruimtebeslag) van de maatregel wezenlijker is of dat peilaanpassingen aan de orde zijn om voldoende drooglegging en ontwatering voor het landbouwkundige gebruik te realiseren. Hier gaan we uit van landbouw omdat dit binnen het studiegebied het landgebruik is met het grootste ruimtegebruik.

Tabel 12-11 Aanvullend beoordelingskader bodem en water winning inclusief bodemdaling overige winningen (cumulatie)

Deelaspect	Criterium	Methode	Toetsing/ norm
Maaiveld/bodem	Herstel dijken	Kwalitatief	Voor herstel van de dijken dient niet alleen de afname in hoogte gecompenseerd te worden, ook de stabiliteit. Dit kan betekenen dat areaal ecologie of landbouw afneemt.
Water	Verandering functies watersysteem (afvoer, berging)	Kwalitatief	Door toename in drooglegging neemt de berging af en de benedenstroomse afvoer mogelijk toe. Hierdoor kan waterschade optreden op de in het gebied aanwezige functies.
	Verandering grond- en oppervlaktewaterkwaliteit (KRW)	Kwalitatief	Door potentiele toename in ontwatering wijzigen oxidatie- en reductieomstandigheden in de bodem. Daarnaast zal door een toename in ontwatering de kwel mogelijk versterkt worden, waar deze brak of zout is leidt dit tot verzilting

Herstel dijken

Bij een grotere daling van de dijk en het herstel daarvan zijn gevolgeffecten waarmee rekening moet worden gehouden. Bij het herstel van de dijken dient niet alleen de afname in hoogte gecompenseerd te worden, ook de stabiliteit. Dit kan betekenen dat areaal ecologie of landbouw afneemt. Deze afname in areaal is een effect op de landgebruiksfuncties die meegenomen dient te worden in de beoordeling. Wanneer een verandering van hoogte leidt tot maatregelen die binnen de zone van de dijk ingevuld kunnen worden dan beoordelen we dit als licht negatief (0/-). Indien de dijkverhoging en verzwaring leidt tot areaalverlies van landbouw of ecologie dan beoordelen we dit als zeer negatief (- -).

Tabel 12-12 Beoordelingskader afname hoogte dijken

Score	Beoordelingscriterium
0	Geen hoogteafname dijk.
0/-	Hoogteafname dijk, geringe daling waardoor binnen huidige dijk zone herstelmaatregelen mogelijk zijn
-	Hoogteafname dijk, daling die leidt tot herstel van de dijk waarbij voldoende areaal buiten de dijk zone beschikbaar is (bijv. gronden in bezit van Wetterskip Fryslân)
- -	Hoogteafname dijk, daling die leidt tot herstel van de dijk waarbij areaal natuur (Waddenzee) en/of landbouw afneemt.

Verandering functies watersysteem

In delen waar cumulatie leidt tot een afname in ontwatering die niet met lokale maatregelen op te lossen is, zal mogelijk peilverlaging aan de orde zijn. Door toename in drooglegging die het gevolg is van de peilverlaging neemt het afvoerend vermogen naar benedenstroomse peilvakken af. Hierdoor kan waterschade optreden op de in het gebied aanwezige functies.

Wanneer een beperkte peilaanpassing leidt tot een geringe afname van het afvoerend vermogen dan beoordelen we dit als licht negatief (0/-).

Tabel 12-13 Beoordelingskader verandering functies watersysteem

Score	Beoordelingscriterium
0	Geen peilaanpassing
0/-	Beperkte peilaanpassing geringe afname van het afvoerend vermogen naar omliggende peilvakken
-	Peilaanpassing en afname van het afvoerend vermogen naar omliggende peilvakken
- -	Peilaanpassing en stagnatie van de afvoer naar omliggende peilvakken

Verandering grond- en oppervlaktewaterkwaliteit

Door potentiele toename in ontwatering die samenhangt met peilverlaging wijzigen oxidatie- en reductieomstandigheden in de bodem.

Daarnaast zal door een toename in ontwatering de kwel mogelijk versterkt worden. Waar deze brak of zout is, leidt dit tot verzilting.

Wanneer een beperkte peilaanpassing leidt tot een geringe toename in kwel maar dat dit door de aanwezige grote bodemweerstand niet leidt tot verzilting dan beoordelen we dit als licht negatief (0/-). Indien de kwel toeneemt en dit bij een beperkte bodemweerstand leidt tot verzilting, dan beoordelen we dit als zeer negatief (- -).

Tabel 12-14 Beoordelingskader Verandering grond- en oppervlaktewaterkwaliteit

Score	Beoordelingscriterium
0	Geen verandering ontwatering
0/-	Geringe toename in kwel door grotere ontwatering, geen verzilting door aanwezigheid grote bodemweerstand
-	Toename in kwel door grotere ontwatering, beperkte verzilting door aanwezigheid grote bodemweerstand
- -	Toename in kwel door grotere ontwatering, verzilting door beperkt aanwezige bodemweerstand

12.3.3 Verwijderingsfase

Het beoordelingskader van de verwijderingsfase komt overeen met die van de aanlegfase. Dat is omdat de werkzaamheden bij het aanleggen en verwijderen bestaan uit vergelijkbare ingrepen in bodem en watersysteem (ontgraven en bemalingen).

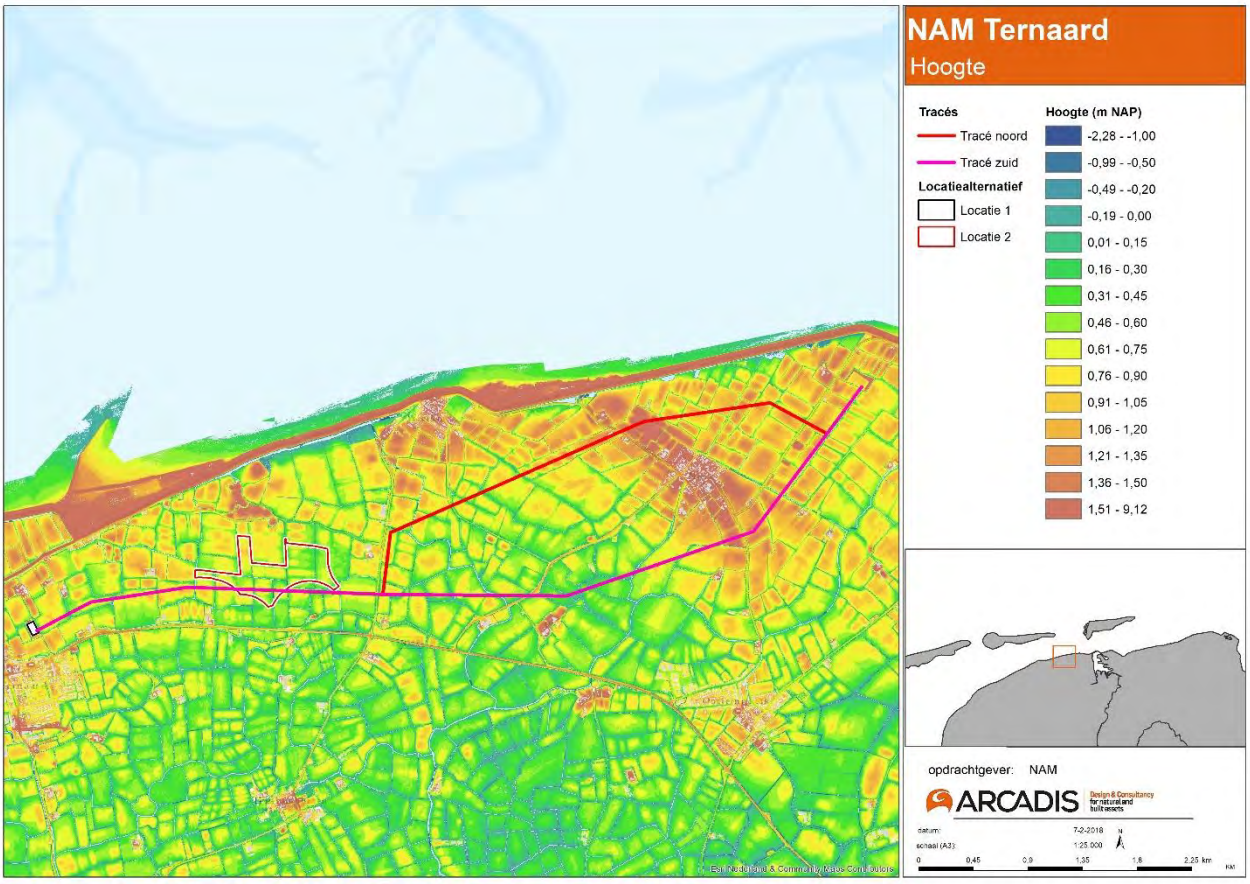
12.4 Referentiesituatie

12.4.1 Huidige situatie

Bodem

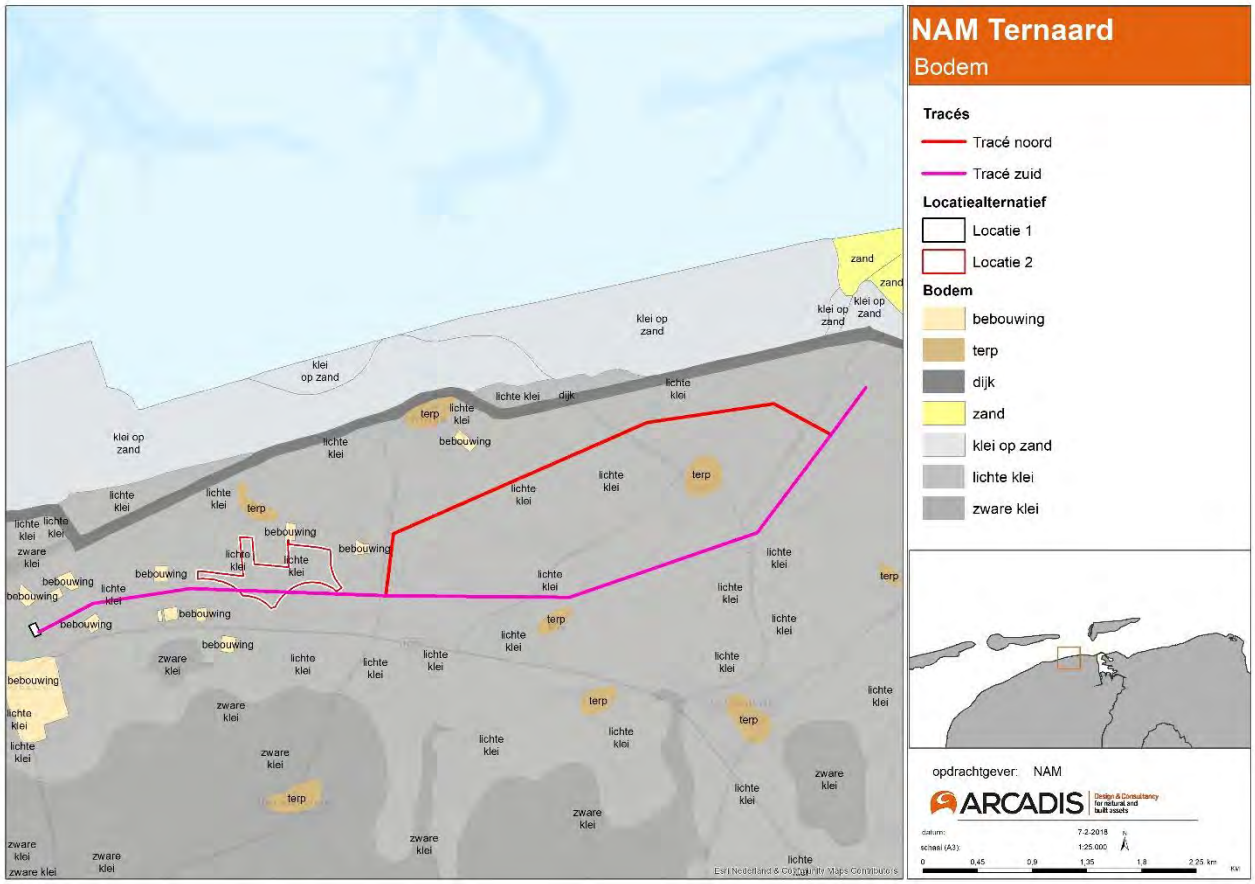
Uit hoogteligging en grondsoorten is de zetting gevoeligheid van het gebied af te leiden. De grillige bodemopbouw samenhangend met kreken en wadplaten is terug te zien in de hoogteligging. In de oude geulen en ook langs de Waddenzee is grovere klei met meer zand afgezet dan in de rest van het gebied

waar fijnere klei is afgezet. In de loop van de tijd is de fijnere klei ingeklonken, waardoor de meer zandige gronden relatief hoger zijn komen te liggen. Dit is te zien langs de Waddenkust.



Figuur 12-7 hoogtekaart tracé delen

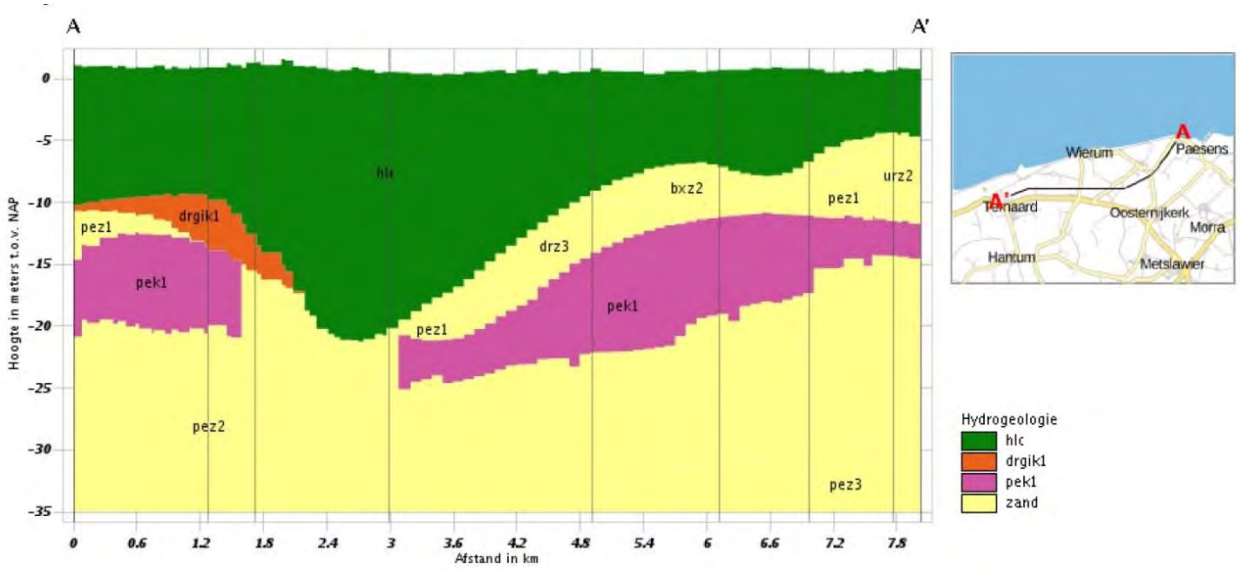
In Figuur 12-8 is de ondiepe bodemopbouw weergegeven zoals opgenomen in de bodemkaart. In Figuur 12-8 is zichtbaar dat alle tracés gelegen zijn in de eenheid lichte klei. Tot een diepte van circa 1,2 m -mv spreken we van ondiepe bodemopbouw. Dit is relevant voor analyses op zetting in de omgeving als gevolg van de grondwaterstandsverlagingen. Voor de grondwaterstroming en bemaling is de diepere bodemopbouw bepalend: samenstelling en dikte van de deklaag. Dit is relevant voor de analyse van grondwater en stromingsverandering (verzilting).



Figuur 12-8 Bodemopbouw tracé delen

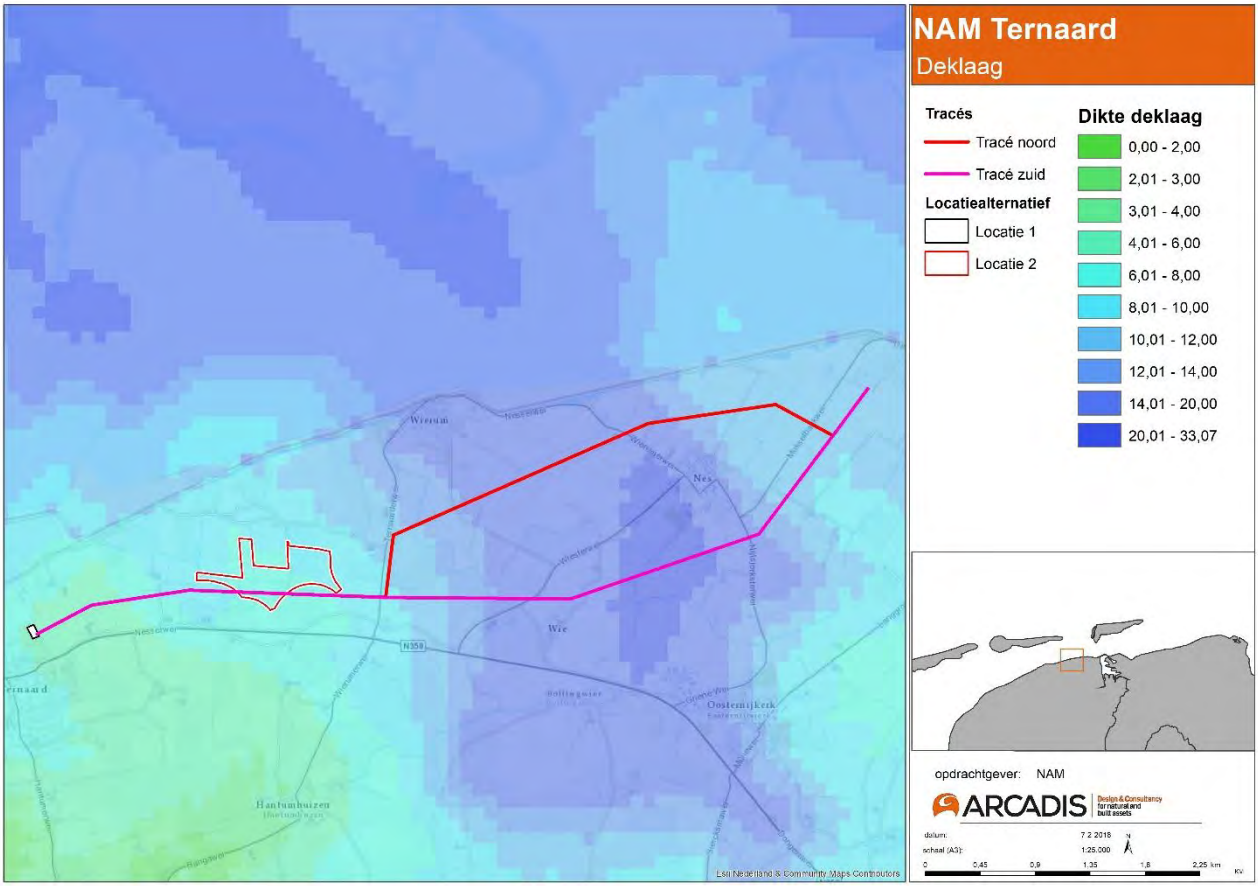
Figuur 12-9 presenteert het dwarsprofiel tussen Ternaard en Moddergat waarin de geohydrologische schematisering van de bodemopbouw weergeven is (gegenereerd uit het DINO-Loket van TNO). Gezien het schaalniveau van het leidingtracé is dit dwarsprofiel representatief voor beide tracéalternatieven. In dit dwarsprofiel is zichtbaar dat de deklaag een variërende dikte heeft van minimaal 4 à 5 meter. Hiervoor gelden mogelijke afwijkingen, aangezien de gegevens waarop het profiel gebaseerd is door interpolatie zijn verdicht.

De Holocene deklaag (in groen in Figuur 12-9) bestaat voornamelijk uit slecht doorlatende kleiige en ziltige afzettingen en is niet homogeen. Door de milieuomstandigheden waarin de sedimenten zijn afgezet, zijn in de kleiige afzettingen zandige lagen te verwachten die beter doorlatend zijn en die stroombanen van grondwater vormen. In oranje (nabij Moddergat) is een keileem afzetting aanwezig. Onder de deklaag en de keileem afzetting zijn zanden met verschillende afzettingsperioden en een verschillende doorlatendheid aanwezig (zowel grof als fijn zand, in geel). In roze zijn de zeer slecht doorlatende kleiige afzettingen van de Formatie van Peelo weergeven.



Figuur 12-9 Bodemopbouw leidingtracé. Links in de dwarsdoorsnede is de bodemopbouw ter hoogte van locatie Ternaard weergegeven, rechts de bodemopbouw ter hoogte van Moddergat

Op basis van regionale gegevens waar bovenstaand dwarsprofiel ook op gebaseerd is, kan een ruimtelijke weergave van de dikte van de deklaag bepaald worden. In Figuur 12-10 is de dikte weergeven. Zichtbaar is dat de dikte varieert over de verschillende tracés. Vooral op de delen waar de dikte van de deklaag beperkt is en waar ontgraving/verstoring potentieel tot effecten kan leiden, is de dikte niet onderscheidend.



Figuur 12-10 Dikte deklaag tracé delen

Grondwater

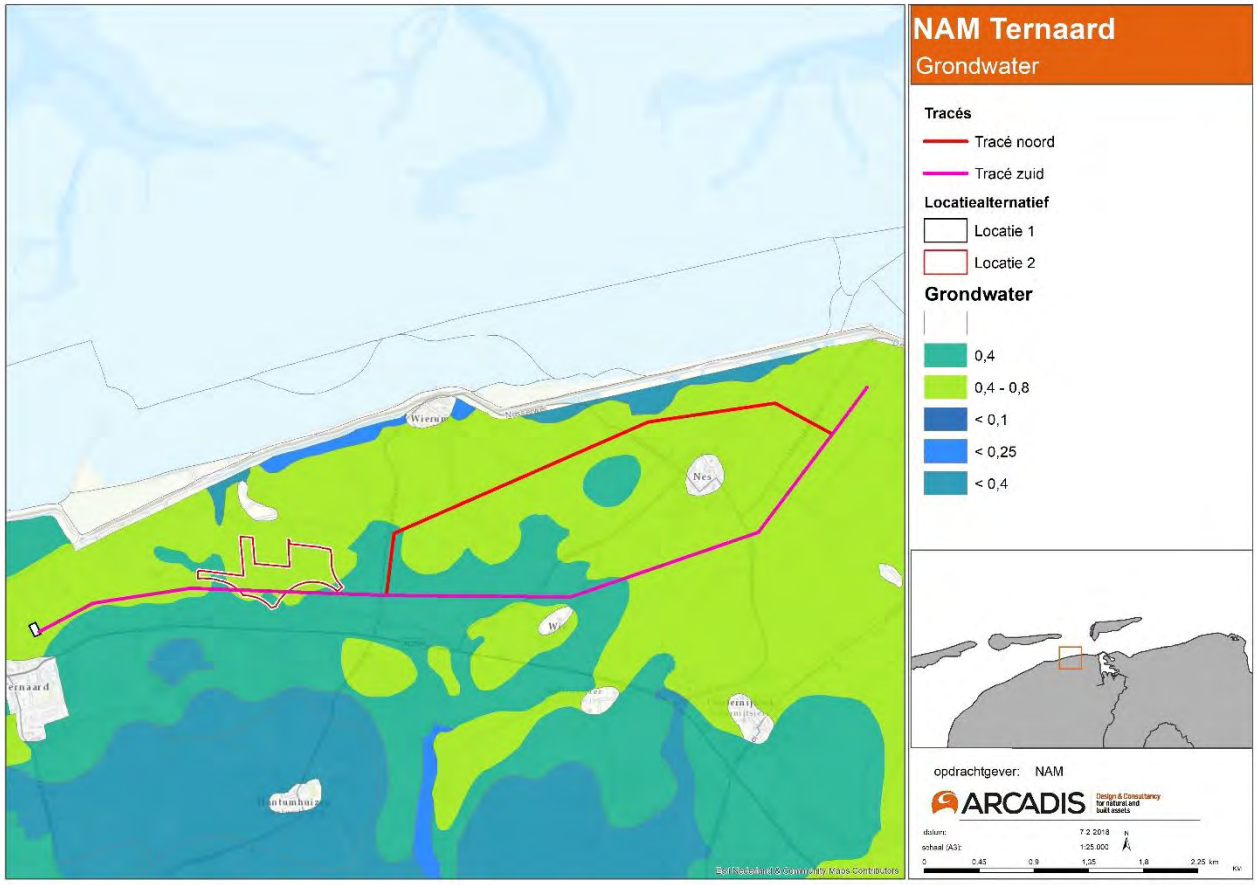
In Figuur 12-11 zijn de gemiddelde hoogste grondwaterstanden (GHG) weergeven zoals opgenomen in de bodemkaart. In Figuur 12-11 is zichtbaar dat de alternatieven gelegen zijn op delen met hogere grondwaterstanden.

Dit kan verklaard worden vanuit de hoogteligging van het maaiveld. De combinatie van lagere ligging en hogere grondwaterstanden kan duiden op een aanwezigheid van kwel. Ook de ingesneden watergangen kunnen kwel afvangen en vormen vanuit de ontstaansgeschiedenis in het gebied (stroomruggen) een potentiele bron van zoute kwel.

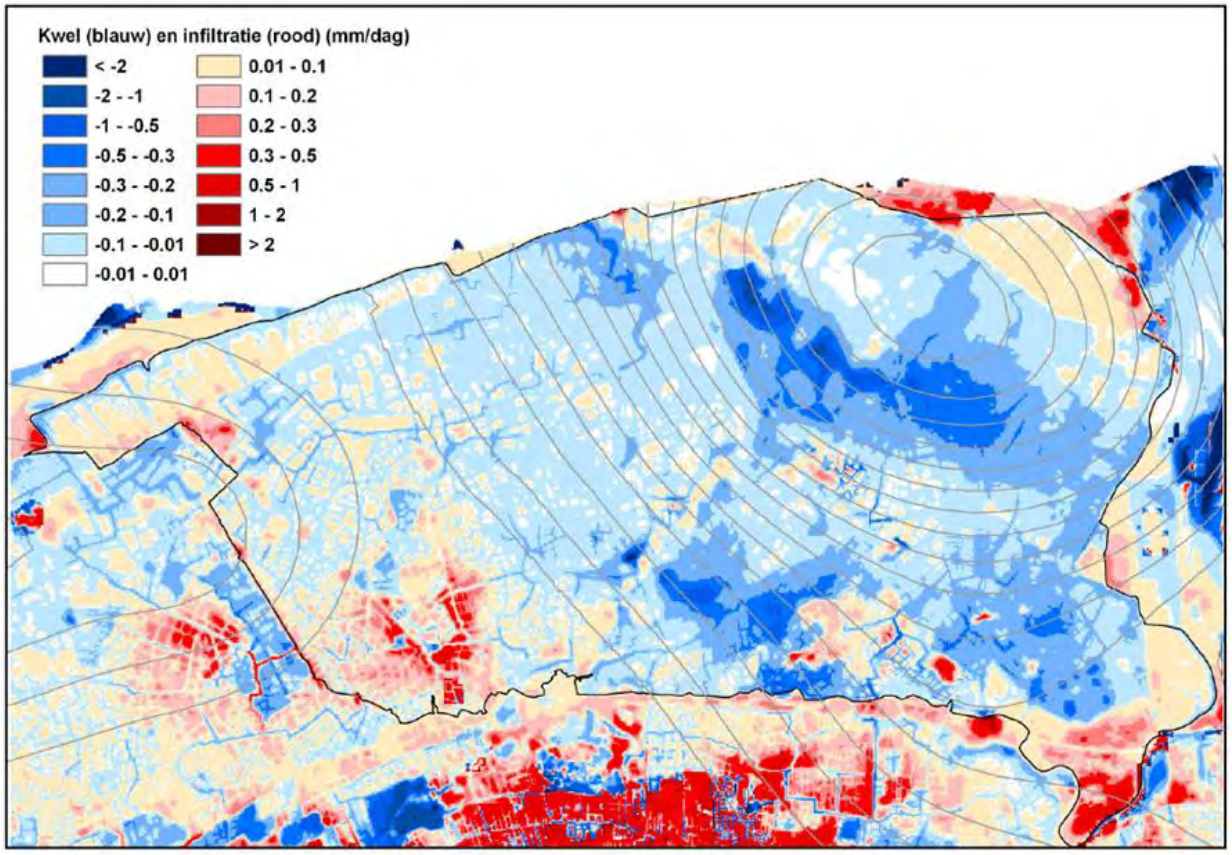
De invloed van de zee is tevens terug te vinden in het grondwater dat op geringe diepte erg zout is. Het oppervlaktewater is minder zout dan het grondwater, dankzij regen en water dat uit de Friese boezem wordt ingelaten.

Voor een onderzoek in het kader van waterhuishoudkundige maatregelen in het watersysteem Dongeradeel is een analyse van de kwel- en infiltratieflux gemaakt. In Figuur 12-12 is een uitsnede van de resultaten weergegeven. Het betreft hier de autonome situatie met de huidig bekende bodemdaling door aardgaswinning.

Uit de kwelvoorkomens kan afgeleid worden dat er binnen het gebied variatie aanwezig is. Dit wordt veroorzaakt door heterogeniteit in de deklaag, hoogteligging of stijghoogten van het grondwater.



Figuur 12-11 Grondwaterstanden



Figuur 12-12 Kwel en infiltratie in het gebied met tracés

Grondwater en landgebruik functies

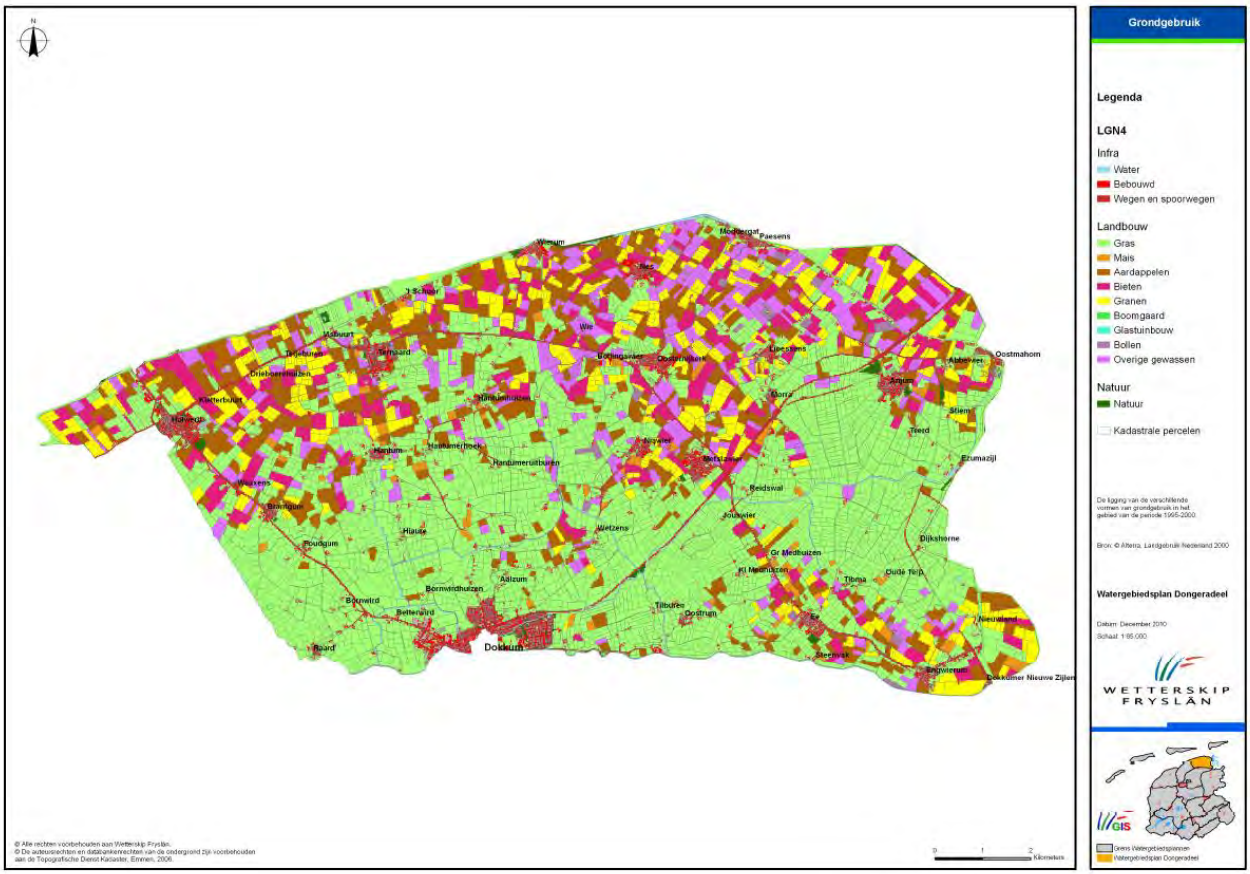
Het zoute grondwater levert over het algemeen geen problemen op voor de landbouw, omdat er onder normale omstandigheden in de meeste gebieden genoeg zoet regenwater in de wortelzone overblijft. Alleen in erg droge periodes kan het zoute grondwater naar de wortels stromen met mogelijk zoutschade tot gevolg. Onder normale omstandigheden zijn de laaggelegen graslandgebieden zouter dan de akkerbouwgebieden vanwege de hogere grondwaterstanden. Dit is echter geen probleem, omdat gras veel minder gevoelig is voor zout dan akkerbouwgewassen. Voor beregening wordt in de zomer bij Holwerd zoet water uit de Friese boezem het akkerbouwgebied ingepompt. Het oppervlaktewater in het watersysteem Dongeradeel zelf is te zout voor beregening van de meeste gewassen.

In het watersysteem Dongeradeel is voornamelijk het fosfaatgehalte hoog. Dit heeft mede te maken met de zoute kwel vanuit de Waddenzee. Deze kwel bevat ook de voedingsstof fosfaat en zorgt ervoor dat het fosfaat in het oppervlaktewater komt.

Landbouw

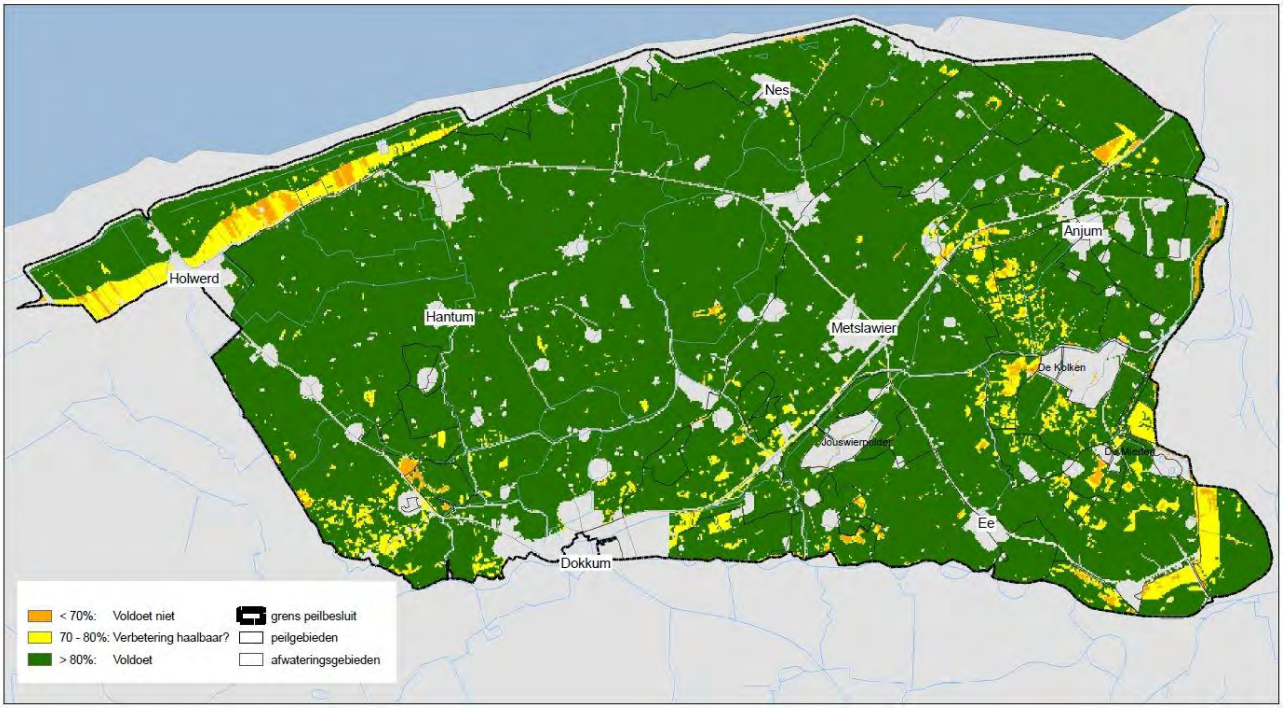
De functie landbouw wordt beschouwd bij het thema bodem en water de waterhuishoudkundige omstandigheden een relatie hebben met de kwaliteit van landbouwgebied. In Figuur 12-13 is het landgebruik weergeven zoals opgenomen in het landgebruik bestand Nederland (LGN periode 1995-2000).

De wat meer zandige klei in de hoger gelegen delen van het watersysteem Dongeradeel is geschikte grond voor akkerbouw. De laaggelegen gebieden zijn van oudsher vaak te nat voor akkerbouw en worden daarom gebruikt voor gras- en weideland.



Figuur 12-13 Landbouwkundig gebruik (bron: Landgebruiksbestand zoals opgenomen in Watergebiedsplan)

In het Watergebiedsplan is weergeven in hoeverre de grondwaterhuishouding voldoet aan de optimaal mogelijke opbrengst van dit landgebruik (doelrealisatie). In Figuur 12-14 is zichtbaar dat voor het gebied rond Ternaard waar de bodemdaling optreedt het peilbeheer voldoet aan de wensen van het landbouwkundige gebruik.



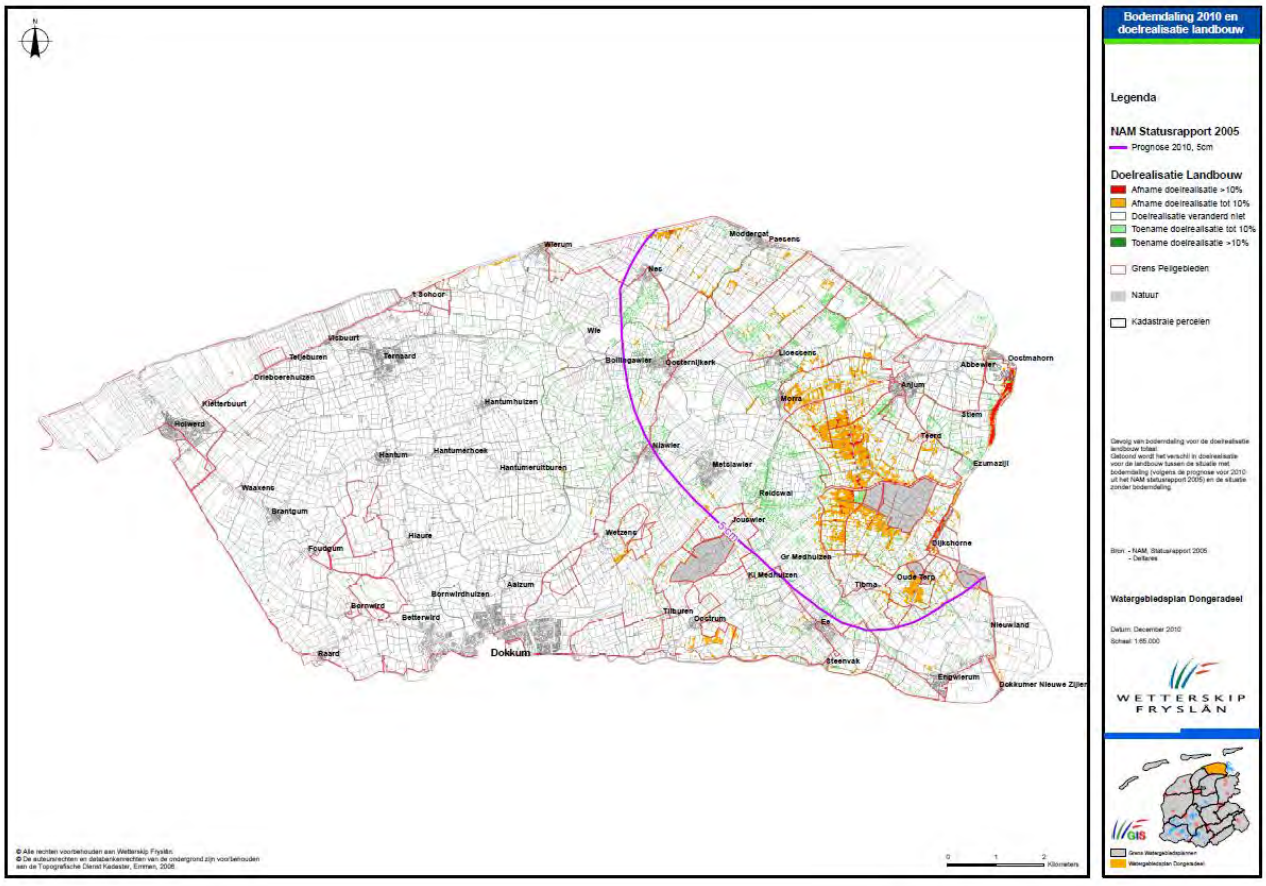
Figuur 12-14 Doelrealisatie landbouw

Landbouwkundige opbrengt rond locatie Moddergat

In Figuur 12-15 is weergeven wat de effecten op de landbouwkundige opbrengst zijn van de bodemdaling en peilverlaging met 10 cm rond Moddergat.

Met de kleuren oranje en rood zijn de gebieden weergeven waar een afname van doelrealisatie is berekend. In groentinten is weergeven waar een toename in doelrealisatie is berekend.

In de randzones met de geringe bodemdaling is zichtbaar dat er een toename in berekende landbouwkundige opbrengst is. Op delen waar wel een afname in ontwatering optreedt, zal dit bij de huidige aanwezige grote ontwatering, leiden tot een afname in de berekende droogteschade. Bij een gering toenemende of gelijkblijvende natschade, in combinatie met een afname in droogteschade, neemt de totale schade af en daarmee de doelrealisatie toe.



Figuur 12-15 Verandering doelrealisatie landbouw door bodemdaling Moddergat (bron: Watergebiedsplan)

Zettingsgevoeligheid

Uitgaande van de onderscheiden hoofdgroepen uit de bodemkaart is een indeling te maken naar gevoeligheid voor zetting. Dit is gebaseerd op organische stofgehalten (de oxideerbare delen) en de primaire- en secundaire zettingsconstanten zoals gehanteerd worden in zettingsberekeningen.

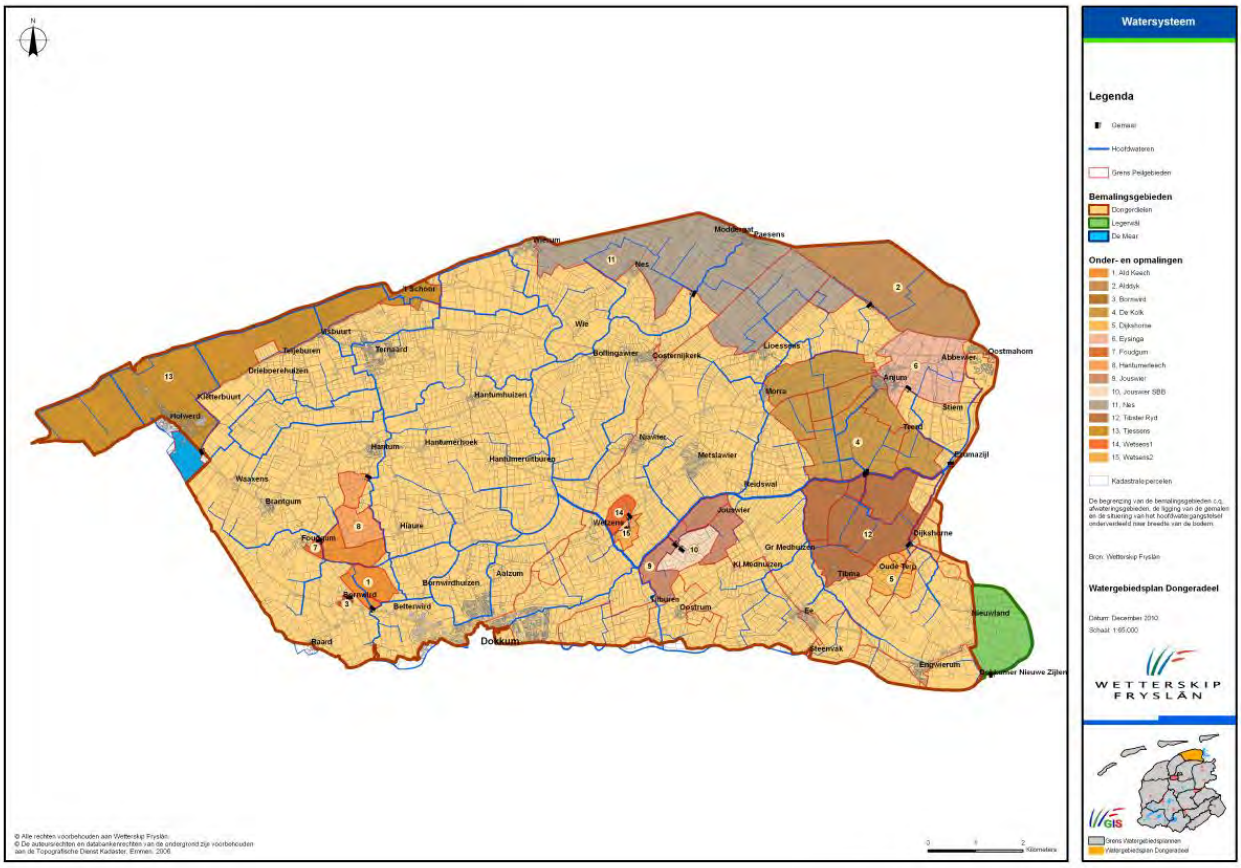
- Veen, gevoelig voor zowel oxidatie als zetting.
- Klei, niet gevoelig voor oxidatie en potentieel gevoelig voor zetting.
- Zand, niet gevoelig voor oxidatie beperkt gevoelig voor zetting.

Veen komt niet voor in de bodemeenheden voor dit gebied. Wel klei en zand, en de tussenvormen daartussen. De bodem is te karakteriseren als beperkt of potentieel gevoelig voor zetting.

Oppervlaktewater

Het watersysteem Dongeradeel is één van de grotere polders in Fryslân. In droge perioden wordt water aangevoerd vanuit het *Dokkumer Djip* en de *Holwerter Feart*. De *Sud Ie* is de belangrijkste watergang in het gebied en voert overtollig regenwater vanuit het hele gebied af via gemaal Dongerdielen (maximaal 912 m^3/min) naar het Lauwersmar. Een uitzondering zijn de Anjumer-, de Lioessenser- en de Engwierumerpolder die direct, zonder gemaal, afwateren op het Lauwersmar. Het gemaal Dongerdielen kan worden ingezet om in extreme situaties water vanuit de Friese boezem door te voeren naar het Lauwersmar, mits het gemaal op dat moment nog capaciteit over heeft.

Het gebied wordt door een stuw bij Wetsens gescheiden in twee grote peilgebieden, het vroegere westelijk en oostelijk Dongeradeel. Naast deze grote peilgebieden is er een aantal kleinere bemalingen: onderbemalingen voor de laaggelegen gebieden zoals De Kolken en de Jouswierpolder, en opmalingen voor de hoger gelegen gebieden zoals de Anjumer- en Lioessenserpolder en het akkerbouwgebied rond Nes.



Figuur 12-16 Peilgebieden in het gebied met tracés [bron: Watergebiedsplan]

Oppervlaktewaterkwaliteit

De KRW-factsheets zijn opgesteld. Ze bevatten alle informatie per waterlichaam (o.a. begrenzing, ecologische en chemische toestand en doelen, maatregelen en onderbouwing). De factsheets vormen de basis voor de Stroomgebiedbeheerplannen die door het Rijk worden opgesteld. In het studiegebied is het waterlichaam NL02L13. Fries kleigebied – zwak brakke polderkanalen.

De volgende huidige situatie is daarvoor aangeven [tabel bewerkt uit de factsheets KRW]:

Naam waterlichaam	Code en watertype		Algen (EKR)	Waterplanten (EKR)	Macrofauna (EKR)	Vissen (EKR)	Fosfaat (mg/l)	Stikstof (mg/l)	Zuurstof (%)	Temperatuur (°C)	Doorzicht (m)	Chloride (mg/l)	Zuurgraad (pH)
Fries kleigebied-zwak brakke polderkanalen	NL02L13	M30	0,73	0,43	0,31	0,33	0,59	2	86	21	0,5	487	7,9

Aangeven is dat van de chemische parameters Stikstof niet aan de doelstelling voldoet.

12.4.2 Autonome ontwikkeling

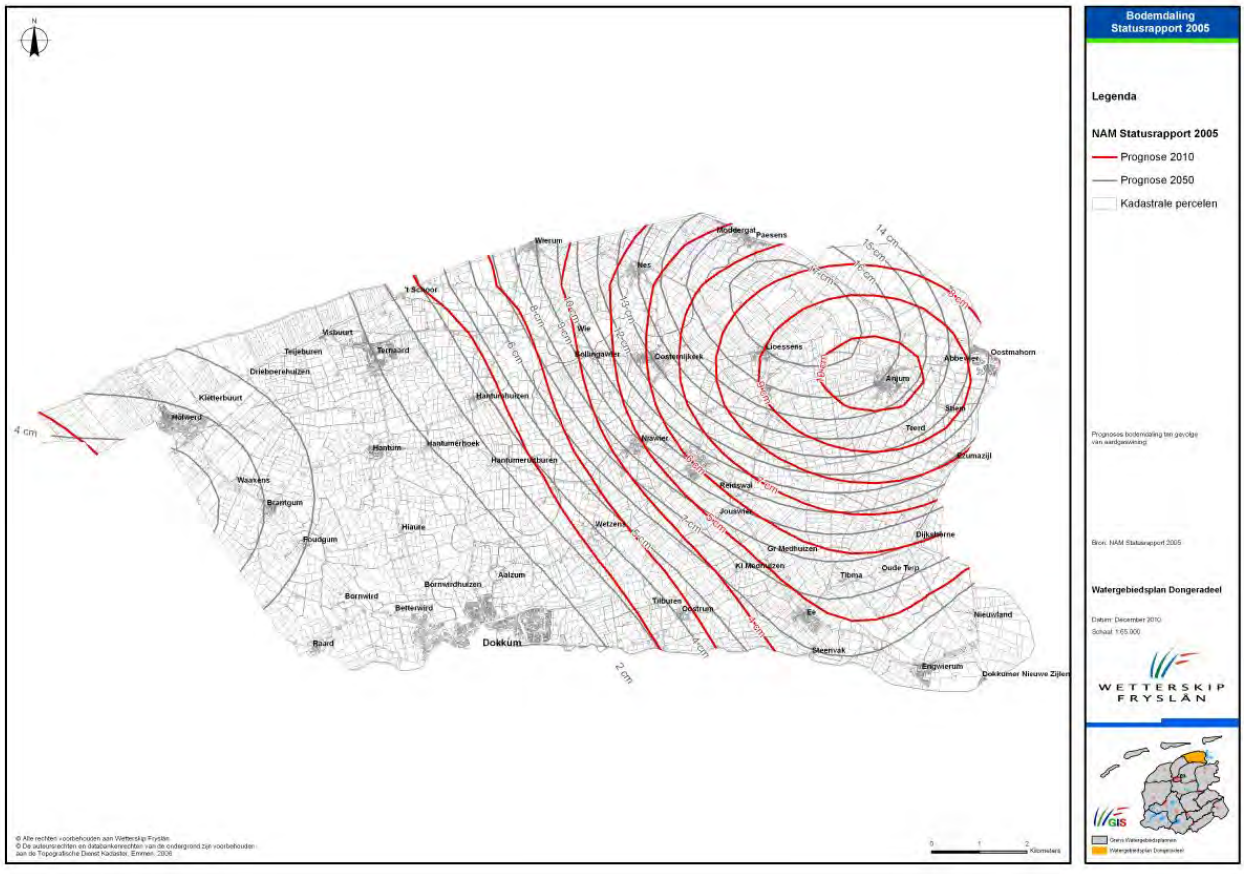
Bodemdaling

Autonome bodemdaling in het gebied bestaat uit:

- Daling die als oxidatie en/of zetting samen te vatten is.
- Door delfstofwinning optredende daling.

Op basis van de bodemkaart is de bodem beperkt of potentieel gevoelig voor zetting. Zetting zal een klein aandeel hebben in de autonome bodemdaling.

In Figuur 12-17 is de prognose van de bodemdaling door aardgaswinning in het gebied zonder de gaswinning Ternaard weergegeven. Zichtbaar is dat de daling van 10 cm tot 2010 nog tot 17 cm doorzet in 2050. Van Ternaard naar Moddergat neemt de bodemdaling van 2 cm tot 4 cm toe.



Figuur 12-17 Prognose bodemdaling uit 2005 voor 2010 en 2050 (bron: Watergebiedsplan)

Herstel watersysteem

Watersysteem Dongeradeel

De gevolgen van bodemdaling voor het watersysteem worden normaliter hersteld door het waterpeil mee te laten zakken met de bodemdaling. Voor de bodemdaling in Dongeradeel is dit echter geen oplossing gebleken, gezien de negatieve effecten die dit veroorzaakt. Dit door de aanwezigheid van het zoute grondwater en afname van robuustheid van het watersysteem:

- Als in de kwelgebieden het waterpeil wordt verlaagd, stroomt er potentieel meer zout grondwater naar het oppervlaktewater en neemt de verzilting toe.
- Door peilverlagingen en verkleinen van de peilvakken ontstaat een waterhuishoudkundig systeem waar knelpunten in afvoer groter worden en inundatierisico toeneemt.

In delen van het gebied Dongeradeel is peilverlaging daarom geen haalbare oplossing voor bodemdaling. Er moeten andere maatregelen worden gezocht. Alleen wanneer het niet tot extra verzilting of afname robuustheid leidt kan het waterpeil worden verlaagd.

Het waterschap heeft in het Watergebiedsplan Dongeradeel aangegeven dat het effect van bodemdaling en klimaatverandering op de grondwaterstanden te onzeker is om daar maatregelen op te baseren. Er worden daarom in het Watergebiedsplan geen maatregelen getroffen om het effect op de grondwaterstanden van bodemdaling en klimaatverandering in 2050 te mitigeren.

Het Waterschap heeft laten onderzoeken wat de gevolgen zijn van bodemdaling en klimaatverandering voor het watersysteem in 2050. Als wordt gekeken naar de gevolgen voor de grondwaterstanden blijkt dat het ene klimaatscenario de gevolgen van bodemdaling versterkt terwijl het andere scenario deze gevolgen juist compenseert.

Huidig beleid

Voor het MER dient echter wel inzicht in de gecombineerde effecten en maatregelen voor bodemdaling en klimaatverandering in 2050 verkregen te worden. Gezien de afwezigheid van toekomstig beleid, wordt in dit MER voor het bepalen van de maatregelen en effecten uitgegaan van het huidige beleid.

Omdat de toekomstige maatregelen binnen het watersysteem Dongeradeel onbekend zijn, gaan we uit van alleen het beïnvloedingsgebied van Ternaard en de cumulatie met bodemdaling als gevolg van de bestaande mijnbouwlocatie Moddergat. Voor deze cumulatie is de maximale bodemdaling binnen bodemdalingsgebied Ternaard 12 cm. Het aandeel bodemdaling door winning Ternaard hierin is 2 cm. Dit zijn bodemdalingen die geen grootschalige oplossingen vergen die kunnen leiden tot verzilting of afname van de robuustheid van het systeem.

Op basis van het waterbeleid en de beperkte bodemdaling door Ternaard is op voorhand aan te geven dat lokale peilaanpassingen niet plaats zullen vinden. Bij deze ordegrootte zijn andere maatregelen effectiever en minder ingrijpend wat betreft negatieve gevolgen (verzilting). De meest doelmatige oplossingen zijn:

- Intensiveren van al bestaande drainage.
- Lokale ophoging van perceelsranden (al dan niet in combinatie met creëren waterberging).
- Creëren van waterberging om afname van berging door bodemdaling te compenseren.

Allen leiden tot behoud van ontwatering en drooglegging. Hierdoor worden effecten op landgebruiksfuncties voorkomen.

Concept plan maatregelen Dongeradeel

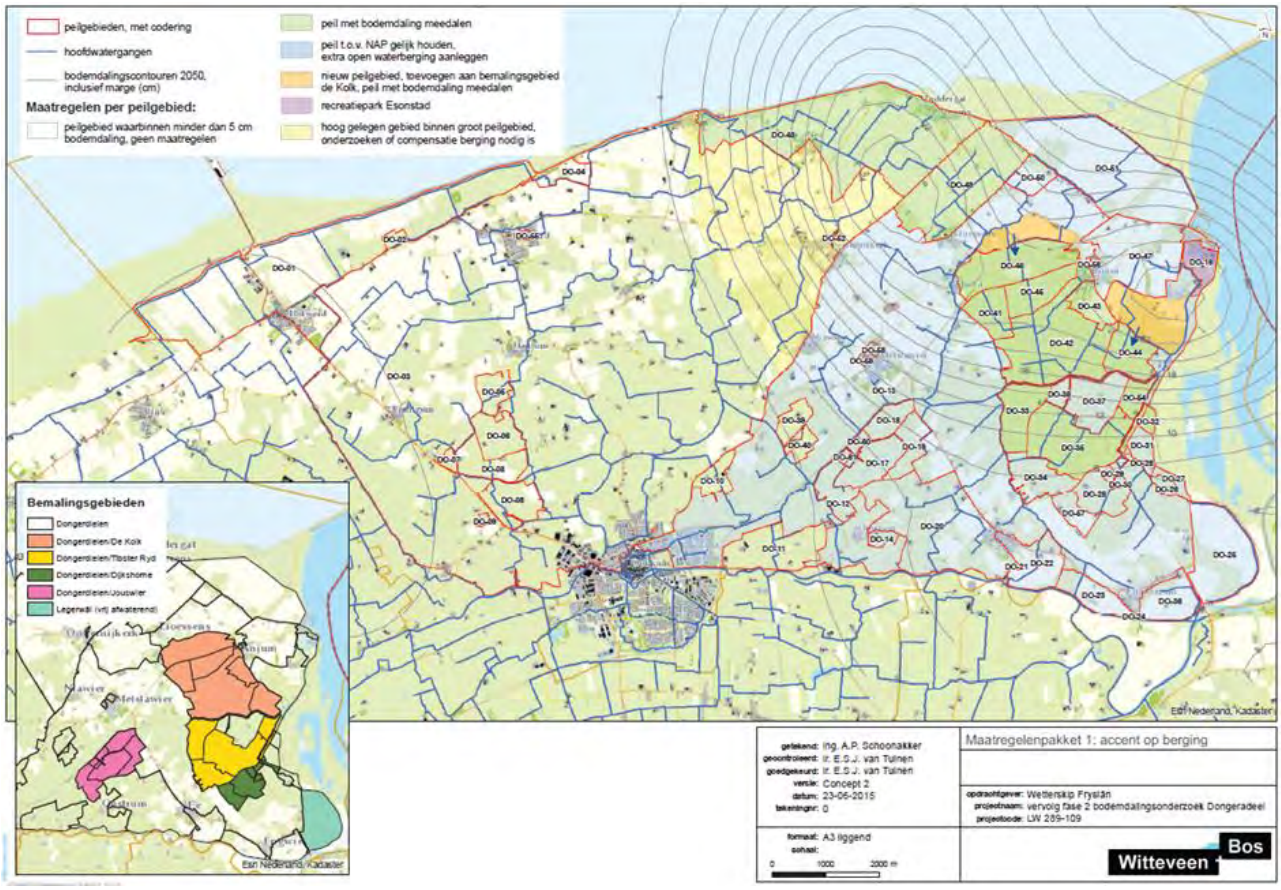
Tijdens het opstellen van dit MER is een concept plan voor de eind bodemdaling (2050) voor mijnbouwlocatie Moddergat beschikbaar gekomen (bron: Vervolg fase 2-onderzoek bodemdaling, Dongeradeel, effecten en maatregelen, kenmerk: LW289-109/15-018.218, Witteveen + Bos).

Om de effecten van bodemdaling te compenseren zijn twee typen mogelijke maatregelen uitgewerkt:

- Vergroten waterberging, geen peilverlaging ten opzichte van NAP.
- Vergroten gemaalcapaciteit, geen peilverlaging ten opzichte van NAP.

Omdat bodemdaling Ternaard in de randzone gelegen is, zal vergroting van de maalcapaciteit hier niet plaatsvinden.

Bij deze maatregelen wordt ervan uitgegaan dat de oppervlaktewaterpeilen gelijk blijven ten opzichte van NAP. Om het toegenomen risico op wateroverlast als gevolg van bergingsverlies in de periode van 2010 tot 2050 te compenseren wordt extra waterberging aangelegd in de gebieden waar meer dan 5 cm totale bodemdaling in 2050 optreedt. Naast compensatie door aanleg van nieuwe waterberging zal ook het afwaarderen van gronden plaatsvinden die ook zonder bodemdaling al een onvoldoende doelrealisatie hebben door hoge grondwaterstanden. Ruimtelijk gezien betekent dit dat land wordt omgezet naar water.



Figuur 12-18 Maatregelen bodemdaling 2050 mijnbouwlocatie Moddergat

In Figuur 12-18 zijn de maatregelen weergeven. In onderstaande zijn deze beschreven en is tevens weergeven wat de samenhang met bodemdaling Ternaard is.

Peilverlaging

Voor het peilgebied net binnendijks geldt dat de peilen meedalen met de bodemdaling. De bodemdaling bedraagt 6 a 17 cm. De bodemdaling ter plaatse van de overlap met winning Ternaard bedraagt 12 cm. Ternaard leidt hier tot 2 cm extra bodemdaling. Omdat de overlap vooral aan de rand van de bodemdaling plaatsheeft is de benodigde peilverlaging voor het gehele peilvak groter dan de cumulatieve bodemdaling door winning Ternaard. De bodemdaling binnen bodemdalingsgebied Ternaard is daarmee dus al opgelost door de maatregelen voor winning Moddergat.

Compensatie berging

Voor het gebied verder van de dijk is aangeven dat hier onderzocht dient te worden of compenserende maatregelen in de vorm van berging nodig is. Door rekening te houden met bodemdaling door winning Ternaard kan rekening gehouden worden met 2 a 4 cm extra daling. Deze daling werkt door naar een afname van het bergend vermogen van de bodem (door de grondwaterstijging) en daardoor versnelde afvoer die geborgen moet worden. Dit gaat echter over zeer geringe mogelijk verwaarloosbare hoeveelheden.

Fasering

Voor maatregelen is een planning opgesteld. Dit mede afhankelijk van de werkelijk op te treden bodemdaling. Winning Ternaard heeft invloed op de bodemdaling en daarmee op de planning.

- Eventuele peilverlagingen worden doorgevoerd in stappen van 5 cm bij toekomstige herzieningen van het peilbesluit (elke 10 jaar). Dit dient plaats te vinden in 2022, 2032 of 2042. De peilen in het peilbesluit worden te zijner tijd definitief bepaald op basis van de daadwerkelijk opgetreden bodemdaling.
- Maatregelen voor ophogen van kaden worden door het Wetterskip gecombineerd uitgevoerd met het groot onderhoud van kaden. Als door de bodemdaling eerder functieverlies dreigt op te treden zal het groot onderhoud (inclusief ophogingen) eerder in de tijd moeten worden uitgevoerd.
- Maatregelen voor herstel van beschoeiingen worden door het Wetterskip gecombineerd uitgevoerd met het groot onderhoud van beschoeiingen. Als door de bodemdaling eerder functieverlies dreigt op te treden zal het groot onderhoud eerder in de tijd moeten worden uitgevoerd.

12.5 Effectbeoordeling

12.5.1 Effectbeoordeling aanlegfase

In Tabel 12-15 is de effectbeoordeling voor bodem en water voor de aanlegfase gepresenteerd. Na de tabel volgt per criterium een toelichting.

Tabel 12-15 Effectbeoordeling bodem en water aanlegfase

Criterium	Ref.	L1-N	L1-Z	L2-N	L2-Z
Zetting	0	0/-	0/-	0/-	0/-
Emissies naar grondwater	0	0/-	0/-	0/-	0/-
Toename verzilting en afname bruikbaarheid oppervlaktewater/grondwater	0	0/-	0/-	0/-	0/-

Zetting

De productielocatie is niet onderscheidend voor de alternatieven. Wel treden er effecten op bij de aanleg of uitbreiding van de productielocatie. Effecten worden veroorzaakt door:

- Ontgraving tot circa 1,0 m onder maaiveld voor aanleg van de funderingen. Hiervoor is mogelijk een bemaling nodig om deze in den droge aan te leggen.
- Ontgravingen en bemaling voor de aansluitingen van de leidingen.

De bodem ter plaatse van de te realiseren productielocaties is echter beperkt gevoelig voor zetting. Door de benodigde verlaging van de grondwaterstand met de bemaling zal ter plaatse van de omgeving potentieel een zeer beperkt zetting optreden. De score is daarmee licht negatief (0/-).

Het invloedgebied van bemaling in de deklaag ten behoeve van de aanleg van de transportleiding varieert van 50 tot 150 meter. Dit is afhankelijk van de lokaal variërende bodemopbouw in het gebied, en is ongeacht het tracé. Binnen deze afstand van de bemaling zijn geen woningen of andere voor zetting gevoelige objecten aanwezig. Op delen van het tracé kunnen aanvullende bemalingen onder de deklaag nodig zijn. Het invloedgebied van deze bemalingen is groter (circa 250 meter), de verlaging is echter beperkter waardoor de verlaging van de stijghoogte niet leidt tot een zetting die tot schade leidt.

Voor alle alternatieven geldt dat de aanleg van het leidingtracé voornamelijk plaatsvindt in bodems die beperkt gevoelig zijn voor zetting. Door de benodigde verlaging van de grondwaterstand met de bemaling zal ter plaatse van de werkstrook compensatie en in de omgeving potentieel een beperkte zetting optreden. De score is daarmee voor alle alternatieven licht negatief (0/-)

Emissies naar grondwater

De effecten van bemaling naar de omgeving op de verschillende tracéalternatieven zijn niet onderscheidend De uit te voeren bemaling en het vrijkomende grondwater is vergelijkbaar voor de tracés. Dit komt door de aanwezige vergelijkbare bodem en de ligging binnen dezelfde waterhuishoudkundige eenheid (watersysteem Dongeradeel). De eventuele verschillen zijn verwaarloosbaar en pas te kwantificeren wanneer het ontwerp van de leiding en bodemopbouw na veldwerk tot in detail bekend is.

Wel kan het criterium emissies grondwater onderscheidend zijn tussen de tracés op permanente effecten. Door de verschillen in dikte van de deklaag in het gebied zal bij vergraven of doorgraven van slecht doorlatende lagen tot de aanlegdiepte van circa 2,0 m-mv een effect op de grondwaterstroming aan de orde zijn (kwantiteit en kwaliteit). Dit leidt mogelijk tot verzilting. Doordat de verstoring beperkt blijft tot de zone waarbinnen de leiding ontgraven wordt, zal het effect beperkt blijven tot een af te perken gebied. Hier zal de verzilting kunnen toenemen indien sprake is of sprake zal zijn van kwel (in de toekomst door bodemdaling/zeespiegelstijging). Wanneer de ontgraving in een kwelgebied gelegen is, dan kan het areaal dat beïnvloed wordt groter zijn. Een verspreidingsrisico van het grondwater met verhoogd chloridegehalte is dan aanwezig. Op basis van de gegevens van de huidige situatie kan geconcludeerd worden dat:

- De dikte van de deklaag verschilt over het tracé, maar niet wezenlijk tussen de tracéalternatieven.
- In de berekende kwel- en indicatiekaart is geen wezenlijk verschil zichtbaar tussen de tracéalternatieven.
- De hoogte van de grondwaterstand in de bodemkaart is op delen van het zuidelijke tracé hoger dan het noordelijke. Rekening houdend met de lagere maaivelhoogteligging zou dit voor het zuidelijke deel een indicatie van meer kwelgevoelige gebieden zijn. Dit blijk echter niet uit de kwel- en infiltratiekaart.
- De lagere maaiveldhoogte op delen van het zuidelijke tracé vergoot de kans op aanwezigheid van kwel, dit blijkt echter niet uit de gegevens.

Op basis van de analyse is op het detailniveau ven de beschikbare gegevens geen duidelijk onderscheid te maken tussen de tracéalternatieven voor wat betreft gevoeligheid voor verzilting. Wel geldt dat er voor alle tracéalternatieven een potentieel effect is ten aanzien van verzilting wanneer de deklaag in een kwelgebied verstoord wordt.

Omdat de transportleiding in den droge worden aangelegd, wordt bij het dichten van de sleuf de oorspronkelijke bodemopbouw en daarmee de afsluitende deklaag ten dele hersteld. Vooral in kwelgebieden zal de grondwaterstroming hier permanent beïnvloed worden, doordat volledig herstel van de weerstand niet mogelijk is.

Resumerend: Voor alle alternatieven geldt dat de ingreep plaatsvindt in een bodem die voornamelijk uit kleiig en ziltig materiaal bestaat. Hierdoor wordt de weerstand van de deklaag verstoord. De bodemopbouw is relatief goed te herstellen. Op beide tracés zijn zowel delen met kwel als met infiltratie aanwezig. Het gebied heeft voornamelijk zoet grondwater, waar dankzij neerslag een zoetwaterbel aanwezig is. In de meer kwelgebieden kan door de verstoring van de bodem ter plaatse van de leiding een potentiele toename in zoute kwel plaatsvinden. De verandering in grondwater is lokaal en beperkt en de score is voor alle alternatieven licht negatief (0/-).

Boring

Bij de boring tot de beoogde diepte worden slecht doorlatende bodemlagen doorboord. Met boorspoeling worden de lagen afgedicht om te voorkomen dat er interactie met het grondwatersysteem plaatsheeft (lekkage). Tijdens de boring worden de volgende boorvloeistoffen verbruikt. De genoemde hoeveelheden zijn ingeschat op basis van ervaringen met voorgaande boringen en zijn daarmee indicatief. Deze hoeveelheden zijn:

- 35% boorspoeling op waterbasis.
- 40% boorspoeling op oliebasis.
- 10% diverse boorchemicaliën.
- 10% cement.
- 5% zout water-oplossing.

Gemiddeld wordt per boring circa 400 tot 1.000 m3 water gebruikt ten behoeve van het boorproces. De bij de boring vrijkomende boorspoeling wordt gerecycled. Hierbij wordt ongeveer 98% teruggewonnen. Het afgescheiden materiaal wordt naar een gecontroleerde stortplaats afgevoerd.

Het risico van het ontstaan van verontreiniging in het grondwater door het gebruik van boorspoeling is aanwezig. Het effect is lokaal en zal door sanering opgeruimd dienen te worden, de score is licht negatief (0/-).

Toename verzilting en afname bruikbaarheid oppervlaktewater/grondwater

De lozing van het bemalingswater dat brijkomst bij aanleg van de leiding moet voldoen aan de vereisten die het waterschap stelt. Dit zijn alle parameters waarop ook KRW wordt getoetst. Er is ten hoogste een toename van chloridegehalten in het oppervlaktewater. Deze leidt echter niet tot een verslechtering van de kwaliteit waar het oppervlaktewater aan moet voldoen voor de aanwezige functies in het gebied. De score is licht negatief (0/-) aangezien de lozing tijdelijk plaatsvindt op oppervlaktewater binnen de poldergebieden en deze wel een kwaliteitsverandering maar geen beperking van de aanwezige functies veroorzaakt.

12.5.2 Effectbeoordeling winning

In Tabel 12-16 is de effectbeoordeling voor bodem en water voor de winning gepresenteerd. Na de tabel volgt per criterium een toelichting.

De locatiealternatieven en tracéalternatieven zijn niet onderscheidend in optredende bodemdaling in de winning.

Tabel 12-16 Effectbeoordeling bodem en water, winning

Criterium	Ref.	L1-N	L1-Z	L2-N	L2-Z
Scheefstelling maaiveld	0	0/-	0/-	0/-	0/-
Hoogte stuwen en gemalen	0	0/-	0/-	0/-	0/-
Verandering functies watersysteem	0	0/-	0/-	0/-	0/-
Verandering grond- en oppervlaktewaterkwaliteit (KRW)	0	0	0	0	0

Scheefstelling maaiveld

Door scheefstelling van het maaiveld die optreedt bij bodemdaling door gaswinning kan de afvoer van aanwezige drainage, sloten en riolering verslechteren. Dit leidt tot een verhoogd inundatierisico in zowel landelijk als stedelijk gebied. De maximale scheeftstelling is van de bodemdaling af te leiden en bedraagt 0,02 meter op 1000 meter, dit komt overeen met 1: 50.000.

Drainage

Vanuit de drainage praktijk wordt een verhang van 6 tot 30 centimeter over 300 meter aangehouden. Dit vanuit hydraulische argumenten. 300 meter is ongeveer de maximaal aangehouden lengte van drains in dit gebied. In het meest ongunstige geval (bij een verhang van 6 cm op 300 meter) kan door de optredende bodemdaling een afname in scheefstelling van 0,7 cm over 300 meter ontstaan. Het minimale resterende verhang bedraagt dan 5,3 cm over 300 meter. De drains zullen dan nog wel een ontwaterende werking hebben. Scheefstelling leidt echter indirect tot een grotere kans op vervuiling door neerslag van sediment of concreties. Deze verkorten de effectiviteit en daarmee levensduur van de drainage. Gezien de mate van scheefstelling en de effecten daarvan op het verhang heeft de bodemdaling een zeer gering effect op de drainage.

De stroming naar de drainage en de hoogte van het uitstroompunt bepalen het potentiaalverschil en deze is meer bepalend voor een goede ontwatering. De scheefstelling is te gering om te leiden tot een afname in ontwatering en inundatierisico.

Riolering

Binnen de bodemdalingscontour is stedelijk gebied gelegen. In het gemeentelijk rioleringplan is aangeven dat er binnen Ternaard geen wateroverlast aanwezig is. De bodemdaling ter plaatse van Ternaard bedraagt circa 2 tot 3 cm, de maximale scheefstelling bedraagt 0,02 meter op 1000 m dit komt overeen met 1:50:000.

Binnen het stedelijk gebied gaat het om een verwaarloosbare scheefstelling. Deze heeft geen effect op het afvoerende vermogen van de aanwezige riolering die onder vrij verval afvoert.

Op de riolering in het landelijk gebied treden er geen effecten op, hier is de riolering als drukriool uitgevoerd. De afvoer is niet onder vrij verhang en wordt niet beïnvloed bij de eerder aangehouden maximale scheefstelling van 0,02 meter op 1000 meter. De effecten van de afwezige of beperkte scheefstelling is licht negatief (score: 0 /-) beoordeeld.

Hoogte stuwen en gemalen

Het watersysteem is ingericht om de op landgebruiksfuncties gerichte peilen te realiseren. Indien de hoogte van de peilbepalende kunstwerken wijzigt dan kan dit ertoe leiden dat de beoogde peilen en afvoer niet gerealiseerd wordt. Door verandering van hoogteligging van stuwen, gemalen en ander kunstwerken kan het inundatierisico toenemen. Een stuw bijvoorbeeld regelt het waterpeil bovenstrooms van de stuw. Als de stuw daalt door bodemdaling, en het gewenste peil is met de schuif/klep niet meer in te stellen, dan moet de stuw worden aangepast. Dit geldt tevens voor gemalen. Dit kunnen ingrijpende en kostbare maatregelen zijn omdat de kunstwerken gedimensioneerd zijn op de werking van het huidige watersysteem.

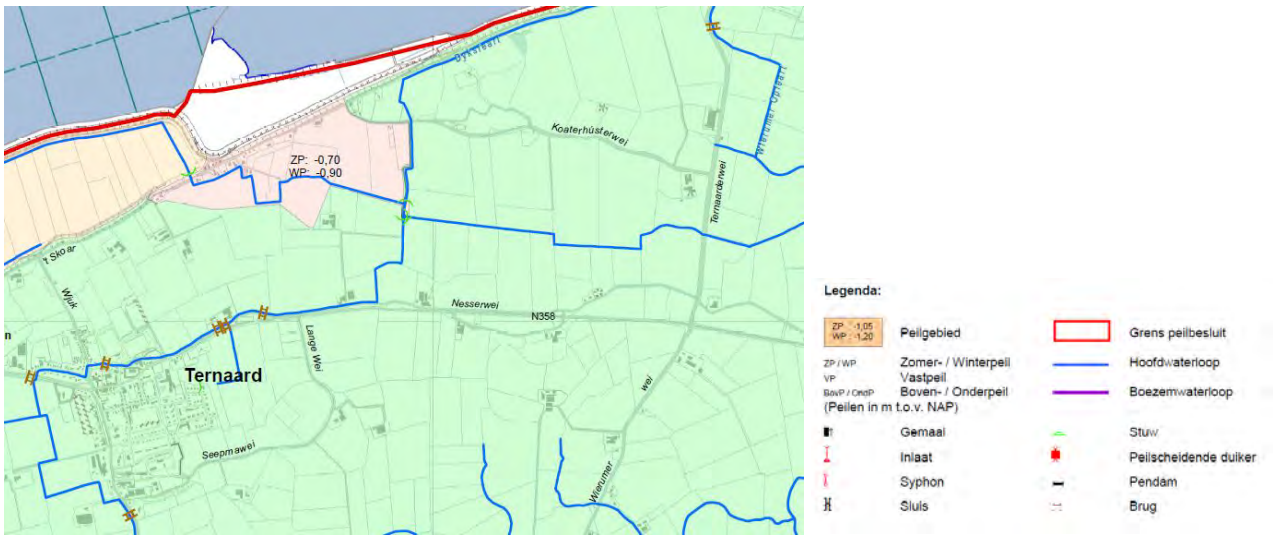
Binnen het bodemdalingsgebied bevinden zich 4 stuwen. Deze zijn met de lichtgroene symbolen aangegeven in Figuur 12-19. Van deze locaties is op basis van de bodemdalingscontouren een daling van de stuw afgeleid.

- Stuw die de kruising met secundaire kering vormt → circa 3 cm daling.
- Stuwen rond het peilvak ZP -0,7 m NAP/ WP -0,9 m NAP → circa 3 cm daling.

Het overige deel waar de bodemdaling plaatsheeft heeft een afvoer onder vrij verval.

De daling is dermate gering dat het winterpeil (dat lager is dan zomerpeil) geborgd kan blijven. De hoogte van het hogere zomerpeil kan mogelijk door de daling van de stuw niet geborgd worden. Dit is technisch op te lossen en leidt niet tot effecten op de landgebruiksfuncties.

De afname van het maaiveld ter plaatse van stuwen of gemalen bedraagt circa 3 cm. Dit leidt niet tot een afname in afvoervermogen en effecten op landgebruiksfuncties. Dit is als licht negatief (score: 0/-) beoordeeld.



Figuur 12-19 Ligging stuwen in het bodemdalingsgebied (uitsnede uit het Watergebiedsplan)

Verandering functies watersysteem

Inundatie

Binnen het gebied met bodemdaling zijn geen delen die niet voldoen aan de normen voor regionale wateroverlast. Het oppervlak dat hier bij veel regen onder water loopt, is kleiner dan het oppervlak dat nog acceptabel is volgens de norm.

Door bodemdaling gaat waterberging verloren omdat de capaciteit van de sloten, om regenwater op te vangen, kleiner is geworden. Als land inundeert in de situatie zonder bodemdaling, zal door bodemdaling een groter oppervlak inunderen.

Berging in het systeem wordt bepaald door de grondwaterstanden en de mate van drooglegging die aanwezig is. Beide hebben een functieafhankelijk optimum. Wanneer de bodem daalt en de peilen gelijk blijven dan zal er een afname in berging plaatshebben.

Deze afname in berging door de afname in ontwatering die optreedt bij bodemdaling is beperkt bij de aanwezige bodemdaling maar zal wel het inundatierisico lokaal kunnen vergroten. In het robuuste watersysteem leidt deze geringe bodemdaling tot een marginaal effect (het bevindt zich in de marges van de dynamiek die in het watersysteem aanwezig is). Het neemt echter wel ruimte die nodig is voor de robuustheid naar de toekomst. Dit is als licht negatief beoordeeld (score: 0/-).

Ontwatering

Door de bodemdaling zal de ontwatering af nemen. Gezien de beperkte bodemdaling door winning Ternaard is deze afname in ontwatering zeer beperkt.

Voor delen in het gebied waar de ontwatering beperkend is op de landbouwkundige opbrengst, leidt de bodemdaling tot een toename van deze beperking. Dit is als licht negatief (score: 0/-) beoordeeld.

Verandering grond- en oppervlaktewaterkwaliteit

Voor de verandering in waterkwaliteit is onderscheid te maken naar de fysisch-chemische waterkwaliteit en de ecologische waterkwaliteit. De fysisch-chemische waterkwaliteit wordt vooral bepaald door de hoeveelheid aan stoffen die in het water zitten zoals stikstof, fosfaat, chloride (verzilting) en zuurstof.

Bij de ecologische waterkwaliteit gaat het om de hoeveelheid soorten algen, waterplanten, kleine waterdiertjes en vissen. Vanuit de Europese Kaderrichtlijn Water, KRW, zijn hiervoor ecologische doelen gesteld.

In het watersysteem Dongeradeel is voornamelijk het fosfaatgehalte behoorlijk hoog. Dit heeft mede te maken met de zoute kwel vanuit de Waddenzee. Deze kwel bevat ook de voedingsstof fosfaat en zorgt ervoor dat het fosfaat in het oppervlaktewater komt. Een te hoog niveau aan voedingstoffen in het oppervlaktewater leidt tot eutrofiëring (overmatige algengroei).

Uit de KRW factsheet volgt dat voor het waterlichaam waar de watergangen in dit gebied toe gerekend worden het stikstofgehalte de doelstelling overstijgt.

Sterk bepalend voor zowel de chemische- als ecologische waterkwaliteit is het fosfaatgehalte. Door een peilverhoging lost het aanwezige fosfaat makkelijk op en neemt de uitspoeling van fosfaat daarmee toe. Voor de KRW doelstelling van het aanwezige waterlichaam is echter stikstof de parameter die de doelstelling overstijgt. Door een peilverhoging neemt de uitspoeling van stikstof juist af. Vanuit de KRW is daarmee de peilverhoging gunstig, de fosfaat gehalten vormen echter een locatiespecifiek knelpunt.

Het watersysteem in het studiegebied heeft al een hoog fosfaatgehalte, een afname van de ontwatering door bodemdaling leidt daarmee tot een verdere verhoging van het fosfaatgehalte. De ecologische functies van het watersysteem wordt daarmee verder beperkt, met name algengroei wordt versterkt. De mate waarin de ontwatering minder wordt, is echter beperkt.

Het huidige knelpunt wordt potentieel versterkt door deze ingreep. Het knelpunt heeft een niet op te lossen natuurlijke oorzaak (zoute kwel). Het aandeel van de toename in uitspoeling op de functies afhankelijk van de waterkwaliteit is ondergeschikt aan de natuurlijke bron van fosfaat. Dit is als neutraal (score: 0) beoordeeld.

12.5.3 Effectbeoordeling verwijderingsfase

Voor de effectbeoordeling voor bodem en water tijdens de verwijderingsfase wordt verwezen naar de aanlegfase. De ingreep en effecten komen overeen.

12.5.4 Integrale effectbeoordeling

In Tabel 12-17 is de integrale effectbeoordeling voor bodem en water voor zowel de aanlegfase als winning gepresenteerd. Na de tabellen wordt ingegaan op de conclusie die op basis van deze beoordeling wordt getrokken.

Tabel 12-17 Integrale effectbeoordeling bodem en water

Criterium	Ref.	L1-N	L1-Z	L2-N	L2-Z
Zetting	0	0/-	0/-	0/-	0/-
Emissies naar grondwater	0	0/-	0/-	0/-	0/-
Toename verzilting en afname bruikbaarheid oppervlaktewater/grondwater	0	0/-	0/-	0/-	0/-
Scheefstelling maaiveld	0	0/-	0/-	0/-	0/-
Hoogte stuwen en gemalen	0	0/-	0/-	0/-	0/-
Verandering functies watersysteem	0	0/-	0/-	0/-	0/-
Verandering grond- en oppervlaktewaterkwaliteit (KRW)	0	0	0	0	0

Zetting

De alternatieven zijn op het criterium zetting niet onderscheidend.

De bodem ter plaatse van de productielocatie is beperkt gevoelig voor zetting. Zetting op het leidingtracé wordt opgevuld tijdens de werkzaamheden. Door de benodigde verlaging van de grondwaterstand met de bemaling zal ter plaatse van de omgeving potentieel een zeer beperkt zetting optreden. De score is daarmee licht negatief (0/-).

Emissies naar grondwater

De alternatieven zijn op het criterium emissies naar grondwater niet onderscheidend.

De bodemopbouw is relatief goed te herstellen. In de meer kwelgebieden kan door de verstoring van de bodem ter plaatse van de leiding een potentiele toename in zoute kwel plaatsvinden. De verandering in grondwater is lokaal en beperkt en de score is licht negatief (0/-).

Toename verzilting en afname bruikbaarheid oppervlaktewater/grondwater

De alternatieven zijn op het criterium toename verzilting en afname bruikbaarheid oppervlaktewater/grondwater naar grondwater niet onderscheidend. De lozing van bemalingswater tijdens de leidingaanleg moet voldoen aan de vereisten die het waterschap stelt. De score is licht negatief (0/-), aangezien de lozing plaatsvindt op oppervlaktewater binnen de poldergebieden en deze wel een kwaliteitsverandering maar geen beperking van de aanwezige functies veroorzaakt.

Scheefstelling maaiveld

De scheefstelling van het maaiveld die optreedt bij bodemdaling is verwaarloosbaar ten opzichte aan de vereisten en toleranties van de aanwezige functies. De effecten van de afwezige of beperkte scheefstelling is beoordeeld als licht negatief (0/-)

Hoogte stuwen en gemalen

De afname van het maaiveld door bodemdaling ter plaatse van stuwen of gemalen bedraagt circa 3 cm. Dit leidt niet tot een afname in afvoervermogen. Dit is beoordeeld als licht negatief (0/-).

Verandering functies watersysteem

De afname in berging is beperkt bij de aanwezige bodemdaling maar zal wel het inundatierisico lokaal kunnen vergroten. Voor delen in het gebied waar de ontwatering beperkend is op de landbouwkundige opbrengst, leidt de bodemdaling tot een toename van deze beperking. De effecten op het watersysteem is beoordeeld als licht negatief (0/-).

Verandering grond- en oppervlaktewaterkwaliteit

Het aandeel van de toename in uitspoeling van fosfaat op de functies afhankelijk van de waterkwaliteit is niet onderscheidend ten opzichte van het aandeel zoute kwel. Vanuit de KRW factsheet volgt dat voor dit waterlichaam stikstof de parameter is die overschreden wordt. Deze uitspoeling neemt juist af bij afname van de ontwatering. Het effect op waterkwaliteit is daarom als neutraal beoordeeld (0).

Cumulatie

Cumulatie van effecten treedt op door de bodemdaling door gaswinning locatie Moddergat. Zie hiervoor de paragraaf autonome ontwikkeling.

Bovenstaand is weergeven wat de effecten zijn van de bodemdaling ten gevolge van winning Ternaard. De werkelijke bodemdaling is echter groter door cumulatie met bodemdaling door winning Locatie Moddergat. Deze cumulatie leidt echter tot effecten waarvoor in de huidige situatie (zie Watergebiedsplan Dongeradeel) en de toekomstige situatie al mitigerende maatregelen genomen zullen worden.

Daarbij is een aantal maatregelen die, door de cumulatie, zullen leiden tot afgeleide effecten (areaalverlies landbouw voor waterberging of toename in verzilting). Dit doordat de omvang (ruimtebeslag) van de maatregel wezenlijker is of dat peilaanpassingen aan de orde zijn om voldoende drooglegging en ontwatering voor het landbouwkundige gebruik te realiseren. Dit is het landgebruik met het grootste ruimtegebruik in het studiegebied.

Peilverlaging

Voor het peilgebied net binnendijks geldt dat de peilen meedalen met de bodemdaling. De bodemdaling bedraagt 6 à 20 cm. De bodemdaling ter plaatse van de overlap met winning Ternaard bedraagt 12 cm (Figuur 12-2). Ternaard leidt hier tot 2 cm extra bodemdaling. Omdat de overlap vooral aan de rand van de bodemdaling plaatsheeft, is de benodigde peilverlaging voor het gehele peilvak groter dan de cumulatieve bodemdaling door winning Ternaard.

Cumulatie van bodemdaling leidt niet tot een grotere benodigde peilverlaging omdat het peil afgestemd wordt op de grotere bodemdaling door winning Moddergat. Hierdoor treedt er door winning Ternaard ook geen toename op in afgeleide effecten (verzilting, toename inundatie).

Compensatie berging

Voor het gebied verder van de dijk is aangeven dat hier onderzocht dient te worden of compenserende maatregelen in de vorm van berging nodig is. Door rekening te houden met bodemdaling door winning Ternaard kan rekening gehouden worden met 2 à 4 cm extra bodemdaling.

Door de bodemdaling winning Ternaard is het mogelijk dat de bergingsopgave vergroot wordt. De bodemdaling leidt dan tot een extra ruimtebeslag voor waterberging. Dit gaat ten koste van het areaal landbouw.

Fasering

Voor de autonome mitigerende maatregelen is een planning opgesteld. Dit is mede afhankelijk van de werkelijk op te treden bodemdaling. Winning Ternaard heeft invloed op de bodemdaling en daarmee op de planning.

Door extra bodemdaling door de winning Ternaard autonome mitigerende maatregelen in de randzones waar overlap is met bodemdaling van mijnbouwlocatie Moddergat eerder genomen moeten worden om effecten te voorkomen

Conclusie

De alternatieven zijn niet onderscheidend in de verschillende fasen van de ingreep.

In de aanlegfase verschilt de beoordeling van de locatiealternatieven en tracéalternatieven niet wezenlijk. Dit komt door de aanwezige vergelijkbare bodemopbouw, ligging binnen dezelfde waterhuishoudkundige eenheid en de vergelijkbare ingreep die gedaan wordt. De eventuele verschillen zijn verwaarloosbaar en pas te kwantificeren wanneer het ontwerp van de leiding en bodemopbouw na veldwerk tot in detail bekend is.

Ook in de winning verschilt de beoordeling van de locatiealternatieven en tracéalternatieven niet, omdat deze niet onderscheidend zijn voor de optredende bodemdaling. Voor de verwijderingsfase geldt hetzelfde als voor de aanlegfase.

12.5.5 Gevoeligheidsanalyse

De gevoeligheidsanalyse geeft inzicht in de effecten die op kunnen treden als de gebruiksruimte groter of kleiner is dan we in het MER hebben aangenomen.

Gebruiksruimte Waddenzee neemt af

Indien de gebruiksruimte kleiner wordt dan zijn er geen effecten op land. De daling is dan maximaal circa 2 cm. Dit is verwaarloosbaar.

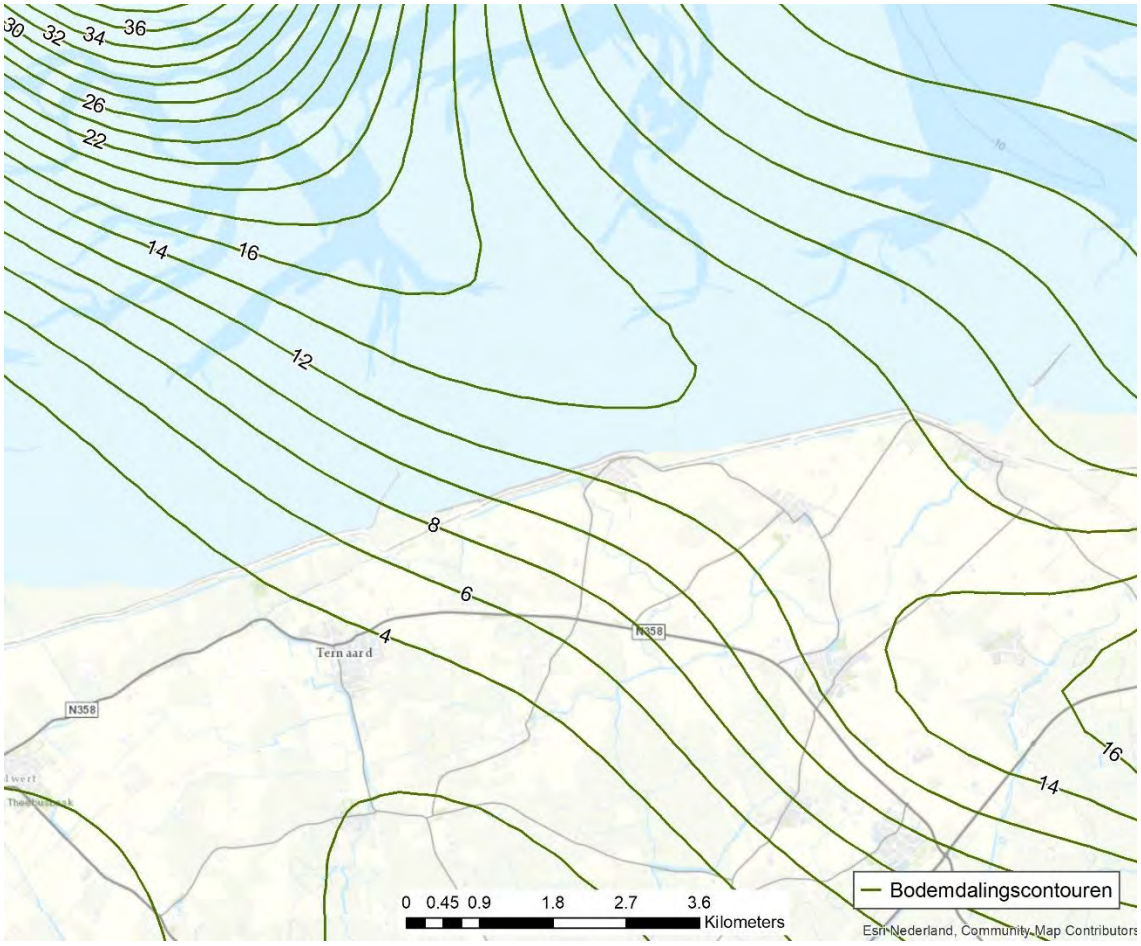
Gebruiksruimte Waddenzee neemt toe

Voor het geval de gebruiksruimte geen beperking voor de winning oplevert, is een scenario bodemdaling berekend. Dit scenario met de contouren voor winning Moddergat is weergeven in Figuur 12-20. Het betreft het maximale scenario voor gaswinning (zie tabel 3-1 in hoofdstuk 3, deel A) met de bijbehorende bodemdaling.

Uit Figuur 12-20 kan afgeleid worden dat de bodemdaling met ongeveer 2 cm toeneemt ten opzichte van de in het MER geanalyseerde situatie.

Ondanks de toename in bodemdaling leidt het niet tot een wezenlijk ander effect en effectbeoordeling. Wel leidt het tot een areaaltoename in de te nemen maatregelen specifiek voor Ternaard om de afname in waterberging te compenseren.

Ook heeft het invloed op de fasering van deze maatregelen zoals opgesteld voor bodemdalingsgebied mijnbouwlocatie Moddergat. Door de extra bodemdaling wordt eerder een mate van daling bereikt, die het nemen van de maatregelen noodzakelijk maakt.



Figuur 12-20 Bodemdalingscontouren van de cumulatieve gaswinningen, met inbegrip van de gaswinning Ternaard, bij winning volgens het maximale scenario tot 2050 (cm).

12.6 Mitigerende en compenserende maatregelen

12.6.1 Mitigerende maatregelen

Aanlegfase

In de aanlegfase dient aan de geldende vergunningsvereisten voldaan te worden vanuit de Waterwet. Dit geldt zowel voor in de bodem of onder watergangen aan te brengen constructies als ook voor de onttrekking als lozing op oppervlaktewater. Hierdoor zijn de belangen van landgebruiksfuncties of belangen in de omgeving geborgd. De noodzaak van eventuele aanvullende mitigerende maatregelen zijn daarmee niet aan de orde.

Winning

Uitgaande van de bodemdaling is een aantal effecten waar mitigatie aan de orde is. Deze worden onderstaand per beoordelingscriterium beschreven.

Hoogte dijken

Elke centimeter daling wordt beschouwd als schade die moet worden hersteld. Dit betekent dat waterkeringen mogelijk verhoogd en verbreed dienen te worden. Vooral de verbreding zal een potentieel effect hebben op het areaal landbouw of natuur. Zie ook beoordelingskader bij cumulatie van bodemdaling.

Hoogte stuwen en gemalen

De afname in maaiveld ter plaatse van stuwen of gemalen bedraagt circa 6 cm. Indien de waterhuishoudkundige werken niet meer kunnen voldoen door deze bodemdaling dan dienen ze hersteld te worden. Dit kan hetzij door aanpassing of nieuwbouw.

Verandering functies watersysteem

Voor delen in het gebied waar de ontwatering beperkend is op de landbouwkundige opbrengst, leidt de bodemdaling tot een toename van deze beperking. Door de beperkte afname is met lokale maatregelen als drainage, lokale ophoging of het creëren van waterberging het negatieve effect op te lossen.

12.6.2 Compenserende maatregelen

Verandering functies watersysteem

Compensatie en mitigatie hebben hier enige overlap. Waterberging kan ook gezien worden als compensatie van de afname in bodemberging. Deze compensatie leidt tot een afname in landbouwkundig areaal.

Deze afname in landbouwkundig areaal gaat tot gevolg hebben dat binnen het bodemdalingsgebied het watersysteem robuust is en blijft voldoen aan de inundatienorm. De afname in landbouwareaal voor waterberging leidt ertoe dat er geen afname in landbouwkundige opbrengst door inundatie gaat optreden.

12.6.3 Effectbepaling na mitigatie

In de aanlegfase zijn geen mitigerende maatregelen aan de orde die niet al onderdeel zijn van de werkzaamheden. Vanuit de vereisten vanuit de Waterwet worden effecten op belangen in de omgeving al geborgd. In Tabel 12-18 is de integrale effectbeoordeling na mitigatie weergegeven.

Tabel 12-18 Effectbeoordeling bodem en water, integraal, na mitigatie

Criterium	Ref.	L1-N	L1-Z	L2-N	L2-Z
Hoogte stuwen en gemalen	0	0	0	0	0
Verandering functies watersysteem	0	0	0	0	0

Hoogste stuwen en gemalen

De afname in maaiveld ter plaatse van stuwen of gemalen bedraagt circa 3 cm. Indien de waterhuishoudkundige werken niet meer kunnen voldoen door deze bodemdaling dan dienen ze hersteld te worden. Dit kan hetzij door aanpassing of nieuwbouw. Dit is beoordeeld als neutraal (0).

Verandering functies watersysteem

De compensatie van afname in bodemberging door waterberging te creëren leidt tot een afname in inundatierisico in het bodemdalingsgebied maar tot een lokale afname in landbouwkundig areaal. Dit is gezien de mate van bodemdaling echter een gering areaal dat onderdeel kan zijn van de autonome maatregelen die plaatshebben om het watersysteem toekomstbestendig te houden. Op het criterium verandering van functies watersysteem wordt het creëren van waterberging beoordeeld als neutraal (0).

12.7 Leemten in kennis en monitoringprogramma

12.7.1 Leemten in kennis

Voor het thema verzilting en klimaatverandering geldt dat er kennisleemtes zijn, die het onduidelijk maken wat de autonome ontwikkelingen in het watersysteem precies zullen zijn. Indien de huidige geprognotiseerde bodemdaling leidt tot effecten op de landgebruiksfuncties dan is dat met lokale maatregelen bestaande uit verbetering ontwatering (intensievere drainage) en creëren van waterberging op te lossen. Deze leemten in

kennis zijn niet onderscheidend voor de alternatieven en staan de besluitvorming over de voorgenomen activiteit niet in de weg.

12.7.2 Monitoringprogramma

Aanlegfase

Tijdens de aanlegfase is monitoring geborgd vanuit de vereisten van de Waterwet.

Voor de vergunningaanvraag wordt een effectstudie uitgevoerd waarin de effecten en te schade belangen in detail zijn uitgewerkt. Hierop wordt een monitoringprogramma opgesteld dat ten minste de volgende onderdelen omvat:

- Meten van te onttrekken debieten.
- Bemonstering en toetsing van het te lozen bemalingswater.
- Meten van de grondwaterstandsdaling binnen het invloedgebied van de bemaling.
- Volgen van zetting ter plaatse van de voor zetting gevoelige objecten.

Winning

De optredende effecten op bodem en water zijn afgeleiden van de bodemdaling. Deze wordt in het kader van de winningen Ternaard en Moddergat gevolgd.

Specifieke objecten zijn de waterkeringen en waterstaatkundige werken zoals stuwen en gemalen. Verdere monitoring zal gezien de geringe mate van bodemdaling niet plaatshebben.

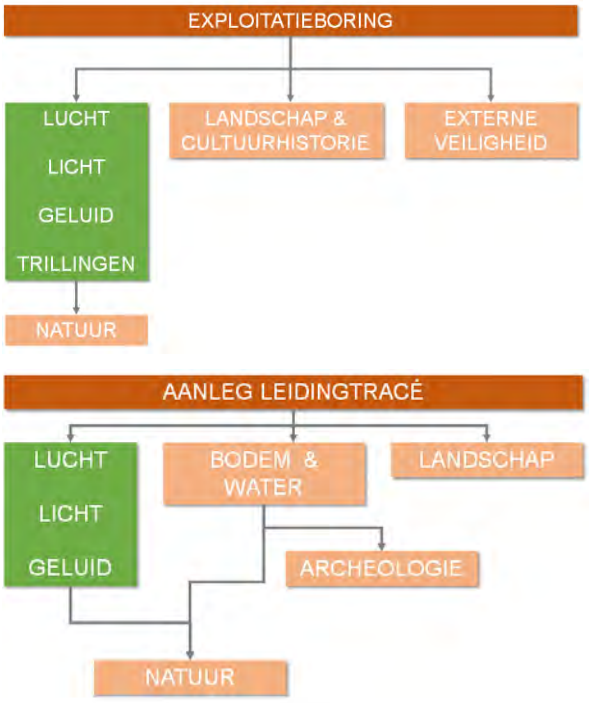
13 MILIEU

In dit hoofdstuk zijn de effecten van de voorgenomen activiteit op milieu beschreven. In voorliggend hoofdstuk is allereerst ingegaan op de ingreep-effectrelatie met de andere milieuthema's (§13.1). Hierbij is onderscheid gemaakt in de aanlegfase, winning en verwijderingsfase. In §13.2 is het relevante beleidskader gepresenteerd. Hierna zijn het beoordelingskader en de beoordelingscriteria geïntroduceerd die in de effectbeoordeling worden gehanteerd (§13.3). In §13.5 is ingegaan op de effectbeoordeling van de voorgenomen activiteit ten opzichte van de referentiesituatie, waarbij onderscheid is gemaakt in effecten in de aanlegfase (§13.5.1), winning (§13.5.2) en verwijderingsfase (§13.5.3). In de effectbeoordeling zijn vier alternatieven beoordeeld: L1-N, L1-Z, L2-N en L2-Z. Tot slot is een integrale effectbeoordeling gepresenteerd in §13.5.4, waarbij de effecten van de alternatieven voor de voorgenomen activiteit als geheel zijn beoordeeld. Het hoofdstuk sluit af met mitigerende en compenserende maatregelen (§13.6) en leemten in kennis en een aanzet voor het monitoringprogramma (§13.7).

13.1 Ingreep-effectrelaties

Aanlegfase

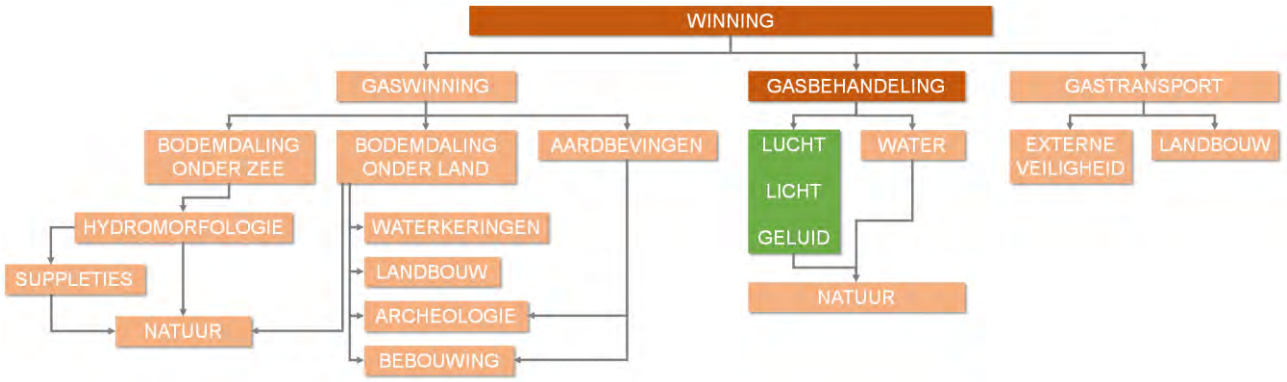
Bij de aanleg van de productielocatie vinden activiteiten plaats die leiden tot lucht-, geluid- en lichtemissies. Het gaat daarbij zowel om effecten op de beoogde productielocatie als het leidingtracé. De relevante emissiebronnen in de aanlegfase zijn dieselgeneratoren voor de aandrijving van de boorinstallatie, dieselmaterieel voor ondersteunende en graafwerkzaamheden en transportbewegingen voor de aan- en afvoer van materialen. Hierdoor kunnen effecten optreden ter plaatse van gevoelige objecten, zoals woningen, scholen en kinderopvangcentra. De effecten in de aanlegfase zijn van tijdelijke aard. In onderstaande schema's (Figuur 13-1) is de relatie van de activiteiten met geluid, luchtkwaliteit en licht weergegeven.



Figuur 13-1 Ingreep-effectrelaties milieu, aanlegfase

Winning

Effecten als gevolg van de gaswinning zijn heel beperkt. De gaswinning is een autonoom proces waarbij het gas vanwege de hoge druk in het gasveld naar de productielocatie stroomt. Vanuit daar wordt het middels een ondergrondse buis getransporteerd naar de bestaande mijnbouwlocatie Moddergat. Vanuit Moddergat wordt het gas verder getransporteerd naar de gasbehandelingslocatie nabij Anjum. Dit win- en transportproces vindt in een afgesloten systeem plaats, waardoor dit heel beperkt effect heeft op geluid, luchtkwaliteit en licht in de omgeving. De belangrijkste geluidsbron op de productielocatie is de productie-unit die is aangesloten op de nieuwe put. Voor luchtkwaliteit kunnen heel lokaal lichte effecten optreden ten gevolge van de vrachtwagens voor de aan- en afvoer van materialen (één per dag). Ook voor het aspect licht zijn de effecten zeer minimaal. Er wordt beperkt verlichting gebruikt ter plaatse van de productie-unit en ter plaatse van de poort. In Figuur 13-2 is de relatie van de activiteiten met geluid, luchtkwaliteit en licht weergegeven.

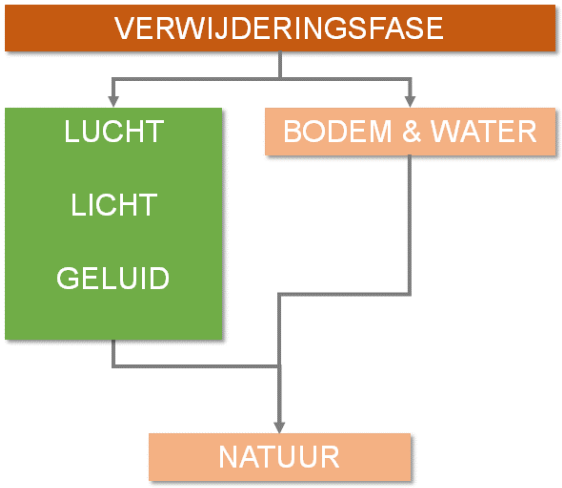


Figuur 13-2 Ingreep-effectrelaties milieu, winning

Verwijderingsfase

Na het afronden van de gaswinning (na circa 20 jaar) wordt de productielocatie en de transportleiding) verwijderd conform de dan geldende regelgeving.

In de verwijderingsfase zijn de effecten heel beperkt. Op de productielocatie wordt de productie-unit gedemonteerd, gereinigd en afgevoerd. De emissiebronnen in de verwijderingsfase zijn dieselmaterieel en transportbewegingen. In onderstaand schema (Figuur 13-3) is de relatie van de activiteiten met geluid, luchtkwaliteit en licht weergegeven



Figuur 13-3 Ingreep-effectrelaties, verwijderingsfase

Studiegebied

Het studiegebied is het gebied waar effecten kunnen optreden als gevolg van de activiteit. De omvang hiervan wordt bepaald door de reikwijdte van de effecten en is afhankelijk van het specifieke milieuthema. Voor het thema geluid, luchtkwaliteit en licht geldt dat het studiegebied groter is dan het plangebied.

De grootte van het effectgebied is afhankelijk van de omvang en reikwijdte van het effect en is niet op voorhand vast te stellen. De effecten in de aanleg- en verwijderingsfase zullen voornamelijk rondom de productielocatie optreden en langs het leidingtracé. In de verwijderingsfase zullen de effecten rondom de productielocatie lager zijn dan in de aanlegfase, omdat in de verwijderingsfase geen heiwerkzaamheden plaatsvinden. De effecten in de aanleg- en verwijderingsfase langs het leidingtracé zullen vergelijkbaar zijn. In de winning zullen de effecten voornamelijk rondom de productielocatie optreden. De effecten in de winning zullen veel lager zijn dan in de aanleg- en verwijderingsfase. Naar verwachting zullen de effecten niet verder reiken dan 500 meter van de emissiebronnen.

13.2 Beleidskader

13.2.1 Geluid

In Tabel 13-1 is het relevante beleid en regelgeving weergegeven voor het thema geluid.

Tabel 13-1 Beleidskader geluid

Beleid	Inhoud & relevantie
Besluit algemene regels milieu mijnbouw (Barmm)	In dit besluit worden eisen gesteld aan de geluidsemissie tijdens de aanlegfase en het testen. Deze eisen mogen niet worden overschreden. De minister kan bij maatwerkvoorschrift waarden stellen die hoger zijn dan de waarden die zijn vermeld in Tabel I (uit het besluit), indien de waarden in Tabel I naar het oordeel van Onze Minister op basis van de beste beschikbare techniek niet haalbaar zijn.
Bouwbesluit 2012	Voor de meeste aanleg-/bouwwerkzaamheden vormt het Bouwbesluit 2012 het toetsingskader. Hierin zijn de geluidseisen en voorwaarden opgenomen. Tijdelijke werken voor boring zie ook Barmm.
Handreiking Industrielawaai en Vergunningverlening, oktober 1998 van het voormalige Ministerie van VROM	Deze ministeriële handreiking richt zich vooral op niet gezoneerde industrieterreinen en solitaire bedrijven. Voor de toetsing van de winning zal gebruik worden gemaakt van de systematiek van richt- en grenswaarden conform Hoofdstuk 4 van deze Handreiking.

Aanleg- en verwijderingsfase

Aanleg en verwijdering productielocatie en leidingtracé

Voor de meeste aanleg-/bouwwerkzaamheden vormt het Bouwbesluit 2012 het toetsingskader. Hierin zijn de volgende eisen opgenomen:

Artikel 8.3 Geluidhinder.

1. Bedrijfsmatige bouw- of sloopwerkzaamheden worden op werkdagen en op zaterdag tussen 7.00 uur en 19.00 uur uitgevoerd.
2. Bij het uitvoeren van de werkzaamheden als bedoeld in het eerste lid worden de in Tabel 13-2 aangegeven dagwaarden en de daarbij behorende maximale blootstellingsduur niet overschreden.

Tabel 13-2 Dagwaarden geluidhinder en daarbij behorende maximale blootstellingsduur

Dagwaarde	≤ 60 dB(A)	> 60 dB(A)	> 65 dB(A)	> 70 dB(A)	> 75 dB(A)	> 80 dB(A)
Maximale blootstellingsduur	Onbeperkt	50 dagen	30 dagen	15 dagen	5 dagen	0 dagen

3. Het bevoegd gezag kan ontheffing verlenen van het eerste en tweede lid. Onverkort het gestelde in de ontheffing, wordt bij het uitvoeren van bouw- of sloopwerkzaamheden gebruik gemaakt van de best beschikbare stille technieken.
4. Indien het bevoegd gezag met betrekking tot het uitvoeren van bouw- of sloopwerkzaamheden beleidsregels als bedoeld in titel 4.3 van de Algemene wet bestuursrecht heeft vastgesteld, is in afwijking van het derde lid geen ontheffing vereist indien het uitvoeren van de werkzaamheden voldoet aan die beleidsregels en het bevoegd gezag ten minste twee werkdagen voor de feitelijke aanvang van die werkzaamheden in kennis is gesteld van de aanvang van de werkzaamheden.

De dagwaarde is gelijk aan het langtijdgemiddeld beoordelingsniveau ($L_{Ar,LT}$) in de dagperiode (07.00 tot 19.00 uur), vermeerderd met een eventuele toeslag van 5 dB(A) voor geluid met een impulsachtig karakter.

Voor eventuele aanlegwerkzaamheden waarop het Bouwbesluit 2012 niet van toepassing is, wordt het aspect geluid beoordeeld op basis van de Circulaire Bouwlawaai 2010. Dit toetsingskader komt in grote lijnen overeen met dat van het Bouwbesluit 2012, maar in de Circulaire Bouwlawaai 2010 worden werkzaamheden op zaterdag alleen door middel van een ontheffing toegestaan. Voor geluidbronnen die continu in bedrijf zijn, zoals grondwaterpompen, adviseert de Circulaire Bouwlawaai in de ontheffing voor de avond- en nachtperiode een geluidnorm voor het langtijdgemiddeld beoordelingsniveau te stellen van ten hoogste 45 dB(A) respectievelijk 40 dB(A) op de dichtstbijzijnde geluidgevoelige bestemmingen. Dit komt overeen met een grenswaarde van 50 dB(A) etmaalwaarde.

Exploitatieboring en affakkelen

Als gevolg van de boorwerkzaamheden en het affakkelen tijdens het testen zal er sprake zijn van geluidsproductie. Tijdens het opbouwen en afbreken van de boorinstallatie zal geluidemissie ontstaan door montagewerkzaamheden en door transportbewegingen voor de aan- en afvoer van materiaal en materieel. Tijdens de boring zullen de boorinstallatie en de hulpinstallaties geluid produceren. Ook tijdens het testen zal geluid worden geproduceerd. Het affakkelen vindt middels 4 fakkels van 21 meter hoog plaats. Om veiligheidsredenen wordt gedurende 48 uur, 3 keer 8 uur verdeeld over 36 uur en vervolgens 24 uur continue, vrijkomende gas afgefakkeld.

Sinds 1 juli 2008 is het Barmm van kracht. In dit besluit worden eisen gesteld aan de geluidsemissie tijdens de aanlegfase en het testen (zie Tabel 13-3). Er wordt een omgevingsvergunning verleend, die voorschriften mogen niet overschreden worden.

Tabel 13-3 Eisen uit het Barmm aangaande geluidsimmissie

Omschrijving	07.00-19.00 uur	19.00-23.00 uur	23.00-07.00 uur
LAR, LT op een afstand van 300 meter vanaf de mobiele installatie	60 dB(A)	55 dB(A)	50 dB(A)
LAR, LT in geluidsgevoelige gebouwen op een afstand van 300 meter of minder vanaf de mobiele installatie	40 dB(A)	35 dB(A)	30 dB(A)
LAmax op een afstand van 300 meter vanaf de mobiele installatie	70 dB(A)	65 dB(A)	60 dB(A)

Winning

Voor de beoordeling van het geluid tijdens de winning wordt gebruik gemaakt van de ‘Handreiking Industrielawaai en Vergunningverlening’, oktober 1998 van het voormalige Ministerie van VROM. Deze ministeriële handreiking richt zich vooral op niet gezoneerde industrieterreinen en solitaire bedrijven. Als een gemeente eigen beleid ontwikkelt voor industriegeluid, door een zogenaamde Nota Industrielawaai op te stellen, vormt dit het toetsingskader voor de eisen in milieuvergunningen. Voor zover bekend heeft de

gemeente Noardeast-Fryslân nog geen eigen beleid voor industrielawaai vastgesteld. Dit betekent dat bij het opstellen van geluidvoorschriften gebruik moet worden gemaakt van de systematiek van richt- en grenswaarden conform Hoofdstuk 4 van voornoemde Handreiking.

Voor woonbestemmingen beveelt de Handreiking de in Tabel 13-4 opgenomen richtwaarden. Bij vergunningverlening wordt voor het aspect geluid als volgt gehandeld:

Voor nieuwe inrichtingen:
- Bij de eerste toetsing worden de richtwaarden van Tabel 13-4 gehanteerd.
- Overschrijding van deze richtwaarden kan toelaatbaar zijn op grond van een bestuurlijk afwegingsproces.
- Een belangrijke rol daarbij speelt het bestaande referentieniveau van het omgevingsgeluid.
- Als maximum niveau geldt de "etmaalwaarde[14]" van 50 dB(A) op de gevel van de dichtstbijzijnde woningen of het referentieniveau van het omgevingsgeluid.

Voor bestaande inrichtingen:
- Bij herziening van vergunningen worden de richtwaarden volgens Tabel 13-4 steeds opnieuw getoetst.
- Overschrijding van de richtwaarden is mogelijk tot het referentieniveau van het omgevingsgeluid.
- Overschrijding van het referentieniveau van het omgevingsgeluid tot een maximum.
- “Etmaalwaarde" van 55 dB(A) kan in sommige gevallen toelaatbaar worden geacht op grond van een bestuurlijk afwegingsproces waarbij de geluidbestrijdingskosten een belangrijke rol dienen te spelen.

Wanneer het bestaande (vergunde) niveau ten gevolge van de inrichting hoger is dan de "etmaalwaarde" van 55 dB(A), dient bij de opstelling van vergunningvoorschriften de laatstgenoemde waarde óf het referentieniveau van het omgevingsgeluid als maximum te worden gehanteerd.

Voor het bovenstaande geldt steeds dat een verhoging van de richtwaarden alleen kan worden toegestaan na toepassing van de Beste Beschikbare Technieken (BBT) om de geluidemissie zoveel mogelijk te beperken.

De omgeving van de productielocatie kan het beste worden gekarakteriseerd als een landelijke omgeving. Hiervoor geldt ter plaatse van woningen een richtwaarde voor het langtijdgemiddeld beoordelingsniveau van 40 dB(A) in de dagperiode, 35 dB(A) in de avondperiode en 30 dB(A) in de nachtperiode.

Tabel 13-4 Richtwaarden voor woonomgevingen

Aard van de woonomgeving	Aanbevolen richtwaarden in de woonomgeving in dB(A)		
	Dag	Avond	Nacht
Landelijke omgeving	40	35	30
Rustige woonwijk, weinig verkeer	45	40	35
Woonwijk in de stad	50	45	40

Voor de maximale geluidniveaus L_{Amax} wordt gestreefd naar niveaus die ter plaatse van woningen niet meer dan 10 dB(A) hoger zijn dan de langtijdgemiddelde beoordelingsniveaus. De grenswaarden voor het maximale geluidniveau zijn echter hoger:

- 70 dB(A) in de dagperiode.
- 65 dB(A) in de avondperiode.
- 60 dB(A) in de nachtperiode.

[14] De etmaalwaarde is de hoogste waarde van:
- het langtijdgemiddeld beoordelingsniveau $L_{Ar,LT}$ in de dagperiode (07.00-19.00 uur);
- het langtijdgemiddeld beoordelingsniveau $L_{Ar,LT}$ in de avondperiode (19.00-23.00 uur) + 5 dB(A);
- het langtijdgemiddeld beoordelingsniveau $L_{Ar,LT}$ in de nachtperiode (23.00-07.00 uur) + 10 dB(A).

Indirect geluid vanwege verkeer van en naar de inrichting

Voor vergunningplichtige inrichtingen wordt het verkeer van en naar de inrichting beoordeeld op basis van de Circulaire 'Geluidhinder veroorzaakt door het wegverkeer van en naar de inrichting; beoordeling in het kader van de vergunningverlening op basis van de Wet milieubeheer' van 29 februari 1996 van het voormalige Ministerie van VROM. Deze circulaire adviseert een voorkeursgrenswaarde van 50 dB(A) etmaalwaarde en een maximale grenswaarde van 65 dB(A) etmaalwaarde. Op basis hiervan wordt voor de effectbeoordeling uitgegaan van:

- Een richtwaarde van 50 dB(A) etmaalwaarde op woningen en op andere geluidgevoelige bestemmingen.
- Een maximale grenswaarde van 65 dB(A) etmaalwaarde op woningen en op andere geluidgevoelige bestemmingen.

13.2.2 Luchtkwaliteit

In Tabel 13-5 zijn de relevante beleid- en regelgeving weergegeven voor het thema luchtkwaliteit.

Tabel 13-5 Beleidskader Luchtkwaliteit

Beleid of regelgeving	Inhoud & relevantie
Europees	
Europese richtlijn (2008/50/EG) voor luchtkwaliteit	Het Nederlandse beleidskader voor luchtkwaliteit in de buitenlucht vloeit voort uit Europese richtlijnen. In deze richtlijn zijn de meeste eerdere Europese richtlijnen samengebracht. Deze richtlijn schrijft o.a. grenswaarden voor de jaargemiddelde concentratie en gemiddelde stedelijke achtergrondconcentratie van NO_2, PM_{10} en $PM_{2.5}$ voor.
Nationaal	
Wet milieubeheer titel 5.2	Deze titel bevat de luchtkwaliteitseisen waaraan moet worden getoetst (Wm artikel 5.16, eerste lid). Onderdeel hiervan is ook het toepasbaarheidsbeginsel (artikel 5.19 lid 2) dat voorschrijft op welke plaatsen niet getoetst hoeft te worden.
Regeling beoordeling luchtkwaliteit 2007 inclusief alle latere wijzigingen.	Hierin is beschreven hoe de luchtkwaliteit moet worden berekend en beoordeeld. Onderdeel hiervan is ook het blootstellingscriterium (artikel 22) dat ingaat op de periode waaraan personen aan concentraties kunnen worden blootgesteld.
Besluit en regeling niet in betekenende mate bijdragen (luchtkwaliteit)	Bevat de uitvoeringsregels voor 'Niet in betekenende mate bijdragen' (NIBM).
Besluit gevoelige bestemmingen	Hierin zijn beperkingen beschreven voor vestiging van 'gevoelige bestemmingen'[15] in de nabijheid van provinciale- en rijkswegen.
Wet ruimtelijke ordening (Wro)	Regelt hoe de ruimtelijke plannen van Rijk, provincies en gemeenten tot stand komen. Ruimtelijke plannen van het Rijk, provincie of gemeenten kunnen middels de Wro mogelijk gemaakt worden met een inpassingsplan (Rijksinpassingsplan of provinciaal inpassingsplan) of een bestemmingsplan.

Toetsingskader stikstofdioxide

Vanaf 1 januari 2015 geldt er een grenswaarde van 40 µg/m^3 als de jaargemiddelde concentratie en een uurgemiddelde concentratie van 200 µg/m^3 die maximaal 18 keer per jaar mag worden overschreden. In Tabel 13-6 is een overzicht gegeven van de grenswaarden en plandrempels voor stikstofdioxide.

[15] De volgende gebouwen met de bijbehorende terreinen zijn een gevoelige bestemming: scholen, kinderdagverblijven, en verzorgings-, verpleeg- en bejaardentehuizen.

Tabel 13-6 Overzicht grenswaarden stikstofdioxide

Toetsingseenheid	Maximale concentratie	Opmerking
Jaargemiddelde concentratie: grenswaarde per 01-01-2015	40 µg/m3	
Uurgemiddelde concentratie: grenswaarde per 01-01-2015	200 µg/m3	Overschrijding maximaal 18 keer per kalenderjaar toegestaan

Toetsingskader fijn stof

Voor fijn stof (PM_{10}) geldt een grenswaarde voor de jaargemiddelde concentratie van 40 µg/m^3 en de 24-uurgemiddelde concentratie van 50 µg/m^3 die maximaal 35 dagen per jaar mag worden overschreden.

Voor zeer fijne stof ($PM_{2,5}$) geldt sinds 2015 een grenswaarde van 25 µg/m^3. In Tabel 13-7 is een overzicht gegeven van de grenswaarden voor fijn stof.

Tabel 13-7 Overzicht grenswaarden fijn stof (PM_{10} en $PM_{2.5}$)

Toetsingseenheid	Maximale concentratie	Opmerking
PM10 Jaargemiddelde concentratie: grenswaarde per 11-06-2011	40 µg/m3	
PM10 24-uurgemiddelde concentratie: grenswaarde per 11-06-2011	50 µg/m3	Overschrijding maximaal 35 dagen per kalenderjaar toegestaan
PM2.5 Jaargemiddelde concentratie: grenswaarde per 01-01-2015	25 µg/m3	

13.2.3 Lichthinder

In Tabel 13-8 is het relevante beleid en regelgeving weergegeven voor het thema licht.

Tabel 13-8 Beleidskader licht

Beleid of regelgeving	Inhoud & relevantie
Nationaal Beleid	Op het gebied van lichthinder is nog geen landelijk beleid voor handen. In vervolg op de Taskforce Verlichting van het voormalige ministerie van VROM worden gemeenten en provincies gestimuleerd energiebesparend om te gaan met verlichting van openbare ruimte en lichtvervuiling tegen te gaan. Veel provincies en gemeenten hebben beleid ontwikkeld op dit gebied. Samengevat komt de kern van het beleid ten aanzien van licht neer op het volgende: Donkerte hoort samen met onder andere rust en ruimte tot één van de kernkwaliteiten van het landschap.
Gemeentelijk en provinciaal beleid	De bescherming van donkerte heeft een basis in het milieubeleidsplan en maakt onderdeel uit van het gemeentelijk en provinciaal beleid.
NSVV-richtlijnen	De Nederlandse Stichting voor Verlichtingskunde (NSVV) heeft richtlijnen uitgegeven ten aanzien van voorkoming van lichthinder (2014). In deze richtlijn zijn enkele visuele effecten beschreven die tot lichthinder kunnen leiden. Één van deze effecten is de directe lichtinval. Als parameter ter bepaling van dit effect wordt de verticale verlichtingssterkte in een punt in een relevant oppervlak (Ev in lux) gehanteerd. Bij woningen zijn dit meestal de verticale (gevel-) oppervlakken, vooral de ramen.

NSVV-richtlijnen

In de NSVV-richtlijn (november 2014) zijn gebieds- en periodeafhankelijke normen opgenomen. Hierbij wordt onderscheid gemaakt tussen een viertal gebiedstyperingen/zones met elk een eigen norm (zie Tabel 5.1):

- E1: gebieden met een zeer lage omgevingshelderheid, in het algemeen natuurgebieden en landelijke gebieden ver van woonkernen.
- E2: gebieden met een lage omgevingshelderheid, in het algemeen buiten stedelijke en landelijke (woon)gebieden.
- E3: gebieden met een gemiddelde omgevingshelderheid, in het algemeen stedelijke (woon)gebieden.
- E4: gebieden met een hoge omgevingshelderheid, in het algemeen stedelijke gebieden met nachtelijke activiteiten, zoals uitgaanscentra en industriegebied.

De normen zijn weergegeven in onderstaande Tabel 13-9.

Tabel 13-9 Richtwaarden voor verlichtingssterkte (Ev) ter voorkoming van lichthinder

Periode	E1: natuurgebied	E2: landelijk gebied	E3: stedelijk gebied	E4: stadscentrum/ industriegebied
07.00 – 23.00 uur	2 lux	5 lux	10 lux	25 lux
23.00 – 07.00 uur	1 lux	1 lux	2 lux	5 lux

Om een indruk te geven van verlichtingssterkten, is in onderstaande Tabel 13-10 een aantal situaties weergegeven met de daarbij passende lichtsterkten.

Tabel 13-10 Verlichtingsterkte in een aantal situaties (De Molenaar, et al., 2003)

Situatie	Verlichtingssterkte (lux)
Daglicht bij volle zon midden zomer	50.000 – 100.000
Daglicht bij betrokken hemel	1.000 - 10.000
Daglicht gemiddeld	5.000
Schemering	10
Volle maan bij heldere hemel	0,25
Nieuwe maan bij heldere hemel	0,002
Geheel maanloze, zwaar bewolkte nacht	0,001
Bureauverlichting	200 - 800
Leeslicht (werkvlak)	400
's avonds normaal verlichte kamer	25 -50
Leesdrempel mens (krant te lezen)	0,3
Grens kleuren zien mens	0,1
Grens zien voor aan donker geadapteerd oog mens	0,0001

13.3 Beoordelingskader

De effecten voor de thema's geluid, luchtkwaliteit en licht worden bepaald op basis van de beoordelingscriteria uit Tabel 13-11. Onder de tabel volgt per criterium een toelichting op de beoordelingscriteria en gehanteerde methode.

Tabel 13-11 Beoordelingskader geluid, luchtkwaliteit en licht

Thema	Beoordelingscriterium	Meeteenheid
Geluid	Geluidhinder	Toe- of afname geluidbelasting
Luchtkwaliteit	Verandering luchtkwaliteit	Verandering jaargemiddelde concentraties NO_2 en fijn stof
Licht	Directe lichtinval	Verandering verlichtingssterkte bij de omwonenden
	Zichtbaarheid	Verandering zichtbaarheid (lichtwaas)

Geluidhinder

Voor het thema geluid worden twee deelcriteria onderscheiden:

- Geluidbelasting op woningen, andere geluidgevoelige gebouwen en geluidgevoelige terreinen. Dit criterium wordt kortheidshalve verder aangeduid als geluidbelasting op woningen.
- Geluidbelasting op 'gevoelige' gebieden (stiltegebieden, natuurgebieden).

Voorliggend hoofdstuk richt zich op de beschrijving van de effecten op de woonomgeving en gaat derhalve alleen op het eerste criterium in. De effecten op natuur, het tweede criterium, worden beschreven in het hoofdstuk Ecologie.

Voor de beoordeling van de aanleg- en verwijderingsfase wordt in eerste instantie getoetst aan de dagwaarde van 60 dB(A), waarvoor een onbeperkte blootstellingsduur geldt. Bij overschrijding van deze dagwaarde wordt getoetst of er voldaan wordt aan de maximaal toegestane blootstellingsduur of dat het nodig wordt geacht om een ontheffing aan te vragen. Voor activiteiten in de avond- en nachtperiode wordt getoetst aan een langtijdgemiddeld beoordelingsniveau van 45 dB(A) in de avond- en 40 dB(A) in de nachtperiode.

Voor de beoordeling van de winning wordt in eerste instantie getoetst aan de richtwaarde van 40 dB(A) etmaalwaarde voor een landelijke omgeving. De eventuele geluidhinder zal dan minimaal zijn. Bij overschrijding van de richtwaarde wordt getoetst aan de grenswaarde van 50 dB(A) etmaalwaarde voor een nieuwe inrichting. Als net aan de grenswaarde wordt voldaan, mag verwacht worden dat er hinder optreedt, maar wordt het hinderniveau nog acceptabel geacht.

Voor vergunningplichtige inrichtingen wordt het verkeer van en naar de inrichting beoordeeld op basis van de Circulaire 'Geluidhinder veroorzaakt door het wegverkeer van en naar de inrichting; beoordeling in het kader van de vergunningverlening op basis van de Wet milieubeheer' van 29 februari 1996 van het voormalige Ministerie van VROM. Deze circulaire adviseert een voorkeursgrenswaarde van 50 dB(A) etmaalwaarde en een maximale grenswaarde van 65 dB(A) etmaalwaarde. Op basis van hiervan wordt voor de effectbeoordeling uitgegaan van:

- Een richtwaarde van 50 dB(A) etmaalwaarde op woningen en op andere geluidgevoelige bestemmingen.
- Een maximale grenswaarde van 65 dB(A) etmaalwaarde op woningen en op andere geluidgevoelige bestemmingen.

De aanleg van de productielocatie en het leidingtracé en de exploitatieboring vallen onder de aanlegfase. Omdat de exploitatieboring voor het aspect geluid onder andere wetgeving valt dan de overige reguliere bouwwerkzaamheden, is de exploitatieboring apart beoordeeld. Het beoordelingskaders voor het thema geluid is voor de aanleg- en verwijderingsfase weergegeven in Tabel 13-12, voor de exploitatieboring en affakkelen in Tabel 13-13, voor de winning in Tabel 13-14

Tabel 13-14 en voor indirecte hinder (verkeersaantrekkende werking) in Tabel 13-15.

Tabel 13-12 Beoordelingsschaal geluidhinder aanleg- en verwijderingsfase

Score	Beoordelingscriterium
++	Niet van toepassing
+	Niet van toepassing
0/+	Niet van toepassing
0	Het geluid voldoet aan de grenswaarde van 50 dB(A) etmaalwaarde dat voor de winning geldt (strengere norm)
0/-	Het geluid voldoet aan een dagwaarde van 60 dB(A) en een langtijdgemiddeld beoordelingsniveau van 45 dB(A) in de avond- en 40 dB(A) in de nachtperiode uit het Bouwbesluit
-	Het geluid overschrijdt een dagwaarde van 60 dB(A), maar de blootstellingsduur voldoet aan de eis in het Bouwbesluit 2012 of het geluid overschrijdt een langtijdgemiddeld beoordelingsniveau van 45 dB(A) in de avond- en 40 dB(A) in de nachtperiode met ten hoogste 5 dB(A)
- -	Zeer negatief effect Het geluid overschrijdt de reguliere geluideis in het Bouwbesluit 2012 of het geluid overschrijdt een langtijdgemiddeld beoordelingsniveau van 45 dB(A) in de avond- en 40 dB(A) in de nachtperiode met meer dan 5 dB(A)

Tabel 13-13 Beoordelingsschaal geluidhinder exploitatieboring en affakkelen

Score	Beoordelingscriterium
++	Niet van toepassing
+	Niet van toepassing
0/+	Niet van toepassing
0	Het geluid voldoet aan de grenswaarde van 50 dB(A) etmaalwaarde dat voor de winning geldt (strengere norm)
0/-	Het geluid voldoet aan de grenswaarde van 60 dB(A) etmaalwaarde voor de exploitatieboring
-	Het geluid overschrijdt de grenswaarde van 60 dB(A) etmaalwaarde met ten hoogste 5 dB(A)
- -	Het geluid overschrijdt de grenswaarde van 60 dB(A) met meer dan 5 dB(A)

Tabel 13-14 Beoordelingsschaal geluidhinder winning

Score	Beoordelingscriterium
++	Niet van toepassing
+	Niet van toepassing
0/+	Niet van toepassing
0	Het geluid voldoet aan de richtwaarde van 40 dB(A) etmaalwaarde voor een landelijke omgeving
0/-	Het geluid overschrijdt de richtwaarde van 40 dB(A) etmaalwaarde voor een landelijke omgeving met maximaal 5 dB(A), maar voldoet aan de grenswaarde van 50 dB(A) etmaalwaarde
-	Het geluid overschrijdt de richtwaarde van 40 dB(A) etmaalwaarde voor een landelijke omgeving met maximaal 10 dB(A), maar voldoet aan de grenswaarde van 50 dB(A) etmaalwaarde
- -	Het geluid overschrijdt de grenswaarde van 50 dB(A) etmaalwaarde

Tabel 13-15 Beoordelingsschaal indirecte hinder in aanleg-, winnings- en verwijderingsfase

Score	Beoordelingscriterium
++	Niet van toepassing
+	Niet van toepassing
0/+	Niet van toepassing
0	Het geluid voldoet aan de richtwaarde van 50 dB(A) etmaalwaarde uit de Circulaire van 29 februari 1996
0/-	Het geluid overschrijdt de richtwaarde van 50 dB(A) etmaalwaarde met maximaal 5 dB(A), maar voldoet aan de maximale grenswaarde van 65 dB(A) etmaalwaarde
-	Het geluid overschrijdt de richtwaarde van 50 dB(A) etmaalwaarde met maximaal 10 dB(A), maar voldoet aan de maximale grenswaarde van 65 dB(A) etmaalwaarde
- -	Het geluid overschrijdt de richtwaarde van 50 dB(A) etmaalwaarde met meer dan 10 dB(A)

Luchtkwaliteit

De aanleg-, winnings- en verwijderingsfase hebben mogelijk effecten op luchtkwaliteitsemissies en-immissies in het plangebied en in de omgeving. Voor het aspect luchtkwaliteit worden deze effecten berekend en kwantitatief beoordeeld. Hierbij worden de effecten in de genoemde fases afgezet tegen de achtergrondconcentraties in de autonome toekomstige situatie (referentiesituatie).

In Nederland zijn de maatgevende luchtverontreinigende stoffen stikstofdioxide (NO_2) en fijn stof (PM_{10} en $PM_{2,5}$). Dit komt doordat de achtergrondconcentraties van deze stoffen op veel locaties al dicht tegen de grenswaarden aanliggen. Om deze reden vindt in voorliggend MER de effectbeoordeling plaats op basis van deze maatgevende stoffen.

Voor NO_2 wordt beoordeeld voor hoeveel woningen de voorgenomen activiteit leidt tot een toename van 1,2 µg/m^3. Dit is 3% van de grenswaarde, ofwel de NIBM-grens[16]. Voor PM_{10} is uitgegaan van een lagere bijdrage, omdat deze bijdrage over het algemeen al een factor 10 lager ligt dan bij NO_2.

Omdat $PM_{2,5}$ onderdeel is van PM_{10}, liggen de concentraties van $PM_{2,5}$ altijd lager dan die van PM_{10}. Tevens geldt dat wanneer de PM_{10} concentraties niet hoger dan 25 µg/m^3 zijn, ook aan de grenswaarden voor $PM_{2,5}$ wordt voldaan. Om deze reden is in de effectbeoordeling naast NO_2 uitsluitend naar PM_{10} gekeken.

[16] NIBM = niet in betekenende mate.

Naast effecten op luchtkwaliteit, kunnen emissies van NO_x ook effect hebben op natuurgebieden (stikstofdepositie). De effecten op natuurgebieden als gevolg van stikstofdepositie worden in het hoofdstuk Ecologie beoordeeld.

Het beoordelingskader voor luchtkwaliteit is weergegeven in Tabel 13-16.

Tabel 13-16 Beoordelingsschaal verandering luchtkwaliteit

Score	Toelichting	
	Effect op NO_2 binnen studiegebied	Effect op PM_{10} en $PM_{2,5}$ binnen studiegebied
++	10 - 20% van aantal woningen en gevoelige bestemmingen* een verbetering van meer dan 1,2 µg/m³	10 - 20% van aantal woningen en gevoelige bestemmingen een verbetering van meer dan 0,4 µg/m³
+	5 - 10% van aantal woningen en gevoelige bestemmingen een verbetering van meer dan 1,2 µg/m³	5 - 10% van aantal woningen en gevoelige bestemmingen een verbetering van meer dan 0,4 µg/m³
0/+	Niet van toepassing. Door middel van een vijfpuntbeoordelingsschaal kan voldoende nuance in de effectbeoordeling worden aangebracht	
0	Minder dan 5% van aantal woningen en gevoelige bestemmingen een verandering van meer dan 1,2 µg/m³	Minder dan 5% van aantal woningen en gevoelige bestemmingen een verandering van meer dan 0,4 µg/m³
0/-	Niet van toepassing. Door middel van een vijfpuntbeoordelingsschaal kan voldoende nuance in de effectbeoordeling worden aangebracht	
-	5 - 10% van aantal woningen en gevoelige bestemmingen een verslechtering van meer dan 1,2 µg/m³	5 - 10% van aantal woningen en gevoelige bestemmingen een verslechtering van meer dan 0,4 µg/m³
- -	10 - 20% van aantal woningen en gevoelige bestemmingen een verslechtering van meer dan 1,2 µg/m³	10 - 20% van aantal woningen en gevoelige bestemmingen een verslechtering van meer dan 0,4 µg/m³

* Scholen, kinderdagverblijven, en verzorgings-, verpleeg- en bejaardentehuizen conform het Besluit gevoelige bestemmingen

Lichthinder

Directe lichtinval

Het aspect directe lichtinval is gebaseerd op de richtlijnen van de NSVV ‘Richtlijn Lichthinder’ van november 2014. In de effectbeoordeling worden de lichteffecten vanwege de kunstmatige verlichting naar de omwonenden vergeleken ten opzichte van de referentiesituaties. De referentiesituatie is beschreven op basis van beschikbare informatie. Op basis van lichtberekeningen is de verlichtingssterkte in de plansituatie berekend. In Tabel 13-17 zijn het beoordelingskader en het beoordelingskader op basis van een vijfpuntenschaal weergegeven. De effecten op natuurgebieden als gevolg van lichtinval worden in het hoofdstuk Ecologie beoordeeld.

Tabel 13-17 Beoordelingsschaal directe lichtinval

Score	Beoordelingscriterium
++	Niet van toepassing
+	Niet van toepassing
0/+	Niet van toepassing
0	Geen verandering, toename verlichtingssterkte bij omwonenden van 0-1 lux
0/-	Niet van toepassing. Door middel van een vijfpuntbeoordelingsschaal kan voldoende nuance in de effectbeoordeling worden aangebracht
-	Gering negatief effect, toename verlichtingssterkte bij omwonenden van 1-2 lux
- -	Groot negatief effect, toename verlichtingssterkte bij omwonenden van > 2 lux

Zichtbaarheid
Het beoordelingscriterium zichtbaarheid wordt beoordeeld op basis van verandering in hemelhelderheid. Het is de luminantie in het zenith. Oftewel, hoe donker – of hoe licht – is het als men recht omhoog kijkt. Dit aspect wordt kwalitatief beschreven op basis van de verwachte verandering in zichtbaarheid in de omgeving ten opzichte van de referentiesituatie. Dit aspect wordt kwalitatief beschreven op basis van de verwachte verandering in zichtbaarheid in de omgeving ten opzichte van de referentiesituatie.

Tabel 13-18 Beoordelingsschaal zichtbaarheid

Score	Beoordelingscriterium
++	Niet van toepassing
+	Niet van toepassing
0/+	Niet van toepassing
0	Geen verandering, toename hemelhelderheid boven het plangebied 0-0,15 mcd/m^2
0/-	Niet van toepassing. Door middel van een vijfpuntbeoordelingsschaal kan voldoende nuance in de effectbeoordeling worden aangebracht
-	Gering negatief effect, toename hemelhelderheid boven het plangebied 0,15-0,30 mcd/m^2
- -	Groot negatief effect, toename hemelhelderheid boven het plangebied >0,30 mcd/m^2

13.4 Referentiesituatie

13.4.1 Geluid

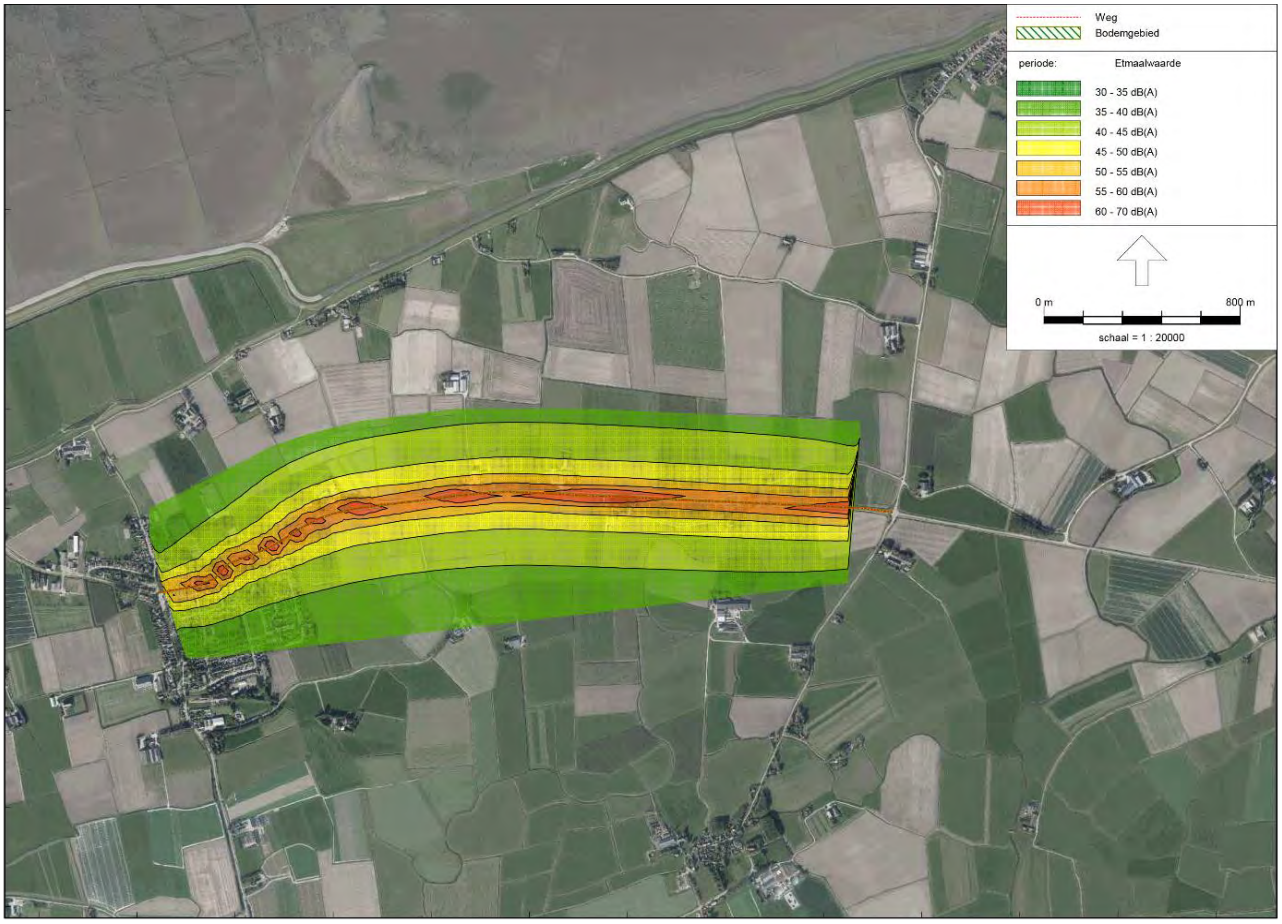
Huidige situatie

In de huidige situatie wordt de geluidbelasting in het studiegebied vooral bepaald door de provinciale weg N358. De verkeersgegevens op deze weg zijn niet bekend. Deze weg betreft een doorgaande weg. Ter hoogte van Ternaard geldt een maximum snelheid van 30 km/uur. De weekdaggemiddelde intensiteit is geschat op basis van de applicatie VI-Lucht en Geluid. De geschatte etmaalintensiteit bedraagt circa 2.500 motorvoertuigen. Het wegdek in Ternaard bestaat uit klinkers en daarbuiten uit asfalt.

Op basis van genoemde uitgangspunten is de geluidbelasting in de huidige situatie berekend. Hieruit blijkt dat ter plaatse van de dichtstbijzijnde woningen het beoordelingsniveau 61 dB(A) in de dagperiode, 56 dB(A) in de avondperiode en 53 dB(A) in de nachtperiode bedraagt. De geluidscontouren als etmaalwaarde zijn in Figuur 13-4 weergegeven.

Autonome ontwikkeling

Ook In de autonome situatie 2018 wordt de geluidbelasting in het studiegebied vooral bepaald door de provinciale weg N358. De verkeersintensiteiten op het beschouwde traject zullen naar verwachten niet tot nauwelijks toenemen in 2018. Hierdoor zal de geluidbelasting in de autonome situatie 2018 nagenoeg gelijk zijn aan de geluidbelasting in de huidige situatie.



Figuur 13-4 Geluidbelasting ten gevolge van wegverkeer in de huidige situatie in nachtperiode

13.4.2 Luchtkwaliteit

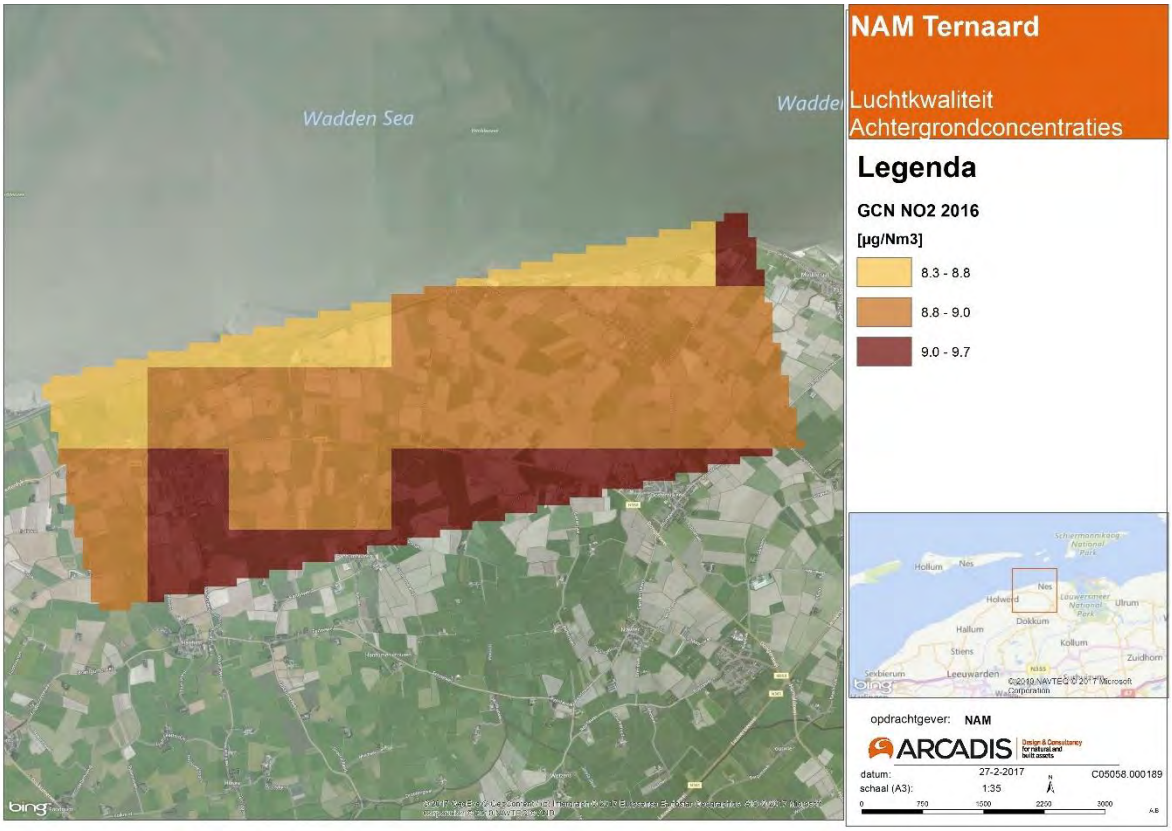
Huidige situatie

De immissieconcentratie van stikstofdioxide (NO_2) en fijn stof (PM_{10}) in de huidige situatie in het plangebied wordt bepaald door industrie, wegverkeer, scheepvaart, landbouw en emissies uit het buitenland.

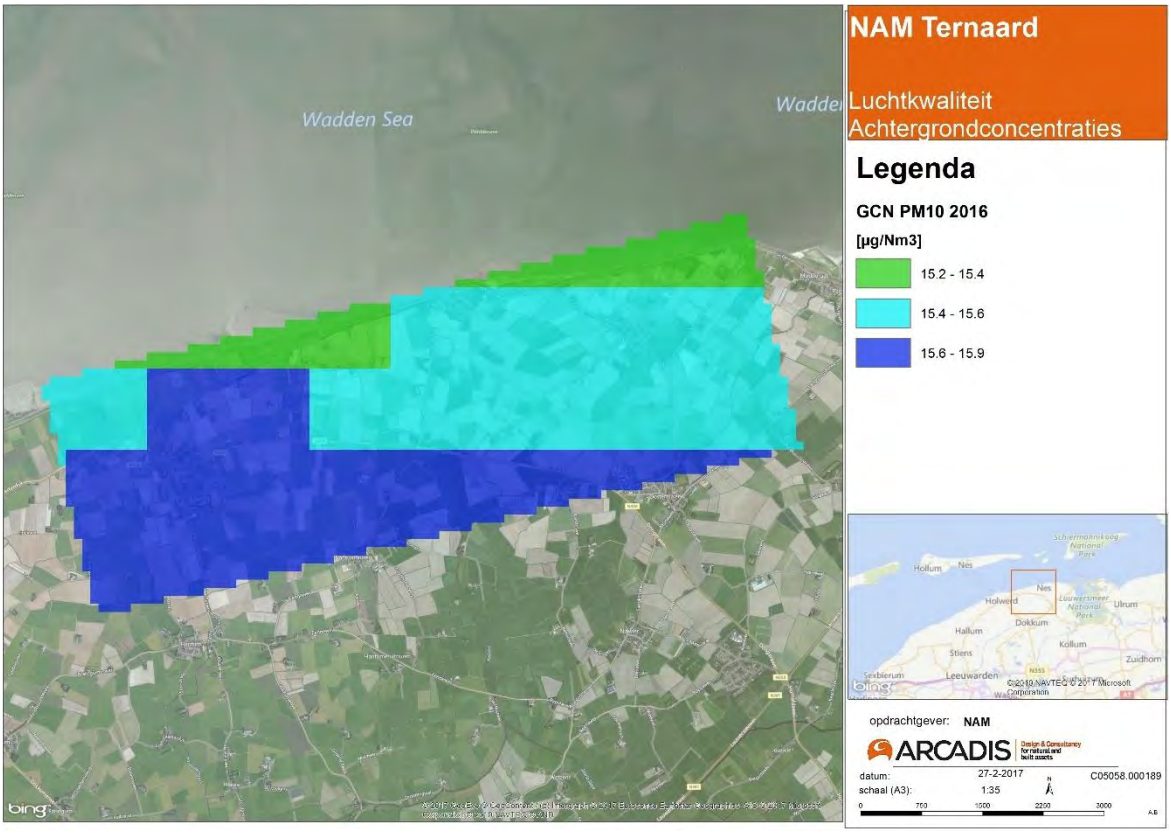
In de huidige situatie wordt de luchtkwaliteit in het onderzoeksgebied bepaald door de grootschalige achtergrondconcentratie (GCN). In Figuur 13-5 en Figuur 13-6 zijn de achtergrondconcentraties voor stikstofdioxide (NO_2) en fijn stof (PM_{10}) weergegeven voor 2016. Er is gebruikgemaakt van de GCN zoals deze door het ministerie van Infrastructuur en Waterstaat op 15 maart 2016 is gepubliceerd.

In de huidige situatie liggen de jaargemiddelde achtergrondconcentraties NO_2 nabij het plangebied tussen 8,3 en 9,7 µg/m³. Hiermee wordt ruimschoots voldaan aan de grenswaarde van 40 µg/m³ voor de jaargemiddelde concentratie.

Ook de jaargemiddelde achtergrondconcentraties PM_{10} liggen in de huidige situatie ver onder de grenswaarde van 40 µg/m³ voor de jaargemiddelde concentratie. De maximale concentratie PM_{10} bedraagt maximaal 15,9 µg/m³ in de omgeving van het plangebied.



Figuur 13-5 Jaargemiddelde achtergrondconcentratie NO2 in de huidige situatie 2016

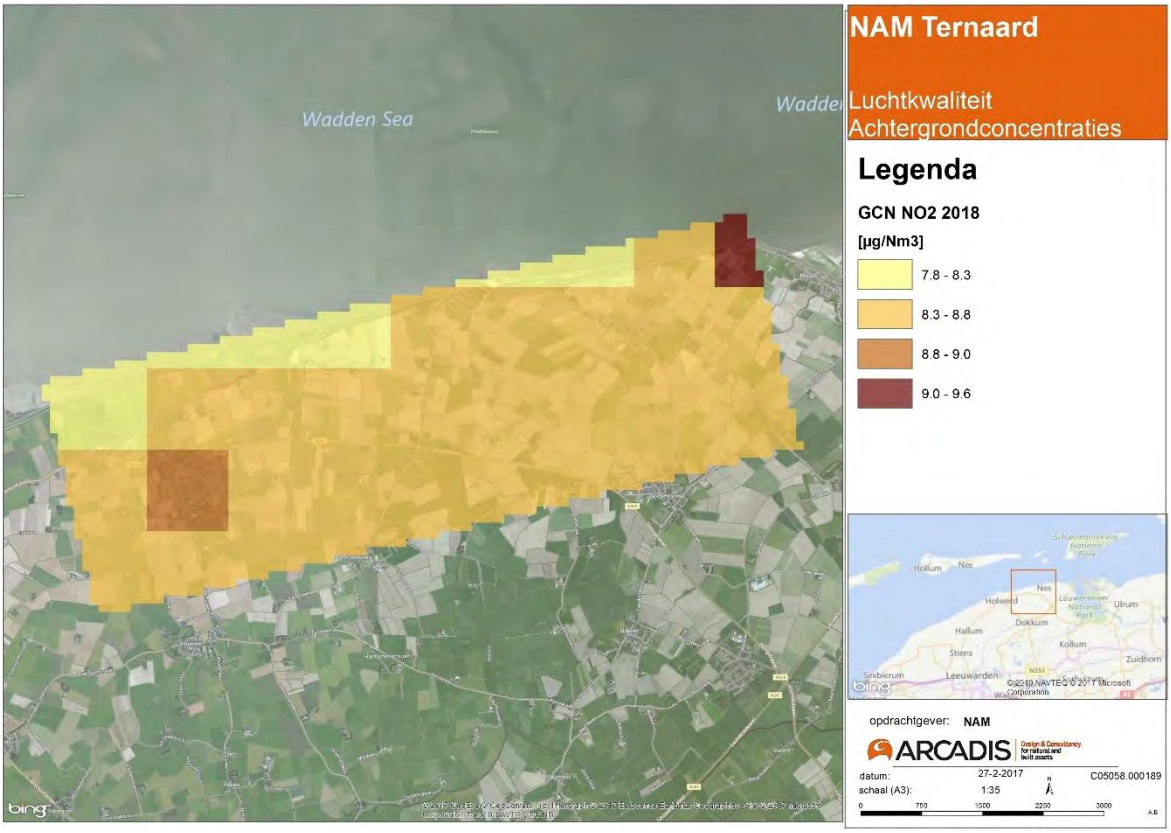


Figuur 13-6 Jaargemiddelde achtergrondconcentratie PM10 in de huidige situatie 2016

Autonome ontwikkeling

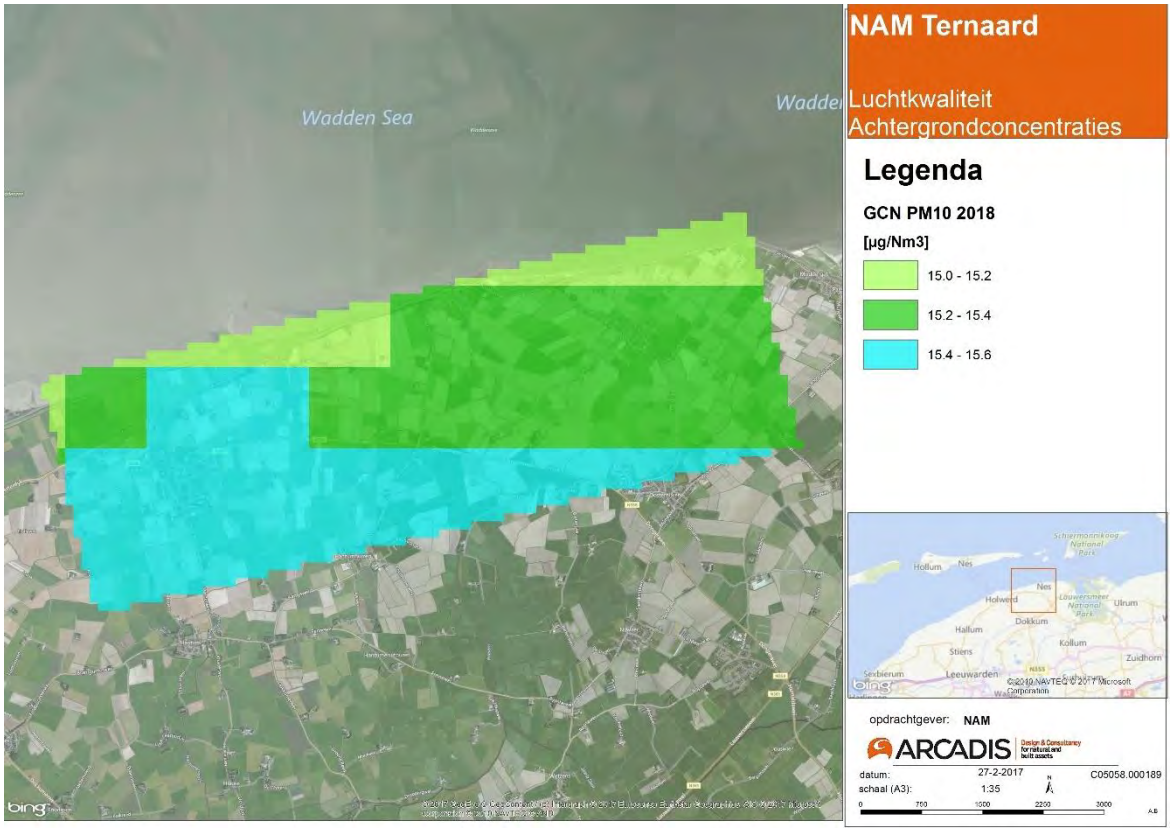
In de autonome situatie 2018 wordt de luchtkwaliteit in het studiegebied bepaald door de grootschalige achtergrondconcentratie (GCN).

In Figuur 13-7 en Figuur 13-8 zijn de jaargemiddelde achtergrondconcentraties voor stikstofdioxide (NO_2) en fijn stof (PM_{10}) weergegeven voor 2018. Er is gebruikgemaakt van de GCN zoals deze door het ministerie van Infrastructuur en Waterstaat op 15 maart 2016 is gepubliceerd.



Figuur 13-7 Jaargemiddelde achtergrondconcentratie NO2 in de autonome situatie 2018

In de autonome situatie 2018 liggen de jaargemiddelde achtergrondconcentraties NO_2 in de omgeving van het plangebied lager dan in de huidige situatie vanwege strengere emissie-eisen en het steeds schoner worden van motorvoertuigen. In 2018 ligging de jaargemiddelde achtergrondconcentraties in de omgeving van het plangebied tussen 7,8 en 9,6 µg/m³. Hiermee wordt ruimschoots voldaan aan de grenswaarde van 40 µg/m³ voor de jaargemiddelde concentratie. Latere jaren reflecteren een verdere afname van de achtergrondconcentraties.



Figuur 13-8 Jaargemiddelde achtergrondconcentratie PM10 in de autonome situatie 2018

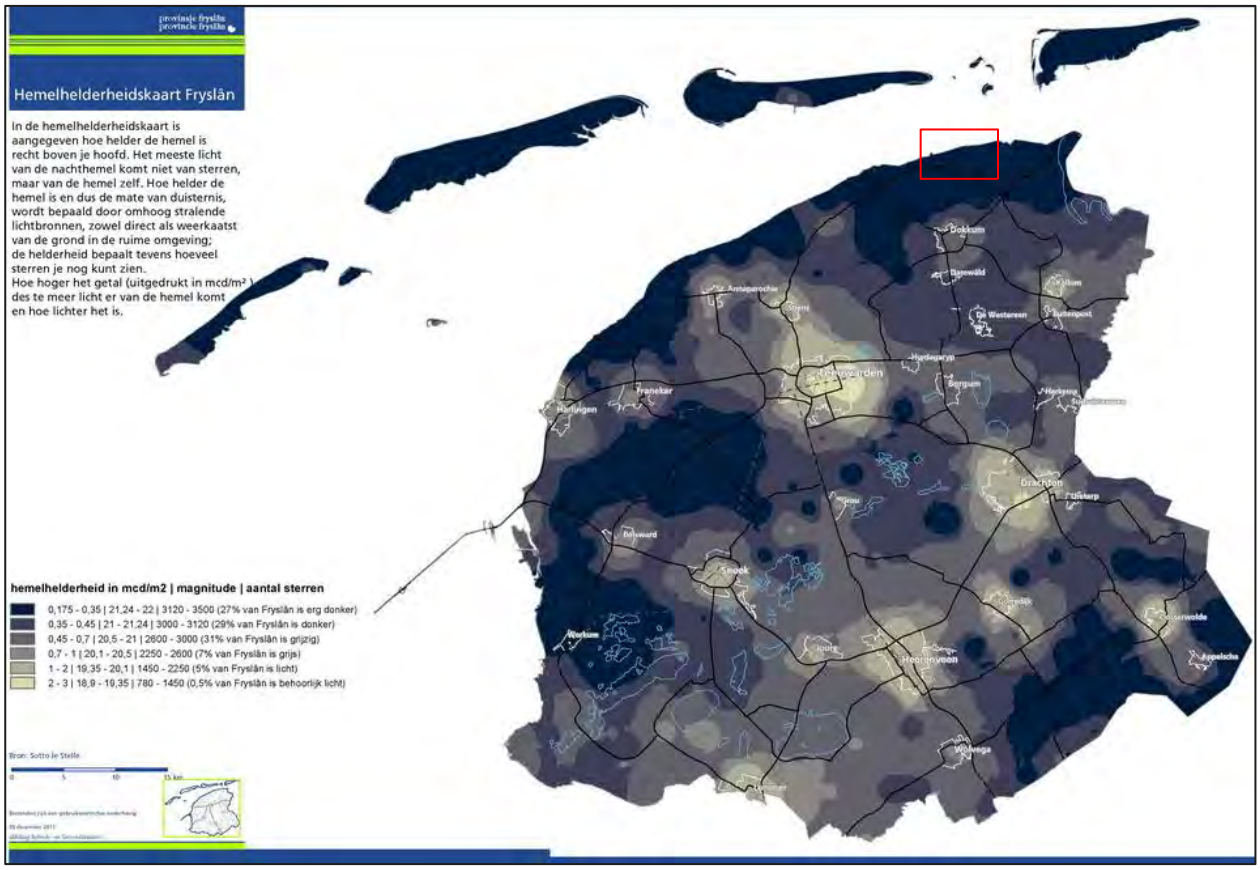
Ook voor fijn stof PM_{10} geldt dat de jaargemiddelde achtergrondconcentratie in de autonome situatie 2018 lager zijn dan in de huidige situatie. De achtergrondconcentratie PM_{10} in het plangebied ligt tussen 15,0 en 15,6 µg/m³. Ook in de autonome situatie wordt ruimschoots aan de grenswaarde voldaan. Ook voor fijn stof geldt dat latere jaren een verdere afname van de achtergrondconcentraties laten zien.

13.4.3 Lichthinder

Huidige situatie

De referentiesituatie voor het thema licht wordt bepaald door de aanwezige lichtbronnen in de huidige situatie. Het gaat om de kunstmatige lichtbronnen langs wegen, in de woonwijken, sportvelden, (vee-)stallen, agrarisch bedrijven e.d. De aanwezige achtergrondlichtsterkte zal per gebied (sterk) verschillen. Op veel locaties wordt de achtergrondlichtsterkte door een natuurlijke lichtbron (maanlicht) bepaald. Bij volle maan en heldere hemel bedraagt de verlichtingssterkte op leefniveau 0,25 lux.

De hemelhelderheid is een maat voor de zichtbaarheid ’s nachts: het is de luminantie in het zenith. Oftewel, hoe donker – of hoe licht – is het als men recht omhoog kijkt. Over het algemeen vinden mensen duisternis belangrijk voor de natuur, om te kunnen slapen en voor het zien van de sterren. Uit Figuur 13-9 komt naar voren dat het plangebied één van de donkerste gebieden in de provincie Fryslân (lage hemelhelderheid) is. De hemelhelderheid in het plangebied bedraagt 0,18 tot 0,35 mcd/m^2 (erg donker).



Figuur 13-9 De hemelhelderheid in de provincie Fryslân, gemeten door Sotto in 2010 en 2011. Plangebied is rood omkadert.

Autonome ontwikkeling

In de autonome situatie 2018 zal naar de verwachting de verlichtingssterke en hemelhelderheid vergelijkbaar zijn met de verlichtingssterke en hemelhelderheid in de huidige situatie. Het provinciale beleid is gericht op het bewaren van donkerte. Er wordt alleen verlicht waar nodig. Hiernaast sturen de provincie en de gemeente op duurzame en innovatieve vormen van verlichting om donkerte te bewaren of de donkerte verder te vergroten.

13.5 Effectbeoordeling

13.5.1 Effectbeoordeling aanlegfase

In Tabel 13-19 is de effectbeoordeling voor milieu voor de aanlegfase gepresenteerd. Na de tabel volgt per criterium een toelichting.

Tabel 13-19 Effectbeoordeling milieu, aanlegfase

Criterium	Ref.	L1-N	L1-Z	L2-N	L2-Z
Geluidhinder:					
Geluidbelasting vanwege heiwerkzaamheden	0	-	-	0/-	0/-
Geluidbelasting vanwege booractiviteiten	0	0/-	0/-	0/-	0/-
Geluidbelasting vanwege aanleg leidingtracé	0	0	0	0	0
Geluidbelasting vanwege affakkelen	0	-	-	0/-	0/-
Geluidbelasting vanwege indirecte hinder	0	0	0	0	0
Luchtkwaliteit					
Immissieconcentratie toename NO_2	0	0	0	0	0
Immissieconcentratie toename PM_{10}	0	0	0	0	0
Lichthinder					
Directe lichtinval	0	0	0	0	0
Zichtbaarheid	0	-	-	-	-

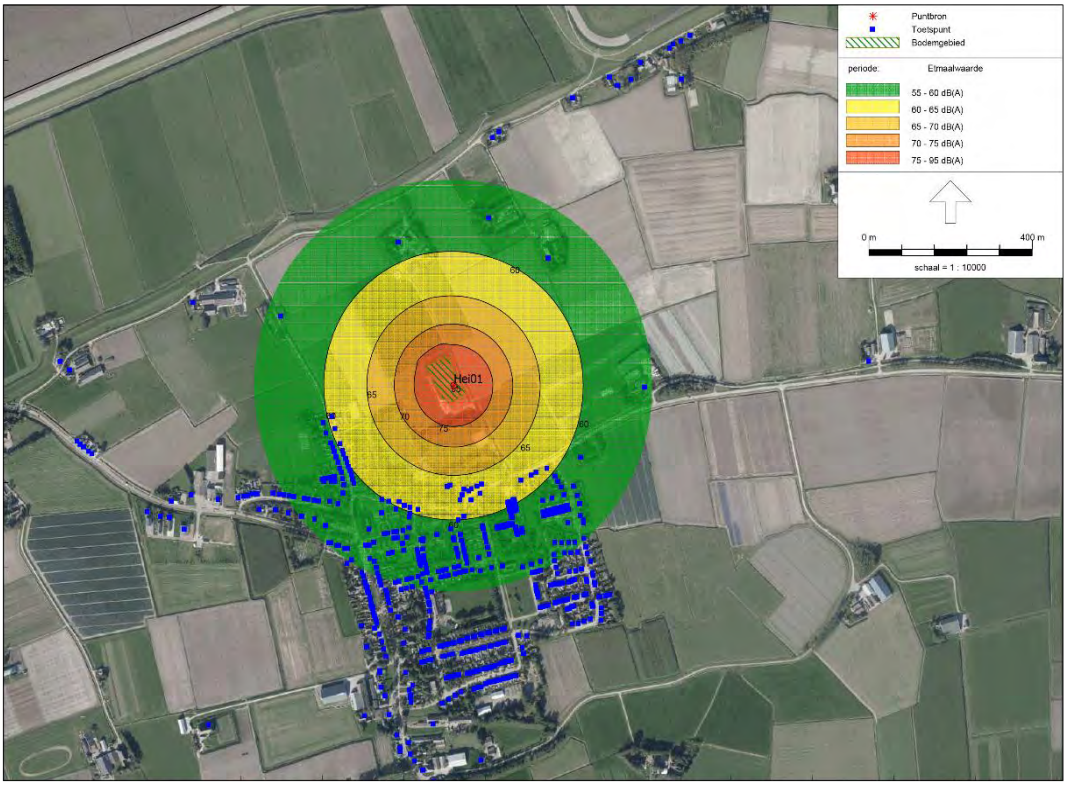
13.5.1.1 Geluid

In de aanlegfase wordt de geluidbelasting bepaald door de heiwerkzaamheden in de voorbereidingsfase gedurende 10 tot 15 dagen, vervolgens door booractiviteiten gedurende 4,5 maanden en daarna de aanleg van het leidingtracé naar Moddergat. Hieronder zijn allereerst de effecten in de aanlegfase van Locatie 1 beschreven. Vervolgens zijn de effecten in de aanlegfase van Locatie 2 beschreven. Hierna zijn de effecten van de leidingtracés noord en zuid beschreven. De effecten van de leidingtracés zijn daarbij niet onderscheidend voor Locatie 1 of Locatie 2.

Locatie 1

Heiwerkzaamheden

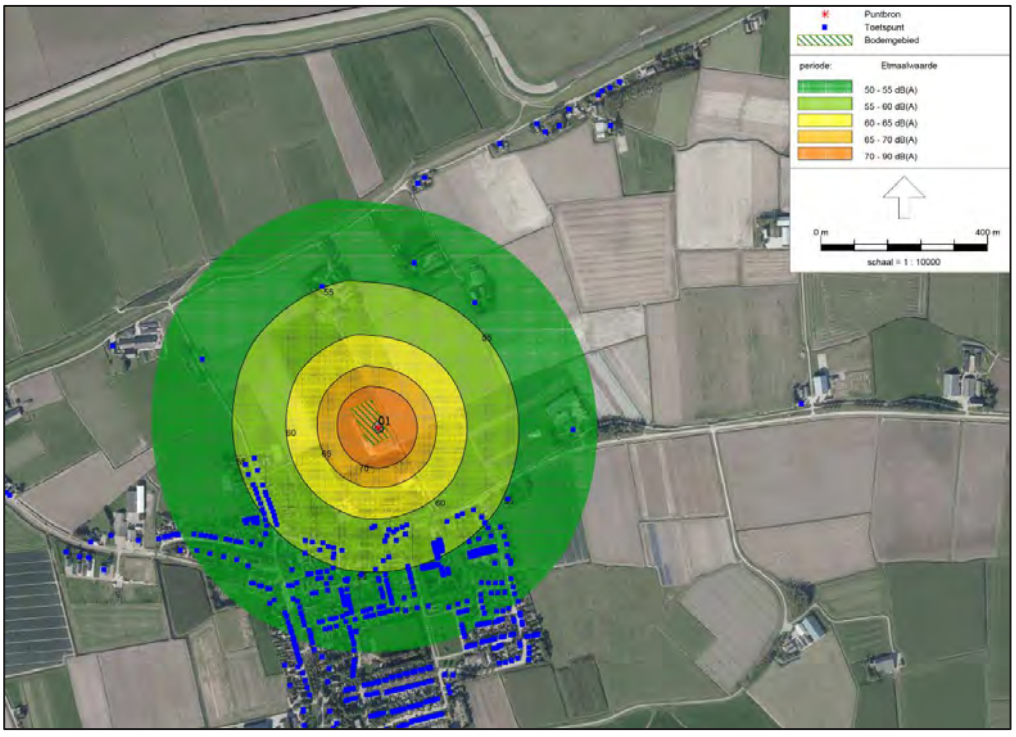
De geluidscontouren ten gevolge van de heiwerkzaamheden zijn in Figuur 13-10 weergegeven. De geluidbelasting bedraagt maximaal 65 dB(A) ter plaatse van de woningen in de dagperiode. Deze geluidbelasting kan maximaal 50 dagen optreden. Hiermee wordt voldaan aan de eis voor blootstellingsduur uit het Bouwbesluit, maar wordt de dagwaarde van 60 dB(A) overschreden met maximaal 5 dB(A). Derhalve is het geluid vanwege heiwerkzaamheden als negatief (score: -) beoordeeld.



Figuur 13-10 Geluidscontouren heiwerkzaamheden in de dagperiode Locatie 1

Booractiviteiten

De geluidscontouren als etmaalwaarde ten gevolge van booractiviteiten zijn in Figuur 13-11 weergegeven. Binnen de 60 dB(A) contour etmaalwaarde liggen geen woningen. De hoogste berekende geluidbelasting ter plaatse van woningen bedraagt 59 dB(A) etmaalwaarde. Hiermee wordt de strengere grenswaarde dat geldt voor de winning overschreden, maar er wordt voldaan aan de grenswaarde van 60 dB(A) etmaalwaarde uit Barmm. Derhalve is de geluidbelasting tijdens de aanlegfase als licht negatief (score: 0/-) beoordeeld.

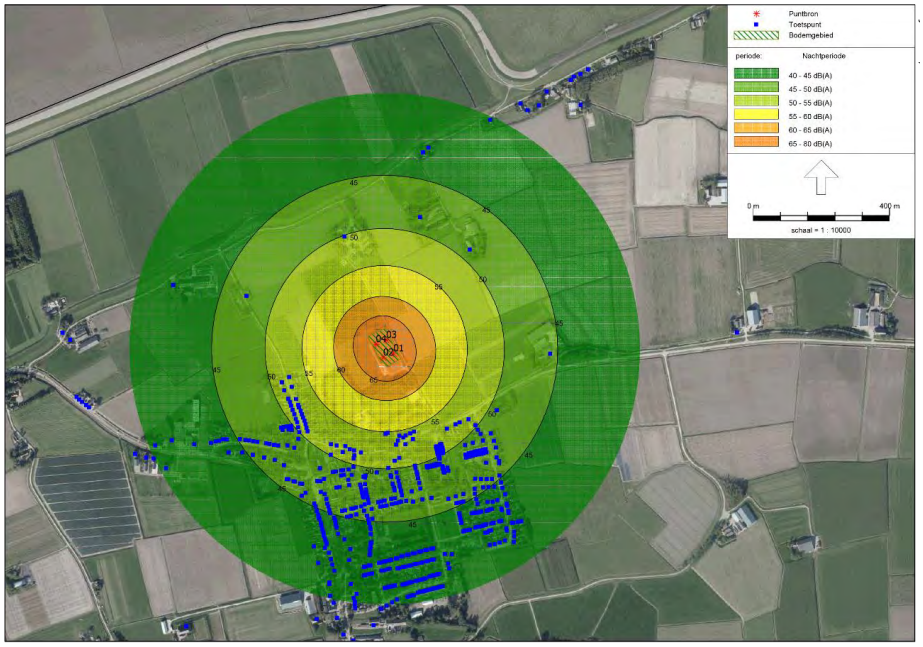


Figuur 13-11 Geluidscontouren etmaalwaarde booractiviteiten Locatie 1, zonder geluidswal

Affakkelen

Het affakkelen vindt middels 4 fakkels van 21 meter hoog plaats. Om veiligheidsredenen wordt gedurende 48 uur, in 3 keer 8 uur verdeeld over 36 uur en vervolgens 24 uur continue, vrijkomende gas afgefakkeld. De geluidscontouren in de maatgevende nachtperiode zijn opgenomen in Figuur 13-12.

De geluidbelasting vanwege het affakkelen bedraagt ten hoogste 55 dB(A) in de dag-, avond- en nachtperiode. Deze geluidbelasting treedt gedurende maximaal 48 uur op. De grenswaarde van 50 dB(A) in de nachtperiode wordt met maximaal 5 dB(A) overschreden. Conform Tabel 13-13 de in beschreven beoordelingsschaal wordt de omvang van de geluidbelasting ten gevolge van het affakkelen als negatief (score: -) beoordeeld.



Figuur 13-12 Geluidscontouren nachtperiode tijdens affakkelen

Indirecte hinder aanlegfase

De mogelijke transportroutes van en naar Locatie 1 zijn in onderstaande afbeelding weergegeven. Uit de verkeerstudie (zie verkeersrapport komt naar voren dat route 3 (rood op kaart) de meest wenselijke is. Deze route loopt buiten de bebouwde kom en kent relatief gezien de minste zware conflictsituaties vanuit het verkeer. Voor de geluidsberekeningen is uitgegaan van route 2, omdat de woningen relatief dichtbij de weg liggen. Dit geldt ook voor route 1.

Voor de aanvoer van de boorinstallatie is sprake van 12 vrachtwagen (24 bewegingen) in de dagperiode. Gedurende de aanlegfase komen 3 tot 7 vrachtwagens op een werkdag. Tijdens de aanlegfase worden de transportbewegingen zoveel mogelijk tot de dagperiode beperkt. Tijdens de aanleg van het leidingtracé is er sprake van 20 vrachtwagens (40 bewegingen) in de dagperiode voor de aan- en afvoer van materialen.

In de berekeningen is van uitgegaan van 40 bewegingen in de dagperiode en twee bewegingen in de avond- en nachtperiode.

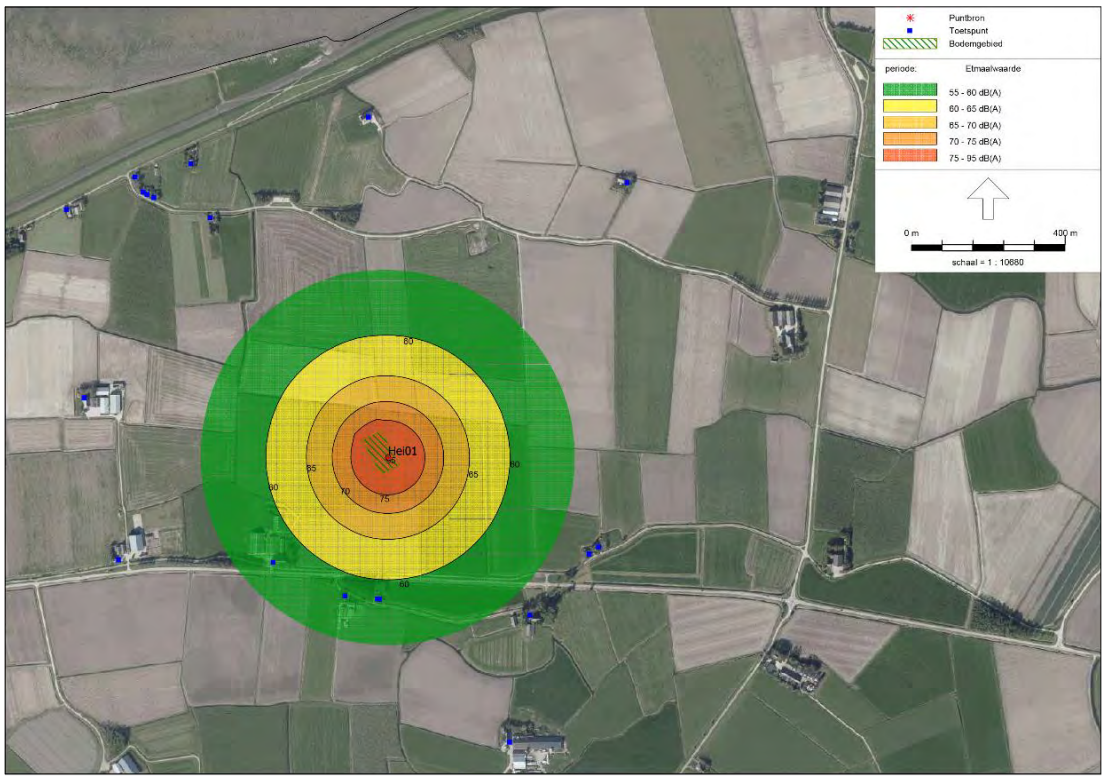
De geluidbelasting vanwege de verkeersaantrekkende werking in de aanlegfase op de gevels van de woningen bedraagt ten hoogste 47 dB(A) in de dagperiode, 38 dB(A) in de avondperiode en 35 dB(A) in de nachtperiode. Hiermee wordt ruimschoots voldaan aan de richtwaarde van 50 dB(A) etmaalwaarde. De geluidbelasting ten gevolge van de verkeersaantrekkende werking is derhalve als neutraal (score: 0) beoordeeld.

Figuur 13-13 Mogelijke transportroutes

Locatie 2

Heiwerkzaamheden

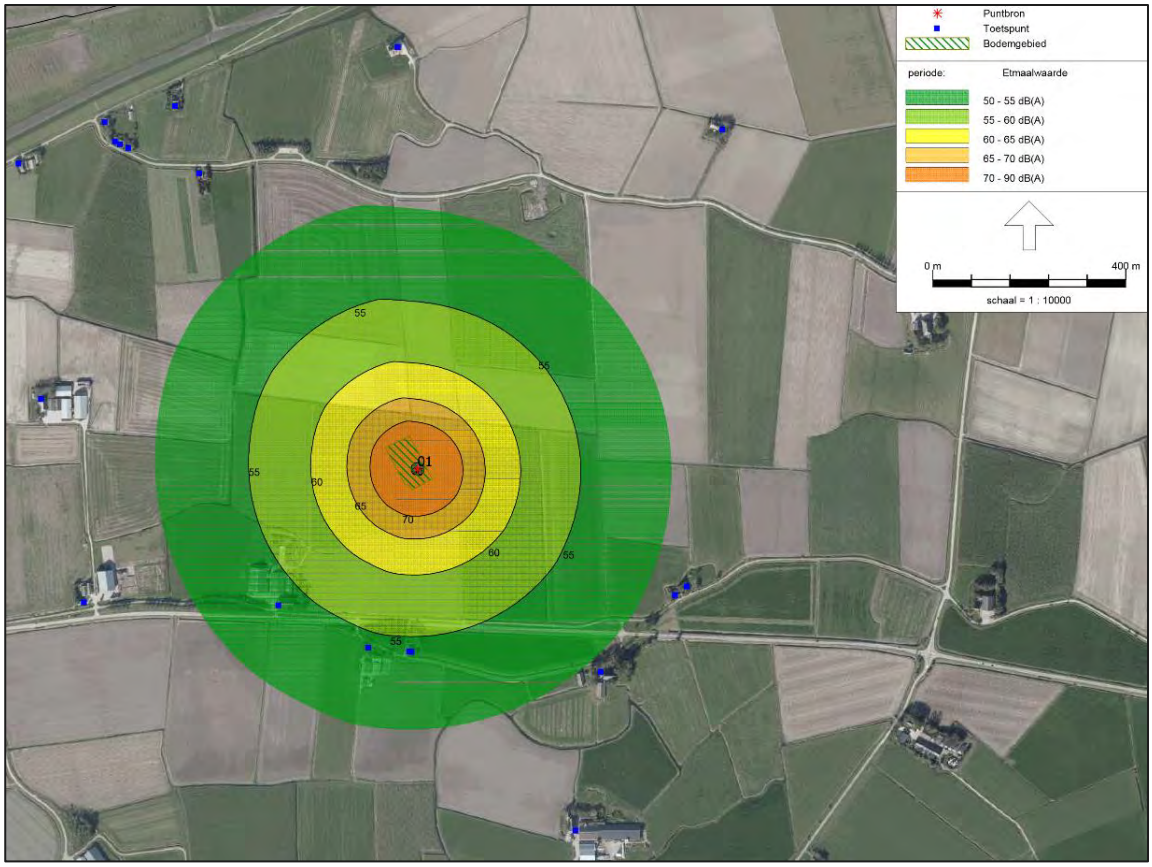
De geluidscontouren ten gevolge van de heiwerkzaamheden zijn in Figuur 13-14 weergegeven. De geluidbelasting bedraagt maximaal 58 dB(A) ter plaatse van de woningen in de dagperiode. Deze geluidbelasting kan maximaal 15 dagen optreden. Hiermee wordt voldaan aan de eis voor dagwaarde van 60 dB(A) uit het Bouwbesluit. Maar de geluidbelasting is hoger dan de strengere grenswaarde van 50 dB(A) dat geldt voor de winning. Conform de in Tabel 13-12 beschreven beoordelingsschaal wordt de omvang van de geluidbelasting ten gevolge van de heiwerkzaamheden in de aanlegfase als licht negatief (score: 0/-) beoordeeld.



Figuur 13-14 Geluidscontouren heiwerkzaamheden in dagperiode Locatie 2

Booractiviteiten

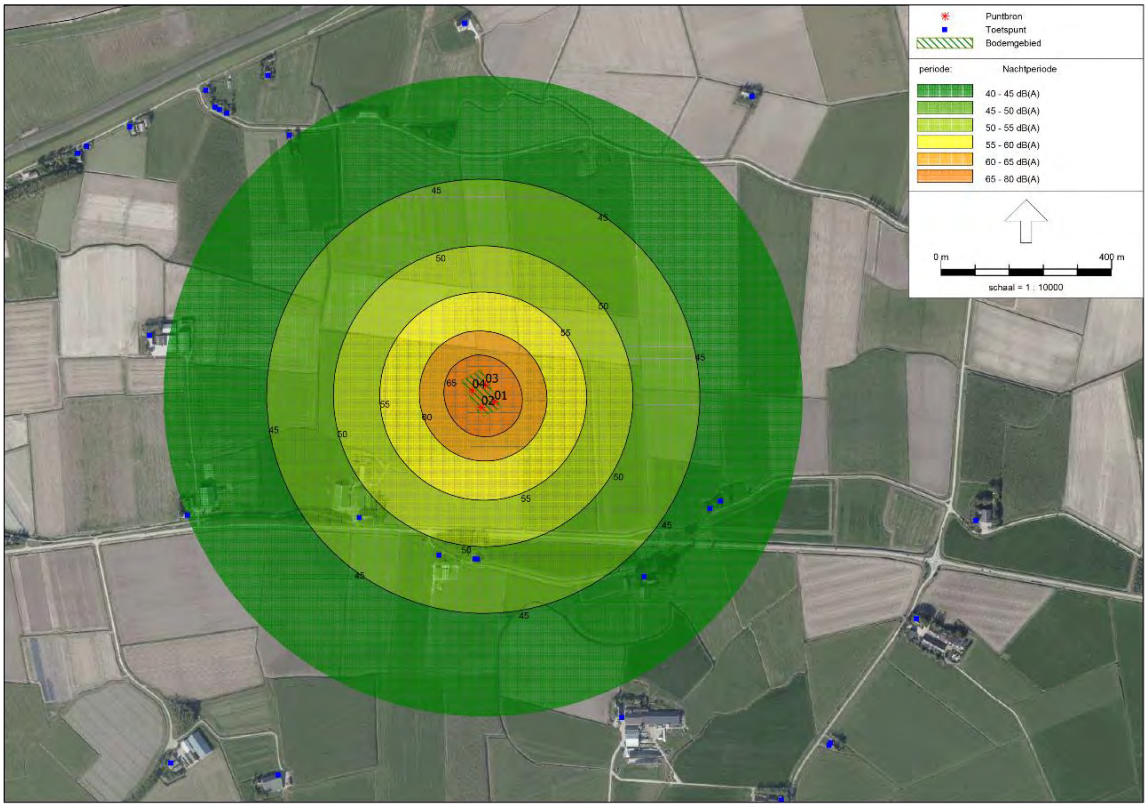
De geluidscontouren als etmaalwaarde ten gevolge van de booractiviteiten zijn opgenomen in Figuur 13-15. Binnen de 60 dB(A) contour etmaalwaarde liggen geen woningen. De hoogste berekende geluidbelasting ter plaatse van woningen bedraagt 54 dB(A) etmaalwaarde. Hiermee wordt voldaan aan de grenswaarde van 60 dB(A) etmaalwaarde uit Barmm, maar de strengere grenswaarde van 50 dB(A) etmaalwaarde dat voor de winning geldt wordt met ten hoogste 4 dB(A) overschreden. Conform de in
Tabel 13-13 beschreven beoordelingsschaal wordt het effect van de geluidbelasting ten gevolge van de booractiviteiten als licht negatief (score: 0/-) beoordeeld.



Figuur 13-15 Geluidscontouren etmaalwaarde booractiviteiten Locatie 2

Affakkelen

De geluidscontouren vanwege affakkelen in de maatgevende nachtperiode op locatie 2 zijn opgenomen in Figuur 13-16. De geluidsbelasting ten gevolge van het affakkelen bedraagt ten hoogste 49 dB(A) in de dag-, avond- en nachtperiode. Hiermee wordt voldaan aan de grenswaarde van 60 dB(A) in de dagperiode, 55 dB(A) in de avondperiode en 50 dB(A) in de nachtperiode (60 dB(A) etmaalwaarde) uit Barmm. Maar de strengere grenswaarde van respectievelijk 50, 45 en 40 dB(A) (50 dB(A) etmaalwaarde) dat voor de winning voor de dag-, avond- en nachtperiode geldt, wordt overschreden. Conform de in
Tabel 13-13 beschreven beoordelingsschaal wordt de omvang van de geluidbelasting ten gevolge van affakkelen als licht negatief (score: 0/-) beoordeeld.



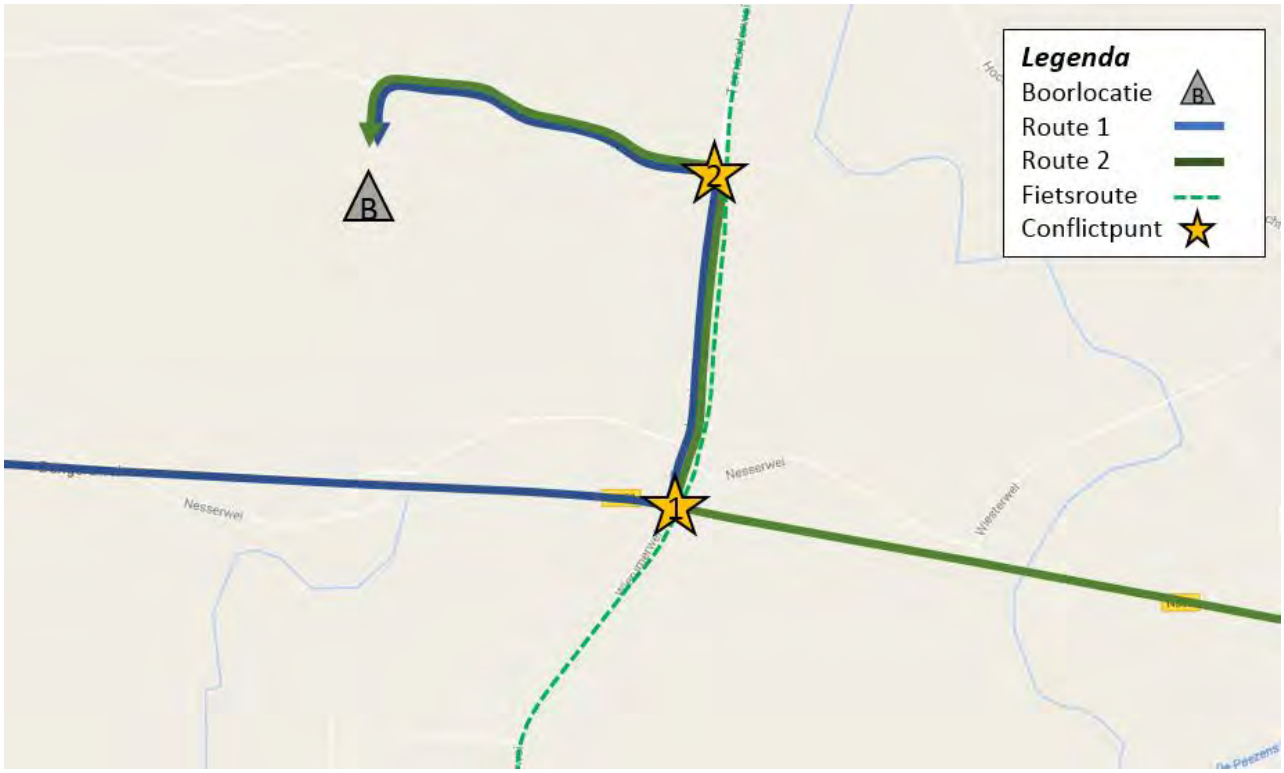
Figuur 13-16 Geluidscontouren nachtperiode tijdens affakkelen op Locatie 2

Indirecte hinder aanlegfase

Voor de geluidsberekeningen is uitgegaan van route 1, omdat de woningen relatief dichtbij de weg liggen. Voor de aanvoer van de boorinstallatie is sprake van 12 vrachtwagen (24 bewegingen) in de dagperiode. Gedurende de aanlegfase komen 3 tot 7 vrachtwagens op een werkdag. Tijdens de aanlegfase worden de transportbewegingen zoveel mogelijk tot de dagperiode beperkt. Tijdens de aanleg van het leidingtracé is sprake van 20 vrachtwagens (40 bewegingen) in de dagperiode voor de aan- en afvoer van materialen.

In de berekeningen is uitgegaan van 40 bewegingen in de dagperiode en twee bewegingen in de avond- en nachtperiode.

De geluidbelasting vanwege de verkeersaantrekkende werking op de gevels van de woningen bedraagt ten hoogste 38 dB(A) in de dagperiode, 30 dB(A) in de avondperiode en 27 dB(A) in de nachtperiode. Hiermee wordt ruimschoots voldaan aan de richtwaarde van 50 dB(A) etmaalwaarde. De geluidbelasting ten gevolge van de verkeersaantrekkende werking is derhalve als neutraal (score: 0) beoordeeld.



Figuur 13-17 Mogelijke transportroutes Locatie 2

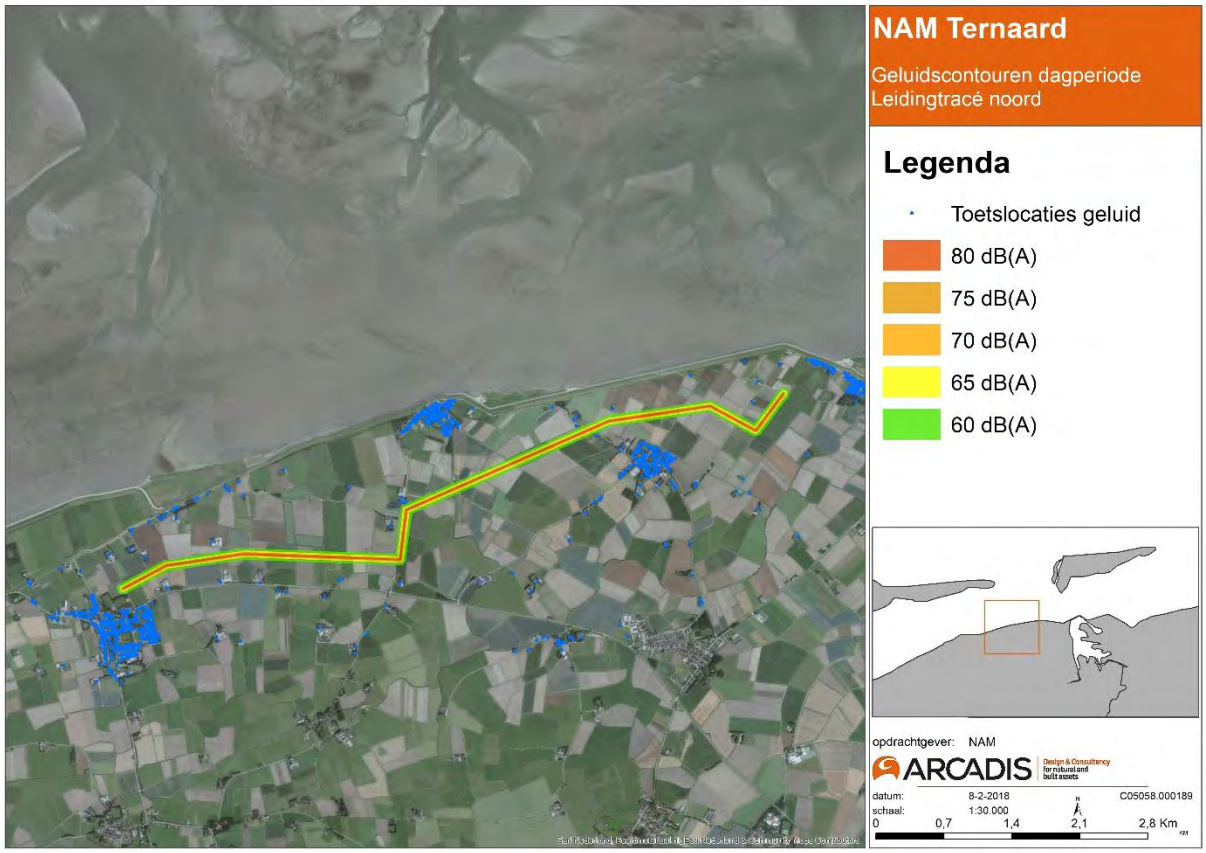
Leidingtracés

Leidingtracé noord

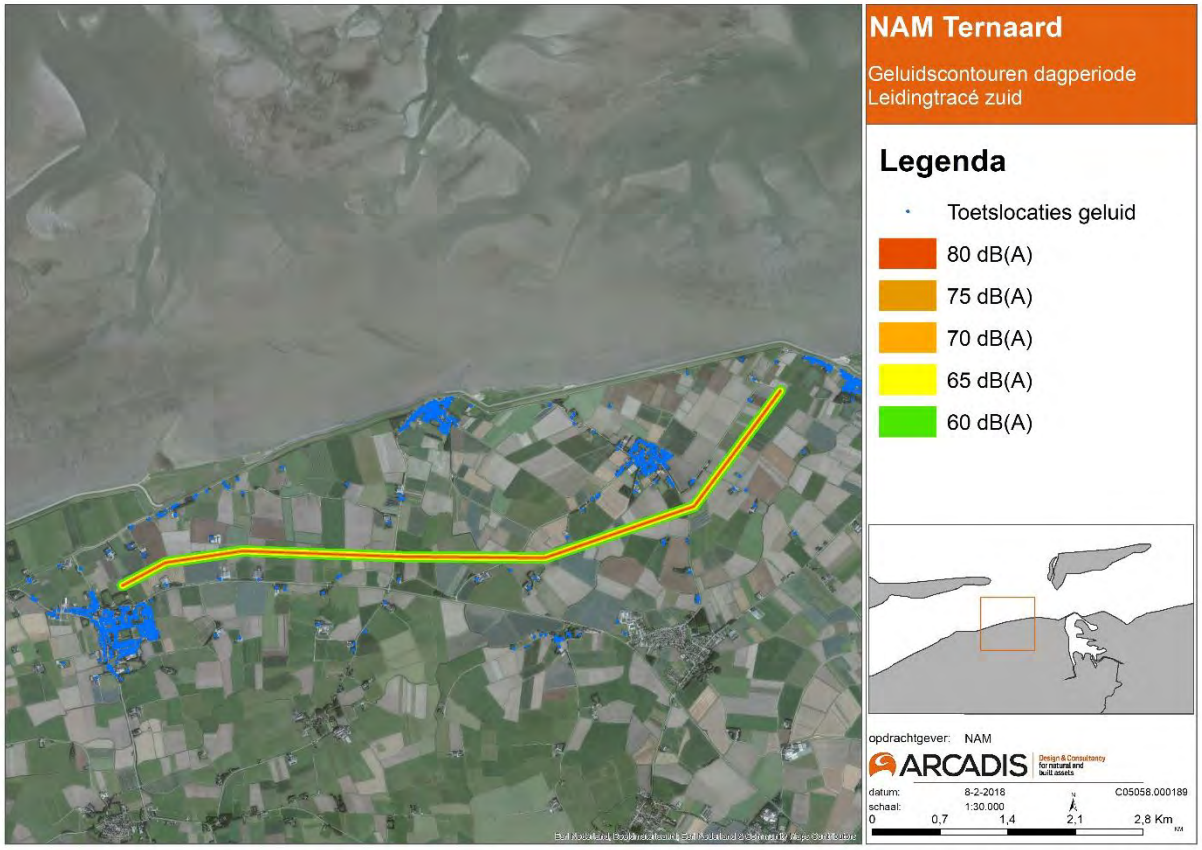
De geluidscontouren vanwege aanlegwerkzaamheden van de leidingtracé noord zijn opgenomen in Figuur 13-18. Uit Figuur 13-18 komt naar voren dat binnen 60 dB(A) als contour dagwaarde geen geluidsgevoelig objecten liggen. De geluidbelasting ter plaatse van geluidsgevoelige objecten is lager dan 50 dB(A). De geluidbelasting vanwege aanleg van de leidingtracé is daarom als neutraal (score: 0) beoordeeld.

Leidingtracé zuid

De geluidscontouren vanwege aanlegwerkzaamheden van de leidingtracé zuid zijn opgenomen in Figuur 13-19. Uit Figuur 13-19 komt naar voren dat binnen 60 dB(A) contour als dagwaarde geen geluidsgevoelig objecten liggen. De geluidbelasting ter plaatse van geluidsgevoelige objecten is lager dan 50 dB(A). De geluidbelasting vanwege aanleg van de leidingtracé is daarom als neutraal (score: 0) beoordeeld.



Figuur 13-18 Geluidscontouren dagwaarde aanleg leidingtracé noord



Figuur 13-19 Geluidscontouren dagwaarde aanleg leidingtracé zuid

Conclusie effectbeoordeling geluid, aanlegfase

Tussen de productielocaties is sprake van een verschil in effecten op geluid. Dit verschil treedt voornamelijk op in geluidseffecten als gevolg van heiwerkzaamheden, booractiviteiten en affakkelen.

De geluidbelasting ten gevolge van de heiwerkzaamheden op Locatie 1 overschrijdt de dagwaarde uit het Bouwbesluit met maximaal 5 dB(A), maar voldoet aan de eis van blootstellingsduur van 15 dagen. Derhalve is het geluid vanwege heiwerkzaamheden als negatief (score: -) beoordeeld. Op Locatie 2 wordt de dagwaarde uit het Bouwbesluit niet overschreden, maar wordt niet aan de grenswaarde van 50 dB(A) voldaan die voor winning geldt. Derhalve scoort licht negatief (score: 0/-).

De geluidbelasting vanwege de booractiviteiten op locatie 1 en 2 voldoet aan de grenswaarde van uit Barmm, maar voldoet niet aan de grenswaarde van 50 dB(A) etmaalwaarde dat geldt voor de winning. Beide locaties zijn als licht negatief (0/-) beoordeeld. De maximale geluidbelasting vanwege booractiviteiten op locatie 1 is 5 dB(A) hoger dan op locatie 2.

Ook tijdens het affakkelen wordt de grenswaarde in de nachtperiode met maximaal 5 dB(A) overschreden. Daarom is het geluid vanwege het affakkelen op Locatie 1 als negatief (score: -) beoordeeld. Op locatie 2 wordt voldaan aan de grenswaarden voor het affakkelen, maar voldoet niet aan de grenswaarde dat geldt voor winning. Het affakkelen op locatie 2 is als licht negatief beoordeeld (0/-).

De overige effecten in de aanlegfase verschillen tussen de locatiealternatieven enigszins, maar dit leidt niet tot een verschil in effectbeoordeling. Wel kan worden geconcludeerd dat Locatie 1 over het algemeen meer (negatieve) geluidseffecten veroorzaakt dan Locatie 2. Om die reden kan worden geconcludeerd dat de geluidseffecten op Locatie 2 de het kleinste zijn.

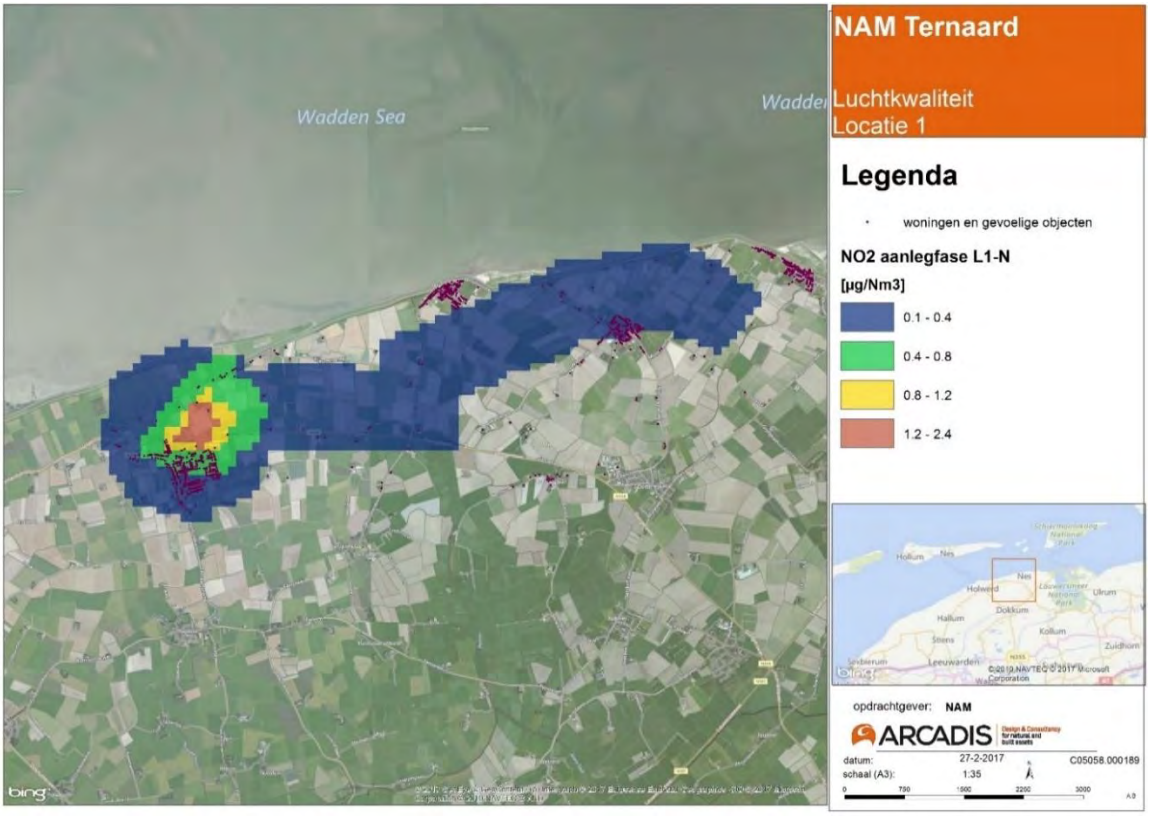
De leidingtracés zijn niet onderscheidend voor wat betreft de effecten op geluid. Voor beide tracés geldt dat binnen 50 dB(A) contour geen geluidsgevoelig objecten liggen. De geluidbelasting vanwege de aanleg van het leidingtracé is daarom voor beide alternatieven als neutraal (score: 0) beoordeeld.

13.5.1.2 Luchtkwaliteit

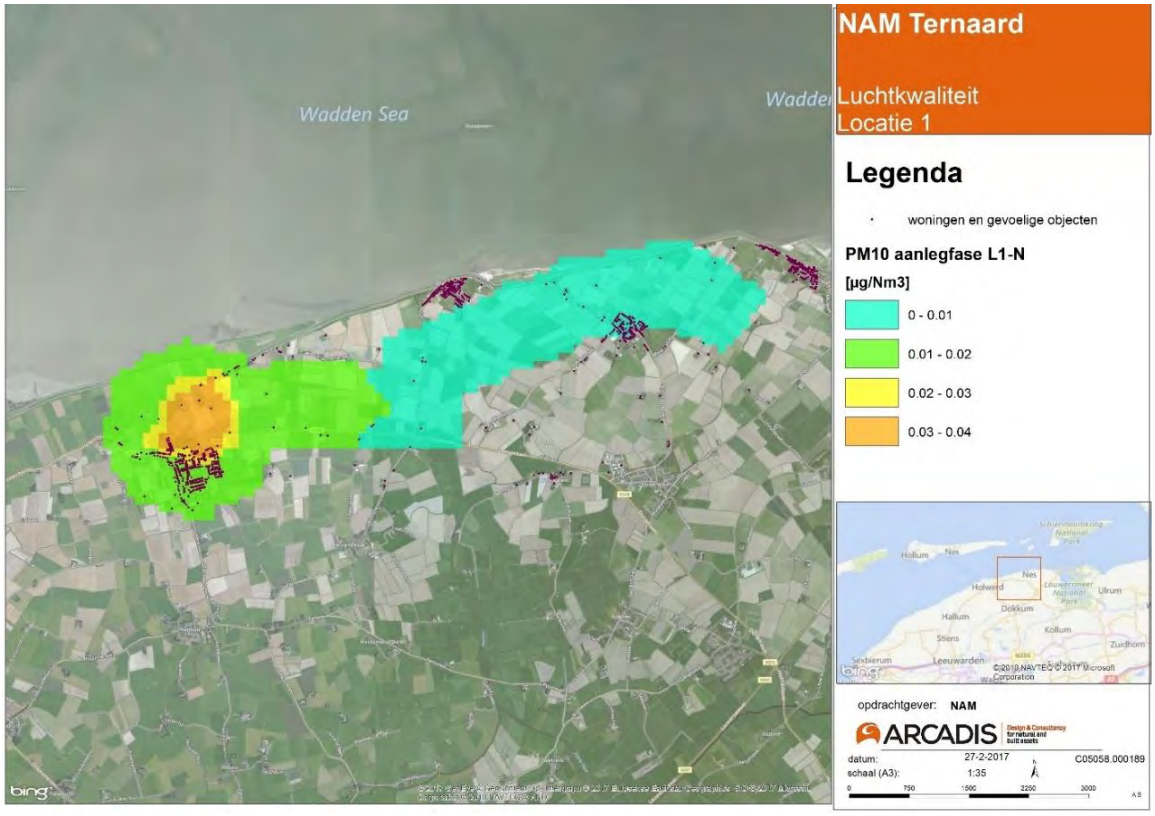
Alternatief L1-N

In Figuur 13-20 is de concentratiebijdrage aan de jaargemiddelde concentratie NO_2 in de aanlegfase voor alternatief L1-N weergegeven. Uit deze figuur blijkt dat er één woning ligt binnen de ‘In Betekenende Mate’ grens van 1,2 µg/m³ en twee woningen op de grens van de 1,2 µg/m³ immissiecontour. Omdat dit aantal woningen en/of gevoelige bestemmingen binnen het studiegebied minder dan 5% betreft, is op basis van Tabel 13-16 een neutrale beoordeling (score: 0) toegekend.

De bijdrage aan de jaargemiddelde concentratie fijn stof is nihil, zie Figuur 13-21. De maximale bijdrage ligt een factor tien lager dan de beoordelingswaarde van 0,4 µg/m³. Op basis van Tabel 13-16 is om deze reden een neutrale beoordeling (score: 0) toegekend.



Figuur 13-20 Jaargemiddelde concentratiebijdrage NO_2 in aanlegfase alternatief L1-N in het studiegebied

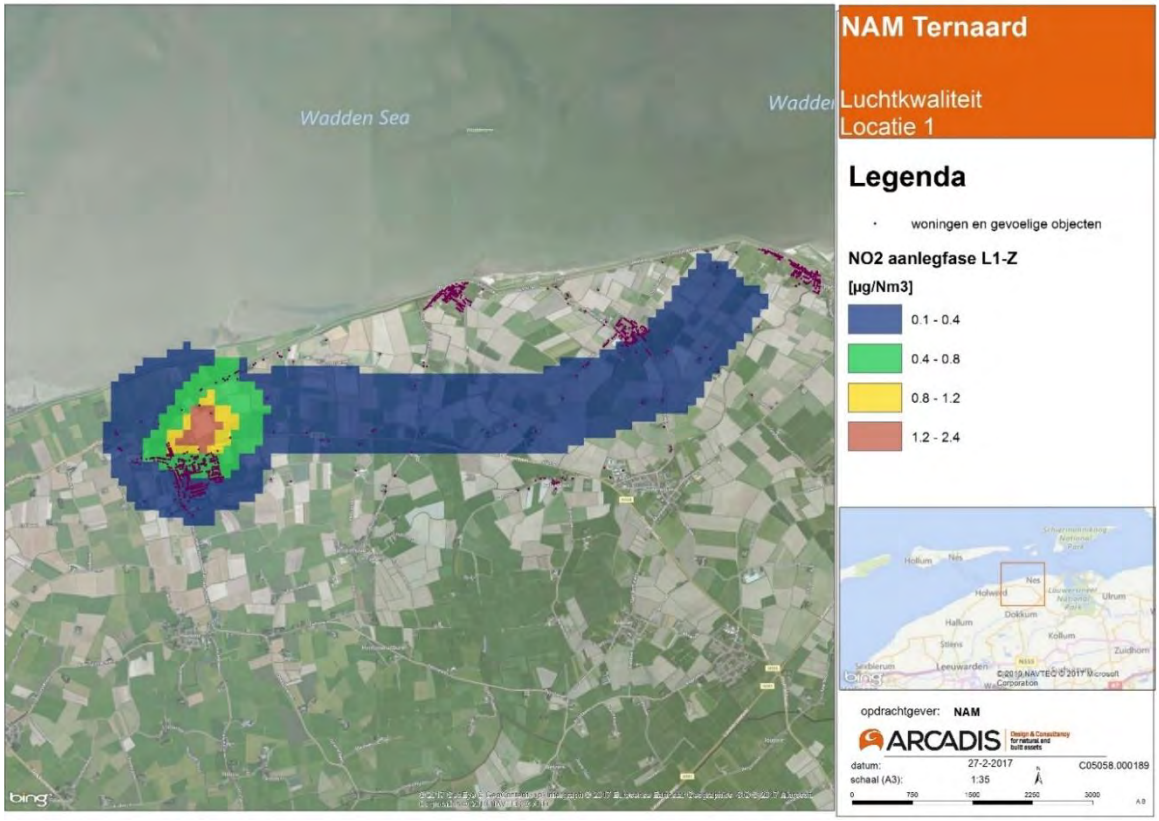


Figuur 13-21 Jaargemiddelde concentratiebijdrage PM_{10} in aanlegfase alternatief L1-N in het studiegebied

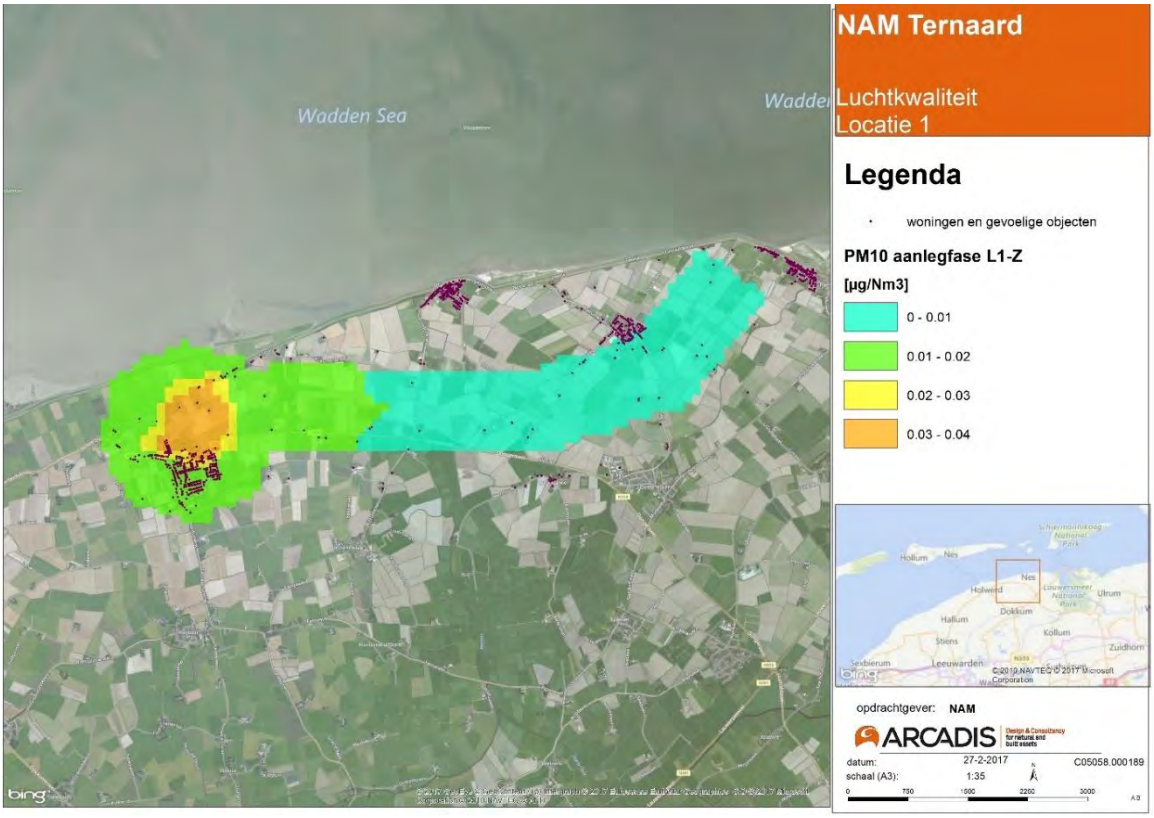
Alternatief L1-Z

In Figuur 13-22 is de concentratiebijdrage aan de jaargemiddelde concentratie NO_2 in de aanlegfase, alternatief L1-Z weergegeven. Alternatief L1-Z laat hetzelfde immissieverloop zien als alternatief L1-N. Dat is ook logisch, omdat het leidingtracé in alternatief L1-Z anders loopt, maar de werkzaamheden hetzelfde zijn als in alternatief L1-Z. Ook in alternatief L1-Z ligt één woning binnen de 1,2 µg/m³ immissiecontour en twee woningen op de grens van de 1,2 µg/m³ immissiecontour. Omdat dit aantal woningen en/of gevoelige bestemmingen binnen het studiegebied minder dan 5% betreft, is op basis van Tabel 13-16 een neutrale beoordeling (score: 0) toegekend.

Ook in alternatief L1-Z is de bijdrage aan de jaargemiddelde concentratie fijn stof nihil. De maximale bijdrage ligt een factor tien lager dan de beoordelingswaarde van 0,4 µg/m³. Op basis van Tabel 13-16 is om deze reden een neutrale beoordeling (score: 0) toegekend.



Figuur 13-22 Jaargemiddelde concentratiebijdrage NO2 in aanlegfase alternatief L1-Z in het studiegebied

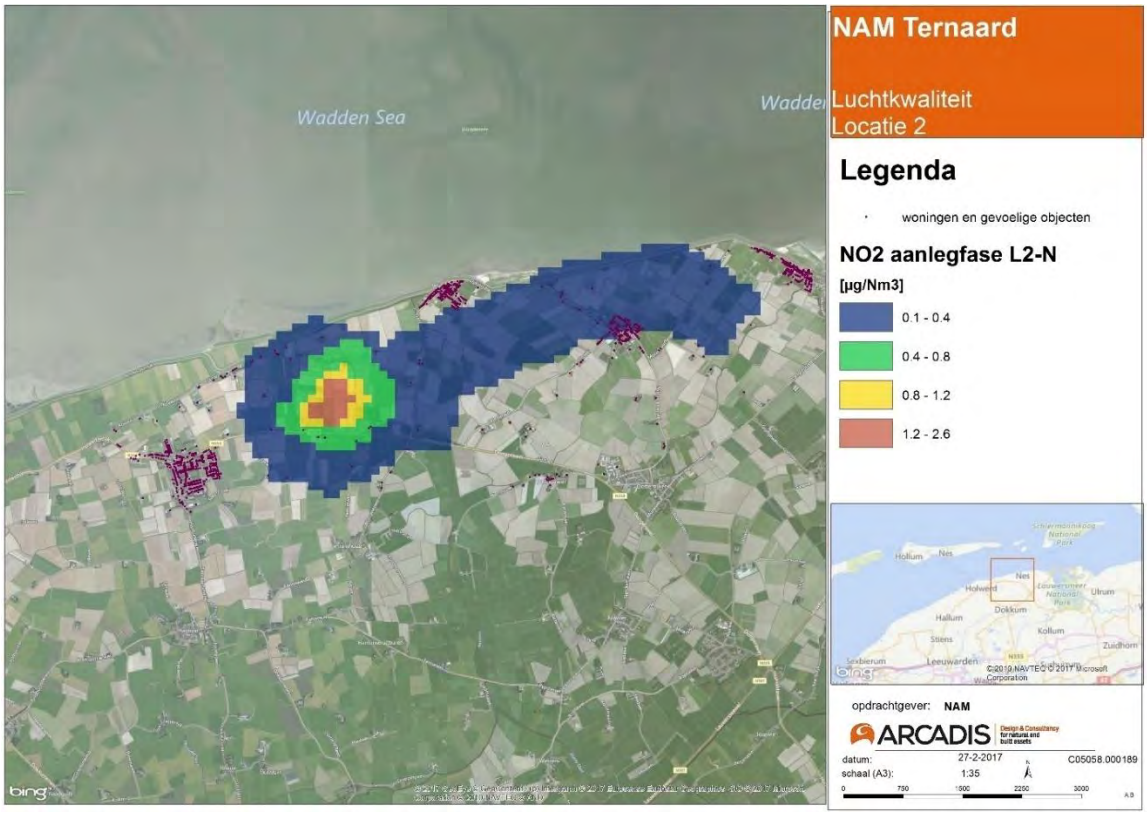


Figuur 13-23 Jaargemiddelde concentratiebijdrage PM10 in aanlegfase alternatief L1-Z in het studiegebied

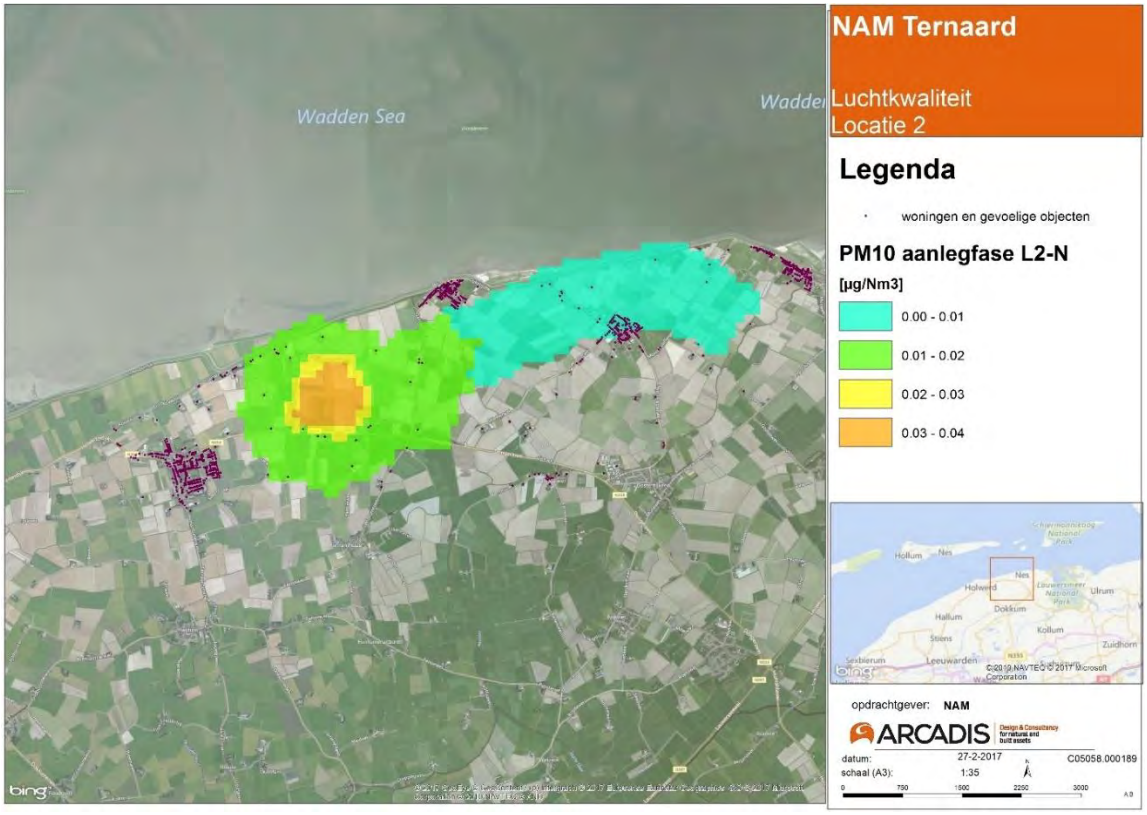
Alternatief L2-N

De jaargemiddelde immissiecontouren van NO_2 ten gevolge van de aanlegwerkzaamheden in alternatief L2-N zijn opgenomen in onderstaande figuur. Uit dit figuur komt naar voren dat binnen de 1,2 µg/m^3 geen woningen en gevoelige objecten liggen. De hoogst berekende immissieconcentratie ter plaatse van een woning is 0,8 µg/m^3. Op basis van beoordelingskader in Tabel 13-16 is een neutrale beoordeling (score: 0) toegekend.

In Figuur 13-25 is te zien dat de bijdrage aan de jaargemiddelde concentratie fijn stof in alternatief L2-N verwaarloosbaar is. Op basis van beoordelingskader in Tabel 13-16 is een neutrale beoordeling (score: 0) toegekend.



Figuur 13-24 Jaargemiddelde concentratiebijdrage NO_2 in aanlegfase alternatief L2-N in het studiegebied

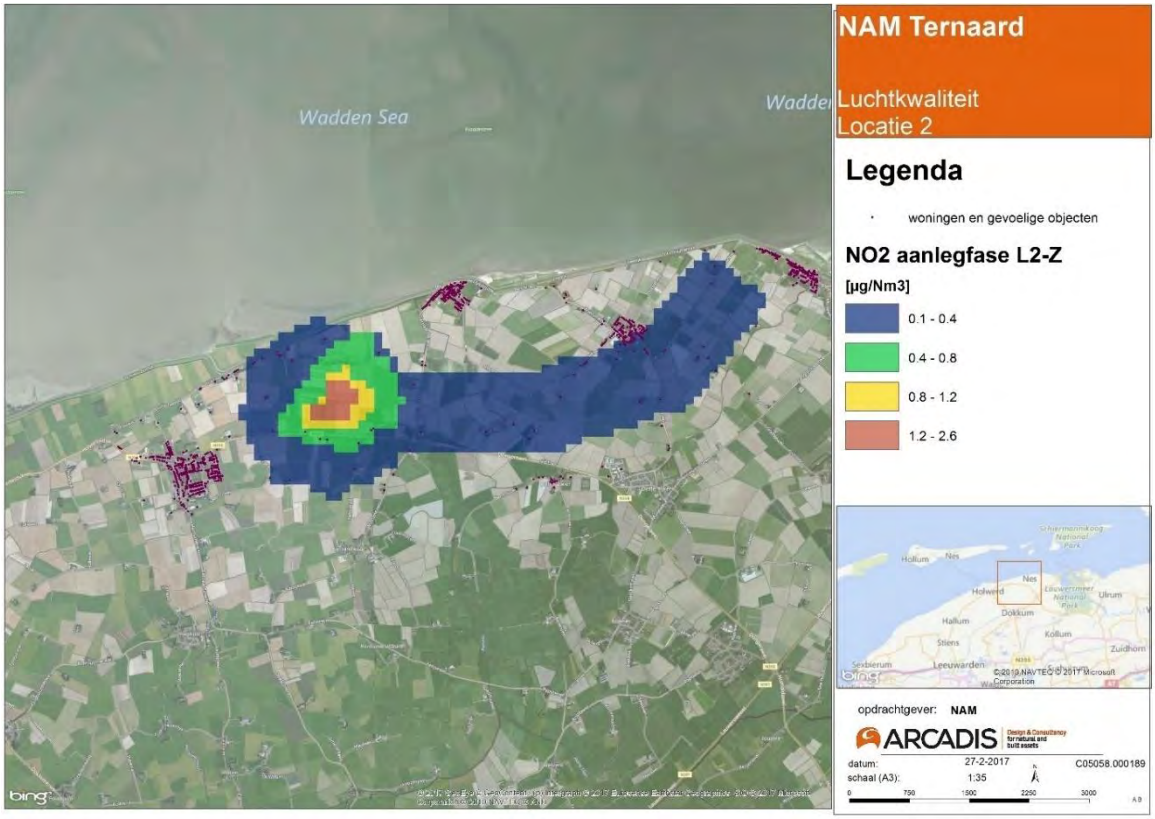


Figuur 13-25 Jaargemiddelde concentratiebijdrage PM10 in aanlegfase alternatief L2-N in het studiegebied

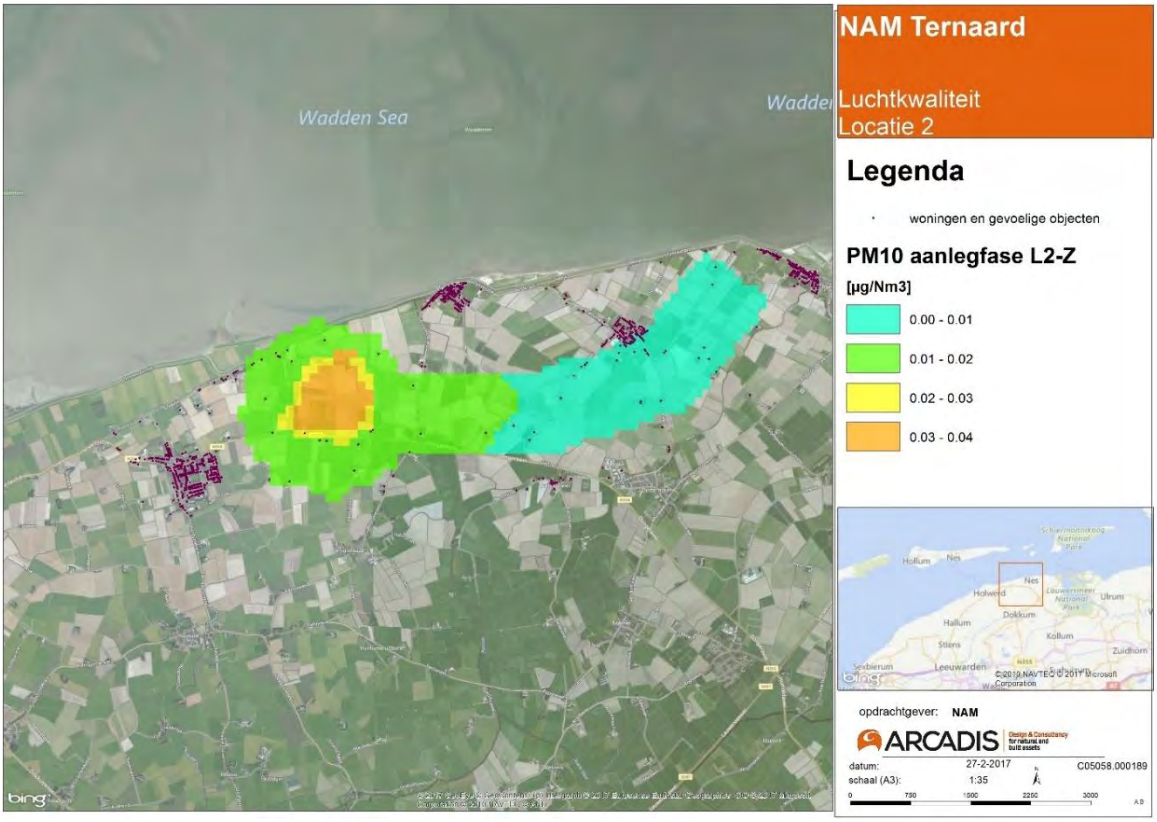
Alternatief L2-Z

De jaargemiddelde immissiecontouren van NO_2 ten gevolge van de aanlegwerkzaamheden in L2-Z-alternatief L2-Z zijn opgenomen in onderstaande figuur. Alternatief L2-Z laat hetzelfde immissieverloop zien als alternatief L2-N. Dat was ook de verwachting, omdat het leidingtracé in alternatief L2-Z anders loopt, maar de werkzaamheden hetzelfde zijn als in alternatief L2-N. Ook in alternatief L2-Z liggen binnen de 1,2 µg/m^3 immissiecontour geen woningen en gevoelige objecten. De hoogst berekende immissieconcentratie ter plaatse van een woning is 0,8 µg/m^3. Op basis van beoordelingskader in Tabel 13-16 is een neutrale beoordeling (score: 0) toegekend.

De immissiecontouren van fijn stof in alternatief L2-Z laat hetzelfde beeld zien als alternatief L2-N. Ook in alternatief L2-Z is de bijdrage aan de jaargemiddelde concentratie fijn stof verwaarloosbaar. Op basis van beoordelingskader in Tabel 13-16 is om deze reden een neutrale beoordeling (score: 0) toegekend.



Figuur 13-26 Jaargemiddelde concentratiebijdrage NO_2 in aanlegfase alternatief L2-Z in het studiegebied



Figuur 13-27 Jaargemiddelde concentratiebijdrage PM_{10} in aanlegfase alternatief L2-Z in het studiegebied

Conclusie effectbeoordeling luchtkwaliteit, aanlegfase

De locatiealternatieven zijn niet significant onderscheidend voor wat betreft effecten op luchtkwaliteit in de aanlegfase. In alle alternatieven betreft het aantal woningen en/of gevoelige bestemmingen binnen het studiegebied minder dan 5% en worden voor alle alternatieven neutraal beoordeeld (score: 0). Voor Locatie 1 geldt dat er één woning binnen de 1,2 µg/m³ immissiecontour en twee woningen op de grens van de 1,2 µg/m³ immissiecontour liggen. Voor Locatie 2 zijn dat 0 woningen en/of gevoelige bestemmingen. De jaargemiddelde concentratie fijn stof is voor alle alternatieven verwaarloosbaar.

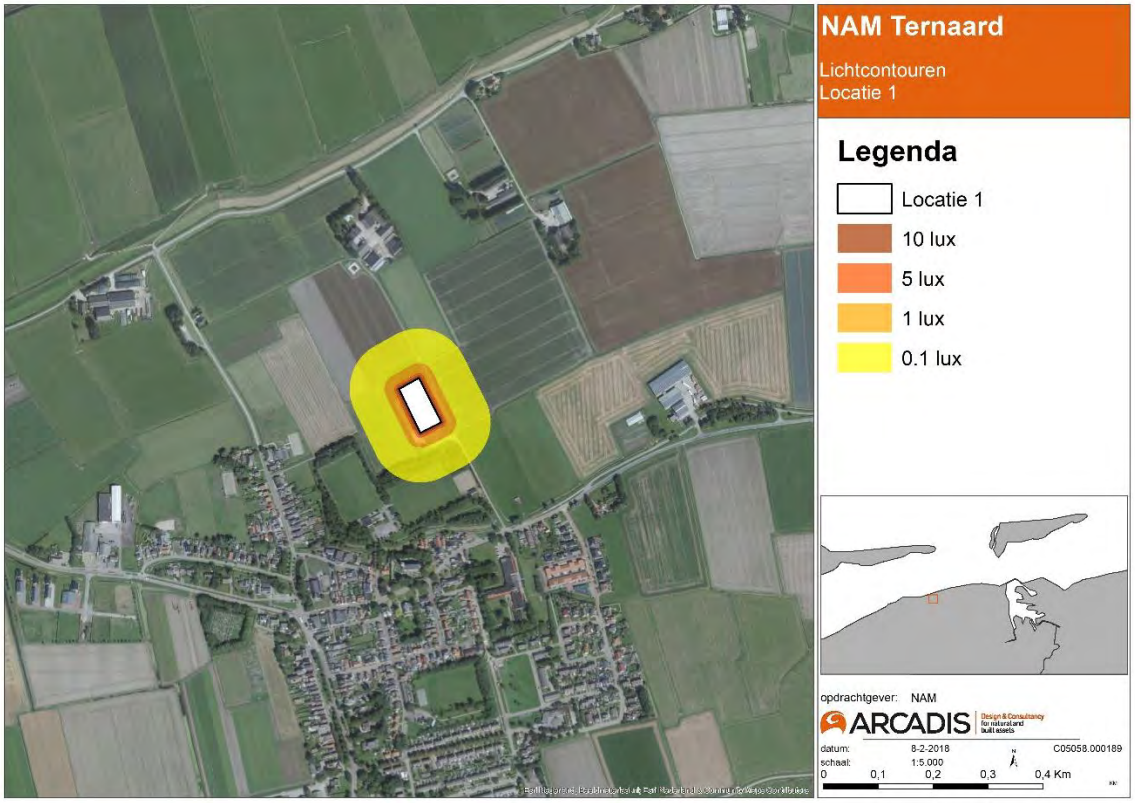
De leidingtracés zijn niet onderscheidend voor wat betreft de effecten op luchtkwaliteit in de aanlegfase. Voor beide tracés geldt dat de immissiecontouren van NO_2 en PM_{10} verwaarloosbaar zijn en neutraal worden beoordeeld (score: 0).

13.5.1.3 Licht

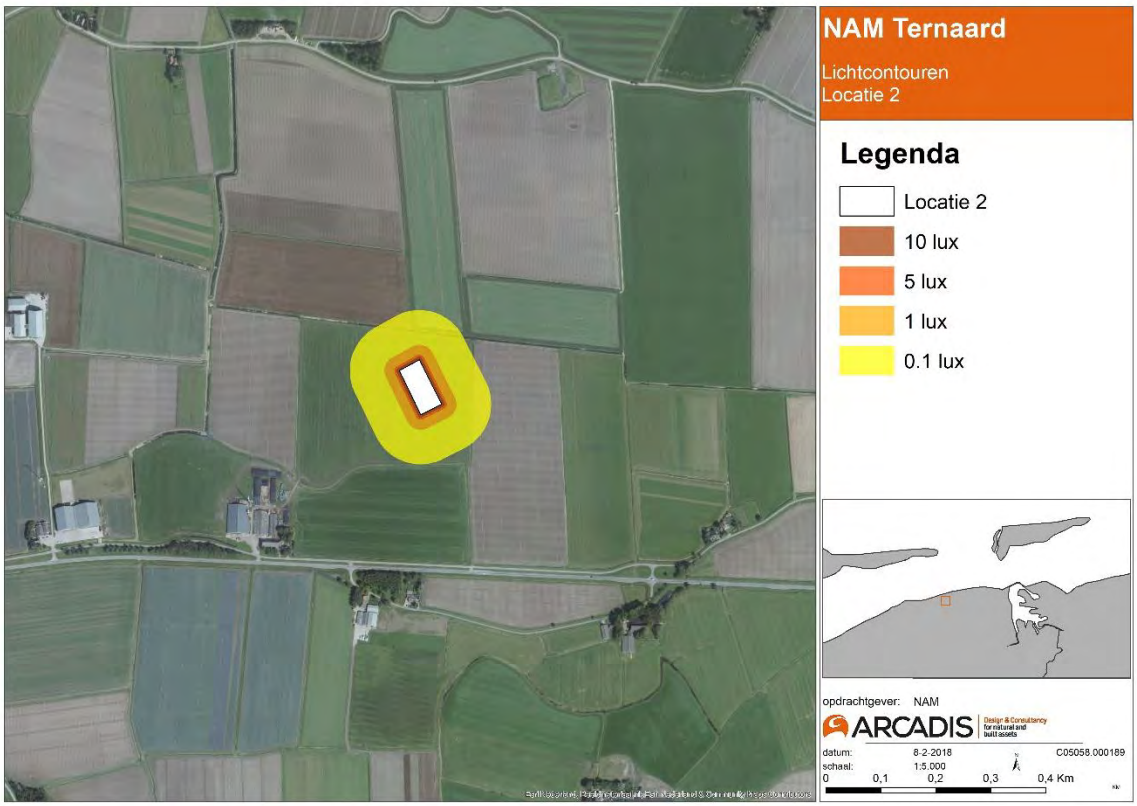
Lichteffecten worden verwacht als gevolg van activiteiten op de productielocatie en langs de leidingtracés in de aanleg. De omvang van de effecten voor beide locatiealternatieven zijn gelijk en worden daarom niet afzonderlijk beschouwd. De contouren zijn wel voor beide locatiealternatieven weergegeven op kaart.

Directe lichtinval

In Figuur 13-28 en Figuur 13-29 zijn de contouren van de verlichtingssterkte (Ev) ten gevolge van kunstlicht tijdens de aanlegfase weergegeven voor respectievelijk Locatie 1 en Locatie 2.



Figuur 13-28 Verlichtingssterkte aanlegfase Locatie 1



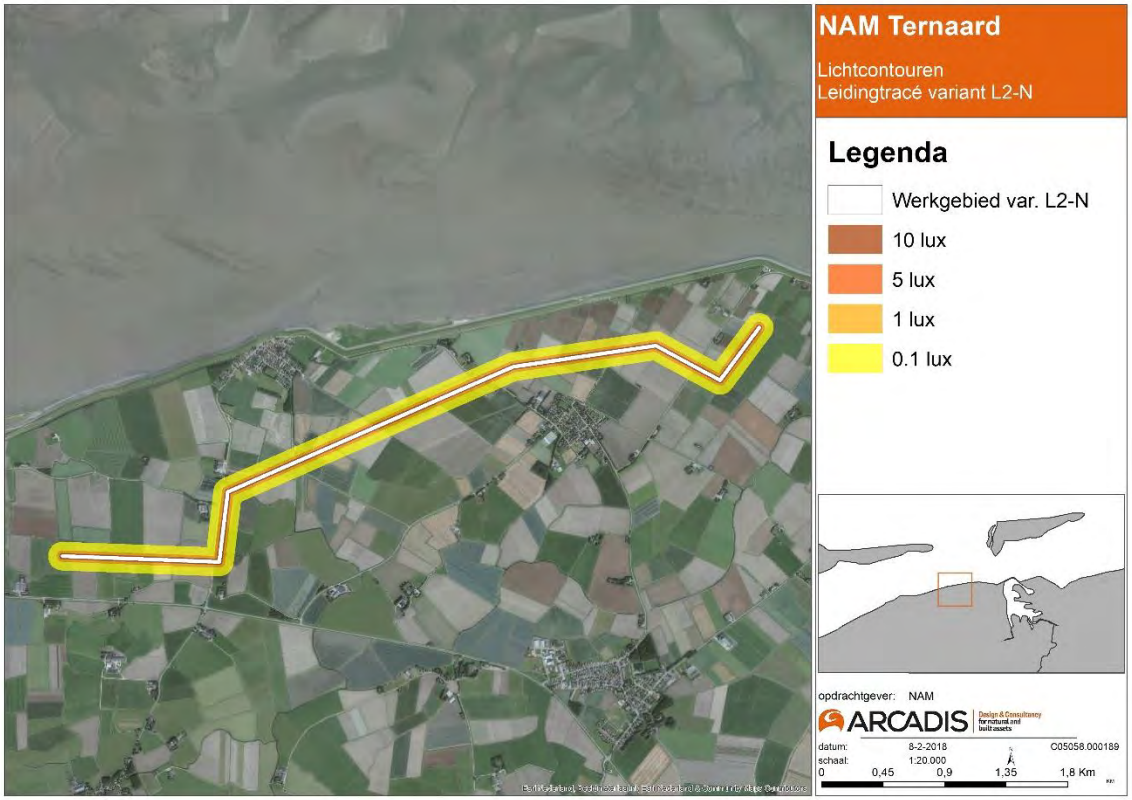
Figuur 13-29 Verlichtingssterkte aanlegfase Locatie 2

In de berekeningen is ervan uitgegaan dat het volledige terrein is verlicht. In de praktijk zal alleen verlichting worden gebruikt waar nodig. Hiernaast zal naar verwachting de verlichting aan een 10 meter hoog geluidsscherm worden bevestigd. De effecten aan de zuidkant zullen beperkt blijven tot de terreingrens. Uit Figuur 13-28 en Figuur 13-29 blijkt dat de verlichtingssterkte ter plaatse van de woningen ver onder de 0,1 lux ligt. Op basis van het beoordelingskader in Tabel 13-17 is een neutrale beoordeling (score: 0) toegekend voor beide productielocaties.

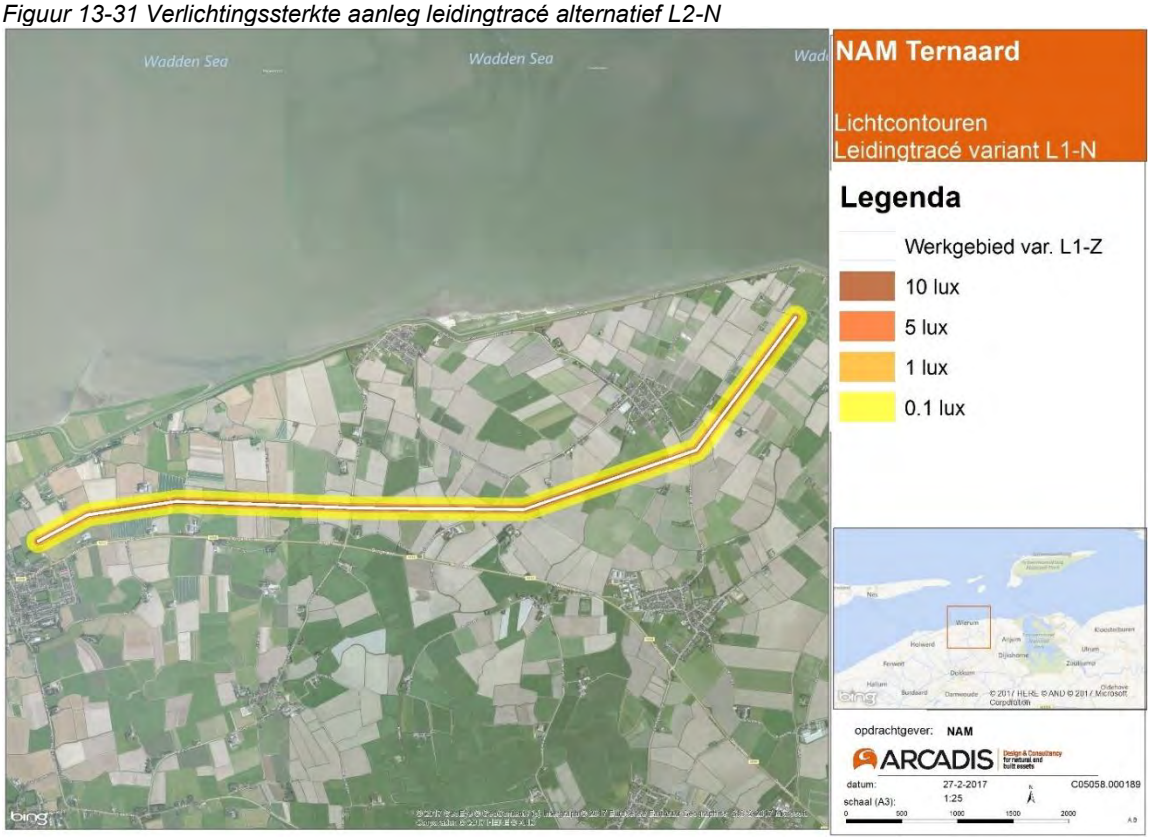
In Figuur 13-30 en Figuur 13-31 zijn de contouren van verlichtingssterkte (Ev) ten gevolge van kunstlicht tijdens de aanleg van de noordelijke transportleidingen weergegeven. Niet het hele tracé wordt gelijktijdig verlicht. De werkzaamheden worden dagelijks gemiddeld enkele honderden meters opgeschoven. Alleen waar de werkzaamheden plaatsvinden, wordt verlicht. De aanleg van de leiding vindt alleen in de dagperiode vanaf 7.00 uur plaats. Dat betekent dat de kunstmatige verlichting alleen in de winterperiode tussen 7.00 en 9.00 uur wordt ingezet. De 1 luxcontour ligt op circa 27 meter van het werkgebied. Binnen deze straal liggen geen woningen of andere lichtgevoelige objecten. Op basis van het beoordelingskader in Tabel 13-17 is om deze reden een neutrale beoordeling (score: 0) toegekend.

De contouren van de verlichtingssterkte (Ev) ten gevolge van kunstlicht tijdens de aanleg van de zuidelijke transportleiding is opgenomen in Figuur 13-32 en Figuur 13-33. Voor het zuidelijke tracé is de verlichtingssterkte ter plaatse van de woningen lager dan 0,1 lux. Conform het in Tabel 13-17 beschreven beoordelingskader wordt de omvang van de verlichtingssterkte als neutraal (score: 0) beoordeeld.

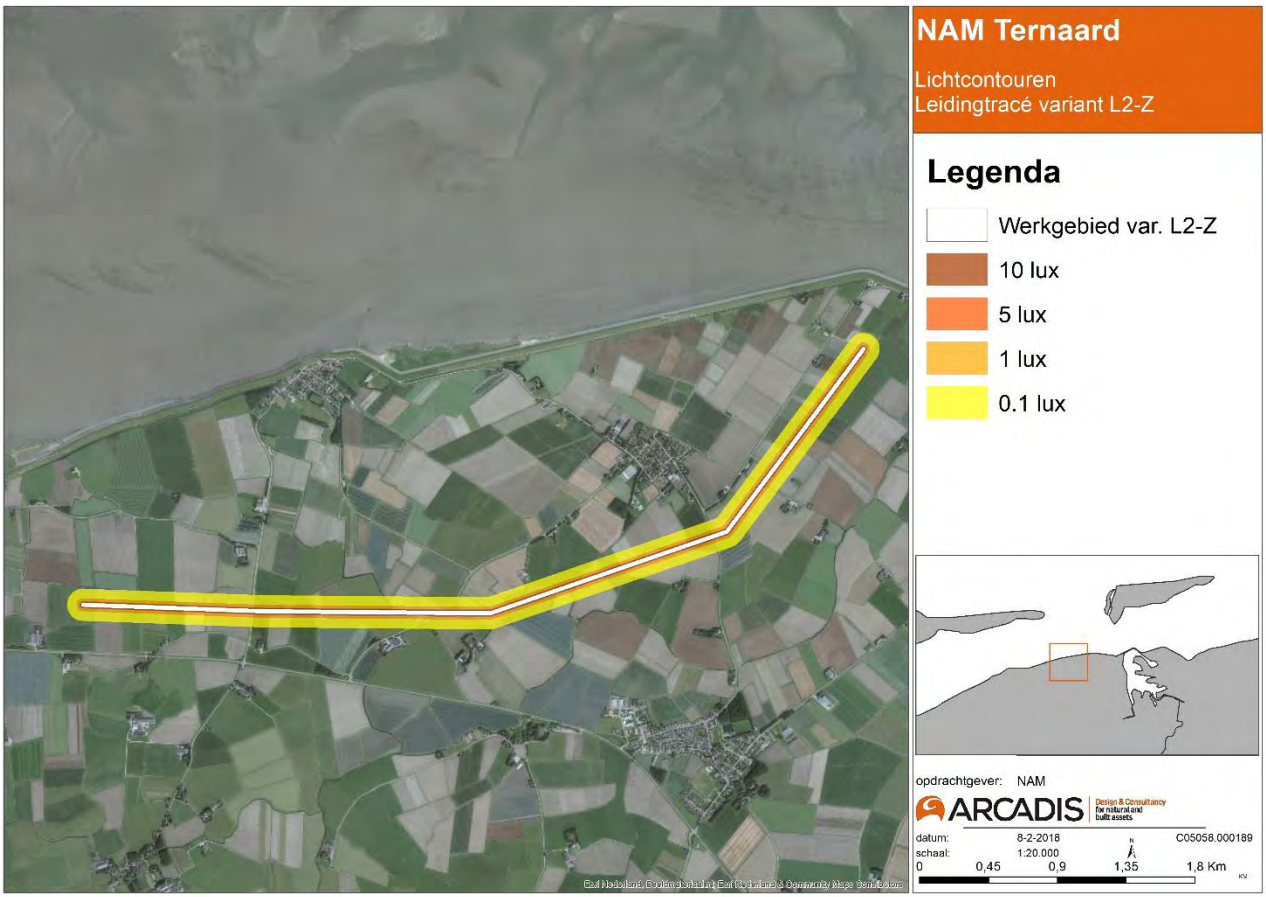
Figuur 13-30 Verlichtingssterkte aanleg leidingtracé alternatief L1-N



Figuur 13-31 Verlichtingssterkte aanleg leidingtracé alternatief L2-N



Figuur 13-32 Verlichtingssterkte aanleg leidingtracé alternatief L1-Z



Figuur 13-33 Verlichtingssterkte aanleg leidingtracé alternatief L2-Z

Hemelhelderheid

In de praktijk wordt alleen verlichting gebruikt waar dat nodig is. Er zal een beperkt aantal lampen worden ingezet. Ook de montagehoogte zal beperkt zijn. De lampen zullen voornamelijk naar het grondoppervlak gericht worden, om het verstrooien van licht naar de omgeving tegen te gaan. Op basis hiervan wordt niet verwacht dat de hemel wordt opgelicht. De kunstmatige verlichting zal geen invloed hebben op de hemelhelderheid.

Tijdens het productietesten worden vier fakkels van 21 meter hoog ingezet. Om veiligheidsredenen wordt gedurende 48 uur, 3 keer 8 uur verdeeld over 36 uur en vervolgens 24 uur continue, vrijkomende gas afgefakkeld. Deze fakkels kunnen de hemel oplichten en kunnen tijdelijk een negatieve invloed hebben op de hemelhelderheid. Op basis van het beoordelingskader in Tabel 13-17 is een negatieve beoordeling (score: -) toegekend voor alle tracéalternatieven.

13.5.2 Effectbeoordeling winning

In Tabel 13-20 is de effectbeoordeling voor geluid, luchtkwaliteit en licht voor de winning gepresenteerd. Na de tabel volgt per criterium een toelichting.

Tabel 13-20 Effectbeoordeling milieu, winning

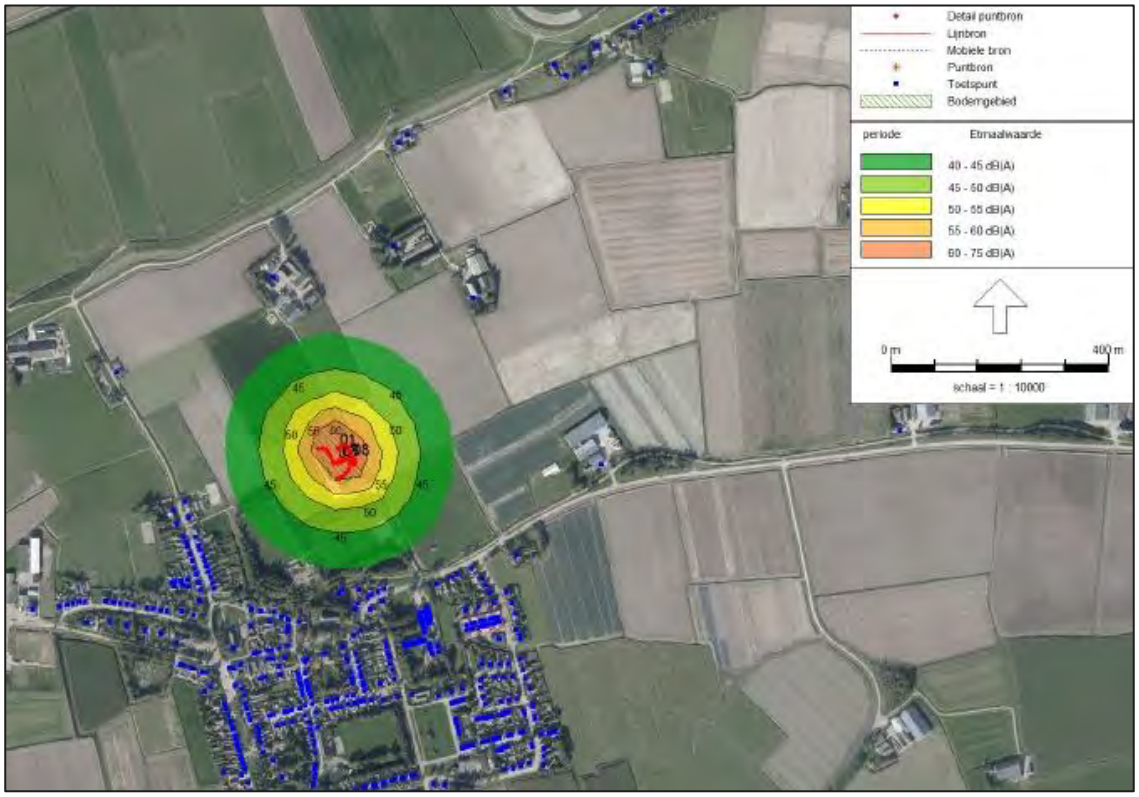
Criterium	Ref.	L1-N	L1-Z	L2-N	L2-Z
Geluid	0	0	0	0	0
Luchtkwaliteit	0	0	0	0	0

Criterium	Ref.	L1-N	L1-Z	L2-N	L2-Z
Lichthinder	0	0	0	0	0

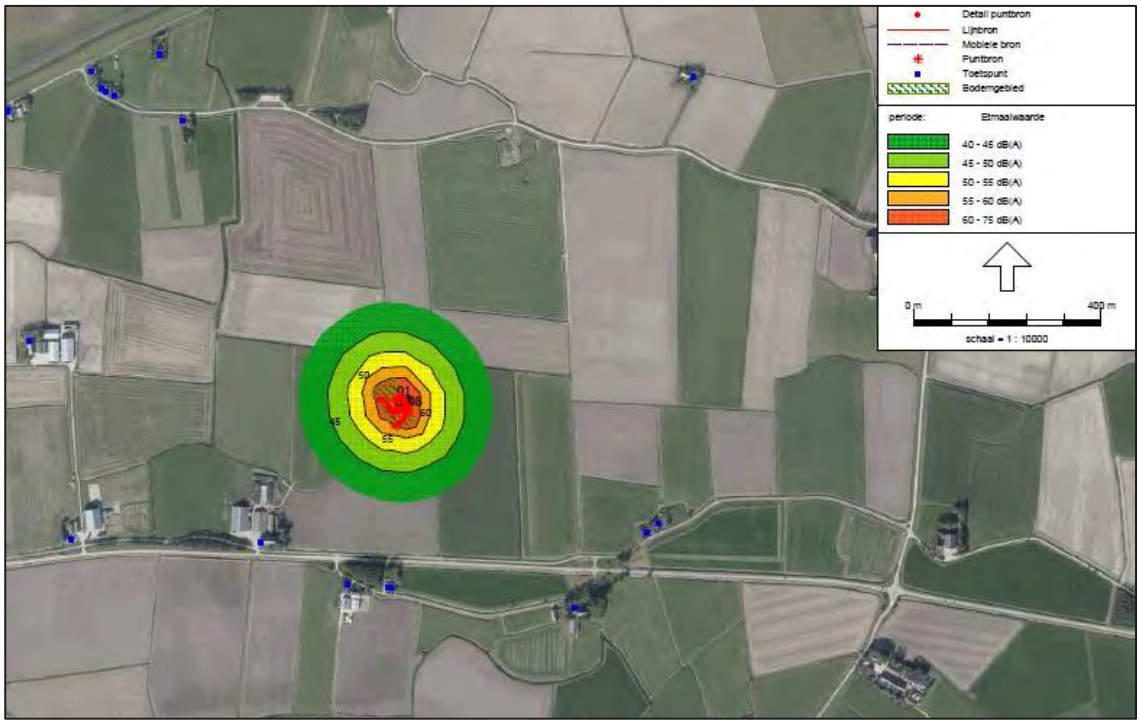
13.5.2.1 Geluid

De geluidscontouren vanwege de winning op Locatie 1 is opgenomen in Figuur 13-34. Binnen de 40 dB(A) geluidscontour etmaalwaarde liggen geen woningen. De geluidbelasting ter plaatse van de woningen is ten hoogste 28 dB(A) in de dag-, avond- en nachtperiode. De etmaalwaarde is ten hoogste 38 dB(A) en wordt bepaald door de nachtperiode. Hiermee wordt voldaan aan de richtwaarde van 40 dB(A) etmaalwaarde uit de Handreiking industrielawaai en vergunningverlening voor een landelijkgebied. Conform de in Tabel 10-14 beschreven beoordelingsschaal wordt de omvang van de geluidbelasting ten gevolge van de winning voor Locatie 1 als neutraal (score: 0) beoordeeld.

Ook op Locatie 2 liggen binnen de 40 dB(A) geluidscontour etmaalwaarde geen woningen. Derhalve is ook de geluidbelasting op de winningslocatie 2 als neutraal (score: 0) beoordeeld. De geluidscontouren vanwege de winning op Locatie 2 is opgenomen in Figuur 13-35.



Figuur 13-34 Geluidscontouren etmaalwaarde winning Locatie 1



Figuur 13-35 Geluidscontouren etmaalwaarde winning Locatie 2

Indirecte hinder winning

Op zowel Locatie 1 als op Locatie 2 is de indirecte hinder verwaarloosbaar. In de winning komt er één vrachtvrachtwagen per dag op de locatie om de materialen aan- of af te voeren. Conform de in Tabel 13-15 beschreven beoordelingsschaal wordt de omvang van de geluidbelasting ten gevolge van de verkeersaantrekkende werking om deze reden als neutraal (score: 0) beoordeeld voor beide locatiealternatieven.

13.5.2.2 Luchtkwaliteit

In de winning zijn er geen noemenswaardige emissies en dus ook geen immissies. De enige emissie van NO_2 en fijn stof in de winning is van een vrachtwagen die materialen komt brengen of afvoeren en/of een personenwagen van een operator. De immissieconcentratie van NO_2 en fijn stof in de winning op zowel Locatie 1 als op Locatie 2 verwaarloosbaar zijn. Op basis van beoordelingskader in Tabel 13-16 is om deze reden een neutrale beoordeling (score: 0) toegekend.

13.5.2.3 Lichthinder

In de winning is er geen relevante lichtemissie aanwezig. In de winning zal oriëntatieverlichting ter plaatse van de productie-unit en ter plaatse van de poort aanwezig zijn. De verlichtingssterkte op het bedrijfsterrein zal veel lager zijn dan in de aanlegfase. De lichteffecten in de winning zullen beperkt blijven tot het eigen bedrijfsterrein. Op basis van het beoordelingskader in Tabel 13-17 en Tabel 13-18 is daarom een neutrale beoordeling (score: 0) toegekend.

13.5.3 Effectbeoordeling verwijderingsfase

In Tabel 13-21 is de effectbeoordeling voor geluid, luchtkwaliteit en licht in de verwijderingsfase gepresenteerd. Na de tabel volgt per criterium een toelichting.

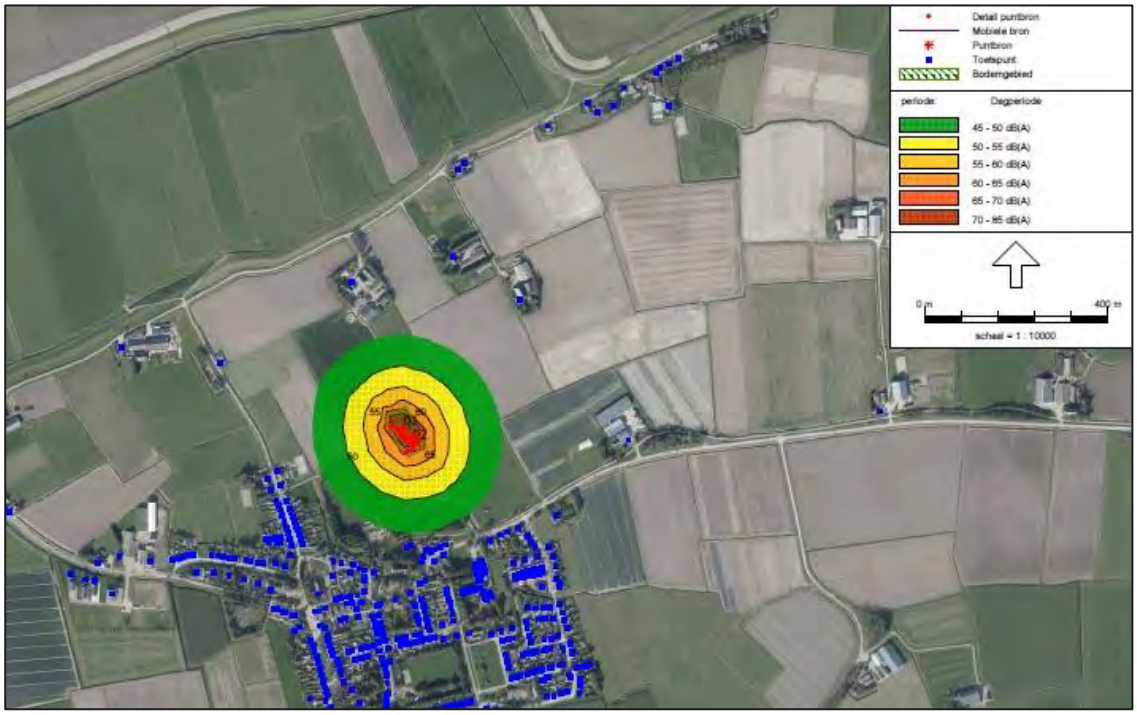
Tabel 13-21 Effectbeoordeling milieu, verwijderingsfase

Criterium	Ref.	L1-N	L1-Z	L2-N	L2-Z
Geluidhinder	0	0	0	0	0
Luchtkwaliteit	0	0	0	0	0
Lichthinder	0	0	0	0	0

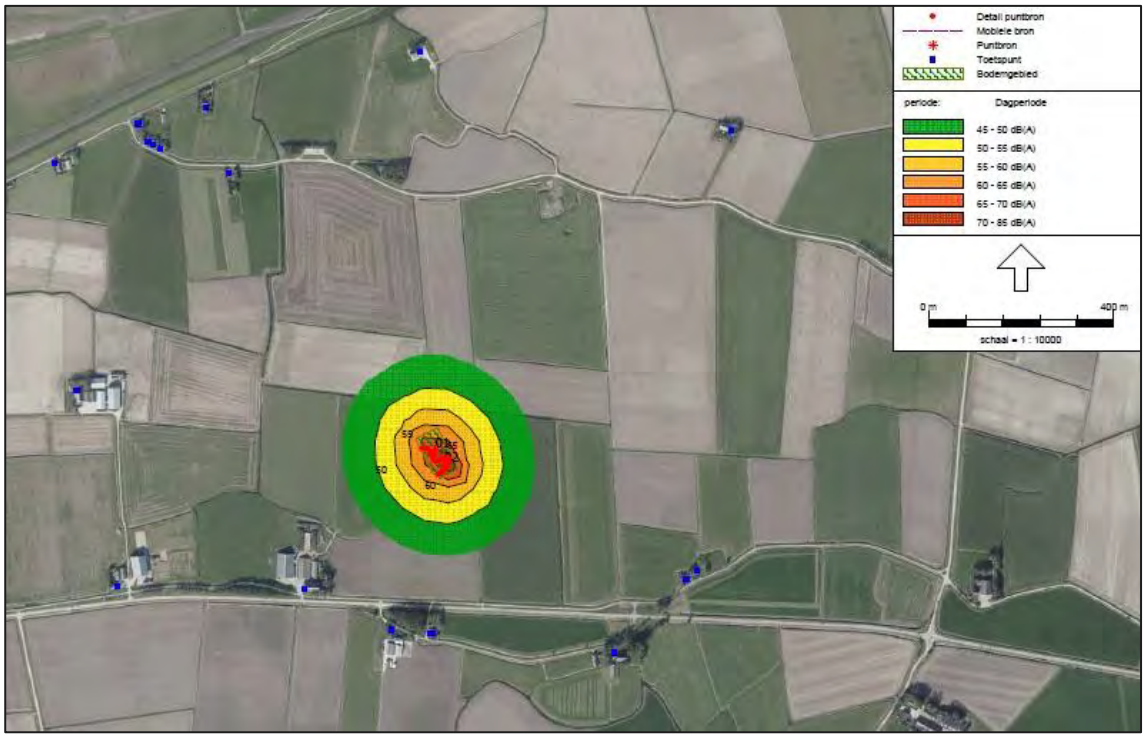
13.5.3.1 Geluid

De geluidscontouren vanwege de verwijderingsfase op Locatie 1 zijn opgenomen in Figuur 13-36. Binnen de 50 dB(A) geluidscontour dagwaarde liggen geen woningen. De geluidbelasting ter plaatse van de woningen is ten hoogste 41 dB(A) in de dagperiode. Hiermee wordt ruimschoots voldaan aan de strengere norm van 50 dB(A) dat voor de winning geldt. De geluidscontouren van het verwijderen van de transportleiding is vergelijkbaar met de geluidscontouren tijdens de aanlegfase, zie Figuur 13-18 en Figuur 13-19. Conform de in Tabel 13-12 beschreven beoordelingsschaal wordt de omvang van de geluidbelasting ten gevolge van de verwijderingsfase als neutraal (score: 0) beoordeeld.

Ook op Locatie 2 liggen binnen de 50 dB(A) geluidscontour etmaalwaarde geen woningen. Derhalve is ook de geluidbelasting op de Locatie 2 in de verwijderingsfase als neutraal (score: 0) beoordeeld. Dit geldt ook voor het verwijderen van de transportleiding. De geluidscontouren ten gevolge van verwijderingsfase op locatie 2 is opgenomen in Figuur 13-37.



Figuur 13-36 Geluidscontouren dagwaarde verwijderingsfase Locatie 1



Figuur 13-37 Geluidscontouren dagwaarde verwijderingsfase Locatie 2

Indirecte hinder verwijderingsfase

Voor de afvoer van de boorinstallatie is sprake van 12 vrachtwagen (24 bewegingen) in de dagperiode. Tijdens de verwijdering van het leidingtracé zal er sprake zijn van 20 vrachtwagens (40 bewegingen) in de dagperiode voor de aan- en afvoer van materialen. In de berekeningen is zowel voor locatie 1 als locatie 2 uitgegaan van 40 bewegingen in de dagperiode.

De geluidbelasting bedraagt ten hoogste 47 dB(A) in de dagperiode ten gevolge van verkeer van en naar Locatie 1. De geluidbelasting ten gevolge van verkeer van en naar locatie 2 is ten hoogste 38 dB(A) in de dagperiode. Hiermee wordt op beide locaties ruimschoots aan de richtwaarde van 50 dB(A) voldaan. Conform de in Tabel 13-15 beschreven beoordelingsschaal wordt de omvang van de geluidbelasting ten gevolge van de verkeersaantrekkende werking als neutraal (score: 0) beoordeeld. Voor verkeersaantrekkende werking is vanuit akoestisch oogpunt locatie 2 gunstiger dan locatie 1.

13.5.3.2 Luchtkwaliteit

In de verwijderingsfase zullen de emissies op de productielocatie lager zijn dan in de aanlegfase en dus ook immissies rondom de productielocatie. Deze fase neemt circa 10 werkdagen in beslag. De emissies en immissies langs het leidingtracé zullen tijdens de verwijderingsfase vergelijkbaar zijn met de aanlegfase. De emissievrachten van NO_2 en fijn stof in de verwijderingsfase zijn (heel) laag. De immissieconcentratie van NO_2 en fijn stof in de verwijderingsfase op zowel Locatie 1 als op Locatie 2 zijn heel laag. Op basis van het beoordelingskader in Tabel 13-16 is een neutrale beoordeling (score: 0) toegekend.

13.5.3.3 Lichthinder

In de verwijderingsfase zal de verlichtingssterkte vergelijkbaar of lager zijn dan in de aanlegfase. De activiteiten in de verwijderingsfase zullen alleen in de dagperiode plaatsvinden. Dat betekent dat de kunstmatige verlichting alleen in de winterperiode tussen 7.00 en 9.00 uur wordt gebruikt. Deze fase duurt 10 werkdagen. De verlichtingssterkte en hemelhelderheid in de verwijderingsfase op zowel locatie 1 als op locatie 2 zijn vergelijkbaar of lager dan in de aanlegfase. Op basis van het beoordelingskader in Tabel 13-17 en Tabel 13-18 is voor directe lichtinval en hemelhelderheid een neutrale beoordeling (score: 0) toegekend.

13.5.4 Integrale effectbeoordeling

In Tabel 13-22 is de integrale effectbeoordeling voor geluid, luchtkwaliteit en licht voor de gehele voorgenomen activiteit gepresenteerd. Na de tabel wordt eerst ingegaan op de mogelijke cumulatieve effecten. Vervolgens wordt ingegaan op de conclusie die op basis van deze beoordeling wordt getrokken voor geluid, luchtkwaliteit en licht.

Tabel 13-22 Integrale effectbeoordeling milieu

Criterium	Ref.	L1-N	L1-Z	L2-N	L2-Z
Geluidhinder	0	-	-	0/-	0/-
Luchtkwaliteit	0	0	0	0	0
Lichthinder	0	-	-	-	-

Cumulatie

In het plangebied zal geen relevante cumulatie van luchtkwaliteit en licht optreden omdat in directe omgeving van productielocatie en leidingtracés geen relevante lucht- en lichtemissiebronnen aanwezig zijn. Voor geluid kunnen beperkt cumulatieve effecten optreden, vanwege de voorgenomen activiteiten en wegverkeer op bestaande wegen in de huidige en autonome situatie nabij de productielocatie. De effecten van de voorgenomen activiteiten zijn over het algemeen beperkt, met uitzondering van de heiwerkzaamheden en het affakkelen. De heiwerkzaamheden en affakkelen zijn van korte duur. In het plangebied zijn geen andere relevante emissies van geluid, luchtkwaliteit en licht aanwezig, waardoor cumulatie is uitgesloten.

Conclusie

Geluid

De effecten tijdens de heiwerkzaamheden op Locatie 1 zijn ter plaatse van de woningen groter dan in de referentiesituatie. Op Locatie 1 wordt de dagwaarde van 60 dB(A) met ten hoogste 5 dB(A) overschreden vanwege heiwerkzaamheden, maar wordt er voldaan aan de blootstellingseis van maximale 15 dagen. De heiwerkzaamheden vinden gedurende 2 tot 3 weken in de dagperiode plaats. Op Locatie 2 wordt voldaan aan de dagwaarde van 60 dB(A). Tijdens het affakkelen wordt op Locatie 1 de nacht grenswaarde van 50 dB(A) met maximaal 5 dB(A) overschreden. Op Locatie 2 wordt tijdens het affakkelen voldaan aan de nacht grenswaarde van 50 dB)A'. De geluidbelasting vanwege affakkelen vindt gedurende maximaal 48 uur plaats.

Voor de overige aanlegwerkzaamheden, winnings- en verwijderingsfase zijn de effecten niet hoger dan de effecten in de referentiesituatie. De geluidseffecten in de aanleg- (met uitzondering van affakkelen), winnings- en verwijderingsfase voldoen aan de geldende geluidsnormen. De tracéalternatieven noord en zuid zijn niet onderscheidend.

Omdat Locatie 2 iets verder weg ligt van de woningen en er relatief weinig woningen liggen dan bij Locatie 1, scoort Locatie 2 iets beter dan Locatie 1.

Luchtkwaliteit

In de huidige en autonome situatie wordt de luchtkwaliteit in het onderzoeksgebied bepaald door de achtergrondconcentraties. In het studiegebied liggen de achtergrondconcentraties van NO_2 en fijn stof ver onder de grenswaarde van 40 µg/m³ voor de jaargemiddelde concentratie. De jaargemiddelde achtergrondconcentraties NO_2 in het studiegebied liggen in de huidige situatie (2016) tussen 8,3 en 9,7 µg/m³. De maximale achtergrondconcentratie PM_{10} in het studiegebied is 15,9 µg/m³ in de huidige situatie. De achtergrondconcentraties NO_2 en PM_{10} zijn in de autonome situatie enkele microgrammen lager dan in de huidige situatie.

De hoogste effecten treden op tijdens de aanlegfase. In de aanlegfase op Locatie 1 blijkt dat één woning ligt binnen de 'In Betekenende Mate' grens van 1,2 µg/m³ NO_2-contour en twee woningen op de grens van de 1,2 µg/m³ NO_2-contour. Omdat dit aantal woningen en/of gevoelige bestemmingen binnen het studiegebied minder dan 5% betreft, is op basis van Tabel 13-16 een neutrale beoordeling (score: 0) toegekend. Uit de onderzoeksresultaten van Locatie 2 komt naar voren dat binnen de 1,2 µg/m³ NO_2-contour geen woningen en gevoelige objecten liggen.

De PM_{10} bijdrage in de aanlegfase op beide locaties is verwaarloosbaar klein. De tracéalternatieven noord en zuid zijn niet onderscheidend. In de winning zijn de effecten verwaarloosbaar klein. Dit geldt voor beide locaties en voor zowel NO_2 en als voor PM_{10}. In de verwijderingsfase zijn de effecten rondom de productielocatie lager dan in de aanlegfase. Langs de leidingtracés zijn de effecten in de verwijderingsfase vergelijkbaar met de effecten in de aanlegfase.

Gezien de bijdrage in de aanleg-, winnings- en verwijderingsfase scoort de voorgenomen activiteit neutraal ten opzichte van de referentiesituatie. De locatie/ en tracés-alternatieven zijn voor het thema luchtkwaliteit niet onderscheidend.

Licht

De referentiesituatie voor het thema licht wordt bepaald door de aanwezige lichtbronnen in de huidige situatie. Het gaat om de kunstmatige lichtbronnen langs wegen, in de woonwijken, sportvelden, (vee-)stallen, agrarisch bedrijven e.d. De aanwezige achtergrondlichtsterkte zal per gebied (sterk) verschillen. Op veel locaties wordt de achtergrondlichtsterkte door een natuurlijke lichtbron (maanlicht) bepaald. Bij volle maan en heldere hemel bedraagt de verlichtingssterkte op leefniveau 0,25 lux.

De verlichtingssterkte, directe lichtinval op de gevels van de woningen en andere lichtgevoelige objecten in de omgeving ligt in de aanleg-, winnings- en verwijderingsfase (ver) onder de 0,1 lux. Dit geldt voor beide onderzochte locaties en beide tracéalternatieven. De verlichtingssterkte van alle alternatieven is om deze reden als neutraal beoordeeld ten opzichte van de referentiesituatie.

Uit de hemelhelderheidskaart van de provincie Fryslân komt naar voren dat het studiegebied één van de donkerste gebieden (lage hemelhelderheid) is. De hemelhelderheid in het studiegebied bedraagt 0,18 tot 0,35 mcd/m^2.

In de praktijk wordt verlichting alleen gebruikt waar dat nodig is. Er zal een beperkt aantal lampen worden ingezet. Ook de montagehoogte zal beperkt zijn. De lampen zullen voornamelijk worden gericht naar het grondoppervlak om verstrooien van licht naar de omgeving tegen te gaan. Op basis hiervan wordt niet verwacht dat de hemel wordt opgelicht. De kunstmatige verlichting zal geen invloed hebben op de hemelhelderheid in het studiegebied.

Tijdens de testfase (behoort tot de aanlegfase) worden vier fakkels ingezet. Deze fakkels kunnen de hemel oplichten en kunnen tijdelijk negatieve invloed hebben op de hemelhelderheid. De fakkels worden echter gedurende maximaal twee dagen gebruikt. Desalniettemin scoort de hemelhelderheid ten opzichte van de referentiesituatie negatief (score: -). Dit geldt voor beide beschouwde locaties. Het thema licht is niet onderscheidend voor de onderzochte alternatieven.

13.6 Mitigerende en compenserende maatregelen

13.6.1 Geluid

Op Locatie 1 is de geluidbelasting tijdens de heiwerkzaamheden hoger dan de dagwaarde van 60 dB(A), maar er wordt voldaan aan de eis voor blootstellingsduur uit Bouwbesluit. Door het toepassen van een heimantel of het plaatsen van een zo hoog (10 meter of hoger) mogelijk L-vormig geluidsscherm aan de zuidzijde, kan de geluidbelasting ter plaatse van (meeste) woningen voldoen aan de dagwaarde van 60 dB(A), maar niet aan de strengere norm van 50 dB(A) dat geldt voor de winning. Het effect na de mitigatie wordt licht negatief (0/-) beoordeeld.

Tijdens het affakkelen op Locatie 1 wordt in de nachtperiode de grenswaarde van 50 dB(A) overschreden. Om aan deze grenswaarde te voldoen dient een geluidsscherm van meer dan 30 meter hoog rondom de productielocatie te worden geplaatst. De kosten van dergelijke schermen staan niet in verhouding met het terugdringen van de geluidbelasting gedurende twee dagen.

Om de geluidbelasting in de nachtperiode zoveel mogelijk te beperken, kan men het aantal fakkels beperken en/of het affakkelen in de avond- en nachtperiode vermijden indien de veiligheid dat toelaat.

13.6.2 Luchtkwaliteit

Omdat de achtergrondconcentraties in het studiegebied vrij laag zijn en de bijdrage van de voorgenomen activiteit in de aanleg-, winnings- en verwijderingsfase beperkt is, worden geen grenswaarden overschreden.

Voor het thema luchtkwaliteit zijn daarom in principe geen mitigerende maatregelen noodzakelijk. Vanwege het grote verschil in emissie-eisen van dieselmaterieel tussen Stages III en IV kan men er voor kiezen om dieselmaterieel dat voldoet aan de emissies van Stage IV (schoonste dieselmaterieel) in te zetten, om de emissies tot een minimum te beperken. In het onderzoek is ervan uitgegaan dat de boorinstallatie door 4 dieselgeneratoren met een gezamenlijke vermogen van 5.200 kW wordt aangedreven. Om de luchtemissie en dus ook immissie verder te reduceren, zou men kunnen kijken of de boorinstallatie elektrisch aangedreven kan worden.

13.6.3 Licht

De bouwwerkzaamheden zullen voornamelijk in de dagperiode tussen 7.00 en 16.00 uur plaatsvinden. In de zomerperiode zal geen kunstmatige verlichting nodig zijn. In de winterperiode zal kunstmatige verlichting tussen 7.00 en 8.30 uur worden gebruikt. De boorwerkzaamheden zullen gedurende 24 uur plaatsvinden en in de nachtperiode zal kunstmatige verlichting worden gebruikt. Door het toepassen van vlakke armaturen en het beperken van de hoogte van lichtmasten, worden de effecten in de omgeving beperkt. Er lijkt weinig aanleiding te zijn voor het nemen van mitigerende maatregelen.

Om de verlichtingssterkte in de omgeving verder te reduceren kunnen de volgende maatregelen worden genomen:

- De uitstraalrichting van de armaturen zoveel mogelijk van de woningen af positioneren.
- Het toepassen van ledverlichting behoort tot de mogelijkheden aangezien ledverlichting puntverlichting is en minder naar de omgeving straalt.
- Het achterwege laten van verlichting daar waar het kan.

Met uitzondering van de testfase zijn in de aanleg-, winnings- en verwijderingsfase geen mitigerende maatregelen nodig. Het toepassen van genoemde maatregelen dragen bij het reduceren van lichtemissie en -immissie. Tijdens de testfase worden gedurende 48 uur vier fakkels ingezet om de vrijkomende gassen af te fakkelen vanwege veiligheid. De fakkels in de nachtperiode zullen meer zichtbaar zijn dan in de dagperiode. Om de zichtbaarheid zoveel mogelijk te beperken kan men het aantal fakkels beperken en/of het affakkelen in de avond- en nachtperiode zoveel mogelijk vermijden indien de veiligheid dat toelaat.

Tabel 13-23 Effectbeoordeling milieu na mitigatie

Criterium	Effectscore plansituatie L1	Effectscore plansituatie L2	Effectscore na mitigatie L1, L2
Geluid	-	0/-	0/-
Luchtkwaliteit	0	0	0
Lichthinder	-	-	0

13.7 Leemten in kennis en monitoringprogramma

13.7.1 Leemten in kennis

Geluid

Op het moment van het onderzoek was er nog geen volledig inzicht in de geluidbronnen, de sterkte en intensiteit hiervan in de aanleg- en verwijderingsfase. In het onderzoek is echter uitgegaan van conservatieve uitgangspunten. De geluidbronnen, de sterkte en intensiteit in de winning zijn gebaseerd op vergelijkbare winningslocaties. Hierdoor wordt niet verwacht dat de effecten negatiever zullen uitpakken dan in dit MER beoordeeld.

Luchtkwaliteit

Voor het thema luchtkwaliteit zijn de volgende leemten in kennis geconstateerd:

1. Onzekerheid in achtergrondconcentraties en emissiefactoren.
2. Onzekerheid in het aantal bedrijfsuren van emissiebronnen en het aantal dieselmaterieel en motorvoertuigbewegingen.

Ad 1) Onzekerheid in achtergrondconcentratie en emissiefactoren

Elk jaar worden emissiefactoren en achtergrondconcentraties vastgesteld conform de nieuwste inzichten. De trend in luchtkwaliteit is voor zowel de emissiefactoren als de achtergrondconcentraties dat deze daalt. Als de emissiefactoren en achtergrondconcentraties worden bijgesteld gaat dit vaak om kleine wijzigingen. De verwachting is, dat eventuele nieuwe inzichten geen grote effecten hebben op de uitkomsten van het onderzoek.

Ad 2) Onzekerheid in aantal bedrijfsuren, aantal dieselmaterieel en motorvoertuigbewegingen

Het overzicht van emissiebronnen is gebaseerd op het ontwerpkader van NAM en inschatting van de volumes grond en andere materialen die toegepast worden.

Bij het bepalen van de luchtemissies als gevolg van de aanleg van locaties en de leidingtracés is telkens gezocht naar een conservatieve aanlegmethode vanuit luchtkwaliteit optiek. Daarnaast is voor al het in te zetten materieel de bovengrens aangehouden qua vermogen voor het bepalen van de emissies. Hierdoor, wordt niet verwacht dat de effecten voor luchtkwaliteit negatiever zullen uitpakken dan in dit MER beoordeeld.

Licht

Lichtuitstraling naar de omgeving is afhankelijk van verschillende factoren. De lichtuitstraling is onder andere afhankelijk van het type lamp, de uitstralingsrichting, de intensiteit van de verlichting, de hoogte van de lichtmasten, de mate van afscherming van de lamp, de afscherming door objecten op het terrein en dergelijke.

De werkelijke lichtuitstraling naar de omgeving kan afwijken van hetgeen nu is berekend. De berekende verlichtingssterkte dient te worden beschouwd als een richtwaarde. De effecten kunnen voor de werkelijke situatie kleiner zijn.

Indien armaturen met ledverlichting worden toegepast en alleen daar waar dit nodig is verlichting wordt toegepast, zullen de effecten kleiner zijn dan hetgeen nu is berekend.

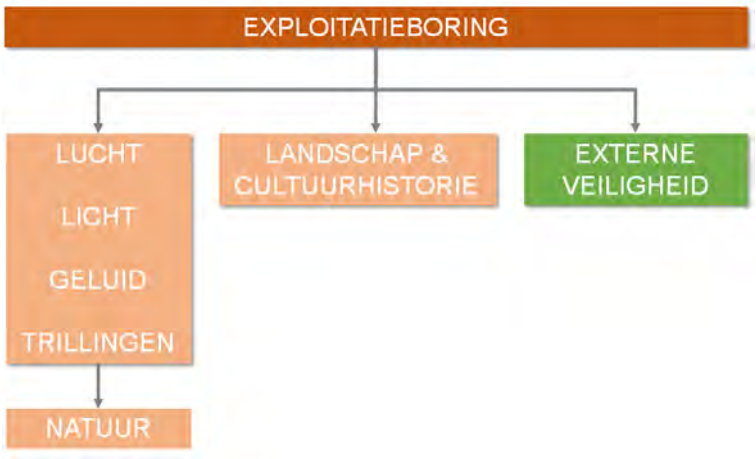
14 EXTERNE VEILIGHEID

In dit hoofdstuk zijn de effecten van de voorgenomen activiteit op externe veiligheid beschreven. In voorliggend hoofdstuk is allereerst ingegaan op de ingreep-effectrelatie met de andere milieuthema's (§14.1). Hierbij is onderscheid gemaakt in de aanlegfase, de winning en de verwijderingsfase, waarbij geldt dat de verwijderingsfase voor externe veiligheid niet relevant is. In §14.2 is het relevante beleidskader gepresenteerd. Hierna zijn het beoordelingskader en de beoordelingscriteria geïntroduceerd (§14.3), die in de effectbeoordeling zijn gehanteerd. In §14.5 is ingegaan op de effectbeoordeling van de voorgenomen activiteit ten opzichte van de referentiesituatie, waarbij onderscheid wordt gemaakt in effecten in de aanlegfase (§14.5.1) en de winning (§14.5.2). In de effectbeoordeling van de aanlegfase wordt ook de kans op een blow out en het affakkelen behandeld. Echter heeft het alleen invloed op de omgeving, maar niet betreffende externe veiligheid. In de effectbeoordeling zijn vier alternatieven beoordeeld: L1-N, L1-Z, L2-N en L2-Z. Tot slot is een integrale effectbeoordeling gepresenteerd in §14.5.3, waarbij de effecten van de alternatieven voor de voorgenomen activiteit als geheel zijn beoordeeld. Het hoofdstuk sluit af met mitigerende maatregelen (§14.6) en leemten in kennis en een aanzet voor het monitoringprogramma (§14.7).

14.1 Ingreep-effectrelaties

Aanlegfase

In de aanlegfase wordt onderscheid gemaakt in de aanleg van het leidingtracé en de exploitatieboring. De aanleg van het leidingtracé heeft geen effecten ten aanzien van externe veiligheid, aangezien er nog geen gas door de leiding getransporteerd wordt. Om de reden zijn er vanuit externe veiligheid geen risico's voor de omgeving met gevaarlijke stoffen.



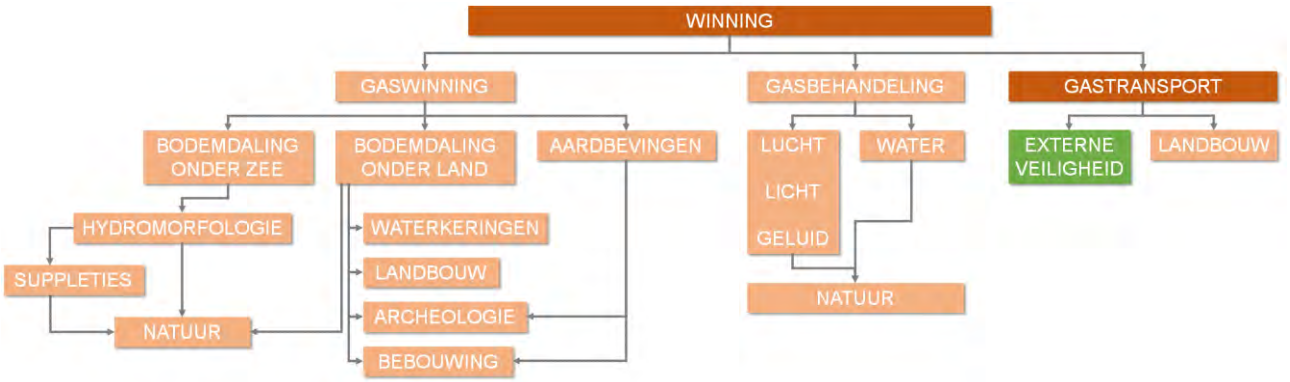
Figuur 14-1 Ingreep-effectrelaties externe veiligheid, aanlegfase

Tijdens het proces van de exploitatieboring vinden er wel activiteiten plaats die vanuit veiligheidsoptiek impact op de omgeving hebben, zoals hittestraling van het affakkelen en de kans op een blow-out tijdens het boren of tijdens het productietesten. Een blow-out bestaat uit het ongecontroleerd uitstromen van vloeistof en/of aardgas uit de put. Indien het uitstromende gas en vloeistof wordt ontstoken, kan een gaswolkexplosie ontstaan. Dit wordt in paragraaf 14.5.1 nader toegelicht. Deze activiteiten vallen niet onder de externe veiligheidswetgeving, maar zijn in dit MER wel beschouwd. Ook al zijn de mogelijke effecten op de omgeving voor een beperkte tijdsduur.

Winning

Tijdens de winning zijn er twee typen effecten van belang: enerzijds de effecten van de winning op de productielocatie, bijvoorbeeld als gevolg van het vrijkomen van een gevaarlijke stof door een lekkage. Anderzijds zijn dit de effecten van het gastransport naar de bestaande mijnbouwlocatie Moddergat, bijvoorbeeld als gevolg van een leidingbreuk. Beide zijn in deze fase beschouwd.

Hiertoe is zowel voor de productielocatie als het leidingtracé een kwantitatieve risicoanalyse (QRA) opgesteld die gebruikt zijn bij de beoordeling.



Figuur 14-2 Ingreep-effectrelaties externe veiligheid, winning

Verwijderingsfase

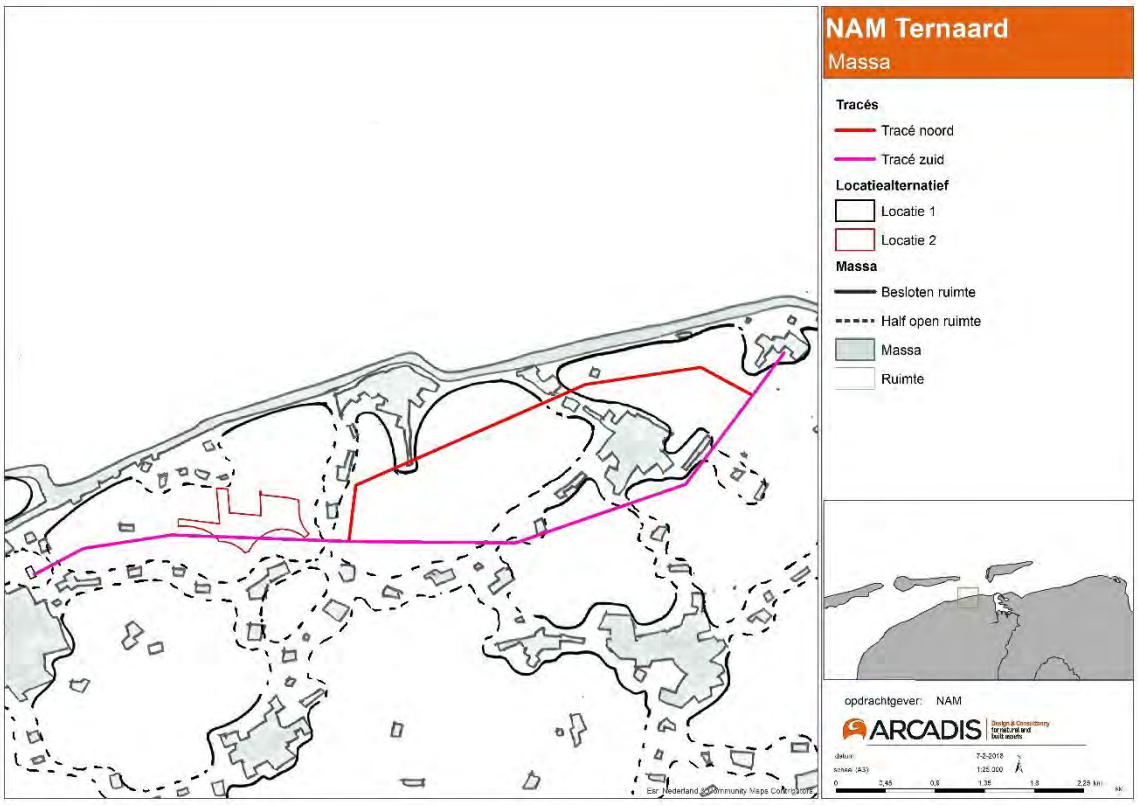
In deze fase wordt de productielocatie ontmanteld, waarbij het uitgangspunt is dat alleen de put aanwezig blijft. De installatie, verharding en transportleidingen worden verwijderd.

Bij de ontmanteling van de productielocatie zijn er risico's in relatie tot (arbeids-) ongevallen, echter niet in relatie tot externe veiligheid, zoals gedefinieerd in het Bevi en Bevb[17]. Omdat er geen behandeling of transport van gevaarlijke stoffen meer plaatsvindt, worden er geen risico's voor de omgeving meer verwacht. Dit betekent dat voor de verwijderingsfase geen effectbeoordeling wordt uitgevoerd op het gebied van externe veiligheid

Studiegebied

Het studiegebied betreft de twee productielocaties (Locatie 1 en Locatie 2) en de tracéalternatieven noord en zuid. Locatie 1 bevindt zich op de noordoostelijke grens van het dorpje Ternaard en Locatie 2 betreft een zoekgebied ten oosten van Ternaard. Het studiegebied omvat de locaties zelf en de omgeving eromheen. De grootte van dit gebied is afhankelijk van de scenario's die optreden. Op basis van ervaringen voor deregelijke risico-analyse is 300 meter rond een risicobron een goede indicatie, als afstand waar het groepsrisico beinvloed wordt. Dit gebied kan kleiner zijn in geval er alleen brandscenario's zijn of vele malen groter als toxische stoffen een rol spelen. In dit geval zijn de scenario's met brand en explosie mogelijk relevant en wordt een gebied van circa 300 meter rondom de transportleiding en productielocatie beschouwd.

[17] Besluit externe veiligheid inrichtingen (Bevi) en Besluit externe veiligheid buisleidingen (Bevb)



Figuur 14-3 Locatiealternatieven 1 en 2 en tracéalternatieven noord en zuid

14.2 Beleidskader

In Tabel 14-1 is het relevante beleid en regelgeving weergegeven voor het thema externe veiligheid. Het Bevi is van toepassing op de productielocatie, het Bevb is van toepassing op het leidingtracé. Zowel het Bevi als Bevb gebruiken het plaatsgebonden risico en groepsrisico als toetsingskader. Dit wordt in paragraaf 13.3 toegelicht.

Tabel 14-1 Wettelijk kader externe veiligheid

Beleid	Inhoud & relevantie
Besluit externe veiligheid inrichtingen (Bevi)	Besluit externe veiligheid inrichtingen (Bevi) is om mensen in de buurt van een bedrijf met gevaarlijke stoffen te beschermen. Bij een omgevingsvergunning milieu of een ruimtelijk besluit rond zo'n bedrijf moet het bevoegd gezag rekening houden met veiligheidsafstanden ter bescherming van individuen (plaatsgebonden risico) en groepen personen (groepsrisico). Het Bevi is een algemene maatregel van bestuur (AMvB) op grond van de Wet milieubeheer (Wm) en de Wet ruimtelijke ordening (Wro). Het Bevi geeft het wettelijk kader voor de installaties.
Regeling externe veiligheid inrichtingen (Revi)	In de Revi zijn de bepalingen en de toepassing van de veiligheidsnormen uit het Bevi verder uitgewerkt.
Besluit externe veiligheid buisleidingen (Bevb)	Besluit houdende milieukwaliteitseisen externe veiligheid voor het vervoer van gevaarlijke stoffen door buisleidingen. Dit is het wettelijk kader voor de buisleiding die aangelegd wordt.
Regeling externe veiligheid buisleidingen (Revb), 2014	Regeling houdende regels over de toepassing van het Besluit externe veiligheid buisleidingen.

Structuurvisie Buisleidingen

Het doel van de Structuurvisie Buisleidingen is om ruimte vrij te houden in Nederland voor de aanleg van toekomstige buisleidingen van nationaal en internationaal belang voor het transport van gevaarlijke stoffen. De Structuurvisies Buisleidingen is een nadere uitwerking van het nationale belang zoals is opgenomen in de Structuurvisie Infrastructuur en Ruimte die de Rijksoverheid heeft uitgebracht in het kader van de actualisatie decentralisatie van het ruimtelijk en mobiliteitsbeleid. Daarin is bepaald dat het netwerk aan buisleidingen essentieel voor de energievoorziening en voor het veilig vervoeren van gevaarlijke stoffen is.

Waterleidingen, goederentransport door buisleidingen, het regionale transportleidingennet (RTL-net van Gasunie) en distributieleidingen voor aardgas worden niet meegenomen in de Structuurvisie Buisleidingen. Deze netwerken kennen namelijk een veel grotere en fijnmazige vertakking die beleidsmatig niet op Rijksniveau thuishoort. De aan te leggen gasleidingen valt onder de RTL-net en valt dus niet onder de Structuurvisie Buisleidingen.

14.3 Beoordelingskader

De effecten voor het thema externe veiligheid zijn bepaald op basis van de beoordelingscriteria uit Tabel 13-2. Onder de tabel volgt per criterium een toelichting op de beoordelingscriteria en gehanteerde methode. De beoordelingscriteria zijn afkomstig uit de hierboven genoemde besluiten.

Tabel 14-2 Beoordelingskader externe veiligheid

Thema	Beoordelingscriterium	Meeteenheid
Externe veiligheid	Plaatsgebonden risico	10^{-6}/jaar PR-contour
	Groepsrisico	Ligging fN-curve t.o.v. oriëntatie waarde

Plaatsgebonden risico

Onder plaatsgebonden risico (PR) wordt conform respectievelijk het Bevi en het Bevb het volgende verstaan:

- Risico op een plaats buiten een *inrichting*, uitgedrukt in de kans per jaar dat een persoon die onafgebroken en onbeschermd op die plaats zou verblijven, overlijdt als rechtstreeks gevolg van een ongewoon voorval binnen die inrichting, waarbij een gevaarlijke (afval)stof betrokken is.
- Risico op een plaats nabij een *buisleiding*, uitgedrukt in de kans per jaar dat een persoon die onafgebroken en onbeschermd op die plaats zou verblijven, overlijdt als rechtstreeks gevolg van een ongewoon voorval met die buisleiding.

Voor nieuwe situaties is de grenswaarde en de richtwaarde van het plaatsgebonden risico een kans van één op de miljoen per jaar (10^{-6} per jaar). Voor nieuwe situaties geldt dat binnen de risicocontour van 10^{-6} per jaar geen kwetsbare objecten zijn toegestaan. Voor beperkt kwetsbare objecten geldt de risicocontour van 10^{-6} per jaar als richtwaarde. Dit betekent dat uitzonderingsgevallen binnen de 10^{-6} contour zijn toegestaan, met als voorwaarde dat dit voldoende onderbouwd is voor beperkt kwetsbare objecten.

Kwetsbare bestemmingen zijn woningen, winkelcentra, ziekenhuizen, gevangenissen enzovoort. Beperkt kwetsbare bestemmingen zijn meer verspreid liggen de bebouwing en minder intensief gebruikte locaties, zoals sporthallen e.d. Welke bestemmingen waaronder vallen, zijn weergegeven in artikel 1 van het Bevi.

Tabel 14-3 Beoordelingsschaal plaatsgebonden risico

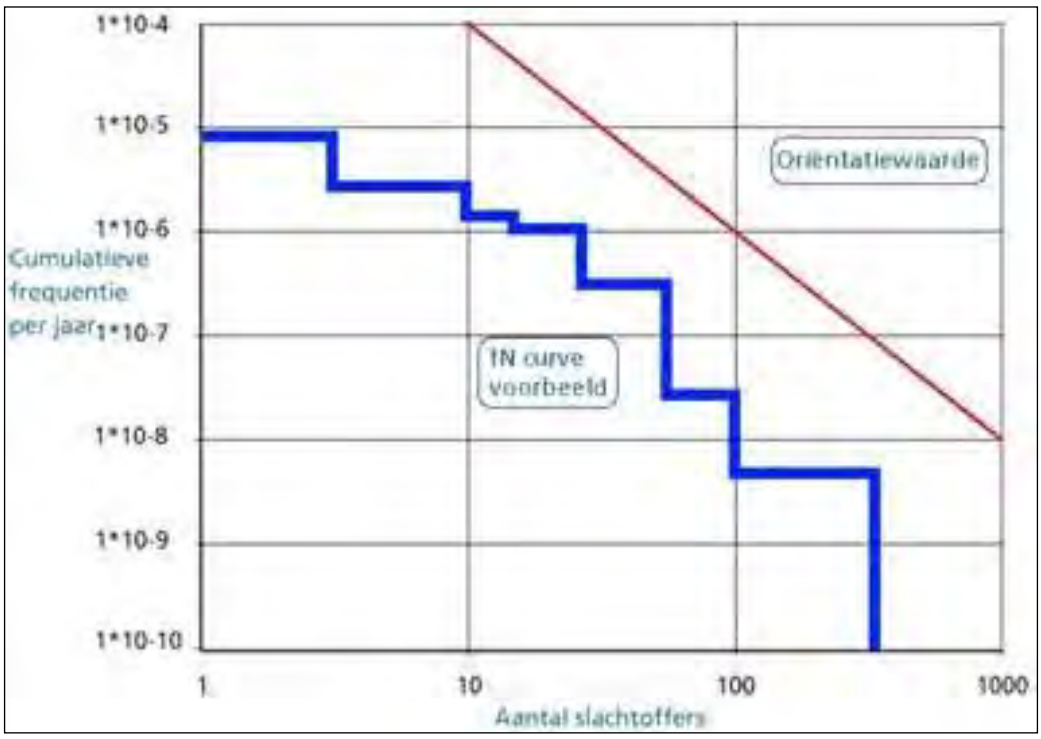
Score	Beoordelingscriterium
++	n.v.t
+	PR 10^{-6} contour neemt af/ er liggen geen (beperkt) kwetsbare bestemmingen binnen de contour
0/+	PR10^{-6} contour neemt af/ er liggen (beperkt) kwetsbare bestemmingen binnen de contour
0	Geen toe- of afname van (beperkt) kwetsbare bestemmingen binnen de PR10^{-6} contour
0/-	PR10^{-6} contour wordt groter, maar kent geen (beperkt) kwetsbare bestemmingen binnen de contour
-	PR10^{-6} contour wordt groter, waarbij er (beperkt) kwetsbare bestemmingen binnen deze contour komen te liggen
- -	n.v.t.

Groepsrisico

Onder groepsrisico (GR) wordt conform respectievelijk het Bevi en het Bevb het volgende verstaan:

- Cumulatieve kansen per jaar dat ten minste 10, 100 of 1000 personen overlijden als rechtstreeks gevolg van hun aanwezigheid in het invloedsgebied van een *inrichting* en een ongewoon voorval binnen die inrichting waarbij een gevaarlijke stof of gevaarlijke afvalstof betrokken is.
- Cumulatieve kansen per jaar per kilometer *buisleiding* dat ten minste 10, 100 of 1000 personen overlijden als rechtstreeks gevolg van hun aanwezigheid in het invloedsgebied van een buisleiding en een ongewoon voorval met die buisleiding.

Het groepsrisico wordt weergegeven in een grafiek (de ‘fN-curve’) waarin op de verticale as de cumulatieve kans op het aantal doden per jaar staat en op de horizontale as het aantal doden logaritmisch is weergegeven (zie Figuur 14-4). Bij het aangeven van representatieve aantallen personen wordt gewerkt met zowel de kwetsbare als de minder kwetsbare bestemmingen. Het groepsrisico geeft aandachtspunten op een transportroute aan waar zich mogelijk een ramp met meer dan tien slachtoffers kan voordoen.



Figuur 14-4 Voorbeeld fN-curve voor transport

Tabel 14-4 Beoordelingsschaal groepsrisico

Score	Beoordelingscriterium
++	Het GR neemt af en bedraagt minder dan 0,1 maal de oriëntatiewaarde
+	Het GR neemt af met meer dan 10% en blijft onder de oriëntatiewaarde
0/+	Het GR neemt af met minder dan 10% en blijft onder de oriëntatiewaarde
0	Het GR blijft gelijk of neemt toe met minder dan 10% en blijft onder de oriëntatiewaarde
0/-	Het GR neemt toe met minder dan 10% en blijft onder de oriëntatiewaarde
-	Het GR neemt toe met meer dan 10%, maar blijft onder de oriëntatiewaarde
- -	Het GR neemt toe en is hoger dan de oriëntatiewaarde

Effect op de omgeving

Separaat wordt voor de boring gekeken naar de effecten van een blow out op de omgeving. Dit effect valt niet onder het PR-/GR-beoordelingscriterium en wordt daarom separaat beschouwd. Het gaat hierbij met name om tot welke afstand hittestraling mogelijk voelbaar is en effecten kan hebben op de omgeving.

QRA Externe Veiligheid

Voor Locatie 1 is een QRA uitgevoerd (QRA Ternaard-1,d.d. november 2015 door Arcadis). In deze QRA zijn de externe veiligheidsrisico's getoetst aan de normen voor stationaire inrichtingen uit het Besluit Externe Veiligheid Inrichtingen (Bevi).

De risico's zijn uitgedrukt in het Plaatsgebonden risico (PR) en het Groepsrisico (GR). In de QRA zijn de risico's ten gevolge van het mogelijk vrijkomen van gevaarlijke stoffen door lekkages of het falen van de omhulling, zogenaamde "Loss Of Containment" (LOC) gebeurtenissen, conform de Handleiding risicoberekeningen Bevi (HRB) zo realistisch mogelijk gekwantificeerd. De QRA heeft betrekking op de gehele inrichting. Dit betreft de installatie, leidingen en de transportleiding naar Moddergat tot aan de inrichtinggrens van het terrein.

De uitgangspunten van de QRA voor Locatie 1 zijn in voorliggend hoofdstuk ook gebruikt voor de effectbeoordeling voor Locatie 2. Dat betekent dat de lay-out en kenmerken van de installates (faal kansen e.d.) gelijk zijn, behalve dat de locatie geografisch op een andere locatie ligt. Echter, de effecten in relatie tot het groepsrisico zijn in de QRA kwalitatief beschreven en specifiek voor Locatie 1. Om deze reden is er voor het groepsrisico van Locatie 2 een kwalitatieve inschatting gemaakt op basis van de ligging van de PR-contouren en het aantal aanwezigen in de omgeving.

Voor de voorgenomen activiteit zijn twee tracéalternatieven beschouwd: tracé noord en tracé zuid. Beide tracés zijn weergegeven in Figuur 14-3. Voor leidingen met gevaarlijke stoffen, waaronder aardgas, dient conform het Bevb een QRA voor de leiding uitgevoerd te zijn om inzicht te geven in de externe veiligheidsrisico's die op treden als gevolg van leidingbreuk.

In het kader van het risicoscenario 'leidingbreuk' is een QRA (QRA buisleiding TRN2, d.d. maart 2016 door Tebodin i.o.v. NAM) uitgevoerd voor tracéalternatief zuid, waaruit het PR en het GR berekend is conform de gestelde methodiek in het Bevb. Aangezien voor de leidingen, ongeacht het tracé, van dezelfde eigenschappen wordt uitgegaan, is de QRA voor tracéalternatief zuid ook toegepast op tracéalternatief noord.

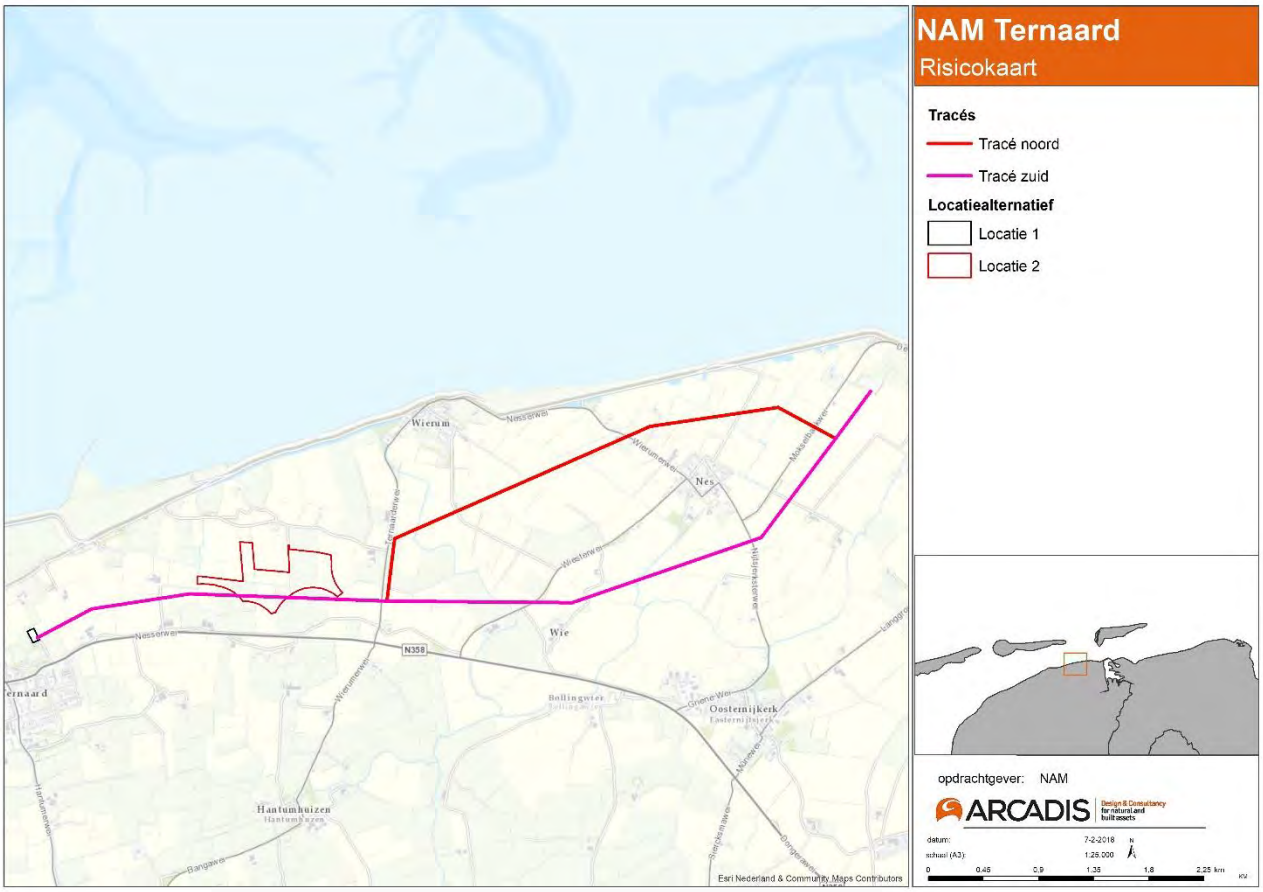
Tot slot is er ook een QRA uitgevoerd voor de mijnbouwlocatie Moddergat (QRA Moddergat-1, d.d. november 2015 door Arcadis), waar de transportleiding aanlandt. Deze QRA is van de gehele inrichting, inclusief de transportleiding vanaf Locatie 1 of Locatie 2 en de transportleiding naar de gasbehandelingsinstallatie in Anjum, voor zover deze binnen de terreingrens liggen. Voor de voorgenomen activiteit is alleen de transportleiding vanaf Locatie 1 of Locatie 2 relevant.

14.4 Referentiesituatie

Huidige situatie

Locatie 1

Vanaf Locatie 1 is in het verleden door NAM een boring uitgevoerd. De locatie is opgenomen in het bestemmingsplan, echter op dit moment vinden er geen activiteiten plaats. Aangezien er op de locatie geen activiteiten plaatsvinden, is er geen oprichtingsvergunning geweest. Dit betekent dat er in de huidige situatie en autonome ontwikkeling geen sprake is van een PR-contour of een groepsrisico. In de omgeving van Locatie 1 zijn geen risicobronnen aanwezig die invloed hebben op de locatie. Onder risicobronnen wordt daarbij verstaan: bedrijven (inrichtingen) waar grote hoeveelheden gevaarlijke stoffen aanwezig zijn, transportroutes voor het vervoer van gevaarlijke stoffen (via weg, water, spoor, buisleidingen) en luchtvaartterreinen in algemene zin (luchtvaartveiligheid) (Risicokaart, 2017).



Figuur 14-5 Uitsnede risicokaart voor beoordeling risicobronnen in de omgeving van locaties en leidingen. (Geraadpleegd januari 2017)

Locatie 2

Locatie 2 is een zoekgebied, gelegen in een weidelandschap met weinig tot geen bebouwing. Op deze locatie zijn geen voorzieningen gerealiseerd voor een boring of winning. In relatie tot externe veiligheid kent deze locatie in de huidige situatie dan ook geen PR-contour of groepsrisico. Ook in de omgeving van Locatie 2 zijn geen risicobronnen aanwezig die invloed hebben op de locatie (Risicokaart, 2017).

Moddergat

De mijnbouwlocatie Moddergat is een reeds bestaande locatie waar activiteiten plaatsvinden. Als gevolg van de voorgenomen activiteit wordt er een extra leiding aangesloten op deze locatie. In de huidige situatie ligt de $PR10^{-6}$ contour van de mijnbouwlocatie buiten de inrichting, maar er liggen geen (beperkt) kwetsbare bestemmingen binnen die contour. Op Figuur 13-6 is de $PR10^{-6}$ contour weergegeven.

Figuur 14-6 PR10-6 contour Moddergat. (Geraadpleegd mei 2017)

Tracéalternatieven

Voor de tracéalternatieven noord en zuid zijn geen risicobronnen in de omgeving aanwezig die invloed hebben op de tracés (Risicokaart, 2017), zie Figuur 14-5.

Autonome ontwikkeling

Er zijn in de (nabije) toekomst geen ontwikkelingen voorzien in het studiegebied die leiden tot een andere externe veiligheidssituatie dan de huidige situatie.

14.5 Effectbeoordeling

14.5.1 Effectbeoordeling aanlegfase

In Tabel 14-5 is de effectbeoordeling voor externe veiligheid voor de aanlegfase gepresenteerd. Na de tabel volgt per criterium een toelichting.

Tabel 14-5 Effectbeoordeling externe veiligheid, aanlegfase

Criterium	Ref.	L1-N	L1-Z	L2-N	L2-Z
Plaatsgebonden risico	0	0	0	0	0
Groepsrisico	0	0	0	0	0

Plaatsgebonden risico

In de aanlegfase vinden er geen activiteiten plaats die onder de kaders van externe veiligheid vallen. Om deze reden wordt er een neutrale score gegeven. Dit geldt zowel voor Locatie 1 als Locatie 2. De leidingen worden in deze fase aangelegd, maar zijn nog niet in gebruik en zijn daarmee niet relevant.

Groepsrisico

In de aanlegfase vinden er geen activiteiten plaats die onder de kaders van externe veiligheid vallen. Om deze reden wordt er een neutrale score gegeven.

Effect voor de omgeving

Tijdens de aanlegfase zijn er een tweetal activiteiten die merkbaar zijn in de omgeving: een blow-out en het affakkelen. Zoals eerder vermeld hebben deze activiteiten geen invloed op externe veiligheid, maar is het wel belangrijk dat het als aandachtpunt beschouwd wordt.

Een blow-out is een ongecontroleerde uitstroming uit een put, waarbij koolwaterstoffen (aardgas en condensaat), boorspoeling en/of water uit het gasreservoir vrijkomen. Blow-outs kunnen optreden bij het boren naar nieuwe gasvoorkomens of bij ontwikkelingsboringen. Een blow-out ontstaat wanneer de controle over een put wordt verloren. Als de controle over de put wordt verloren, en dus als de druk vanuit het gasreservoir hoger is dan de put aan kan, dan zal uitstroming onder hogedruk optreden, waarbij de in de put en het reservoir aanwezige stoffen (aardgas, boorspoeling, water, et cetera) vrijkomen: een blow-out. De vrijkomende stoffen kunnen tot brand en lucht-, grond- en watervervuiling leiden.

De volgende Heat-radiation contouren zijn van toepassing in relatie tot het vermogen van de put (gebaseerd op 3.1 Mnm^3/d)[18]:

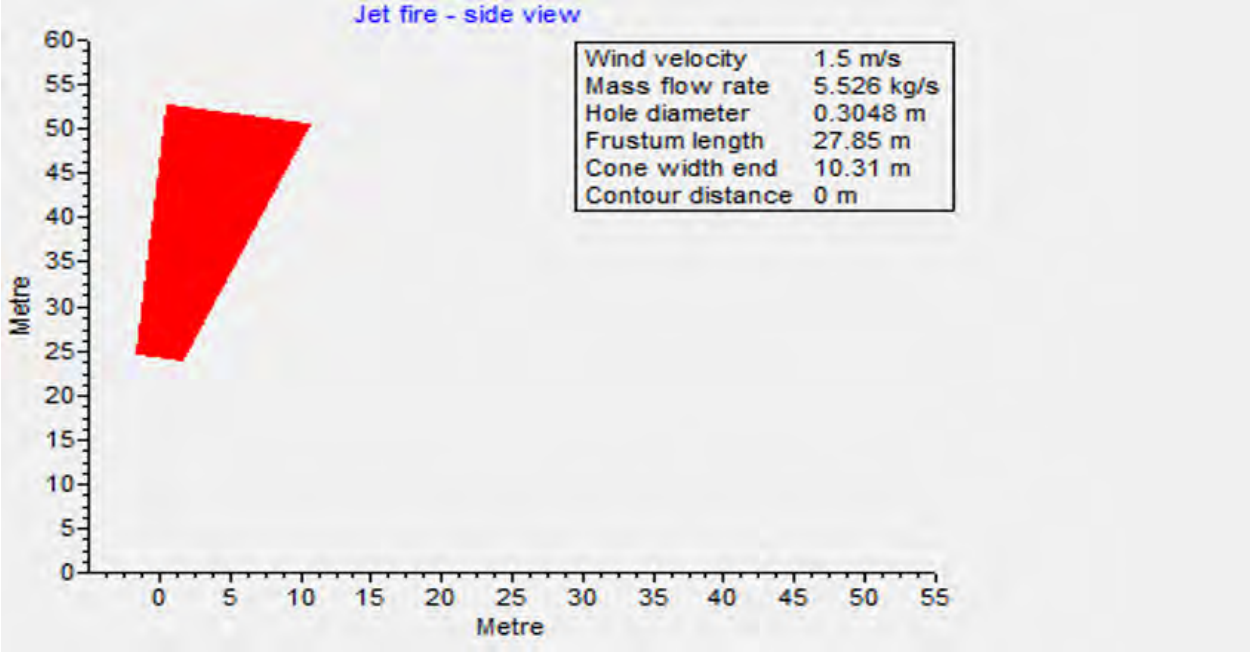
- 1.6 kW/m^2: 103 m.
- 3 kW/m^2: 77 m.
- 12,5 kW/m^2: 39 m.

Dit betekent dat mensen bij een dergelijke blow out, afhankelijk van de windrichting, tot op 77 meter afstand de hittestraling kunnen voelen. Zoals te zien op Figuur 14-7 ligt er in de straal van 77 meter geen (beperkt) kwetsbare objecten. Tussen de 1 en 3 kW neemt de hittestraling snel af, zodat hier niet veel effecten verwacht worden (NAM, 2015). Ook daar zijn geen (beperkt) kwetsbare objecten aanwezig.

Figuur 14-7 Locatie Ternaard (links) en Locatie alternatief (rechts)

De eerste korte periode na het bereiken van het gasreservoir, wordt het toestromende gas gedurende circa 3 dagen afgefakkeld om het gas te testen op kwaliteit en druk. Dit affakkelen zal zich maximaal 3 keer 8 uur en 1 keer 24 uur voordoen. In onderstaande figuur is aangegeven tot hoever de vlam reikt.

[18] 1 N/mm^3 = 1000 MN/m^3 (de eenheid wordt tegenwoordig vaak in kN/m^3 of MN/m^3 gegeven; 1MN = 10^6 N en 1 m^3 = 10^9 mm^3).



Figuur 14-8 Berekening vlamhoogte affakkelen zijaanzicht

De verticale-as geeft weer hoe hoog (meter) de vlam reikt. Zoals te zien in de figuur begint de vlam op 25 meter. Dat komt doordat het affakkelen vanaf een hoogte van 25 meter plaatsvindt. De berekening heeft rekening gehouden met een windsnelheid van 1.5 m/s. Op de horizontale-as is weergegeven hoever de vlam dan afwijkt gemeten vanaf het ontstekingspunt (NAM, 2015).

Doordat de vlam vanaf 25 meter hoogte plaatsvindt, bevinden zich geen (beperkt) kwetsbare objecten binnen de vlam.

14.5.2 Effectbeoordeling winning

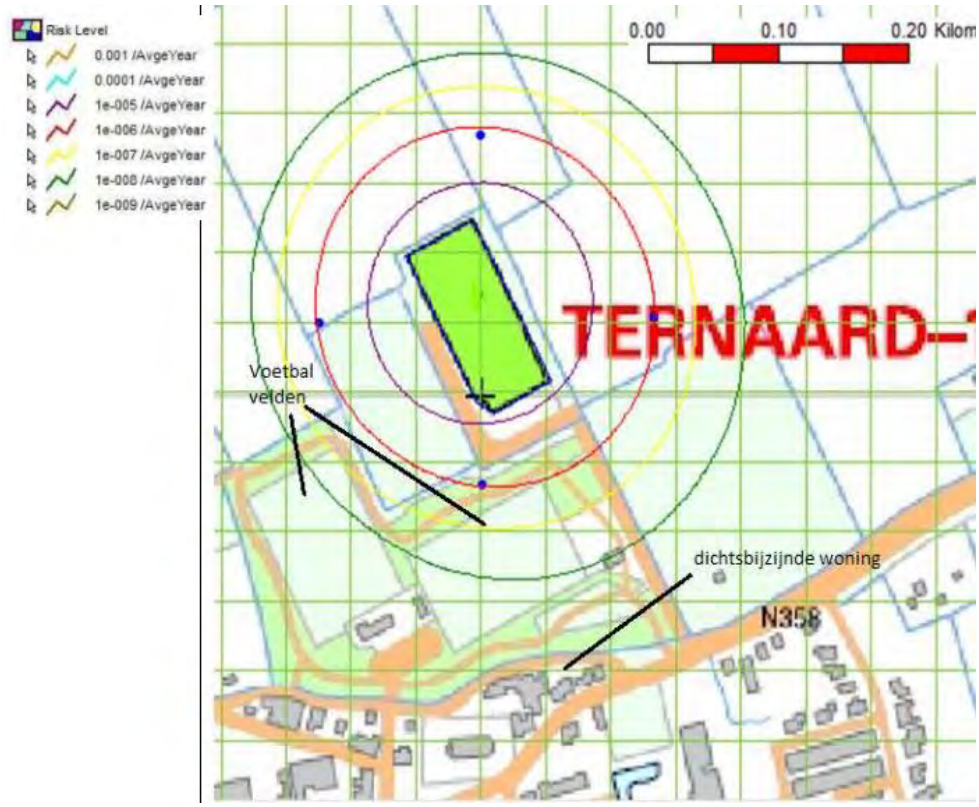
In Tabel 14-6 is de effectbeoordeling voor externe veiligheid voor de winning gepresenteerd. Na de tabel volgt per criterium een toelichting.

Tabel 14-6 Effectbeoordeling externe veiligheid, winning

Criterium	Ref.	L1-N	L1-Z	L2-N	L2-Z
Plaatsgebonden risico	0	0/-	0/-	0/-	0/-
Groepsrisico	0	0	0	0	0

Plaatsgebonden risico

Locatiealternatieven



Figuur 14-9 PR-contour Locatie 1

In Figuur 14-9 zijn de risico contouren geplaatst van Locatie 1. In de nabijheid van Locatie 1 zijn er (beperkt) kwetsbare objecten aanwezig. Deze objecten betreffen een woning en voetbalvelden. De woning ligt op circa 189 meter ten zuiden vanaf het hekwerk van Locatie 1. De voetbalvelden liggen op respectievelijk 53 meter ten zuiden en 110 meter ten zuidwesten vanaf het hekwerk van de locatie. Alle beperkt kwetsbare objecten (voetbalvelden en huis) liggen buiten de 10^{-6} per jaar PR-contour. De maximale afstand vanaf de inrichtingsgrens tot de 10^{-6} per jaar PR-contour bedraagt ca. 100 m (oostelijke richting), waarmee de PR-contour buiten de grenzen van de inrichting ligt (Arcadis, 2015). Vanuit de referentiesituatie is er geen PR-contour. Er ontstaat door de voorgenomen activiteit bij Locatie 1 een PR-contour waarbij er echter geen sprake is van (beperkt) kwetsbare bestemmingen binnen de 10^{-6} contour (QRA Ternaard-1,d.d. november 2015 door Arcadis). Om deze reden is Locatie 1 licht negatief beoordeeld (score: 0/ -).

De PR-contouren van Locatie 1 zijn geprojecteerd op Locatie 2. In dit MER is uitgegaan van dezelfde indeling en eigenschappen voor beide productielocaties, met enkel een geografisch onderscheid. Locatie 2 ligt, ten opzichte van Locatie 1, in een meer landelijke omgeving, waardoor (beperkt) kwetsbare locaties op een verdere afstand liggen (de eerste woning ligt op 500 meter afstand). In de referentiesituatie is er geen PR-contour. Door de voorgenomen activiteit ontstaat bij Locatie 2 een nieuwe PR-contour. Er bevinden zich echter geen (beperkt) kwetsbare bestemmingen binnen de 10^{-6} contour, aangezien deze contour circa 100 m is en de woning op 500 meter niet bereikt. Locatie 2 licht negatief beoordeeld (score: 0/-), omdat er in de huidige situatie geen risicocontour is en deze door de voorgenomen activiteit wel wordt toegevoegd. De beoordeling is echter niet negatief, aangezien er geen (beperkt) kwetsbare objecten binnen de contour liggen.

Tracéalternatieven

De kaart met de berekende PR-contouren ten gevolge van de transportleiding in het studiegebied is gepresenteerd in Figuur 13-11.

Voor tracéalternatief zuid is er geen plaatsgebonden risicocontour 10^{-6} per jaar aanwezig die overlapt met de (beperkt) kwetsbare objecten in de omgeving. Geconcludeerd wordt dat er binnen de PR-contour 10^{-6} per jaar – die de grenswaarde vormt – geen (beperkt) kwetsbare objecten liggen. Hierdoor wordt voldaan aan de norm voor het plaatsgebonden risico conform het Bevb (Tebodin, 2016). Tracéalternatief zuid scoort daarom neutraal (score: 0).

Tracéalternatief noord ligt in een vergelijkbaar gebied, waardoor de resultaten van tracéalternatief zuid ook worden gebruikt voor tracéalternatief noord. Uitgangspunt is dat voor tracéalternatief noord dezelfde parameters en uitgangspunten gekozen zijn als voor tracéalternatief zuid. Wanneer dit het geval is, is er voor deze leiding eveneens geen PR10^{-6} contour en scoort tracéalternatief noord ook neutraal (score: 0).

Figuur 14-10 PR-contour tracéalternatief zuid

Groepsrisico locatie

Locatiealternatieven

Locatie 1 is gelegen in een agrarische omgeving. De dichtstbijzijnde woonbebouwing (kwetsbaar objecten), het dorp Ternaard, ligt ten zuiden van de locatie op een afstand van circa 200 meter vanaf de inrichtingsgrens. Hier tussen ligt een aantal voetbalvelden (beperkt kwetsbaar object). De locatie is bereikbaar via een openbare weg en is ontsloten door middel van een toegangsweg. Het geschatte aantal personen in de omgeving is overdag 1,2 personen per huis en ‘s nachts 2,4 personen per huis (Arcadis, 2015).

Het groepsrisico voor Locatie 1 is nihil, vanwege de geringe populatie binnen het invloedgebied (ca. 300 meter). Het groepsrisico overschrijdt de oriëntatiewaarde, zoals gedefinieerd in het Bevi, niet (Arcadis, 2015). Locatie 1 scoort om deze reden neutraal (score: 0).

Locatie 2 ligt in verhouding tot Locatie 1 verder afgelegen, waarbij de dichtstbijzijnde woning op circa 500 meter ligt. Dat betekent dat het er geen groepsrisico zal ontstaan als gevolg van de voorgenomen activiteit. Het aantal aanwezige mensen is daarvoor te laag. Locatie 2 scoort om deze reden eveneens neutraal (score: 0).

Leidingtracé

Het invloedsgebied rondom tracéalternatief zuid is weergegeven in Figuur 14-11. Bebouwing binnen het invloedsgebied is relevant voor de bepaling van de hoogte van het groepsrisico. Omdat er binnen het invloedsgebied sprake is van zeer incidentele bebouwing, is bij de beoogde ligging van de transportleiding geen sprake van een Groepsrisico (Tebodin, 2016). Tracéalternatief zuid scoort om deze reden neutraal (score: 0).

Tracéalternatief noord ligt in een vergelijkbaar gebied, met incidentele bebouwing, Dit leidt ertoe dat ook voor dit tracéalternatief geen groepsrisico aanwezig is. Uitgangspunt is dat voor tracéalternatief noord dezelfde leidingparameters en uitganspunten gekozen zijn als voor tracéalternatief zuid. Tracéalternatief noord scoort om deze reden eveneens neutraal (score: 0).

Figuur 14-11 GR invloedsgebied tracéalternatief zuid

14.5.3 Integrale effectbeoordeling

In Tabel 14-7 is de integrale effectbeoordeling voor externe veiligheid voor de gehele voorgenomen activiteit gepresenteerd. Na de tabel wordt ingegaan op de conclusie die op basis van deze beoordeling wordt getrokken voor externe veiligheid.

Tabel 14-7 Integrale effectbeoordeling externe veiligheid

Criterium	Ref.	L1-N	L1-Z	L2-N	L2-Z
Plaatsgebonden risico	0	0/-	0/-	0/-	0/-
Groepsrisico	0	0	0	0	0

Cumulatie

In de directe omgeving van zowel de locatiealternatieven als de tracéalternatieven vinden geen risicovolle activiteiten of winningslocaties plaats waardoor cumulatie optreedt. De andere gaswinningslocaties, die in figuur 8 zijn weergegeven liggen op een zodanig grote afstand, dat onderlinge beïnvloeding niet mogelijk is.

Risicocontouren van individuele risicobronnen zijn niet bij elkaar opgeteld, tenzij aantoonbaar is dat het falen van één installatie effect heeft op nabijgelegen installaties. Hierbij kan gedacht worden aan het effect van windturbines op de transportleidingen wanneer deze om zouden vallen. Dit effect wordt via de faalkansen verrekend. De windturbines die in de omgeving van de beoogde transportleiding staan, zijn klein van stuk (alleen in gebruik voor eigen gebruik van omwonenden) en leveren een klein vermogen. De windturbines hebben derhalve geen invloed op de faalkans van de leiding.

Conclusie

Vanuit het oogpunt van externe veiligheid scoren alle alternatieven gelijk. Het plaatsgebonden risico wordt voor alle alternatieven licht negatief beoordeeld. Hoewel er sprake is van een 10^{-6} risicocontour, bevinden zich geen (beperkt) kwetsbare objecten binnen deze contour. Het groepsrisico is voor alle alternatieven neutraal beoordeeld, omdat er in het invloedsgebied alleen verspreid liggende bebouwing aanwezig is.

Op basis van deze toetsing wordt echter toch geconcludeerd dat Locatie 2 vanuit het oogpunt van externe veiligheid in relatie tot de omgeving het meest gunstige alternatief is. De reden hiervoor is dat deze locatie verder van bebouwing is gesitueerd dan Locatie 1 en daarmee kwalitatief gunstiger is dan Locatie 1. Immers, Locatie 1 ligt dicht bij de kern van Ternaard. Dit is bij Locatie 2 niet het geval.

In relatie tot een blow-out tijdens de exploratiefase kunnen kortdurend effecten merkbaar zijn in de omgeving. Ook in dit geval is Locatie 2 iets gunstiger, omdat hier in de nabijheid minder mensen wonen/verblijven, dan bij Locatie 1.

Voor de twee tracéalternatieven is er geen voorkeurskeuze. Voor beide tracés geldt dat er geen sprake is van een risico in het kader van externe veiligheid. Beide alternatieven scoren neutraal (score: 0).

14.6 Mitigerende en compenserende maatregelen

Aangezien er geen normen worden overschreden is het voor externe veiligheid niet noodzakelijk om mitigerende maatregelen toe te passen.

14.7 Leemten in kennis en monitoringprogramma

14.7.1 Leemten in kennis

Voor de effectbeoordeling is er gebruik gemaakt van een QRA voor Locatie 1. De QRA is gebaseerd op uitgangspunten die ook van toepassing zijn voor Locatie 2. Voor de effectbeoordeling zijn de effecten daardoor voldoende in beeld gebracht om de locatiealternatieven met elkaar te kunnen vergelijken. Deze leemte levert om deze reden geen belemmering voor de besluitvorming over de productielocatie op. Indien Locatie 2 als voorkeurslocatie wordt gekozen, moet er een locatie-specifieke QRA worden opgesteld.

14.7.2 Monitoringprogramma

Vanuit het oogpunt van externe veiligheid is er geen aanleiding om voorstellen op te nemen voor een evaluatieprogramma of monitoring.

15 AARDBEVINGEN

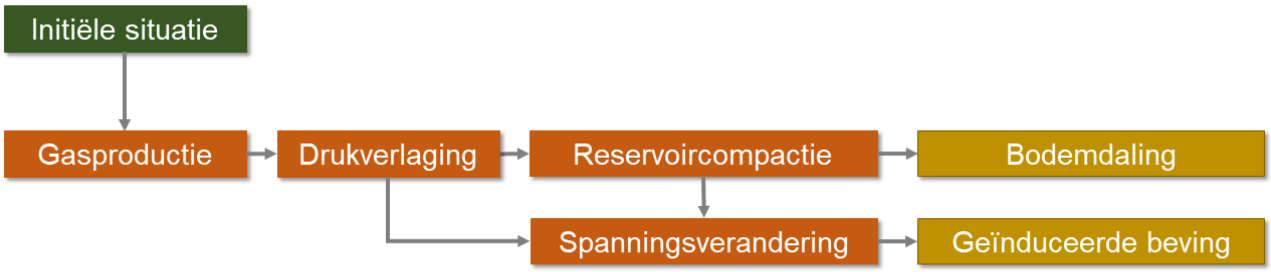
In dit hoofdstuk zijn de effecten van de voorgenomen activiteit ten aanzien van aardbevingen beschreven. In voorliggend hoofdstuk is allereerst ingegaan op de ingreep-effectrelatie met de andere milieuthema's (§15.1). Hierbij is onderscheid gemaakt in de aanlegfase, winning en verwijderingsfase. In §15.2 is het relevante beleidskader gepresenteerd. Hierna zijn het beoordelingskader en de beoordelingscriteria geïntroduceerd die in de effectbeoordeling worden gehanteerd (§15.3). In (§15.4) is ingegaan op de effectbeoordeling van de voorgenomen activiteit ten opzichte van de referentiesituatie, waarbij ingegaan is op de winning (§15.5). In de effectbeoordeling zijn vier alternatieven beoordeeld: L1-N, L1-Z, L2-N en L2-Z De effectbeoordeling is alleen toegespitst op één fase omdat geïnduceerde bevingen alleen kunnen plaatsvinden tijdens de winningfase. Het hoofdstuk sluit af met mitigerende en compenserende maatregelen (§15.6), leemten in kennis en een aanzet voor het monitoringprogramma (§15.7).

15.1 Ingreep-effectrelaties

De aanlegfase en de verwijderingsfase zijn niet van toepassing op het thema aardbevingen omdat in deze fases geen gasproductie plaatsvindt.

Als gevolg van de productie van aardgas in de winning daalt de interne gasdruk in het reservoir. Daardoor worden de gashoudende lagen samengedrukt (compactie) onder het gewicht van de bovenliggende gesteentelagen en de Waddenzee. Door het samendrukken van het reservoirgesteente neemt ook de spanning in de ondergrond toe. Die spanning (elastische energie) kan zich op een gegeven moment ontladen. Soms gaat dat schoksgewijs, als gesteenten verschuiven langs breuken. Dat zijn dan geïnduceerde aardbevingen. Dit proces wordt geïllustreerd in onderstaande figuur.

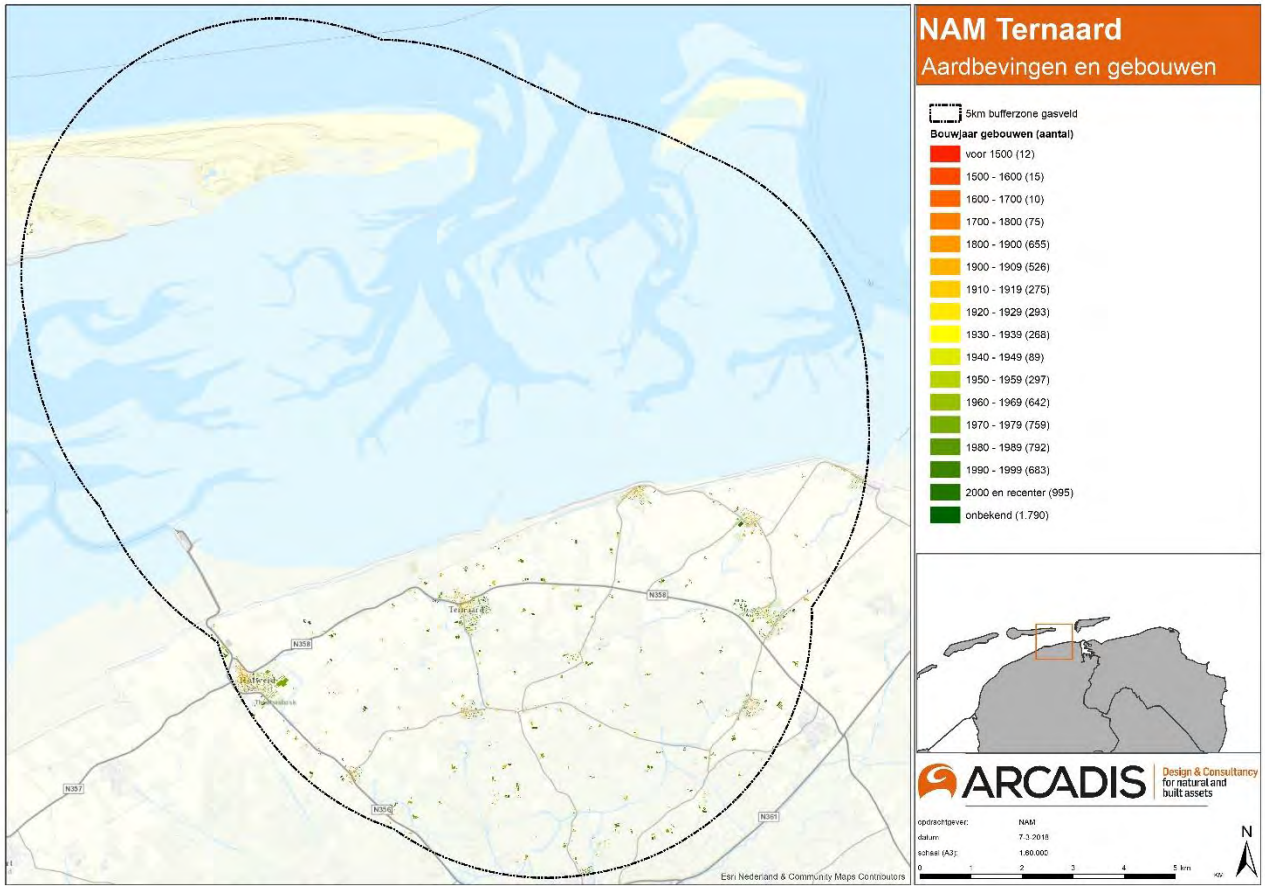
De locatie aan het aardoppervlak boven het hypocentrum wordt het epicentrum genoemd. Reservoircompactie kan ook tot bodemdaling leiden. Dit is beoordeeld in hoofdstuk 12 Bodem en Water



Figuur 15-1 Schematische beschrijving van de relatie tussen gasproductie en geïnduceerde bevingen.

Studiegebied

Het studiegebied betreft het landoppervlak binnen een straal van 5 kilometer van het Ternaard veld. Het studiegebied is gekozen op basis van de buitengrens van schade. Dit is het gebied waarbinnen gegeven een aardbevingsmagnitude en -diepte nog schade verwacht kan worden voor de meest gevoelige objecten (TNO 2012). Inherent aan gaswinning is een verhoogde kans op bevingen. Hierdoor is er een verhoogde, maar geringe, kans op een beving met een magnitude van 3.7 op een diepte van 3,5 km (zie SRA in Bijlage VII). Het invloedsgebied van mogelijke, geïnduceerde bevingen valt binnen de weergeven contour in *Figuur 15-2*. De kans dat een beving met een magnitude van 3.7 voorkomt is zeer klein.



Figuur 15-2 – Studiegebied aardbevingen, 5 kilometercontour van het Ternaardveld en gebouwen naar Bouwjaar.

15.2 Beleidskader

In Tabel 15-1 is het relevante beleid en regelgeving weergegeven voor het thema aardbevingen.

Tabel 15-1 Beleidskader aardbevingen

Beleid	Inhoud & relevantie
Mijnbouwbesluit (herzien 2017)	In het Mijnbouwbesluit (Art. 24) is geregeld dat het winningsplan een risicoanalyse omtrent aardbevingen bevat. In de risicoanalyse moet worden aangegeven wat de mogelijke omvang en verwachte aard van de schade door bodembeweging is en welke maatregelen om bodembeweging te voorkomen of te beperken worden genomen. Bij elke 'update' van het winningsplan wordt de seismisch risico analyse (SRA) op basis van de meest recente informatie geactualiseerd.
Mijnbouwwet (herzien 2017)	Op grond van de Mijnbouwwet moet een seismische risicoanalyse omtrent bodemtrillingen als gevolg van de winning in het winningsplan worden opgenomen Tevens is in de mijnbouwwet vastgelegd dat de initiatiefnemer aansprakelijk is voor mijnbouwschade.
Methodiek voor risicoanalyse omtrent geïnduceerde bevingen door gaswinning (2016)	Leidraad voor het analyseren van de risico's ten gevolge van door gaswinning geïnduceerde aardbevingen. Deze leidraad is in opdracht van het ministerie van EZK door Staats toezicht op de Mijnen opgesteld.

15.3 Beoordelingskader

Aardbevingsrisico, of seismisch risico, wordt gedefinieerd als de combinatie van de kans op het optreden van een beving en de schade die ten gevolge van een beving met een bepaalde sterkte (magnitude) kan ontstaan. In deze definitie van het seismisch risico bepaalt de sterkte, samen met de diepte waarop een beving optreedt, de intensiteit die als gevolg van een geïnduceerde beving kan optreden aan het aardoppervlak. Geïnduceerde bevingen zijn aardbevingen die ontstaan als gevolg van menselijk handelen. In dit MER refereert het naar aardbevingen als gevolg van gaswinning

De intensiteit van een beving is bepalend voor het schadepatroon dat optreedt. Bij geïnduceerde bevingen is de maximale intensiteit beperkt tot slechts een klein gebied direct boven de haard (het hypocentrum) van de beving. De intensiteit neemt snel af met de afstand tot het epicentrum (locatie van de beving aan het aardoppervlak).

De beoordelingsmethodiek in dit MER is gebaseerd op de leidraad van SodM (2016). In deze leidraad zijn drie risicocategorieën beschreven. Deze risicocategorieën zijn leidend in de gehanteerde beoordelingsmethodiek van het thema Aardbevingen. Het doel van deze categorisatie is om de verschillende seismische risicoprofielen van velden in kaart te brengen. Aan deze factoren liggen een aantal modelmatige berekeningen ten grondslag, deze zijn uitgewerkt in Bijlage VII Seismische Risico Analyse.

Onder Tabel 15-2 volgt per criterium een toelichting op het criterium en de gehanteerde methode.

Tabel 15-2 Beoordelingskader aardbevingsrisico

Thema	Beoordelingscriterium	Meeteenheid
Aardbevingen	Risicocategorie aardgasveld	Invloedsfactor ondergrond Invloedsfactor bovengrond

Risicocategorieën aardgasvelden

Er zijn verschillende factoren die bepalen of een geïnduceerde beving kan resulteren in een sterke grondbeweging (invloedfactor ondergrond) en de verschillende factoren die invloed hebben op de grootte van de mogelijke gevolgen (invloedfactor bovengrond). Op basis van deze onder- en bovengrondse factoren worden drie risicocategorieën onderscheiden.

Risicocategorie 1: De praktijkervaring met gasproductie in Nederland over de afgelopen jaren leert dat lichte aardbevingen ten gevolge van gasproductie in de meeste gevallen niet leiden tot schade. Toch kan de kans op schade aan bebouwing in de nabije omgeving van het epicentrum van een geïnduceerde aardbeving niet worden uitgesloten. Dat betekent (kwalitatief) voor categorie 1 velden dat in het ernstigste geval in de nabijheid van het voorkomen lichte, niet constructieve schade kan optreden aan meerdere gebouwen en matige schade (lees, scheuren in muren tot constructieve schade in het uiterste geval) aan enkele gebouwen.

Risicocategorie 2: Bij deze categorisatie is er een kans op lichte schade zoals scheuren. Voor categorie 2 velden is voorgeschreven dat waar nodig extra geofoons en accelerometers in de omgeving van het veld geplaatst moeten worden, zodat alle aardbevingen met een magnitude vanaf 1,5 op de schaal van Richter geregistreerd en gelokaliseerd kunnen worden. Daarnaast moet een seismisch risicobeheersplan geïmplementeerd worden.

Risicocategorie 3: Bij deze categorisatie kunnen geïnduceerde bevingen gevoeld worden en mogelijk zorgen voor; constructieve schade aan gebouwen en scheuren in gebouwen of wegdek. Voor velden in deze risico categorie gelden uitgebreide monitoringsvoorwaarden. In Nederland valt enkel het Groningen gasveld in deze risicocategorie.

Invloedsfactor ondergrond

De invloedsfactor ondergrond wordt bepaald door een aantal criteria:

- Kans op het induceren van bevingen.
- De sterkste beving (magnitude) waar realistisch rekening mee moet worden gehouden.
- Ligging van het gasveld.
- De lokale opslingering.

De schade van de beving wordt voornamelijk bepaald door magnitude en opslingering. Opslingering wordt gedefinieerd als de reactie nabij het maaiveld van de bodem ten gevolge van een beving die wordt beïnvloed door het type bodem (TNO, 2016; Kluiver et al., 2015). Deze criteria tezamen bepalen de invloedsfactor van de ondergrond. De invloedsfactor van de boven- en ondergrond worden hierbij gehanteerd als meeteenheid.

Invloedsfactor bovengrond

De invloedsfactor bovengrond wordt gebaseerd op de volgende criteria:

- Bevolkingsdichtheid & bebouwing.
- Industriële inrichtingen.
- Speciale gebouwen.
- Vitale infrastructuur en dijken.

De invloedsfactor van de bovengrond richt zich vooral op de schade die mogelijk optreedt als gevolg een geïnduceerde aardbeving.

Over de scores van de individuele factoren wordt gesommeerd, zodat een totaalscore voor zowel de invloedfactoren ondergrond als de invloedfactoren bovengrond wordt bepaald. Tezamen bepalen de invloedsfactor onder- en bovengrond tot welke risicocategorie het aardgasveld behoord. Aanvullende informatie, omtrent de criteria en methodiek ten behoeve van de seismische risico analyse naar gaswinning in Ternaard, is te vinden in Bijlage VII.

Beoordelingsschaal

In onderstaande tabel is de beoordelingsschaal weergegeven. Onder de tabel is deze toegelicht. In het beoordelingskader zijn geen positieve scores opgenomen. Een positieve score zou geïnterpreteerd moeten worden als een verlaagd aardbevingsrisico en een verlaagde kans op schade. Dit is niet aan de orde. Positieve scores zijn niet van toepassing aangezien het risico op aardbevingen niet afneemt.

Tabel 15-3 Beoordelingsschaal risico op aardbevingen

Score	Beoordelingscriterium
0	Neutraal Geen toename in het aardbevingsrisico
0/-	Licht negatief Seismisch risico: Risicocategorie 1
-	Negatief Seismisch risico: Risicocategorie 2
- -	Zeer negatief Seismisch risico: Risicocategorie 3

Toelichting Seismische Risico Analyse (SRA)

De beoordelingsmethodiek in dit MER is gebaseerd op de leidraad van SodM (2016). De categorisatie van velden wordt bepaald door onder- en bovengrondse factoren. Aan deze factoren liggen een aantal modelmatige berekeningen ten grondslag, deze zijn uitgewerkt in Bijlage VII Seismische Risico Analyse. Het betreft onder andere berekeningen omtrent de magnitude (de realistisch sterkste beving) en de kans op een beving uit de DHAIS methode, die tezamen onderdeel zijn van de meeteinheid invloedfactor ondergrond.

De magnitude refereert naar de sterkste magnitude (op de schaal van Richter), waar realistisch rekening mee moet worden gehouden voor een gasveld. De realistisch sterkste beving is 3.7 voor het Ternaardveld. Echter, de kans dat de realistisch sterkste beving optreedt is zeer klein. Boven geen enkel gasveld (inclusief Groningen) is ooit een beving waargenomen die gelijk of groter is dan deze realistische sterkste beving. De magnitude is bepaald conform de methodiek voor risicoanalyse omtrent geïnduceerde bevingen door gaswinning (SodM, 2016).

De kans op beven bepaald volgens de DHAIS methode (Van Eijs et al., 2006, TNO 2004 TNO 2012a, b). DHAIS staat voor deterministische hazard analyse voor geïnduceerde aardbevingen. In deze methode wordt de kans op beven berekend per gasveld. Deze kans wordt bepaald door enerzijds (statistisch significante) geologische kenmerken en productiekenmerken van het specifieke gasveld en anderzijds de registraties van geïnduceerde aardbevingen (www.knmi.nl). De methode is alleen van toepassing op bevingen veroorzaakt door gasproductie. Bevingen door andere oorzaken zijn uitgesloten. De kans op beven wordt uitgedrukt in verwaarloosbaar, 19% of 42% (TNO, 2012a) als het veld nog geen bevingen heeft gehad. Als het veld al bevingen heeft gehad dan is de kans 100%. Het Ternaard veld heeft op basis van deze analyse een kans op beven van 19%. Deze kans is niet gekoppeld aan de realistisch sterkste beving, maar is de kans op een beving. Waarbij de kans vele malen groter is dat het een beving betreft die niet gevoeld wordt. Dit wordt verder ondersteund door de observaties van de bevingen in dit gebied waar al sinds 1986 gas wordt gewonnen. In Friesland is sinds 1986 geen voelbare geïnduceerde beving geweest. Alle bevingen tot nu toe zijn te licht om mogelijke schade te veroorzaken.

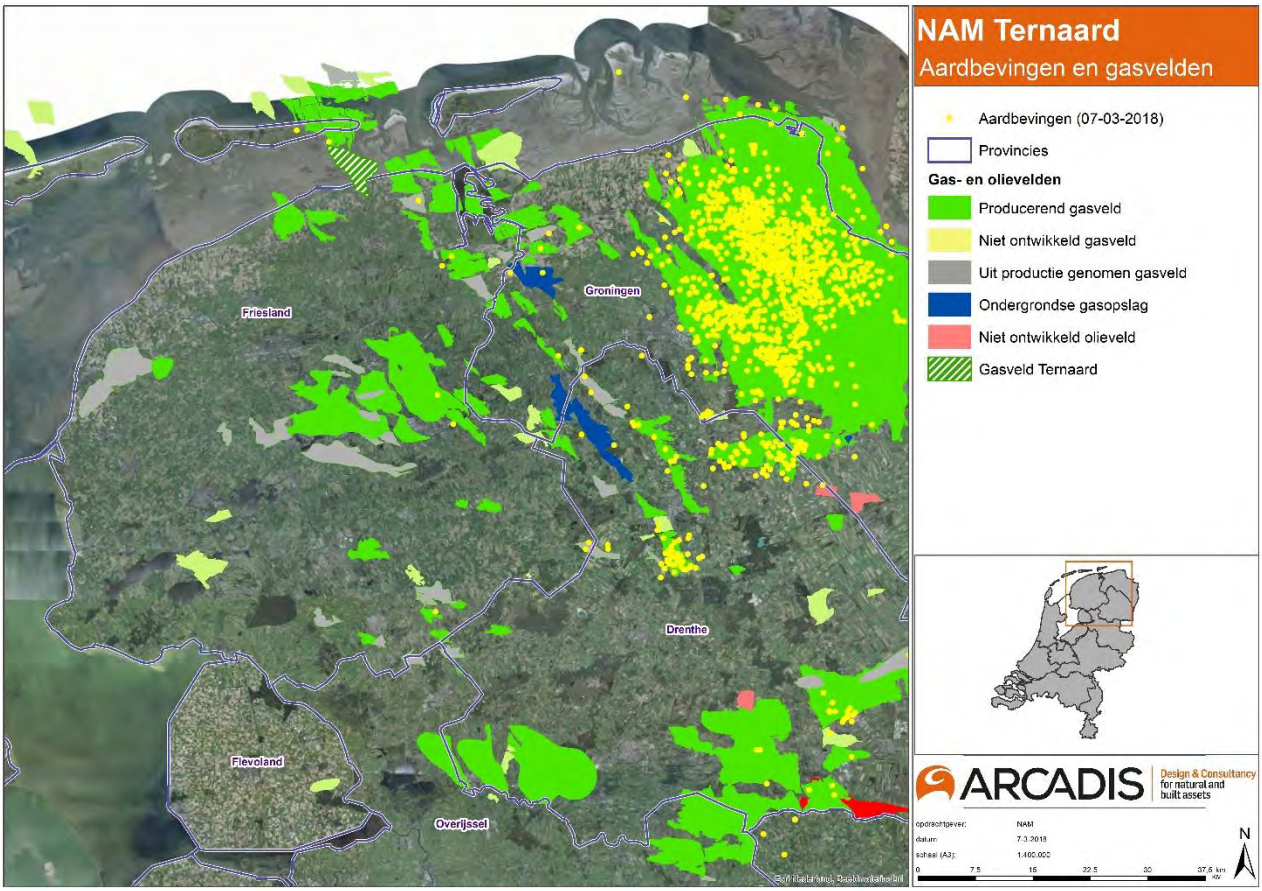
15.4 Referentiesituatie

Huidige situatie

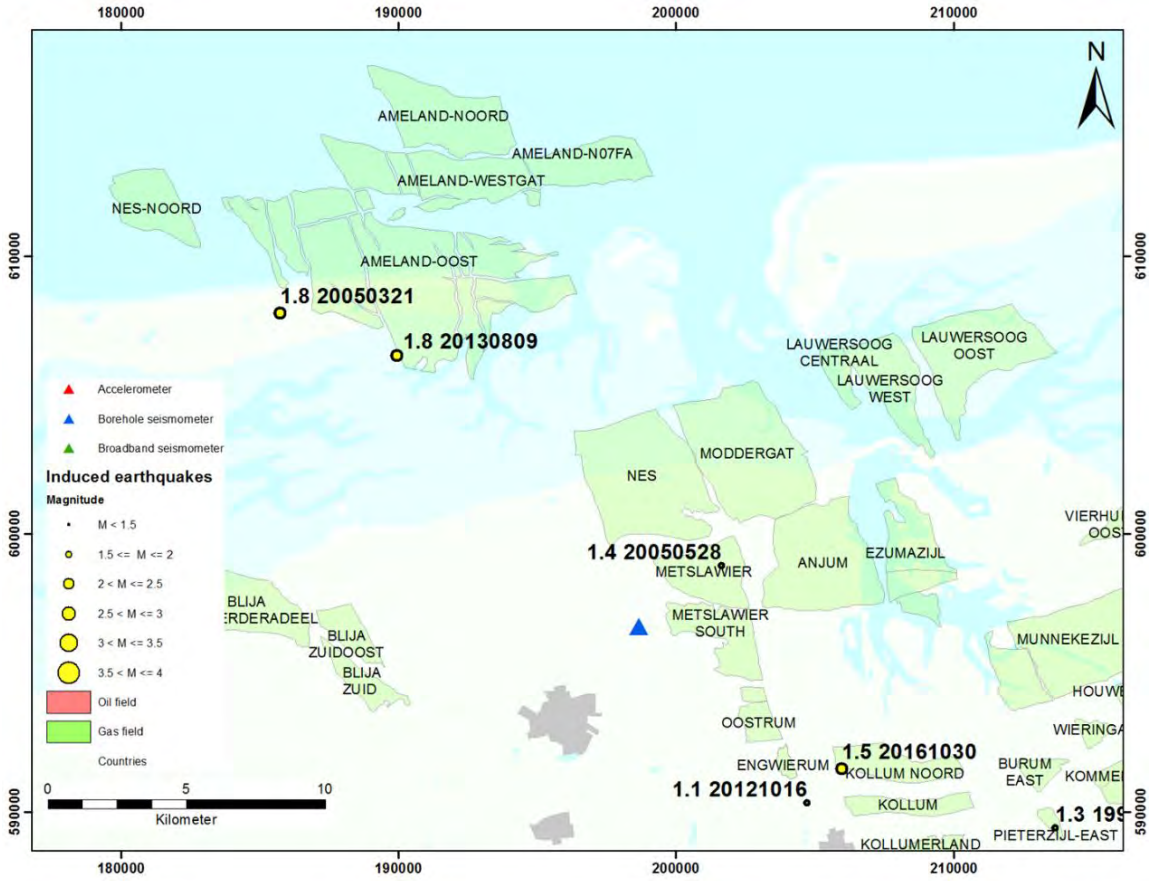
In deze paragraaf is de huidige situatie ten aanzien van geïnduceerde bevingen beschreven aan de hand van historische bevingen in Friesland en een overzicht van gebouwen in het studiegebied.

Historische geïnduceerde bevingen in Friesland

In onderstaande figuren zijn geregistreerde geïnduceerde bevingen en de maximale sterkte weergegeven rondom Ternaard (SodM, 2016).



Figuur 15-3 Vergelijking van de aantallen aardbevingen in Friesland, Groningen en Drenthe (Groen = aanwezige gasvelden; geel = individuele aardbevingen). Geregistreerde bevingen tot 07-03-2018.



Figuur 15-4 Overzicht van de historische bevingen in het gebied rondom Ternaard (magnitude met daarna de datum in JJJJMMDD)

Uit Figuur 15-4 blijkt dat in het gebied rondom Ternaard, waar sinds 1986 gas wordt gewonnen, geen bevingen hebben plaatsgevonden met een magnitude groter dan 1.8 op de schaal van Richter. De historische lichte aardbevingen zijn tevens te licht geweest om schade te veroorzaken.

De kans op bevingen binnen de velden in Friesland wordt in de huidige methodiek vooral bepaald door de geologische kenmerken van het gasvoorkomen (gesteenteparameters en breukdichtheid) en de beoogde drukdaling door gaswinning. De geologische samenstelling van de bodem in Friesland is aanzienlijk anders dan de bodem in Groningen, het opslingereffect heeft hierdoor een dempende werking op eventuele aardbevingen.

Gebouwcategorieën

In onderstaande tabel is in een straal van 5 km rondom het ondergrond doel weergegeven hoeveel gebouwen in het studiegebied aanwezig zijn. De aantallen gebouwen zijn ingedeeld naar bouwjaar.

Tabel 15-4 - Aantal gebouwen naar bouwjaar (BAG, 2015)

Bouwjaar	5 km vanaf Ternaardgasveld
Voor 1900	767
1900 – 1939	1362
1940 – 1979	1787
1980 en recenter	2470
Onbekend	1790

Autonome ontwikkeling

Er zijn geen autonome ontwikkelingen in het gebied die van invloed zijn op het aardbevingsrisico door de Ternaardwinning.

15.5 Effectbeoordeling

15.5.1 Effectbeoordeling winning

In Tabel 15-5 is de integrale effectbeoordeling voor aardbevingen in de winning gepresenteerd. Na de tabel volgt een toelichting.

Tabel 15-5 Effectbeoordeling aardbevingen, winning

Criterium	Ref.	L1-N	L1-Z	L2-N	L2-Z
Risico op aardbevingen	0	0/-	0/-	0/-	0/-

De locatiealternatieven zijn niet onderscheidend in de effectbeoordeling omdat vanuit elk locatiealternatief naar hetzelfde ondergronds doel wordt geboord.

Voor de Gaswinning Ternaard is een seismische risicoanalyse (SRA) uitgevoerd conform de door Staats toezicht op de mijnen voorgeschreven methodiek voor risicoanalyse omtrent geïnduceerde bevingen door gaswinning (versie 1.2 februari 2016). Deze analyse is integraal opgenomen in Bijlage VII. Op basis van deze analyse geldt voor de Ternaard winning een kans van 19% op een beving gedurende de winning van dit veld. Daarbij is een mogelijke maximale magnitude[19] berekend van 3.7. Gezien de geringe kans op (voelbare) bevingen, valt het Ternaardveld binnen de laagste veldclassificatie: risico categorie 1.

Opgemerkt wordt dat de winning relatief ver van bebouwing af ligt. Daarnaast is het aantal geïnduceerde aardbevingen door gaswinning in dit gebied beperkt in aantal en omvang (enkele niet gevoelde bevingen). Het effect van mogelijke bevingen is als licht negatief beoordeeld (0/-).

Cumulatie

NAM wint sinds 2007 aardgas onder de Waddenzee vanaf de locaties Moddergat, Lauwersoog en Vierhuizen. De winning vanaf Moddergat is het meest nabij gelegen. Het gebied tussen Moddergat en Ternaard ervaart hierdoor mogelijk meer trillingen. Zwaardere bevingen worden niet verwacht. De scores voor boven- en ondergrond in de seismische risicoanalyse blijven daarmee gelijk. Cumulatie leidt derhalve niet tot een andere effectscore.

15.6 Mitigerende en compenserende maatregelen

15.6.1 Mitigerende maatregelen

De onderhoudsstaat van gebouwen is medebepalend voor de gevoeligheid voor trillingen van een gebouw. Door het uitvoeren van nulmetingen kan vroegtijdig worden bepaald of er preventieve maatregelen noodzakelijk zijn, om schade door mogelijke bevingen te voorkomen.

[19] Als zich in Friesland een beving van 3,9 op de schaal van Richter zou voordoen, is er volgens de huidige inzichten kans op lichte tot matige schade aan de gebouwen. Een vergelijkbaar schadebeeld is door de Raad van State beoordeeld in het kader van het besluit gasopslag Bergermeer. Het oordeel van de Raad van State was dat een hele kleine kans op een enkele aardbeving met een sterkte van 3,9 gedurende de hele gebruiksperiode van het veld acceptabel is.

15.6.2 Compenserende maatregelen

Als met het nemen van maatregelen niet alle door de gaswinning veroorzaakte schade afdoende kan worden voorkomen dan rust op NAM de verplichting die schade overeenkomstig de regels van het burgerlijk recht te vergoeden.

15.6.3 Effectbepaling na mitigatie

Het toepassen van mitigerende maatregelen leidt niet tot een andere effectscore.

15.7 Leemten in kennis en monitoringprogramma

15.7.1 Leemten in kennis

Er zijn geen leemten in kennis die de besluitvorming belemmeren. Aangezien de precieze locatie (het epicentrum) van een beving niet vooraf voorspeld kan worden, is de maximale intensiteit bepaald (op basis van de waarschijnlijk maximale sterkte). In dit MER is daardoor een worst case benadering toegepast.

15.7.2 Monitoringprogramma

Voor velden die een verwaarloosbare kans hebben om geïnduceerde bevingen te genereren of waar geen bevingen met een magnitude vanaf 2,5 op de schaal van Richter zijn te verwachten, zijn geen aanvullende onderzoekstappen noodzakelijk en volstaat monitoring door middel van het bestaande KNMI-netwerk van seismometers en versnellingsmeters.

Voor de Ternaardwinning is de kans op een beving gedurende de winning bepaald op 19%. Deze kans is niet verwaarloosbaar. Tevens is de maximale magnitude berekend op 3,7. Aanvullende monitoring wordt derhalve aanbevolen in de vorm van versnellingsmeters aan de grond en eventueel gebouwsensoren.

Deze monitoring resulteert in een beter beeld van de effecten van eventuele bevingen op gebouwen. In combinatie met het aantal en het soort schades kan het schadeherstel van gebouwen worden verbeterd. Ook helpt het om gebouwen aardbevingsbestendiger te maken.

16 WATERKERINGEN

In dit hoofdstuk zijn de effecten van de voorgenomen activiteit op waterkeringen beschreven. In voorliggend hoofdstuk wordt allereerst ingegaan op de ingreep-effectrelatie met de andere milieuthema's. Hierin is onderscheid gemaakt in de aanlegfase, winning en verwijderingsfase. Niet alle fasen zijn relevant voor het effect op wateringen.

In paragraaf §16.2 wordt het relevante beleidskader gepresenteerd. Hierna worden het beoordelingskader en de beoordelingscriteria geïntroduceerd (§16.3), die in de effectbeoordeling worden gehanteerd. In §16.4 wordt ingegaan op de effectbeoordeling van de plansituatie ten opzichte van de referentiesituatie.

Tot slot wordt een integrale effectbeoordeling gepresenteerd in §16.5.1, waarbij de effecten van de alternatieven voor de voorgenomen activiteit als geheel worden beoordeeld. Deze beoordeling wordt gedaan ten opzichte van de referentiesituatie en ten opzichte van de alternatieven onderling. Hieruit volgt een conclusie over welk alternatief vanuit het oogpunt van waterkeringen de minste effecten veroorzaakt. Het hoofdstuk sluit af met mitigerende en compenserende maatregelen (§16.6) en leemten in kennis en een aanzet voor het monitoringprogramma (§16.7).

16.1 Ingreep-effectrelaties

Waterkeringen heeft betrekking op de waterveiligheid (sterkte waterkering) tussen land en de Waddenzee. In dit MER betreft het Thema Waterkeringen de ingreep-effectrelaties tussen de gaswinning en de sterkte van de waterkering.

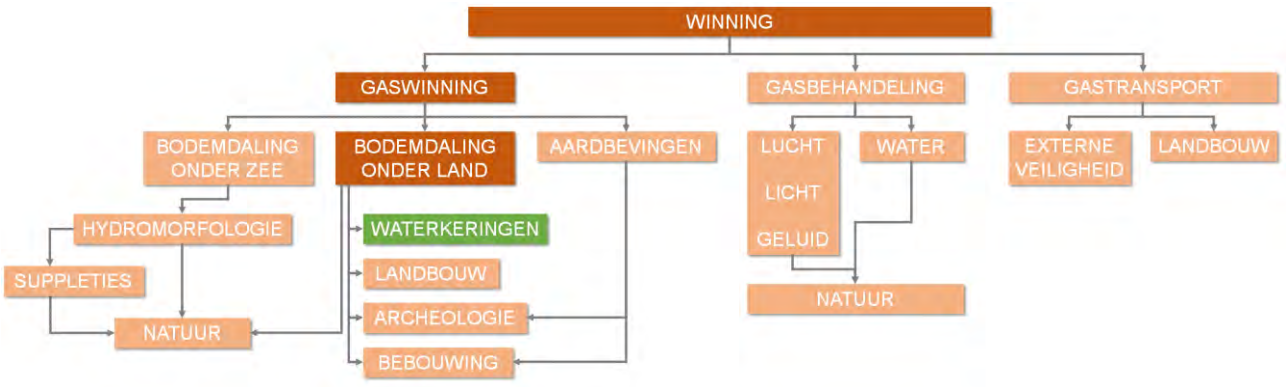
Aanlegfase

De aanleg van de transportleiding vindt echter niet in de waterkeringszone plaats en heeft derhalve geen gevolgen voor de waterkeringen. Tijdens de aanlegfase vindt er geen bodemdaling plaats, zodat er geen gevolgen zijn voor de waterkering

Voor het kruisen van de waterkering door middel van een boring is een vergunningplicht, echter doordat het kruisen van de kering op grote diepte plaats vindt zijn effecten op voorhand uit te sluiten. Waterkeringen worden daarom niet beschouwd voor de aanlegfase.

Winning

De gaswinning leidt tot een daling van de diepe ondergrond. Deze daling vindt ook plaats onder land en daarmee onder de waterkering. De gevolgen van bodemdaling onder wateringen worden in het voorliggende Thema Waterkeringen beschreven en beoordeeld.



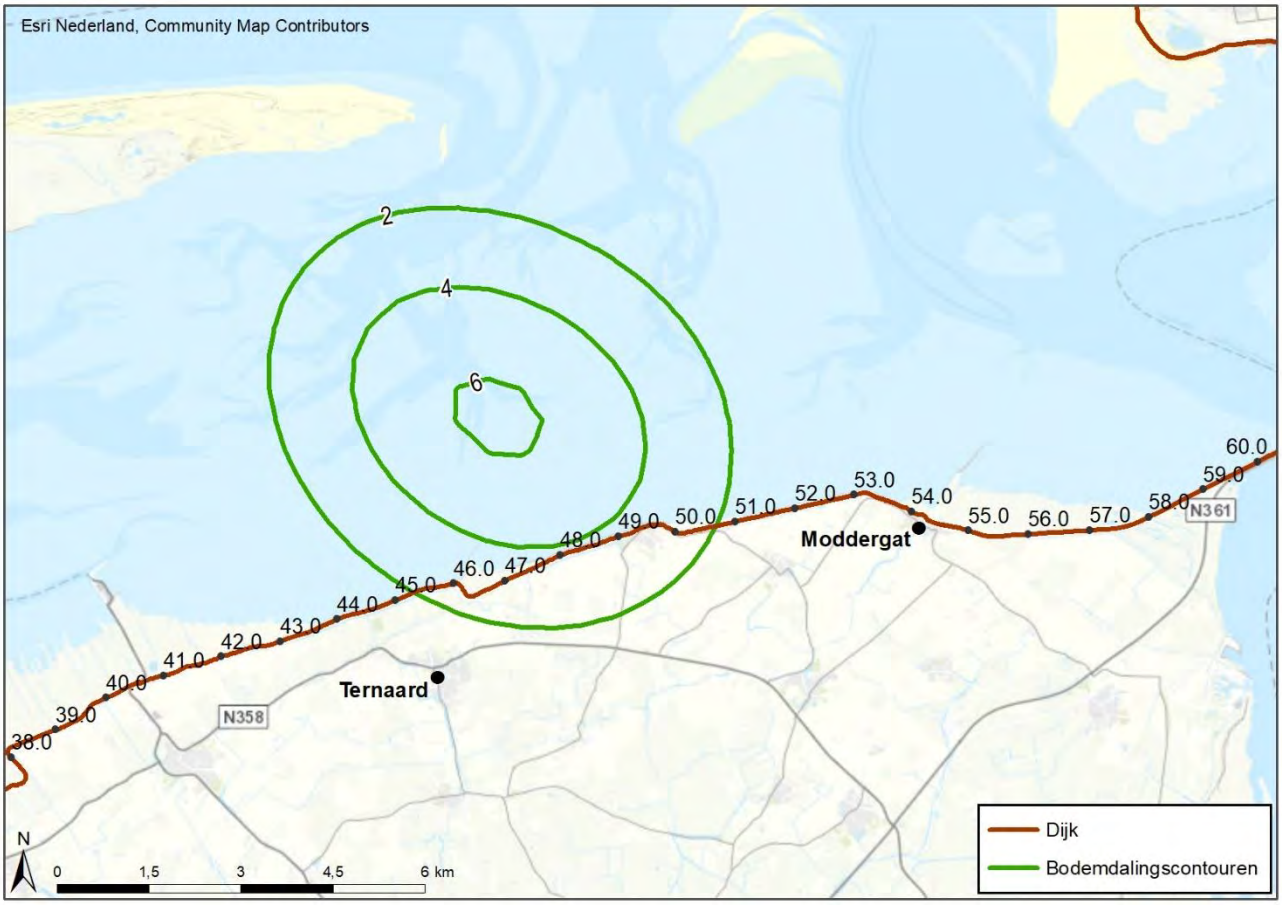
Figuur 16-1 Ingreep-effectrelaties waterkeringen

Verwijderingsfase

Tijdens de verwijderingsfase vindt geen bodemdaling plaats, zodat er geen gevolgen zijn voor de waterkeringen. Waterkeringen wordt daarom niet beschouwd voor de verwijderingsfase.

Studiegebied

Het studiegebied voor het Thema waterkeringen is aangegeven is in Figuur 16-2 weergegeven. Het studiegebied omvat de waterkering van dijkpaal 45 tot en met 51.



Figuur 16-2 Kaart met het dijktraject (dijkpaal 45 tot en met 51) voor het Thema Waterkeringen inclusief de verwachte bodemdalingscontouren in centimeter (bij voorgenomen activiteit).

16.2 Beleidskader

In Tabel 16-1 is het relevante beleid en regelgeving weergegeven voor het thema Waterkeringen.

Tabel 16-1 Beleidskader Waterkeringen]

Beleid	Inhoud & relevantie
Waterwet (2017)	De Waterwet is sinds 1-1-2017 herzien. Hierin is de norm waaraan een waterkering moet voldoen opgenomen.
WBI2017 (2017)	Wettelijke Beoordelingsinstrumentarium 2017 bevat een set met softwarepakketten, databases, handleidingen en achtergronddocumenten om de sterkte van de waterkeringen te beoordelen.
OI2014v4 (2016)	Ontwerpinstrumentarium 2014 versie 4, bevat de richtlijnen hoe een veilige toekomstige waterkering kan worden vastgesteld c.q. waar deze nu aan moet voldoen om in de toekomst aan de norm te kunnen voldoen.
Nationaal Waterplan (2016-2021)	Beschrijft op hoofdlijnen het nationaal waterbeleid, met daarin o.a. het beleid met betrekking tot waterveiligheid dat voortvloeit uit de vastgestelde Deltabeslissingen en het behalen van de Kaderrichtlijn Water (KRW). NWP geeft tevens uitvoering aan de Europese richtlijnen van o.a. overstromingsrisico's en het behalen van de Kaderrichtlijn Water (KRW).
Waterbeheersplan 2016-2021 Wetterskip Fryslân	Het Waterbeheersplan (WBP) geeft richting aan het watersysteem- en waterketenbeheer en is bedoeld voor burgers, bedrijven, overheden en instanties. Waterveiligheid is één van de onderwerpen in het WBP.
Deltaprogramma (2017)	Programma gericht op het tijdig nemen van maatregelen zodat de waterveiligheid, de zoetwatervoorziening en de ruimtelijke inrichting in 2050 klimaatbestendig en waterrobuust zijn. Met o.a. deltabeslissingen Waterveiligheid en Ruimtelijke adaptatie.
Bestuursakkoord Water (2011)	Doelmatiger waterbeheer, waarbij onder andere het doel is te blijven zorgen voor veiligheid tegen overstromingen en een plek voor de Watertoets (samenwerkingsovereenkomst met het Rijk, de Vereniging van Nederlandse Gemeenten (VNG), het Interprovinciaal Overleg (IPO), de Unie van Waterschappen (UvW) en de Vereniging van waterbedrijven in Nederland (Vewin))
Besluit ruimtelijke ordening (2008) inclusief Watertoets	Samenhangend pakket van regels voor de ruimtelijke ordening. Mogelijk maken en normeren van beleid voor een duurzame leefomgeving. Vereenvoudiging en versnelling van procedures.

16.3 Beoordelingskader

De effecten voor het thema Waterkeringen worden bepaald op basis van de beoordelingscriteria uit Tabel 16-2. Hierbij zijn de belangrijkste beoordelingssporen ontleend aan het WBI2017 en het OI2014v4. Onder de tabel volgt per criterium een toelichting op de beoordelingscriteria en gehanteerde methode.

Tabel 16-2 Beoordelingskader levensduurwaterkeringen

Thema	Beoordelingscriterium	Meeteenheid
Waterveiligheid	Effect op rest levensduur Aantal onvoldoende beoordelingen op beoordelingssporen.	jaar aantal
Hoogte	Overslagdebiet Effect op rest levensduur	liter/seconde/meter [l/s/m] jaar

Thema	Beoordelingscriterium	Meeteenheid
Piping	Kerende hoogte	meter
Stabiliteit	Afschuifveiligheid (door bodemdaling) Vloeigedrag (door bevingen)	Factor Factor
Bekleding	Bekledingsdikte	meter
Overige	n.v.t	n.v.t

Hoogte

De voorgenomen winning bij Ternaard leidt tot een bodemdaling. De omvang van de bodemdaling varieert al naar gelang de omvang van de gaswinning. Aan de hand van de contouren (Figuur 16-2) is een maximale bodemdaling te verwachten tussen de 4 en 6 cm. Voor de beoordeling van het effect is als conservatief uitgangspunt de bovengrens gehanteerd, namelijk 6 cm. Deze bodemdaling leidt tot een toename van het overslagdebiet, doordat de kruinhoogte van de waterkering afneemt. Indien het overslagdebiet sterk stijgt kunnen er zwaardere eisen aan het binnentalud worden gesteld. Indien als uitgangspunt een gelijkblijvend overslagdebiet wordt gehanteerd leidt een verlaging van de kruin in een verkorting van de levensduur van de waterkering. Met andere woorden het overslagdebiet wordt eerdere bereikt.

Piping

Een belangrijk faalmechanisme bij dijken is piping. Bij dit mechanisme stroomt water via een zandlaag onder een dijk door en komt het achter de dijk weer omhoog. Hierdoor kan een zand meevoerende wel ontstaan[20].. Na verloop van tijd kan het water zand meevoeren en begint er een kanaal (pipe) onder de dijk te ontstaan. Als dit proces langer doorgaat, vormt zich een doorgaande verbinding tussen het buitenwater en het achterland. Uitslijting van het kanaal kan uiteindelijk leiden tot het instorten van de dijk. Één van de belangrijkste parameters in de piping berekening is de kerende hoogte (het verschil tussen de binnen- en buitenwaterstand). Door de bodemdaling neemt de kerende hoogte toe. Dit heeft een negatief effect op het mechanisme piping.

Stabiliteit

Bodemdaling

Macro-instabiliteit is een faalmechanisme dat de stabiliteit van een dijk of dam ernstig kan bedreigen. Als gevolg van een hoge (of juist lage) waterstand voor de waterkering, in combinatie met andere belastingen, neemt de sterkte van de grond en de dijk af. Als de sterkte, ofwel de schuifweerstand van de grond, onvoldoende is kunnen grote delen van het grondlichaam afschuiven, waarna de dijk of dam zijn waterkerende functie verliest. Door daling van de bodem neemt het waterstandsverschil toe. Dit heeft een negatief effect op de macrostabiliteit waterkering.

Bevingen

Bevingen kunnen in potentie een dijk of dam bedreigen. Door het trillen van de grond kan deze zich lokaal als een vloeistof gedragen. Dit effect wordt Liquefactie genoemd. Het effect ten gevolge van aardbevingen op de stabiliteit is bepaald aan de hand van de “Liquifaction Potential Index”. Dit is een maat voor het vloeigedrag van de grond en de stabiliteit van de dijk gedurende een beving.

Bekleding

De bodemdaling heeft geen direct effect op de beschermende bekleding van het dijklichaam. Indirect zijn er echter wel twee gevolgen te benoemen. Ten eerste zal door de bodemdaling de bodem van de Waddenzee

[20] Een wel is een plek waar water uit de grond komt

lager komen te liggen direct voor de waterkering. Hierdoor kan het waterdiepte limiterend effect op de golven worden verkleind door een toename van de waterdiepte, met andere woorden de golfbelasting kan hierdoor theoretisch toenemen. Ten tweede zal de zakking van de waterkering ook de overgang van bekleding (overgang van bijvoorbeeld asfalt, steenzetting of gras) lager komen te liggen. Hierdoor kan een zwaardere belasting samenvallen met een bekleding die is afgestemd op een hogere golfbelastingszone.

Overige mechanismen

Naast de bovenstaande faalmechanismen zijn er nog enkele minder belangrijke mechanismen. Dit betreft o.a. stabiliteit van het voorland, microstabiliteit, en niet waterkerende objecten (NWO, bebouwing).

Deze mechanismen zijn niet, of slechts in zeer beperkte mate, afhankelijk van de waterdiepte. Deze mechanismen zijn in deze beoordeling daarom niet meegenomen.

Beoordelingsschaal

Effecten op de waterkering kunnen resulteren in een kortere levensduur van de waterkering. De gangbare ontwerptermijn van een waterkering bedraagt 50 jaar. Conform de nieuwe waterwet dient de waterkering elke 12 jaar door de beheerder getoetst te worden. In onderstaande tabel is de beoordelingsschaal weergegeven.

Tabel 16-3 – Beoordelingsschaal waterkeringen

Score	Toelichting
++	Nvt
+	Nvt
0/+	Nvt
0	De omvang van de bodemdaling door de voorgenomen winning bij Ternaard leidt niet tot een onvoldoende beoordeling van de waterkering in het zichtjaar 2050 en de verwachte levensduur verkorting is minder dan 1 jaar
0/-	De omvang van de bodemdaling door de voorgenomen winning bij Ternaard leidt niet tot een onvoldoende beoordeling van de waterkering en de verwachte levensduur verkorting is voor één van de mechanisme tussen 1 a 2 jaar.
-	De omvang van de bodemdaling door de voorgenomen winning bij Ternaard leidt niet tot een onvoldoende beoordeling van de waterkering en de verwachte levensduur verkorting voor één van de mechanisme bedraagt maximaal 12 jaar.
- -	De omvang van de bodemdaling door de voorgenomen winning bij Ternaard leidt op meerdere sporen tot een onvoldoende beoordeling van de waterkering in het zichtjaar 2050 of de levensduur verkorting is voor meerdere sporen meer dan 12 jaar.

16.4 Referentiesituatie

Huidige situatie

De waterkeringen in Nederland worden elke 12 jaar beoordeeld of deze voldoen aan de norm uit de Waterwet. De meest recente beoordeling (toen nog ‘toetsing’ genoemd) van de beschouwde waterkering is opgeleverd in 2010 en op 30 november 2011 aangeboden aan de Tweede Kamer, samen met alle primaire waterkeringen in Nederland. Voor het betreffende stuk waterkering is het oordeel ‘voldoende’ geleverd op de beoordelingssporen: hoogte, piping, stabiliteit en ‘onvoldoende’ voor bekleding (namelijk ten gevolge van de asfaltbekleding).

Het beschouwde gebied valt samen met het dijktraject 6-4 uit de Waterwet en heeft een norm van 1:3000 per jaar. Dat is de kans van overstromen van het traject door het optreden van één of meerdere faalmechanismen (c.q. beoordelingssporen). Deze norm is van kracht sinds 1 januari 2017. Een beoordeling

ten opzichte van deze norm en met de huidige hydraulische randvoorwaarden (waterstanden en golven) en nieuwe inzichten dient in 2023 te zijn uitgevoerd door het waterschap.

Autonome ontwikkeling

In de huidige autonome ontwikkeling neemt de kans op falen van de kering jaarlijks toe door enerzijds de zeespiegelstijging en de autonome bodemdaling en anderzijds veroudering bekleding c.q. de afname van de sterkte van de kering. De zeespiegelstijging in 2050 waarmee rekening wordt gehouden ten opzichte van 2017 is 25 centimeters (OI2014v4).

Daarmee is de zeespiegelstijging minimaal een factor 4 groter dan de bodemdaling door de gaswinning. Tevens dient bij het ontwerp van een waterkering rekening te worden gehouden met een onzekerheidstoeslag op de waterstand van 0,40 m om de effecten van onzekerheden in het belastingmodel en de statistiek te verdisconteren in de hydraulische belastingen. Daarnaast dient voor de bepaling van de hydraulische belasting in 2050 op de golfbelasting een toeslag van 10% in rekening te worden gebracht. Daarmee is de onzekerheid in waterstanden dus minimaal een factor 6 groter dan de bodemdaling door gaswinning.

16.5 Effectbeoordeling

De effectbeoordeling voor de Waterkeringen heeft alleen betrekking op de winning. De effectketen loopt geheel via de bodemdaling die door de gaswinning onder het land optreedt. Tijdens de aanleg- en de verwijderingsfasen vinden geen effecten plaats op de waterkeringen criteria. Daarom vindt in deze paragraaf alleen een beoordeling van de winning plaats en deze komt overeen met de integrale effectbeoordeling voor waterkeringen. De effectbeoordeling is niet afhankelijk van het gekozen alternatief, omdat de omvang en de ruimtelijke verbreiding van de bodemdaling door de gaswinning niet afhankelijk zijn van de locatie voor de boring en de transportleiding.

16.5.1 Effectbeoordeling winning

In Tabel 16-4 is de integrale effectbeoordeling voor Waterkeringen voor de winning gepresenteerd, die tevens de integrale effectbeoordeling is, vanwege het ontbreken van effecten tijdens de aanleg- en verwijderingsfase. Na de tabel volgt per sub thema (hoogte, piping, stabiliteit, bekleding en overige) een toelichting. Hierbij is in de beoordeling uitgegaan van de grootste verwachten bodemdaling in het midden van de beschouwde waterkering ter plaatse van dijkpaal 48 (zie Tabel 16-4). Deze effecten, door bodemdaling, zullen afnemen tot 0 aan de randen van het studiegebied met betrekking tot waterkeringen.

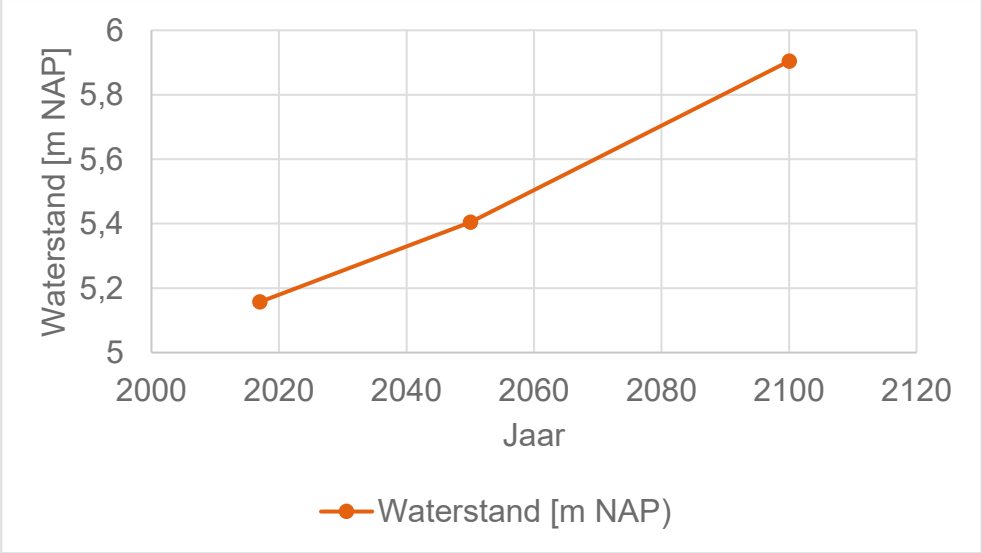
Tabel 16-4 Effectbeoordeling waterkeringen, winning

Criterium	Referentiesituatie	Winning Ternaard (alle alternatieven)
Levensduur waterkering	0	-
- **hoogte**	0	-
- **piping**	0	0/-
- **stabiliteit**	0	0/-
- **bekleding**	0	0
- **overige**	0	0

De referentiesituatie is als neutraal beoordeeld (per definitie) en de effecten zijn ten opzichte van deze situatie beoordeeld. De huidige situatie is nog niet getoetst aan de huidige norm, conform de Waterwet is dit gepland voor 2023.

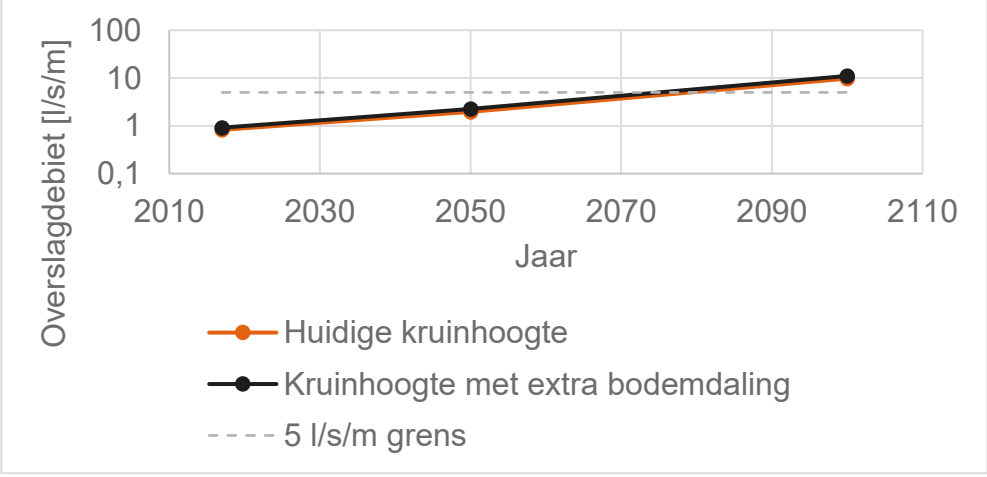
Hoogte

De voorgenomen winning bij Ternaard leidt tot een bodemdaling. De omvang van de bodemdaling varieert al naar gelang de omvang van de gaswinning. Voor de effect beoordeling is uitgegaan van de maximale bodemdaling van 6 cm onder de waterkering. Deze bodemdaling leidt tot een toename van het overslagdebiet, doordat de kruinhoogte van de waterkering afneemt. Hierdoor zal de golfoverslag toenemen. De toename door de autonome ontwikkeling is met name door de zeespiegelstijging het grootst. In Figuur 16-3 is de toename van de waterstand opgenomen, uitgaande van het klimaatscenario 'Warm en Stoom'.



Figuur 16-3 Waterstandsverloop

Bij de huidige kruinhoogte (2017) is het overslagdebiet circa 1 l/s/m (= liter/seconde/meter) dit verdubbeld in 2050 naar circa 2 l/s/m, zie Figuur 16-4, ten gevolge van de autonome zeespiegelstijging. In Figuur 16-4 is tevens het overslagdebiet weergegeven van de situatie met een kruinhoogte die 6 cm is gezakt door de bodemdaling.

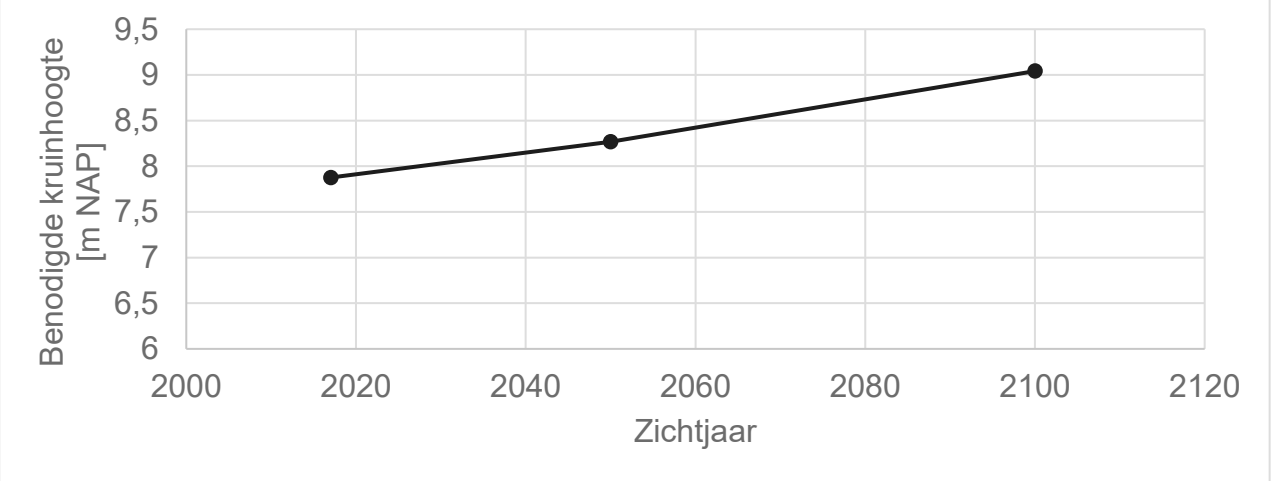


Figuur 16-4 Overslagdebiet (verticale as op logaritmische schaal)

Ter indicatie is de grens van 5 l/s/m aangegeven die kan worden toegestaan bij een aaneengesloten grasmat op een kleipakket van 40 cm. Bij de extra kruinhoogtedaling ten gevolge van de bodemdaling wordt

deze grens eveneens niet overschreden. De toename van het overslagdebiet is beperkt en is gezien de autonome veranderingen en aanwezige onzekerheden niet significant.

De benodigde kruinhoogte kan ook worden berekend. In Figuur 16-5 is deze benodigde kruinhoogte weergegeven, uitgaande van een overslagdebiet van 5 l/s/m. Uit deze gegevens is af te leiden dat bij een kruinhoogte verlaging van 6 centimeter de kruinhoogte niet in circa 2088 te laag zal zijn maar in circa 2084. Dit is een levensduur verkorting van circa 4 jaar.

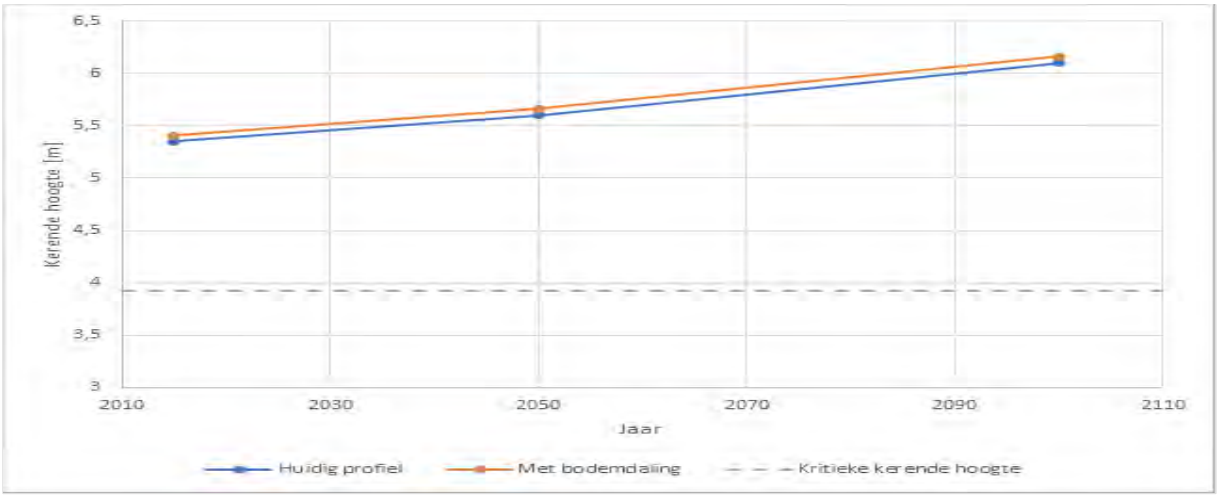


Figuur 16-5 Benodigde kruinhoogte bij 5 l/s/m overslagdebiet (aanwezige kruinhoogte 8,85 m NAP)

Piping

De voorgenomen winning bij Ternaard leidt tot een bodemdaling. De omvang van de bodemdaling varieert al naar gelang de omvang van de gaswinning. Voor de effectbeoordeling is uitgegaan van de maximale bodemdaling van 6 cm onder de waterkering. Deze bodemdaling leidt tot een toename van de kerende hoogte[21] van de waterkering met 6 cm. De toename door de autonome ontwikkeling wordt bepaald door de zeespiegelstijging. In Figuur 16-3 is de toename van de waterstand opgenomen, uitgaande van het klimaatscenario 'Warm en Stoom'. De ontwikkeling van de kerende hoogte is weergegeven in Figuur 16-6.

In de huidige situatie is een kerende hoogte aanwezig van 5,35 m. Op basis van de gegevens uit de derde veiligheidstoetsing en VNK2 is een indicatieve berekening uitgevoerd voor de maximaal toelaatbare kerende hoogte. Deze berekening is conform WBI2017 en geldig voor dijkpaal 47. De maximaal toelaatbare kerende hoogte bedraagt 3,9 m. Dat betekent dat de huidige situatie niet voldoet. Door de bodemdaling neemt de kerende hoogte toe met circa 1%.



Figuur 16-6 Ontwikkeling kerende hoogte

[21] De kerende hoogte is gedefinieerd als het verschil tussen de buitenwaterstand en het slootpeil aan de binnenzijde van de waterkering.

Stabiliteit

Bodemdaling

De bodemdaling heeft tot gevolg dat het gehele profiel naar beneden zakt. Dit is geschematiseerd als een waterstandstijging van 0,06 m. Voor profiel dp 47.7 zijn berekeningen uitgevoerd om het effect van de bodemdaling te bepalen. Voor deze berekeningen is uitgegaan van de toetsberekening uit de derde toetsronde. Deze berekening sluit niet één op één aan bij de nieuwe normering en WBI2017. Het is daarom onduidelijk of het bestaande profiel voldoet aan de nieuwe normering. Het effect van de bodemdaling wordt hier echter niet door beïnvloed.

De stabiliteit van de waterkering neemt hierdoor door de bodemdaling met circa 1% af. De afschuifveiligheid daalt van 1,28 naar 1,27.

Bevingen

Liquefactie of vervloeing van de dijk is onderzocht op basis van modelstudie. Hierbij is gebruik gemaakt van methodes die zijn ontwikkeld voor Dijkversterking Eemshaven Delfzijl (Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat, 2017). In deze berekening zijn gedetailleerde geotechnische gegevens van het dijklichaam bij Ternaard gebruikt, die verstrekt zijn door het Wetterskip Fryslân. De studie voor de Friese waddendijk is opgenomen in Bijlage IX. Modelonderzoek naar de Liquifaction Potential Index (LPI) laat zien dat de LPI-waarden zeer laag zijn, onder de 0,73. Liquifactie kan alleen ontstaan bij een veel hogere waarden (LPI=5) en kan daarom uitgesloten worden.

Bekleding

De voorgenomen winning bij Ternaard leidt tot een bodemdaling. De omvang van de bodemdaling varieert al naar gelang de omvang van de gaswinning. Voor de effectbeoordeling is uitgegaan van de maximale bodemdaling van 6 cm onder de waterkering. Deze bodemdaling heeft op twee aspecten indirect gevolgen. Ten eerste neemt theoretisch de golfbelasting toe. De golfbelasting in de Waddenzee is veelal diepte gelimiteerd, dat wil zeggen dat de golven niet groter kunnen worden doordat de bodem wordt “gevoeld”. Hiervoor wordt grofweg de halve waterdiepte als vuistregel voor gehanteerd. Door de bodemdaling wordt de waterdiepte groter (6 cm) en theoretisch de golfhoogte neemt daardoor toe (3 cm). Dit is een toename op een golfhoogte van circa 2,50 m (dus circa 1%). Deze is voor het jaar 2050 aanzienlijk kleiner dan de onzekerheidstoeslag van golven van 10%. De toename in belasting wordt derhalve als niet significant beschouwd.

Daarnaast neemt hoogte van de overgang van de bekledingstype af, deze komen lager te liggen door de bodemdaling. Dit heeft een beperkt negatief effect. Daarbij moet worden aangetekend dat in de derde toetsronde de asfaltbekleding is afgekeurd (op basis van de oude beoordelingssystematiek).

Hierdoor dient in de huidige situatie de bekleding al te worden versterkt, waarbij het nieuwe ontwerp direct rekening gehouden zal moeten worden met de nieuwe normen uit de Waterwet en de hydraulische belastingen die in 2050 zullen optreden.

Integrale effectbeoordeling waterkering

Het effect van de voorgenomen gaswinning bij Ternaard leidt tot een negatief effect op de waterkering ten opzichte van de referentie situatie. Dit wordt door een aantal subcriteria bepaald waarbij de hoogte van de kering de grootste impact heeft. Doordat de kering eveneens zal zakken en minder hoog zal zijn, neemt de levensduur van de kering met circa 4 jaar af. Overigens blijft de waterkering aan waterveiligheidseisen in 2050 voldoen qua hoogte.

Het effect op piping neemt door de bodemdaling in beperkte mate toe. Dit wordt veroorzaakt door de toenemende kerende hoogte (circa 1%) door het dalen van het achterland.

Het effect op de stabiliteit van de waterkering neemt door de relatief hogere buitenwaterstand in zeer beperkte mate af. De onzekerheden in enerzijds de sterkte van de ondergrond en anderzijds in de belastingen hebben een veel groter effect op de beoordeling van de waterkering dan 6 cm bodemdaling. De stabiliteit van de waterkering neemt beperkt af, maar kering blijft aan waterveiligheidseisen voldoen.

Het effect op de bekleding van de waterkering wordt door de beperkte (relatieve) stijging van de hydraulische belasting (1% ten opzichte van 10% toe te passen onzekerheidstoeslag) als niet significant beschouwd.

Gevoeligheidsanalyse

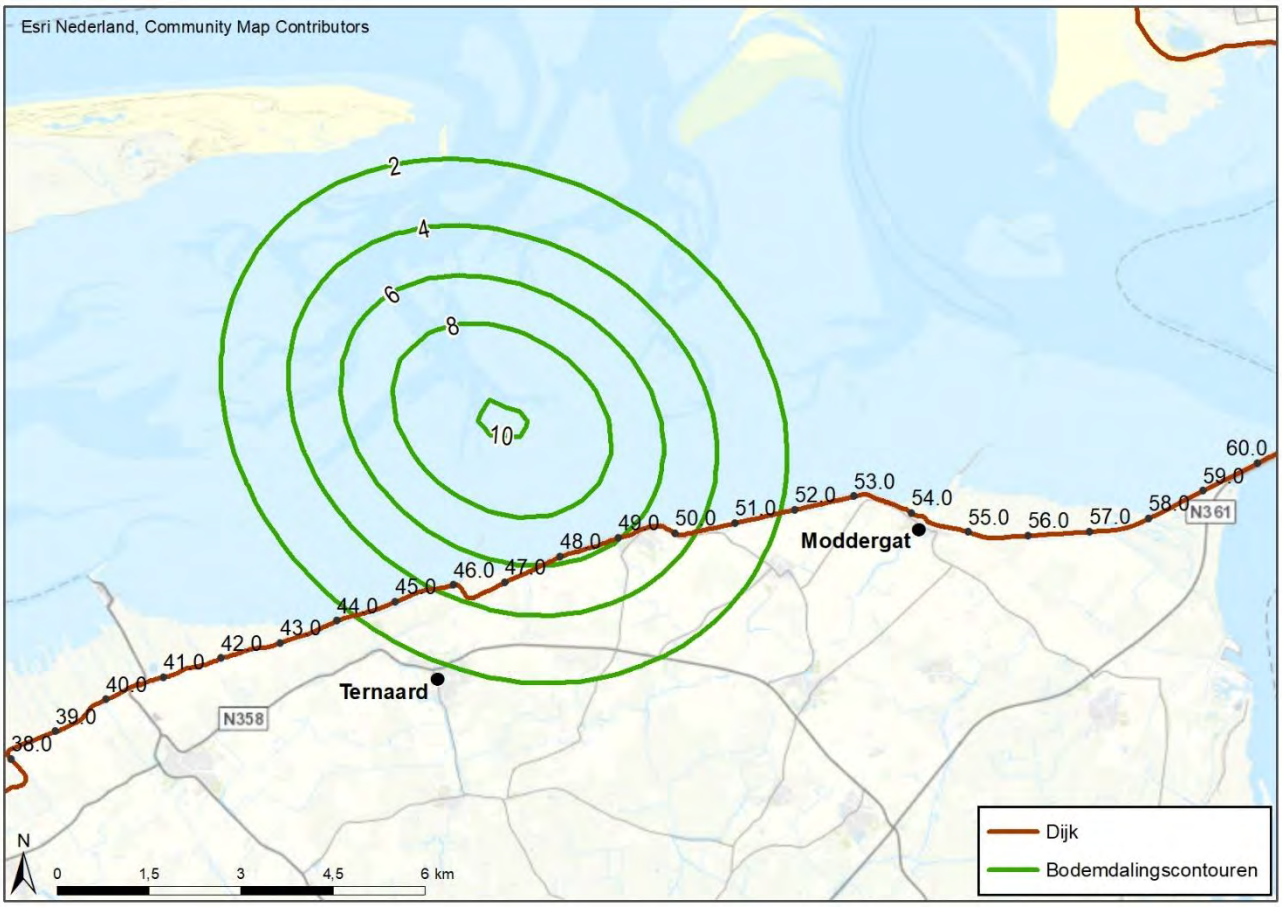
De beoordeling in de voorgaande paragrafen is gebaseerd op het scenario van de voorgenomen gaswinning, waarbij binnen de nu beschikbare gebruiksruimte wordt gewerkt. Voor een gevoeligheidsanalyse is ook het verwachte effect van het scenario met gaswinning volgens het maximale scenario onderzocht, zie tabel 3-1 in deel A. Indien er meer gas wordt gewonnen is de verwachting dat de bodemdaling zal toenemen zoals is af te leiden uit de bodemdalingscontouren. Hierdoor zal de waterkering eveneens lager komen te liggen en de belasting relatief toenemen ten opzichte van de waterkering.

De gevoeligheidsanalyse bestaat uit de volgende stappen:

- Vaststellen gehanteerde bodemdaling voor het scenario met de voorgenomen gaswinning.
- Bepalen van de verwachte bodemdaling in het geval van winning volgens het maximale scenario.
- Beoordeling toegenomen effect.

Zoals in de voorgaande paragrafen is beschreven is in het scenario van de voorgenomen gaswinning uitgegaan van een bovengrens van de bodemdaling ter plaatse van de waterkering. Aan de hand van de contouren is een bodemdaling te verwachten tussen de 4 en 6 cm. Voor de beoordeling van het effect is als conservatief uitgangspunt de bovengrens gehanteerd, namelijk 6 cm.

De verwachte bodemdaling in het geval van maximale gaswinning, zoals opgenomen in tabel 3-1 in deel A, is opgenomen in Figuur 16-7. Hierin is zichtbaar dat de 6 cm contour samenvalt met het dijktraject tussen dijkpaalkilometer 48 en 49. Op basis van de bodemdalingscontouren zou op basis van een lineaire interpolatie een paar millimeter hogere bodemdaling te verwachten kunnen zijn halverwege het traject tussen dijkpaalkilometer 48 en 49. Dit is echter zo marginaal dat dit geen significant effect op de waterkering oplevert.



Figuur 16-7 Verwachte bodemdalingscontouren bij winning volgens het maximale scenario.

Uit voorgaande is te concluderen dat door een conservatief uitgangspunt, van 6 cm bodemdaling, in het scenario van de voorgenomen gaswinning en het samenvallen van de verwachte 6 cm bodemdalingscontour met een deel van de waterkering er geen significant verschil is te verwachten in de effectbeoordeling.

16.6 Mitigerende en compenserende maatregelen

Er zijn geen mitigerende of compenserende maatregelen noodzakelijk in het kader van de waterveiligheid.

16.7 Leemten in kennis en monitoringprogramma

16.7.1 Leemten in kennis

Op het gebied van de waterkering is geen sprake van leemten in kennis, die van invloed zijn op de effectbepaling en -beoordeling voortkomend uit bodemdaling of bevingen.

16.7.2 Monitoringprogramma

Het Hand-aan-de-Kraan principe bij de Gaswinning Waddenzee omvat een meetprogramma voor het vaststellen van de bodemdaling van de ondergrond en een monitoringsprogramma. Het monitoringsprogramma bestaat uit signaleringsmetingen om vast te stellen of zich geen onverwachte ontwikkelingen voordoen die zouden kunnen samenhangen met de bodemdaling voor gaswinning.

Het voorstel is om aan te sluiten bij het bestaande monitoringsprogramma Gaswinning Waddenzee.

17 VERKEERSVEILIGHEID

In dit hoofdstuk zijn de effecten van de voorgenomen activiteit op verkeer beschreven. Als uitgangspunt streeft de NAM, met alle betrokken instanties, een zo veilig mogelijke verkeersroute na. Om die reden zijn alle opties beschouwd. In voorliggend hoofdstuk wordt allereerst ingegaan op de ingreep-effectrelatie met de andere milieuthema's. Hierin is onderscheid gemaakt in de aanlegfase en verwijderingsfase. In paragraaf §17.2 wordt het beoordelingskader en de beoordelingscriteria geïntroduceerd, die in de effectbeoordeling worden gehanteerd. In §17.4 wordt ingegaan op de effectbeoordeling van de plansituatie ten opzichte van de referentiesituatie, waarbij onderscheid wordt gemaakt in effecten in de aanlegfase en verwijderingsfase. Hierbij is rekening gehouden met twee alternatieven – Locatie 1 en Locatie 2 – aangezien de aanleg van het leidingtracé niet tot significante verkeersveiligheidseffecten leidt. Tot slot wordt een integrale effectbeoordeling gepresenteerd in §17.4.2, waarbij de effecten van de alternatieven voor de voorgenomen activiteit als geheel worden beoordeeld. Deze beoordeling wordt gedaan ten opzichte van de referentiesituatie en ten opzichte van de alternatieven onderling. Hieruit volgt een conclusie over welk alternatief vanuit het oogpunt van verkeer de minste effecten veroorzaakt. Het hoofdstuk sluit af met mitigerende en compenserende maatregelen ((§17.5) en leemten in kennis en een aanzet voor het monitoringprogramma (§17.6).

17.1 Ingreep-effectrelaties

Aanlegfase

In de aanlegfase is sprake van verkeersbewegingen voor de aanvoer van materiaal en materieel voor de aanleg van de productielocatie. Dit zijn vrachtwagenbewegingen die kunnen leiden tot verkeersveiligheidsknelpunten op de wegen in de omgeving.

Winning

In de winning is er geen sprake van grote stromen verkeersbewegingen die kunnen leiden tot verkeersveiligheidsknelpunten op de wegen in de omgeving. Hierom is deze fase buiten beschouwing gelaten.

Verwijderingsfase

In de verwijderingsfase is sprake van verkeersbewegingen voor de aanvoer van materiaal en materieel voor de aanleg van de productielocatie. Dit zijn vrachtwagenbewegingen die kunnen leiden tot verkeersveiligheidsknelpunten op de wegen in de omgeving.

Studiegebied

Het studiegebied betreft de mogelijke routes naar de productielocaties. In figuur Figuur 17-1 staan de twee mogelijke regionale routes naar de productielocaties weergegeven. Hierbij gaan we ervan uit dat de aanvoer van het materieel zoveel mogelijk via het hoofdwegennet plaatsvindt. Vanaf de A7/N31 kan het vrachtverkeer via de centrale as naar Dokkum rijden. Vanaf Dokkum zijn er twee routes naar de productielocaties. Dit betreft de N356/N358 naar Locatie 1 en N361/N358 naar Locatie 2. Beide routes zijn provinciale gebiedsontsluitingswegen en zijn ongeveer even lang. Aangezien deze routes volledig gebruik maken van het provinciaal wegennet (dat geschikt is voor vrachtverkeer) wordt hier niet verder op ingegaan. Bij de effectbeoordeling (§17.4) wordt per productielocatie bekeken welke routes er lokaal mogelijk zijn en welke invloed het vrachtverkeer heeft op de verkeersveiligheid op deze routes. Om dit inzichtelijk te maken is gebruik gemaakt van kaartmateriaal waar de routes en mogelijke conflictsituaties op staan aangegeven. De conflictsituaties worden afgebeeld met behulp van foto's (Cyclomedia) en vergezeld van een korte toelichting (Bijlage VI).

Figuur 17-1 mogelijke regionale routes naar locatiealternatieven 1 en 2 over gebiedsontsluitingswegen uit zuidelijke richting.

17.2 Beoordelingskader

Er is geen vast beleidskader om de verkeersveiligheidseffecten van het verkeer op de omgeving te meten. Daarom is er op een kwalitatieve manier onderzoek gedaan naar de verkeersveiligheid. De invloed van vrachtverkeer op de verkeersveiligheid is sterk afhankelijk van mogelijke conflictsituaties met andere weggebruikers. In het bijzonder kwetsbare weggebruikers zoals fietsers. Om die reden zijn de mogelijke routes om de productielocaties te bereiken in kaart gebracht. Gekeken is naar de geschiktheid van het wegtype en mogelijke conflictsituaties met langzaam verkeer.

De effecten voor het thema verkeer worden bepaald op basis van de beoordelingscriteria uit Tabel 17-1 Onder de tabel volgt per criterium een toelichting op de beoordelingscriteria en gehanteerde methode.

Tabel 17-1 Beoordelingskader verkeer

Thema	Beoordelingscriterium	Meeteenheid
Verkeersveiligheid	Beïnvloeding verkeersveiligheid door aan- en afvoer van materialen	Conflictsituaties
		Geschiktheid wegtype

Beïnvloeding verkeersveiligheid door aan- en afvoer van materialen

Het beoordelingskader inclusief scores is weergegeven in Tabel 17-2. In deze beoordeling wordt impliciet rekening gehouden met de twee sub-criteria:

- Conflictsituaties: locaties waar fietsverkeer vrachtverkeer richting de productielocatie kruist. Deze conflictsituaties staan afgebeeld in de Bijlage VI en zijn allen voorzien van een toelichting.
- Geschiktheid wegtype: niet iedere weg is geschikt om vrachtverkeer over af te wikkelen. Daarom is er gekeken naar de breedte van de weg, nabijgelegen bebouwing en de inrichting van de weg (erftoegangsweg of gebiedsontsluitingsweg).

Tabel 17-2 Beoordelingsschaal beïnvloeding verkeersveiligheid door aan- en afvoer van materialen

Score	Beoordelingscriterium
++	Zware daling van conflictsituaties met langzaam verkeer/ zware daling vrachtverkeer over smalle wegen en erftoegangswegen
+	Lichte daling van conflictsituaties met langzaam verkeer/ lichte daling vrachtverkeer over smalle wegen en erftoegangswegen
0/+	De kwalitatieve manier van onderzoek biedt niet genoeg ruimte om de verkeersveiligheid te beoordelen op een zevenpuntenschaal. Er kan niet genoeg onderscheid worden gemaakt tussen de conflictsituaties en wegtypen om een “0/+“ score toe te voegen.
0	Geen toe- afname van het vrachtverkeer en daardoor geen toe- afname conflictsituaties met langzaam verkeer
0/-	De kwalitatieve manier van onderzoek biedt niet genoeg ruimte om de verkeersveiligheid te beoordelen op een zevenpuntenschaal. Er kan niet genoeg onderscheid worden gemaakt tussen de conflictsituaties en wegtypen om een “0/-“ score toe te voegen.
-	Lichte toename van conflictsituaties met langzaam verkeer / lichte toename vrachtverkeer over smalle wegen en erftoegangswegen
- -	Zware toename van conflictsituaties met langzaam verkeer / zware toename vrachtverkeer over smalle wegen en erftoegangswegen

17.3 Referentiesituatie

Huidige situatie

Ternaard is een dorp in het noorden van Friesland met ongeveer 1.440 inwoners. Het dorp wordt vanuit oostelijke en westelijke richting ontsloten door de N358, een provinciale gebiedsontsluitingsweg met een vrij liggend fietspad. In de bebouwde kom van het dorp is de N358 uitgevoerd als erftoegangsweg en moeten de fietsers zich over de rijbaan verplaatsen waardoor langzaam verkeer zich mengt met het gemotoriseerde verkeer. Het dorp kent geen functies die grote hoeveelheden (vracht)verkeer aantrekken.

Figuur 17-2 Huidige situatie Ternaard

Autonome ontwikkeling

Er worden in de nabij toekomst geen grote veranderingen voorzien in het verkeersaanbod en de weginrichting in en om Ternaard. Deze zal daarmee gelijk blijven aan de huidige situatie.

17.4 Effectbeoordeling

De invloed die vrachtwagenbewegingen hebben op de verkeersveiligheid is afhankelijk van de route en het aantal vrachtwagens op die route. Daarom zijn per productielocatie eerst de mogelijke routes in kaart gebracht. De aanleg van het leidingtracé in de aanlegfase zorgt niet voor significante verkeersveiligheidseffecten en is daarom in onderstaande analyse niet beschouwd.

De aanvoer van het bouwmateriaal vindt plaats in 10 dagen en omvat 115 vrachtwagens. Dit komt neer op 12 vrachtwagens per dag (24 vrachtwagenbewegingen, zowel heen als terug). Om de boorinstallatie in bedrijf te houden zijn over een periode van 134 dagen 938 vrachtwagens benodigd, oftewel 3-7 vrachtwagens per dag. De afvoer van de mobiele boorinstallatie duurt net als de aanvoer 10 dagen en omvat 115 vrachtwagens. In totaal zijn er daarmee 1.168 vrachtwagenbewegingen nodig om de boorinstallatie op te bouwen, in bedrijf te houden en af te breken. Het aantal vrachtwagens per dag is tijdens de aanleg- en verwijderingsfase met 12 vrachtwagens het hoogst en daarmee maatgevend. Daarnaast zijn de routes tijdens de aanlegfase, winning en verwijderfase hetzelfde. Om deze reden wordt er bij de effectbeoordeling alleen ingegaan op de aanlegfase en verwijderingsfase.

17.4.1 Effectbeoordeling aanlegfase/verwijderingsfase

In Tabel 17-3 is de effectbeoordeling voor verkeer voor de aanleg/verwijderfase gepresenteerd. Na de tabel volgt per route een toelichting.

Tabel 17-3 Effectbeoordeling verkeersveiligheid, aanlegfase

Criterium	Ref.	Locatie 1 Route 1	Locatie 1 Route 2	Locatie 1 Route 3	Locatie 2 Route 1	Locatie 2 Route 2	Locatie 2 Route 3	Locatie 2 Route 4
Conflictsituaties	0	- -	-	-	-	-	-	-
Geschiktheid wegtype	0	- -	0	- -	- -	0	- -	0

Locatie 1

Locatie 1 is gelegen aan de noordzijde van Ternaard. De productielocatie is te bereiken over drie verschillende routes. Alle routes maken gebruik van de N358, een gebiedsontsluitingsweg met een vrij liggend fietspad. Alleen tussen conflictpunten 2 en 5 (kern Ternaard, bebouwde kom) moeten de fietsers zich over de rijbaan verplaatsen. Dit gedeelte is ingericht als erftoegangsweg en loopt door de kern van Ternaard. Het is niet wenselijk om hier vrachtverkeer doorheen te leiden.

Een belangrijke locatie is de basisschool in het zuidoosten van Ternaard. In deze omgeving zullen zich veel kwetsbare verkeersdeelnemers bevinden (fietsers/voetgangers). De school ligt echter dusdanig ver van de mogelijke routes af dat hier geen problemen worden verwacht. Dit is weergegeven in Figuur 17-3.

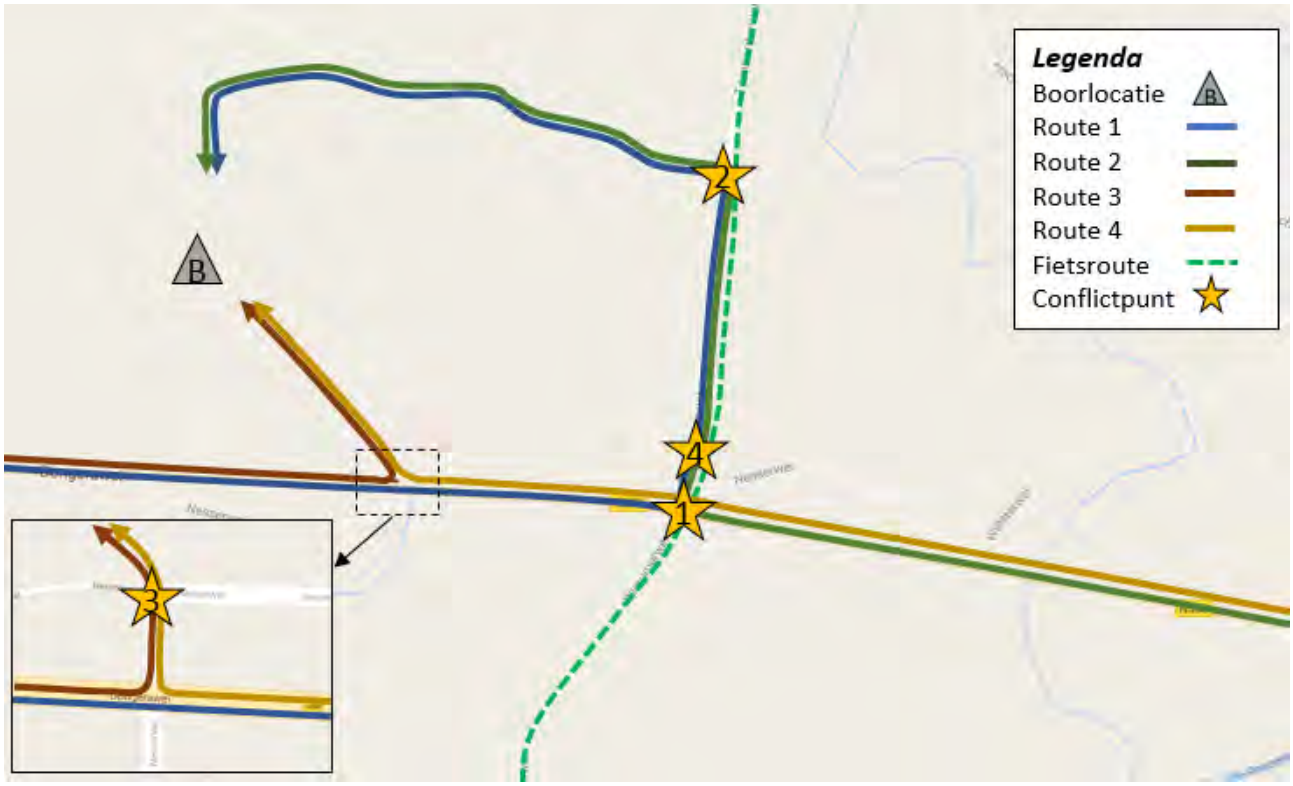
Figuur 17-3 mogelijke lokale routes naar Locatie 1 met bijbehorende aandachtspunten

Route	Criterium	Omschrijving	Beoordeling
1	Conflictsituaties	Deze route komt uit de richting van Holwerd en maakt gebruik van de N358 tot conflictpunt 2, hier slaat de route linksaf richting de Opslach. Het conflictpunt ontstaat doordat er fietsers op de rijbaan bij komen. Tot dat punt is het fietsverkeer gescheiden van de hoofdrijbaan. Daarnaast ligt er bij conflictpunt 2 nog een supermarkt, een postkantoor en een pinautomaat. Dit zijn lokale functies die fietsers aantrekken. Hierdoor wordt de kans op een conflict verder vergroot. Conflictpunt 3 ontstaat doordat het vrachtverkeer door een smal wegprofiel wordt geleid, welke is ingericht als erftoegangsweg met een maximumsnelheid van 30 km/uur. Verder is er sprake van langsparkeren en liggen er aan beide zijden van de weg woningen. Hierdoor zijn de kansen op conflicten met fietsers groot. Doordat deze route twee zware conflictpunten kent wordt deze als zeer negatief beoordeeld.	--
	Geschiktheid wegtype	Een groot deel van deze route loopt door de kern van Ternaard over erftoegangswegen die ongeschikt zijn om vrachtverkeer af te wikkelen. Daarbij heeft een deel van deze erftoegangswegen een smal wegprofiel (zie conflictsituaties). Om die reden wordt de geschiktheid van het wegtype als zeer negatief beoordeeld	--
2	Conflictsituaties	Deze route komt uit de richting van Oosternijkerk en maakt gebruik van de N358 tot conflictpunt 5. Daar slaat de route rechtsaf richting de tennisbanen een doodlopende straat in. Dit conflictpunt ontstaat doordat het vrij liggende fietspad op deze kruising eindigt. Vrachtverkeer wat rechtsaf slaat richting de productielocatie kruist hiermee het fietsverkeer. Aangezien deze kruising aan de rand van het dorp ligt en er, op de tennisclub na, geen voorzieningen liggen die veel fietsers aantrekken is deze conflictsituatie licht negatief beoordeeld.	-

Route	Criterium	Omschrijving	Beoordeling
	Geschiktheid wegtype	Deze route maakt voor het grootste deel gebruik van de N358, een weg die is ingericht om vrachtverkeer af te wikkelen. Extra vrachtverkeer op deze route zal daarmee een minimale impact hebben op de verkeersveiligheid. Om die reden wordt de geschiktheid van het wegtype beoordeeld met een “0”. Aandachtspunt is de wegversmalling op de N358 ter hoogte van het kruispunt richting de tennisbanen. Mogelijk dat de wegversmalling tijdelijk opgeheven moet worden om voldoende ruimte te creëren voor vrachtverkeer om de bocht te kunnen maken	0
3	Conflictsituaties	Deze route komt uit de richting van Holwerd maar buigt ter hoogte van conflictpunt 1 af naar de Koaiwei. Conflictpunt 1 ontstaat doordat de route bij het inslaan van deze weg een vrij liggend fietspad kruist waar fietsers voorrang hebben. Bij conflictpunt 4, de kruising van de Koaiweg met de Wjuk, slaan de vrachtwagens rechtsaf, waarna deze de productielocatie kunnen bereiken. De Wjuk maakt deel uit van een ANWB-fietsroute, wat de kans of conflicten tussen fietsers en vrachtverkeer vergroot. Ondanks het feit dat de Wjuk deel uitmaakt van een ANWB-fietsroute worden er, gezien de functies rondom deze weg, geen hoge aantallen fietsers verwacht. Dit geldt ook voor conflictpunt 1. Daarom worden de conflictsituaties negatief beoordeeld	-
	Geschiktheid wegtype	Gezien het smalle wegprofiel kunnen er conflicten ontstaan tussen fietsers en vrachtverkeer. Vrachtverkeer heeft de volle breedte van de weg nodig, waardoor tegemoetkomend verkeer ook gebruik zal moeten maken van de berm. Daarom wordt de geschiktheid van de weg zeer negatief beoordeeld	--

Locatie 2

Locatie 2 is gelegen aan de oostzijde van Ternaard. De productielocatie is te bereiken over vier verschillende routes. Deze routes maken allebei gebruik van de N358, een gebiedsontsluitingsweg met een vrij liggend fietspad. Dit is weergegeven in Figuur 17-4.



Figuur 17-4 mogelijke lokale routes naar Locatie 2 met bijbehorende aandachtspunten

Route	Criterium	Omschrijving	Beoordeling
1	Conflictsituaties	Conflictpunt 1 ontstaat doordat de Ternaarderwei een smalle landweg is met fietsers op de rijbaan waarover tevens een ANWB-fietsroute loopt. Conflictpunt 2 ontstaat doordat vrachtverkeer hier een afslaande beweging maakt en daarbij fietsverkeer kruist. Conflictpunt 4 ontstaat doordat de Nesserwei een smalle landweg betreft die tevens de functie vervult van vrijliggend fietspad voor de N358. Gezien de omliggende functies worden op deze conflictpunten geen hoge aantallen fietsers verwacht. Om die reden worden de conflictsituaties licht negatief beoordeeld.	-
	Geschiktheid wegtype	De route maakt voor een groot deel gebruik van de N358, die geschikt is om vrachtverkeer af te wikkelen. Een deel van de route loopt echter door de kern van Ternaard. Dit gedeelte van de N358 is ingericht als erftoegangsweg en derhalve zeer ongeschikt om vrachtverkeer doorheen te leiden. Om die reden wordt de geschiktheid van het wegtype als negatief beoordeeld.	--
2	Conflictsituaties	Conflictpunt 1 ontstaat doordat de Ternaarderwei een smalle landweg is met fietsers op de rijbaan waarover tevens een ANWB-fietsroute loopt. Conflictpunt 2 ontstaat doordat vrachtverkeer hier een afslaande beweging maakt en daarbij fietsverkeer kruist. Conflictpunt 4 ontstaat doordat de Nesserwei een smalle landweg betreft die tevens de functie vervult van vrijliggend fietspad voor de N358. Gezien de omliggende functies worden op deze conflictpunten geen hoge aantallen fietsers verwacht. Om die reden worden de conflictsituaties licht negatief beoordeeld.	-
	Geschiktheid wegtype	Deze route maakt voor het grootste deel gebruik van de N358, een weg die is ingericht om vrachtverkeer af te wikkelen. Extra vrachtverkeer op deze route zal daarmee een minimale impact hebben op de verkeersveiligheid.	0
3	Conflictsituaties	Conflictpunt 3 ontstaat doordat de Nesserwei een smalle landweg betreft die tevens de functie vervult van vrijliggend fietspad voor de N358. Omdat de route de Nesserwei enkel kruist en verder gaat over een nieuw aan te leggen tijdelijke weg wordt deze conflictsituatie negatief beoordeeld	-
	Geschiktheid wegtype	De route maakt voor een groot deel gebruik van de N358, die geschikt is vrachtverkeer af te wikkelen. Een deel van de route loopt echter door de kern van Ternaard. Dit gedeelte van de N358 is ingericht als erftoegangsweg en derhalve zeer ongeschikt om vrachtverkeer doorheen te leiden. Om die reden wordt de geschiktheid van het wegtype als negatief beoordeeld.	--
4	Conflictsituaties	Conflictpunt 3 ontstaat doordat de Nesserwei een smalle landweg betreft die tevens de functie vervult van vrijliggend fietspad voor de N358. Omdat de route de Nesserwei enkel kruist en verder gaat over een nieuw aan te leggen tijdelijke weg wordt deze conflictsituatie licht negatief beoordeeld	-
	Geschiktheid wegtype	Geschiktheid wegtype: Deze route maakt voor het grootste deel gebruik van de N358, een weg die is ingericht om vrachtverkeer af te wikkelen. Extra vrachtverkeer op deze route zal daarmee een minimale impact hebben op de verkeersveiligheid. Om die reden wordt de geschiktheid van het wegtype beoordeeld met een “0”.	0

17.4.2 Integrale effectbeoordeling

Aangezien voor het thema verkeer is gekeken naar effecten in de aanleg- en verwijderingsfase, waarbij de situaties zodanig overeenkomen dat maar één effectbeoordeling is gegeven, is deze effectbeoordeling gelijk aan de integrale effectbeoordeling. Om die reden is dit hier niet nogmaals beschreven. Wel zijn bovenstaande criteria samengevoegd tot één score voor verkeersveiligheid voor Locatie 1 en Locatie 2. Omdat niet de locaties maar de route naar de locaties toe vanuit verkeer maatgevend is, zijn de diverse aanrijroutes per locatie beoordeeld. De aanleg van het leidingtracé heeft geen significante verkeersveiligheidseffecten en is derhalve niet beoordeeld.

Tabel 17-4 Integrale effectbeoordeling verkeersveiligheid

Criterium	Ref.	Locatie 1 Route 1	Locatie 1 Route 2	Locatie 1 Route 3	Locatie 2 Route 1	Locatie 2 Route 2	Locatie 2 Route 3	Locatie 2 Route 3	R-N ute 3	TE Ro
Conflictsituaties	0	--	-	-	-	-	-	-		
Geschiktheid wegtype	0	--	0	--	--	0	--	0		

Conclusie

Beide locaties zijn goed te bereiken voor het vrachtverkeer met een minimale impact op de verkeersveiligheid. Zowel voor locatie 1 als voor locatie 2 wordt geadviseerd om vanaf de N361 en de N358 (vanuit het oosten) aan te rijden. Dit heeft de minste impact op de verkeersveiligheid en wordt zoveel mogelijk gebruik gemaakt van wegen welke hiervoor geschikt zijn.

Geadviseerd wordt om de bebouwde kom van Ternaard voor vrachtverkeer van/naar de productielocaties te verbieden om de verkeersveiligheid in het dorp te waarborgen.

17.5 Mitigerende en compenserende maatregelen

17.5.1 Mitigerende maatregelen

Om de verkeersveiligheid verder te waarborgen kunnen de volgende mitigerende maatregelen ingezet worden:

- Vrachtwagens onder begeleiding naar de productielocatie leiden.
- Inzetten van verkeersregelaars op momenten dat vrachtwagens de productielocatie willen bereiken.
- Tijdvakken aanwijzen waarin vrachtverkeer de productielocatie mag bereiken en deze communiceren met het dorp.
- Vrachtverkeer van/naar de productielocaties verbieden door de bebouwde kom te rijden

Route specifieke maatregelen

Locatie 1, route 2: aandachtspunt is de wegversmalling op de N358 ter hoogte van het kruispunt richting de tennisbanen. Mogelijk dat de wegversmalling tijdelijk opgeheven moet worden om voldoende ruimte te creëren voor vrachtverkeer om de bocht te kunnen maken.

17.5.2 Compenserende maatregelen

Er zijn geen compenserende maatregelen voorzien.

17.5.3 Effectbepaling na mitigatie

Indien de voorgestelde routes naar de productielocaties worden gevolgd en maatregelen vanuit de mitigerende maatregelen worden doorgevoerd worden de verkeersveiligheidsknelpunten ondervangen en scoren beide productielocaties neutraal (score: 0).

17.6 Leemten in kennis en monitoringprogramma

17.6.1 Leemten in kennis

- In dit hoofdstuk is de verkeersveiligheid gemeten aan de hand van mogelijke conflictsituaties tussen langzaam verkeer (fietsers) en vrachtverkeer. Om een inschatting te kunnen maken over de aanwezigheid van fietsers is gekeken naar fietsroutes en voorzieningen die fietsers aantrekken. Dit zijn echter globale schattingen. Om exacte cijfers te verkrijgen moeten er tellingen worden verricht.
- Het aantal vrachtwagens per dag tijdens de aanleg, verwijder en winning is bekend. Het is alleen niet bekend op welke tijdstippen deze zich naar de productielocatie begeven, en of deze tegelijk arriveren of verspreid over de dag.
- Op basis van globespotter (cyclomedia) zijn inschattingen gemaakt over het wegprofiel van de mogelijke routes naar de productlocaties. Om hier een exacte uitspraak over te doen is aanvullend onderzoek nodig.

17.6.2 Monitoringprogramma

Er wordt geen monitoringsprogramma voorzien vanuit het onderdeel verkeer.

18 ARCHEOLOGIE

In dit hoofdstuk zijn de effecten van de voorgenomen activiteit op archeologie beschreven. In voorliggend hoofdstuk wordt allereerst ingegaan op de ingreep-effectrelatie met de andere milieuthema's. Hierin is onderscheid gemaakt in de aanlegfase en de winning. In paragraaf §18.2wordt het relevante beleidskader gepresenteerd. Hierna worden het beoordelingskader en de beoordelingscriteria geïntroduceerd (§18.3), die in de effectbeoordeling worden gehanteerd. In §18.4wordt ingegaan op de effectbeoordeling van de plansituatie ten opzichte van de referentiesituatie, waarbij onderscheid wordt gemaakt in effecten in de aanlegfase (§18.5.1) en winning (§18.5.2). Hierbij is rekening gehouden met vier alternatieven: L1-N, L1-Z, L2-N en L2-Z. Tot slot wordt een integrale effectbeoordeling gepresenteerd in §18.5.3, waarbij de effecten van de alternatieven voor de voorgenomen activiteit als geheel worden beoordeeld. Deze beoordeling wordt gedaan ten opzichte van de referentiesituatie en ten opzichte van de alternatieven onderling. Hieruit volgt een conclusie over welk alternatief vanuit het oogpunt van archeologie de minste effecten veroorzaakt. Het hoofdstuk sluit af met mitigerende en compenserende maatregelen (§18.6) en leemten in kennis en een aanzet voor het monitoringprogramma (§18.7).

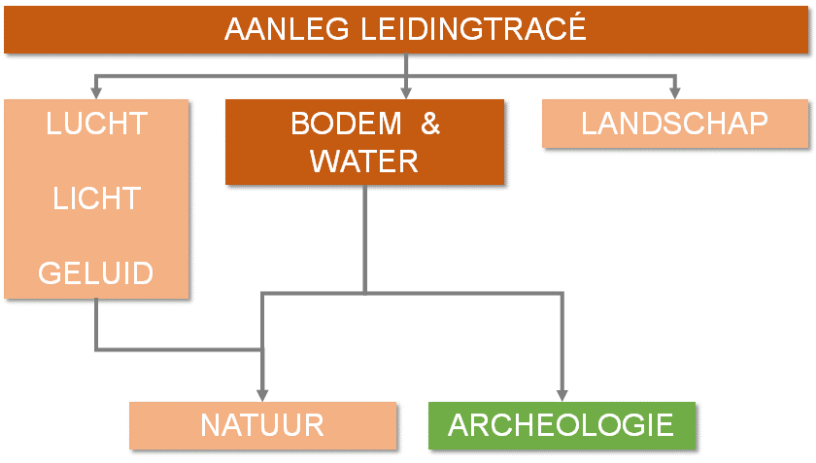
18.1 Ingreep-effectrelaties

Aanlegfase

Tijdens de aanlegfase vinden er activiteiten plaats die kunnen leiden tot verstoring of aantasting van archeologische waarden. In het geval van Locatie 1 zal de huidige locatie aangepast worden en in het geval van Locatie 2 zal er een nieuwe locatie gerealiseerd worden. Er zullen geluidsschermen aangebracht worden en het aanvoeren, opstellen en afvoeren van de boorinstallatie vindt plaats. Ten slotte zal er op dit terrein één nieuwe put geboord worden.

Om het gas te transporteren wordt er vervolgens een nieuwe ondergrondse transportleiding met een buitendiameter van 45 centimeter aangelegd tussen de productielocatie en de bestaande mijnbouwlocatie Moddergat. De transportleiding wordt aangelegd op een verwachte diepte van 1,2 m -Mv. Voor de aanleg wordt een sleuf gegraven waar de transportleiding in gelegd wordt. Dit vormt een risico voor archeologie, dat met name aan de top van de kwelder(wal)afzettingen verwacht wordt. Deze afzettingen worden vanaf onderkant bouwvoor verwacht. Het aanlegproces van de transportleiding zal circa 4 maanden in beslag nemen waarbinnen zwaar materieel, zoals kranen en vrachtwagens gebruikt zal worden.

Wat betreft de ingreep-effectrelaties tijdens de aanlegfase wordt er gekeken naar de effecten van de aanleg van de productielocatie en de aanleg van de transportleiding op archeologische waarden. Bij alle alternatieven zullen er in de aanlegfase door de werkzaamheden in meer of mindere mate effecten plaatsvinden in de vorm van bodemverstorende ingrepen. Indien in dat geval archeologisch inventariserend veldonderzoek (booronderzoek) noodzakelijk is, kan het eventueel gecombineerd worden uitgevoerd met het veldonderzoek voor bodem. Ook het grondwateronderzoek houdt verband met archeologie. De resultaten van het grondwateronderzoek dragen bij aan het opstellen van een gespecificeerde archeologische verwachting. De grondwatertrap geeft namelijk een indicatie van de mate van conservering van mogelijk aanwezig archeologische waarden.

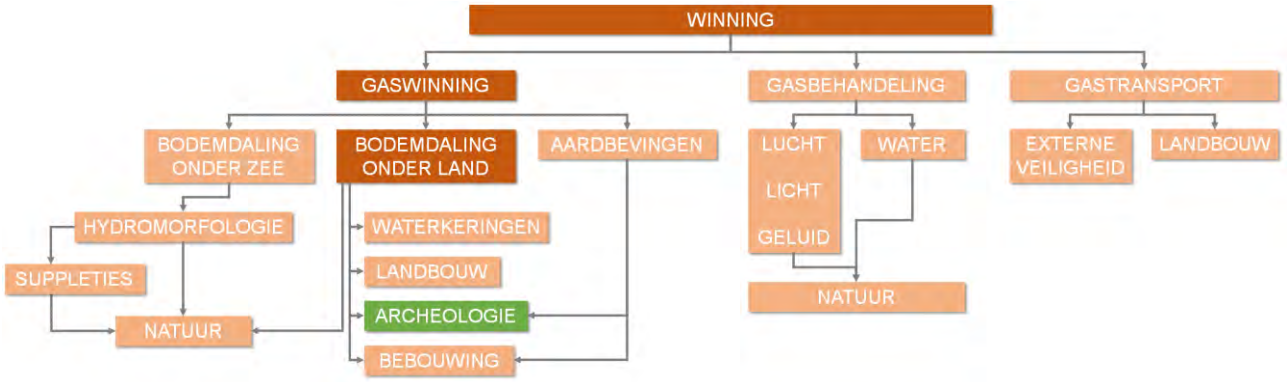


Figuur 18-1 Ingreep-effectrelaties archeologie, aanlegfase

Winning

De winning bestaat uit het gastransport naar Moddergat. Deze fase bestaat uit een “stabiele situatie” waarin geen grondwerkzaamheden plaatsvinden en zal zich uitstrekken over een periode van circa 20 jaar.

Omdat de winning bestaat uit de gaswinning zelf en er verder geen grondwerkzaamheden zullen plaatsvinden, zullen er in deze fase als gevolg van bodemingrepen geen effecten optreden ten aanzien van archeologische waarden. Wel relevant zijn de binnendijkse bodemdaling en mogelijk bijkomende aardbevingen die een mogelijk effect hebben op archeologische waarden.



Figuur 18-2 Ingreep-effectrelaties archeologie, winning

Verwijderingsfase

Na circa 20 jaar zal de verwijderingsfase van start gaan. Voor beide productielocaties geldt in deze fase dat het terrein opgeruimd wordt (inclusief de verharding) en er enkel een put overblijft die geen effect zal hebben op archeologische waarden in het studiegebied. De transportleiding zal worden verwijderd uit de bodem en de sleuven worden weer dichtgemaakt met grond. Ten opzichte van de referentiesituatie zal deze fase geen effect hebben op archeologische waarden van het studiegebied. Voor de verwijderingsfase zal dan ook geen effectbeoordeling plaatsvinden. Wel worden mitigerende maatregelen aangedragen ter preventie van archeologische effecten door gebruik van zwaar materieel (zetting) tijdens deze fase.

Studiegebied

Gezien de omvang van het leidingtracé en de bodemkundige, historische en archeologische kenmerken van het gebied wordt een onderzoeksbuffer van 500 m voldoende geacht. Voor dit studiegebied wordt informatie omtrent bodemkundige, archeologische en historische informatie verzameld, waardoor meer gefundeerde uitspraken over de archeologische potentie van het gebied kunnen worden gedaan.

18.2 Beleidskader

In Tabel 18-1 is het relevante beleid en regelgeving weergegeven voor het thema archeologie.

Tabel 18-1 Wettelijk kader en beleidskader Archeologie

Beleid	Inhoud & relevantie
Internationale verdragen	
Verdrag van Malta (1992)	Dit verdrag van de Raad van Europa heeft als doel om archeologische waarden in Europa te beschermen, als onvervangbaar onderdeel van het culturele erfgoed. Belangrijkste uitgangspunten van het verdrag zijn: 1) streven naar behoud *in situ*; 2) Tijdig rekening houden in de ruimtelijke ordening met de mogelijkheid of aanwezigheid van archeologische waarden, zodat er nog ruimte is voor archeologievriendelijke alternatieven.
UNESCO Conventie ter Bescherming van Cultureel Erfgoed Onder Water (2001)	Het UNESCO-verdrag beoogt door internationale samenwerking een adequate bescherming van onderwater erfgoed wereldwijd te garanderen. In 2016 is Nederland gestart met de ratificatie van het verdrag.
Nationale wet- en regelgeving	
Erfgoedwet 2016; Monumentenwet 1988.	Het Verdrag van Malta is geïntrigeerd in de Erfgoedwet die het beheer en behoud van cultureel erfgoed in Nederland regelt. In de Erfgoedwet komen regels voor de archeologische monumentenzorg aan de orde, terwijl de omgang met archeologie in de fysieke leefomgeving onderdeel wordt van de Omgevingswet die in januari 2019 in werking zal treden. De volgende van kracht blijvende artikelen van de Monumentenwet staan als overgangsrecht in de Erfgoedwet: 1) Vergunningen tot wijziging, sloop of verwijdering van (archeologische) rijksmonumenten; 2) Verordeningen, bestemmingsplannen, vergunningen en ontheffingen op het gebied van archeologie; 3) Bescherming van stads- en dorpsgezichten. De belangrijkste wijziging voor archeologie is het feit dat de opgravingsvergunning vervangen is door verplichte certificering.
Structuurvisie Infrastructuur en Ruimte (2012)	In de Structuurvisie Infrastructuur en Ruimte (SVIR) schetst het Rijk een visie hoe Nederland er in 2040 voor moet staan. Bij deze rijksdoelen horen een 13-tal nationale belangen. Relevant voor archeologie is rijksbelang 10: ruimte voor behoud en versterking van (inter)nationale unieke cultuurhistorische en natuurlijke kwaliteiten.
Visie Erfgoed en Ruimte: Kiezen voor Karakter (2011)	De visie is complementair aan de Structuurvisie infrastructuur en ruimte. Vanuit een brede erfgoedvisie wordt ingezoomd op de meest actuele en urgente opgaven van nationaal belang. Relevant voor archeologie is de prioriteit ‘Levend Landschap: synergie tussen erfgoed, economie, ecologie’.
Kwaliteitsnorm Nederlandse Archeologie (KNA, versie 4.0)	De KNA bevat eisen waaraan archeologisch onderzoek, beheer van archeologisch vondst- en documentatiemateriaal en uitvoerders van het onderzoek minimaal moeten voldoen. Alle handelingen die ten minste uitgevoerd moeten worden om te kunnen spreken van basiskwaliteit, worden beschreven. De processtappen (en eventueel bijbehorende specificaties) die zijn vastgelegd, vormen een minimumeis.
Provinciaal beleid	
Friese Archeologische Monumentenkaart Extra (FAMKE)	De FAMKE zijn twee digitale archeologiekaarten van de Provincie Fryslân, waaraan adviezen zijn gekoppeld voor archeologisch onderzoek. De FAMKE is gebaseerd op de Archeologische Monumentenkaart (AMK) en de Indicatieve Kaart Archeologische Waarden (IKAW). Het is geen statisch product, de kaart wordt aangepast naar de laatste inzichten. De gemeente Noardeast-Fryslân beschikt niet over een eigen archeologie- kaart en -beleid. Derhalve is het provinciaal beleid en de FAMKE leidend.

18.3 Beoordelingskader

De effecten voor het thema archeologie worden bepaald op basis van de beoordelingscriteria uit Tabel 18-2. Onder de tabel volgt per criterium een toelichting op de beoordelingscriteria en gehanteerde methode.

Tabel 18-2 Beoordelingskader archeologie

Thema	Beoordelingscriterium	Meeteenheid
Archeologie	Aantasting bekende archeologische waarden	Ruimtebeslag op bekende archeologische waarden (AMK-terreinen, bekende vindplaatsen zoals terpen, historische stads- en dorpskernen). Kwantitatief (in m) en kwalitatief.
	Aantasting verwachte archeologische waarden	Ruimtebeslag op gebieden aangeduid op de FAMKE als 'karterend onderzoek 1' en karterend onderzoek 2'. Kwantitatief (in m) en kwalitatief.

Aantasting bekende archeologische waarden

Binnen het aspect archeologie wordt onderscheid gemaakt tussen bekende en verwachte archeologische waarden. Bekende archeologische waarden betreffen terreinen op de Archeologische Monumentenkaart (AMK), andere bekende vindplaatsen (zoals terpen).

De Archeologische Monumenten Kaart (AMK) bevat een overzicht van alle bekende behoudenswaardige archeologische terreinen in Nederland. De terreinen zijn beoordeeld op verschillende criteria en op grond daarvan zijn de terreinen ingedeeld in categorieën van archeologische waarde (waarde, hoge waarde, zeer hoge waarde en zeer hoge waarde - beschermd).

Naast de archeologische monumenten wordt rekening gehouden met bekende vondstlocaties. Ervan uitgaande dat vondstlocaties zijn verwerkt in de FAMKE, worden vondslocaties alleen op basis van expert-judgement worden vondstlocaties eventueel meegewogen in de effectbeoordeling.

Aantasting verwachte archeologische waarden

De archeologische verwachtingswaarde van een gebied geeft de verwachting op de aan- en afwezigheid van archeologische waarden aan. Basis hiervoor vormt de FAMKE waarop verschillende advies- of verwachtingszones zijn aangeduid. De FAMKE bestaat uit twee advieskaarten (steentijd-bronstijd en ijzertijd-middeleeuwen), waarmee kan worden nagegaan welke onderzoeksinspanning gevraagd wordt voor een bepaalde plaats.

Of daadwerkelijk archeologische waarden aanwezig zijn op een locatie kan alleen door veldonderzoek worden vastgesteld. Er wordt op gewezen dat een lage trefkans slechts betekent dat het minder waarschijnlijk is dat er archeologische waarden aanwezig zijn dan in zones met een hogere trefkans. Het blijft mogelijk dat er zich archeologische waarden bevinden.

Beoordelingskader

De effectbeoordeling wordt gebaseerd op de bekende archeologische waarden en de twee voorkomende verwachtingszones in het studiegebied op de FAMKE. Een alternatief scoort negatiever wanneer er meer bekende waarden kunnen worden aangetast of wanneer er een grotere doorsnijding is van de verwachtingszone aangeduid met 'karterend onderzoek 1 en 2' op de FAMKE. Gezien de aard van de voorgenomen activiteit en de mogelijke effecten die dit heeft op het archeologische erfgoed zijn positieve effecten en scores niet van toepassing. De toestand van mogelijke archeologische waarden in de ondergrond kunnen namelijk niet worden verbeterd, maar alleen gestabiliseerd (neutraal effect) of opgegraven (negatief effect). Tabel 18-3 geeft het beoordelingskader weer.

Tabel 18-3 Beoordelingsschaal archeologie

Score	Bekende archeologische waarden	Verwachte archeologische waarden 'karterend onderzoek 1 en 2'
++	n.v.t.	n.v.t.
+	n.v.t.	n.v.t.
0/+	n.v.t.	n.v.t.
0	Er zijn geen bekende archeologische waarden op of nabij een alternatief gelegen.	Geen doorsnijding van gebieden met een archeologische verwachting.
0/-	0 – 5 bekende waarden op of nabij een alternatief.	Beperkte doorsnijding van gebieden met een archeologische verwachting (minder dan 3000 meter. Een arbitraire grens om te komen tot een vergelijking van de opties).
-	6 – 10 bekende waarden op of nabij een alternatief.	Redelijke doorsnijding van gebieden met een archeologische verwachting (tussen 3000 en 6000 meter. Een arbitraire grens om te komen tot een vergelijking van de opties).
- -	> 10 bekende waarden op of nabij een alternatief.	Grote doorsnijding van gebieden met archeologische verwachting (meer dan 6000 meter).

18.4 Referentiesituatie

Huidige situatie

Landschappelijke en historische ontwikkeling

Het studiegebied ligt grotendeels op een brede kwelderrug. Het meest oostelijke deel ligt in een voormalige getijdenzone. In het westelijke deel bij Ternaard bevindt het dekzand zich op een diepte van 3 tot 4,7 m -Mv. Oostelijker duikt dit dekzand weg tot meer dan 8,5 m -Mv. Op het dekzand bevindt zich meestal een dunne laag Basisveen. Onder de bouwvoor is sprake van een gelaagdheid, waarbij zand- en kleilagen elkaar afwisselen. Dit is kenmerkend voor kwelderafzettingen. Ter plaatste van de kwelderrug tussen de Ternaarderwei en de Nijetsjerksterwei liggen zandige afzettingen aan het maaiveld.

Deze kwelderrug, waar het grootste deel van het studiegebied op ligt, is gevormd tussen 100 en 800 na Chr. Bij Ternaard is de kwelderrug iets ouder, en op basis van archeologisch onderzoek is het aannemelijk dat ook bij Wie sprake is van een oudere kwelderwal. Vanaf de vroege middeleeuwen was het noodzakelijk terpen op te werpen tegen het zeewater dat incidenteel de kwelderwal overspoelde. Dit betekent dat resten van middeleeuwse bewoning en landbouwactiviteiten op terpen zijn te verwachten. Rondom terpen kunnen nederzetting-gerelateerde waarden worden verwacht, zoals mestkuilen, afvalkuilen en waterputten. De kans dat daarbuiten bewoningsresten worden aangetroffen is klein. Vanaf ongeveer 1000 na Chr. werd het gebied ingedijkt en ontwikkelde het gebied zich tot een overwegend kleinschalige, onregelmatige blokverkaveling.

Samenvattend zijn delen van het studiegebied vermoedelijk vanaf de late ijzertijd/Romeinse tijd bewoond en in gebruik als akker. Vanaf de vroege, maar met name vanaf de late middeleeuwen neemt het aantal huisplaatsen toe en wordt geleidelijk het gehele gebied in gebruik genomen als akker- en grasland. De verwachte archeologie zit met name aan de top van de kwelder(wal)afzettingen die zich direct onder de bouwvoor bevindt.

Bekende archeologische waarden

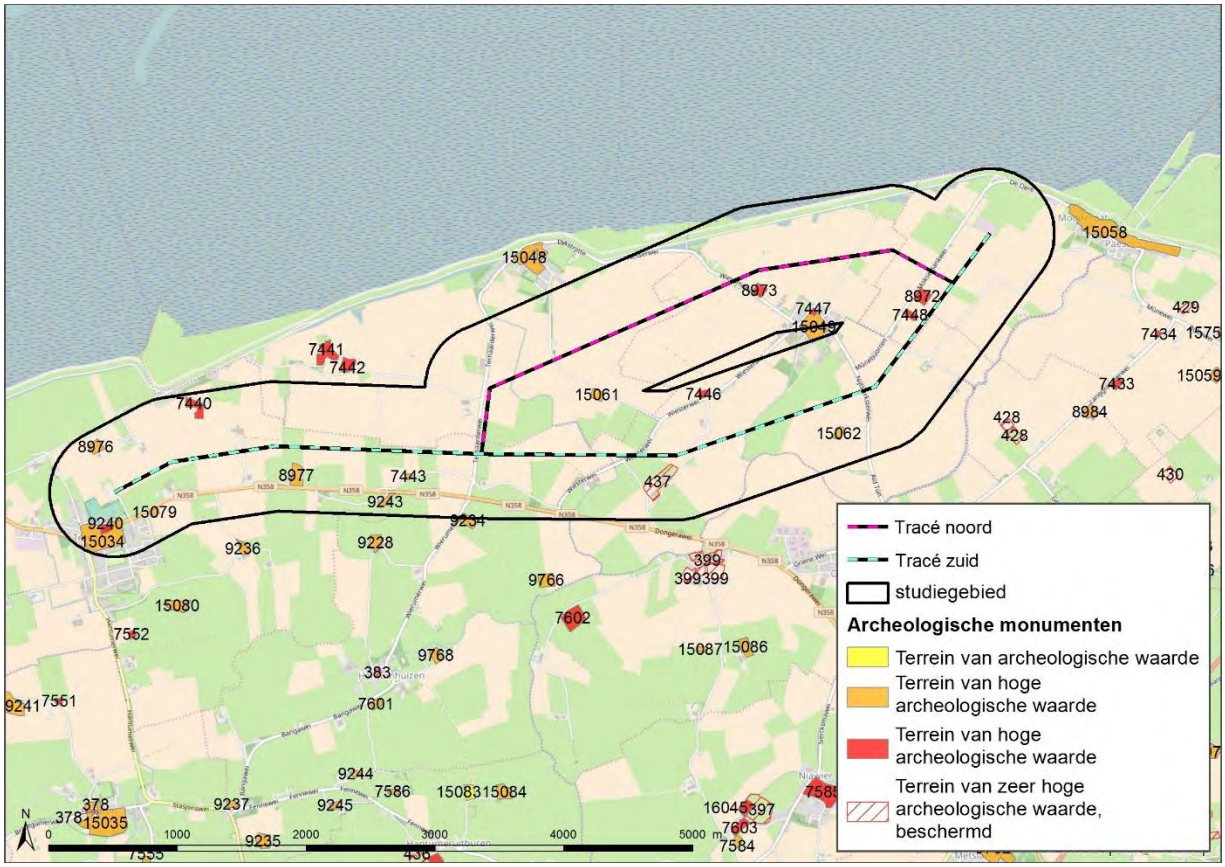
De locatie- en tracéalternatieven raken geen bekende archeologische waarden in de vorm van AMK-terreinen (zie Figuur 18-3) of andere bekende terreinen aangeduid op de FAMKE (zie Figuur 18-6). Tracé noord doorsnijdt een boerderijplaats die op historische kaarten en op de cultuurhistorische waardenkaart van de Provincie Fryslân is weergegeven (Figuur 18-7). Het betreft boerderij ‘De Hecht’ / ‘De Hegt’. Op tracé zuid is tijdens het karterend booronderzoek (Benjamins 2016) een mogelijke vindplaats aangeduid ter plaatse van boring 94 (de locatie is toegevoegd aan de kaart in Figuur 18-7). Het gaat vermoedelijk om laatmiddeleeuwse bewoning. Mogelijk is hier een aanwezige terp gemist in het boorgrid of zijn terplagen opgenomen in de bouwvoor.

Binnen het studiegebied (een zone van 500 m rondom de leidingtracés) bevinden zich echter 18 AMK-terreinen en zijn 29 vondstlocaties geregistreerd. Op de FAMKE zijn de beschermde AMK-terreinen aangeduid als ‘streven naar behoud – beschermd’ en de overige AMK-terreinen als ‘streven naar behoud’. Daarnaast zijn er op de FAMKE terpen of terpzolen aangeduid die niet zijn geregistreerd als AMK-terrein. Dit zijn ook bekende archeologische vindplaatsen die archeologische vondsten en sporen bevatten. Hiervoor wordt geadviseerd waarderend archeologisch onderzoek uit te voeren (geen van de geplande bodemingrepen raakt deze objecten).

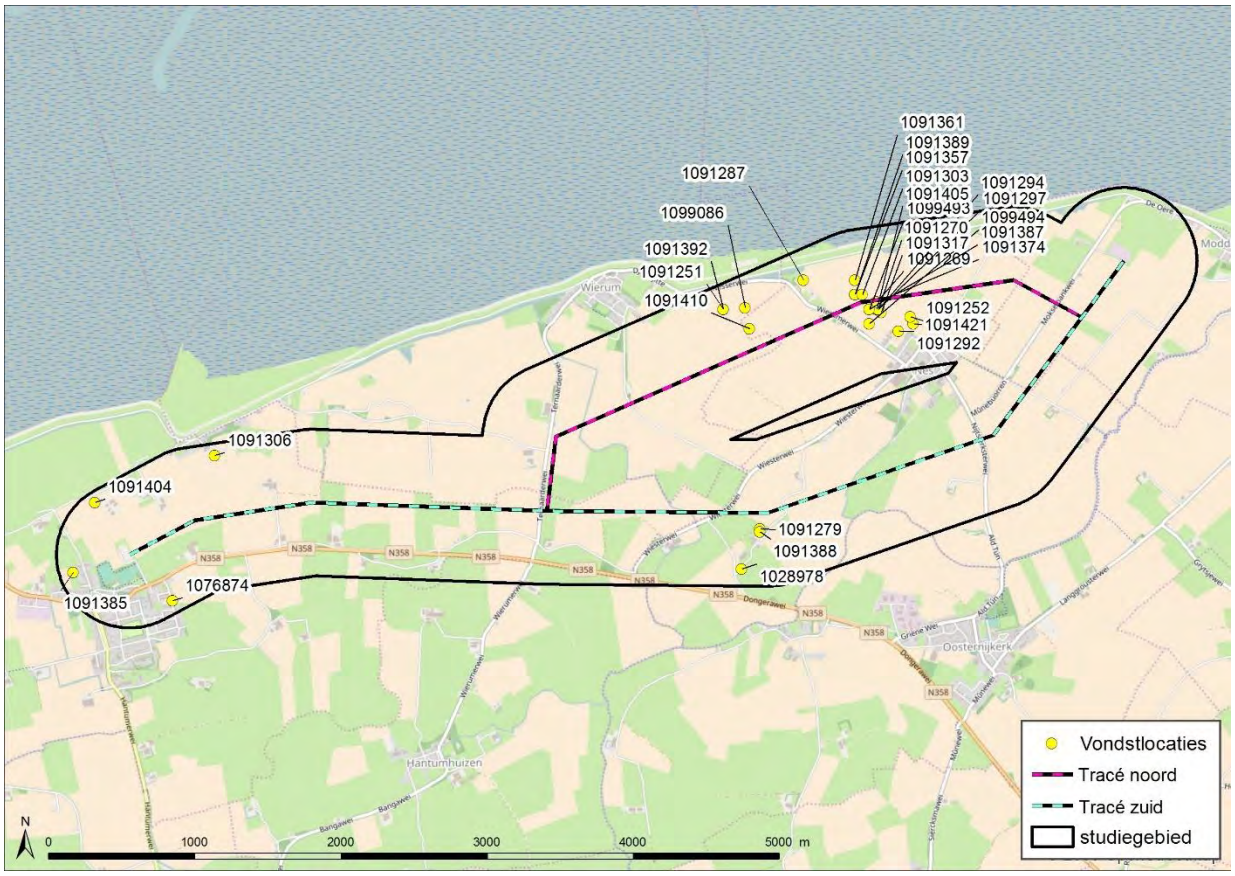
Vrijwel alle AMK-terreinen binnen het studiegebied betreffen huisterpen uit de late middeleeuwen. Daarnaast komen enkele dorpsterpen voor met een mogelijke ouderdom vanaf de late ijzertijd/Romeinse tijd en die tot op heden bebouwd zijn.

AMK-terrein 8973 van hoge waarde, is gelegen bij Nes en betreft een terp, een verhoogde bewoningsplaats. Uit het booronderzoek bleek dat het terrein in het centrum circa 1,4 meter archeologische lagen bevat. Van AMK-terrein 437 (in buurtschap Wie) is bekend dat deze zijn wortels heeft in de late ijzertijd/vroeg-Romeinse tijd – vermoedelijk als vlaknederzetting. Mogelijk zijn ook de andere (dorps)terpen ouder dan tot nu toe wordt aangenomen.

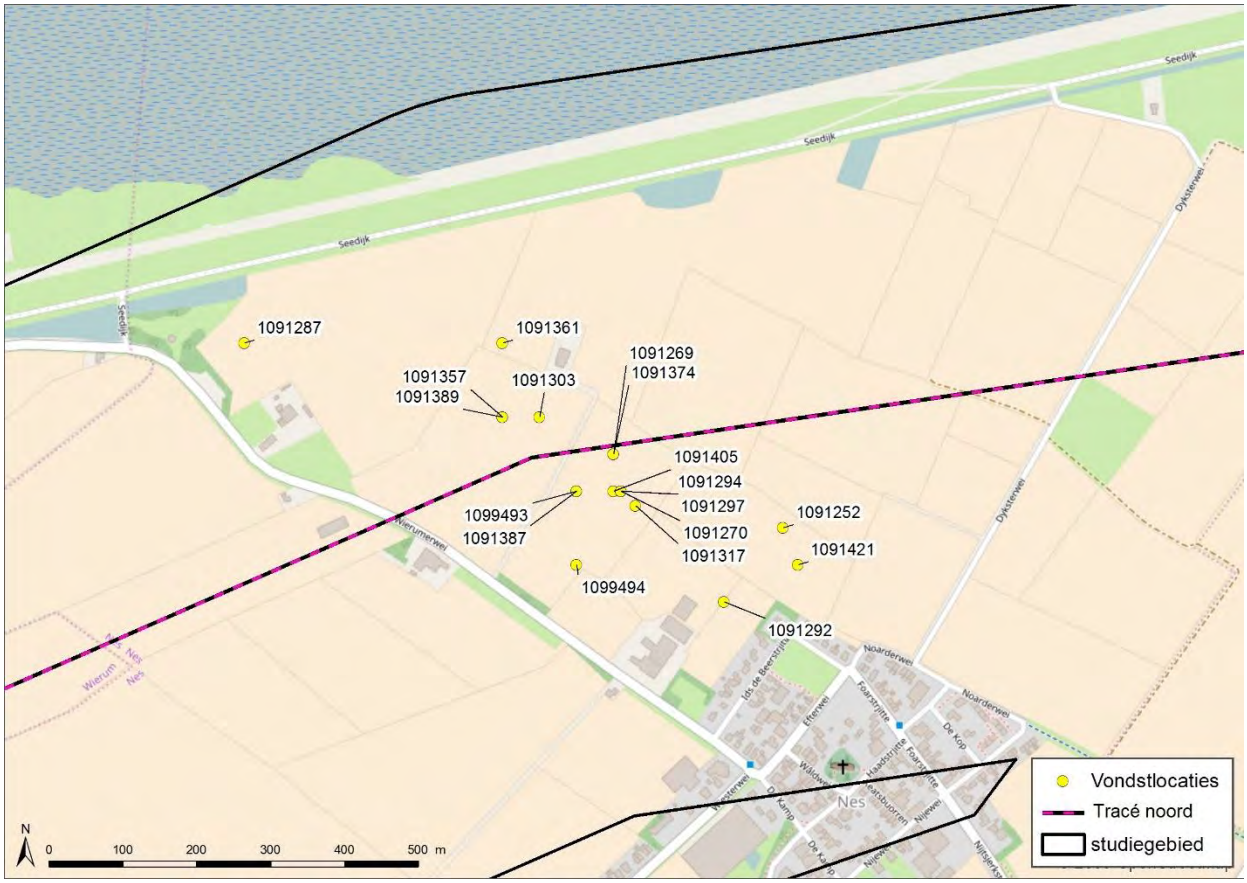
De vondstlocaties bevinden zich overwegend in of nabij de AMK-terreinen (Figuur 18-4). Het betreffen voornamelijk vondsten uit de vroege en late middeleeuwen. Voorwerpen met een mogelijke datering in de Romeinse tijd-vroege middeleeuwen clusteren vooral in AMK-terrein 437 (zeer hoge waarde, beschermd) en AMK-terrein 8973 (hoge waarde). Deze locaties zijn op de FAMKE aangeduid als zones met een middel(hoge) archeologische verwachting (zie onder). Een groot deel van de vondsten is gedaan door particulieren met behulp van een metaaldetector. Dit is de reden dat het bij bijna alle vondstlocaties om metalen voorwerpen gaat.



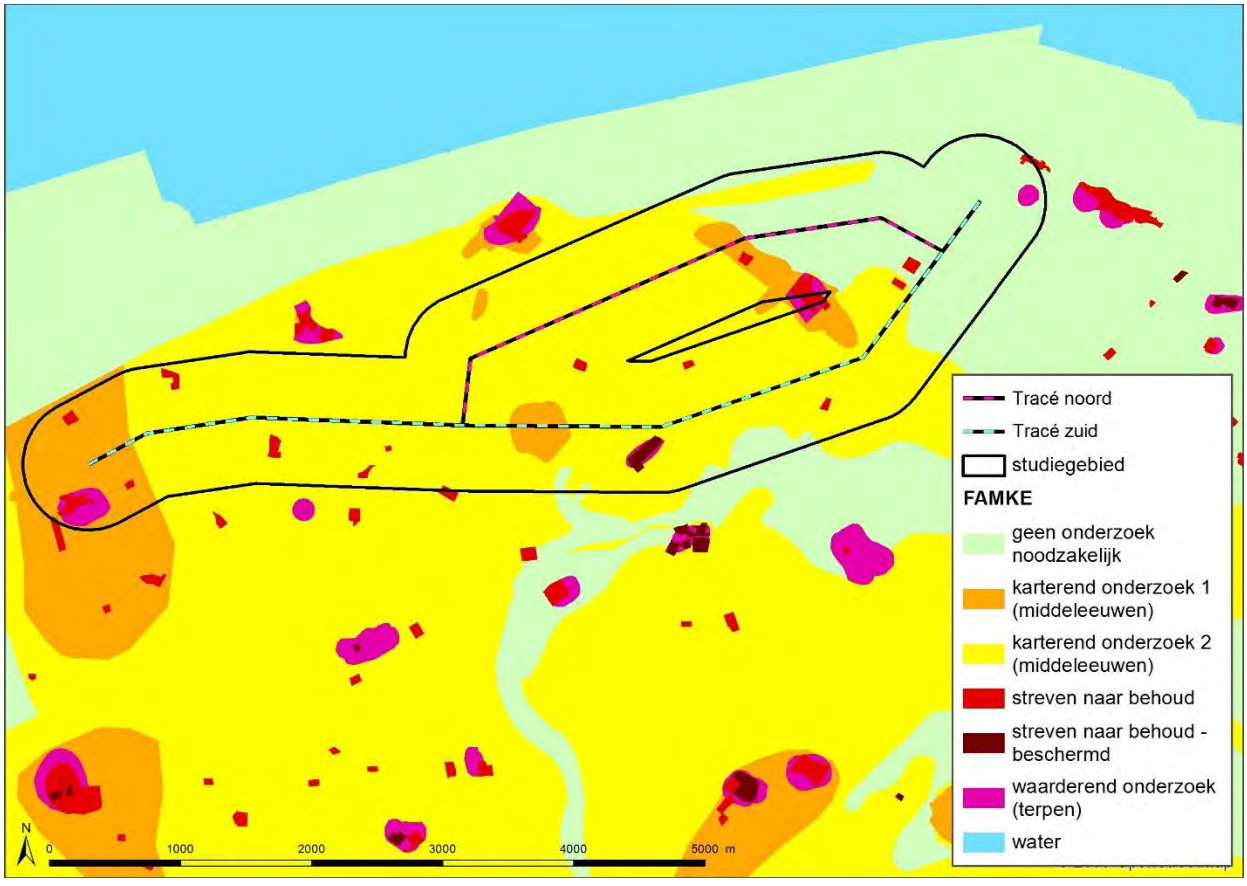
Figuur 18-3 AMK-terreinen (Archis III)



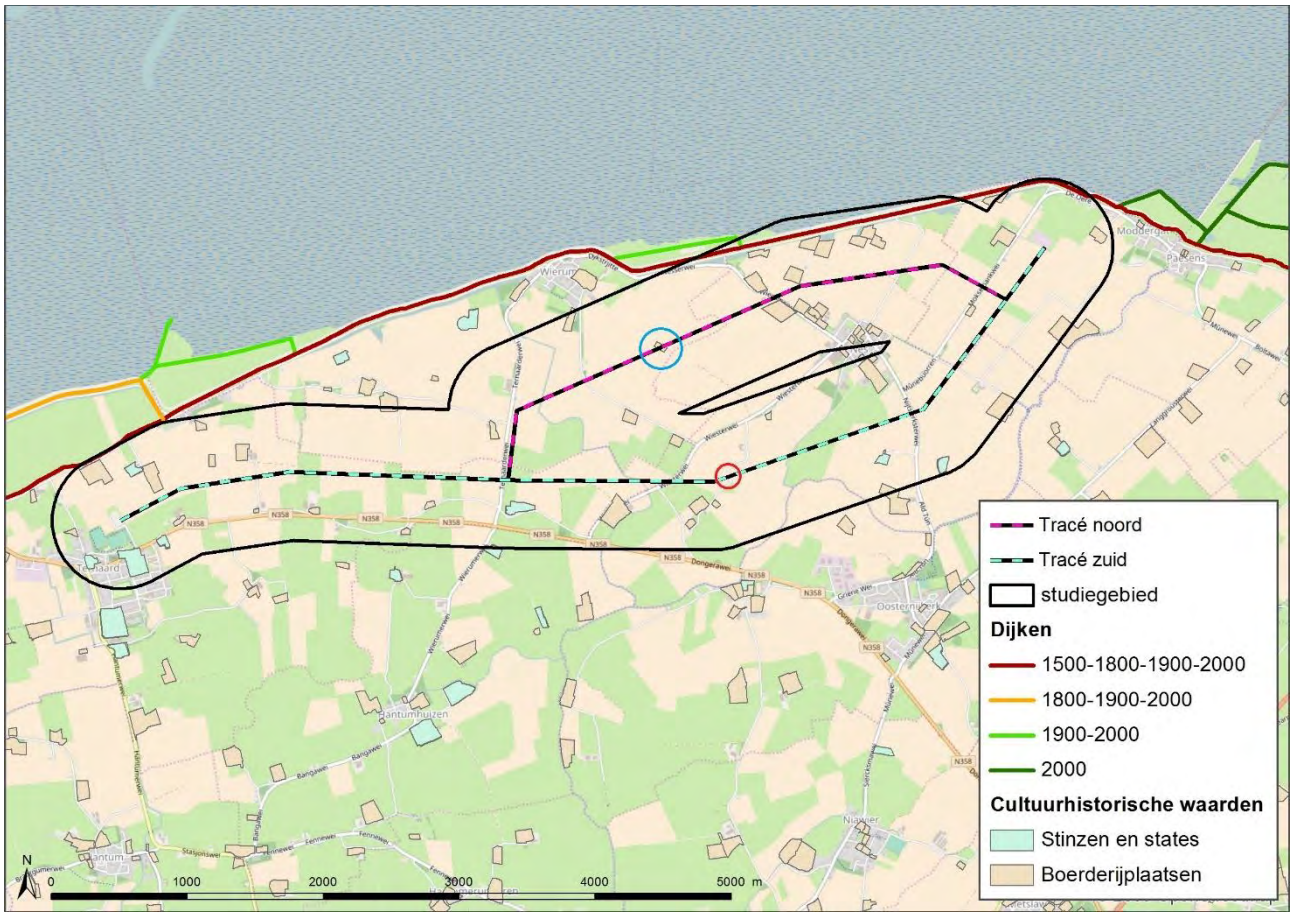
Figuur 18-4 Vondstlocaties (Archis III)



Figuur 18-5 Vondstlocaties, uitsnede nabij Nes (Archis III)



Figuur 18-6 Friese Archeologische Monumentenkaart Extra (Provincie Fryslân)



Figuur 18-7 Cultuurhistorische waardenkaart (Provincie Fryslân) met blauw omcirkeld de boerderijplaats en rood omcirkeld de mogelijke vindplaats aangetroffen tijdens het karterend booronderzoek (Arcadis).

Verwachte archeologische waarden

De locatie- en tracéalternatieven liggen in een zone met een lage archeologische verwachting voor wat betreft de periode steentijd – bronstijd. Waarden uit deze perioden worden niet verwacht; tot na 500 voor Chr. bestond het studiegebied namelijk uit een waddengebied en was daarmee ongeschikt voor bewoning.

Er bestaat wel een verwachting op archeologie uit de periode ijzertijd - middeleeuwen. Op de FAMKE komen twee verwachtingszones voor uit deze periode; ‘karterend onderzoek 1’ (oranje) en ‘karterend onderzoek 2’ (geel), waarbij de zones aangeduid met karterend onderzoek 1 een hogere verwachting hebben dan de zones aangeduid als karterend onderzoek 2. Aan deze verwachtingszones is het volgende advies voor archeologisch onderzoek gekoppeld:

- Karterend onderzoek 1: de provincie beveelt aan om bij ingrepen van meer dan 500 m² een karterend archeologisch onderzoek uit te laten voeren. Dit archeologisch onderzoek moet bestaan uit minimaal zes boringen per hectare.
- Karterend onderzoek 2: de provincie beveelt aan om bij ingrepen van meer dan 2500 m² een karterend archeologisch onderzoek uit te laten voeren. Dit archeologisch onderzoek moet bestaan uit minimaal zes boringen per hectare.

Op drie locaties – bij Ternaard, ten westen van Wie en ten noordwesten van Nes – doorsnijden de alternatieven een zone aangeduid met ‘karterend onderzoek 1’. Met name aan de top van de kwelder(wal)afzettingen zijn archeologische resten te verwachten. Het gaat daarbij om waarden vanaf de vroege middeleeuwen die voorkomen in of samenhangen met terplagen uit dezelfde periode.

De overige zones zijn aangeduid als ‘karterend onderzoek 2’ en hebben een lagere verwachting. Voor het uiterste oosten van het studiegebied, een voormalige getijdenzone, geldt geen verplichting tot archeologisch onderzoek, omdat hier geen verwachting op archeologie is.

Tracé zuid is reeds door middel van karterend booronderzoek onderzocht (Benjamins 2016). Tijdens het booronderzoek zijn, op één boring na (zie bekende waarden), geen archeologisch relevante lagen aangetroffen. De archeologische verwachting voor tracé zuid kan derhalve aangepast worden naar laag.

Autonome ontwikkeling

Er zijn geen autonome ontwikkelingen voor het aspect archeologie.

18.5 Effectbeoordeling

18.5.1 Effectbeoordeling aanlegfase

In Tabel 18-4 is de effectbeoordeling voor archeologie voor de aanlegfase gepresenteerd. Na de tabel volgt per criterium een toelichting.

Tabel 18-4 Effectbeoordeling archeologie, aanlegfase

Criterium	Ref.	L1-N	L1-Z	L2-N	L2-Z
Aantasting bekende archeologische waarden	0	0/-	0/-	0/-	0/-
Aantasting verwachte archeologische waarden	0	-	0	-	0
Totaalscore	**0**	**-**	**0/-**	**-**	**0/-**

L1-N

Bekende waarden: De opbouw van de boorinstallatie bij Locatie 1 heeft geen effect op bekende archeologische waarden. De aanleg van tracé noord heeft wel effect op de aantasting van een bekende archeologische vindplaats. Op het tracé bevindt zich een boerderijplaats die staat aangeduid op historische kaarten en de cultuurhistorische waardenkaart van de Provincie Fryslân. Ook zijn nabij Nes, rondom AMK-terrein 8973, een aantal vondstlocaties geregistreerd.

Derhalve is dit alternatief licht negatief beoordeeld op het criterium ‘aantasting bekende archeologische waarden’ (score: 0/-).

Verwachte waarden: De productielocatie bevindt zich in een zone die reeds door middel van inventariserend veldonderzoek is onderzocht en geen verwachting meer heeft. Tracé noord bevindt zich voor meer dan 3000 m binnen een zone waarvoor karterend booronderzoek noodzakelijk wordt geacht. Het overige deel van het tracé ligt in een zone waar geen vervolgonderzoek uitgevoerd hoeft te worden, of reeds is onderzocht. Het effect is negatief beoordeeld (score: -).

L1-Z

Bekende waarden: Zoals bij L1-N al beschreven is heeft de opbouw van de boorinstallatie bij Locatie 1 geen effect op bekende archeologische waarden. De aanleg van tracé zuid heeft wel effect op de aantasting van een bekende archeologische vindplaats. Op het tracé is tijdens het karterend booronderzoek een mogelijk laatmiddeleeuwse vindplaats gelokaliseerd. Derhalve is dit alternatief licht negatief beoordeeld op het criterium ‘aantasting bekende archeologische waarden’ (score: 0/-).

Verwachte waarden: De productielocatie en tracé zuid zijn reeds door middel van karterend booronderzoek onderzocht. Tijdens het booronderzoek zijn geen archeologisch relevante lagen aangetroffen. De archeologische verwachting voor tracé zuid kan aangepast worden naar laag. Het effect op aantasting van verwachte waarden is derhalve neutraal (score: 0).

L2-N

Bekende waarden: De opbouw van de boorinstallatie bij Locatie 2 heeft geen effect op bekende archeologische waarden. De aanleg van tracé noord heeft echter wel effect op de aantasting van een bekende archeologische vindplaats. Op het tracé bevindt zich een boerderijplaats die staat aangeduid op historische kaarten en de cultuurhistorische waardenkaart van de Provincie Fryslân. Ook zijn nabij Nes, rondom AMK-terrein 8973, een aantal vondstlocaties geregistreerd. Derhalve is dit alternatief licht negatief beoordeeld op het criterium 'aantasting bekende archeologische waarden' (score: 0/-).

Verwachte waarden: De productielocatie bevindt zich in een zone die reeds door middel van inventariserend veldonderzoek is onderzocht en geen verwachting meer heeft. Tracé noord bevindt zich voor meer dan 3000 m binnen een zone waarvoor karterend booronderzoek noodzakelijk wordt geacht. Het overige deel van het tracé ligt in een zone waar geen vervolgonderzoek uitgevoerd hoeft te worden, of reeds is onderzocht. Het effect is negatief beoordeeld (score: -).

L2-Z

Bekende waarden: De opbouw van de boorinstallatie bij Locatie 2 heeft geen effect op bekende archeologische waarden. De aanleg van tracé zuid heeft wel effect op de aantasting van een bekende archeologische vindplaats. Op het tracé is tijdens het karterend booronderzoek een mogelijk laatmiddeleeuwse vindplaats gelokaliseerd. Derhalve is dit alternatief licht negatief beoordeeld op het criterium 'aantasting bekende archeologische waarden' (score: 0/-).

Verwachte waarden: De productielocatie en tracé zuid zijn reeds door middel van karterend booronderzoek onderzocht. Tijdens het booronderzoek zijn geen archeologisch relevante lagen aangetroffen. De archeologische verwachting voor tracé zuid kan aangepast worden naar laag. Het effect op aantasting van verwachte waarden is derhalve neutraal (score: 0).

Vergelijking van de alternatieven

De locatiealternatieven zijn wat betreft de aantasting van bekende archeologische waarden niet onderscheidend. In beide gevallen worden geen bekende archeologische waarden aangetast en is het effect neutraal. Beide locatiealternatieven bevinden zich op tracé zuid dat door middel van karterend booronderzoek, volgens de richtlijnen van de Provincie Fryslân, al is onderzocht. Tijdens het booronderzoek zijn geen archeologisch relevante lagen aangetroffen waardoor de verwachting is bijgesteld naar laag. Derhalve is ook ten aanzien van verwachte archeologische waarden het effect neutraal voor beide locaties.

Wat betreft bekende archeologische waarden doorsnijden zowel tracé noord als tracé zuid een bekende vindplaats. Het betreft een boerderijplaats op tracé noord en een mogelijke middeleeuwse bewoningsplaats op tracé zuid. Voor beide tracés is dit effect op aantasting van bekende archeologische waarden negatief beoordeeld. Echter resulteert tracé noord in een grotere aantasting van verwachte archeologische waarden, omdat tracé zuid reeds is onderzocht. Derhalve is tracé zuid gunstiger voor archeologie.

18.5.2 Effectbeoordeling winning

In Tabel 18-5 Effectbeoordeling archeologie, winning is de effectbeoordeling voor archeologie voor de winning gepresenteerd. Na de tabel volgt per criterium een toelichting.

Tabel 18-5 Effectbeoordeling archeologie, winning

Criterium	Ref.	L1-N	L1-Z	L2-N	L2-Z
Aantasting bekende archeologische waarden	0	0	0	0	0
Aantasting verwachte archeologische waarden (‘karterend onderzoek 1 en 2’)	0	0/-	0/-	0/-	0/-
Totaalscore	**0**	**0/-**	**0/-**	**0/-**	**0/-**

Tijdens de winning treden bij geen van de alternatieven effecten op als gevolg van bodemingrepen. Echter, in het geval van bodemdaling als gevolg van de gaswinning, waarbij de bodemdaling binnendijks reikt, is het mogelijk dat er verandering in structuren van de bodem ontstaan, waardoor aantasting van archeologische waarden optreedt. Dit effect wordt licht negatief beoordeeld ten aanzien van archeologie, zonder dat er onderscheid is tussen de alternatieven (score: 0/-).

18.5.3 Integrale effectbeoordeling

In Tabel 18-6 is de integrale effectbeoordeling voor archeologie voor de gehele voorgenomen activiteit gepresenteerd. Na de tabel wordt ingegaan op de conclusie die op basis van deze beoordeling wordt getrokken voor archeologie.

Tabel 18-6 Integrale effectbeoordeling archeologie

Criterium	Ref.	L1-N	L1-Z	L2-N	L2-Z
Aantasting bekende archeologische waarden	0	0/-	0/-	0/-	0/-
Aantasting verwachte archeologische waarden	0	-	0	-	0
Totaalscore	**0**	**-**	**0/-**	**-**	**0/-**

Cumulatie

Het effect van aantasting van archeologische waarden als gevolg van lokale bodemingrepen, ondergaat geen cumulatief effect met andere gaswinningen. Een cumulatief effect op archeologische waarden kan wel optreden door een cumulatie van gaswinningen die de contour van de bodemdaling vergroten.

Conclusie

Ten aanzien van archeologie zijn de alternatieven alleen onderscheidend in de aanlegfase. In de winningsfase is geen onderscheid te maken tussen de alternatieven: de mogelijke aantasting van archeologische verwachtingswaarden door grote bodemdaling is voor alle alternatieven als licht negatief effect benoemd.

De locatiealternatieven zijn wat betreft de aantasting van bekende archeologische waarden niet onderscheidend in de aanlegfase. In beide gevallen worden geen bekende archeologische waarden aangetast en is het effect neutraal.

Beide locatiealternatieven bevinden zich op tracé zuid dat door middel van karterend booronderzoek, volgens de richtlijnen van de Provincie Fryslân, al is onderzocht. Tijdens het booronderzoek zijn geen archeologisch relevante lagen aangetroffen waardoor de verwachting is bijgesteld naar laag. Derhalve is ook ten aanzien van verwachte archeologische waarden het effect neutraal voor beide locaties.

Wat betreft bekende archeologische waarden doorsnijden zowel tracé noord als tracé zuid een bekende vindplaats. Het betreft een boerderijplaats op tracé noord en een mogelijke middeleeuwse bewoningsplaats op tracé zuid. Voor beide tracés is dit effect op aantasting van bekende archeologische waarden negatief beoordeeld. Echter resulteert tracé noord in een grotere aantasting van verwachte archeologische waarden, omdat tracé zuid reeds is onderzocht. Derhalve is tracé zuid gunstiger voor archeologie.

18.6 Mitigerende en compenserende maatregelen

18.6.1 Mitigerende maatregelen

Archeologische waarden kunnen worden beschermd door de bodem waarin deze waarden zich bevinden onaangetast te laten (behoud in situ). De bodemverstorende ingrepen kunnen eventueel aanwezige archeologische waarden verstoren. Door middel van planaanpassing kan dit worden voorkomen. Wanneer planaanpassing voor de vergunningverlening kan worden toegepast, resulteert dit in een neutraal effect.

In de afweging voor de huidige tracéalternatieven is al rekening gehouden met een bufferzone van 50 meter rondom de AMK-terreinen. De kans bestaat namelijk dat er buiten de AMK-terreinen archeologische resten aangetroffen worden, aangezien de grenzen van de AMK-terreinen vaak arbitrair zijn en daarbuiten ook archeologische resten kunnen worden aangetroffen.

Indien planaanpassing (dus behoud in situ) niet mogelijk is, is slechts het documenteren van de te vernietigen waarden een optie (behoud ex situ). Dit kan in eerste instantie door karterend en waarderend onderzoek om vindplaatsen te lokaliseren en te waarderen. Indien een vindplaats behoudenswaardig (ex situ) wordt geacht, dient deze gedocumenteerd te worden door middel van een archeologische opgraving. Dit brengt echter geen vermindering in effect met zich mee.

18.6.2 Compenserende maatregelen

Compenserende maatregelen, in de zin van het creëren of elders aanbrengen van archeologische waarden (zowel grondsporen als artefacten), zijn niet mogelijk.

18.6.3 Effectbepaling na mitigatie

Tabel 18-7 Effectbeoordeling archeologie na mitigatie

Criterium	Effectscore plansituatie L1-N, L2-N	Effecten plansituatie L1-Z, L2-Z	Effectscore na mitigatie
Aantasting bekende archeologische waarden	0/-	0/-	0
Aantasting verwachte archeologische waarden	-	0	0

18.7 Leemten in kennis en monitoringprogramma

18.7.1 Leemten in kennis

Voor dit rapport is gebruik gemaakt van het eerder uitgevoerde bureauonderzoek en karterend booronderzoek van Arcadis (Benjamins 2016) en een actualisatie van het bureauonderzoek (Mol en Ytsma 2017), archeologisch informatiesysteem Archis III van de Rijksdienst voor het Cultureel Erfgoed en de Friese Archeologische Monumentenkaart Extra (FAMKE).

Een inherent probleem aan archeologie is dat de waardebepaling gedeeltelijk gebaseerd wordt op aannamen en beperkte informatie. Er wordt daarom in het bureauonderzoek en op verwachtings- en beleidskaarten gesproken over verwachtingen.

Dit geldt zelfs in zekere mate voor bekende waarden: het is niet bekend hoe groot de daadwerkelijke vindplaatsen zijn en hoe deze zijn geconserveerd. Totdat de bodem wordt opengelegd is in feite niet te bepalen of archeologische waarden aanwezig zijn, wat de precieze datering, omvang, etc. ervan is.

18.7.2 Monitoringprogramma

Op basis van het bureauonderzoek archeologie (Mol en Ytsma 2017) is een archeologische verwachting van het plangebied opgesteld. Het booronderzoek op tracé zuid heeft geresulteerd in het bijstellen van de archeologische verwachting naar laag (Mol en Ytsma 2017). Om de verwachting van tracé noord te toetsen en eventueel aanwezige archeologische vindplaatsen te lokaliseren, dient ook hier inventariserend veldonderzoek uitgevoerd te worden. Voor het bestemmingsplan is het van belang/verplicht om op locaties met een hoge archeologische verwachting archeologisch veldonderzoek uit te voeren om deze kennislacunes te vullen. Dit volgt uit de archeologieverordening.

Conform het beleid van de Provincie Fryslân bestaat vervolgonderzoek op tracé noord ook uit inventariserend veldonderzoek karterende fase (booronderzoek). Indien uit de resultaten van het booronderzoek blijkt dat zich binnen het plangebied één of meerdere vindplaatsen bevinden die niet in situ behouden kunnen blijven, dient waarderend veldonderzoek (proefsleuvenonderzoek) of een archeologische opgraving uitgevoerd te worden. Dit geldt ook voor de mogelijke vindplaats op tracé zuid die is gelokaliseerd op basis van de resultaten van het reeds uitgevoerde karterend booronderzoek aldaar.

19 LANDSCHAP & CULTUURHISTORIE

In dit hoofdstuk zijn de effecten van de voorgenomen activiteit op landschap en cultuurhistorie beschreven. Er wordt allereerst ingegaan op de ingreep-effectrelatie met de andere milieuthema's. Hierin is onderscheid gemaakt in de aanlegfase, winning en verwijderingsfase. In paragraaf §16.2 wordt het relevante beleidskader gepresenteerd. Hierna worden het beoordelingskader en de beoordelingscriteria geïntroduceerd (§16.3), die in de effectbeoordeling worden gehanteerd. In §16.4 wordt ingegaan op de effectbeoordeling van de plansituatie ten opzichte van de referentiesituatie, waarbij onderscheid wordt gemaakt in effecten in de aanlegfase (§16.5.1), winning (§16.5.2) en verwijderingsfase (§16.5.3). Hierbij zijn vier alternatieven beoordeeld: L1-N, L1-Z, L2-N, L2-Z.

Tot slot wordt een integrale effectbeoordeling gepresenteerd in §16.5.4, waarbij de effecten van de alternatieven voor de voorgenomen activiteit als geheel worden beoordeeld. Deze beoordeling wordt gedaan ten opzichte van de referentiesituatie en ten opzichte van de alternatieven onderling. Hieruit volgt een conclusie over welk alternatief vanuit het oogpunt van landschap en cultuurhistorie de minste effecten veroorzaakt. Het hoofdstuk sluit af met mitigerende en compenserende maatregelen (§16.6) en leemten in kennis en een aanzet voor het monitoringprogramma (§16.7).

19.1 Ingreep-effectrelaties

Ten aanzien van landschap en cultuurhistorie zijn als gevolg van de voorgenomen activiteit op hoofdlijnen de volgende effecten te verwachten:

- Fysieke aantasting van landschappelijke- en cultuurhistorische waarden door de aanleg van de productielocatie met bijbehorende voorzieningen, inclusief eventuele toegangswegen en het eventueel obstakelvrij maken van de omgeving van het terrein.
- Aantasting van visueel ruimtelijke kwaliteiten en beleving, doordat in de ruimte objecten geplaatst worden.

De waardering van de aantasting is gekoppeld aan de omvang (grootte/duur) van de aantasting in combinatie met de waarde in de huidige situatie. Dit verschilt per locatiealternatief.

Hieronder worden de verschillende fasen beschreven.

Aanlegfase

Tijdens de aanlegfase vinden er activiteiten plaats die kunnen leiden tot verstoring of aantasting van landschappelijk- en cultuurhistorische waarden. De opbouw van de boorinstallatie en de aanleg van de transportleidingen zullen effect hebben op het landschap en de cultuurhistorie.

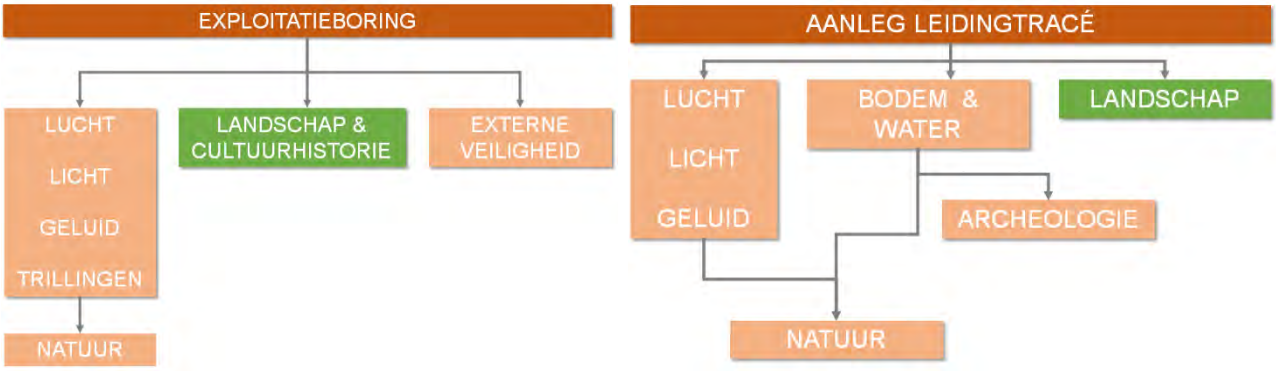
In de locatiealternatieven zal voor Locatie 1 de huidige locatie aangepast worden. Er zullen geluidsschermen aangebracht worden en het aanvoeren, opstellen en afvoeren van de boorinstallatie vindt er plaats. In het geval van Locatie 2 zal er een nieuw terrein gerealiseerd worden. Ten slotte zal er aan het einde van de aanlegfase een putafsluiter en de productie-skid geïnstalleerd worden. De totale werkzaamheden nemen circa 134 dagen in beslag.

Om het gas te transporteren wordt er vervolgens een nieuwe ondergrondse transportleiding met een buitendiameter van 45 centimeter aangelegd tussen de productielocatie en de bestaande mijnbouwlocatie Moddergat. Voor de aanleg wordt een sleuf gegraven waarin vervolgens de transportleiding gelegd wordt. Het aanlegproces van de transportleiding zal circa 4 maanden in beslag nemen waarbinnen veel vervoerbewegingen en hoog materieel, zoals kranen (maximaal 30 meter), gebruikt zal worden.

Wat betreft de ingreep-effectrelaties tijdens de aanlegfase wordt er gekeken naar de effecten van de aanleg van de productielocatie en de transportleiding op de landschappelijk- en cultuurhistorische waarden van het studiegebied. Bij alle alternatieven zullen er in de aanlegfase door de werkzaamheden in meer of mindere mate effecten plaatsvinden in de vorm van aantasting van de landschappelijk- en cultuurhistorische waarden van het studiegebied.

Het kan bijvoorbeeld betekenen dat waardevolle elementen en patronen, zoals aardkundige, landschappelijke en cultuurhistorische waarden (beplantingen, bebouwing, kavelpatronen e.d.), en de belevingswaarde van het landschap in meer of mindere mate zal worden aangetast. Tijdens deze fase zijn er effecten te verwachten op de landschappelijk en cultuurhistorische waarden van het studiegebied. Een deel van de effecten is tijdelijk (voor de duur van 4,5 maand) en een deel is blijvend.

Door het plaatsen van de tijdelijke productielocatie en het aanleggen van de transportleiding treedt er een verandering van deze landschappelijke en cultuurhistorische waarden op. De grootste kans op effecten ten aanzien van fysieke en ruimtelijke aantasting treedt op in de aanlegfase. Dit kan betekenen dat waardevolle elementen en patronen, zoals aardkundige, landschappelijke en cultuurhistorische waarden (beplantingen, bebouwing, kavelpatronen e.d.) worden aangetast.



Figuur 19-1 Ingreep-effectrelaties landschap en cultuurhistorie, aanlegfase

Winning

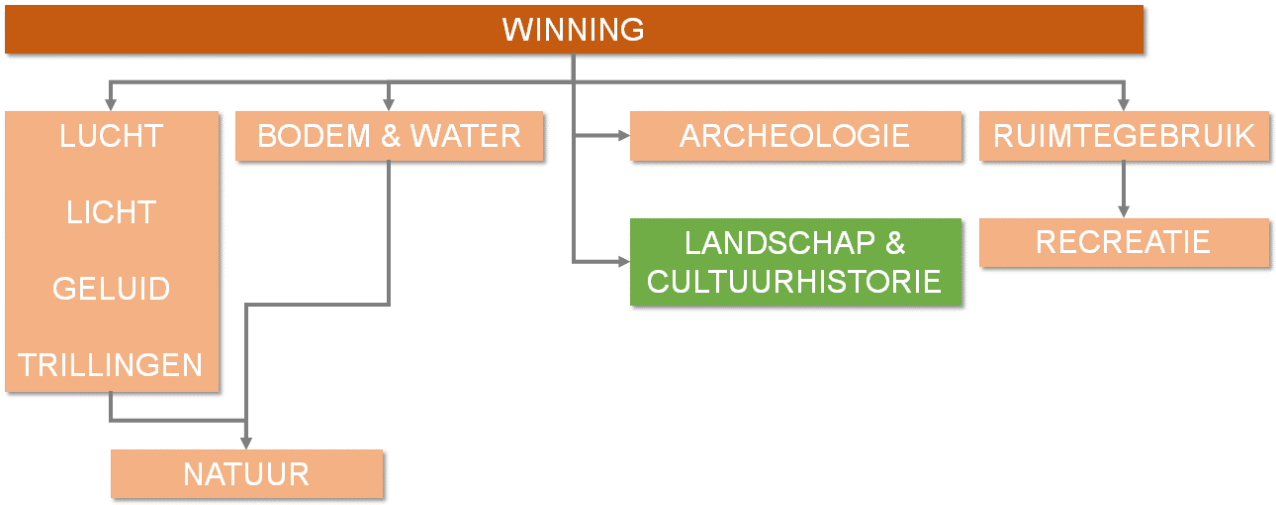
De winning bestaat uit het produceren van het aardgas m.b.v. een productie-skid, het gastransport naar Moddergat en mogelijk in de toekomst een tweede boring vanaf de productie-locatie. Deze fase bestaat uit een ‘‘stabiele situatie’’ waarin geen grondwerkzaamheden plaatsvinden en zal zich uitstrekken over een periode van circa 20 jaar.

Omdat de winning bestaat uit de gaswinning zelf, en er verder geen grondwerkzaamheden zullen plaatsvinden, zal deze fase beduidend geringere effecten hebben op de landschappelijk- en cultuurhistorische waarden dan de aanlegfase. Het enige zichtbare verschil ten opzichte van de referentiesituatie zal in deze fase bestaan uit de aanwezigheid van het, (al dan niet nieuwe) terrein met daarop een putafsluiter en een productie-skid. Het terrein zal omheind worden door een hekwerk.

Omdat de duur van deze fase het grootste deel van de totale duur van het proces zal bestrijken worden zullen de effecten van dit zichtbare verschil zwaarder gewogen worden in deze effectbeoordeling dan de effecten tijdens de aanlegfase en verwijderingsfase.

De binnendijkse bodemdaling die optreedt als gevolg van de gaswinning zal niet meegenomen worden in de effectbeoordeling. Het waterpeil binnendijks hoeft niet aangepast te worden.

In de effectbeoordeling Hydromorfologie is geconcludeerd dat de gaswinning Ternaard niet leidt tot meetbare of merkbare gevolgen voor de geulen en platen in de Waddenzee en geen gevolgen heeft voor de kwelders (zie hoofdstuk Hydromorfologie).



Figuur 19-2 Ingreep-effectrelaties landschap en cultuurhistorie, winning

Verwijderingsfase

Na circa 20 jaar als het gasveld leeg is zal de verwijderingsfase van start gaan. Voor beide locatiealternatieven geldt in deze fase dat het terrein opgeruimd is (inclusief de verharding) en er enkel een put overblijft die geen effect zal hebben op de landschappelijke- en cultuurhistorische waarden van het studiegebied. De transportleiding zal, verder uit de bodem verwijderd (indien geen nuttige toepassing wordt gevonden) worden en de sleuven worden weer dichtgemaakt met grond.

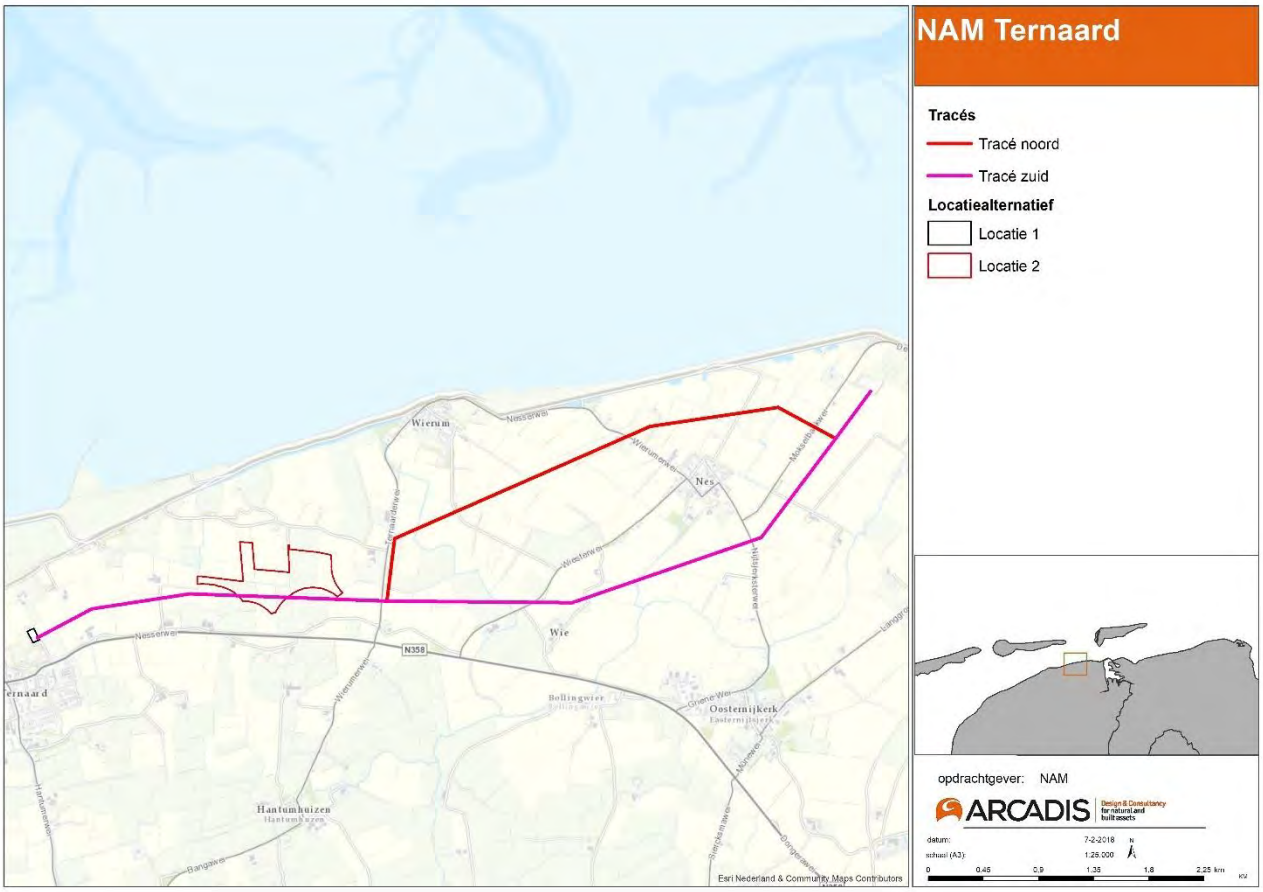
Ten opzichte van de referentiesituatie zal deze fase, afhankelijk van de manier waarop de grond wordt teruggebracht, geen effect hebben op de landschappelijk- en cultuurhistorische waarden van het studiegebied. Voor de verwijderingsfase zullen naar verwachting dan ook geen negatieve effecten optreden.

Studiegebied

Er zijn voor dit onderzoek twee locatiealternatieven voor de productielocatie en twee tracéalternatieven voor de transportleiding beoordeeld. De te beoordelen alternatieven doorkruisen een landschappelijk en cultuurhistorisch waardevolle open agrarische kwelderwal. Dit gebied is nog goed herkenbaar als landschappelijke eenheid ten opzichte van het omringende gebied (Waddenzee, kweldervlaktes). Deze kwelderwal zal daarom als studiegebied gelden voor deze effectbeoordeling.

De alternatieven zijn als volgt (voor een volledige beschrijving van de alternatieven, zie deel A van dit MER.

1. Locatie 1 is het meest westelijk gelegen alternatief en bevindt zich aan de Noordelijke dorpsrand van het dorp Ternaard naast een aantal sportvelden die omsloten zijn door forse houtwallen. Deze al bestaande locatie van 170 bij 87 meter is geasfalteerd en omheind door een hekwerk. Boven de grond steekt nog een putafsluiter uit. Het terrein in ontsloten vanaf de N358.
2. Locatie 2 zal qua afmeting en uiterlijk vergelijkbaar zijn met de huidige Locatie 1 met als verschil dat er een nieuwe ontsluitingsweg nodig is. Het zoekgebied voor deze locatie bevindt zich in het open agrarisch gebied ten oosten van Locatie 1 tussen de Koaterhusterwei, de N358 en de Ternaarderwei.
3. Tracé noord verbindt de productielocatie met de bestaande mijnbouwlocatie Moddergat bovenlangs het dorp Nes en komt ter hoogte van de Ternaarderwei uit op tracé zuid. Tussen dit punt en de locatiealternatieven verschillen de tracés niet van elkaar. Het tracé loopt grotendeels door open agrarisch gebied maar dichter langs de zeedijk dan tracé zuid.
4. Tracé zuid verbindt de productielocatie met de bestaande mijnbouwlocatie Moddergat onderlangs het dorp Nes en loopt evenals tracé noord door open agrarisch gebied.



Figuur 19-3 Het studiegebied en de alternatieven

19.2 Beleidskader

In Tabel 19-1 is het relevante beleid en regelgeving weergegeven voor het thema landschap en cultuurhistorie.

Tabel 19-1 Wet- en regelgeving landschap & cultuurhistorie

Wet- en regelgeving	Toelichting
Internationale Verdragen	
Europees Landschapsverdrag (2000)	Verdrag waarin in het thema landschap integraal behandeld wordt. Belangrijke doelen van dit verdrag zijn bescherming, beheer en inrichting van landschappen.
Werelderfgoed Conventie (UNESCO, 1972)	Bescherming Werelderfgoed, cultureel of natuurlijk erfgoed dat wordt beschouwd als onvervangbaar, uniek en eigendom van de hele wereld.
Nationaal	
Erfgoedwet (2017)	Bescherming van onroerend en roerend cultureel erfgoed en omvat zowel de bescherming van gebouwen (Rijks- of gemeentelijke monumenten), Stads- of Dorpsgezichten en van elementen/ensembles van de (Voorlopige) Werelderfgoedlijst.
Wet Natuurbescherming (2017)	Bescherming en instandhouding van Natura 2000-gebieden, beschermde soorten en hun vaste rust- en verblijfplaatsen en bossen en beplantingen.
Besluit Algemene Regels Ruimtelijke Ordening (Barro)	Algemene Regels van de Rijksoverheid. Voor het Waddengebied zijn hierin de waarden “rust, weidsheid, open horizon en natuurlijkheid met inbegrip van duisternis” benoemd.
Rijksoverheid	
SVIR (Structuurvisie Infrastructuur en Ruimte) (2012)	Ruimtelijk beleid, het Rijksbelang van de Waddenzee in geborgd in het Barro.
Visie Erfgoed en Ruimte (VER) (2011)	Rijksbeleid voor cultuurhistorie, prioriteit ‘Levend Landschap’
Provincie Fryslân	
Grutsk op Romte (2014)	De beschrijving van de waardering van kleigebied Oostergo is met name relevant voor deze effectrapportage. Het beleid uit de Structuurvisie is vertaald in de Verordening Ruimte provincie Fryslân.

Werelderfgoed Conventie (UNESCO, 1972)

Werelderfgoed (World Heritage) is cultureel of natuurlijk erfgoed dat wordt beschouwd als onvervangbaar, uniek en eigendom van de hele wereld. Het zijn monumenten, natuurgebieden, gebouwen en landschappen van uitzonderlijke en universele waarde (OUV, ofwel Outstanding Universal Value).

De Nederlandse overheid heeft het verdrag in 1992 geratificeerd en verklaart hiermee de Werelderfgoederen binnen Nederland te zullen behouden en beschermen voor de lange termijn. Bescherming vindt plaats met nationale wet- en regelgeving (Monumentenwet, 1988).

Het Nederlands-Duitse gedeelte van de Waddenzee staat sinds 26 juni 2009 op de Werelderfgoedlijst. Het is bijgeschreven als natuurlijk erfgoed (natural heritage) vanwege de uitzonderlijke, universele waarde die onvervangbaar en uniek zijn. De selectiecriteria voor natuurlijk erfgoed zijn:

- (viii) geomorfologie: natuurlijke dynamiek met verplaatsende getijdegeulen, zandplaten en eilanden.
- (ix) ecologie: het vertegenwoordigt lopende ecologische en biologische processen.

- (x) biologische diversiteit: het gebied herbergt de belangrijkste natuurlijke onderkomens voor het behoud van globale significante biodiversiteit.

Europees Landschapsverdrag (2000)

De Europese Landschapsconventie (Conventie van Florence, 2000) is een verdrag van de Raad van Europa. Nederland heeft de conventie in 2005 ondertekend en geratificeerd. Met de ondertekening van de conventie erkennen lidstaten de grote culturele, identiteitsbepalende waarde van landschap op zowel lokaal als Europees niveau. De conventie strekt zich uit tot alle landschappen. De conventie beschrijft de maatregelen die Nederland zal nemen om landschap te behouden, te beheren en te ontwikkelen.

Wet Natuurbescherming (2017)

De Wet Natuurbescherming regelt de bescherming en instandhouding van Natura 2000-gebieden, beschermde soorten en hun vaste rust- en verblijfplaatsen en bossen en beplantingen. De Waddenzee is aangewezen als Natuur 2000-gebied. Ook komen binnen het studiegebied bossen en beplantingen voor die onder de Wet Natuurbescherming vallen.

In de aanwijzingsbeschikking van 17 november 1993 wordt dit als volgt omschreven: “Het Waddengebied wordt ervaren als een gebied van bijzondere landschappelijke schoonheid. […]. Het landschap kenmerkt zich door zijn vrijwel ongeschonden en open karakter.”

Naast de wettelijke bescherming kunnen voor beplantingen andere bepalingen van toepassing zijn, zoals gemeentelijke of provinciale verordeningen (APV).

Erfgoedwet (2017)

De Erfgoedwet voegt de bestaande wet- en regelgeving op het gebied van cultureel erfgoed samen. De Erfgoedwet is de opvolger van de Monumentenwet (1988). De bescherming van cultureel erfgoed in de fysieke omgeving wordt vanaf 2019 geborgd in de nieuwe Omgevingswet.

De Erfgoedwet borgt de bescherming van onroerend en roerend cultureel erfgoed en omvat zowel de bescherming van gebouwen (Rijks- of gemeentelijke monumenten), Stads- of Dorpsgezichten en van elementen/ensembles van de (Voorlopige) Werelderfgoedlijst.

De Erfgoedwet regelt de aanwijzing van monumenten, terwijl de (nog in te voeren) Omgevingswet de bescherming van de monumenten regelt via vergunningsplichten en omgevingsplannen. Tot de Omgevingswet in werking treedt blijven de bepalingen uit de Monumentenwet (1988) gelden voor de bescherming van reeds aangewezen monumenten.

De wet verbiedt om zonder vergunning een beschermd monument af te breken, te verstoren, te verplaatsen of in enig opzicht te wijzingen.

Besluit Algemene regels Ruimtelijke Ordening (Barro) (Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat, 2011)

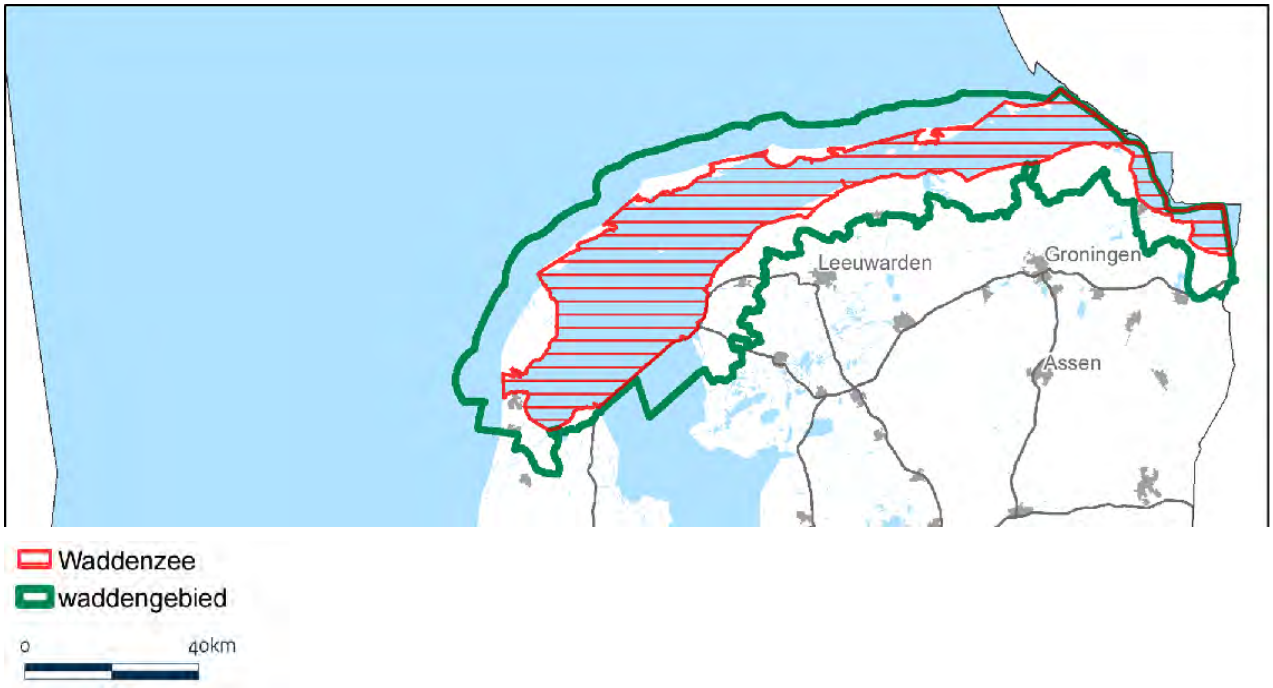
De AMvB Ruimte is bekend als het Besluit algemene regels ruimtelijke ordening (of Barro). In het Barro worden de nationale belangen uit de Structuurvisie Infrastructuur en Ruimte (SVIR) geborgd.

Deze AMvB (ook wel het ‘Besluit algemene regels ruimtelijke ordening’ of Barro genoemd) is gericht op doorwerking van nationale belangen in gemeentelijke bestemmingsplannen (Infomil, 2014). In het Barro zijn onder meer regels opgenomen ten aanzien van:

- Erfgoederen van uitzonderlijke universele waarde (artikel 2.13).
- Waddenzee en Waddengebied (artikel 2.5.3).

Het in het Barro in artikel 2.5.3 gedefinieerde gebied voor de Waddenzee en Waddengebied is voor dit onderzoek relevant (zie Figuur 19-4). De Waddenzee is als groot open water beschermd, maar de zonering van het Waddengebied strekt ook tot op het land.

De boorlocatie ligt in het gebied dat valt onder het Waddengebied waar de waarden rust, weidsheid, open horizon en natuurlijkheid met inbegrip van duisternis van toepassing zijn.



Figuur 19-4 Waddenzee en het Waddengebied (Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat, 2011).

Nationaal beleid

Structuurvisie Infrastructuur en Ruimte (Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat, 2012)

De Structuurvisie Infrastructuur en Ruimte (SVIR) beschrijft het ruimtelijk beleid op rijksniveau. Voor landschap en cultuurhistorie is nationaal belang 10 relevant: ruimte voor behoud en versterking van (inter-) nationale unieke cultuurhistorische en natuurlijke kwaliteiten. In bijlage 4 van de SVIR wordt het Werelderfgoed genoemd. Op basis van landschappelijke en cultuurhistorische kwaliteiten zijn twintig ‘Nationale landschappen’ aangewezen. Deze landschappen weerspiegelen samen de diversiteit en ontstaansgeschiedenis van het Nederlandse cultuurlandschap. Het Rijksbelang voor de Waddenzee is geborgd in het Barro (zie hiervoor).

Visie Erfgoed en Ruimte (Ministerie Onderwijs, Cultuur & Wetenschappen, 2011)

Het Rijksbeleid voor cultuurhistorie is beschreven in de Visie Erfgoed en Ruimte ‘Kiezen voor Karakter’. Kern hiervan is cultuurhistorie te zien als kans en factor in ruimtelijke ontwikkelingen. De Visie erfgoed en ruimte geeft aan hoe het Rijk het onroerend cultureel erfgoed borgt in de ruimtelijke ordening, welke prioriteiten het kabinet daarbij stelt en hoe het wil samenwerken met publieke en private partijen. Vanuit een brede erfgoedvisie wordt ingezoomd op de meest actuele en urgente opgaven van nationaal belang. De visie is complementair aan de Structuurvisie Infrastructuur en Ruimte. Uitgangspunt bij de prioriteit ‘Levend Landschap’ is gebiedsgericht erfgoedbeheer en het karakterversterkend ontwikkelen van het landschap.

Provinciaal beleid

Grutsk op dé Romte (2014)

De Structuurvisie van de Provincie Fryslân bundelt de waarden op het gebied van landschap en cultuurhistorie (inclusief archeologie en stedenbouw) in een samenhangende waardering en geeft richting aan toekomstige ruimtelijke veranderingen. De beschrijving van de waardering van kleigebied Oostergo is met name relevant voor dit MER. Het beleid uit de Structuurvisie is vertaald in de Verordening Ruimte provincie Fryslân.

19.3 Beoordelingskader

Het thema Landschap en Cultuurhistorie beschrijft landschappelijke waarden, waaronder landschappelijke patronen en elementen en visueel-ruimtelijke kenmerken van een gebied, historisch-geografische waarden en (steden)bouwkundige waarden.

Voor de effectbeoordeling wordt de volgende beoordelingsmethodiek gehanteerd:

Voor de waardering en de beschrijving van de referentiesituatie heeft er een gebiedsbezoek plaatsgevonden waar foto's zijn gemaakt. Er is een bureaustudie uitgevoerd, waarbij gebruik is gemaakt van de Cultuurhistorische Kaart Fryslân. Daarnaast is er gebruik gemaakt van publieke GIS-informatie en specifieke informatie over de winning die is geleverd door de NAM.

Het beoordelingskader is opgenomen in Tabel 19-2. Onder de tabel volgt per criterium een toelichting op de beoordelingscriteria en gehanteerde methode. De effecten voor het thema landschap en cultuurhistorie worden bepaald op basis van de beoordelingscriteria. De beoordeling is kwalitatief op basis van expert judgement.

Tabel 19-2 Beoordelingskader landschap en cultuurhistorie

Thema	Beoordelingscriterium	Meeteenheid
Landschap	Verandering patronen, lijn- en punt elementen	Kwalitatief
	Belevingswaarde/ visuele invloed	Kwalitatief
Cultuurhistorie	Historische geografie	Kwalitatief
	Historische (steden)bouwkunde	Kwalitatief

Verandering patronen, lijn- en puntelementen

Bij dit criterium, is gekeken naar een mogelijke aantasting/verandering van landschappelijke patronen zoals lijn- en puntelementen. Het betreft hier bijvoorbeeld de aantasting van beplantingselementen, erven, wegen en watergangen en het samenhangend patroon van deze elementen. In de beoordeling wordt er rekening mee gehouden dat de elementen die deze patronen vormen na het aanleggen van de transportleiding weer in oorspronkelijke staat worden hersteld.

Tabel 19-3 Beoordelingsschaal verandering patronen, lijn- en puntelementen

Score	Toelichting
++	Een sterke verbetering van de staat van de landschappelijke patronen zoals lijn- en puntelementen
+	Een verbetering van de staat van de landschappelijke patronen zoals lijn- en puntelementen
0/+	Een lichte verbetering van de staat van de landschappelijke patronen zoals lijn- en puntelementen
0	Geen aantasting van de landschappelijke patronen zoals lijn- en puntelementen
0/-	Beperkte aantasting van de landschappelijke patronen zoals lijn- en puntelementen
-	Sterke aantasting van de landschappelijke patronen zoals lijn- en puntelementen
- -	Zeer sterke aantasting van de landschappelijke patronen zoals lijn- en puntelementen

Belevingswaarde/ visuele invloed

Bij belevingswaarde gaat het niet alleen om de beleving van de productielocatie en de tracés, maar ook hoe die zich verhoudt tot de visueel ruimtelijke context. Een productielocatie of tracé kan bijvoorbeeld invloed hebben op de mate van openheid of beslotenheid van het landschap en de zichtrelaties (ook vanuit de omgeving van het studiegebied op het studiegebied) verstoren. Dit kan de leesbaarheid van het landschap beïnvloeden.

Tabel 19-4 Beoordelingsschaal belevingswaarde/ visuele invloed

Score	Toelichting
++	Een sterke verbetering van de belevingswaarde/ visuele invloed
+	Een verbetering van de staat van de belevingswaarde/ visuele invloed
0/+	Een lichte verbetering van de belevingswaarde/visuele invloed
0	Geen aantasting van de belevingswaarde/ visuele invloed
0/-	Beperkte aantasting van de belevingswaarde/ visuele invloed
-	Sterke aantasting van de belevingswaarde/ visuele invloed
- -	Zeer sterke aantasting van de belevingswaarde/ visuele invloed

Historische geografie

Onder historische geografie vallen historische geografische landschappelijke elementen zoals dijken, kreken, historische wegen en paden, historische waterwegen en kavelstructuren. Deze elementen zijn waardevol omdat ze de ontginningsgeschiedenis en samenhang van patronen in het landschap met de ondergrond laten zien. Er wordt hier gekeken naar een mogelijke aantasting/verandering van historisch geografische elementen zoals kavelpatronen, historische waterlopen en karakteristieke boerenerven. In de beoordeling wordt er rekening mee gehouden dat landschappelijke en cultuurhistorisch waardevolle elementen na het aanleggen van de transportleiding weer zoveel mogelijk in oorspronkelijke staat worden hersteld.

Tabel 19-5 Beoordelingsschaal historische geografie

Score	Toelichting
++	Een sterke verbetering van de staat van de historisch geografische elementen
+	Een verbetering van de staat van de historisch geografische elementen
0/+	Een lichte verbetering van de staat van de historisch geografische elementen
0	Geen aantasting van de staat van de historisch geografische elementen
0/-	Beperkte aantasting van de staat van de historisch geografische elementen
-	Sterke aantasting van de staat van de historisch geografische elementen
- -	Zeer sterke aantasting van de staat van de historisch geografische elementen

Historische stedenbouwkunde

De historische stedenbouwkunde bestaat uit beschermde stads- en dorpsgezichten en monumenten en waardevolle bebouwing. Historisch stedenbouwkundige elementen zijn van grote waarde voor het gebied omdat ze een belangrijke rol spelen in de zichtbaarheid van de ontwikkelingsgeschiedenis van het landschap.

Tabel 19-6 Beoordelingsschaal historische stedenbouwkunde

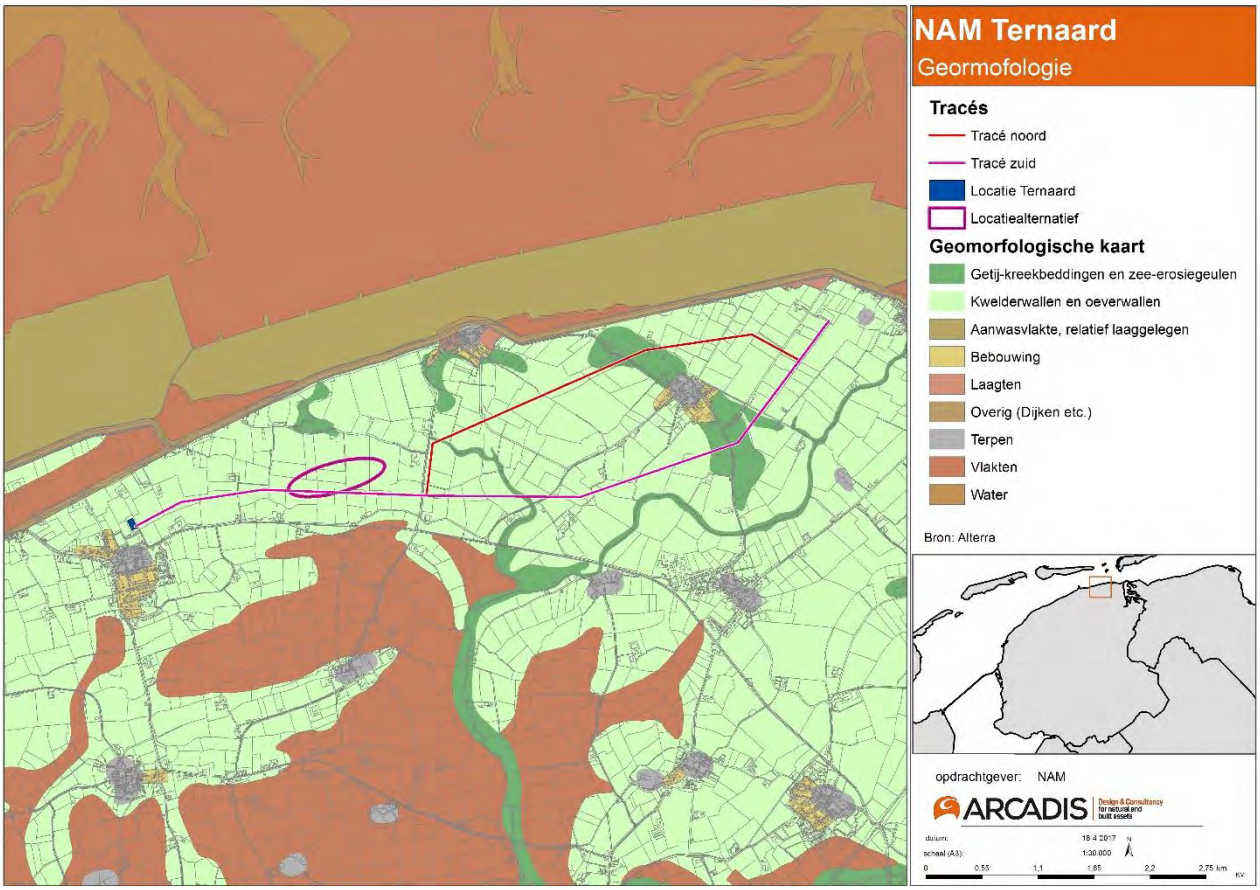
Score	Toelichting
++	Een sterke verbetering van de staat van de historisch stedenbouwkundige elementen
+	Een verbetering van de staat van de historisch stedenbouwkundige elementen
0/+	Een lichte verbetering van de staat van de historisch stedenbouwkundige elementen
0	Geen aantasting van de staat van de historisch stedenbouwkundige elementen
0/-	Beperkte aantasting van de staat van de historisch stedenbouwkundige elementen
-	Sterke aantasting van de staat van de historisch stedenbouwkundige elementen
- -	Zeer sterke aantasting van de staat van de historisch stedenbouwkundige elementen

19.4 Referentiesituatie

Huidige situatie

Het studiegebied bevindt zich op een open kwelderwal die onderdeel uitmaakt van het landschapstype Jong Zeekleigebied, meer specifiek is het een open kleiterpenlandschap met verspreid liggende terpdorpen en boerderijerven. Dit gebied heeft een rijk stelsel van geulen, kreken, prielen, vaarten en opvaarten naar de dorpen en erven. Dit landschap is gevormd door de zee, door zowel de Waddenzee als de inmiddels ingepolderde Middelzee. De kwelderwal is een hoger gelegen deel van de kwelder, waar bij overstromingen vaak grover materiaal werd afgezet. Omdat de grond hier lichter en zandiger is wordt het landschap hier gekenmerkt door grootschaligheid en akkerbouw als voornaamste grondgebruik.

De invloed van de zee heeft geresulteerd in een landschap met weinig (weg)beplanting, waardoor er een vrijwel open cultuurlandschap is ontstaan. Daarnaast is de invloed van de zee terug te zien in het vaak onregelmatige blokverkavelingspatroon als restanten van oude geulen en prielen uit de tijd dat de kwelder nog onbedijkt was. De belangrijkste wegen op de kwelderwal zijn overwegend oostwest georiënteerd en verbinden de terpdorpen met elkaar. De zeedijk vormt een belangrijk lijnelement die de nabijheid van de zee voelbaar maakt en als belangrijk uitkijkelement over zowel de Waddenzee als het studiegebied fungeert.



Figuur 19-5 Themakaart Geomorfologie

Het studiegebied bestaat uit een kwelderwal met een aantal terpen en getij-kreekbeddingen en zee-erosiegeulen. De kreken doorkruisen op verschillende plekken in noord-zuid richting het studiegebied. Binnen het studiegebied bevindt zich een terp (Nes) op een brede voormalig getijdekreek. Beide tracés van leidingen doorsnijden deze grote brede kreek en een andere getijde kreek meer ten westen van Nes. Ten zuiden van het studiegebied bevinden zich kweldervlakten.

Patronen: punt-, lijnelementen

De patronen: punt- en lijnelementen bestaan uit erven, puntsgewijze (solitaire) beplantingselementen, watergangen, wegen, dijken en bomenlanen. In het landschap van het studiegebied is een duidelijk samenhangend patroon herkenbaar van punt- en lijnelementen waarbij de puntelementen in het landschap in de vorm van erven verbonden zijn door lijnelementen in de vorm van wegen en waterlopen.

Puntelementen worden binnen het studiegebied gevormd door erven en beplantingselementen (beplanting, boselementen). De beplanting bevindt zich in dit gebied puntsgewijs bij terpdorpen en boerenerven. Er zijn nauwelijks wegen die beplant zijn. Incidenteel komen er geïsoleerde boselementen voor.

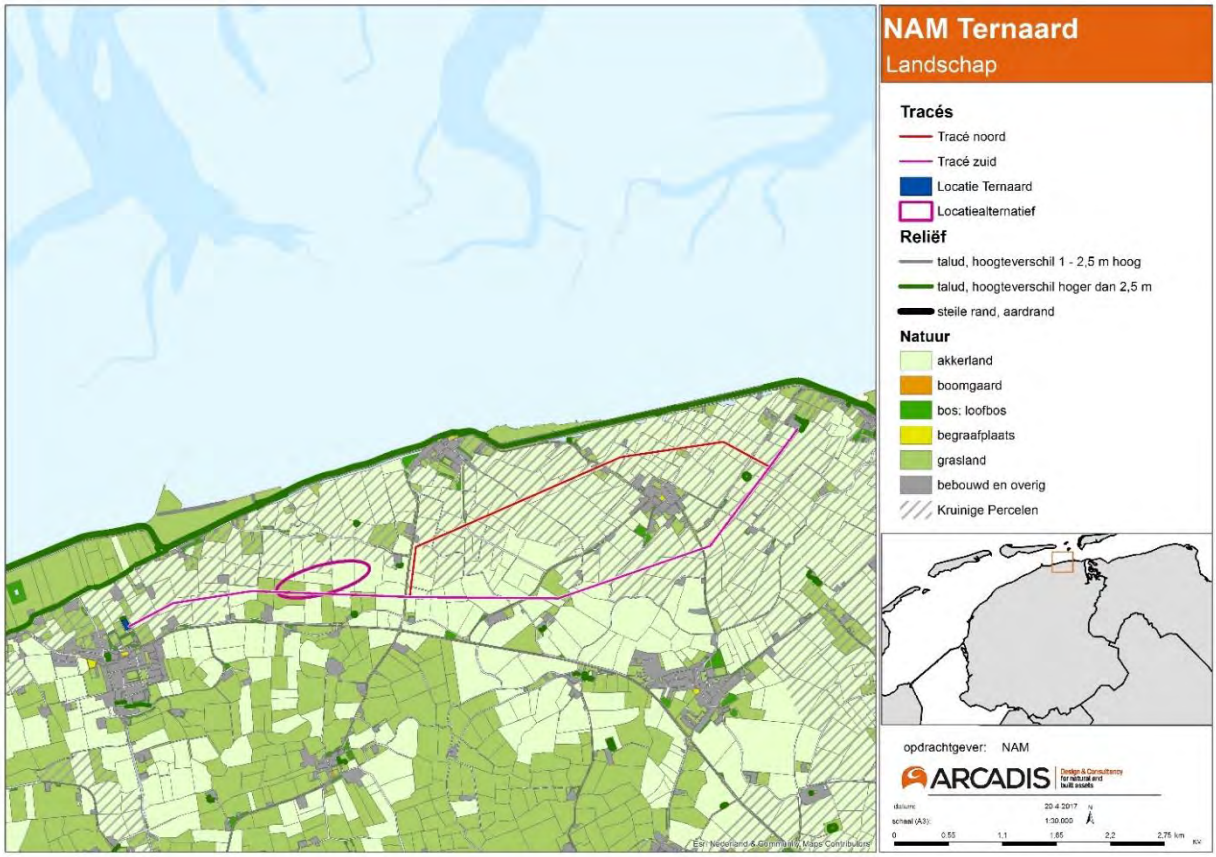
Tabel 19-7 Landschap en cultuurhistorie: puntelementen

Puntelementen	Kenmerken
Erven	De verspreid gelegen erven met erfbeplanting zijn karakteristieke puntelementen in het landschap. Er zijn geen erven die doorsneden worden door een tracé.
Puntsgewijze beplantingselementen	Het studiegebied kenmerkt zich door het geringe aantal beplantingselementen. Er is zeer weinig wegbeplanting binnen het studiegebied. Beplantingselementen worden hier voornamelijk bepaald door puntsgewijze beplanting. De puntsgewijze beplanting binnen het gebied wordt voor een groot deel bepaald door erfbeplanting en valt daarom voor een groot deel samen met het erf als puntelement.

Lijnelementen bestaan uit wegen, dijken, oude kreeklopen, watergangen, sloten en steilranden. Kenmerkend voor de lijnelementen binnen het studiegebied is dat ze vaak nog een grillige vorm hebben als gevolg van de historische invloed van de zee.

Tabel 19-8 Landschap en cultuurhistorie: lijnelementen

Lijnelementen	Kenmerken
Watergangen en sloten	*Binnen de invloedzone van de leidingtracés bevinden zich in het studiegebied drie (voormalige) vaarwegen: de Wierumeropfaert, de Nesseropfaert en de Paesens. De Wierumeropfaert* is een dorpsvaart met de functie van vaarweg. Deze had voor het eerst deze functie rond 1832 en verbindt het dorp Wierum met de vaarweg de Paesens. De *Nesseropvaart* is een voormalig dorpsvaart die het Dorp Nes verbindt met de vaart de Paesens en nog zichtbaar steeds is. Vóór de demping in 1930 had de Nesseropvaart de functie van vaarweg.
Wegen	De belangrijkste structuur van de historische ontsluiting bestaat uit de oostwest georiënteerde hooggelegen wegen op de kwelder die de verschillende terpdorpen verbindt. Er zijn binnen het studiegebied een aantal bestaande (en oude) wegen en paden die doorsneden worden door de leidingtracés. De belangrijkste historische wegen bestaan uit de oostwest georiënteerde Nesserweg tussen Ternaard en Nes en de (Alt tún) de weg tussen Nes en Ooster Nijkerk. Maar ook de noord-zuid georiënteerde wegen tussen Wierum en Hantumhuizen, en tussen Wierum en Bollingawier.
Dijken	De zeedijk die de grens van de Waddenzee vormt is een belangrijk lijnelement die de nabijheid van de zee voelbaar maakt.



Figuur 19-6 Themakaart Landschap

Belevingswaarde, visuele invloed

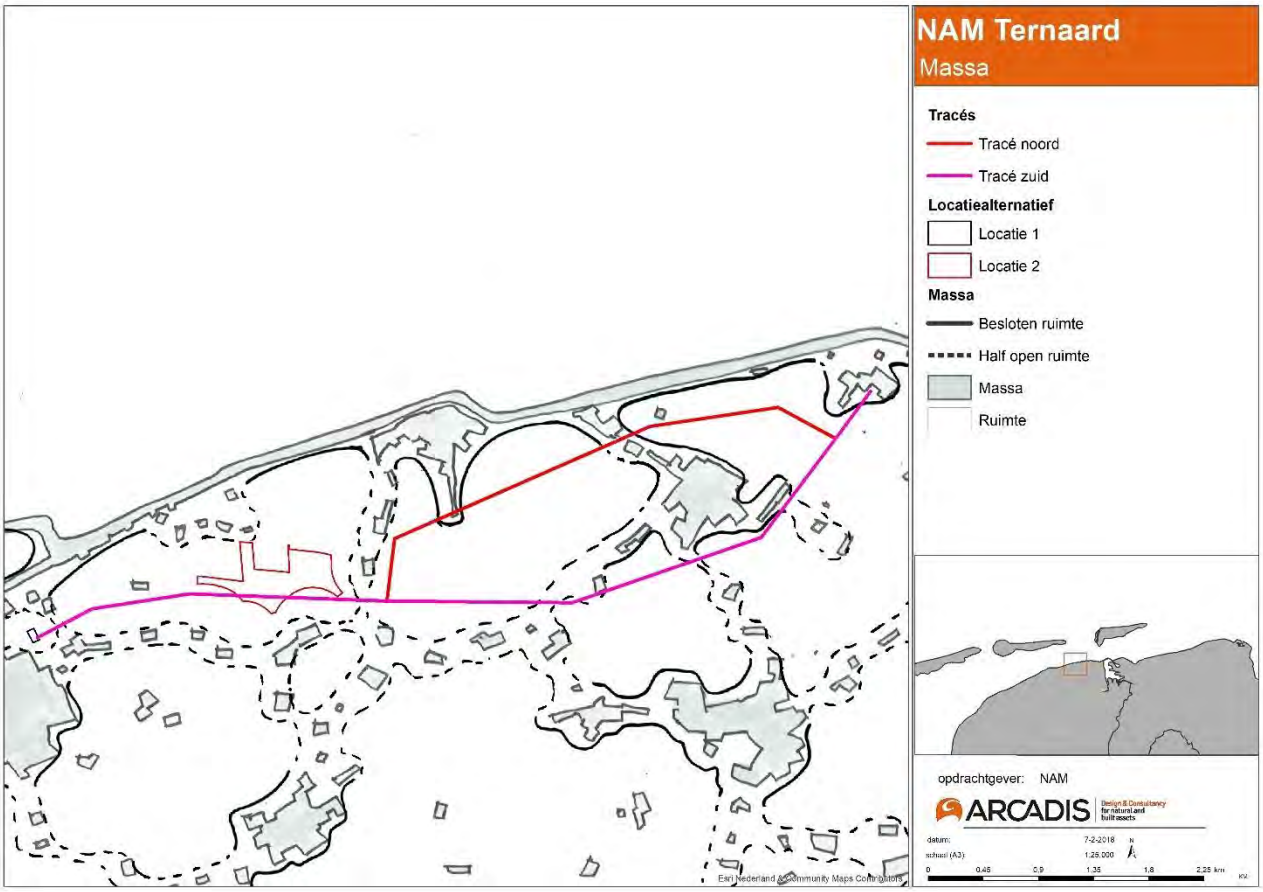
De belevingswaarde wordt bepaald door zichtlijnen, massa's en ruimte en horizon. Het studiegebied kenmerkt zich door een zeer grote mate van openheid met verspreid liggende erven als eilanden in de open ruimte, vergezichten en zichtbaarheid van de zeedijk aan de horizon. Kenmerkend zijn de dorpssilhouetten met als bakens de kerktorens die het uitgesproken middelpunt en dominante gebouw vormen van de dorpen. Daarnaast kan de belevingswaarde in dit gebied (als onderdeel van het Waddengebied) sterk beïnvloed worden door de invloed van de productielocatie en tracés op de weidsheid, de open horizon en de mate van rust en duisternis.

Tabel 19-9 Landschap en cultuurhistorie: belevingswaarde, visuele invloed

Belevingswaarde, visuele invloed	Kenmerken
Zichtlijnen	Vanaf de dijk zijn er vergezichten over de Waddenzee en over het studiegebied. De zeedijk is op veel plaatsen goed zichtbaar (zichtlijnen vanaf de weg) waardoor de nabijheid van de zee voelbaar is.
Horizon en contouren	Kenmerkend zijn de dorpscontouren van onder andere Ternaard, en Moddergat waarbij de kerk en de lage (karakteristieke) bebouwing het aanzicht bepalen. Daarnaast is het zicht op de zeedijk bepalend voor de contouren. Het studiegebied is onderdeel van het waddengebied waar de open horizon een belangrijke kernkwaliteit is die de beleving beïnvloed.
Massa-Ruimte	Het gebied kenmerkt zicht door de typische massa-ruimte verhoudingen van een kwelderwal landschap met buitendijks de weidsheid van De Waddenzee en binnendijks een patroon van grote open landschappelijke kamers (samenhangende ruimtes) in de lengterichting van de kwelderwal. Daarnaast wordt de massa gevormd door forse erven met erfbeplanting die zich als eilanden verspreid over de kwelderwal

Belevingswaarde, visuele invloed	Kenmerken
	bevinden. Ten zuiden van het plangebied wat grotere kamers van de kweldervlakte met voornamelijk weiland als grondgebruik. De kamers langs de kust in het midden van de kwelderwal zijn uitgesproken open, de kamers die zuidelijker liggen zijn meer halfopen met verspreid liggende erven.
Mate van rust en duisternis	Het studiegebied maakt deel uit van het waddengebied waar rust en duisternis een kernkwaliteit is die van invloed is op de beleving.

Figuur 19-7 Beeld van een grote landschappelijke kamer met verspreid liggende erven ten zuidoosten van Ternaard



Figuur 19-8 Massa-Ruimte kaart van het studiegebied

Historische geografie en historische stedenbouw

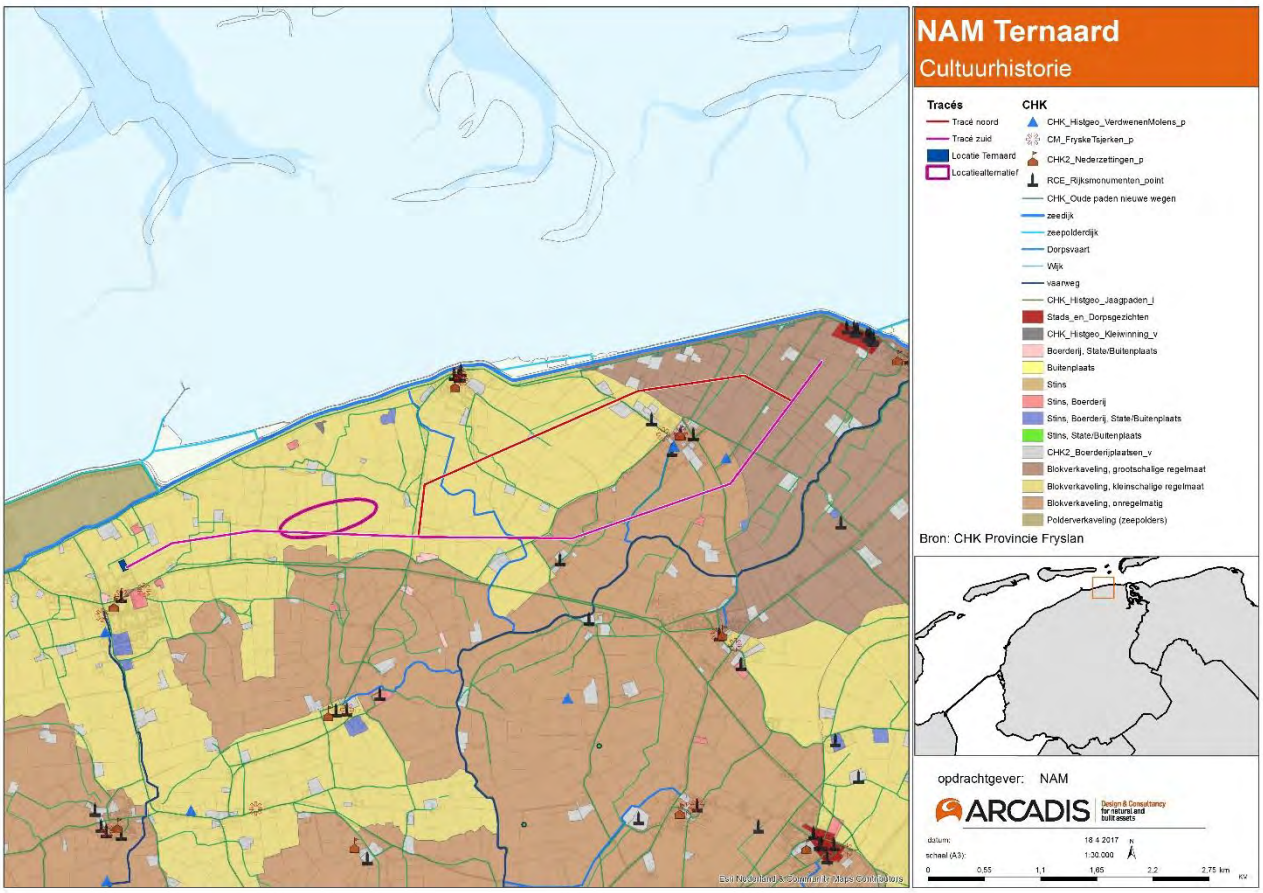
Historische geografie

Onder dit criterium vallen oude kreken en nog zichtbare patronen in de verkaveling en van historische waterlopen, terpen, historische vaarwegen. Deze elementen weerspiegelen de weerslag van de zee op dit landschap en de ontginningsgeschiedenis. Het studiegebied heeft een hoge historisch geografische waarde vanwege de gaafheid van het cultuurlandschap en de herkenbare structuur van de ontginningsgeschiedenis met veel nog zichtbare patronen in het landschap. Op de plaatsen waar de tracés de historisch geografische patronen doorsnijden kan door het graven van de sleuf en de benodigde werkstrook de bodem en daarmee het cultuurhistorische waardevolle patroon worden aangetast. Doorsnijdingen door een kleinschaliger en onregelmatiger kavelpatroon hebben een groter effect door een groter risico op blijvende schade aan de historische kavelstructuur. Onderzocht wordt wat de effecten zijn van de werkstrook en het graven van de sleuf op de herkenbaarheid van de verschillende verkavelingsstructuren.

Tabel 19-10 Landschap en cultuurhistorie: historische geografie

Historische geografie	Kenmerken
Terpen	Zoals eerder beschreven is de 'lijn' van terpdorpen op de kwelder typerend voor dit landschap. Naast de terpdorpen Ternaard, Wierum, Nes, Moddergat en Paesens bevindt zich ten westen van Moddergat nog een kleine terp. De langgerekte verhoging in het landschap waar het dorp Nes zich op bevindt wordt doorsneden door beide tracés.
Historische watergangen, oude kreken en vaarwegen	Binnen het studiegebied bevinden zich twee dorpsvaarten. *De Wieringeropvaart* is een dorpsvaart met de functie van vaarweg. Ze had voor het eerst deze functie rond 1832 en verbindt het dorp Wierum met de vaarweg de Paesens. De *Nesseropvaart* is een voormalig dorpsvaart die het Dorp Nes verbindt met de vaart de Paesens en nog

Historische geografie	Kenmerken
	zichtbaar steeds is. Vóór de demping in 1930 had de Nesseropvaart de functie van vaarweg. *De Paesens* is een vaarweg met een afwaterfunctie. Het is een voormalig rivier die haar oorsprong had ten westen boven Dockum uit de Ee of Trekvaart en stroomde destijds van daaruit noordwaarts naar zee. Op de geomorfologische kaart is te zien dat er zich in het gebied een oude kreek bevindt. De beide tracés van de transportleidingen doorsnijden de Wierumer Opfaert en de Nesseropvaart.
Verkavelingspatronen	Verkavelingspatronen bestaan uit drie soorten blokverkaveling: kleinschalig regelmatige blokverkaveling, onregelmatige blokverkaveling, en grootschalig regelmatige blokverkaveling. De *kleinschalig regelmatige blokverkaveling* bestaat uit blokvormige, vierkante, of rechthoekige percelen waarbij de regelmaat van de vorm in kleinere maar duidelijk herkenbare clusters voorkomt. Dit verkavelingspatroon is zichtbaar ten zuiden van het dorp Wierum. De *onregelmatige blokverkaveling* bevindt zich voornamelijk in de gebieden waar de invloed van de oude kreken en prielen nog zichtbaar is in kavelvormen. Naarmate de percelen onregelmatiger zijn begrensd, neemt de kans toe dat deze grenzen een natuurlijke oorsprong hebben (kwelder). Grillige sloten zijn dikwijls de restanten van oude geulen en prielen uit de tijd dat de kwelder nog onbedijkt was. Doorgaande of verspringende rechte lijnen zijn in dit kleinschalige prielen en oeverwallen landschap dan ook niet aanwezig, het kenmerkende ligt juist in de verschillende grootte en de vorm van de percelen. De *grootschalig regelmatige blokverkaveling* bestaat voornamelijk uit blokvormige percelen van een overwegend vierkante of rechthoekige vorm. Deze grootschaligheid wordt vooral gevormd door de dominante langgerekte structuur van de kwelderwallen. De blokverkaveling wordt langs de noordelijke kwelderwallen nog versterkt (geaccentueerd) door de haaks op de wal staande lange verkavelingslijnen.
Historische ontsluiting	De belangrijkste structuur van de historische ontsluiting bestaat uit de oostwest georiënteerde hooggelegen wegen op de kwelder die de verschillende terpdorpen verbindt. Er zijn binnen het studiegebied een aantal bestaande (en oude) wegen en paden die doorsneden worden door de leidingtracés. De belangrijkste historische wegen bestaan uit de oostwest georiënteerde Nesserweg tussen Ternaard en Nes en de (Alt tún) de weg tussen Nes en Ooster Nijkerk. Maar ook de noord-zuid georiënteerde wegen tussen Wierum en Hantumhuizen, en tussen Wierum en Bollingawier. Daarnaast zijn er veel cultuurhistorische jaagpaden binnen het studiegebied.
Steilranden	Er komen een aantal steile randen (taluds) voor binnen het studiegebied.
Kruinige percelen	In het noorden van het studiegebied op de zware kleigronden langs de dijk bevindt zich een strook met karakteristieke kruinige percelen. Deze percelen zijn vanaf de middeleeuwen van buiten naar binnen geploegd waardoor ze een bolle ligging hebben gekregen. Er ontstonden langgerekte afgeronde bedden met daartussen smalle greppels. Door het bolle oppervlak van de percelen vloeit het regenwater af naar de greppels en vervolgens naar de aangrenzende sloten. Voornamelijk door moderne drainage technieken zijn de afgelopen decennia veel kruinige percelen verdwenen.



Figuur 19-9 Kaart historische geografie

Historische stedenbouw

De historische stedenbouw van het studiegebied wordt bepaald door beschermde stads- en dorpsgezichten, monumenten en waardevolle bebouwing. Bijzondere historisch stedenbouwkundige elementen in dit gebied bestaan uit bijvoorbeeld de aanwezigheid van terpdorpen, stinzeplaatsen, buitenplaatsen, boerderijplaatsen.

Tabel 19-11 Landschap en cultuurhistorie: historische stedenbouw

Historische stedenbouw	Kenmerken
Beschermde stads- en dorpsgezichten	*[…] overwegende, dat De Oere te Moddergat een oorspronkelijke vissersnederzetting is; dat de gave ruimtelijke structuur en de kleinschalige bebouwing van deze nederzetting een historische stedenbouwkundige totaliteit vormen;* *Dat de relatie hiervan met de zware, dominerende zeedijk en de omringende weilanden niet is verstoord;* *Dat mitsdien De Oere, gemeente Westdongeradeel, een beeld oplevert dat van algemeen belang is vanwege het karakter en de schoonheid ervan;* (RDMZ, 1977) (Ministerie CRM, 1977)
Monumenten en waardevolle bebouwing (Stinzen, States en Buitenplaatsen, etc.)	Binnen het studiegebied bevinden zich een aantal stinzen, states en buitenplaatsen binnen de invloedzone van de mogelijke tracés. Het zuidelijke tracé (blauwe lijn) komt vlak langs de (Stins, Boerderij, State/Buitenplaats) Popma uit 1511, en de (Stins, Boerderij) Wynia uit 1543. Ook de (Boerderij, State/Buitenplaats) Oenema net boven de kruising van de N358 en de Ternaarderweiweg.

Figuur 19-10 Zicht op de relatie van de dorpsrand van Moddergat met de omringende weilanden vanaf de Mokselbankwei

Autonome ontwikkeling

Er zijn geen relevante autonome ontwikkelingen voor het thema landschap en cultuurhistorie.

19.5 Effectbeoordeling

19.5.1 Effectbeoordeling aanlegfase

In deze paragraaf worden de effecten van de aanlegfase, per criterium op de combinaties van de alternatieven beschreven. In Tabel 16-12 is de effectbeoordeling voor landschap en cultuurhistorie voor de aanlegfase gepresenteerd. Na de tabel volgt per criterium een toelichting.

Tabel 19-12 Effectbeoordeling Landschap en Cultuurhistorie, aanlegfase

Criterium	Ref.	L1-N	L1-Z	L2-N	L2-Z
Verandering patronen, lijn- en punt elementen	0	0/-	-	-	- -
Belevingswaarde/ visuele invloed	0	-	0/-	- -	- -
Historische geografie	0	-	0/-	- -	-
Historische (steden)bouwkunde	0	0/-	0	0/-	0

Verandering patronen, lijn en puntelementen

De opbouw van de boorinstallatie bij Locatie 1 (**L1**) heeft op de lijn- en puntelementen zoals erven en beplantingselementen in de aanlegfase geen effect. Er is geen sprake van fysieke aantasting, het ruimtebeslag van terrein (L1) zal niet veranderen ten opzichte van de referentiesituatie. **(0)**

Locatie 2 (**L2**) leidt tot aantasting van het bestaande patroon van punt- en lijnelementen, door de aanleg in het midden van een open ruimte (niet langs een bestaand lijnelement). Deze locatie doet afbreuk aan het bestaande patroon. **(-)**

De effecten van de aanleg van tracé noord (**N**) op dit criterium bestaan uit doorsnijdingen van lijn- en puntelementen. Het tracé doorsnijdt een aantal wegen en wordt aangelegd op zeer korte afstand van twee erven ter hoogte van de Wierumerwei. Er vindt geen fysieke aantasting/doorsnijding plaats van erven of puntsgewijze beplantingselementen. **(-)**

In tracé zuid (**Z**) is sprake doorsnijding van karakteristieke lijnelementen als kreken en wegen door aanleg van de transportleiding. De doorsnijding is diagonaal of in de lengterichting, waardoor een groot oppervlak van het element vergraven moet worden. Hierdoor is er een kans op aantasting groter. **(--)**

Beoordeling alternatieven

- **L1-N** De kans op aantasting van patronen, lijn en puntelementen is het minst groot bij de combinatie van locatie en 1 en tracé noord. Locatie 1 en tracé noord **(L1, N)** wordt licht negatief beoordeeld vanwege de kans op aantastingen bij de aanleg van tracé noord. Er vindt een beperkte aantasting plaats van landschappelijke patronen zoals lijn- en puntelementen **(0/-)**.
- **L1-Z** Vanwege de grotere kans op de aantasting van meer elementen door de doorsnijdingen bij tracé noord is deze combinatie negatief beoordeeld. Er vindt bij deze combinatie een sterke aantasting plaats van landschappelijke patronen zoals lijn- en puntelementen **(-)**.
- **L2-N** De kans op aantasting van patronen, lijn- en puntelementen is groot bij deze locatie. Locatie 2 doorbreekt het bestaande kavelpatroon. De combinatie van Locatie 2 en tracé noord wordt zeer negatief beoordeeld. Er vindt een sterke aantasting plaats van de landschappelijke patronen zoals punt- en lijnelementen **(-)**.
- **L2- Z** Locatie twee in combinatie met tracé zuid is het meest negatieve alternatief en wordt als zeer negatief beoordeeld. Er vindt een sterke aantasting plaats van de landschappelijke patronen zoals punt- en lijnelementen **(--)**.

Concluderend

L1-N is het minst negatief beoordeeld als het gaat om aantasting van patronen punt- en lijnelementen. L2-Z is als het meest negatieve alternatief beoordeeld.

Belevingswaarde/ visuele invloed

Wat betreft het criterium belevingswaarde/ visuele invloed scoort Locatie 1 (**L1**) negatief in de aanlegfase. De tijdelijke boorinstallatie zal op deze locatie een licht negatief effect hebben op de dorpscontour. De hoogte van de boorinstallatie (46 m) verstoort gedurende deze periode de karakteristieke dorpscontour van Ternaard waarbij het karakteristieke beeld waarin de kerktoren de hoogste bebouwing vormt verstoord wordt. Daarnaast heeft de boorinstallatie een licht negatief effect op de horizon van het waddengebied. Deze locatie heeft daarom een licht negatief effect. **(0/-)**

De opbouw van de boorinstallatie heeft ook een grote invloed op de belevingswaarde door de industriële uitstraling in afwijking van het agrarisch karakter. Dit is vooral het geval bij Locatie 2 (**L2**). Hier heeft de boorinstallatie met de ligging in het midden van een open landschappelijke kamer, tevens invloed op de kenmerkende openheid van het landschap. Het contrast van de open landschappelijke kamer met de omgeving zal hierdoor diffuus worden. Dit heeft negatieve gevolgen voor de herkenbaarheid van de landschappelijke samenhang tussen de open kamers en de verspreid liggende erven. De boorinstallatie vormt door de hoogte een afwijking van het beeld van verspreid liggende erven. Dit effect is ingrijpender dan bij L1 en wordt als negatief beoordeeld. Tot slot heeft de boorinstallatie een licht negatief effect op de horizon van het waddengebied. Het effect van deze locatie op de belevingswaarde/ visuele impact wordt als negatief beoordeeld. **(-)**

Tracé noord (**N**) scoort negatief. De belevingswaarde van het open kwelderwal landschap zal worden aangetast door de zichtbaarheid van de werkzaamheden van de aanleg van de transportleidingen de verstoring van de rust van het waddengebied door deze werkzaamheden. Daarnaast zal door deze werkzaamheden de beleving van de zeedijk en de belevingswaarde van het historisch dorpslint bij de kruising van de Wierumerwei worden aangetast. **(-)**

Tracé zuid (**Z**) scoort licht negatief. De belevingswaarde van het open kwelderwal landschap zal sterk worden aangetast door de zichtbaarheid van de werkzaamheden van de aanleg van de transportleiding en de verstoring van de rust van het waddengebied door deze werkzaamheden. In tegenstelling tot tracé noord wordt hier in mindere mate de beleving van de zeedijk beïnvloed en wordt de beleving van het historische dorpslint in mindere mate aangetast. **(0/-)**

Beoordeling alternatieven

- **L1-N** De combinatie van Locatie 1 met tracé noord heeft een negatief effect op de belevingswaarde/ visuele invloed. De boortoren verstoord de dorpscontour van het dorp Ternaard. Tracé noord heeft met haar ligging in het open kwelderwal landschap dichter bij de zeedijk en de doorsnijding van het historisch dorpslint een groter negatief effect op belevingswaarde/ visuele invloed dan tracé zuid. Er vindt bij dit alternatief een sterke aantasting van de belevingswaarde/ visuele invloed plaats. **(-)**
- **L1-Z** De combinatie van Locatie 1 met tracé zuid heeft de minste aantasting van de belevingswaarde/ visuele invloed tot gevolg. Wel verstoort de hoge boortoren de dorpscontour van Ternaard. Daarnaast wordt de beleving van het open kwelderwal landschap aangetast, al is het in mindere mate dan bij tracé noord. Er vindt een beperkte aantasting van de belevingswaarde/ visuele invloed plaats. **(0/-)**
- **L2-N** Locatie 2 gecombineerd met tracé noord wordt voor dit criterium als meest negatieve alternatief beoordeeld. Dit komt door de negatieve effecten van Locatie 2 op het agrarisch karakter en de openheid van het landschap en door de aantasting van de zeedijk en het historisch dorpslint met tracé noord. Er vindt een zeer sterke aantasting van belevingswaarde/ visuele invloed plaats bij dit alternatief. **(--)**
- **L2-Z** Locatie 2 gecombineerd met tracé zuid heeft minder negatieve effecten dan L2-N vanwege een minder mate van aantasting van de zeedijk en het niet doorsnijden van het historisch dorpslint bij tracé noord. Toch vindt er een zeer sterke aantasting van belevingswaarde/ visuele invloed plaats. **(--)**

Concluderend

De alternatieven L2-N en L2-Z (--) hebben de meest negatieve effecten op belevingswaarde/ visuele invloed, waarvan L2-N licht negatiever is dan L2-Z. L1-Z (0/-) wordt het minst negatief beoordeeld bij dit criterium.

Historische geografie

Bij Locatie 1 (**L1**) worden er geen effecten verwacht op het criterium historische geografie. **(0)**

Locatie 2 (**L2**) bevindt zich in een zone met een karakteristieke blokverkaveling. Uitgaande van een worstcasescenario waarbij het terrein en de ontsluitingsweg van de boorinstallatie niet worden aangelegd ingepast in het karakteristieke kavelpatroon, is de kans groot dat de karakteristieke kavelstructuur hier aangetast wordt. Omdat het hier gaat om een relatief klein oppervlak wordt er een beperkte aantasting verwacht. (**0/-**)

Tracé noord (**N**) doorsnijdt ten noorden van het dorpje Nes een gebied met karakteristieke kleinschalige verkaveling en een groot oppervlak met kruinige percelen. De kans op aantasting is groot omdat de kavelgrenzen hier kort op elkaar liggen en het tracé het verkavelingspatroon op deze plek schuin doorsnijdt (waardoor de lengte van de doorsnijding groter is). Daarnaast doorsnijdt tracé noord een historisch dorpslint ten noorden van het dorp Nes. Bij aanleg van de transportleiding is er een kans op aantasting van de historische samenhang van deze structuur. Ook doorsnijdt tracé noord een rechtgetrokken stuk van de historische Wierumeropvaart ten zuiden van het dorp Wierum. De hoeveelheid van doorsnijdingen en het grote oppervlak van waardevolle verkaveling en kruinige percelen resulteert is een zeer negatief effect op de waardevolle historisch geografische elementen. (**--**)

De aanleg van het zuidelijke tracé (**Z**) leidt tot aantasting van het patroon van een aantal historische waterlopen. Dit tracé doorsnijdt een oude kreek (ter hoogte van de Wiesterwei), wat een mogelijke aantasting van het bodemprofiel en het patroon van deze historische waterloop (kreken) kan hebben.

Ter hoogte van de Ternaarderwei loopt er een deels nog zichtbaar patroon van een historische waterloop die op meerdere plekken wordt doorsneden. Door de aanleg van de transportleidingen is er een kans op een blijvende aantasting van deze historische patronen. **(-)**

Beoordeling alternatieven

- **L1-N** De combinatie van Locatie 1 met tracé noord heeft een negatief effect op de historische geografie. Het tracé noord doorsnijdt een historisch dorpslint en een groot oppervlak met kruinige percelen en waardevolle verkavelingspatronen. Er vindt een sterke aantasting plaats van de staat van historisch geografische elementen. **(-)**
- **L1-Z** De combinatie van Locatie 1 met tracé zuid heeft het minst negatieve effect op de historische geografie tijdens de aanlegfase. Bij dit tracé worden voornamelijk patronen van kreken aangetast en in mindere mate kruinige percelen en waardevolle verkavelingsstructuren. Er vindt bij dit alternatief een beperkte aantasting plaats van de staat van historisch geografische elementen. **(0/-)**
- **L2-N** Dit alternatief heeft het meest negatieve effect op historische geografie. Dit heeft te maken met de mogelijke aantasting van de kavelstructuur bij de aanleg van het terrein en de ontsluitingsweg en de locatie van tracé noord. Dit tracé doorsnijdt een historisch dorpslint en een groot oppervlak met kruinige percelen en waardevolle verkavelingspatronen. Voor dit alternatief vindt er een zeer sterke aantasting plaats van de staat van historisch geografische elementen. **(--)**
- **L2-Z** Dit alternatief heeft eveneens een negatief effect op historische geografie maar scoort minder slecht dan L2-N omdat in dit alternatief in mindere mate kruinige percelen en waardevolle verkavelingspatronen worden aangetast dan bij tracé noord. Er vindt een sterke aantasting plaats van de staat van historisch geografische elementen. **(-)**

Concluderend

De negatieve effecten van de tracés zijn groter dan die van de locaties bij dit criterium omdat het hier gaat om fysieke aantasting van ruimtelijke patronen en omdat de tracés een groter gebied doorsnijden dan de locaties. L2-Z is daarom lichter negatief beoordeeld dan L2-N. De combinatie van Locatie 1 met tracé zuid (**L1, Z**) heeft de minste aantasting van de historische geografie tijdens de aanlegfase tot gevolg. Dit alternatief wordt als licht negatief beoordeeld. **(0/-)** Alternatief L2-N resulteert in het meest negatieve effect op historische geografie tijdens de aanlegfase en wordt als zeer negatief beoordeeld. **(--)**

Historische stedenbouwkunde

Locatie 1 (**L1**) en Locatie 2 (**L2**) hebben geen effect op het criterium historische stedenbouwkunde tijdens de aanlegfase.

Er worden door tracé noord (**N**) geen monumenten of historisch waardevolle bebouwing doorsneden. Bij tracé noord zal tijdens de aanlegfase echter wel een lichte aantasting van de het beschermde dorpsgezicht van Moddergat optreden. De verstoring van het dorpsgezicht zal voornamelijk waarneembaar zijn vanaf de Mokselbankwei. Het beeld van de zware dominerende zeedijk waar het dorp aanligt wordt aangetast met de zichtbaarheid van de werkstrook van de transportleiding over een grote lengte. De zichtbare samenhang van de dijk met het dorpsgezicht wordt hiermee aangetast tijdens de aanlegfase. Deze effecten zijn van korte duur en sterk afhankelijk van het standpunt vanwaar het waargenomen wordt. De effecten van de aanleg van tracé noord tijdens de aanlegfase worden daarom voor dit criterium als licht negatief beoordeeld. **(0/-)**

Met de aanleg van tracé zuid (**Z**) worden er geen effecten verwacht op het criterium historische stedenbouwkunde.

Beoordeling alternatieven

- **L1-N** De combinatie van Locatie 1 met tracé noord heeft een licht negatief effect op dit criterium vanwege de lichte aantasting van het beschermd dorpsgezicht van Moddergat. Er vindt een beperkte aantasting plaats van de staat van de historisch stedenbouwkundige elementen. **(0/-)**
- **L1-Z** Bij deze combinatie worden er geen effecten verwacht op de historische stedenbouwkunde. Dit alternatief wordt neutraal beoordeeld. Er vindt geen aantasting plaats van de staat van de historisch stedenbouwkundige elementen**. (0)**

- **L2-N** De combinatie van Locatie 1 met tracé noord heeft een licht negatief effect op dit criterium vanwege de lichte aantasting van het beschermd dorpsgezicht van Moddergat. Er vindt een beperkte aantasting plaats van de staat van de historisch stedenbouwkundige elementen. **(0/-)**
- **L2-Z** Bij deze combinatie worden er geen effecten verwacht op de historische stedenbouwkunde. Dit alternatief wordt neutraal beoordeeld. Er vindt geen aantasting plaats van de staat van de historisch stedenbouwkundige elementen. **(0)**

Concluderend

De effecten op de historische stedenbouwkunde van alle tracé zuid alternatieven zijn neutraal beoordeeld. Er vindt bij deze alternatieven geen aantasting plaats van de staat van de historisch stedenbouwkundige elementen. **(0)** Bij tracé noord is sprake van een beperkte aantasting van elementen, waardoor deze alternatieven licht negatief scoren **(0/-)**.

19.5.2 Effectbeoordeling winning

In Tabel 19-13 is de effectbeoordeling voor de criteria Landschap & Cultuurhistorie voor de winning gepresenteerd. Na de tabel volgt per criterium een toelichting.

Tabel 19-13 Effectbeoordeling Landschap en Cultuurhistorie, winning

Criterium	Ref.	L1-N	L1-Z	L2-N	L2-Z
Verandering patronen, lijn- en punt elementen	0	0	0	0/-	0/-
Belevingswaarde/ visuele invloed	0	0	0	0/-	0/-
Historische geografie	0	0	0	0	0
Historische (steden)bouwkunde	0	0	0	0	0

Tijdens de winning zal het tracé van de transportleiding geen effecten hebben op (criterium 1) de verandering van patronen, lijn en puntelementen en (criterium 2) de belevingswaarde/visuele invloed. Zichtlijnen, contouren en massa-ruimte worden niet aangetast in deze fase omdat de activiteiten onder het maaiveld plaatsvinden. Wel is in de winning het terrein met installaties zichtbaar in het landschap.

Verandering patronen, lijn en puntelementen

De boorinstallatie bij Ternaard (**L1**) heeft op de lijn- en puntelementen zoals erven en beplantingselementen tijdens de winning geen effect. Het ruimtebeslag van Locatie 1 is tijdens deze fase niet anders dan tijdens de referentiesituatie. Het effect van deze locatie tijdens de winning wordt daarom als neutraal beoordeeld. **(0)**

Locatie 2 (**L2**) heeft wel effect op het bestaande patroon van punt- en lijnelementen, door de locatie van het terrein in het midden van een open ruimte (niet langs een bestaand lijnelement) wordt er afbreuk gedaan aan van het bestaande karakteristieke patroon van punt- en lijn elementen van het landschap van de kwelderwal. Het terrein van de boorinstallatie en de ontsluitingsweg in het midden van een karakteristieke open ruimte doet afbreuk aan de gaafheid van de open landschappelijke kamer en de leesbaarheid van het bestaande patroon van punt- en lijnelementen. Het effect van deze locatie op de verandering van patronen, punt- en lijnelementen tijdens de winning wordt daarom als licht negatief beoordeeld. **(0/-)**

Met de aanleg van het noordelijk (**N**) en tracé zuid (**Z**) worden er geen effecten verwacht op de patronen, punt- en lijnelementen tijdens de winning. **(0)**

Beoordeling alternatieven

- **L1-N** Voor dit alternatief worden er geen effecten verwacht op de verandering van patronen, punt- en lijnelementen tijdens de winning. Dit alternatief wordt neutraal beoordeeld. Er vindt geen aantasting plaats van de landschappelijke patronen zoals lijn- en punt elementen. **(0)**
- **L1-N** Voor dit alternatief worden er geen effecten verwacht op de verandering van patronen, punt- en lijnelementen tijdens de winning. Dit alternatief wordt neutraal beoordeeld. Er vindt geen aantasting plaats van de landschappelijke patronen zoals lijn- en punt elementen. **(0)**
- **L1-Z** Voor dit alternatief worden er geen effecten verwacht op de verandering van patronen, punt- en lijnelementen tijdens de winning. Dit alternatief wordt neutraal beoordeeld. Er vindt geen aantasting plaats van de landschappelijke patronen zoals lijn- en punt elementen. **(0)**
- **L2-N** Het terrein van de boorinstallatie en de ontsluitingsweg in het midden van een karakteristieke open ruimte doen afbreuk aan de gaafheid van de open landschappelijke kamer en de leesbaarheid van het bestaande patroon van punt- en lijnelementen. Het effect van dit alternatief op de verandering van patronen, punt- en lijnelementen tijdens de winning wordt daarom als licht negatief beoordeeld. Er vindt een beperkte aantasting plaats van de landschappelijke patronen zoals lijn- en punt elementen. **(0/-)**
- **L2-Z** Het terrein van de boorinstallatie en de ontsluitingsweg in het midden van een karakteristieke open ruimte doet afbreuk aan de gaafheid van de open landschappelijke kamer en de leesbaarheid van het bestaande patroon van punt- en lijnelementen. Het effect van dit alternatief op de verandering van patronen, punt- en lijnelementen tijdens de winning wordt daarom als licht negatief beoordeeld. Er vindt een beperkte aantasting plaats van de landschappelijke patronen zoals lijn- en punt elementen. **(0/-)**

Concluderend

De effecten van de alternatieven L2-N en L2-Z op de verandering van patronen, punt- en lijnelementen tijdens de winning worden door de aanwezigheid van het terrein en de toegangsweg van L2 licht negatief beoordeeld. **(0/-)** De overige alternatieven (L1-N, L1-Z) hebben geen effect op de verandering van patronen, punt- en lijnelementen tijdens de winning en worden daarom neutraal beoordeeld. **(0)**

Belevingswaarde/ visuele invloed

Tijdens de winning is het terrein van de boorinstallatie nog zichtbaar in het landschap. Er is een open verhard en omheind terrein zichtbaar waarop de boorput met putafsluiter van ca. 2 meter hoog aanwezig is. Daarnaast zijn buizen zichtbaar met installaties en een productie-skid. Locatie 1 (**L1**) is tijdens de winning niet anders dan tijdens de referentiesituatie. Het effect van deze locatie tijdens de winning wordt daarom als neutraal beoordeeld. **(0)**

Het verharde oppervlak van het terrein en de industriële uitstraling van de nog zichtbare installaties hebben een negatief effect op de belevingswaarde van het uitgesproken open agrarisch landschap van de kwelderwal op Locatie 2 (**L2**). Het effect van deze locatie tijdens de winning wordt daarom als licht negatief beoordeeld voor dit criterium. **(0/-)**

Bij de winning zullen beide tracés van de transportleidingen (**N** en **Z**) geen effecten hebben op de belevingswaarde/ visuele invloed. Zichtlijnen, contouren en massa-ruimte worden niet aangetast in deze fase omdat de transportleiding zich onder het maaiveld bevindt en er geen werkzaamheden plaatsvinden. Het effect van beide tracés tijdens de winning wordt daarom als neutraal beoordeeld voor dit criterium. **(0)**

Beoordeling alternatieven

- **L1-N** Voor dit alternatief worden er geen effecten verwacht op de belevingswaarde/ visuele invloed tijdens de winning. Dit alternatief wordt neutraal beoordeeld. Er vindt geen aantasting plaats van de belevingswaarde/ visuele invloed bij dit alternatief. **(0)**
- **L1-Z** Voor dit alternatief worden er geen effecten verwacht op de belevingswaarde/ visuele invloed tijdens de winning. Dit alternatief wordt neutraal beoordeeld. Er vindt geen aantasting plaats van de belevingswaarde/ visuele invloed bij dit alternatief. **(0)**
- **L2-N** Het verhardde oppervlak en de industriële uitstraling van de nog zichtbare installaties hebben een negatief effect op de belevingswaarde van het uitgesproken open agrarisch landschap van de kwelderwal op Locatie 2. Het effect van dit alternatief tijdens de winning wordt als licht negatief beoordeeld. Er vindt een beperkte aantasting plaats van de belevingswaarde/ visuele invloed. **(0/-)**

- **L2-Z** Het verhardde oppervlak en de industriële uitstraling van de nog zichtbare installaties hebben een negatief effect op de belevingswaarde van het uitgesproken open agrarisch landschap van de kwelderwal op Locatie 2. Het effect van dit alternatief tijdens de winning wordt daarom als licht negatief beoordeeld. Er vindt hier een beperkte aantasting plaats van de belevingswaarde/ visuele invloed. **(0/-)**

Concluderend

De effecten van de alternatieven L2-N en L2-Z op de belevingswaarde/ visuele invloed tijdens de winning worden licht negatief beoordeeld. **(0/-)** De overige alternatieven hebben geen effect op de belevingswaarde/ visuele invloed tijdens de winning en worden daarom neutraal beoordeeld. **(0)**

Historische geografie

De (permanente) effecten van zowel Locatie 1 (**L1**) als Locatie 2 (**L2**) op de historische geografie treden op tijdens de aanlegfase. Het effect van deze locaties op historische geografie tijdens de winning is daarom als neutraal beoordeeld. **(0)**

Dit geldt ook voor beide tracés van de transportleidingen (**N** en **Z**); er zijn geen effecten op de historische geografie tijdens deze fase omdat de transportleiding al aangelegd is en er geen werkzaamheden plaatsvinden. Het effect van beide tracés op historische geografie tijdens de winning is daarom als neutraal beoordeeld. **(0)**

Beoordeling alternatieven

- **L1-N** Voor dit alternatief worden er geen effecten op de historische geografie verwacht tijdens de winning. Dit alternatief wordt neutraal beoordeeld. **(0)**
- **L1-Z** Voor dit alternatief worden er geen effecten op de historische geografie verwacht tijdens de winning. Dit alternatief wordt neutraal beoordeeld. **(0)**
- **L2-N** Voor dit alternatief worden er geen effecten op de historische geografie verwacht tijdens de winning. Dit alternatief wordt neutraal beoordeeld. **(0)**
- **L2-Z** Voor dit alternatief worden er geen effecten op de historische geografie verwacht tijdens de winning. Dit alternatief wordt neutraal beoordeeld. **(0)**

Concluderend

Alle alternatieven hebben geen effect op de historische geografie tijdens de winning en zijn daarom neutraal beoordeeld. **(0)**

Historische stedenbouwkunde

Zowel Locatie 1 (**L1**) als Locatie 2 (**L2**) hebben geen effect op de historische stedenbouwkunde tijdens de winning. Het effect van deze locaties op historische stedenbouwkunde tijdens de winning wordt daarom als neutraal beoordeeld. **(0)**

Bij de winning zullen beide tracés van de transportleidingen (**N** en **Z**) geen effecten hebben op de historische stedenbouwkunde tijdens deze fase omdat de transportleiding al aangelegd is en er geen werkzaamheden plaatsvinden. Het effect van beide tracés op historische stedenbouwkunde tijdens de winning wordt daarom als neutraal beoordeeld. **(0)**

Beoordeling alternatieven

- **L1-N** Voor dit alternatief worden er geen effecten op de historische stedenbouwkunde verwacht tijdens de winning. Dit alternatief wordt neutraal beoordeeld. **(0)**
- **L1-Z** Voor dit alternatief worden er geen effecten op de historische stedenbouwkunde verwacht tijdens de winning. Dit alternatief wordt neutraal beoordeeld. **(0)**
- **L2-N** Voor dit alternatief worden er geen effecten op de historische stedenbouwkunde verwacht tijdens de winning. Dit alternatief wordt neutraal beoordeeld. **(0)**
- **L2-Z** Voor dit alternatief worden er geen effecten op de historische stedenbouwkunde verwacht tijdens de winning. Dit alternatief wordt neutraal beoordeeld. **(0)**

Concluderend

Alle alternatieven hebben geen effect op de historische stedenbouwkunde tijdens de winning en worden daarom neutraal beoordeeld. **(0)**

19.5.3 Effectbeoordeling verwijderingsfase

In Tabel 19-14 is de effectbeoordeling voor het thema Landschap en Cultuurhistorie voor de verwijderingsfase gepresenteerd.

Tabel 19-14 Effectbeoordeling Landschap en Cultuurhistorie, verwijderingsfase

Criterium	Ref.	L1-N	L1-Z	L2-N	L2-Z
Verandering patronen, lijn- en punt elementen	0	0/+	0/+	0	0
Belevingswaarde/ visuele invloed	0	0/+	0/+	0	0
Historische geografie	0	0/+	0/+	0	0
Historische (steden)bouwkunde	0	0/+	0/+	0	0

Na de winning wordt de transportleiding verwijderd (indien geen nuttige toepassing kan worden gevonden) en wordt de productie-locatie weer afgebroken. Voor locatie 1 (L1) heeft het verwijderen van de zichtbare installaties en verhardingen een licht positief effect ten opzichte van de referentie situatie. Het verwijderen van de transportleiding kan gevolgen hebben voor landschappelijke patronen en elementen (alle alternatieven), omdat er - net als in de aanlegfase – graafwerkzaamheden nodig zijn. De verwachting is dat deze effecten beperkt zijn en daarmee niet van invloed voor de beoordeling.

Concluderend

Het verwijderen van de zichtbare installaties en verhardingen heeft een licht positief effect voor L1. De alternatieven met L1 zijn licht positief beoordeeld. **(0/+)** De overige alternatieven zijn neutraal **(0)** beoordeeld, hier treden geen effecten op.

19.5.4 Integrale effectbeoordeling

In Tabel 19-15 is de integrale effectbeoordeling voor landschap en cultuurhistorie voor de gehele voorgenomen activiteit gepresenteerd. Na de tabel volgt de conclusie voor Landschap en Cultuurhistorie.

Tabel 19-15 Integrale effectbeoordeling Landschap en Cultuurhistorie

Criterium	Ref.	L1-N	L1-Z	L2-N	L2-Z
Verandering patronen, lijn- en punt elementen	0	0/-	-	-	- -
Belevingswaarde/ visuele invloed	0	0	0	0/-	0/-
Historische geografie	0	-	0/-	- -	-
Historische (steden)bouwkunde	0	0	0	0	0

Conclusie

Omdat de aanlegfase een relatief klein onderdeel vormt van de gehele voorgenomen activiteit, zijn de effecten van de meeste alternatieven op de verschillende criteria in de integrale effectbeoordeling genuanceerd. Voornamelijk het criterium belevingswaarde/ visuele invloed van de locatiealternatief L1 heeft geen blijvend effect en is derhalve genuanceerd. Voor Locatie 2 geldt deze nuancering niet, gezien de grotere invloed in het open landschap. Ook de aantasting van het beschermd dorpsgezicht van Moddergat bij het criterium historische stedenbouwkunde is slechts van tijdelijke aard en is derhalve voor de voorgenomen activiteit neutraal beoordeeld.

19.6 Mitigerende en compenserende maatregelen

19.6.1 Mitigerende maatregelen

In deze paragraaf zijn maatregelen beschreven om effecten te beperken en te voorkomen dat er meer negatieve effecten kunnen optreden.

Aanleg transportleiding

Bij de voorgenomen activiteit wordt de huidige situatie zoveel mogelijk hersteld. Uitgangspunt is dat landschappelijk en historische waardevolle elementen en patronen waar mogelijk worden teruggebracht in oorspronkelijke staat. Ook eventuele verwijderde beplanting wordt teruggebracht met de oorspronkelijke soorten. Indien onder een weg, dijk, of kanaal met beplanting in de buurt wordt geboord, wordt de opstelplaats buiten de beplanting opgesteld en de beplanting, mits vitaal, in stand gehouden.

Daar waar landschappelijk en cultuurhistorisch waardevolle patronen, lijn- en punten worden doorsneden is het streven deze situatie zo goed mogelijk te behouden. Het effect is onder andere afhankelijk van de manier waarop de grond wordt teruggebracht.

Gezien de effectbeoordeling zijn de volgende mitigerende maatregelen nodig:

Mitigerende maatregel: bij het kruisen van landschappelijk en cultuurhistorisch waardevolle patronen (zoals de kwelderwal, historisch dorpslint en beplanting) kruising uitvoering met een (gestuurde) boring. Of indien dat niet mogelijk is de werkstrook beperken tot het te vergraven gedeelte.

Mitigerende maatregel: bij het graven van de sleuf de oorspronkelijk bodemopbouw terugbrengen met behoud van (micro-)reliëf, zoals steilranden en (kruinige) percelen.

Aanleg productielocatie

Bij de aanleg van het terrein van Locatie 2 kan een eventuele aantasting van landschappelijk- en cultuurhistorische elementen voorkomen worden door het plannen van het terrein en de bijbehorende ontsluiting met respect voor de aanwezige kavelstructuur. Ook de inpassing van het terrein en de toegangsweg in de huidige structuur van lijn- en puntelementen kan meegenomen worden.

Mitigerende maatregel: aanleg terrein van boorinstallatie inclusief ontsluitingsweg op basis van het huidige verkavelingspatroon.

Het kenmerkende verkavelingspatroon wordt na aanleg van de transportleiding hersteld om de schade op landschappelijke en cultuurhistorische kenmerken zo veel mogelijk te beperken. Het patroon kan slechts gedeeltelijk hersteld worden. Vanwege het herstel wat NAM in het kader van haar maatregelen treft is het effect uiteindelijk licht negatief (0/-).

Mitigerende maatregel (locatie 1): het versterken van de landschappelijke structuur en het beperken van de zichtbaarheid van de locatie in de dorpsrand, door het versterken van beplanting.

Mitigerende maatregel (locatie 2): Een goed ontworpen aarden wal kan het contrast van de productielocatie met de omgeving beperken, zo dient voorkomen te worden dat de aarden wal gaat lijken op een zeedijk of te massief overkomt. Dit kan bereikt worden door het buitentalud flauw en de kruin smal uit te voeren met eenvoudige rationele vormen, in aansluiting aan op het zeekleilandschap in de omgeving.

Voor de vormgeving van de aarden wal zijn de volgende uitgangspunten benoemt:

- Alzijdig; omsluit de gehele locatie
- Voldoende hoogte (minimaal 2 meter)
- Smalle kruin (voorkomen onnodig ruimtebeslag)
- Uitvoering taluds met rechte vormen (rationele vlakken)
- Flauw buitentalud (helling minimaal 1:3, bij voorkeur 1:5) met steil binnentalud

De ligging van de locatie levert beperkingen op voor de inpassing; er is geen ruimte om de aarden wal door te trekken ten noorden en westen. Het zicht vanaf de doorgaande weg Dongerawei (N358) in het zuiden en oosten kan worden afgeschermd door een aarden wal, maar vanaf de weg Koaterhûsterwei in het noorden blijft de productielocatie zichtbaar, wel is de afstand hier groter (ca. 475 m).

Voor de aanleg van de aarden wal kan de grond die vrijkomt voor het graven van een watergang (compensatiemaatregel water) worden gebruikt. Hiermee worden grondtransporten in het gebied zoveel mogelijk beperkt. De ligging van de locatie levert echter beperkingen op voor de inpassing, waardoor de aarden wal enkel aan de zuid en oostzijde gerealiseerd kan worden. De beschreven maatregelen hebben geen gevolgen voor de effectbeoordeling in het MER.

19.7 Leemten in kennis en monitoringprogramma

19.7.1 Leemten in kennis

De effecten zijn bepaald op basis van meting (doorsnijding, ruimtebeslag) en expert judgement. Er zijn geen leemten in kennis bij de beschrijving van de toestand in de autonome ontwikkeling en de effectbeoordeling. De essentiële informatie voor de besluitvorming is hiermee aanwezig.

19.7.2 Monitoringprogramma

Vanuit de Wet milieubeheer is het Bevoegd Gezag verplicht om de effecten, die zijn beschreven in het MER tijdens en na de realisatie van het project te evalueren. Het doel van de monitoring is drieledig:

- Studie naar mogelijke onvoorziene effecten door geconstateerde leemten in kennis en informatie.
- Toetsing van de voorspelde effecten aan daadwerkelijk optredende effecten.
- Monitoring van voorgestelde mitigerende en compenserende maatregelen, toetsing of de oorspronkelijke staat van het gebied voldoende mate hersteld is.

REFERENTIES

ANEM-2013. EINDRAPPORTAGE Verslag van monitoring- en verspreidingsonderzoek met betrekking tot de weekdieren van de Europese habitatrichtlijn en trendonderzoek naar Typische soorten van de mariene Europese Habitattypen H1110B en H1160.

Apeldoorn, R. van & C.J. Smit, 2006. Vuurwerk en Natuur, effecten van evenementenvuurwerk op beschermde natuurwaarden in Zeeland. Alterra rapport 1383. Alterra, Wageningen.

Arcadis, 2015. QRA TERNAARD-1; Nederlandse Aardolie Maatschappij. Arcadis NV

Arcadis, 2016. Deel II. Locatiespecifieke passende beoordeling. Zandwinning, zandtransport & zandsuppletie Vlieland Oost en Vlieland Haven.

Baart F., R. Leander, J. de Ronde, H. de Vries, V. Vuik, R. Nicolai. 2015. Zeespiegelmonitor 2014; Rekenmethode voor huidige en toekomstige zeespiegelstijging. Deltares, HKV Lijn in Water, KNMI rapport 1209426-000-VEB-0011, Finale versie.

Ballasus, H. & Sossinka, R. 1996. Auswirkungen von Hochspannungstrassen auf die Flächennutzung überwinternder Bläß- und Saatgänse Anser albifrons, A. Fabalis. Journal of Ornithology 138: 215-228.

Beets, D.J., Van der Spek, A.J.F. & Van der Valk, L., 1994: Holocene ontwikkeling van de Nederlandse kust. RGD rapport 40.016 - Project Kustgenese. Haarlem, Rijks Geologische Dienst, Hoofdafdeling Ondiepe Ondergrond, 53 pp.

Benjamins, I.E., 2016. Bureauonderzoek en inventariserend veldonderzoek archeologie leidingtracé Ternaard – Moddergat. Assen: Arcadis Nederland BV.

Blomert, A.M., 2002. De samenhang tussen bodemgesteldheid, droogligtijd en foerageerdichtheid van vogels binnen de intergetijdenzone. A&W-rapport 330. Altenburg & Wymenga Ecologisch onderzoek, Veenwouden.

Broekmeyer, M.E.A. (redactie), 2006. Effectenindicator Natura 2000-gebieden; achtergronden en verantwoording ecologische randvoorwaarden en storende factoren. Wageningen, Alterra, rapport 1375.

Christianen, M.J.A., S.J. Holthuijsen, E.M. van der Zee, A. van der Eijk, L.L. Govers, T. van der Heide, H. de Paoli & H. Olff. Ecotopen- en Kansrijkdomkaart; Project Waddensleutels. van de Nederlandse Waddenzee Waddensleutels rapportnummer 2015.04.01.

De Waal, J.A., J.P.A. Roest, P.A. Fokker, I.C. Kroon, J.N. Breunese, A.G. Muntendam-Bos, A.P. Oost & G. van Wirdum. 2012. The effective subsidence capacity concept: How to assure that subsidence in the Wadden Sea remains within defined limits? Netherlands Journal of Geosciences — Geologie en Mijnbouw, vol. 91 – 3, pag. 385 – 399.

Deltares 2011 Gebouwschade Loppersum

Deltares 2013 Effecten geïnduceerde aardbevingen op kritische infrastructuur Groningen Quick Scan naar de sterkte van de infrastructuur

Deltares 2016 Aardbevingen Groningen: naar een methode voor risicogebaseerd prioriteren versterkingen

Dijkema, K.S., W.E. van Duin, E.M. Dijkman, A. Nicolai, H. Jongerius, H. Keegstra, L. van Egmond, H.J. Venema & J.J. Jongsma. Vijftig jaar monitoring en beheer van de Friese en Groninger kwelderwerken: 1960-2009, Alterra WOt-werkdocument 22.

Donker, J., 2015. Hydrodynamic processes and the stability of intertidal mussel beds in the Dutch Wadden Sea. Proefschrift Universiteit Utrecht.

Duran Matute, M., T. Gerkema, G.J. de Boer, J.J. Nauw, U. Gräwe (2014). Residual circulation and fresh-water transport in the Dutch Wadden Sea: a numerical modeling study. Ocean Science, 10, 611–632. DOI:10.5194/os-10-611-2014

Elias, E.P.L., 2019, Een actuele sedimentbalans van de Waddenzee. Deltares rapport 11203683-001-ZKS-0002, Versie 0.2, 19 september 2019, definitief.

Elias, E.P.L. en A. Bruens, 2013, Beheerbibliotheek Ameland – Feiten & cijfers ter ondersteuning van de jaarlijkse toetsing van de kustlijn. Deltares rapport 1207724-004-ZKS-0015.

Elias, E.P.L., Van der Spek, A.J.F., Wang, Z.B. and De Ronde, J.G. (2012).“Morphodynamic development and sediment budget of the Dutch Wadden Sea over the last century,” Netherlands Journal of Geoscience, 91(3), 293–310.

Elschot, K., A. de Groot, K. Dijkema, C. Sonneveld, J.T. van der Wal, P. de Vries, B. Brinkman, W. van Duin, W. Molenaar, J, J. Krol., L. Kuiters, D. de Vries, R. Wegman, P. Slim, E. Koppenaal, J. de Vlas, 2017. Ontwikkeling kwelder Ameland-Oost; Evaluatie bodemdalingsonderzoek 1986-2016 in: Begeleidingscommissie Monitoring Bodemdaling Ameland (red.). Monitoring effecten van bodemdaling op Oost-Ameland.

EMS98 European Macroseismic Scale 1998 – Editor G. GRUNTHAL

Ens BJ. Van der Meer J. Troost K. Van Winden E. Schekkerman H. Rappoldt K., 2019. Monitoring van het voor vogels oogstbare voedselaanbod in de kombergingen van het Pinkegat en Zoutkamperlaag. Rapportage tot en met monitoringjaar 2018. Sovon-rapport 2019/22.

Eysink, W.D. and Biegel, E.J., 1992. ISOS*2 Project, Impact of sea level rise on the morphology of the Wadden Sea in the scope of its ecological function, Investigations on empirical morphological relations, Report H1300 Phase 2, WL | Delft Hydraulics Laboratory, September 1992, 73 p.

Eysink, W.D., 1979. Morfologie van de Waddenzee, gevolgen van zand- en schelpenwinning. Waterloopkundig Laboratorium, Rapport R1336.

Hoeksema, H.J., H.P.J. Mulder, M.C. Rommel, J.G. de Ronde & J. de Vlas, 2004. Bodemdalingsstudie Waddenzee 2004: Vragen en onzekerheden opnieuw beschouwd. RIKZ-rapport 2004-025. 67 p. + bijlagen.

Institute of Estuarine & Coastal Studies, 2009. Construction and waterfowl: Defining sensitivity, response, impacts and guidance. University of Hull.

Jongbloed, R.H., J.T. van der Wal, J.E. Tamis, S.I. Jonker, B.J.H. Koolstra & J.H.M. Schobben, 2011. Nadere effectenanalyse Waddenzee en Noordzeekustzone. ARCADIS en Imares Wageningen UR.

Koffijberg K., P. de Boer, F. Hustings, A. van Kleunen, K. Oosterbeek & J.S.M. Cremer (2015). Broedsucces van kustbroedvogels in de Waddenzee in 2011-2013. Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu, Ottechnical report 51; Sovon-rapport 2015/61, IMARES-rapport C153/15

Kragtwijk, N. G., Zitman, T. J., Stive, M. J. F. and Wang, Z. B., 2004. Morphological response of tidal basins to human interventions, Coast. Eng., 51(3): 207-221.

Krol, J. 2015. Wadsedimentatiemetingen Ameland, Engelsmanplaat, Paesens en Schiermonnikoog 2007-2014 Rapport Natuurcentrum Ameland.

Krol, J. 2016. Wadplaatsedimentatie bij Ameland 2000-2015. Rapport Natuurcentrum Ameland.

KNMI, 2015: KNMI’14-klimaatscenario’s voor Nederland; Leidraad voor professionals in klimaatadaptatie, KNMI, De Bilt, 34 pp

Louters, T. en Gerritsen, F., 1994. Het mysterie van de wadden, Hoe een getijdesysteem inspeelt op de zeespiegelstijging. Min. van V. en W., Dir.Gen. RWS, RIKZ, Rapp. RIKZ94.040, oktober 1994. NAM, 1990. Bodemdaling door aardgaswinning, Groningen Veld en Randvelden, Statusrapport 1990, Prognose tot het jaar 2050, NAM, februari 1990.

Meijers, W., Lodders-Elfferich, P.C., Hermans, L.M.L.H.A. ruimte voor de wadden. 2004, eindrapport adviesgroep Waddenzee beleid.

Ministerie CRM. (1977). Aanwijzingsbesluit Moddergat.

Ministerie van Economische Zaken en Klimaat, 2016. Algemeen deel Natura 2000-beheerplannen Waddengebied, juni 2016.

Ministerie van Economische Zaken en Klimaat, 2017. Effectenindicator website.

Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat. (2011). *Besluit algemene regels ruimtelijke ordening (Barro).*

Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat, 2016a. Natura 2000-beheerplan Waddenzee Periode 2016-2022.

Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat, 2016b. Natura 2000-beheerplan Noordzeekustzone Periode 2016-2022.

Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat, 2017. Technische uitgangspunten voor belasting en sterkte van primaire keringen bij aardbevingen. (IENM/BSK-2017/172122)

Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit, 2008a. Natura 2000-gebied Waddenzee. Directie Regionale Zaken DRZO/2008-001.

Mol, K., en W.A. Ytsma, 2017. Actualisatie bureauonderzoek archeologie leidingtracé Ternaard – Moddergat. Amersfoort Arcadis Nederland BV (Arcadis Archeologische Rapporten 112).

Molenaar, J.G. de, 2003, Lichtbelasting. Overzicht van de effecten op mens en dier. Wageningen, Alterra, Research Instituut voor de Groene Ruimte. Alterra-rapport 778.

Mulder, J.P.M., 2000, Zandverliezen in het Nederlandse kustsysteem, Rijkswaterstaat RIKZ, rapport RIKZ/2000.36,

NAM (2015) Flare dimensions calculations Ternaard -2. Nederlandse Aardolie Maatschappij.

NAM, 2006. MER Gaswinning vanaf de locaties Moddergat, Lauwersoog en Vierhuizen.

NAM/TNO 2015 Hazard and Risk Assessment for Induced Seismicity Groningen - Update 1st May 2015

Nederlandse Aardolie Maatschappij (NAM), 2016. Gaswinning vanaf de locaties Moddergat, Lauwersoog en Vierhuizen: Integrale beoordeling en samenvatting van de monitoringresultaten over 2015. Assen.

Nederlandse Aardolie Maatschappij (NAM), 2016. Gaswinning vanaf de locaties Moddergat, Lauwersoog en Vierhuizen: Integrale beoordeling en samenvatting van de monitoringresultaten over 2015. Assen.

Oost, A.P., B.J. Ens, A.G. Brinkman, K.S. Dijkema, W.D. Eysink, J.J. Beukema, H.J. Gussinklo, B.M.J. Verboom & J.J. Verburgh, 1998. Integrale bodemdalingstudie Waddenzee. Nederlandse Aardolie Maatschappij B.V., Assen. 372 p.

Oost, A.P., B.J. Ens, A.G. Brinkman, K.S. Dijkema, W.D. Eysink, J.J. Beukema, H.J. Gussinklo, B.M.J. Verboom & J.J. Verburgh, 1998. Integrale bodemdalingstudie Waddenzee. Nederlandse Aardolie Maatschappij B.V., Assen. 372 p.

P. Herman, N. Villars, J. Winterwerp, T. Van Kessel, Z. Wang, C. Brière, L. Van Rijn, and J. Cleveringa, Analyse Vaargeul Holwerd-Ameland, Deltares rapport (2016).

Provincie Fryslân, 2017. Kaartenapplicatie natuur (fryslan.maps.arcgis.com)

Provincie Fryslân, (n.d.). Cultuurhistorische Kaart Fryslân (CHK2)

Rappoldt C. & Ens B.J. 2013. Het effect van bodemdaling op overwinterende scholeksters in de Waddenzee. Een modelstudie met WEBTICS. EcoCurves rapport 17/ Sovon-rapport 2013/19. EcoCurves / Sovon Vogelonderzoek Nederland.

RDMZ. (1977). Stads- en Dorpsgezichten, toelichting Moddergat.

Reijnen M.J.S.M. & R.P.B. Foppen. 1991. Effect van wegen met autoverkeer op de dichtheden van broedvogels (hoofdrapport). IBN-rapport 91/1.DLO-Instituut voor Bos- en Natuuronderzoek, Leersum;

Rijkswaterstaat, 2013. Kenmerkende waarden Getijgebied 2011.0. Rapport.

Rijkswaterstaat, 2016. Kustlijnkaarten 2017. Rapport.

Rijkswaterstaat, 2016. Algemene passende beoordeling zandwinning, zandtransport en zandsuppletie - Deel I. Versie 2016

Risicokaart (2017). http://nederland.risicokaart.nl/?ext=191035.85,597754.05,195829.6,601062.99. Risicokaart.nl

Smit, C.J., S.M.J.M Brasseur, B.J. Ens & K.H. Oosterbeek, 2007. Effecten van schietoefeningen vanaf fort Erfprins op natuurwaarden in het zeegat van Texel. IMARES rapport C109/07, SOVON onderzoeksrapport 2007/05. Imares, Den Burg; Alterra, Wageningen.

SodM 2016 Brief van TNO aan Staatstoezicht op de Mijnen van 27 mei 2016 “Relatie tussen PGA waarden en kans op schade voor geïnduceerde aardbevingen in Groningen”.

SodM 2016. Methodiek voor risicoanalyse omtrent geïnduceerde bevingen door gaswinning tijdelijke leidraad voor adressering mbb. 24.1.p, versie 1.2

Steinborn, H., Reichenbach, M., Timmermann, H., 2011. Windkraft – Vögel – Lebensräum Ergebnisse einer siebenjährigen Studie zum Einfluss von Windkraftanlagen und Habitatparametern auf Wiesenvögel. Eine Publikation der ARSU GmbH.Arbeitsgruppe für regionale Struktur- und Umweltforschung GmbH.

Tebodin (2016) QRA Buisleidingen; Ternaard (TRN-2). Tebodin Netherlands B.V.

TNO, 2016. Advies “actualisering beleidsscenario zeespiegelstijging voor delfstofwinning onder de Waddenzee”. Brief d.d. 27 juni 2016 met kenmerk AGE 16-10.066

TNO/KNMI 2012 - TNO 2012 R11139 Seismisch Hazard van geïnduceerde aardbevingen Integratie voor deelstudies (24 december 2012)

Van der Kam, J., B. Ens, T. Piersma & L. Zwarts. 1999. Ecologische atlas van de Nederlandse wadvogels. Schuyt & Co. Haarlem

Van der Lugt M., Visser, M. & Van den Boomgaard,H., 2019. Analyse LiDAR-data voor het Friese zeegat (2010-2018) Monitoring effect bodemdaling door gaswinning. Deltares rapport.

Van der Spek & D.J. Beets (1992) Mid-Holocene evolution of a tidal basin in the western Netherlands: a model for future changes in the northern Netherlands under conditions of accelerated sea-level rise? Sedimentary Geology 80. 185-197.

Van der Spek, A.J.F., 2004. Sediment accumulation in Atlantic back-barrier basins in the Netherlands; fine-grained infilling under high rates of sea-level rise. Bartholdy, J. & J.B. Torp Pederson (red.). Abstracts Tidalites 204, 6th International Conference on Tidal Sedimentology, 2-5 aug. 2004 Copenhagen, Denmark.

Van der Zee, E. 2014 Soft-bottom intertidal ecosystems shaped by ecosystem engineers. Consequences for trophic structure. Proefschrift Universiteit Groningen

Van Duin, W. E., H. Jongerius, A. Nicolai, J.J. Jongsma, A. Hendriks & C. Sonneveld, 2016. Friese en Groninger kwelderwerken: monitoring en beheer 1960-2014. WOt/Imares-rapport C042/16.

Van Duin, W.E. & C. Sonneveld. 2016) Vegetatie en opslibbing in de Peazemerlannen en het referentiegebied west-Groningen: Jaarrapport 2015. Alterra Rapport C034/16.

Van Goor, M. A., Zitman, T. J., Wang, Z. B. and Stive, M. J. F., 2003. Impact of sea-level rise on the orphological equilibrium state of tidal inlets, Mar. Geol., 202(3-4): 211-227.

Vermaas, T. en E.P.L. Elias en L.M. Vonhögen, 2013. Ontwikkeling gefaseerde suppletie Ameland 2010-2011. Deltares rapport 1207724-002.

Vermaas, T. en V. Marges, 2015, Detailanalyse volumeveranderingen rondom Ameland, Deltares, Rapport 1220040-006.

Voslamber, B. & Liefting, M., 2011. Standaard Rekenmethodiek grasetende watervogels in de Rijntakken. SOVON-onderzoeksrapport 2011/09. SOVON Vogelonderzoek Nederland, Nijmegen.

Wang, Z.B. en W.D. Eysink, 2005. Abiotische effecten van bodemdaling in de Waddenzee door gaswinning, Rapport Z3995, WL | Delft Hydraulics.

Weerman, E. 2011. Spatial patterns in phototrophic biofilms. The role of physical and biological interactions Proefschrift Radboud Universiteit Nijmegen

Wiersma P. & van Dijk K. 2009. Hoogwatervluchtplaatsen op de kaart van het waddengebied (deel 1): kleine eilanden, platen en vastelandkust van Noord-Holland en Friesland. SOVON-informatierapport 2009/19. SOVON Vogelonderzoek Nederland, Beek-Ubbergen.

VERKLARENDE WOORDENLIJST

Begrip	Uitleg
Alternatief	Compleet uitgewerkte oplossing voor gaswinning. In het MER zal een voorkeursalternatief worden gedefinieerd.
Archeologie	Wetenschap van oude historie op grond van bodemvondsten en opgravingen.
Autonome ontwikkeling	Ontwikkelingen die optreden zonder dat gaswinning in het plangebied plaatsvindt.
Besluit m.e.r.	Besluit milieueffectrapportage van de Wet milieubeheer
Bevoegd gezag	De overheidsinstantie die bevoegd is het m.e.r.-plichtige besluit te nemen en die de m.e.r.-procedure organiseert, in deze EZK.
Boorinstallatie	De fysieke installatie waarmee een boring wordt uitgevoerd.
Commissie voor de m.e.r.	Onafhankelijke commissie die het bevoegd gezag adviseert over de richtlijnen voor de inhoud van het MER en de beoordeling van de kwaliteit van het MER.
Compenserende maatregel	Maatregel waarbij in ruil voor het aanbrengen van milieuschade op de ene plaats vervangende waarden elders worden gecreëerd.
Cultuurhistorie	Geschiedenis van de ontwikkelingsgang der beschaving
EZK	Ministerie van Economische Zaken en Klimaat
Ecologie	Wetenschap die de relaties tussen organismen en hun omgeving (milieu) bestudeert.
Gebruiksruimte	Het volume dat in een kombergingsgebied beschikbaar is voor ‘gebruik’, bijvoorbeeld in de vorm van de bodemdaling door delfstoffenwinning of zandwinning. Wanneer het volume van de gebruiksruimte niet wordt overschreden kunnen de wadplaten in het kombergingsgebied meegroeien met de stijgende zeespiegel.
Hydromorfologie	De leer van de vorm van het landschap en van de vormende processen van waterbeweging en sedimenttransport.
Kombergingsgebied	Het gebied waarin ieder getij een watervolume wordt geborgen, dat via één of meerdere geulen of een zeegat toe- en afstroomt. Het kombergingsgebied wordt begrensd door wantijen. Het kombergingsgebied van een zeegat is opgebouwd uit deelgebieden per geul.
Kabeltracé	De ligging van de leidingen en kabels in de bodem.
LNV	Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit
Meegroeivermogen	Sediment in mm per jaar dat kan worden afgezet (in de Waddenzee)
m.e.r.	Milieueffectrapportage (=procedure)
MER	Milieueffectrapport
Mitigerende maatregel	Maatregel om de nadelige gevolgen van de voorgenomen activiteit voor het milieu te voorkomen of te beperken.
NAM	Nederlandse Aardolie Maatschappij B.V.

Begrip	Uitleg
Natura 2000-gebied	Aangewezen gebied waar de reglementen gelden van de Vogel- en Habitatrichtlijn, in Nederland vastgelegd in de Natuurbeschermingswet
NRD	Notitie Reikwijdte en Detailniveau
PB	Passende Beoordeling
Plaat	Een ondiepte in de Waddenzee of op de buitendelta's, die aan één of aan alle zijden wordt begrensd door een geul. De meeste platen in de Waddenzee vallen droog bij laag water. Met name in de Westelijke Waddenzee zijn er ook platen die nooit droogvallen.
Plangebied	Het gebied waarop het plan betrekking heeft.
Sedimentatie	Sedimentatie of accumulatie is het bezinken en ophopen van sedimenten. In de Waddenzee vindt sedimentatie van zand en slib plaats.
Studiegebied	Gebied waarbinnen alle relevante effecten optreden bij realisatie van één der alternatieven.
Waddengebied	Onder het waddengebied wordt verstaan de Waddenzee, de Waddeneilanden, de zeegaten tussen de eilanden, de Noordzeekustzone tot 3 zeemijl uit de kust, alsmede het grondgebied van de aan de Waddenzee grenzende vastelandsgemeenten, gebaseerd op de huidige gemeentegrenzen.
Wantij	Plek tussen eilanden en kust waar tijdens vloed de getijstromen samenkomen. Op het wantij is hierdoor wel sprake van eb en vloed maar nauwelijks van stroming. In gebieden met een zachte bodem, zoals in de Waddenzee, bezinkt daarom op deze plek het meeste slib, met als gevolg dat het wantij vaak een ondiepe zone is.
Winningsplan	Voor het winnen van delfstoffen moet een winningsplan gemaakt worden, waarin nader wordt ingegaan op de details van de winning. Dit plan moet goedgekeurd worden door de minister van Economische Zaken en Klimaat.
Wm	Wet milieubeheer
Zandsuppleties	Het aanbrengen van een volume zand op het strand, op de onderwateroever of op geulwanden. Met zandsuppleties wordt de achteruitgang van de kustlijn voor enige tijd ongedaan gemaakt.

BIJLAGEN

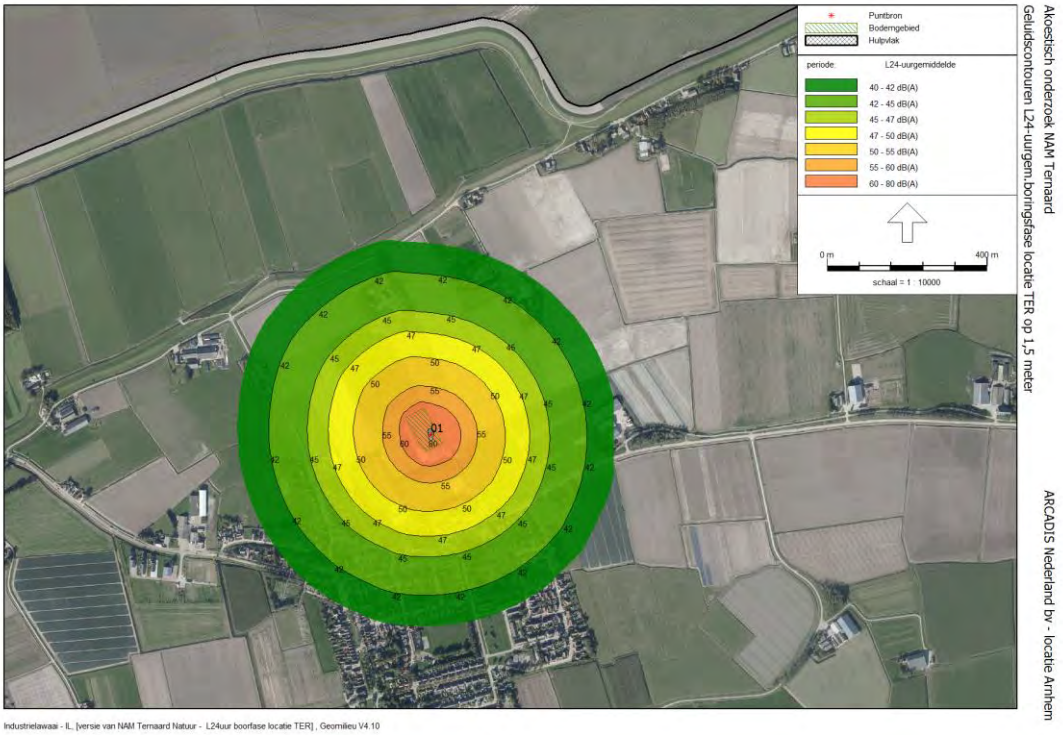
BIJLAGE I: GELUIDSCONTOUREN

De geluidscontourberekeningen zijn alleen uitgevoerd voor de locatie nabij Ternaard. De ligging van de Locatie 2 (in de polder) wijkt niet wezenlijk af van Locatie 1 (bij Ternaard) (op ongeveer vergelijkbare afstand tot aan de Waddenzee) en de invulling en werkzaamheden zijn eveneens gelijk. Hierdoor gelden dezelfde waarden, afstanden en eventuele effecten.

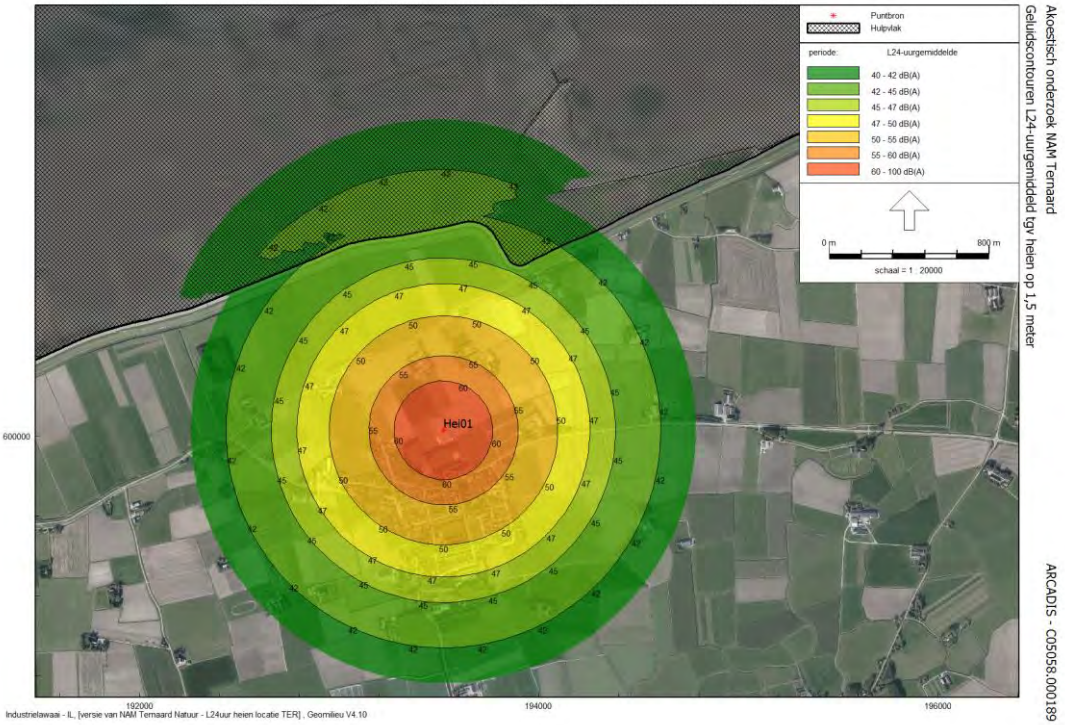
Voor de aanleg van de transportleiding is eveneens geen visualisatie gemaakt, hiervoor geldt de volgende tabel:

Geluidscontour [dB(A)]	Afstand ten opzichte van de bron [meter]
40	193
42	160
45	123
47	103
50	80
55	54
60	37

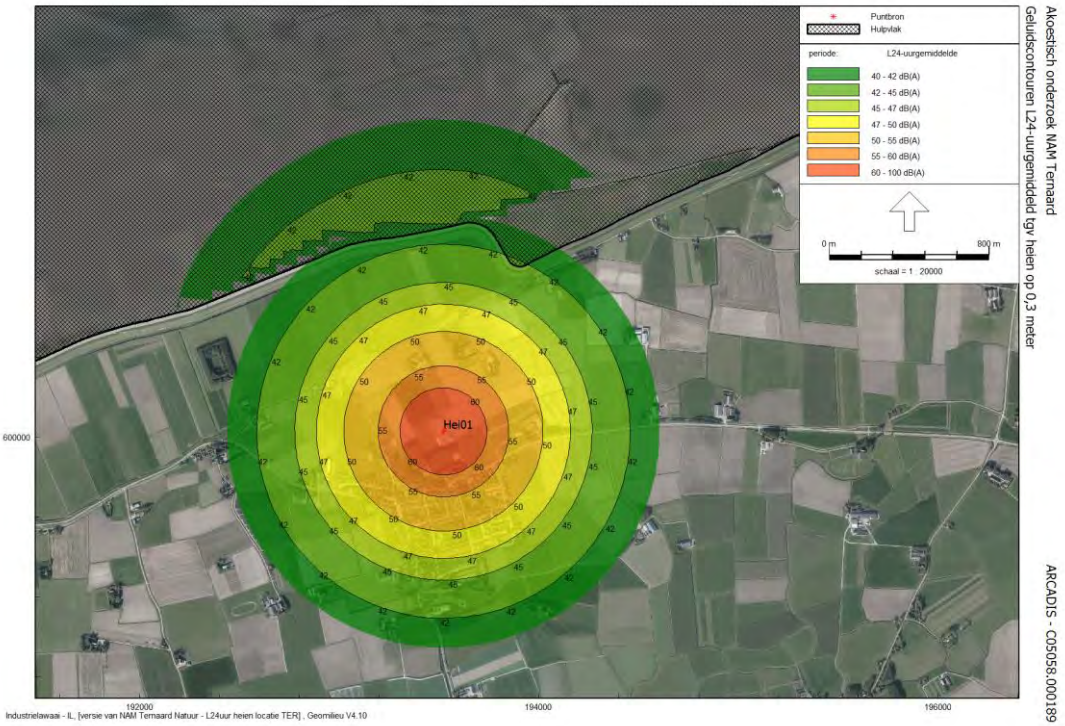
Aanlegfase 24-uurs equivalent op 1,5 meter



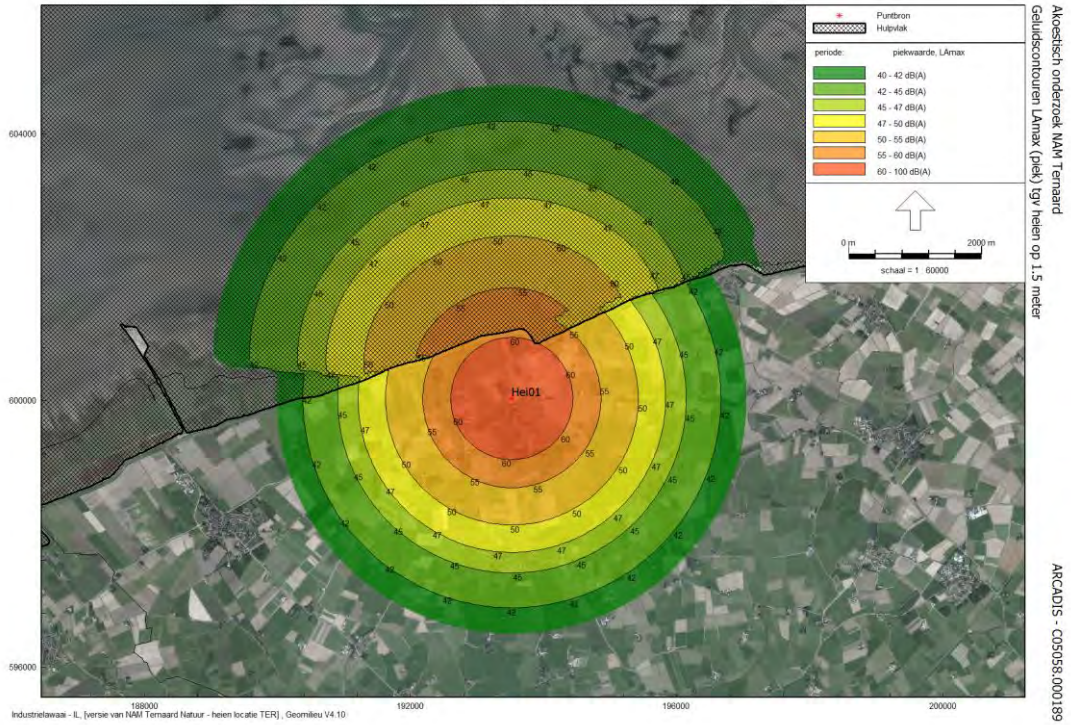
Aanlegfase heien 24-uurs equivalent op 1,5 meter



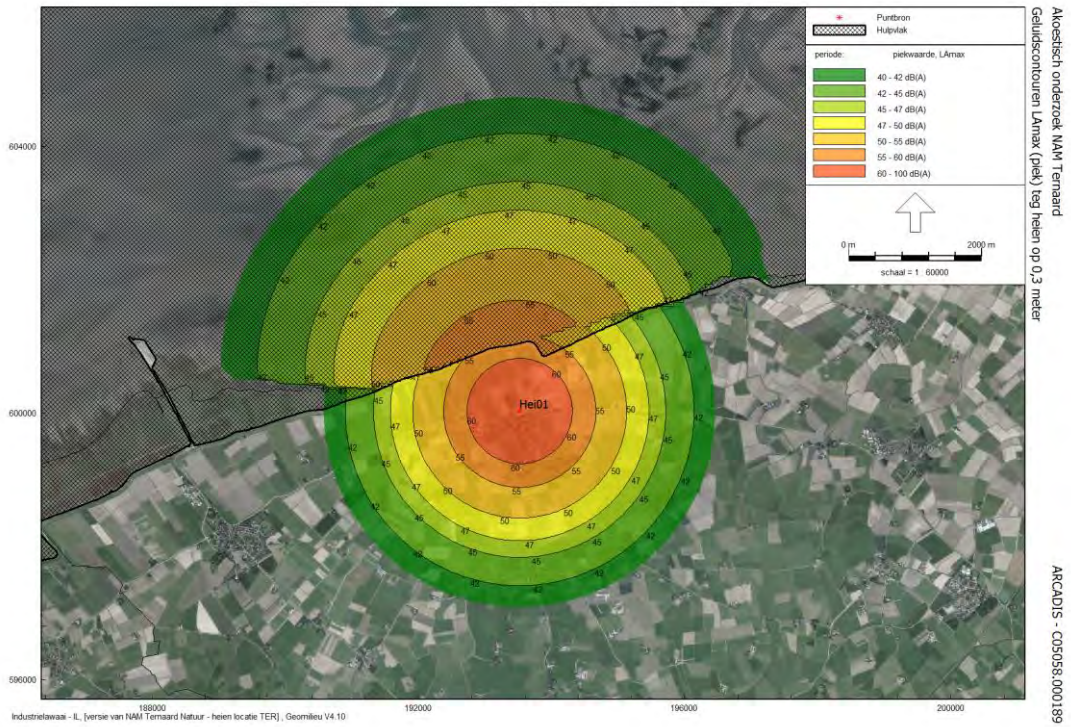
Aanlegfase heien 24-uurs equivalent op 0,3 meter



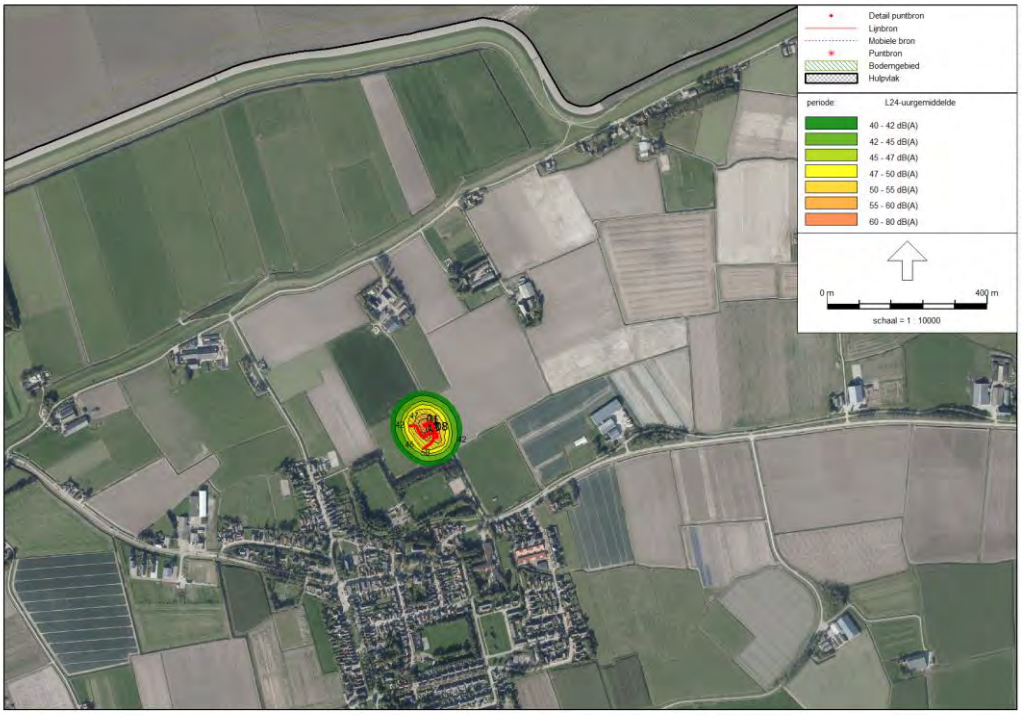
Aanlegfase heien piekbelasting op 1,5 meter



Aanlegfase heien piekbelasting op 0,3 meter



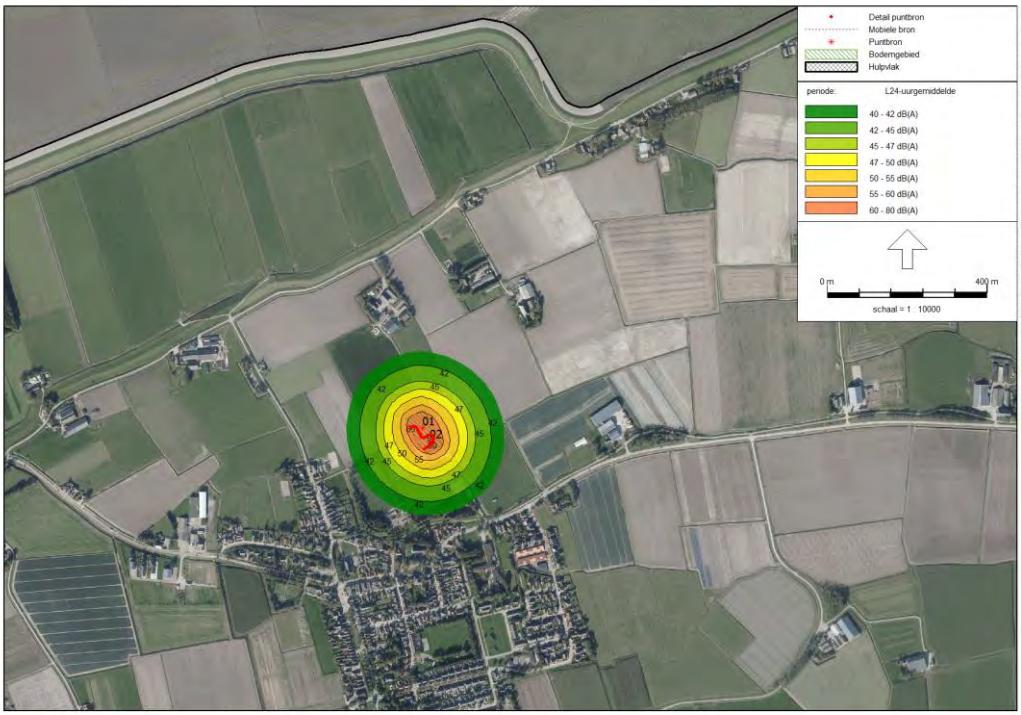
Winning 24-uurs equivalent op 1,5 meter



Akoestisch onderzoek NAM Ternaard
Geluidscontouren L24-uurgem. winningsfase locatie TER op 1,5 meter
ARCADIS Nederland bv - locatie Arnhem

Industrielawaai - IL, [versie van NAM Ternaard Natuur - L24uur Winningsfase locatie TER] , Geomilieu V4.10

Verwijderingsfase 24-uurs equivalent op 1,5 meter

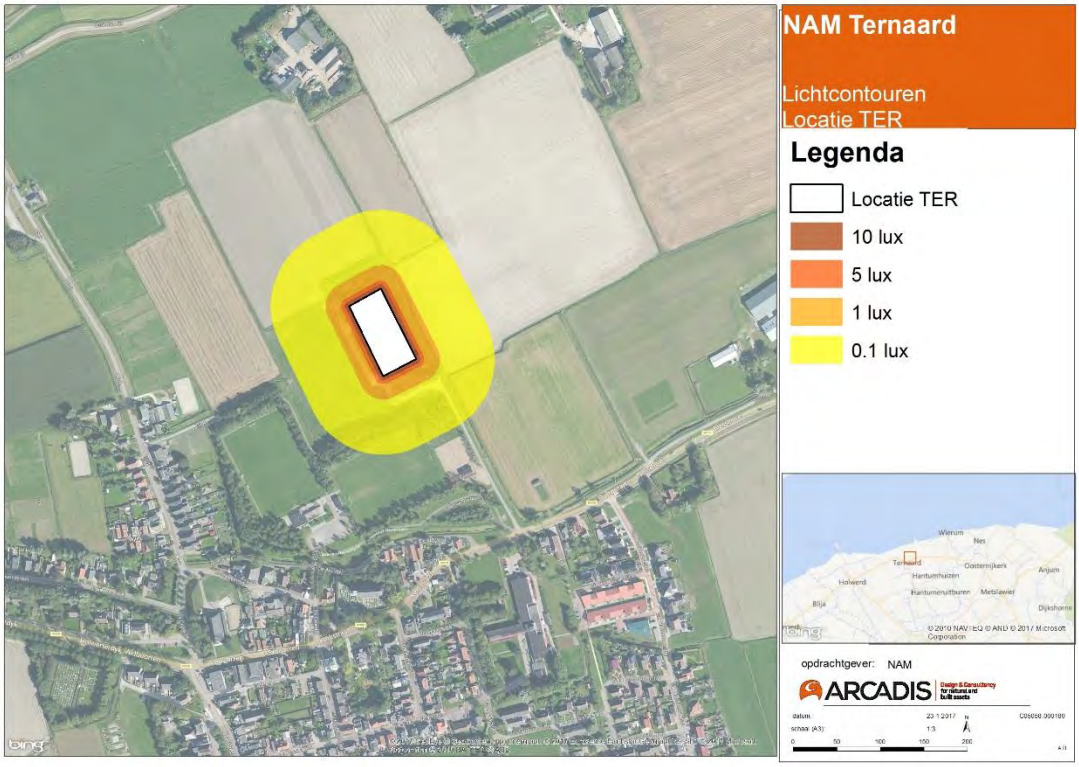


Akoestisch onderzoek NAM Ternaard
Geluidscontouren L24-uurgem. verwijderingsfase locatie TER op 1,5 meter
ARCADIS Nederland bv - locatie Arnhem

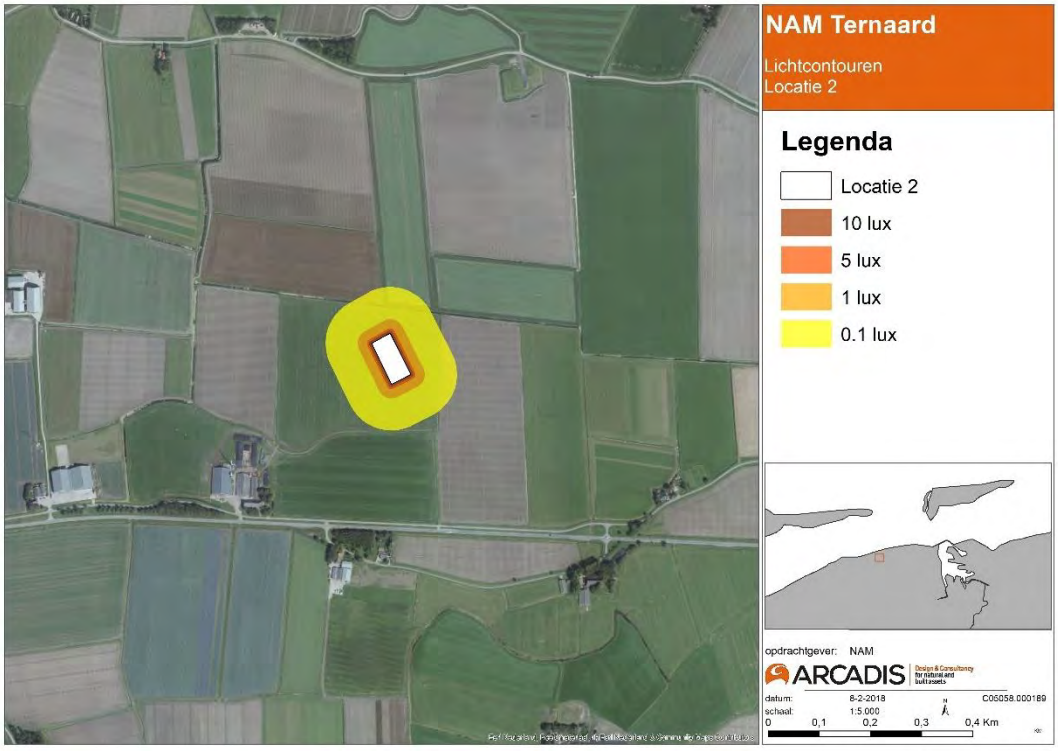
Industrielawaai - IL, [versie van NAM Ternaard Natuur - Verwijderingsfase locatie TER] , Geomilieu V4.10

BIJLAGE II: LICHTCONTOUREN

Locatie 1 productielocatie Ternaard



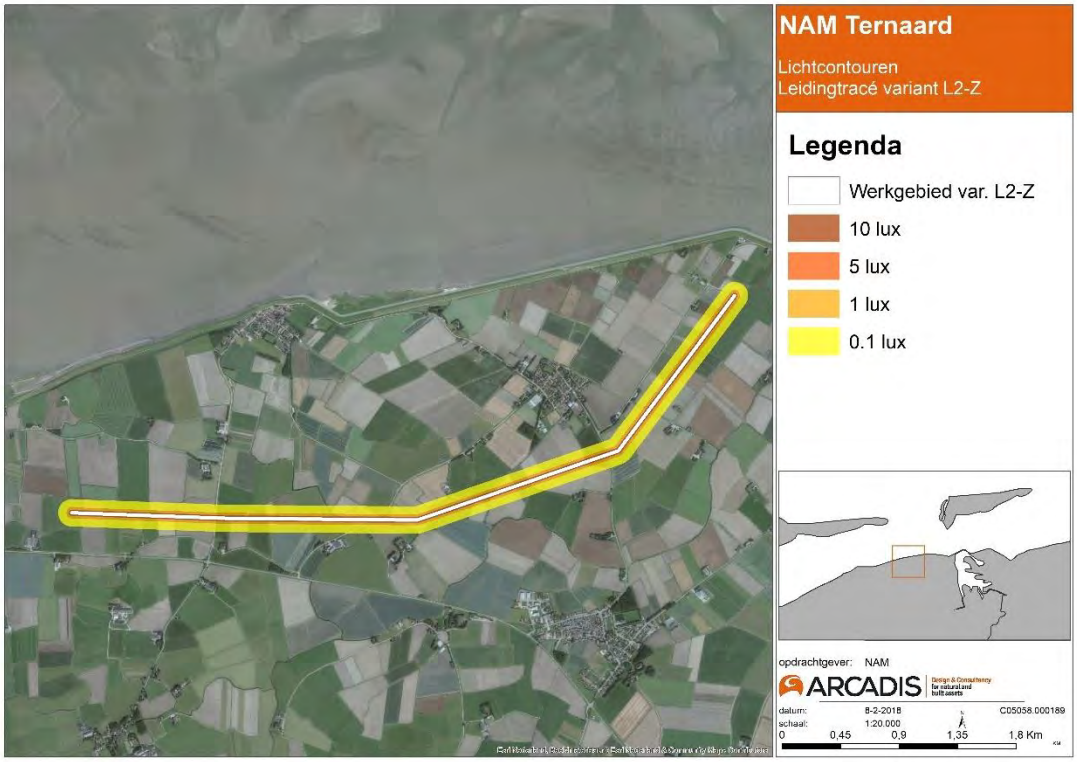
Locatie 2 productielocatie polder



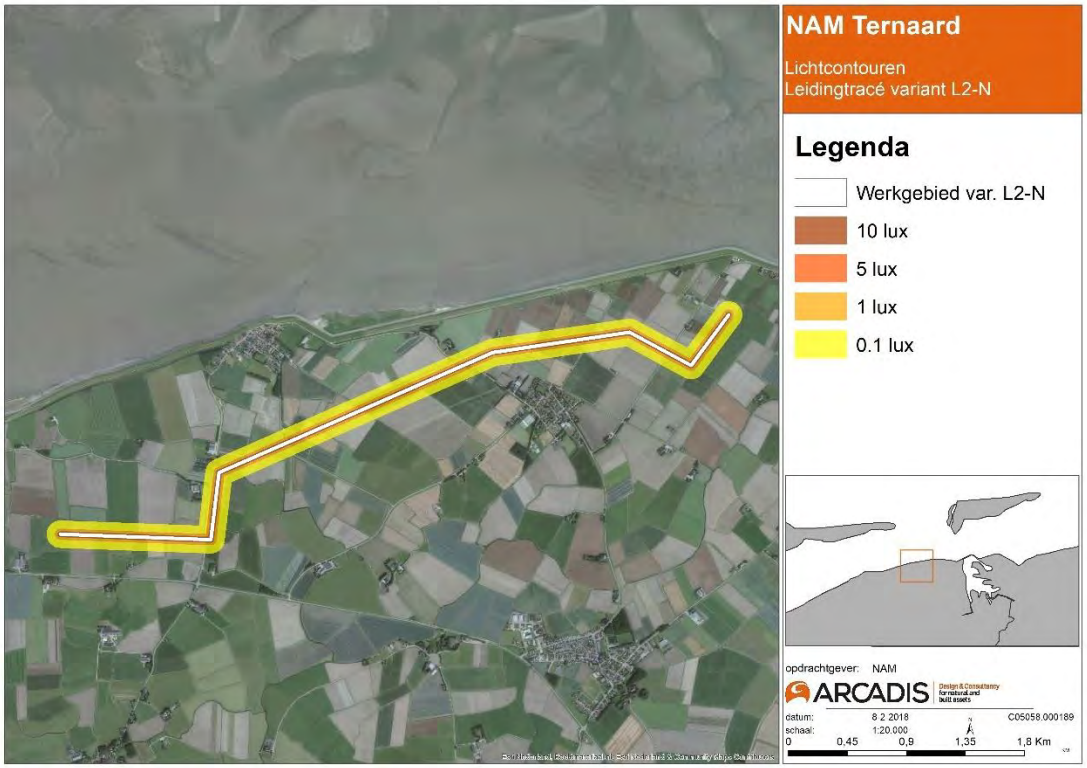
Locatie 1 Ternaard en Leidingtracé zuid

Locatie 1 Ternaard en Leidingtracé noord

Locatie 2 Polder en Leidingtracé zuid



Locatie 2 Polder en Leidingtracé noord



BIJLAGE III: AERIUS-BEREKENING

Bijlage B1: Uitgangspunten depositieberekening

Activiteiten

In deze bijlage worden de activiteiten van het project beschreven die mogelijk leiden tot een toename van stikstofdepositie op aangewezen stikstofgevoelige habitattypen of leefgebieden van aangewezen soorten in een Natura 2000-gebied tot gevolg kunnen hebben. De activiteiten m.b.t. de voorgenomen activiteit vinden enkel op land plaats. Voor het inzetten van machines en aan- en afvoer van materiaal zal per as over de weg plaatsvinden.

In de onderstaande tabel zijn de verschillende activiteiten weergeven die invloed hebben op emissies.

Materieel	Activiteit
(Bestel)bussen/personenauto	Vervoeren personeel
Vrachtwagens	Aan- en afvoeren van de boorinstallatie
Laadschop	Voorbereiden productielocatie
Heistelling	Heien van funderingen voor de bouw van boorinstallatie
Hijskraan	Hijswerkzaamheden voor de boorinstallatie en materieel leidingtracé
Graafmachine	Graafwerkzaamheden t.b.v. aanleg leidingtracé en voorbereidend werk productielocatie
Bemalingspomp	Verpompen van water t.b.v. aanleg leidingtracé
Boorinstallatie	Boorwerkzaamheden kabelsystemen
Fakkelinstallatie	Affakkelen van gas
Generatoren	De dieselgeneratoren voorzien de boorinstallatie van elektriciteit.

Zichtjaar

Effecten kunnen optreden tijdens de aanleg- en tijdens de exploitatiefase. Bij het project Gaswinning Ternaard, is er geen sprake van effecten (of verwaarloosbare effecten) tijdens de winningsfase. In de winning zijn geen noemenswaardig emissies. De enige emissie van NOx en fijn stof in de winning is van een vrachtwagen die materialen komt brengen of afvoeren en/of een personenwagen van een operator. Enkel de aanlegfase is belangrijk voor de berekeningen in de AERIUS Calculator.

De boring duurt naar verwachting 4,5 maanden en is gepland voor medio 2021 Na de boring wordt de leiding aangelegd. De aanleg van het leidingtracé zal circa 4 maanden in beslag nemen.

In de modellering is worst case uitgegaan van een realisatieprocedure van 1 kalenderjaar. Het jaar dat is gekozen voor de berekeningen is 2020. De berekening voor het jaar 2020 kan als worst case worden gezien, omdat in toekomstige jaren lagere emissiefactoren voor wegverkeer worden gehanteerd.

Kenmerken emissiebronnen

Deze paragraaf beschrijft en onderbouwt de brongegevens die worden gebruikt bij de berekening van de depositiebijdrage van het project binnen het onderzoeksgebied. De beschreven brongegevens vormen de invoer voor de berekeningen met AERIUS Calculator. Bij de inventarisatie is onderscheid gemaakt tussen de verschillende typen bronnen, welke bij een of meer onderdelen worden ingezet.

Mobiele werktuigen

De werkvoertuigen behorend bij de mobiele werktuigen zijn: rupsgraafmachines, hijskranen, graafmachines, laadschoppen, heistellingen en bemalingspompen. De emissies van dieselmaterieel zijn afhankelijk van het motorisch vermogen, de gemiddelde belasting, het bouwjaar en de draaiuren. De emissiefactoren van onder andere dieselmaterieel is op Europees niveau gereguleerd via technische voorschriften aan het voertuig en de verbrandingsmotor.

Emissiefactoren
De voorschriften voor dieselmaterieel gelden sinds 1997. De EU-richtlijnen (97/68/EC en 2002/88/EC) bevatten normen voor de maximale uitstoot van luchtverontreiniging per vermogensklasse in gram/kWh. Er is sprake van invoering in vier fasen van strenger wordende emissienormen. De derde fase verloopt in twee stappen: Stage IIIA voor motoren met een variabel toerental met bouwjaar 2006/2008 en Stage IIIB voor bouwjaar 2011/2013. De vierde fase geldt vanaf 2014 (EU-richtlijnen 2004/26/EC).

De levensduur van dieselmaterieel is afhankelijk van het type machine. Het dieselmaterieel dat in dit project wordt ingezet, heeft een mediane levensduur[22] tussen 6 en 10 jaar. De aanlegwerkzaamheden vinden plaats tussen najaar 2018 en voorjaar 2019. Gelet op de mediane levensduur en het jaar van aanvang van de werkzaamheden, zal naar verwachting dieselmaterieel worden ingezet dat aan de emissie-eisen voldoet van Stage IIIA, IIIB en/of Stage IV. In de berekeningen is uitgegaan van Stage IIIA/IIIB. De NOx-emissiefactor van Stage IV is circa een factor 9 lager dan de NOx-emissiefactor van Stage III. De PM_{10}-emissiefactor van Stage IV is gelijk aan de PM_{10}-emissiefactor van Stage IIIB.

Motorbelasting
De motorbelasting (aanspreken van motorisch vermogen) van dieselmaterieel gedurende een werkcyclus is wisselend. Er wordt nooit of zelden het maximale motorisch vermogen aangesproken. De gemiddelde belasting varieert voor het meeste dieselmaterieel tussen 50 tot 60%. In de emissieberekeningen is gecorrigeerd voor de gemiddelde belasting. De gemiddelde belasting is afkomstig uit het genoemde TNO-rapport[23].

Emissievracht
Op basis van het totaalaantal bedrijfsuren, motorisch vermogen van materieel, de gemiddelde belasting en emissiefactoren, is de totale NO_x- en PM_{10}-emissievracht bepaald. Een overzicht van het in te zetten materieel in de aanlegfase en de gehanteerde uitgangspunten is opgenomen in onderstaande tabel.

Omschr.	aantal	Totaal aantal dagen	Totaal aantal uur [uren]	Motorisch vermogen [kW]	Gemid. belasting [%]	Emiss. factor NO_x [g/kWh]	TAF fact	Totaal NO_x vracht [kg]
Voorbereiding/aanleg boor-/productielocatie								
Heistelling	1	15	120	250	60	0,36	1,1	7,13
Laadschop	1	30	240	265	60	0,36	1,05	14,42
Graafmachine	1	30	240	125	60	0,36	0,87	5,64
Asfalt	1	5	40	106	60	0,36	0,95	0,87

[22] Afkomstig uit TNO-rapport 'Emissiemodel Mobiele Machines gebaseerd op machineverkopen in combinatie met brandstof Afzet, EMMA' van november 2009.
[23] Afkomstig uit TNO-rapport 'Emissiemodel Mobiele Machines gebaseerd op machineverkopen in combinatie met brandstof Afzet, EMMA' van november 2009.

Omschr.	aantal	Totaal aantal dagen	Totaal aantal uur [uren]	Motorisch vermogen [kW]	Gemid. belasting [%]	Emiss. factor NO_x [g/kWh]	TAF fact	Totaal NO_x vracht [kg]
Aanleg leidingtracé								
Kranen	6	87	4.176	250	60	0,36	1,1	248,05
Graafmachines	4	87	2.784	125	60	0,36	0,87	64,40
Bemalingspompen	16	87	33.408	6	80	0,36	1,1	211,67

Dieselgeneratoren boorinstallatie

Voor de boringen wordt de boorinstallatie T700 ingezet of vergelijkbaar. De boorinstallatie wordt van elektrische energie voorzien door 4 dieselgeneratoren. Uit metingen blijkt dat de NOx uitstoot bij een boring 0,22 gram per kWh opgewekte energie betreft. Voor de totale boring is 3130 MWh aan elektriciteit nodig. In onderstaande tabel is een overzicht opgenomen met de gehanteerde uitgangspunten voor de emissieberekeningen.

Overzicht uitgangspunten emissieberekeningen dieselgeneratoren boorinstallatie

Omschrijving	Aantal	Totaal aantal dagen	Totaal energiever bruik [MWh]	Emissie factor NO_x [g/kWh]	NO_x- vracht [kg]
Boorinstallatie T700	1	134	3130	0,22	688,60

Affakkelen

De NO_x-emissiefactor is afgeleid uit EPA-rapport ‘AP42, 15.5 Industrial Flares’. In onderstaande tabel is een overzicht opgenomen met de gehanteerd uitgangspunten voor de emissieberekeningen.

Overzicht uitgangspunten emissieberekeningen fakkels

Omschr.	aantal	Hoeveelheid gas [m^3/]	Emissiefactor NO_x [g/m^3 gas]	NO_x- vracht [kg]
Fakkels	2	1.600.000	1,04	1.664

Wegverkeer

De emissiefactoren van gemotoriseerd wegverkeer worden jaarlijks, medio maart, gepubliceerd door het ministerie van Infrastructuur en Waterstaat voor de huidige situatie en verschillende toekomstige jaren. Latere jaren reflecteren een afname van emissiefactoren vanwege strenge emissie-eisen die aan de motorvoertuigen worden gesteld. Hierdoor wordt het wagenpark in Nederland steeds schoner.

De emissiefactoren van wegverkeer zijn afhankelijk van het zichtjaar, de voertuigcategorie en het snelheidstype. De (grote) vrachtwagens zijn beschouwd als ‘zware motorvoertuigen’. De personenauto’s en autobusjes zijn beschouwd als ‘lichte motorvoertuigen’. In de berekeningen is uitgegaan van snelheidstype ‘stagnerend verkeer’ op de productielocatie tot aan de hoofdweg.

In de emissieberekeningen zijn de emissiefactoren van het zichtjaar 2020 gehanteerd. De invoerparameter in het rekenmodel is weekdaggemiddelde intensiteit over het hele jaar. Het aantal motorvoertuigbewegingen

is omgerekend naar weekdaggemiddelde intensiteit. In onderstaande tabel is een overzicht opgenomen met de gehanteerde weekdaggemiddelde intensiteit per fase.

Omschrijving	Totaal aantal bewegingen
Aanlegfase:	
Licht verkeer	40
Zwaar vrachtverkeer	52

Bijlage B2: Stikstofdepositie als gevolg van het project

Aeriusberekening met kenmerk RvkCCjegsyz4 (30 april 2020)

BIJLAGE IV: INSTANDHOUDINGSDOELEN WADDENZEE EN NOORDZEEKUSTZONE

Legenda: SVI landelijk: Landelijke Staat van Instandhouding (-- zeer ongunstig; - matig ongunstig, + gunstig); = Behoudsdoelstelling; > Verbeter- of uitbreidingsdoelstelling. Populatie: voor broedvogels is dit de draagkracht van het aantal broedpaar, voor niet-broedvogels de draagkracht voor het aantal exemplaren.

Legenda: SVI landelijk: Landelijke Staat van Instandhouding (-- zeer ongunstig; - matig ongunstig, + gunstig); = Behoudsdoelstelling; > Verbeter- of uitbreidingsdoelstelling. Populatie: voor broedvogels is dit de draagkracht van het aantal broedpaar, voor niet-broedvogels de draagkracht voor het aantal exemplaren.

Waddenzee

Instandhoudingsdoel	SVI Landelijk	Oppervlak	Kwaliteit	Populatie
Habitattypen				
H1110A Permanent overstroomde zandbanken (getijdengebied)	-	=	>	
H1130 Estuaria	--	=	>	
H1140A Slik- en zandplaten (getijdengebied)	-	=	>	
H1310A Zilte pionierbegroeiingen (zeekraal)	-	=	=	
H1310B Zilte pionierbegroeiingen (zeevetmuur)	+	=	=	
H1320 Slijkgrasvelden	--	=	=	
H1330A Schorren en zilte graslanden (buitendijks)	-	=	>	
H1330B Schorren en zilte graslanden (binnendijks)	-	=	=	
H2110 Embryonale duinen	+	=	=	
H2120 Witte duinen	-	=	=	
H2130A Grijze duinen (kalkrijk)	--	=	=	
H2130B Grijze duinen (kalkarm)	--	=	>	
H2160 Duindoornstruwelen	+	=	=	
H2190B Vochtige duinvalleien (kalkrijk)	-	=	=	
Habitatrichtlijnsoorten				
H1014 Nauwe korfslak	-	=	=	=
H1095 Zeeprik	-	=	=	>
H1099 Rivierprik	-	=	=	>
H1103 Fint	--	=	=	>
H1364 Grijze zeehond	-	=	=	=
H1365 Gewone zeehond	+	=	=	>

Instandhoudingsdoel	SVI Landelijk	Oppervlak	Kwaliteit	Populatie
Broedvogels				
Duinen				
A081 Bruine kiekendief	+	=	=	30
A082 Blauwe kiekendief	--	=	=	3
A222 Velduil	--	=	=	5
Kwelders en stranden				
A034 Lepelaar	+	=	=	430
A063 Eider	--	=	>	5.000
A132 Kluut	-	=	>	3.800
A137 Bontbekplevier	-	=	=	60
A138 Strandplevier	--	>	>	50
A183 Kleine mantelmeeuw	+	=	=	19.000
A191 Grote stern	--	=	=	16.000
A193 Visdief	-	=	=	5.300
A194 Noordse stern	+	=	=	1.500
A195 Dwergstern	--	>	>	200
Niet-broedvogels				
Visetende soorten				
A005 Fuut	-	=	=	310
A017 Aalscholver	+	=	=	4.200
A034 Lepelaar	+	=	=	520
A069 Middelste zaagbek	--	=	=	150
A070 Grote zaagbek	+	=	=	70
A197 Zwarte stern	-	=	=	23.000^{max}
Duik- en grondeleenden				
A052 Wintertaling	-	=	=	5.000

Instandhoudingsdoel	SVI Landelijk	Oppervlak	Kwaliteit	Populatie
A053 Wilde eend	+	=	=	25.400
A054 Pijlstaart	-	=	=	5.900
A056 Slobeend	+	=	=	750
A067 Brilduiker	+	=	=	100
A051 Krakeend	+	=	=	320
A061 Kuifeend	--	=	>	
Naar schelpdieren duikende soorten				
A062 Topper	--	=	>	3.100
A063 Eider	+	=	=	90.000-115.000^{mid}
Kwelderfoerageerders				
A037 Kleine zwaan	-	=	=	1.600^{max}
A039b Toendrarietgans	+	=	=	-
A043 Grauwe gans	+	=	=	7.000
A045 Brandgans	+	=	=	36.800
A046 Rotgans	-	=	=	26.400
A050 Smient	+	=	=	33.100
Benthoseters				
A048 Bergeend	+	=	=	38.400
A130 Scholekster	-	=	=	140.000-160.000
A132 Kluut	+	=	=	6.700
A137 Bontbekplevier	--	=	=	1.800
A140 Goudplevier	+	=	=	19.200
A141 Zilverplevier	-	=	=	22.300
A142 Kievit	-	=	>	10.800
A143 Kanoet	-	=	=	44.400
A144 Drieteenstrandloper	+	=	=	3.700
A147 Krombekstrandloper	+	=	=	2.000^{max}

Instandhoudingsdoel	SVI Landelijk	Oppervlak	Kwaliteit	Populatie
A149 Bonte strandloper	--	=	=	206.000
A156 Grutto	+	=	=	1.100
A157 Rosse grutto	+	=	=	54.400[24]
A160 Wulp	+	=	=	96.200
A161 Zwarte ruiter	-	=	=	1.200
A162 Tureluur	+	=	=	16.500
A164 Groenpootruiter	--	=	>	1.900
A169 Steenloper	--	=	=	2.300-3.000
Roofvogels				
A103 Slechtvalk	--	=	>	40[max]

Noordzeekustzone

Habitattypen/Soorten		SVI Landelijk	Doelst. Opp.vl.	Doelst. Kwal.
Habitattypen				
H1110B	Permanent overstroomde zandbanken (Noordzee-kustzone)	-	=	>
H1140B	Slik- en zandplaten (Noordzee-kustzone)	+	=	=
H1310A	Zilte pionierbegroeiingen (zeekraal)	-	=	=
H1310B	Zilte pionierbegroeiingen (zeevetmuur)	+	=	=
H1330A	Schorren en zilte graslanden (buitendijks)	-	=	=
H2110	Embryonale duinen	+	=	=
H2190B	Vochtige duinvalleien (kalkrijk)	-	=	=
Habitatrichtlijnsoorten				
H1095	Zeeprik	-	=	=

[24] Enige afname in relatie tot herstel van schelpdierbanken is aanvaardbaar.

Habitattypen/Soorten		SVI Landelijk	Doelst. Opp.vl.	Doelst. Kwal.
H1099	Rivierprik	-	=	=
H1103	Fint	--	=	=
H1351	Bruinvis	--	=	>
H1364	Grijze zeehond	-	=	=
H1365	Gewone zeehond	+	=	=
Broedvogels				
A137	Bontbekplevier	-	=	=
A138	Strandplevier	--	>	>
A195	Dwergstern	--	>	>
Niet-broedvogels				
A001	Roodkeelduiker	-	=	=
A002	Parelduiker	?	=	=
A017	Aalscholver	+	=	=
A048	Bergeend	+	=	=
A062	Toppereend	--	=	=
A063	Eider	--	=	=
A065	Zwarte zee-eend	-	=	=
A130	Scholekster	--	=	=
A132	Kluut	-	=	=
A137	Bontbekplevier	+	=	=
A141	Zilverplevier	+	=	=
A143	Kanoet	-	=	=
A144	Drieteenstrandloper	-	=	=
A149	Bonte strandloper	+	=	=
A157	Rosse grutto	+	=	=

Habitattypen/Soorten		SVI Landelijk	Doelst. Opp.vl.	Doelst. Kwal.
A160	Wulp	+	=	=
A169	Steenloper	--	=	=
A177	Dwergmeeuw	-	=	=

BIJLAGE V: METHODIEK EN UITGANGSPUNTEN MILIEU

Gedurende dit project is een inspanning geleverd om de stikstofdepositiessterk te reduceren, wat geleid heeft tot de inzet van zuinige materieel en efficiëntere inzet zoals beschreven in Bijlage III.

In de uitgangpunten en berekeningen in deze bijlage is deze optimalisatieslag niet doorgevoerd. De resultaten kunnen daarmee als een worst case beschouwd worden.

Methodiek en uitgangspunten geluidsonderzoek

Methodiek

Het akoestisch onderzoek is uitgevoerd conform de “Handleiding meten en rekenen Industrielawaai”, 1999 van het voormalige Ministerie van VROM. Voor het akoestisch onderzoek zijn alle relevante geluidbronnen geïnventariseerd en de representatieve bedrijfssituatie vastgesteld. Vervolgens is een akoestisch rekenmodel opgesteld met alle relevante geluidbronnen, bodemgebieden en beoordelingspunten.

De overdrachtsberekeningen zijn verricht met het softwarepakket “Geomilieu, versie V4.10, Industrielawaai methode II.8”. In de berekeningen wordt met alle van belang zijnde factoren rekening gehouden, zoals afstandsreductie, reflecties, afscherming, bodem- en luchtdemping en bedrijfsduurcorrecties.

Uitgangspunten aanlegfase

De uitgangspunten voor de representatieve bedrijfssituatie voor de aanleg-, winning en verwijderingsfase zijn samengevat in Tabel 19-16 t/m Tabel 19-18. Voor het thema geluid wordt uitgegaan van een representatief etmaal. In de aanlegfase zijn voor het thema geluid vier fases te onderscheiden, te weten: aanleg van de boor-/productielocatie, booractiviteiten, aanleg leidingtracé en testfase (affakkelen).

Voorbereiding (aanleg boor-/productielocatie)

De aanleg van de boor-/productielocatie neemt circa 10 weken in beslag. In deze fase wordt de geluidsproductie vooral door de heiwerkzaamheden bepaald. De heiwerkzaamheden vinden plaats gedurende 2 tot 3 weken op de werkdagen in de dagperiode. In de berekeningen is ervan uitgegaan dat de effectieve heitijd circa 50% van de werktijd is. In de aanlegfase kunnen er 12 vrachtwagens (24 bewegingen) bij de productielocatie komen.

Boring

Het boren van de put strekt zich uit over een periode van circa 4,5 maanden, waarin continu (24 uur per etmaal, 7 dagen per week) wordt geboord. De geluidbelasting tijdens de boring wordt bepaald door de boorinstallatie en de dieselgeneratoren.

Tijdens de boring zijn er 3 tot 7 vrachten per dag nodig. In de berekeningen is uitgegaan van 7 vrachten per dag. Transporten gedurende de nachtperiode zullen zoveel mogelijk worden vermeden. In de berekeningen is ervan uitgegaan dat er in de avond- en nachtperiode één vrachtwagen kan komen en gaan.

Aanleg leidingtracé

Om het gas te transporteren naar de afnemer wordt een nieuwe ondergrondse transportleiding met een diameter van zo’n 30 centimeter aangelegd tussen de productielocatie en de bestaande mijnbouwlocatie Moddergat. De aanleg van de leiding neemt circa 4 maanden in beslag. De werkzaamheden vinden plaats op de werkdagen gedurende 8 uur. Er worden naar verwachting 4 graafmachines en 6 kranen ingezet. De inzet van deze machines wordt verspreid over het beoogde tracé. Hiernaast wordt er per 50 meter open sleuf een bemalingspomp ingezet. In de berekeningen is ervan uitgegaan dat twee machines en een bemalingspomp gelijktijdig op één locatie aanwezig zijn. Op een representatieve dag komen er circa 20 vrachten (40 bewegingen) voor de aan- en afvoer van materialen.

Testen

Het affakkelen van vrijkomend gas wordt gedaan om een *blow-out* als gevolg van overdruk te voorkomen. De duur van het affakkelen hangt sterk af van hoe de clean-up verloopt.

Er worden 4 fakkels geplaatst. Het affakkelen vindt 3 keer 8 uur verdeeld over 36 uur plaats. Daarna wordt nog een periode van 24 uur non-stop afgefakkeld. Er wordt circa 400.000 Nm^3 gas per fakkel afgefakkeld.

Tabel 19-16 Representatieve bedrijfssituatie Aanlegfase

Geluid		Bron-vermogen	Effectieve bedrijfstijd in uren c.q. het aantal bewegingen		
Nr.	Omschrijving	L_{WA} [dB(A)]	Dag 7-19 uur	Avond 19-23 uur	Nacht 23-7 uur
Voorbereiding/aanleg boor-/productielocatie					
01	Heistelling	131	4 uur	--	--
02	Laadschop	106	8 uur	--	--
03	Graafmachine	106	8 uur	--	--
M01	Transportbewegingen	104	24 bew.	--	--
Boren					
01	Boorinstallatie incl. generatoren	111	12 uur	4 uur	8 uur
M01	Transportbewegingen	104	10 bew.	2 bew.	2 bew.
Aanleg leidingtracé					
01	Kraan	106	8 uur	--	--
02	Graafmachine	106	8 uur	--	--
03	Bemalingspomp	79	12 uur	4 uur	8 uur
M01	Transportbewegingen	104	40 bew.	--	--
Testen/affakkelen					
01-04	4 fakkels	109/stuk	12 uur	4 uur	8 uur

Uitgangspunten winning

Voor de winning van het gas uit de nieuwe gasproductieput zal gebruik worden gemaakt van een nieuw te plaatsen verplaatsbare productie-eenheid. De geluidsbronnen en geluidsemissie in de winning is afkomstig uit het akoestisch rapport van Noordelijk Akoestisch Adviesburo (NNA) ‘Geluidsprognose NAM-Locatie 1-1’ d.d. 24 november 2015. Een overzicht van de representatieve bedrijfssituatie is opgenomen in onderstaande tabel.

Tabel 19-17 Representatieve bedrijfssituatie winning

Geluid		Bron-vermogen	Effectieve bedrijfstijd in uren c.q. het aantal bewegingen		
Nr.	Omschrijving	L_{WA} [dB(A)]	Dag 7-19 uur	Avond 19-23 uur	Nacht 23-7 uur
01	Productie-eenheid TRN	95	12	4	8
02	Anti corrosie eenheid	76	12	4	8
03	Methanol injectie eenheid	76	12	4	8
04	Leiding deel 1	76	12	4	8
05	Leiding deel 2	71	12	4	8
06	Leiding deel 3	64	12	4	8
07	Uitlaatmanifold	85	12	4	8
08	PSV-leidingen	77	12	4	8
M01	Transportbewegingen	104	2 bew.	--	--

Uitgangspunten verwijderingsfase

Na het afronden van de gaswinning, wanneer het gas uit het beoogde put op is, wordt de productielocatie (en de transportleiding) weer verwijderd. Op de productielocatie wordt de productie unit verwijderd en afgevoerd. Het verwijderen en afvoeren van de productie unit neemt circa 10 dagen in beslag. Gedurende de verwijderingsfase komen maximaal 12 vrachtwagens (24 bewegingen) per etmaal op de productielocatie. De geluidsbronnen in de verwijderingsfase zijn twee dieselmaterieel- en transportbewegingen. Een overzicht van de representatieve bedrijfssituatie is in onderstaande tabel weergegeven.

Tabel 19-18 Representatieve bedrijfssituatie verwijderingsfase

Geluid		Bron-vermogen	Effectieve bedrijfstijd in uren c.q. het aantal bewegingen		
Nr.	Omschrijving	L_{WA} [dB(A)]	Dag 7-19 uur	Avond 19-23 uur	Nacht 23-7 uur
01	Dieselmaterieel 1	106	8 uur	--	--
02	Dieselmaterieel 2	106	8 uur	--	--
M01	Transportbewegingen	104	24 bew.	--	--

Methodiek en uitgangspunten luchtkwaliteitonderzoek

Methodiek

De belasting van de omgeving rondom de emissiebronnen in de aanleg-, winnings- en verwijderingsfase is berekend met behulp van een verspreidingsmodel. De verspreidingsberekeningen zijn uitgevoerd met standaardrekenmethoden 3 conform de Regeling beoordeling luchtkwaliteit 2007. De gebruikte pc-applicatie is Geomilieu versie 4.10 module Stacks. Dit model is gebaseerd op het Nieuw Nationaal Model (NNM). Geomilieu module Stacks is goedgekeurd door het Ministerie van I&W voor luchtverspreidingsberekeningen. De berekeningen zijn uitgevoerd voor het referentiejaar 2017.

NIEUW NATIONAAL MODEL

Het Nieuw Nationaal Model beschrijft het transport en de verdunning van stoffen in de atmosfeer op basis van het Gaussisch pluimmodel. Het betreft een 'lange termijn' berekening en de beschouwde periode bedraagt daarom ten minste een jaar. De gebruikte meteorologische gegevens bestaan uit uurgemiddelde gegevens van onder meer de windrichting, de windsnelheid, de zonne-instraling en de temperatuur. Het NNM houdt rekening met de heersende achtergrondconcentratie, de pluimstijging en de gebouwinvloed.

Het NNM berekent op verschillende rasterpunten de immissieconcentratie voor elk afzonderlijk uur van de beschouwde periode. Hieruit wordt berekend gedurende welk percentage van de jaarlijkse uren (de overschrijdingsfrequentie) een bepaalde immissieconcentratie wordt overschreden.

In Tabel 19-19 zijn de algemene invoerparameters weergegeven die zijn gehanteerd bij de berekeningen.

Tabel 19-19 Algemene invoerparameters

Omschrijving	Invoerparameters
Meteorologische periode	1995 – 2004 conform RBL 2007
Ruwheidslengte z_0	0,10 meter berekend met PreSRM-tool conform RBL2007
Rekenhoogte	1,5 m conform RBL2007
Referentiejaar	2017

Uitgangspunten aanlegfase

Bij het bepalen van de luchtemissies als gevolg van de aanleg van de productielocatie is telkens gezocht naar een conservatieve aanlegmethode vanuit luchtkwaliteit optiek.

Voorbereiding

De aanleg van de boor-/productielocatie neemt circa 10 weken in beslag. In deze fase wordt divers dieselmaterieel ingezet voor het heien, het voorbereiden van de grond en het aanbrengen van goten, asfalt en hekwerk. In deze fase vinden er 120 transportbewegingen voor de aan- en afvoer van materialen (puin, asfalt en menggranulaat) plaats. Hiernaast vinden er 180 transportbewegingen voor de aanvoer van heipalen, hekwerk, zand e.d. plaats. In totaal vinden er dus 300 transportbewegingen plaats. Tijdens de voorbereiding zijn er maximaal 25 mensen tegelijk op de site aanwezig. In de berekeningen is ervan uitgegaan dat ieder persoon met een eigen auto komt. Dit betreft een conservatieve benadering.

Boring

Het boren van de put strekt zich uit over een periode van circa 4,5 maanden, 134 dagen, waarin continu (24 uur per etmaal, 7 dagen per week) wordt geboord. De luchtemissies tijdens de boring worden vooral bepaald door de dieselgeneratoren die de boorinstallatie aandrijven.

Tijdens de boring zijn er 3 tot 7 vrachten per dag nodig. In de berekeningen is uitgegaan van gemiddeld 5 vrachten per dag. Gedurende de aanlegfase vinden er in totaal 1.340 transpoortbewegingen plaats. Er wordt in 3 ploegen gewerkt. Ieder ploeg bestaat uit maximaal 15 mensen. In de berekeningen is ervan uitgegaan dat ieder persoon met een eigen auto komt.

Aanleg leidingtracé

Om het gas te transporteren naar de afnemer wordt een nieuwe ondergrondse transportleiding met een diameter van zo'n 30 centimeter aangelegd tussen de productielocatie en de bestaande mijnbouwlocatie Moddergat. Het aanleg van de leiding neemt circa 4 maanden in beslag. De werkzaamheden vinden plaats op de werkdagen gedurende 8 uur. Er worden naar verwachten 4 graafmachines en 6 kranen ingezet. De inzet van deze machines wordt verspreid over de beoogde tracé. Hiernaast wordt er per 50 meter open sleuf een bemalingspomp ingezet. In de berekeningen is ervan uitgegaan dat 16 bemalingspompen gelijktijdig worden ingezet. Op een representatieve dag komen circa 20 vrachten (40 bewegingen) voor de aan- en afvoer van materialen. Op een dag komen maximaal 50 mensen. In de berekeningen is ervan uitgegaan dat ieder persoon met een eigen auto komt.

Testen

Het affakkelen, ook wel *affakkelen* genoemd, van vrijkomend gas wordt gedaan om een *blow-out* als gevolg van overdruk te voorkomen. De duur van het affakkelen hangt sterk af van hoe de clean-up verloopt. Er worden 4 fakkels geplaatst. Het affakkelen vindt 3 keer 8 uur verdeeld over 36 uur plaats. Daarna wordt nog een periode van 24 uur non-stop afgefakkeld. Er wordt circa 400.000 Nm^3 gas per fakkel afgefakkeld.

Constructiewerkzaamheden

Het plaatsen van de KISS-skid en leidingwerk op de productielocatie neemt circa 10 werkdagen in beslag. Tijdens de constructiewerkzaamheden wordt een kraan ingezet voor ondersteunende werkzaamheden en een vacuumwagen voor het schoonmaken.

In deze fase vinden er 20 transportbewegingen per werkdag voor de aan- en afvoer van materialen plaats. Tijdens de constructiewerkzaamheden zijn maximaal 30 mensen tegelijk op de site aanwezig. In de berekeningen is ervan uitgegaan dat ieder persoon met een eigen auto komt. Dit betreft een conservatieve benadering.

Uitgangspunten winning

In de winning zijn geen noemenswaardig emissies. De enige emissie van NO_x en fijn stof in de winning is van een vrachtwagen die materialen komt brengen of afvoeren en/of een personenwagen van een operator.

Uitgangspunten verwijderingsfase

Na het afronden van de gaswinning, wanneer het gas uit de beoogde put op is, wordt de productielocatie en de transportleiding weer verwijderd. Op de productielocatie wordt de productie unit verwijderd en afgevoerd. Het verwijderen en afvoeren van de productie unit neemt circa 10 dagen in beslag. Gedurende de verwijderingsfase komen in totaal 115 vrachtwagens (230 bewegingen) op de productielocatie. Voor ondersteunende werkzaamheden worden twee dieselmaterieel ingezet. Ook voor het verwijderen van de transportleiding worden twee dieselmaterieel gelijktijdig op één locatie ingezet.

Emissies

Dieselmaterieel

De emissies van dieselmaterieel zijn afhankelijk van het motorisch vermogen, de gemiddelde belasting, het bouwjaar en de draaiuren. De emissiefactoren van onder andere dieselmaterieel is op Europees niveau gereguleerd via technische voorschriften aan het voertuig en de verbrandingsmotor.

Emissiefactoren

De voorschriften voor dieselmaterieel gelden sinds 1997. De EU-richtlijnen (97/68/EC en 2002/88/EC) bevatten normen voor de maximale uitstoot van luchtverontreiniging per vermogensklasse in gram/kWh. Er is sprake van invoering in vier fasen van strenger wordende emissienormen. De derde fase verloopt in twee stappen: Stage IIIA voor motoren met een variabel toerental met bouwjaar 2006/2008 en Stage IIIB voor bouwjaar 2011/2013. De vierde fase geldt vanaf 2014 (EU-richtlijnen 2004/26/EC).

De levensduur van dieselmaterieel is afhankelijk van het type machine. Het dieselmaterieel dat in dit project wordt ingezet, heeft een mediane levensduur[25] tussen 6 en 10 jaar. De aanlegwerkzaamheden vinden plaats tussen najaar 2018 en voorjaar 2019. Gelet op de mediane levensduur en het jaar van aanvang van de werkzaamheden, zal naar verwachting dieselmaterieel worden ingezet dat aan de emissie-eisen voldoet van Stage IIIA, IIIB en/of Stage IV. In de berekeningen is uitgegaan van Stage IIIA/IIIB. De NOx-emissiefactor van Stage IV is circa een factor 9 lager dan de NOx-emissiefactor van Stage III. De PM_{10}-emissiefactor van Stage IV is gelijk aan de PM_{10}-emissiefactor van Stage IIIB.

Motorbelasting

De motorbelasting (aanspreken van motorisch vermogen) van dieselmaterieel gedurende een werkcyclus is wisselend. Er wordt nooit of zelden het maximale motorisch vermogen aangesproken. De gemiddelde belasting varieert voor het meeste dieselmaterieel van 50% tot 60%. In de emissieberekeningen is gecorrigeerd voor de gemiddelde belasting. De gemiddelde belasting is afkomstig uit het genoemde TNO-rapport[26].

Emissievracht

Op basis van het totaal aantal bedrijfsuren, motorisch vermogen van materieel, de gemiddelde belasting en emissiefactoren, is de totale NO_x- en PM_{10}-emissievracht bepaald. Een overzicht van het in te zetten materieel in de aanlegfase en de gehanteerde uitgangspunten is opgenomen in onderstaande tabel.

Tabel 19-20 Overzicht uitgangspunten emissieberekeningen dieselmaterieel in de aanleg- en verwijderingsfase

Omschr.	aantal	Totaal aantal dagen	Totaal aantal uur [uren]	Motorisch vermogen [kW]	Gemid. belasting [%]	Emiss. factor NO_x [g/kWh]	Emiss. factor PM_{10} [g/kWh]	Totaal NO_x vracht [kg]	Totaal PM_{10} vracht [kg]
Voorbereiding/aanleg boor-/productielocatie									
Heistelling	1	15	120	250	60	3,3	0,025	59	0,5
Laadschop	1	30	240	265	60	3,3	0,025	126	1,0
Graafmachine	1	30	240	125	60	3,3	0,025	59	0,5
Asfalt	1	5	40	106	60	3,3	0,025	8	0,1

[25] Afkomstig uit TNO-rapport 'Emissiemodel Mobiele Machines gebaseerd op machineverkopen in combinatie met brandstof Afzet, EMMA' van november 2009.
[26] Afkomstig uit TNO-rapport 'Emissiemodel Mobiele Machines gebaseerd op machineverkopen in combinatie met brandstof Afzet, EMMA' van november 2009.

Omschr.	aantal	Totaal aantal dagen	Totaal aantal uur [uren]	Motorisch vermogen [kW]	Gemid. belasting [%]	Emiss. factor NO_x [g/kWh]	Emiss. factor PM_{10} [g/kWh]	Totaal NO_x vracht [kg]	Totaal PM_{10} vracht [kg]
Aanleg leidingtracé									
Kranen	6	87	4.176	250	60	3,3	0,025	2.067	16
Graafmachines	4	87	2.784	125	60	3,3	0,025	689	5
Bemalingspompen	16	87	33.408	6	80	3,8	0,025	609	4
Verwijderingsfase productielocatie									
Dieselmaterieel 1	1	10	80	250	60	3,3	0,025	40	0,3
Dieselmaterieel 2	1	10	80	120	60	3,3	0,025	19	0,1
Verwijderingsfase leidingtracé									
Kranen	6	87	4.176	250	60	3,3	0,025	2.067	16
Graafmachines	4	87	2.784	125	60	3,3	0,025	689	5

Dieselgeneratoren boorinstallatie

Voor de boringen wordt de boorinstallatie T700 ingezet of vergelijkbaar. De boorinstallatie wordt van elektrische energie voorzien door 4 generatoren die door dieselmotoren met een gezamenlijk vermogen van 5200 kW, worden aangedreven. Het dieselolieverbruik varieert van 5 tot 8 m^3 per dag. De emissie naar de lucht is berekend aan de hand van een gemiddeld dieselverbruik van 6,5 m^3 per dag gedurende de dagen dat de generatoren draaien. In onderstaande tabel is een overzicht opgenomen met de gehanteerde uitgangspunten voor de emissieberekeningen.

Tabel 19-21 Overzicht uitgangspunten emissieberekeningen dieselgeneratoren boorinstallatie

Omschr.	aantal	Totaal aantal dagen	Diesel-verbruik [m^3/dag]	Emissie factor NO_x [kg/dag]	Emissie factor PM_{10} [g/dag]	NO_x-vracht [kg]	PM_{10}-vracht [kg]
Boorinstallatie T700	1	134	6,5	187	5	25.085	706

Affakkelen

De NO_x-emissiefactor is afgeleid uit EPA-rapport ‘AP42, 15.5 Industrial Flares’. In onderstaande tabel is een overzicht opgenomen met de gehanteerd uitgangspunten voor de emissieberekeningen.

Tabel 19-22 Overzicht uitgangspunten emissieberekeningen fakkels

Omschr.	aantal	Hoeveelheid gas [m^3/dag /fakkel]	Aantal dagen	Emissiefactor NO_x [g/m^3 gas]	NO_x- vracht [kg]
Fakkels	4	400.000	2	1,04	3.328

Verkeersbewegingen

De emissiefactoren van gemotoriseerd wegverkeer worden jaarlijks, medio maart, gepubliceerd door het ministerie van Infrastructuur en Waterstaat voor de huidige situatie en verschillende toekomstige jaren. Latere jaren reflecteren een afname van emissiefactoren vanwege strenge emissie-eisen die aan de motorvoertuigen worden gesteld. Hierdoor wordt het wagenpark in Nederland steeds schoner.

De emissiefactoren van wegverkeer zijn afhankelijk van het zichtjaar, de voertuigcategorie en het snelheidstype. De (grote) vrachtwagens zijn beschouwd als ‘zware motorvoertuigen’. De personenauto’s en autobusjes zijn beschouwd als ‘lichte motorvoertuigen’. In de berekeningen is uitgegaan van snelheidstype ‘stagnerend verkeer’ op de productielocatie tot aan de hoofdweg.

In de emissieberekeningen zijn de emissiefactoren van het zichtjaar 2018 gehanteerd. De invoerparameter in het rekenmodel is weekdaggemiddelde intensiteit over het hele jaar. Het aantal motorvoertuigbewegingen is omgerekend naar weekdaggemiddelde intensiteit. In onderstaande tabel is een overzicht opgenomen met de gehanteerde weekdaggemiddelde intensiteit per fase.

Tabel 19-23 Overzicht motorvoertuigbewegingen tijdens de aanleg, winnings- en verwijderingsfase

Omschrijving	Totaal aantal bewegingen	Weekdaggemiddelde intensiteit
Aanlegfase:		
Transportbewegingen voorbereiding	300	1
Transportbewegingen aanvoer boorinstallatie	230	1
Transportbewegingen tijdens het boren	1.340	4
Transportbewegingen testfase	160	0,5
Transportbewegingen constructiewerkzaamh	200	0,5
Transportbewegingen aanleg leidingtracé	3.480	10
Personenwagens voorbereiding	1.250	3
Personenwagens testfase	4.500	12
Personenwagens constructiewerkzaamh	600	2
Personenwagens aanleg leidingtracé	8.700	24
Winning:		
Transportbewegingen	730	2
Personenwagens	104	1
Verwijderingsfase:		
Transportbewegingen afvoer boorinstallatie	230	1
Personenwagens	600	2

Methodiek en uitgangspunten lichtonderzoek

Methodiek

Verlichting is noodzakelijk vanwege veiligheidsredenen en/of oriëntatie. De gehanteerde kentallen voor de verlichtingssterkte van de verschillende lichtbronnen zijn gebaseerd op de minimale vereiste verlichtingssterkte op de werkplekken vanuit Arbo technisch oogpunt. De vereiste verlichtingssterkte op de werkplek is afhankelijk van de type werkzaamheden. De vereiste verlichtingssterkte is beschreven in de ‘NEN-EN 12464-2 Werkplekverlichting deel 2, werkplekken buiten’.

De lichtuitstraling naar de omgeving zal afhangen van verschillende factoren. De lichtuitstraling is onder andere afhankelijk van type armatuur, uitstralingsrichting, intensiteit van de verlichting, de hoogte van de lichtmasten, mate van afscherming van de lamp, afscherming door objecten op het terrein en dergelijke. De verlichtingssterkte in de omgeving van het plangebied is berekend met Dialux versie 4.13.

Uitgangspunten aanlegfase

De reguliere bouwwerkzaamheden zullen plaatsvinden van circa 7.00 tot 16.00 uur. Dat betekent dat in de zomerperiode geen kunstmatige verlichting zal worden gebruikt. In de winterperiode zal de kunstmatige verlichting van 7.00 tot 8.30 uur worden gebruikt. Het boren zal continue gedurende 24 uur plaatsvinden waarbij gedurende de hele nacht kunstmatige verlichting zal worden gebuikt.

Ten aanzien van het veiligheidsaspect is de wens om minimaal aan de wettelijk voorgeschreven verlichtingssterkte te voldoen. Het veiligheidsprincipe is heel belangrijk. In dit kader moet gedacht worden aan de NEN-norm voor werken in de buitenruimte NEN-EN 12464-2.

In onderstaande tabel zijn de vereiste gemiddelde verlichtingssterkte (E_m) voor bouwterreinen conform NEN-EN 12464-2 voor verschillende gebieden, taken en activiteiten.

Tabel 19-24 Vereiste verlichtingssterkte voor bouwterreinen conform NEN-EN 12464-2

Ref. no.	Type of area, task or activity	E_m (lx)
5.3.1	Clearance, excavation and loading	20
5.3.2	Construction areas, drain pipes mounting, transport, auxiliary and storage tasks	50
5.3.3	Framework element mounting, light reinforcement work, wooden mould an framework mounting, electric piping and cabling	100
5.3.4	Element jointing, demanding electrical, machine and pipe mountings	200

Uit Tabel 19-24 blijkt dat de vereiste verlichtingssterkte per activiteit sterk kan variëren. De vereiste verlichtingssterkte voor bouwterreinen varieert van 20 tot 200 lux. In dit onderzoek is uitgegaan van een verlichtingssterkte op de productielocatie en het werkgebied van leidingtracé van circa 200 lux. Niet het hele tracé wordt gelijktijdig verlicht. De werkzaamheden worden dagelijks gemiddeld enkele honderden meters opgeschoven. Alleen waar de werkzaamheden plaatsvinden, wordt verlicht.

Uitgangspunten winning

In de winning is er geen relevante lichtemissie aanwezig. In de winning zal oriëntatieverlichting ter plaatse van de productie-unit en ter plaatse van de poort aanwezig zijn. De verlichtingssterkte op het bedrijfsterrein zal ook veel lager zijn dan in de aanlegfase.

Uitgangspunten verwijderingsfase

In de verwijderingsfase zal de verlichtingssterkte op de werklocatie vergelijkbaar of lager dan in de aanlegfase. Voor de effectbeoordeling is van uitgegaan dat de verlichtingssterkte op de werklocatie 200 lux bedraagt.

BIJLAGE VI: CONFLICTSITUATIES

Locatie 1

Figuur 19-11 Route 1 gaat hier rechtdoor richting het centrum van Ternaard. Route 3 slaat linksaf richting de Koaiwei, een landweg waar enkele boerderijen aan gelegen zijn. Route 3 doorkruist hier het vrij liggende fietspad aan de linkerzijde van de weg.

Figuur 19-12 Route 1 slaat hier linksaf naar de Opslach. Over deze weg loopt een ANWB-fietsroute. Op deze locatie eindigt het vrij liggende fietspad waardoor fietsers weer op de hoofrijbaan terecht komen.

Figuur 19-13 Het betreft hier dezelfde kruising als in figuur 5. Te zien is dat er op de hoek een buurtsupermarkt met postkantoor ligt. Tevens is er een pinautomaat aanwezig. Deze functies trekken fietsers aan waardoor de kans op conflicten met andere weggebruikers zoals vrachtverkeer groeit.

Figuur 19-14 Route 1 doorkruist hier een erftoegangsweg waar een maximumsnelheid geldt van 30 km/uur. Rechts van de weg staat een bord met de tekst “alle vervoer, op de rustige toer”. Dit wegprofiel is niet geschikt om vrachtverkeer doorheen te leiden.

Figuur 19-15 Route 3 slaat hier rechtsaf naar de Wjuk. Op deze kruising van twee landwegen worden weinig conflicten verwacht. Aandachtspunt is wel de ANWB-fietsroute die over de Wjuk loopt.

Figuur 19-16 Route 2 slaat hier rechtsaf een doodlopende straat richting de tennisbanen in. Op dit punt komt het vrij liggende fietspad bij de hoofdrijbaan wat conflicten op kan leveren.

Locatie 2

Figuur 19-17 Route 1 en 2 slaan hier de Ternaarderwei in. Route 1 komt uit de richting van Ternaard en route 2 uit de richting van Oosternijkerk. Dit betekent dat route 1 door het centrum van Ternaard loopt wat onwenselijk is gezien het wegprofiel in het centrum van Ternaard.

Figuur 19-18 Route 1 en 2 slaan hier linksaf richting de Koaterhuserwei. Gezien de landelijke ligging van deze kruising worden hier weinig conflictsituaties verwacht.

Figuur 19-19 Route 3 en 4 slaan hier af en kruisen de Nesserwei. De Nesserwei betreft een smalle landweg die tevens de functie vervult van vrijliggend fietspad voor de N358. Hierdoor kunnen er conflicten ontstaan tussen fietsers en vrachtverkeer.

Figuur 19-20 Route 1 en 2 kruisen hier de Nesserwei. De Nesserwei betreft een smalle landweg die tevens de functie vervult van vrij liggend fietspad voor de N358. Hierdoor kunnen er conflicten ontstaan tussen fietsers en vrachtverkeer.

BIJLAGE VII: SEISMISCHE RISICO ANALYSE

BIJLAGE VIII: PASSENDE BEOORDELING

BIJLAGE IX: TERNAARD DIJKSTUDIE LIQUEFACTIE

Deze bijlage bevat de volgende documenten:

- Oplegnotitie Ternaard Dijkstudie (NAM 2019)
- Uitgevoerde modelstudie: Estimate of seismic activity of the ternaard gas field and deformation risk assessment for the adjacent primary levee, the Netherlands (GR8 Geo 2019)
- Brief Technische uitgangspunten voor belasting en sterkte van primaire keringen bij aardbevingen (I&M 2017)
- Memo Eemshaven-Delfzijl - Uitgangspunten voor een aardbevingsbestendig ontwerp (Deltares 2017)

COLOFON

MER GASBORING EN GASWINNING TERNAARD
DEEL B
NEDERLANDSE AARDOLIE MAATSCHAPPIJ B.V.

AUTEUR

Arcadis

PROJECTNUMMER

C05058.000189

ONZE REFERENTIE

084048209 0.6

DATUM

14 mei 2020

STATUS

Definitief

Arcadis Nederland B.V.

Postbus 264
6800 AG Arnhem
Nederland
+31 (0)88 4261 261

www.arcadis.com

Bijlage 3

Afwegingsnotitie VKA Gaswinning Ternaard

Afwegingsnotitie voorkeursalternatief gaswinning Ternaard

Ministerie van Economische Zaken en Klimaat

Ruimte | om *in* te leven

Afwegingsnotitie voorkeursalternatief gaswinning Ternaard

Ministerie van Economische Zaken en Klimaat

Rapportnummer:	212x01327.092519_1
Datum:	13 augustus 2018
Contactpersoon opdrachtgever:	Mark Hooftman (min. EZK)
Projectteam BRO:	Wanda Blommensteijn Marloes Timmers
Trefwoorden:	Afwegingsnotitie, voorkeursalternatief, VKA, gaswinning, RCR, Ternaard
Bron foto kaft:	Hollandse Hoogte (5)
Beknopte inhoud:	Notitie waarin de afweging ten aanzien van het voorkeursalternatief voor de winningslocatie voor gasveld Ternaard en de daarbij behorende pijpleiding inzichtelijk wordt gemaakt aan de hand van drie pijlers; Natuur & Milieu, Techniek & Kosten en Omgeving.

BRO
Hoofdvestiging
Bosscheweg 107
5282 WV Boxtel
T +31 (0)411 850 400
E info@bro.nl

Ruimte om *in* te leven

Inhoudsopgave

	pagina
1. INLEIDING	**2**
1.1 Doel en status afwegingsnotitie	2
1.2 Beschrijving van de ontwikkeling	3
2. ALTERNATIEVENBESCHRIJVING	**7**
3. NATUUR EN MILIEU	**9**
3.1 Inleiding	9
3.2 Afweging	9
3.3 Conclusie	14
4. TECHNIEK EN KOSTEN	**15**
4.1 Inleiding	15
4.2 Afweging	15
4.3 Conclusie	17
5. OMGEVING	**18**
5.1 Inleiding	18
5.2 Afweging	18
5.2.1 Belangrijkste stakeholders	18
5.2.2 Zorgen vanuit de lokale gemeenschap	19
5.2.3 Zorgen van omwonenden	19
5.3 Conclusie	20
6. KEUZE VOORKEURSALTERNATIEF	**22**
BIJLAGE: ALTERNATIEVENBEPALING	**23**

1. INLEIDING

1.1 Doel en status afwegingsnotitie

Dit document heeft voornamelijk een communicatieve functie om de belangenafweging in het kader van het gekozen voorkeursalternatief inzichtelijk te maken. Op die manier wordt bijgedragen aan een transparante en zorgvuldige besluitvorming. Het is zogezegd een 'publieksvriendelijke' samenvatting van de afwegingsgronden om te komen tot een voorkeursalternatief.

Het voorkeursalternatief vormt de basis van het op te stellen inpassingsplan en de verschillende vergunningen. Bij het bepalen van het voorkeursalternatief spelen verschillende belangen een rol. In het MER worden echter alleen de milieukundige effecten belicht. Daar waar andere aspecten benoemd worden, worden deze altijd binnen de milieukundige context beoordeeld. In de praktijk bleek dat er behoefte is aan een document dat ingaat op een bredere belangenafweging. In deze notitie wordt deze bredere afweging vormgegeven aan de hand van de volgende thema's:

- Natuur en Milieu
- Techniek en Kosten
- Omgeving

Het voorliggende document heeft dan ook geen formele status, maar is puur bedoeld om een goed overzicht van de argumenten voor de gemaakte keuze voor het voorkeursalternatief te geven.

1.2 Beschrijving van de ontwikkeling

De Nederlandse Aardoliemaatschappij B.V. (hierna: NAM) is voornemens om een productieboring uit te voeren naar het Ternaard gasveld. Het Ternaard gasveld ligt op 3 kilometer diepte en bevindt zich voor het grootste deel onder de Waddenzee. Een klein deel ligt op land. De locatie ligt grofweg tussen de kust bij Ternaard en Ameland.

Figuur 1: Ligging gasveld Ternaard (bron: MER Boring en Gaswinning Ternaard)

Het project bestaat uit drie fasen, de aanlegfase, de winning en de verwijderingsfase, welke onderstaand in hoofdlijnen worden beschreven.

Aanlegfase

Productielocatie

Voordat het aardgas gewonnen kan worden moet een gasput worden geboord. Hiervoor wordt een productielocatie aangelegd vanaf waar NAM de boring uitvoert. De productielocatie heeft een ruimtebeslag van 170 meter bij 87 meter. Op de locatie wordt tijdelijk (ongeveer 4,5 maand) een mobiele demontabele boorinstallatie geplaatst van 46 meter hoog. De boorinstallatie bestaat uit een boortoren en een 'mudplant' waar boorvloeistoffen die tijdens het boren in gebruik zijn, worden opgeslagen en behandeld. De boortoren is tijdens de werkzaamheden verlicht. Deze verlichting is naar beneden gericht en waar mogelijk wordt deze aan de geluidsschermen bevestigd, zodat uitstraling naar de omgeving wordt beperkt.

Voor de aan- en afvoer van de boorinstallatie met bijbehorende apparatuur zijn in totaal circa 300 transportbewegingen nodig. Gemiddeld zijn er per dag 6 transportbewegingen nodig voor de aan- en afvoer van materiaal, waarbij transport gedurende de nacht wordt vermeden De aanvoer en het opbouwen van de installatie duurt circa 10 weken.

Vanaf de productielocatie boort NAM schuin naar een punt onder de Waddenzee. Dit punt ligt op een diepte van ongeveer 3.400 meter onder NAP. Voor het boren van een nieuwe put moeten 170 palen worden geheid. Heien vindt plaats gedurende enkele weken, waarin de palen worden geplaatst ter verankering van de boorinstallatie en het plaatsen van een stalen conductorpijp voor de boorput. Indien nodig kan voor het geluid van het heien een heimantel of een geluidsscherm van 10 meter of hoger worden toegepast.

Figuur 2 Boorinstallatie inclusief boortoren en geluidswanden (bron: MER Boring en gaswinning Ternaard)

Het boren van de put duurt circa 15 dagen, waarin continu (24 uur per etmaal, 7 dagen per week) wordt geboord. Ten behoeve van de boring wordt eerst een zogenaamde boorkelder aangelegd, waarna een stalen buis van circa tachtig meter (de 'stove-pipe') de grond in wordt geheid. Vanaf

hier zal de mobiele boorinstallatie het boorgat realiseren. Hiervoor wordt een holle boorstang gebruikt met een beitel die het gesteente tot gruis vermaalt. De boorslag boort zichzelf door middel van het eigen gewicht de grond in en wordt verlengd met een nieuwe boorpijp aan de boorstang zodra het einde van de voorgaande boorstang is bereikt.

Gedurende de boring wordt continu een boorvloeistof naar benende gepompt en brengt het boorgruis zodoende omhoog naar de oppervlakte. Door middel van schudzeven, cyclonen en centrifuges wordt het boorgruis uit de vloeistof gefilterd en afgevoerd naar een erkende verwerker. De vloeistof wordt via een gesloten systeem weer hergebruikt.

Om het boorgat open te houden, wordt het boorgat verbuisd met stalen bekledingsbuizen. De put wordt afgewerkt met een veiligheidsafsluiter die ten behoeve van de veiligheid op het boorgat worden gemonteerd. Deze hebben als functie dat ze op elk gewenst moment en – indien noodzakelijk – van afstand kunnen worden gesloten om een blow-out te voorkomen.

Als de gashoudende formatie is bereikt en gas wordt aangetroffen, worden productietesten uitgevoerd. Het aanwezige gas wordt onderzocht om te bepalen of het winbaar is. Hierbij worden gegevens over het productievermogen van de put, de reservoir-technische eigenschappen en de samenstelling van het gas verkregen. Een onderdeel van het testen is het gedurende een korte periode gas produceren uit de put. Het geproduceerde gas en mee geproduceerde vloeistoffen worden gescheiden, waarna het gas wordt afgefakkeld in de tijdelijk aanwezige fakkelinstallatie op de productielocatie. Hiervoor worden 4 fakkels op de productielocatie geplaatst. Affakkelen gebeurt in drie perioden van 8 uur, verdeeld over 36 uur, daarna nog een periode van 24 uur non-stop

Ondergrondse transportleiding
Om het gas te transporteren naar de afnemer moet een nieuwe ondergrondse transportleiding met een diameter van circa 45 centimeter aangelegd worden tussen de productielocatie en de bestaande mijnbouwlocatie Moddergat. Vanuit Moddergat wordt het gas via de reeds bestaande gasleiding naar de gasbehandelingslocatie in Anjum getransporteerd. De keuze voor Moddergat is gebaseerd op afstand en capaciteit. Moddergat is de dichtstbijzijnde locatie vanaf het gasveld en heeft voldoende capaciteit om deze nieuwe toevoer van gas op het gasnet aan te sluiten. Een alternatieve mijnbouwlocatie, locatie Blije, heeft deze capaciteit niet.

De aanleg van het tracé gebeurt grotendeels ‘in den droge’. Dit betekent dat er een sleuf gegraven wordt die, indien nodig, droog gehouden wordt door het toepassen van bemaling. In deze sleuf wordt vervolgens de leiding gelegd. Met de grondeigenaren en grondgebruikers maakt de NAM, afspraken over het uit gebruik nemen van de werkstrook voor (meestal) een volledig groeiseizoen. De transportleiding wordt op een diepte van circa 2,00-2,10 meter onder maaiveld aangelegd, om zo de drainagesystemen van de aanwezige landbouw (1,5 meter -mv) te ontwijken.
Op de locatie Moddergat wordt de leiding bovengronds gekoppeld aan de bestaande gasinstallatie (‘tie-in’). Vanaf Moddergat wordt de bestaande leiding gebruikt en zijn er verder geen ingrepen en/of werkzaamheden nodig.

Winning

Als de productieboring succesvol is afgerond kan gestart worden met de winning van aardgas. De winning van gas vindt plaats vanaf de productielocatie. Op de productielocatie wordt een productie-eenheid geplaatst. Het gas stroomt vanuit het gasveld naar de productielocatie en via de aangelegde transportleiding tussen de productielocatie naar de bestaande mijnbouwlocatie Moddergat. Het gas wordt vervolgens vanaf Moddergat naar de bestaande gasbehandelingslocatie in Anjum getransporteerd. Daar wordt het gas geschikt gemaakt voor transport naar de afnemer.

Figuur 3 Voorbeeld van een productie-eenheid op een productielocatie (bron: MER boring en gaswinning Ternaard)

Verwijderingsfase

Wanneer het gasveld leeg is of wanneer de gebruiksruimte van de Waddenzee geen winning meer toestaat (naar verwachting na 20 jaar) wordt de productielocatie ontmanteld en in oorspronkelijke staat weer opgeleverd. Ook de transportleiding tussen de productielocatie en Moddergat wordt verwijderd, indien er op dat moment geen nuttige toepassing voor gevonden kan worden.

2. ALTERNATIEVENBESCHRIJVING

In het MER heeft op basis van wettelijke eisen, technische eisen en haalbaarheid een trechtering plaatsgevonden om te komen tot de alternatieven. Deze trechtering is opgenomen in bijlage 1. Onderstaand zijn de 4 onderzochte alternatieven beschreven.

Productielocatie
NAM heeft een bestaande oppervlakte-installatie in beheer, nabij het dorp Ternaard. Vanaf deze locatie is in 1991 al een boring uitgevoerd, waardoor er veel data over de lokale ondergrond beschikbaar is en een winning vanaf deze locatie technisch haalbaar is. Locatie 2 ligt op relatief korte afstand van de N358 en is dus goed ontsloten en goed bereikbaar voor vrachtverkeer.

Figuur 4 Te onderzoeken productielocaties

Tracéalternatief transportleiding
Op basis van de afbakening van de tracéalternatieven in het MER is allereerst gekeken naar de technische uitgangspunten (lengte, knikken, percelen en infrastructuur). Vervolgens zijn vier tracéalternatieven bepaald die tegemoet komen aan die uitgangspunten. Uiteindelijk is gekozen voor twee tracéalternatieven (noord en zuid), omdat deze kleinere risico's hebben voor natuur, leiden tot een kleinere fysieke ingreep in de omgeving en door hun kortere lengte goedkoper zijn dan de twee andere tracéalternatieven.

Uitvoeringsalternatieven

Er zijn twee uitvoeringsvarianten denkbaar voor de energievoorziening van de productielocatie tijdens de boring en de winning:

- Opwekking door middel van vier dieselmotor aangedreven generatoren.
- Aansluiting op het elektriciteitsnet (via een 20 kV-kabel over een lengte van circa 7,4 km (berekend tot aan locatie Ternaard).

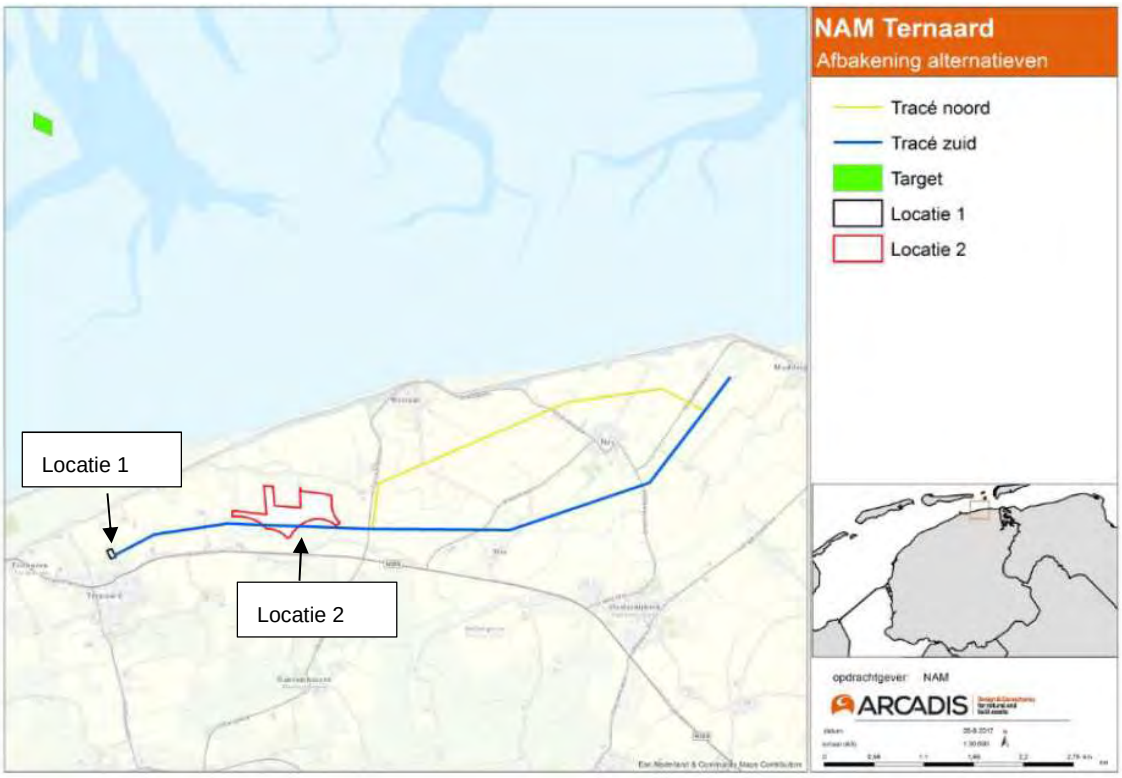
De aansluiting op het elektriciteitsnet is zeer kostbaar en leidt tot extra boringen en doorsnijdingen, alsmede aantasting van het landschap en eventuele bemalingen. Aan de andere kant hebben dieselmotoren een potentieel effect op luchtkwaliteit en geluidhinder, maar het gaat hier wel om een aanzienlijk kleinere (permanente) fysieke ingreep.

Middels onderzoek is aangetoond dat het inzetten van dieselmaterieel geen significante (maatgevende) effecten veroorzaakt ten aanzien van geluid en luchtkwaliteit. Zowel vanuit kosten als vanuit milieu-impact levert de realisatie van een elektriciteitsaansluiting vergeleken met het gebruik van dieselgeneratoren geen significante meerwaarde op. Derhalve zijn er geen uitvoeringsalternatieven onderzocht.

Te onderzoeken alternatieven

Het voorgaande afbakeningsproces leidt tot de volgende vier alternatieven:

1. **L1-N**: Locatie 1 i.c.m. tracé noord;
2. **L1-Z** Locatie 1 i.c.m. tracé zuid;
3. **L2-N** Locatie 2 i.c.m. tracé noord;
4. **L2-Z** Locatie 2 i.c.m. tracé zuid.



Figuur 5 Te onderzoeken alternatieven

3. NATUUR EN MILIEU

3.1 Inleiding

Voor elk alternatief zijn in het MER voor de thema's natuur, bodem en water, milieu en landschap en cultuurhistorie de potentiële milieueffecten voor de aanlegfase, de winning als de verwijderingsfase onderzocht. Voor de overige milieuthema's zijn niet alle fasen relevant en deze zijn derhalve ook niet voor alle fasen onderzocht. Dit is bijvoorbeeld het geval bij effecten als gevolg van de bodemdaling als gevolg van de winning (hydromorfologie, aardbevingen en waterkeringen), omdat er enkel effect is in de aanleg- en verwijderingsfase (verkeer) of omdat er een onomkeerbaar effect is (archeologie).

De milieueffecten zijn te onderscheiden in locatieonafhankelijke en locatieafhankelijke effecten. Locatieonafhankelijke effecten zijn de effecten die niet afhankelijk zijn van de ligging van de productielocatie of het tracé, maar optreden omdat er gas wordt gewonnen uit het gasveld. Dit zijn effecten als hydromorfologie, natuur, bodem en water, aardbevingen en waterkeringen). De effecten voor alle locaties zijn voor deze aspecten gelijk.
Locatieafhankelijke effecten treden op voor milieuaspecten waarbij de exacte ligging van de productielocatie en de leidingtracés wel bepalend is voor de effectbeoordeling.

3.2 Afweging

Locatieonafhankelijke milieueffecten
De locatieonafhankelijke effecten als gevolg van de winning zijn over het algemeen neutraal beoordeeld. Dit komt doordat de omvang van de gaswinning primair gestuurd wordt door de beschikbare gebruiksruimte, blijft de bodemdaling beperkt. Met dit als uitgangspunt, zijn geo- en hydromorfologische effecten en de doorwerking daarvan op natuur, grond- en oppervlaktewaterkwaliteit en waterkeringen uitgesloten. De beperkte bodemdaling die optreedt heeft echter wel een doorwerking op het land. De gaswinning is een ingreep in de bodem, waardoor de functies van het ondergronds watersysteem worden beïnvloed en de bodemlagen worden doorboord, met (licht) negatieve effecten, zoals emissies naar grondwater, scheefstelling van het maaiveld en potentiële aantasting van archeologische waarden, optreden. Daarnaast veroorzaakt de gaswinning een toename van het aardbevingsrisico. Dit risico wordt laag geschat, maar is desalniettemin aanwezig.

Milieuthema	Criterium	Effectscore
Aanlegfase/ Verwijderingsfase		
Bodem en water	Zetting	0/-
	Emissies naar grondwater	0/-
	Toename verzilting en afname bruikbaarheid oppervlaktewater/ grondwater	0/-
Winning		
Hydromorfologie	Gebruiksruimte	0
	Plaat- en geulareaal	0
	Droogvalduur platen	0
	Kwelders	0
	Zandsuppleties	0
	Sedimentsamenstelling	0
Natuur	Verdroging en vernatting	0
	Bodemdaling	0
	Zandsuppleties	-
Bodem en water	Scheefstelling maaiveld	0/-
	Hoogte stuwen en gemalen	0/-
	Verandering functies watersysteem	0/-
	Verandering grond- en oppervlaktewaterkwaliteit (KRW)	0
Veiligheid – aardbevingen	Aardbevingsschade aan bebouwing	0/-
	Aardbevingsschade aan waterkering	0/-
Waterkeringen	Levensduur waterkering	-

Figuur 6. Locatieonafhankelijke effecten

Score	Toelichting
++	Zeer positief ten opzichte van de referentiesituatie
+	Positief ten opzichte van de referentiesituatie
0/+	Licht positief ten opzichte van de referentiesituatie
0	Neutraal t.o.v. de referentiesituatie
0/-	Licht negatief ten opzichte van de referentiesituatie
-	Negatief ten opzichte van de referentiesituatie
- -	Zeer negatief ten opzichte van de referentiesituatie

Locatieafhankelijke milieueffecten
De locatieafhankelijke effecten houden verband met de specifieke positie van de productielocatie ten opzichte van de omgeving en/of de ingrepen in de bodem die nodig zijn voor het leidingtracé.

Voor een aantal locatieafhankelijke milieuaspecten is sprake is van een gelijke effectbeoordeling voor alle alternatieven. Dit kan verklaard worden door de reikwijdte van effecten, waarbij effecten optreden die dusdanig ver strekken dat de effecten van de verschillende alternatieven – die relatief dicht bij elkaar liggen – niet onderscheidend zijn of dat de effecten wel verschillend zijn, maar dat de milieu-impact in dezelfde beoordelingsschaal valt.

Voor een klein aantal milieuaspecten is wel sprake van onderscheidende effecten als gevolg van de locatie-en/of tracékeuze. Dit geldt bijvoorbeeld voor effecten die samenhangen met de aan- of afwezigheid van bebouwing in de nabijheid van de productielocatie of de lengte en locatie van het leidingtracé. Deze onderscheidende effecten worden allen bepaald door de aanlegfase.

In de aanlegfase is op maaiveld sprake van de oprichting van een boorinstallatie, dat gepaard gaat met hinderfactoren, zoals geluid, licht en luchtkwaliteit en een negatieve doorwerking op natuur (geluidhinder). Daarnaast verstoort de boorinstallatie ook het open agrarische landschap en historische dorpsgezichten. In de bodem is ook sprake van negatieve effecten, door heiwerkzaamheden en de aanleg van het leidingtracé. Landschappelijke en (cultuur-)historische waarden in de ondergrond worden hierdoor aangetast. Voor verkeer geldt voor beide locatiealternatieven dat de route er naartoe niet geheel vrij is van conflictpunten, waardoor deze negatief zijn beoordeeld.

Tijdens de winning is sprake van een verhoogd veiligheidsrisico voor woningen en andere gevoelige bestemmingen in de omgeving. Daarnaast is er voor locatie 2 sprake van licht negatieve effecten ten aanzien van verandering van patronen, lijn- en puntelementen en aantasting van de belevingswaarde/visuele invloed. Dit komt vanwege de langdurige aanwezigheid van een productielocatie in een open landschap dat in de huidige situatie nog onaangetast is.

In de verwijderingsfase wordt het gebied weer teruggebracht in de oorspronkelijke situatie. Hierbij is geen sprake van negatieve effecten, omdat de effecten ofwel niet langer optreden, zoals hinder, veiligheidsrisico's en visuele invloed, ofwel omdat in de aanlegfase bepaalde waarden onomkeerbaar zijn aangetast, waardoor de verwijderingsfase geen nieuwe effecten veroorzaakt. Het verwijderen van de zichtbare installaties heeft een licht positief effect voor locatie 1.

Milieuthema	Criterium	L1-N	L1-Z	L2-N	L2-Z
Aanlegfase					
Natuur	Oppervlakteverlies	0	0	0	0
	Verstoring	0	0	0	0
	Vermesting en verzuring	0	0	0	0
	Verdroging en vernatting	0	0	0	0
Milieu - Geluid	Geluidbelasting vanwege heiwerkzaamheden	-	-	0/-	0/-
	Geluidbelasting vanwege booractiviteiten	0/-	0/-	0/-	0/-
	Geluidbelasting vanwege aanleg leidingtracé	0	0	0	0
	Geluidbelasting vanwege affakkelen	-	-	0/-	0/-
	Geluidbelasting vanwege indirecte hinder	0	0	0	0
Milieu - Luchtkwaliteit	Immissieconcentratie toename NO_2	0	0	0	0
	Immissieconcentratie toename PM_{10}	0	0	0	0
Milieu - Lichthinder	Directe lichtinval	0	0	0	0
	Zichtbaarheid	-	-	-	-
Externe veiligheid	Plaatsgebonden risico	0	0	0	0
	Groepsrisico	0	0	0	0
Archeologie	Aantasting bekende archeologische waarden	0/-	0/-	0/-	0/-
	Aantasting verwachte archeologische waarden	-	0	-	0
Landschap en cultuurhistorie	Verandering patronen, lijn- en puntelementen	0/-	-	-	--
	Belevingswaarde/ visuele invloed	-	0/-	--	--
	Historische geografie	-	0/-	--	-
	Historische (steden)bouwkunde	0/-	0	0/-	0
Winning					
Natuur	Verdroging en vernatting	0	0	0	0
Milieu	Geluid	0	0	0	0
	Luchtkwaliteit	0	0	0	0
	Lichthinder	0	0	0	0

Figuur 7 Locatieafhankelijke effecten (deel1)

Externe veiligheid	Plaatsgebonden risico	0/-	0/-	0/-	0/-
	Groepsrisico	0	0	0	0
Archeologie	Aantasting bekende archeologische waarden	0	0	0	0
	Aantasting verwachte archeologische waarden ('karterend onderzoek 1 en 2')	0/-	0/-	0/-	0/-
Landschap en cultuurhistorie	Verandering patronen, lijn- en puntelementen	0	0	0/-	0/-
	Belevingswaarde/ visuele invloed	0	0	0/-	0/-
	Historische geografie	0	0	0	0
	Historische (steden)bouwkunde	0	0	0	0
Verwijderingsfase					
Natuur	Vermesting en verzuring	0	0	0	0
	Verdroging en vernatting	0	0	0	0
Milieu	Geluid	0	0	0	0
	Luchtkwaliteit	0	0	0	0
	Lichthinder	0	0	0	0
Externe veiligheid	Plaatsgebonden risico	n.v.t.			
	Groepsrisico	n.v.t.			
Archeologie	Aantasting verwachte archeologische waarden	n.v.t.			
	Aantasting bekende archeologische waarden	n.v.t.			
Landschap en cultuurhistorie	Verandering patronen, lijn- en puntelementen	0/+	0/+	0	0
	Belevingswaarde/ visuele invloed	0/+	0/+	0	0
	Historische geografie	0/+	0/+	0	0
	Historische (steden)bouwkunde	0/+	0/+	0	0

Figuur 8 Locatieafhankelijke effecten (deel 2)

3.3 Conclusie

Op basis van bovenstaande afweging zijn de locatieonafhankelijke effecten weinig tot niet onderscheidend. Ook de meeste locatieafhankelijke effecten zijn niet onderscheidend. Voor een klein aantal milieuaspecten is wel sprake van onderscheidende effecten als gevolg van de locatie-en/of tracékeuze. Dit is met name gelegen in de nabijheid van bebouwing (locatie 1) versus de aantasting van het landschap (locatie 2). Hierbij is dus met name de afweging tussen de leefbaarheid van het dorp enerzijds en de landschappelijke waarden anderzijds van belang.

4. TECHNIEK EN KOSTEN

4.1 Inleiding

Bij de beoordeling van het thema Techniek & Kosten is bekeken welke afwijkingen nodig zijn ten opzichte van de technische baseline, die de NAM normaal gesproken hanteert voor dit soort projecten. Afwijkingen ten opzichte van de baseline tijdens de aanleg en/of tijdens de gebruiksfase kunnen effect hebben op onder andere kosten, planning, acceptatie in de omgeving, milieu en onderhoud. Daarnaast zijn de investeringskosten voor elk van de alternatieven begroot. Verschillen in kosten tussen de alternatieven zitten met name in:

- leidinglengte;
- grondverwerving en inpassingsmaatregelen;
- compensatiemaatregelen;
- schadevergoedingen.

De technische baseline die NAM hanteert bij haar projecten wordt gevormd door de project- en engineeringstandaarden van Shell. Technische specificaties waar bijvoorbeeld installaties, installatie-onderdelen of pijpleidingen aan moeten voldoen, zijn vastgelegd en bekend. Daarmee is dit aspect niet onderscheidend voor de keuze van het VKA.

De omvang of 'scope' van een project kan een onderscheidende factor zijn, maar de alternatieven zijn wat betreft dit aspect gelijk, waarmee dit ook niet onderscheidend is voor de keuze van het VKA. Randvoorwaarden die vanuit de omgeving (zowel bovengronds als ondergronds) worden gesteld kunnen wel een onderscheidende factor op het gebied van technische mogelijkheden of technische risico's zijn. In onderstaande tabel worden de alternatieven gewogen op de mate van afwijking ten opzichte van gangbare uitgangspunten die NAM hanteert.

4.2 Afweging

In onderstaande tabellen zijn de technische mogelijkheden en de kosten ten opzichte van de verschillende alternatieven afgewogen.

Projectactiviteit	**Technische randvoorwaarde**	**Alternatief**			
		L1-N	**L1-Z**	**L2-N**	**L2-Z**
Borging en productie	Productielocatie aanwezig				
	Goede infrastructuur zoals toegangswegen aanwezig				
	Benodigde civiele aanpassingen zo minimaal mogelijk				
	Complexiteit boring zo laag mogelijk				
Pijpleiding	Leidingtracé zo kort mogelijk				
	Zo weinig mogelijk doorkruisingen				
	Zo weinig mogelijk bochten/knikken				

	Zo veel mogelijk middels open ontgraving				

Score	Criterium
	Voldoet (of voldoet het meest) aan de randvoorwaarde
	Voldoet niet (of voldoet het minst) aan de randvoorwaarde
	Niet onderscheidend

Figuur 9 Techniek

Projectactiviteit	**Kostenpost**	**Alternatief**			
		L1-N	**L1-Z**	**L2-N**	**L2-Z**
Boring en productie	Boring				
	Installatiekosten				
	Exploitatie en onderhoud				
	Grondverwerving/pacht/inpassing				
	Civiele werkzaamheden				
	Verwijdering locatie en put				
Pijpleiding	Ontwerp, ontgraving en aanleg				
	Grondverwerving/pacht/inpassing				
	Exploitatie en onderhoud				
	Verwijdering				

*Bestaande kosten locatie zijn al meegenomen in het planmatig civiel onderhoud

Score	Criterium
	Laagste kosten
	Niet onderscheidend
	Hoogste kosten

Figuur 10 Kosten

Toelichting op de scores

- Locatie 1 is een bestaande locatie waar NAM reeds een mijnbouwlocatie heeft gerealiseerd en waarvoor privaatrechtelijke overeenkomsten zijn gesloten. Voor de nieuwe locatie moet een perceel worden gekozen en moet vervolgens privaatrechtelijke overeenstemming met de grondeigenaar worden verkregen. Dat is op dit moment nog een grote onzekerheid.
- Voor alle alternatieven is ten behoeve van het project nieuwe of verbeteringen aan bestaande infrastructuur nodig.
- Voor locatie 2 zijn civiele (aanleg) werkzaamheden nodig die voor de bestaande locatie 1 (alleen planmatig onderhoud) niet nodig zijn.
- Het boortracé vanaf locatie 1 naar het ondergrondse doel is korter dan vanaf de nieuwe locatie. Verder is er meer informatie over het boortracé vanaf locatie 1 omdat er vanaf deze locatie al eens een boring is uitgevoerd. Daarmee is de technische complexiteit van een boring vanaf de bestaande locatie lager dan een boring vanaf de nieuwe locatie 2.
- Het zuidelijke leidingtracé vanaf locatie 2 naar NAM-locatie Moddergat is het kortst.

- Het aantal kruispunten met o.a. de bestaande infrastructuur is min of meer gelijk voor alle alternatieven.
- In het noordelijke leidingtracé zitten meer bochten/knikken dan in het zuidelijke leidingtracé. Het aansluiten van de pijpleiding op locatie 1 of 2 is hierbij verder niet onderscheidend.
- Beide leidingtracés kunnen met open ontgraving worden aangelegd.
- De kosten van boring, grondverwerving, civiele en verwijderingswerkzaamheden voor locatie 2 zijn hoger. Echter, qua kosten voor het aanleggen van de pijpleiding is de leiding vanaf locatie 1 duurder.

4.3 Conclusie

Op basis van bovenstaande afweging scoort alternatief L1-Z op het gebied van techniek het beste voor de VKA-keuze, al zijn alle alternatieven technisch uitvoerbaar. Onzekerheid rondom het verkrijgen van privaatrechtelijke overeenstemming met de grondeigenaar voor de aanleg van een nieuwe locatie binnen het gedefinieerde zoekgebied van locatie 2, is hierbij een aandachtspunt voor de uitvoering.
Qua kosten zijn de alternatieven onderling vergelijkbaar. Locatie 1 is met name op het gebied van de boring en het civiele werk minder duur dan Locatie 2, omdat het een bestaande locatie betreft. Hierdoor zijn enerzijds de voorzieningen al deels aanwezig, maar daarnaast is ook de ondergrond bekend waardoor het boorrisico lager is. Qua kosten voor het aanleggen van de pijpleiding is de leiding vanaf locatie 1 duurder dan vanaf locatie 2. Onderaan de streep is het verschil minimaal, namelijk minder dan 1%.
Op basis van het thema Techniek en Kosten zijn de alternatieven niet onderscheidend, uitgezonderd het verlaagde boorrisico voor locatie 1.

5. OMGEVING

5.1 Inleiding

De manier waarop de effecten op de leefbaarheid en de daaraan gerelateerde zorgen ontstaan verdient bijzondere aandacht. De maatschappelijke effecten en zorgpunten die spelen rondom gaswinning in het algemeen en specifiek ten aanzien van de gaswinning in Ternaard zijn om die reden ook beschouwd. In het omgevingsproces wordt er ruimte geboden om in dialoog te gaan over de eventuele effecten op leefomgeving en zorgen die omwonenden hebben bij de voorgestelde gaswinning in Ternaard. Vanwege het ontbreken van een wettelijk toetsingskader is ervoor gekozen de leefbaarheid te splitsen aan de hand van de zorgen die spelen in de omgeving ten aanzien van de gaswinning. Op basis van een inventarisatie van onder meer de zienswijzen op de Notitie Reikwijdte en Detailniveau, input vanuit de verkenning in het kader van de pilot voor omgevingsmanagement in RCR-projecten en het Fries Manifest is duidelijk geworden dat de voornaamste zorgen ontstaan over bodemdaling in relatie tot veiligheid. Daarnaast zijn er zorgen ten aanzien van hinder en een transparante informatievoorziening over het voornemen.

5.2 Afweging

5.2.1 Belangrijkste stakeholders

De gemeente Dongeradeel telt naast de stad Dokkum 28 dorpen. De gemeente telt 21 dorpsbelangen en 6 wijkraden. De verenigingen van Dorpsbelangen en de wijkraden fungeren als gesprekspartner, klankbord en adviseur van het gemeentebestuur. Tegelijk zijn zij belangenbehartiger, spreekbuis en antenne van de inwoners van de wijk of het dorp. Voor het voornemen van NAM gaat het om de dorpen Ternaard en Wierum.

Naast de gemeente en inwoners uit dorpen zijn andere belanghebbenden, (agrarische)bedrijven en organisaties met het oog op het behoud van de natuur. Daarnaast speelt ook het Wetterskip een zeer belangrijke rol met het oog op de waterveiligheid en waterhuishouding in het gebied.

Gezien de aanwezigheid van meerdere gaswinninglocaties in de regio en de zorgen en publieke aandacht rondom de gaswinning in Groningen, zijn ook in de gemeente Dongeradeel zorgen rondom de voorgenomen gaswinning van het Ternaard gasveld. Sinds 2006 is er een Overeenkomst Bodemdaling Aardgaswinning Fryslân aangegaan tussen NAM, de provincie Fryslân en Wetterskip Fryslân met als doel een regeling te treffen voor de vergoed van schade die voortvloeit uit bodemdaling ten gevolge van aardgaswinning door NAM.

5.2.2 Zorgen vanuit de lokale gemeenschap

De zorgpunten van de lokale gemeenschap over gaswinning in het algemeen hebben voornamelijk betrekking op compensatie van geleden schade en zekerheid met betrekking tot 'geld en goed'. Dit is vertaald in het Fries Manifest Gas en Zoutwinning. Meer specifiek spelen de volgende persoonlijke zorgen een rol:

- Onduidelijkheid over risico's en afhandeling van schade.
- De discussie en angst voor ongelijke verdeling van lusten en lasten.
- Krimp – het verdwijnen van sociale voorzieningen en infrastructuur.
- Opslag van CO_2 of kernafval in ondergrondse zoutkoepels.
- Negatieve effect op de huizenprijzen.
- Werkgelegenheid.

In het Fries manifest worden ook aanbevelingen gedaan over de thema's die samenhangen met gaswinning. Het Manifest stelt voor om winningsbedrijven te verplichten om:

- Nulmetingen van onroerend goed in winningsgebieden uit te voeren met periodieke herhalingsmetingen.
- Uit te gaan van onafhankelijke schadebeoordeling en publieke afhandeling.
- Concreet per winningsplan een duidelijke balans in de lusten en lasten, bestaande uit een harde financiële tegemoetkoming voor winningsregio's, af te spreken met vertegenwoordigers van belanghebbenden, lokale en regionale overheden.
- Het verbeteren van de communicatie van betrokken rijksinstanties richting burgers en bedrijven in de winningsbieden over onder meer effecten, risico's, onzekerheden en monitoring.

In het omgevingsproces worden de voorgestelde maatregelen uit het Fries manifest voor zover mogelijk meegenomen.

5.2.3 Zorgen van omwonenden

Bewoners in de omgeving van het voorgenomen project staan verschillend tegenover de gaswinning. Enkelen zijn principieel tegen gaswinning als fossiele brandstof of zijn van mening dat de Waddenzee als beschermd ecologisch systeem volledig met rust gelaten moet worden. Daarnaast zijn bewoners ook bezorgd, over onder andere:

- Risico's en onzekerheden: angst voor aardbevingen - leidend tot schade aan woningen.
- Dat schade aan woningen niet wordt opgelost.
- De veiligheidsbeleving – Wantrouwen – "Niet weten waar je aan toe bent".
- Hinder van activiteiten, zoals landschappelijke verstoring, geluid, licht en transport.
- Oneerlijke lusten en lasten verdeling – het idee een wingewest te zijn.

Thema	Zorgen
Veiligheid	• Gevoeligheid van oude, ondiepe, gefundeerde gebouwen voor bodembeweging. • Omvangrijker herstel van infrastructuur en waterhuishoudkundige systemen. • Risico's en onzekerheden: angst voor aardbevingen - leidend tot schade aan woningen.
Omgeving	• Hinder van activiteiten, zoals landschappelijke verstoring, geluid, licht en transport. • Leefbaarheid en economische vitaliteit in de winningsbieden moeten op peil blijven en er moet een goede balans zijn tussen lusten en lasten in het gebied/ de discussie en angst voor ongelijke verdeling van lusten en lasten/ het idee een wingewest te zijn. • Verkeersveiligheid. • Krimp – het verdwijnen van sociale voorzieningen en infrastructuur. • Negatief effect op de huizenprijzen. • Afname werkgelegenheid.
Betrokkenheid	• De afwezigheid van omgekeerde bewijslast. • De informatievoorziening over gaswinning, risico's, effecten en schade-procedures duidelijk, begrijpelijk moet zijn en toegankelijk via één loket/portaal. • Dat schade aan woningen niet wordt opgelost. • De veiligheidsbeleving – Wantrouwen – "Niet weten waar je aan toe bent".

Figuur 11 De zorgen uit de omgeving gebundeld per thema

5.3 Conclusie

De voornoemde bezwaren op de gaswinning in Ternaard komen terug in de zienswijzen op de notitie Reikwijdte en Detailniveau en zijn in verschillende gesprekken met belanghebbenden ook door de belanghebbenden aangegeven. Voor een deel zijn dit zorgen die niet locatieafhankelijk zijn (dus gericht op gaswinning in het algemeen), maar voor een deel zijn de zienswijzen gericht op de specifieke productielocatie. De onderwerpen en issues die niet locatieafhankelijk zijn worden of in het MER behandeld of besproken met de belanghebbenden. In dit document wordt de keuze voor het voorkeursalternatief met betrekking tot winningslocatie en pijpleiding afgewogen en zodoende staan de locatieafhankelijke effecten centraal om in beeld te krijgen waar de verschillende alternatieven onderscheidend zijn. Voor het afwegen van de productielocatie en pijpleiding zijn de volgende aspecten uit de zienswijzen van belang":

- Veiligheid
- Stand- en geluidsoverlast
- Verkeersdruk
- Verlies rust en ruimte
- Lichthinder
- Cultuurhistorie en landschappelijke waarden.

Daarnaast wordt de toegepaste methode vaak aangehaald; men vreest voor de toepassing van 'fracking'[1]. Andere zorgen betreffen de effecten van de bodemdaling in relatie tot mogelijke dijkverzakkingen, suppletie, risico op scheurvorming, effecten op grondwaterstand en risico op aardbe-

[1] Fracking is een methode om gas of olie uit de diepe ondergrond vrij te maken door millimetergrote scheurtjes te creëren in het brongesteente waar het gas in opgesloten zit. Dit gebeurt door water, zand en chemicaliën onder hoge druk (400 tot 1000 bar) in een boorput te pompen en kleine explosies te veroorzaken. De ingebrachte zandkorrels gaan in de scheurtjes zitten en houden deze open. Dit zorgt ervoor dat transport van gas of olie naar de boorput mogelijk is. In de Nota van Antwoord op de definitieve NRD en het MER wordt deze methode uitgesloten en zodoende ook niet nader onderzocht.

vingen. Ook de toekomst van het project (wat gebeurt er met het uitgeproduceerde gasveld en de leiding) leidt tot onzekerheid.

Gezien de aanwezigheid van gaswinninglocaties in de regio en de zorgen en publieke aandacht rondom de gaswinning in Groningen, zijn ook in de gemeente Dongeradeel zorgen rondom de voorgenomen gaswinning van het Ternaard gasveld en deze worden herkend door NAM.
De zorgen die ontstaan als gevolg van de voorgestelde gaswinning worden geadresseerd in het omgevingsproces. Het omgevingsproces biedt de ruimte om in de verschillende fasen van gaswinning in dialoog te gaan met NAM en de omgeving. Daarbij is het streven dat het omgevingsproces toegankelijk is voor alle bewoners in de omgeving. NAM en het Ministerie van Economische Zaken en Klimaat zijn met de (lokale) gemeenschap in gesprek over de exacte invulling van het omgevingsproces. Het doel van dit omgevingsproces is om de impact op de omgeving zo veel mogelijk te voorkomen, mitigeren en/of compenseren.

Impact	Maatregel en borging	Monitoring
Hinder - algemeen	• Klachtenprocedure	• Aantal en type klachten
Geluid	• Geluid-reducerende maatregelen • Online geluidmeting tijdens booractiviteiten • Beperking aantal fakkels	• Online geluidmeting tijdens booractiviteiten via nam.nl • Klachten
Licht	• Minimalisatie van verlichting is de standaard • Toepassen ledverlichting • Vooraf informeren over affakkelen en overige sterk geluid producerende processen	• Aantal en type klachten
Luchtkwaliteit	• Uitstoot beperking van installaties	• Meetprotocollen / meetgegevens
Landschap	• Landschappelijke inpassing op basis van het huidige verkavelingspatroon	• Aantal en type zienswijzen • Beoordeling van een "welstandscommissie"
Verkeer	• Transportplannen voor optimale routes en rijtijden in relatie tot de omgeving • Inzet verkeersregelaars	• Verkeerstellingen uitvoeren • Aantal en type klachten

Figuur 12 Locatieafhankelijke maatregelen ter beperking van hinder

6. KEUZE VOORKEURSALTERNATIEF

In dit document is de bredere belangenafweging gemaakt voor het voorkeursalternatief voor de gaswinning in Ternaard, op basis van de volgende drie pijlers:

- Natuur en Milieu
- Techniek en Kosten
- Omgeving

De conclusie van de pijler Natuur en Milieu is dat deze op de meeste onderdelen niet onderscheidend zijn. Van belang is de afweging tussen leefbaarheid van Ternaard enerzijds (locatie 1) en landschapswaarden anderzijds (locatie 2).

De conclusie van de pijler Techniek en Kosten is dat deze over het algemeen niet erg onderscheidend zijn. Locatie 1 heeft qua techniek een voordeel vanwege een verlaagd boorrisico (want het is een bestaande boorlocatie, waarvan de ondergrond bekend is).

De conclusie van de pijler Omgeving is dat uit zienswijzen, gesprekken en aandachtspunten uit het omgevingsproces duidelijk naar voren komt dat de locatie in het dorp tot meer zorgen en onrust leidt over veiligheid, mogelijke schade aan de woningen en overlast van geluid, licht en verkeer. De bestaande productielocatie is door uitbreidingen steeds dichter tegen het dorp komen te liggen, waardoor er thans ook meer woningen hinder zouden ondervinden van een nieuwe boring. Ondanks het feit dat de effecten van de gaswinning in Ternaard qua impact niet vergelijkbaar zijn met die van de gaswinning uit het Groningenveld, zijn de zorgen van bewoners in de directe omgeving hiervan wel het gevolg.

Gezien de wens om te komen tot een maatschappelijk acceptabele gaswinning wordt door betrokken partijen locatie 2 met tracéalternatief zuid als het meest optimale alternatief gezien. Dit alternatief leidt tot aanzienlijk minder hinder voor de omgeving en komt hierdoor het meest tegemoet aan de uitgangspunten van het Fries Manifest (want minder schade) en de zorgpunten zoals geuit in het omgevingsproces. Daarnaast kent tracéalternatief zuid het kortste tracé in combinatie met locatie 2.

BIJLAGE: ALTERNATIEVENBEPALING

Inleiding
Om te komen tot locatie en tracéalternatieven heeft er in het MER een trechtering plaatsgevonden. Onderstaand is een samenvatting van deze trechtering weergegeven.

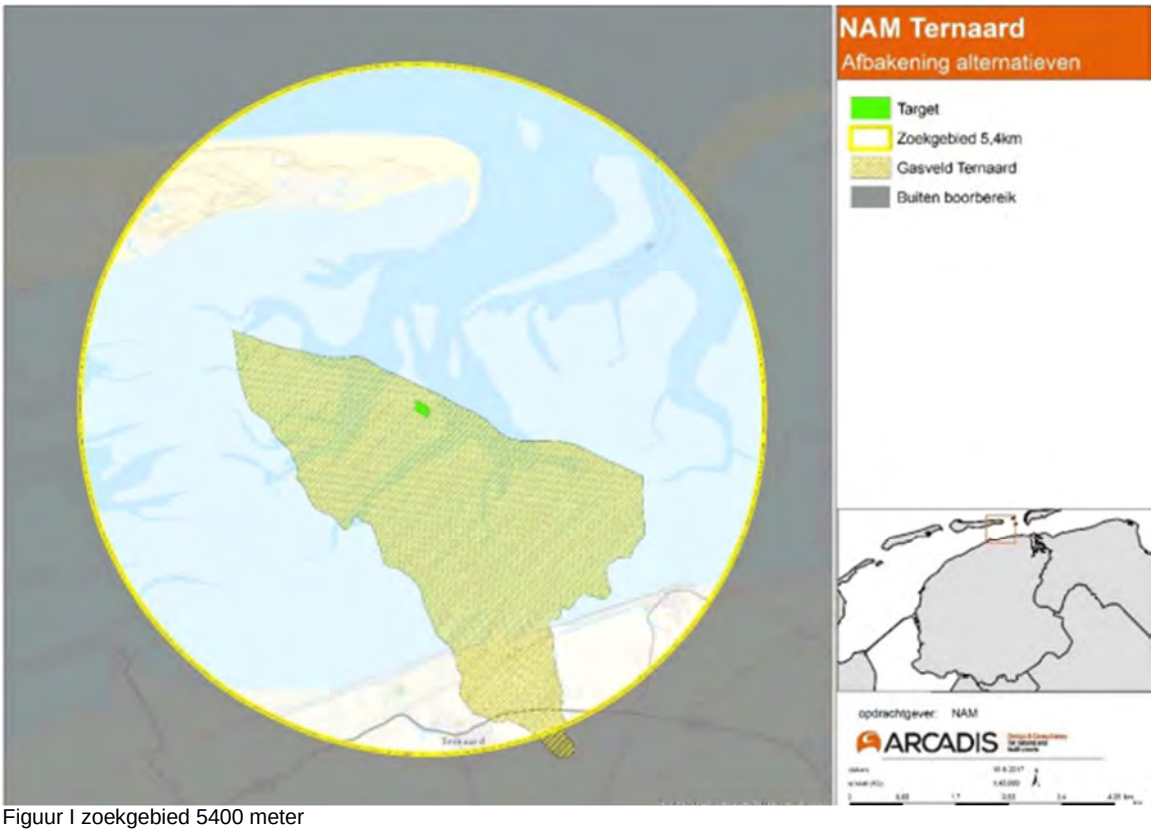
Stap 1 Bepalen zoekgebied

Het zoekgebied voor de boorlocatie wordt bepaald door twee factoren; het bepalen van het ondergrondse doel en de maximale boorafstand.

Stap 1.1 Bepalen ondergronds doel
Gas beweegt naar boven en concentreert zich in het hoogstgelegen deel van het gasveld. Het hoogste punt van het gasveld is daarom het ondergronds doel waar de NAM naartoe wil boren. Het hoogste punt bevindt zich in het noorden van het gasveld op een diepte van ongeveer 3400 meter.

Stap 1.2 Maximale boorafstand
Het is niet mogelijk om loodrecht naar beneden te boren, omdat op grond van het Barro een nieuw boorplatform in de Waddenzee niet mogelijk is. Een schuine (gedevieerde) boring is wel mogelijk, maar hier zit voor de Nederlandse geologie een technische grens aan van 6900 meter.

Zoekgebied
Wanneer de maximale boorafstand in samenhang met het ondergronds doel wordt beschouwd (rekening houden met diepte en kromming) is de maximale afstand die een boring horizontaal kan overbruggen 5400 meter. Het zoekgebied bestaat daarom uit alle gebieden op land binnen een cirkel met een straal van 5400 meter rondom het ondergronds doel.



Figuur I zoekgebied 5400 meter

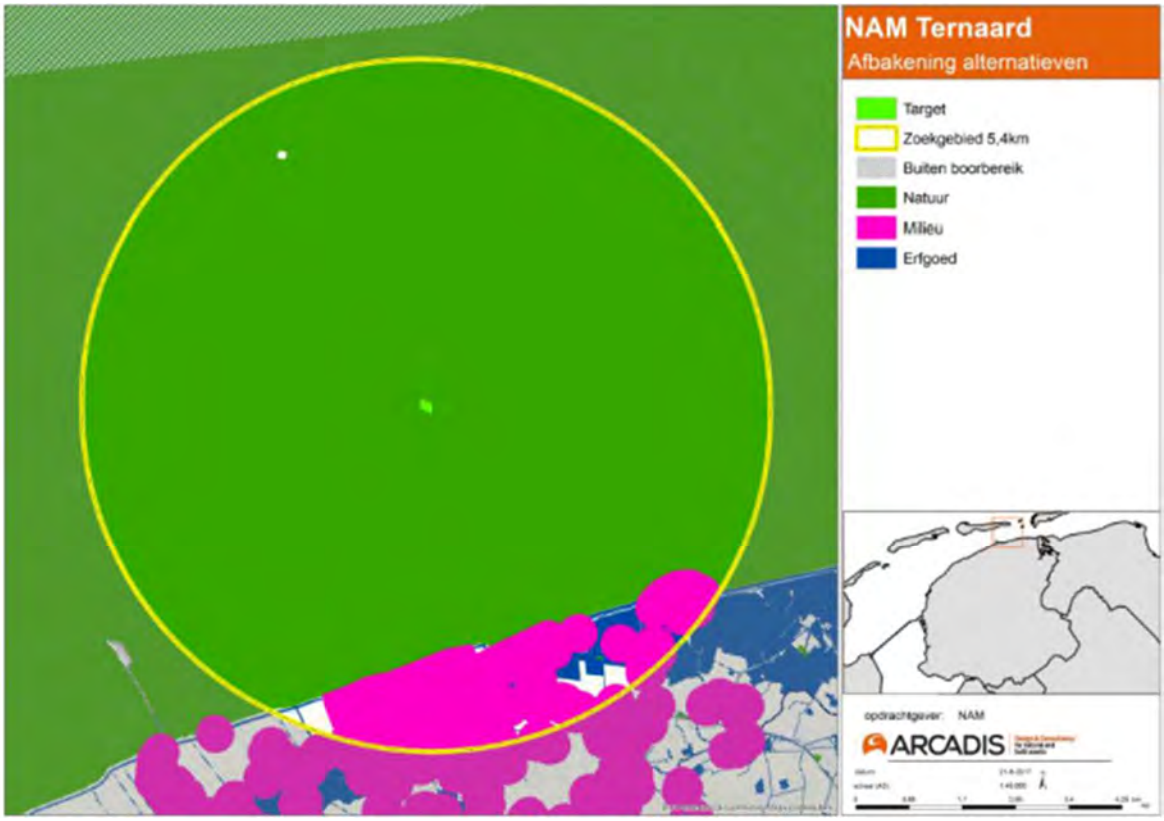
Stap 2 Wettelijk kader

Binnen het zoekgebied is in beeld gebracht welke wet -en regelgeving op nationaal, provinciaal en gemeentelijk niveau van kracht is voor natuur, leefomgeving en landschap, cultuurhistorie en archeologie. Hieruit volgen de volgende conclusies:

- *Natuur:* de Waddenzee, Ameland en het Natuurnetwerk Nederland (NNN) zijn uitgesloten voor de realisatie van een nieuwe productielocatie;
- *Leefomgeving:* de gronden in een straal van 300 meter rondom woningen (en andere gevoelige objecten)[2] en binnen de beschermingszone rondom de dijken zijn uitgesloten voor de realisatie van een nieuwe productielocatie;
- *Landschap, cultuurhistorie en archeologie:* gebieden met archeologische monumenten of (zeer) hoge archeologische verwachtingswaarde, kruinige percelen, terpen, historische wegen, dijken, verkavelingspatronen, de eendenkooi met vrijwaringszone en beschermde stads- en dorpsgezichten zijn uitgesloten voor de realisatie van een nieuwe productielocatie.

De bovenstaande omgevingswaarden zijn op de navolgende kaart weergegeven. De witte gebieden die op deze kaart overblijven zijn milieutechnisch gezien kansrijke gebieden voor de productielocatie. De bestaande locatie Ternaard is locatie 1. De overige locaties zijn genummerd als locatie 2 tot 6.

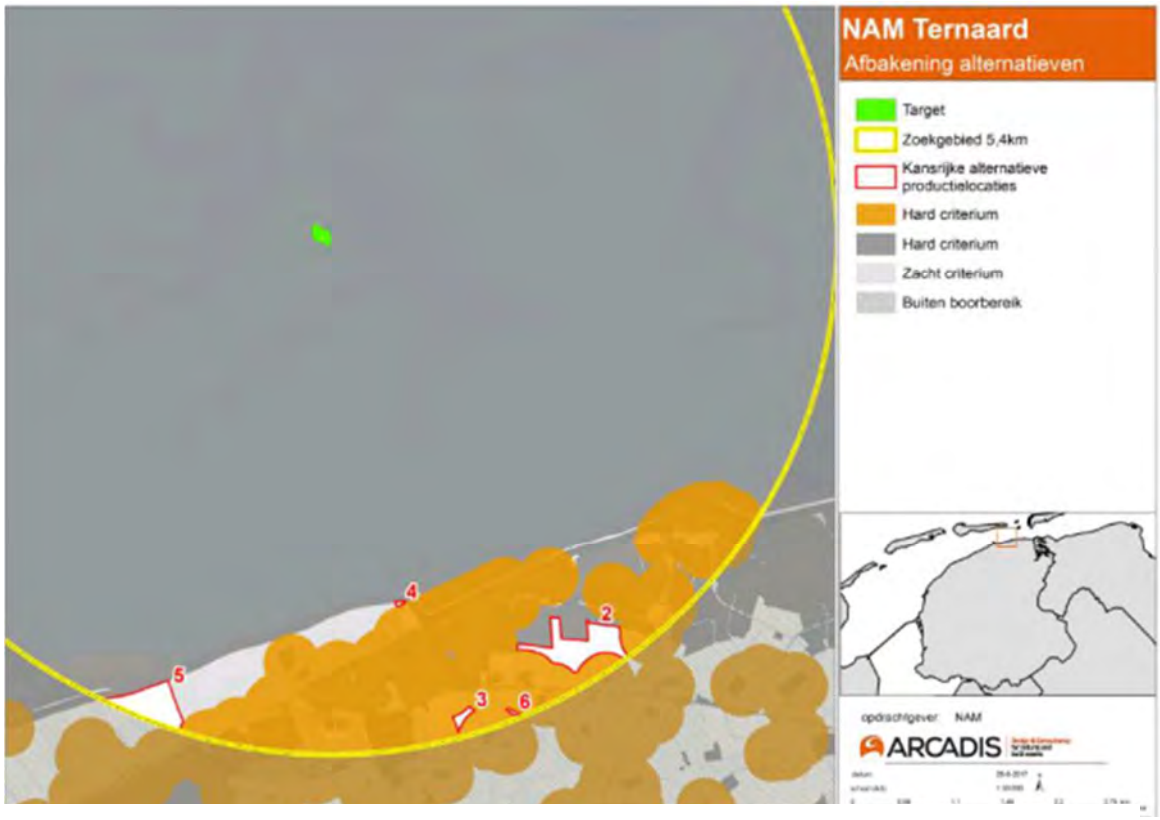
[2] Aangezien de locatie Ternaard een reeds bestaande locatie is, is deze op voorhand al meegenomen als één van de alternatieven, aangezien hier eerder een boring is uitgevoerd en er minder ingrepen in het landschap plaats hoeven te vinden.



Figuur II Kansrijke gebieden voor de productielocatie

Stap 3 Technische haalbaarheid productielocatie

De in stap 2 bepaalde kansrijke gebieden, zijn in stap 3 verder afgebakend op basis van technische haalbaarheid. Hierbij is allereerst gekeken naar locaties die afvallen, omdat deze onvoldoende ruimte bieden voor het realiseren van een productielocatie. Er moet voldoende ruimte zijn voor het plaatsen van materieel en het manoeuvreren met transporten (circa 170 x 87 meter). Voor locatie 4 en 6 geldt dat er onvoldoende ruimte is, waardoor deze afvallen. Daarnaast kan bij locatie 4 niet de vereiste kritische veiligheidsmaatregel geplaatst worden.



Figuur III afbakening alternatieven

De overige locaties bieden voldoende fysieke ruimte en hiervan is de technische haalbaarheid (ondergronds risico, bereikbaarheid en overige knelpunten) onderzocht. Voor de overige locaties (uitgezonderd locatie 1 aangezien dit een bestaande locatie betreft) is de technische haalbaarheid samengevat in onderstaande tabel opgenomen.

Criterium	2	3	4	5	6
Oppervlak					
Bereikbaarheid			n.v.t.		n.v.t.
Doorsnijding transportleiding			n.v.t.		n.v.t.
Lengte put / moeilijkheid boorpad			n.v.t.		n.v.t.
Overdrukken			n.v.t.		n.v.t.
Zetten van schoen			n.v.t.		n.v.t.

Legenda:

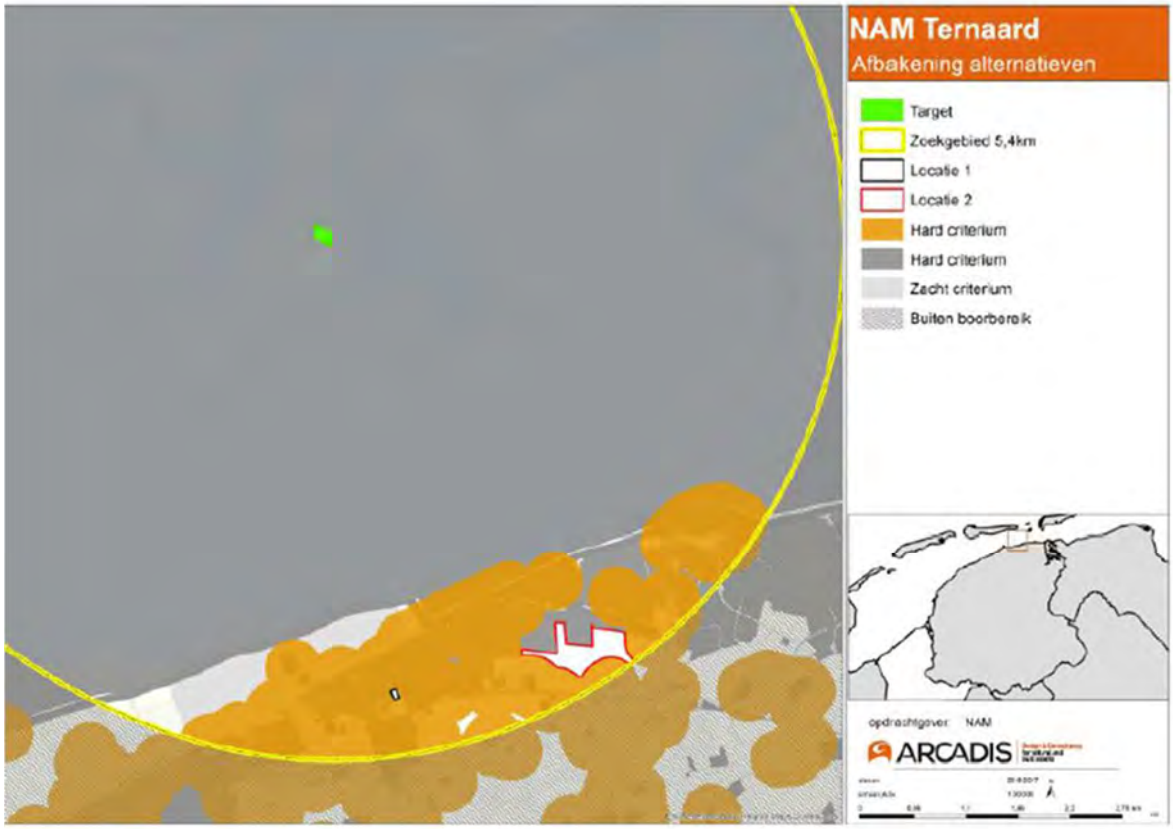
Voldoet volledig aan criterium / technisch uitvoerbaar
Kan afdoende aan criterium voldoen / technisch risico is hoger, maar blijft uitvoerbaar
Kan niet aan criterium voldoen / technisch risico onacceptabel

Locatie 2 is goed ontsloten voor vrachtverkeer vanwege de ligging nabij de N358 en ligt op relatief grote afstand tot bebouwing. Een boring in het oostelijk deel van locatie 2 is technisch niet haalbaar, vanwege dunne zoutlagen op diverse locaties in de ondergrond die gepasseerd moeten worden wanneer vanaf dit deel van de locatie geboord zou worden. Hierdoor neemt het risico op een misboring toe en ontstaat er een grotere kans op het weglekken van boorvloeistof, wat zeer onwenselijk is. Een boorpad vanaf het midden van de locatie is mechanisch niet haalbaar, omdat deze te lang wordt qua boorlengte. In het westelijk deel is een boring wel mogelijk. Locatie 2 (westelijk deel) is daarom meegenomen als productiealternatief in het MER.

Vanwege de ligging is er voor *locatie 3* een onwenselijk en technisch risico, vanwege de dunne zoutlagen in de ondergrond. Bovendien is de verwachting dat er aan de top van de Zechstein een gesteentelaag zit die onder hoge druk kan staan. Het is vanwege de te dunne (of geen) pure zoutlaag ook niet mogelijk om de benodigde veiligheidsmaatregelen (de 'schoen')[3] te plaatsen.
Locatie 5 ligt buiten de voormalige zeedijk, wat betekent dat doorkruising nodig is voor de aanleg van de transportleiding. Ook moet deze leiding over een significant langere afstand worden aangelegd dan bij de overige locaties, wat een grotere impact op de omgeving dan de andere locaties tot gevolg heeft. Daarbij zijn boorpaden vanaf deze locatie vanwege de ondergrond technisch niet mogelijk en zijn er geen realistische mechanische mogelijkheden vanwege de lengte en mogelijkheidsgraad van het boorpad. Hierdoor is deze locatie minder efficiënt en duurder. Locatie 3 en 5 zijn daarom niet meegenomen als productielocatiealternatief in het MER.

[3] Tijden het boorproces wordt eerst een stalen buis geplaatst zodat men het gewicht van de vloeistofkolom in de boorpijp kan verhogen als tegendruk voor de hogere drukken in de nieuwe laag. Daarna wordt een laag met een mogelijk hogere druk aangeboord. Het onderste gedeelte van deze buis moet in competent gesteente staan en worden omvat met cement (dit is de 'schoen'), zodat deze goed vaststaat.

Op basis van de afbakening vanuit technische haalbaarheid worden locatie 2 (westelijk deel) en de bestaande productielocatie nabij Ternaard meegenomen in het MER.



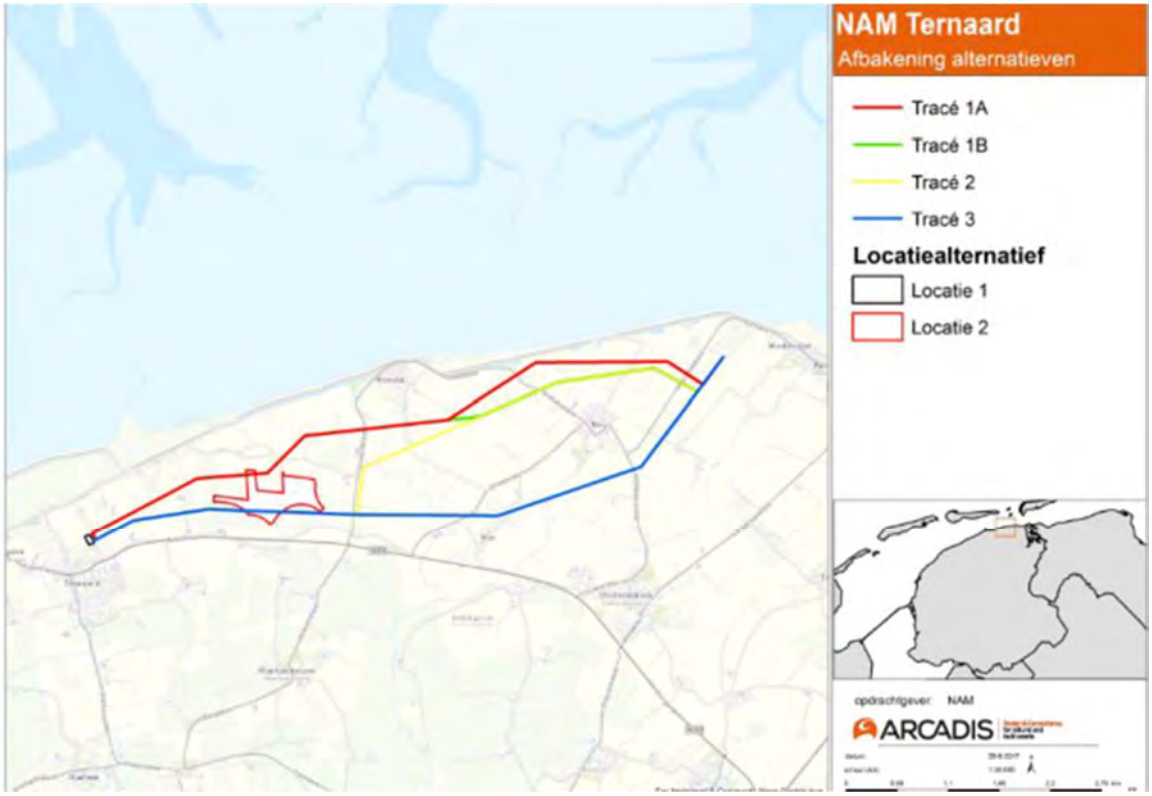
Figuur IV Onderzochte productielocatiealternatieven

Stap 4 Haalbaarheid tracéalternatieven

De productielocatie wordt door middel van een nieuw aan te leggen ondergrondse transportleiding verbonden met de bestaande mijnbouwlocatie Moddergat. Bij het bepalen van de tracés is rekening gehouden met de volgende technische uitgangspunten:

- **Lengte:** een zo kort mogelijk tracé, vanwege het minimaliseren van het technisch risico en beperken van het ruimtebeslag;
- **Knikken**: zo min mogelijk knikken/bochten, vanwege het beperken van het ruimtebeslag als gevolg van de benodigde expansielussen;
- **Percelen:** zo veel mogelijk langs de rand van percelen, om hinder voor perceeleigenaren tot een minimum te beperken en zo min mogelijk schade aan de bodemstructuur te veroorzaken;
- **Infrastructuur:** wegen en waterwegen zo veel mogelijk haaks kruisen.

Op basis van voorgaande zijn vier tracéalternatieven bepaald, die zijn weergegeven in figuur V.



Figuur V Tracéalternatieven

Voor tracé 1 zijn twee varianten bepaald (1A en 1B). Tracé 1 (A en B) is het meest noordelijke tracé en loopt vanaf locatie Ternaard op geringe afstand tot de Waddenzeekust naar Moddergat. Halverwege takt tracé 1B af van 1A en volgt een (iets) zuidelijkere route. Vlak voor Moddergat komen beide tracés weer samen. Tracé 2 en tracé 3 volgen in het eerste deel vanaf Ternaard dezelfde route, waarna tracé 2 aftakt naar het noorden en later gecombineerd met tracé 1B verder loopt. Tracé 3 blijft zuidelijker lopen en is daarmee het meest zuidelijke tracéalternatief. Tracé 2 en tracé 3 kruisen beide productielocatie 2. Deze tracés zijn vanaf dat kruisingspunt daardoor ook van toepassing voor de productielocatie 2. Tracé 1 is noordelijk daarvan getraceerd, maar een aftakking naar Locatie 2 is mogelijk. Alle tracés komen kort voor Moddergat samen en volgen op het laatste gedeelte dus eenzelfde tracé.

De tracéalternatieven zijn beoordeeld op de omgevingswaarden natuur, leefomgeving en landschap, cultuurhistorie en archeologie. Hieruit volgt dat geen van de tracéalternatieven zodanig negatieve effecten met zich meebrengt dat ze op voorhand onhaalbaar of niet uitvoerbaar zijn. Wel is er een verschil in effect. Voor tracés 1A en 1B geldt dat het risico op effecten op het Natura 2000-gebied Waddenzee groter is dan bij alternatieven 2 en 3. Daarnaast zijn 1A en 1B de langste tracés waardoor er een grotere fysieke ingreep moet plaatsvinden en de kosten hoger zijn. De tracéalternatieven 2 en 3 hebben kleinere risico's voor natuur, leiden tot een kleinere fysieke ingreep in de omgeving en zijn door hun kortere lengte goedkoper dan de tracéalternatieven 1A en 1B. De tracés 2 en 3 geven daardoor het meeste invulling aan het streven naar een zo kort mogelijk tracé binnen de juridische en technische kaders. De tracé-alternatieven 2 en 3 zijn daarom verder onderzocht in het MER (tracé noord en zuid).

BRO heeft vestigingen in Boxtel | Amsterdam | Venlo
www.bro.nl

Bijlage 4

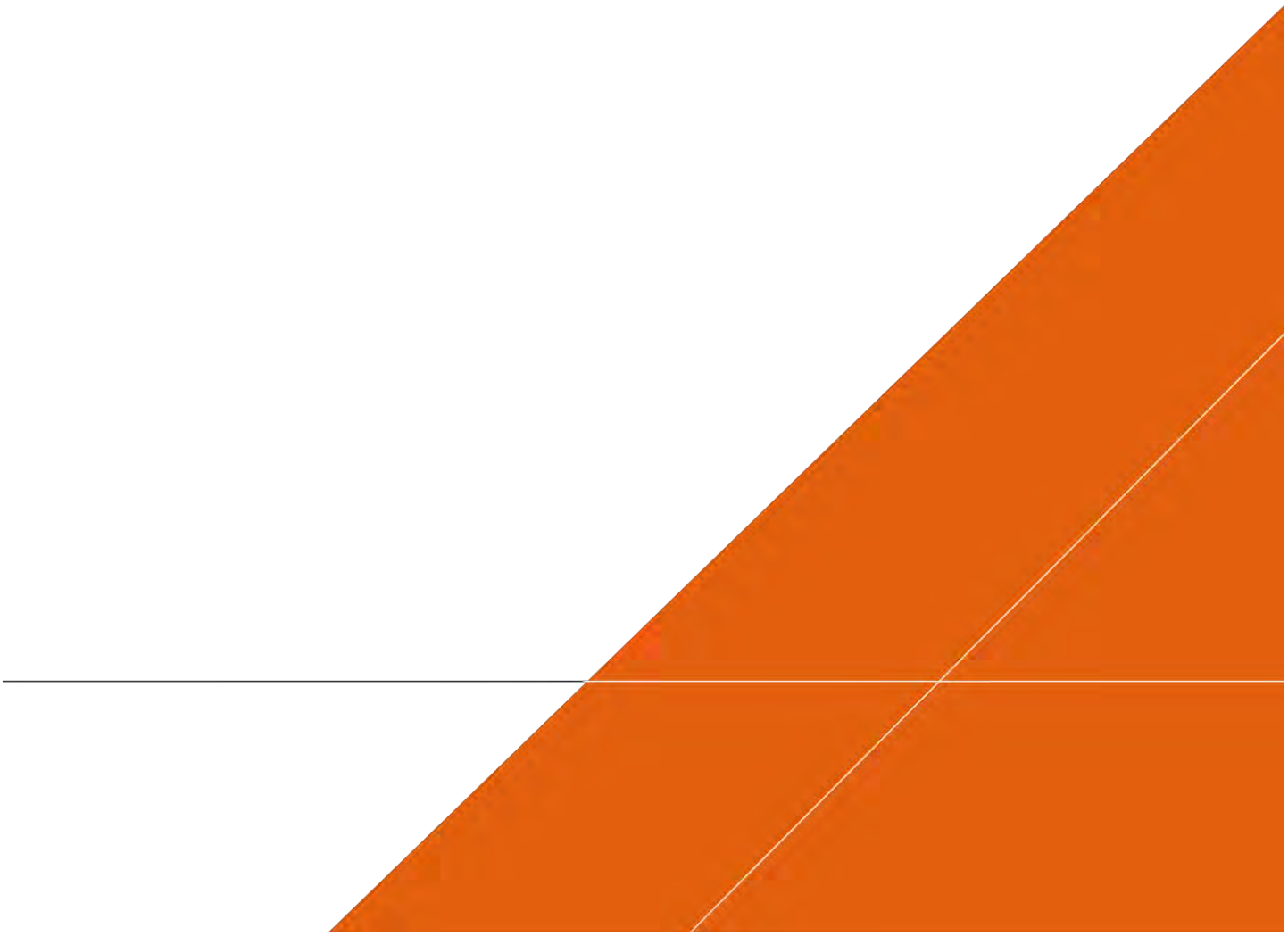
Passende beoordeling

ARCADIS Design & Consultancy for natural and built assets

PASSENDE BEOORDELING GASBORING EN GASWINNING TERNAARD

Nederlandse Aardolie Maatschappij B.V.

11 MAART 2021



Contactpersoon

Arcadis Nederland B.V.
Postbus 264
6800 AG Arnhem
Nederland

INHOUDSOPGAVE

1 INLEIDING 7
1.1 Het project 7
1.2 Initiatiefnemer en bevoegd gezag 8
1.3 Leeswijzer 8
2 VOORGENOMEN ACTIVITEIT 9
2.1 Fasen van de activiteit 9
2.1.1 Aanlegfase 10
2.1.2 Winningsfase 12
3 GASWINNING ONDER DE WADDENZEE 15
3.1 Inleiding 15
3.2 Dynamiek van de Waddenzee 17
3.2.1 Morfologie van de kombergingsgebieden 17
3.2.2 Het sedimentdelende systeem en het transport van water, zand en slib 18
3.2.3 Langjarige ontwikkelingen op de schaal van het sedimentdelende systeem 21
3.2.4 Kwelders 24
3.3 De Hand aan de Kraan-systematiek 27
3.3.1 De drie uitgangspunten van de Hand aan de Kraan-systematiek 27
3.3.2 Uitgangspunt 1: Het meegroeivermogen van de Waddenzee 28
3.3.3 Uitgangspunt 2: De snelheid van zeespiegelstijging 28
3.3.4 Uitgangspunt 3: De bodemdalingssnelheid 29
3.3.5 De Meet- & Regelcyclus 31
3.3.6 Ecologische monitoring 32
3.3.7 Bevoegdheid, taakverdeling en rapportage 33
3.3.8 Extra volume zandsuppleties 35
3.3.9 Gaswinning Ternaard en de Hand aan de Kraan-systematiek 35
3.3.10 Hand aan de Kraan systematiek in de praktijk 37
4 WERKEN BINNEN DE GEBRUIKSRUIMTE 40

5 BEOORDELINGSKADER 43
5.1 Wet natuurbescherming 43
5.2 Effecten van stikstofdepositie 43
5.2.1 Zelfstandige beoordeling stikstofdepositie 43

6 AFBAKENING EFFECTEN 44
6.1 Natura 2000 44
6.1.1 Mogelijke effecten 44
6.1.2 Studiegebied Natura 2000 45
6.2 Effecten en reikwijdte 46
6.2.1 Oppervlakteverlies tijdens aanleg 46
6.2.2 Verstoring tijdens aanleg 47
6.2.3 Verandering populatiedynamiek (sterfte) tijdens aanleg 50
6.2.4 Verzuring en vermesting 51
6.2.5 Verdroging en vernatting tijdens aanleg 53
6.2.6 Bodemdaling tijdens winning 54
6.2.7 Extra volume zandsuppleties tijdens winning 55
6.3 Samenvatting 58

7 AANWEZIGHEID NATUURWAARDEN 59
7.1 Inleiding 59
7.2 Morfologische kenmerken van het studiegebied 59
7.2.1 Grootschalige sedimentatie 59
7.2.2 Plaatareaal, droogvalduur 60
7.2.3 Wadvogels en droogvallende platen 63
7.2.4 Sedimentsamenstelling 64
7.2.5 Kwelders 64
7.2.6 Kustdynamiek en zandsuppleties 66
7.3 Natura 2000-gebieden 69
7.3.1 Waddenzee 70
7.3.2 Noordzeekustzone 73
7.3.3 Duinen Ameland 74
7.3.4 Duinen Schiermonnikoog 75
7.4 Samenvatting 76

8 EFFECTBEPALING 84
8.1 Inleiding 84
8.2 Morfologische effectbepaling 84
8.2.1 Grootschalige sedimentatie 84

8.2.2 Plaatareaal, droogvalduur 85
8.2.3 Sedimentsamenstelling 87
8.2.4 Kwelders 87
8.2.5 Conclusie 88
8.3 Ecologische effectbepaling 88
8.3.1 Aanlegfase 88
8.3.2 Winningsfase 90
8.3.3 Extra volume zandsuppleties 92
8.3.4 Cumulatie 93
8.4 Conclusie effectbepaling 96

9 EFFECTBEOORDELING 100
9.1 Inleiding 100
9.2 Passende beoordeling effecten stikstofdepositie 100
9.2.1 Effecten 100
9.2.2 Mitigatie 101
9.2.3 Kleine tijdelijke deposities van minder dan 0,05 mol N/ha gedurende maximaal 2 jaar 101
9.2.4 Natura 2000-gebied Waddenzee 102
9.2.5 Samenvatting passende beoordeling effecten stikstofdepositie 104
9.3 Passende beoordeling effecten zandsuppleties 104
9.3.1 Effecten 104
9.3.2 Mitigatie 106
9.3.3 Beoordeling 107
9.4 Conclusies 107
9.5 Monitoring 108

10 LITERATUUR 109

BIJLAGEN

BIJLAGE A VERSTORINGSCONTOUREN 115

BIJLAGE B UITGANGSPUNTEN EN RESULTAAT AERIUS BEREKENING 120

BIJLAGE C NATURA 2000 INSTANDHOUDINGSDOELEN 124

BIJLAGE D MONITORINGSPROGRAMMA 130

BIJLAGE E ADDENDUM MONITORINGSPROGRAMMA 131

BIJLAGE F NOTITIE VERLEASEN NOX EMISSIERUIMTE 137

COLOFON

138

1 INLEIDING

1.1 Het project

De Nederlandse Aardoliemaatschappij B.V. (hierna: NAM) is voornemens een productieboring uit te voeren naar het Ternaard gasveld. Het Ternaard gasveld ligt op ruim 3 kilometer diepte, ten noorden van het dorp Ternaard in de gemeente Noardeast-Fryslân. Een klein deel van dit gasveld ligt onder land. Het grootste deel van dit gasveld ligt onder de Waddenzee – grofweg tussen de kust bij Ternaard en Ameland – onder het kombergingsgebied 'Pinkegat'. In Figuur 1-1 is de ligging van het Ternaard gasveld weergegeven. Om de boring, de winning van het gas en de aanleg van een transportleiding mogelijk te maken wordt een m.e.r.-procedure doorlopen, moet een winningsplan worden goedgekeurd, verschillende vergunningen worden verleend en een inpassingsplan worden vastgesteld. Deze Passende beoordeling vormt het middel waarmee een vergunning van de Wet natuurbescherming aangevraagd kan worden voor de gaswinning, inclusief de hiervoor noodzakelijke voorbereidende werkzaamheden, bij Ternaard.

Figuur 1-1 Ligging Ternaard gasveld

Het doel van het project boring en gaswinning Ternaard is:

> *Het op duurzame, veilige en optimale wijze winnen van het aardgas uit het Ternaard gasveld, binnen de beschikbare gebruiksruimte voor gaswinning in de Waddenzee en met toepassing van het 'Hand aan de Kraan'-principe.*

Uitgangspunt daarbij is dat vigerende vergunningvereisten voor bestaande winningen onder de Waddenzee - ten aanzien van bodemdaling, de gevolgen voor de natuur en het meten en monitoren - op vergelijkbare wijze toegepast worden op de gaswinning uit het Ternaard gasveld. In essentie betekent dit dat gewerkt wordt volgens het Hand aan de Kraan-principe (of HadK-principe). Dit principe houdt in dat de gaswinning wordt beperkt of stilgelegd voordat de natuurgrens (het 'meegroeivermogen') van de Waddenzee dreigt te worden overschreden. Zo wordt voorkomen dat de bodem sneller daalt dan het natte deel van het

Waddensysteem kan compenseren door de aanvoer van slib en zand. Hierbij wordt ook rekening gehouden met de zeespiegelstijging. Door deze factoren mee te wegen, kan de 'gebruiksruimte' worden bepaald: de bodemdaling die als gevolg van de gaswinning op mag treden, zonder dat er significant negatieve effecten op het Waddensysteem ontstaan.

1.2 Initiatiefnemer en bevoegd gezag

Initiatiefnemer

De initiatiefnemer voor het project is NAM.

Nederlandse Aardolie Maatschappij B.V. (NAM)
Schepersmaat 2
9405 TA Assen
Postbus 28000, 9400 HH Assen

Bevoegd gezag

De minister van EZK is onder andere bevoegd gezag voor het besluit over het winningsplan en overige besluiten in het kader van de Mijnbouwwet. De minister van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit (LNV) is bevoegd gezag voor de vergunning in het kader van de Wet natuurbescherming. De ministers van EZK en Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties (hierna: BZK) zijn bevoegd gezag voor het vaststellen van het inpassingsplan. De voorbereiding en bekendmaking van het MER, het winningsplan, de benodigde vergunningen en het inpassingsplan worden gecoördineerd door het ministerie van EZK.

Ministerie van Economische Zaken en Klimaat
Directoraat-Generaal Klimaat en Energie
Directie Warmte en Ondergrond
Bezuidenhoutseweg 73
2594 AC Den Haag
Postbus 20401, 2500 EK Den Haag

1.3 Leeswijzer

Deze Passende beoordeling heeft een opbouw waarin specifieke aandacht is voor de Waddenzee in relatie tot de gaswinning. Dit komt tot uitdrukking in de Hoofdstukken 3 en 4, met de titels *Gaswinning Waddenzee* en *Werken binnen de gebruiksruimte*. In hoofdstuk 3 Gaswinning Waddenzee wordt de lezer stapsgewijs meegenomen in de dynamiek van het zand en slib in de Waddenzee en de response van die dynamiek op de stijgende zeespiegel en bodemdaling. Daarna wordt ingegaan op het HadK-principe, dat is ontwikkeld voor de gaswinning Waddenzee. In het daaropvolgende Hoofdstuk *Werken binnen de gebruiksruimte* wordt kort samengevat hoe vorm wordt gegeven aan de randvoorwaarde dat de gaswinning Ternaard plaats zal vinden binnen de gebruiksruimte, omdat deze randvoorwaarde medebepalend is voor de effectbepaling en -beoordeling.

Voorafgaand aan het hoofdstuk *Gaswinning Waddenzee* is in hoofdstuk 2 de activiteit beschreven. Na het hoofdstuk *Werken binnen de gebruiksruimte* geeft het hoofdstuk 5 het beoordelingskader van de Wet natuurbescherming.

In de daaropvolgende hoofdstukken 6 tot en met 9 vindt de feitelijke effectbeoordeling plaats, waarbij sprake is van een trechtering van de effecten. De afbakening van de effecten van de gaswinning Ternaard is opgenomen in hoofdstuk 6. In dit hoofdstuk wordt aan het begin van het hoofdstuk vastgesteld welke mogelijke effecten kunnen optreden tijdens de aanleg en de gaswinning. Vervolgens wordt onderbouwd welke van de mogelijke effecten zeker geen effecten op de Natura 2000-instandhoudingsdoelen hebben. Het daaropvolgende hoofdstuk 7 geeft een beschrijving van de morfologische kenmerken van het Natura 2000-gebied en van de aanwezigheid van de natuurwaarden. Vervolgens wordt in hoofdstuk 8 Effectbepaling ingegaan op die mogelijke effecten waarvan in hoofdstuk 6 niet met zekerheid kon worden vastgesteld dat deze geen effecten hebben. Ten slotte vindt in hoofdstuk 9 de daadwerkelijke effectbeoordeling plaats.

2 VOORGENOMEN ACTIVITEIT

In dit hoofdstuk is een beschrijving opgenomen van de voorgenomen activiteit, waarbij onderscheid gemaakt wordt in de aanlegfase en de winning (paragrafen 2.1.1 en 2.1.2). Na de beschrijving van deze fasen wordt ingegaan op het Winningsscenario.

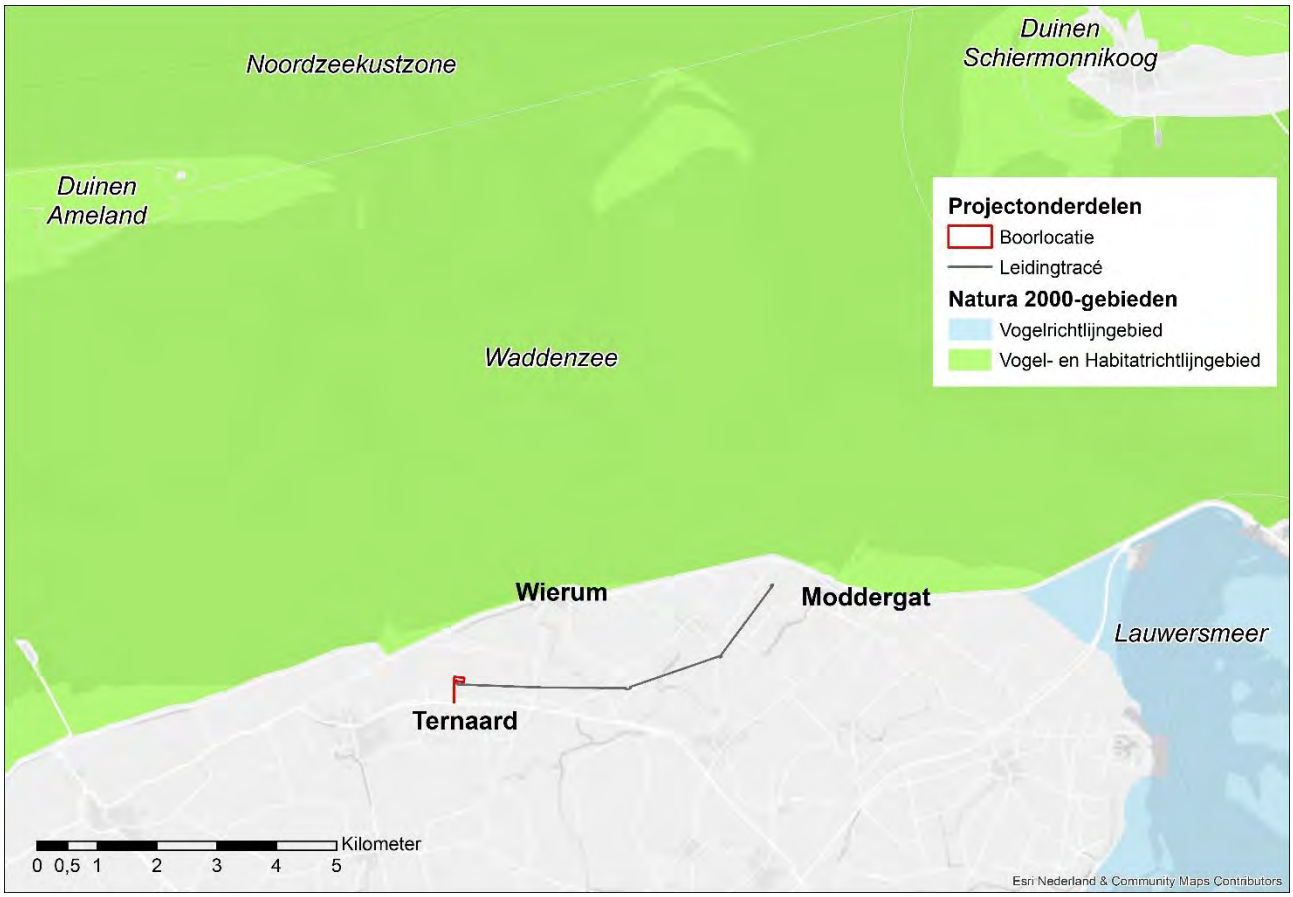
2.1 Fasen van de activiteit

Op dit moment staat de Ternaard-boring (Figuur 2-1) gepland vanaf medio 2021 met een duur van circa 134 dagen. De totale aanlegfase duurt circa 9 maanden.

De hoofdzakelijke werkzaamheden die samenhangen met de voorgenomen activiteit op de productielocatie(s) zijn:

- Aanlegfase (zie paragraaf 2.1.1)
  - realisatie van een locatie voor het plaatsen van de boorinstallatie;
  - aanvoeren, opstellen en afvoeren van de boorinstallatie;
  - aanbrengen van een geluidsscherm indien nodig;
  - boren van een nieuwe put met een Deutag T-700 of vergelijkbare boorinstallatie;
  - boorproces;
  - affakkelen van vrijkomend gas;
  - aanleg transportleiding naar Moddergat.

- Winning (zie paragraaf 2.1.2)
  - Deze fase omvat de winning van het gas, waarbij het gas getransporteerd wordt van de productielocatie naar Moddergat. Verder zijn er geen nieuwe ontwikkelingen of werkzaamheden die een verwachte milieu-impact hebben, anders dan reeds beschreven in de aanlegfase.



Figuur 2-1 Ligging Boor/productielocatie (rode lijn) en het leidingtracé naar Moddergat (groene lijn)

2.1.1 Aanlegfase

Boren

Wat
In 1991 is het veld bij Ternaard al aangeboord. NAM vond toen aardgas, maar ging niet tot winning over omdat de put niet op de juiste locatie in het gasveld stond. Met nieuwe technieken heeft NAM de gegevens van de diepe ondergrond nu opnieuw bestudeerd. NAM verwacht bij een nieuwe boring zo'n 7,57 miljard m^3 aardgas te kunnen winnen. Voordat NAM het aardgas kan winnen, moet een nieuwe gasput worden geboord. Hiervoor moet een productielocatie aangelegd worden vanaf waar NAM de boring uitvoert. De mijnbouwlocatie heeft een ruimtebeslag van 170 meter bij 87 meter. Als blijkt dat het gas in voldoende volume, met voldoende druk aanwezig is en van goede kwaliteit is dan wordt overgegaan tot de winning van het aardgas (zie alinea productietesten, hieronder).

Hoe
Op de productielocatie wordt tijdelijk (ongeveer 4,5 maand) een mobiele (demontabele) boorinstallatie geplaatst van het type Deutag T-700 (zie Figuur 2-2) of een vergelijkbare boorinstallatie van 46 meter hoog. Voorafgaand aan het plaatsen van de boorinstallatie moeten 170 palen worden geheid (Standaard palenplan T-700, NAM b.v.). Heien vindt plaats gedurende enkele weken, waarin de palen worden geplaatst ter verankering van de boorinstallatie en het plaatsen van een stalen conductorpijp voor de boorput (2). De boorinstallatie wordt voorzien van elektriciteit door middel van dieselgeneratoren. De boorinstallatie bestaat uit een boortoren en een 'mudplant' waar boorvloeistoffen, die tijdens het boren in gebruik zijn, worden opgeslagen en behandeld (1).

Voor de aan- en afvoer van de boorinstallatie met bijbehorende apparatuur zijn circa 115 transportbewegingen nodig (2). Met de aanvoer en het opbouwen van de installatie zijn circa 10 dagen gemoeid. Gemiddeld zijn er per dag 3 tot 7 transportbewegingen nodig voor de aan- en afvoer van materiaal. Transport gedurende de nacht wordt vermeden.

Vanaf de productielocatie boort NAM gedevieerd (schuin) naar een punt onder de Waddenzee. Dit punt is het ondergrondse doel in het gasveld waar NAM naartoe wil boren. Omdat gas naar boven beweegt en zich concentreert in het hoogstgelegen deel van het gasveld, is het belangrijk dat het ondergrondse doel het hoogste punt van het gasveld is. Dit hoogste punt bevindt zich in het noorden van het gasveld. Dit punt ligt op een diepte van ongeveer 3400 meter onder NAP.

Op basis van geluidsonderzoek tijdens boringen, is de *noise footprint* van de T-700 vastgesteld. De *noise footprint* is de afstand van de boortoren tot de 60 dB(A) grens rondom de boortoren, conform BARMM-eisen. Dit geluidsniveau mag conform BARMM-eisen 50 dagen optreden en de heiwerkzaamheden vinden tijdelijk plaats, gedurende10-15 werkdagen (3).

Het boren van de put strekt zich uit over een periode van circa 4 maanden, waarin continu (24 uur per etmaal, 7 dagen per week) wordt geboord. Ten behoeve van de boring wordt eerst een zogenaamde boorkelder aangelegd, waarna een stalen buis van circa tachtig meter (de 'stove-pipe') de grond in wordt geheid. Vanaf hier zal de mobiele boorinstallatie het boorgat realiseren. Hiervoor wordt een holle boorstang gebruikt met een beitel die het gesteente tot gruis vermaalt. De beitel boort zichzelf door middel van het eigen gewicht de grond in en wordt verlengd met een nieuwe boorpijp aan de boorstang zodra het einde van de voorgaande boorstang is bereikt (4).

Gedurende de boring wordt continu een boorvloeistof[1] naar beneden gepompt en brengt het boorgruis zodoende omhoog naar de oppervlakte. Door middel van schudzeven, cyclonen en centrifuges wordt het boorgruis uit de vloeistof gefilterd en afgevoerd naar een erkende verwerker. De vloeistof wordt via een gesloten systeem hergebruikt (5).

Om het boorgat open te houden, wordt het boorgat verbuisd met stalen bekledingsbuizen ('casings'). De binnenste casing dient voor het transport van het gas naar de oppervlakte. De buitenste casing wordt met cement aan de boorgatwand bevestigd. Deze casing voorkomt dat de putwand tijdens het boren instort, dat

[1] Indicatie: KPM (boorspoeling op waterbasis); VCM (boorspoeling op oliebasis); diverse boorchemicaliën; cement; kaliumchloride-brine (zoutwateroplossing).

migratie tussen de bodemlagen optreedt en dat gas via het boorgat kan ontsnappen. De put wordt afgewerkt met een veiligheidsafsluiter die ten behoeve van de veiligheid op het boorgat worden gemonteerd. Deze hebben als functie dat ze op elk gewenst moment en – indien noodzakelijk – van afstand kunnen worden gesloten om een blow-out te voorkomen. Het aanwezige gas wordt onderzocht om te bepalen of het winbaar is (productietesten) (5).

De boortoren is tijdens de werkzaamheden verlicht. De lichtuitstraling naar de omgeving wordt beperkt door de verlichting alleen te gebruiken wanneer dat nodig is (bijvoorbeeld alleen wanneer gewerkt wordt), een beperkt aantal lampen in te zetten, ledverlichting toe te passen, de montagehoogte te beperken en de lampen voornamelijk naar het grondoppervlak te richten. Alleen de boorvloer en -toren zijn zichtbaar. De boorinstallatie zal alleen gedurende de aanlegfase aanwezig zijn (5). Tijdens het affakkelen in de aanlegfase wordt de hemel gedurende 2 dagen opgelicht.

Figuur 2-2 Boorinstallatie inclusief boortoren en geluidswanden, zoals deze op de productielocatie eruit zal zien. Deze installatie staat meestal enkele maanden op locatie

Productietesten

Als de gashoudende formatie is bereikt en gas wordt aangetroffen, worden productietesten uitgevoerd. Hierbij worden gegevens over het productievermogen van de put, de reservoir-technische eigenschappen en de samenstelling van het gas verkregen. Indien het gas niet produceerbaar blijkt, dan wordt de put afgesloten.

Een onderdeel van het testen is het gedurende een korte periode gas produceren uit de put. Het geproduceerde gas en mee geproduceerde vloeistoffen worden gescheiden, waarna het gas wordt afgefakkeld in de tijdelijk aanwezige fakkelinstallatie op de productielocatie. Hiervoor worden twee fakkels op

de productielocatie geplaatst op 21 meter hoogte. Affakkelen gebeurt in drie perioden van 8 uur, verdeeld over 36 uur, daarna nog een periode van 24 uur non-stop (6).

Waar
Om tot een geschikte locatie voor de boring en de winning te komen zijn enkele systematische stappen doorlopen. De ligging van het gasveld is een gegeven en vormde daarmee de start van de zoektocht. Op basis van kansen en belemmeringen vanuit milieutechnische en beleidsmatige overwegingen zoals bodem, verstoring, waterkeringen et cetera is de uiteindelijke productielocatie bepaald. Het voorkeursalternatief (Figuur 2-1) is door de minister van EZK vastgesteld. Het exacte perceel moet nog worden aangekocht.

Aanleg leidingtracé

Wat?
Om het gas te transporteren naar de afnemer moet een nieuwe ondergrondse transportleiding met een diameter van circa 45 centimeter aangelegd worden tussen de productielocatie en de bestaande mijnbouwlocatie Moddergat. Vanuit Moddergat wordt het gas via de reeds bestaande gasleiding naar de gasbehandelingslocatie in Anjum getransporteerd.

De keuze voor Moddergat is gebaseerd op afstand en capaciteit. Moddergat is de dichtstbijzijnde locatie vanaf het gasveld en heeft voldoende capaciteit om deze nieuwe toevoer van gas op het gasnet aan te sluiten. Een alternatieve mijnbouwlocatie, locatie Blija, heeft deze capaciteit niet.

Hoe?
De aanleg van het tracé gebeurt grotendeels ‘in den droge’. Dit betekent dat er een sleuf gegraven wordt die, indien nodig, drooggehouden wordt door het toepassen van bemaling. In deze sleuf wordt vervolgens de leiding gelegd. Met de grondeigenaren en grondgebruikers maakt de NAM afspraken over het uit gebruik nemen van de werkstrook voor (meestal) een volledig groeiseizoen **(7)**. De transportleiding wordt op een diepte van circa 2,00-2,10 meter onder maaiveld aangelegd, om zo de drainagesystemen van de aanwezige landbouw (1,5 meter -mv) te ontwijken.

Op de locatie Moddergat wordt de leiding bovengronds gekoppeld aan de bestaande gasinstallatie (‘tie-in’). Vanaf Moddergat wordt de bestaande leiding gebruikt en zijn er verder geen ingrepen en/of werkzaamheden nodig.

Waar?
De ligging van het leidingtracé wordt in eerste instantie bepaald door het startpunt, de productielocatie, en het eindpunt, locatie Moddergat. Vanaf de productielocatie ligt de leiding met een lichte boog naar de aansluiting bij Moddergat.

2.1.2 Winningsfase

Wat
Wanneer de productieboring succesvol is afgerond en de benodigde vergunningen zijn verkregen, wordt gestart met de winning van aardgas.

Het totale volume in het Ternaard gasveld wordt geschat op circa 25 miljard m^3 (25 billion cubic meters, BCM). Echter, niet al dit gas zal uiteindelijk worden gewonnen. Uitgangspunt voor winning is dat NAM opereert binnen de kaders die in de vergunningen en instemmingsbesluiten zijn gesteld ten aanzien van bodemdaling als gevolg van de overige gaswinningen in het Waddengebied. Hoe dat werkt staat in paragraaf 3.3. Dit betekent een maximale winning van circa 7,57 miljard m^3 voor Ternaard en dit scenario ligt ten grondslag aan de effectbeoordeling. Dit volume wordt geleidelijk gewonnen over een periode van circa 20 jaar, zie hiervoor de ‘voorgenomen gaswinning’ in Tabel 2-1.

Tabel 2-1 Winningsscenario's gaswinning Ternaard

Ternaard gasproductie		
Jaar	**Minimale scenario x miljard Nm³/jaar**	**Voorgenomen gaswinning x miljard Nm³/jaar (Maximale productie binnen de huidige gebruiksruimte)[2]**
2021	0,069	0,069
2022	0,663	0,731
2023	0,626	0,678
2024	0,540	0,638
2025	0,468	0,558
2026	0,410	0,519
2027	0,358	0,499
2028	0,316	0,475
2029	0,281	0,452
2030	0,250	0,433
2031	0,222	0,412
2032	0,199	0,394
2033	0,177	0,377
2034	0,158	0,361
2035	0,072	0,345
2036	0,000	0,330
2037	0,000	0,302
Totaal	**4,81**	**7,57**

Hoe

In de winningsfase wordt op de productielocatie een productie-eenheid geplaatst (Figuur 2-3). Het gas stroomt vanuit het gasveld naar de productielocatie en via de aangelegde transportleiding tussen de productielocatie naar de bestaande mijnbouwlocatie Moddergat. Het gas wordt vervolgens vanaf Moddergat naar de gasbehandelingslocatie in Anjum getransporteerd.

Daar wordt het gas geschikt gemaakt voor transport naar de afnemer. Er vinden geen wijzigingen plaats op locatie Anjum als gevolg van dit voornemen.

[2] De voorgenomen gaswinning komt overeen met het hoge productiescenario uit het winningsplan Ternaard (NAM, 2019).

Figuur 2-3 Voorbeeld van een productie-eenheid op een productielocatie

Putstimulatie
De opbrengst van een gaswinningsput neemt na verloop van tijd af. Er zijn verschillende manieren om de levensduur van de gaswinning te verlengen. Eén van de methoden is het zogenaamde ‘fracken’, maar dit maakt geen onderdeel uit van het voornemen.

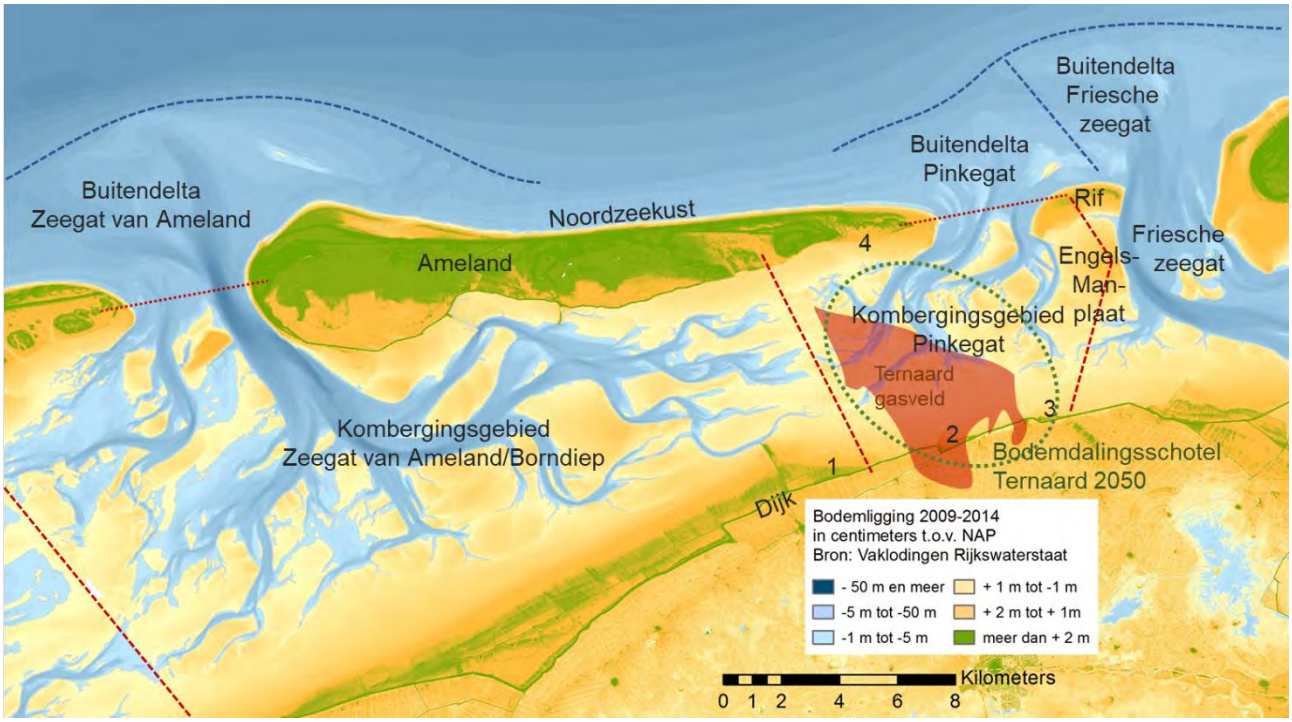
Zandsuppletie
Langs de hele Nederlandse kust worden in opdracht van Rijkswaterstaat zandsuppleties uitgevoerd vanwege het Nederlandse kustbeleid. Het Nederlandse kustbeleid is erop gericht om de positie van de kustlijn in stand te houden en de zandvoorraad van het kustfundament op peil te houden. De daling van de diepe ondergrond door gaswinning leidt in de Waddenzee tot extra sedimentatie van zand en slib, dat afkomstig is van de buitendelta’s en de kust van Ameland. Deze afname van het zandvolume voor de kust is vanuit het vigerende kustbeleid ongewenst en daarom wordt een extra volume zand gesuppleerd. De zandsuppleties omvatten de zandwinning in de wingebieden, het transport van de wingebieden naar de suppletielocaties en het aanbrengen van het zand op de vooroever. Het extra volume aan zand dat zal worden gesuppleerd is het gevolg van de voorgenomen activiteit (de gaswinning).

Waar
De winning vindt plaats vanaf de productielocatie. Behandeling van het gas vindt plaats op de bestaande locatie in Anjum. De zandsuppleties sluiten aan bij de toekomstige zandsuppleties die door Rijkswaterstaat op Ameland zullen worden uitgevoerd.

3 GASWINNING ONDER DE WADDENZEE

3.1 Inleiding

Het gasveld Ternaard ligt voor het grootste deel onder de Waddenzee (Figuur 3-1). De activiteit moet dan ook worden aangemerkt als een project, namelijk gaswinning onder de Waddenzee. Gaswinning onder de Waddenzee is niet nieuw. Het meest recent en meest uitgebreid beoordeeld zijn de waddenwinningen die vanaf de NAM-locaties Moddergat, Lauwersoog en Vierhuizen (afgekort MLV) plaatsvinden. Het Rijksprojectbesluit voor gaswinning onder de Waddenzee beziet de winning van deze locaties. In dat Rijksprojectbesluit wordt uitgelegd hoe gaswinning onder de Waddenzee wordt gemanaged en gecontroleerd met het HadK-principe. Mogelijke schade aan de Waddenzeenatuur door gaswinning wordt gegarandeerd voorkomen door deze HadK-systematiek. In dit hoofdstuk wordt uitgelegd hoe de HadK-systematiek werkt en waarop het gebaseerd is. Vervolgens wordt toegelicht hoe de voorgenomen gaswinning uit het gasveld Ternaard onderdeel wordt van deze systematiek. Dit hoofdstuk sluit af met enkele praktijkvoorbeelden van hoe voor de gaswinning in het waddengebied de vinger aan de pols wordt gehouden.



Figuur 3-1 Kaart met de bodemdalingsschotel door gaswinning Ternaard en de kombergingsgebieden in de Waddenzee, buitendelta en de Noordzeekust van Ameland

Het gas is op circa 3.400 meter diep onder de Waddenzee aanwezig in de gasvoerende lagen, waar het gas aanwezig is in de poriën van het gesteente. Gaswinning leidt tot drukdaling in deze gasvoerende lagen. Als gevolg van deze drukdaling en onder invloed van het gewicht van de bovenliggende aardlagen, wordt het gasvoerende gesteente samengedrukt. Dat noemen we compactie. Deze compactie leidt tot een lichte verzakking van de bovenliggende aardlagen en uiteindelijk tot een daling aan het aardoppervlak. Dit fenomeen noemen we bodemdaling. Op het land wordt bodemdaling aan de hand van landmeetcampagnes gemonitord. Daardoor weten we dat bodemdaling boven gasvelden in Nederland typisch enkele centimeters tot decimeters bedraagt. In de Waddenzee is dat anders. Daar meten we geen bodemdaling door gaswinning aan het wadoppervlak. Dit komt enerzijds doordat sediment in de Waddenzee door stroming en golven continu wordt herverdeeld. Anderzijds zorgt een aanvoer van zand en slib vanuit de kustzone en Noordzee ervoor dat er ook op langere termijn geen zandtekort ontstaat. Hoe de processen van erosie en sedimentatie de ontwikkeling van de wadplaten en geulen beïnvloeden en waarom dat belangrijk is om bodemdaling in het Waddengebied tegen te gaan, kunt u lezen in paragraaf 3.2.

In de bovenstaande alinea wordt gesteld dat er een aanvoer is van zand en slib vanuit de Noordzeekustzone naar de Waddenzee. Wat er op hoofdlijnen gebeurt, is dat de golfslag en stroming in de Noordzeekustzone relatief sterk zijn. Deze waterbeweging leidt tot het opwervelen van zand en slib. Met de vloedstroom, stroomt zo sedimentrijk water door de geulen de Waddenzee in. Boven de platen nemen de stroomsnelheden af en bezinken zand en slib. Zo ontstaan en groeien de wadplaten. Deze groei is van belang om de stijgende zeespiegel en de bodemdaling door de gaswinning op natuurlijke wijze te compenseren. Als er meer water het gebied in stroomt, neemt de zand- en slibaanvoer toe (paragraaf 3.2.3). De aanvoercapaciteit van deze natuurlijke transporten van zand en slib is niet oneindig. In het kader van gaswinning onder de Waddenzee is er veel onderzoek gedaan om de grenzen van deze aanvoercapaciteit met zekerheid vast te stellen. Verschillende studies, op basis van berekeningen met andere uitgangspunten en aannames, komen tot uiteenlopende getallen. In de meest voorzichtige berekeningen in de Integrale Bodemdalingstudie uit 1998 is bepaald dat delen van de Waddenzee 3 tot 10 mm per jaar zouden moeten kunnen ophogen (meegroeien) als resultaat van die aanvoercapaciteit (Oost et al., 1998; Hoeksema et al., 2004). Recentere studies komen met veel hogere getallen (Wang et al. 2017; 2018). Voor het Pinkegat, dat is het deel van de Waddenzee waaronder het gasveld Ternaard ligt, zijn meegroeivermogens van 6, 10, 13 en 32 mm per jaar berekend (zie paragraaf 3.3.2).

Het hierboven geïntroduceerde meegroeivermogen van de Waddenzee is onderdeel van de HadK-systematiek om te voorkomen dat onherstelbare verlaging van de wadplaten optreedt door gaswinning onder de Waddenzee. In de kern zorgt de HadK-systematiek ervoor dat de bodemdaling onder de Waddenzee door de gaswinning, opgeteld bij de zeespiegelstijging[3] niet groter wordt dan het meegroeivermogen van het betreffende deel van de Waddenzee. Jaarlijks wordt bepaald hoeveel bodemdaling heeft plaatsgevonden en hoeveel zeespiegelstijging is opgetreden en wordt vooruitgekeken naar de voorspelde bodemdaling en verwachte zeespiegelstijging. Dit wordt gerapporteerd aan het bevoegd gezag en de toezichthouder. Ieder jaar wordt dit opnieuw berekend, op basis van metingen van de bodemdaling onder de Waddenzee. Wanneer de bodemdaling in combinatie met de zeespiegelstijging groter dreigen te worden dan het vastgestelde meegroeivermogen, dan wordt de gaswinning teruggeschroefd. Minder gaswinning leidt tot minder bodemdaling en zo wordt voorkomen dat een onherstelbare verlaging van de wadplaten optreedt door de gaswinning. Dit proces heet de “Meet- en Regelcyclus”. De Meet- en Regelcyclus als onderdeel van HadK-systematiek wordt uitgebreid toegelicht in paragraaf 3.3.5.

De wadplaten groeien dus mee met de stijgende zeespiegel en met de bodemdaling door de gaswinning. Het zand dat daarvoor vanuit de Noordzeekustzone de Waddenzee in getransporteerd wordt, is afkomstig van de eilandkust, de buitendelta en de ondiepe delen van de Noordzee. Samen noemen we deze gebieden het kustfundament. Om de zandvoorraad van het kustfundament op peil te houden, voert Rijkswaterstaat zandsuppleties uit. Rijkswaterstaat heeft als verantwoordelijkheid en tot taak om het volume aan zand dat nodig is om de zeespiegelstijging bij te houden, aan te vullen met zand uit de diepere delen van de Noordzee. Per jaar is dat voor heel Nederland zo’n 12 miljoen kuub zand, dat deels op de stranden en deels onder water voor de stranden wordt gedeponeerd. Voor het deel van de Waddenzee dat we het Pinkegat noemen, komt daar nog een volume zand bij, namelijk het volume aan bodemdaling als gevolg van gaswinning onder het gebied. Zo wordt voorkomen dat gaswinning Waddenzee leidt tot een zandafname in het kustfundament. In paragraaf 3.3.8 wordt zandsuppletie nader besproken.

In aanvulling op de metingen voor de HadK-systematiek wordt voor de gaswinning onder de Waddenzee een ecologisch monitoringprogramma uitgevoerd. Dit programma is een extra veiligheid die uit voorzorg is ingebouwd, om zeker te stellen dat inderdaad geen onherstelbare schade optreedt in de Waddenzee door de gaswinning. Met een uitgebreid monitoring- en data-analyseprogramma maakt NAM jaarlijks inzichtelijk hoe een aantal ecologische parameters zich in het Waddengebied ontwikkelt. Hierbij dient de NAM redelijkerwijs aannemelijk te maken dat geobserveerde veranderingen niet het gevolg zijn van bodemdaling door gaswinning. Lukt dat niet, dan is het aan de Minister van LNV om te bepalen of er sprake is van significante gevolgen voor de instandhoudingsdoelen van de Waddenzee. Ook dit kan leiden tot het stoppen of verminderen van de gaswinning op grond van toepasselijke vergunningvoorschriften in opdracht van het bevoegd gezag. De ecologische monitoring wordt nader besproken in paragraaf 3.3.6. Het

[3] In deze Passende beoordeling wordt met zeespiegelstijging steeds de relatieve zeespiegelstijging bedoeld, die bestaat uit de absolute stijging van de zeespiegel en de tektonische bodemdaling. Dit komt overeen met de Passende beoordeling voor de gaswinning Waddenzee (Ministerie van Economische Zaken, 2006), de Integrale bodemdalingstudie (Oost et al., 1998).

monitoringprogramma voor de Waddenwinning is bijgevoegd als bijlage (D) aan deze Passende beoordeling. Aanpassingen aan dat programma t.b.v. de voorgenomen gaswinning Ternaard staan in paragraaf 9.5 en zijn opgenomen bij bijlage E.

Gaswinning volgens het HadK-principe wordt sinds 2007 uitgevoerd voor de MLV-winningen en de gaswinning onder Ameland (sinds 1986). De praktijkervaringen met gaswinning onder de Waddenzee heeft een aantal aandachtspunten opgeleverd:

- De voorspellingen van de bodemdaling zijn verbeterd in de Long-term subsidence studies en daarbij is het inzicht in de bodemdaling die doorgaat nadat de gaswinning is verminderd of stopgezet (het na-ijleffect) vergroot.
- De waargenomen ontwikkelingen van de hoogte en de vegetatie van de kwelders op Oost-Ameland laten zien dat de bodemdaling door gaswinning, in combinatie met andere factoren, kan leiden tot verlaging van kwelders en veranderingen van de vegetatie.
- Trends in het areaal droogvallende wadplaten dienen nader onderzocht te worden om de waargenomen dynamiek beter te begrijpen.

In paragraaf 3.3.10 worden deze aandachtspunten besproken en wordt duidelijk gemaakt hoe en waar deze in deze Passende beoordeling worden beschouwd.

Ten slotte wordt in Hoofdstuk 4 beknopt beschreven hoe de uitgangspunten van het HadK-principe worden toegepast bij de gaswinning Ternaard. Daar wordt ook duidelijk gemaakt dat het doorlopen van de meet- en regelcyclus voor de gaswinning Ternaard, in samenhang met de andere gaswinningen Waddenzee, de garantie oplevert dat de bodemdaling door de gaswinning Ternaard binnen de beschikbare gebruiksruimte wordt uitgevoerd.

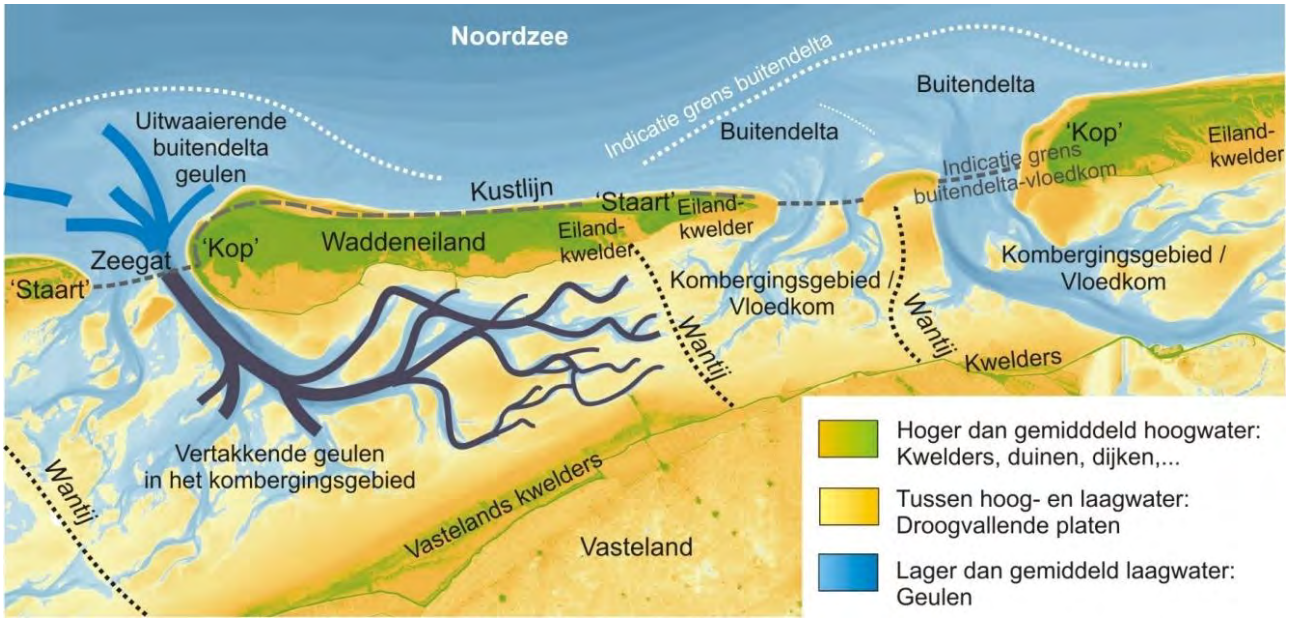
3.2 Dynamiek van de Waddenzee

3.2.1 Morfologie van de kombergingsgebieden

Voordat nader wordt ingegaan op de dynamiek van de Waddenzee wordt in deze paragraaf een aantal basisbegrippen geïntroduceerd, om te beginnen met het kombergingsgebied. Een kombergingsgebied is het gebied in de Waddenzee dat tijdens vloed wordt gevuld via het zeegat en tijdens eb wordt geleegd via het zeegat. Aan de vastelandzijde worden de kombergingsgebieden begrensd door een dijk. De oost- en westzijde van de kombergingsgebieden worden begrensd door wantijen: dit zijn relatief ondiepe gebieden ten zuiden van de Waddeneilanden die niet worden doorsneden door getijdegeulen.

Binnen de kombergingsgebieden worden op hoofdlijnen drie verschillende morfologische eenheden onderscheiden:

- Droogvallende wadplaten: aan de zeezijde van de kwelders liggen vrijwel overal wadplaten, die droogvallen bij laagwater. Op deze wadplaten in het intergetijdengebied zijn over het algemeen geen hogere planten aanwezig (de uitzondering is het tegenwoordig zeer schaarse zeegras).
- Geulen: de aanvoer en afvoer van water naar en van de wadplaten verloopt via de getijdegeulen, die een niveau hebben onder laagwater.
- Kwelders: de begroeide hogere delen van het waddengebied.

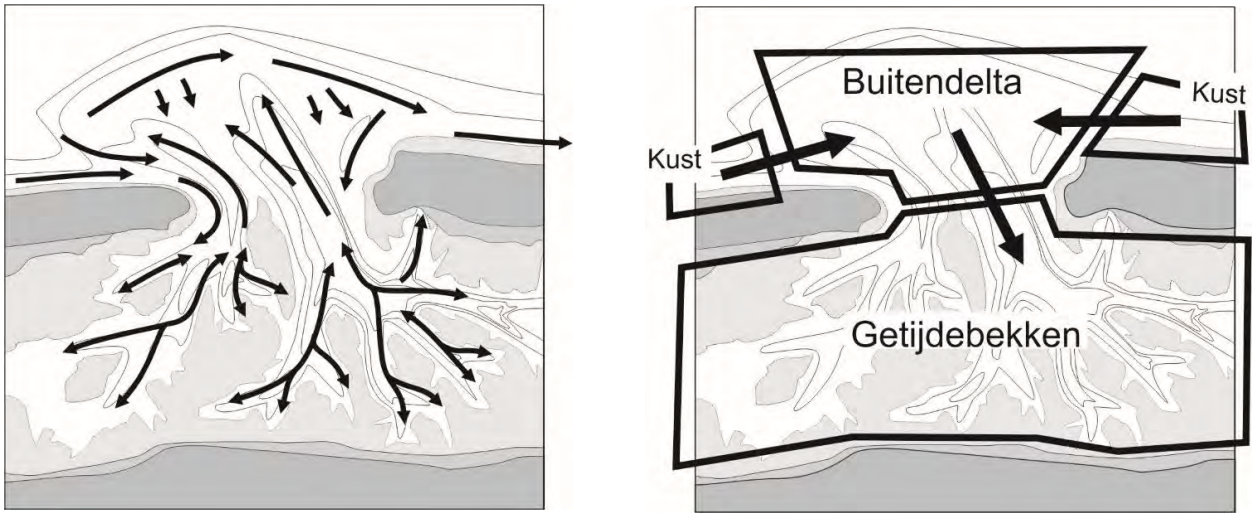


Figuur 3-2 Overzicht van de verschillende onderdelen van het hydromorfologische systeem van de Waddenzee, de Waddeneilanden en de Noordzee

Aan de zeezijde van het zeegat van het kombergingsgebied ligt de buitendelta. Dat is een ten opzichte van het doorlopende kustprofielen uitstekend deel van de kust. Bij het kombergingsgebied van het Pinkegat ligt de buitendelta aan de oostzijde direct tegen de buitendelta van het Friesche zeegat. De buitendelta en de aangrenzende delen van de kust vormen samen met de kombergingsgebieden het sedimentdelende systeem.

3.2.2 Het sedimentdelende systeem en het transport van water, zand en slib

De dynamiek van de Waddenzee en de optredende veranderingen worden begrepen door de onderdelen van de Waddenzee te beschouwen als een sedimentdelend systeem (zie bijvoorbeeld Louters en Gerritsen, 1994; Wang et al, 2018). Sediment in de Waddenzee bestaat uit zand en slib. Het zand en slib wordt met het water getransporteerd en uitgewisseld tussen de onderdelen van het sedimentdelende systeem. Ook de buitendelta en de aangrenzende kusten maken deel uit van het sedimentdelende systeem. De complexiteit van het sedimentdelende systeem is zeer groot, omdat het transport van water, zand en slib door veel verschillende processen wordt beïnvloed. Het gaat dan bijvoorbeeld om de variaties in het getij door de verschillende astronomische cycli, de rol van wind en golven en de invloed van het spuien van zoetwater. Ook biologische processen spelen een rol, onder andere door het omgraven van het sediment (bioturbatie), de invloed op de slibdeeltjes en de invloed van biota op de lokale stroming en golfwerking.



Figuur 3-3 Schematisch bovenaanzicht van een getijdebekken met kust en buitendelta, met daarin de transporten van zand en slib (links) en de onderverdeling van het sedimentdelende systeem (rechts), naar Cleveringa e.a. (2004)

Voor het begrip van de lange termijn (van tientallen tot honderden jaren) response van de Wadden kan, op basis van waarnemingen aan verschillende grootschalige en langjarige veranderingen, veel van de complexiteit achterwege worden gelaten. In plaats van direct door te stappen naar het model voor de lange termijn response, wordt een beknopt beeld geschetst van de verschillende processen en de complexiteit die dit oplevert. Deze complexiteit is met name van belang vanwege de korte termijn variaties die optreden, bijvoorbeeld in het droogvallende plaatareaal en voor de monitoring die jaarlijks wordt uitgevoerd. Na de beschrijving van de complexe processen worden de stappen gezet naar het model voor de lange termijn response. Omdat de bodemdaling door gaswinning geleidelijk over een langere periode van enkele tientallen jaren plaatsvindt, is de lange termijn response van belang voor de beoordeling.

Bij ieder getij wordt tijdens vloed ieder kombergingsgebied in de Waddenzee gevuld met zeewater, dat via de zeegaten vanuit de Noordzee naar binnen stroomt. De belangrijkste stroming vindt plaats in de geulen, waar de waterdiepten het grootst zijn en de hoogste stroomsnelheden optreden. Naarmate de waterstand bij vloed toeneemt, stroomt er gaandeweg ook water over de platen. Eerst stromen de laagste delen van de platen over en met het stijgen van de waterstand stromen ook de hogere delen van de platen over. Bij eb stroomt het water via de zeegaten de Waddenzee uit. Gaandeweg vallen eerst de hoogste delen van de droogvallende platen droog, gevolgd door de middelhoge en uiteindelijk de lage delen. Met het water dat vanuit de Noordzee naar de Waddenzee stroomt, wordt ook zand en slib aangevoerd. Het transport van het zand vindt vooral plaats over de bodem (bodemtransport, ‘bedload’), terwijl het slib in de waterkolom blijft ‘zweven’ (‘suspended load’): de valsnelheid van de slibdeeltjes is dermate klein dat deze lang in de waterkolom aanwezig blijven. Overigens wordt ook een deel van het zand (voornamelijk de fijnere zandkorrels) zwevend getransporteerd en wordt een deel in een proces tussen bodemtransport en zwevend transport (salterend) getransporteerd. Een deel van het zand en slib dat naar de Waddenzee wordt aangevoerd tijdens vloed wordt daar afgezet en blijft achter in de Waddenzee. Tijdens eb neemt het water dat de Waddenzee uitstroomt ook weer zand en slib mee, naar de Noordzee. Het transport tijdens vloed en eb wordt het bruto transport genoemd en het verschil tussen deze twee is het netto transport.

De bruto transporten naar en van de Waddenzee en de resulterende netto transporten variëren per getij, onder invloed van verschillende fysische en biologische processen. De basis voor de variaties wordt gevormd door het getij. De niveaus van hoog- en laagwater voor het waterstandsstation bij Nes-Ameland zijn bijvoorbeeld bij springtij NAP +1,19 m en -1,33 m en bij doodtij zijn deze NAP +0,88 m en -0,94. Het getijverschil bij springtij is daarmee 2,52 m en bij doodtij is dat 1,82 m. Het verschil tussen beide is 0,70 m. Uitgaande van dat verschil wordt in het gehele kombergingsgebied van 61 km^2 van het Pinkegat (zie verderop in dit hoofdstuk) een watervolume van 43 x 10^6 m^3 meer aan- en afgevoerd bij springtij dan bij doodtij. Ten opzichte van de gemiddelde hoeveelheid die elke dag aan- en afgevoerd wordt van 118 x 10^6 m^3 is dat een groot verschil. De opstuwing en het verlagen door de wind kan decimeters tot meters waterstandsvariatie toevoegen aan de getijverschillen, afhankelijk van de windrichting en de -sterkte. De grote verschillen in het watertransport onder verschillende omstandigheden betekenen ook dat de bruto transporten van zand en slib verschillen.

In de beschrijving van het sedimentdelende systeem wordt uitgegaan van de aanvoer bij vloed en afvoer bij eb door de zeegaten en zijn de wantijen tussen de kombergingen gesloten: er vindt geen transport van water en zand en slib plaats over de wantijen tussen de kombergingen. In werkelijkheid zijn de wantijen niet gesloten, over de wantijen kan water van het ene naar het andere kombergingsgebied stromen (zie bijvoorbeeld Duran Matute, 2014). De omvang van die stroming varieert, omdat deze (sterk) afhankelijk is van de windrichting en windsterkte. Bij windrichtingen uit west tot noordwest, waarbij hogere waterstanden optreden, zal de stroming over het wantij groter zijn en gericht van west naar oost, dan bij dan bij rustige omstandigheden. Deze factor levert verdere variaties op in de bruto en de netto transporten van water, zand en slib naar en uit de kombergingsgebieden.

Verschillende organismen beïnvloeden de condities waarbij erosie en sedimentatie van zand en slib in de Waddenzee plaatsvinden. Op de kwelders speelt de aanwezigheid van vegetatie een belangrijke rol. Ook op de wadplaten en in de geulen spelen organismen een rol in de dynamiek van het sediment. De eencellige benthonische diatomeen (kiezelwieren) die op en in de bovenste laag sediment van de wadbodem leven zorgen voor het onderling verkleven van zand- en kleideeltjes. Het gevolg hiervan is dat het zand en slib moeilijker wordt los gespoeld door stromingen en golven dan in de situatie zonder deze benthonische diatomeeën (zie bijvoorbeeld Weerman, 2011). Ook in de waterkolom kunnen kleine sedimentdeeltjes aan het elkaar verkleven en grotere deeltjes met andere eigenschappen vormen, mede onder invloed van organismen.

Kokkels, mosselen en andere schelpdieren die met hun voedsel ook slibdeeltjes binnenkrijgen, scheiden deze onverteerbare deeltjes weer uit als pseudo feces, waarin de kleine deeltjes samen zijn gekleefd tot grotere deeltjes. Deze pseudo feces hebben eigenschappen die overeenkomen met zanddeeltjes met dezelfde korrelgrootte. Dat betekent onder andere dat de bezinksnelheid groter is en dat hogere stroomsnelheden nodig zijn om de deeltjes te transporteren. Deze deeltjes kunnen wel weer uiteenvallen in de oorspronkelijke fijnere deeltjes. De productie van deze deeltjes door mossels is één van de oorzaken voor de aanwezigheid van zeer slibrijke wadplaten in de nabijheid van mosselbanken (Donker, 2015).

Veel van de organismen die in de wadbodem leven, zorgen voor het mengen van de sedimentlaagjes. Dit proces wordt bioturbatie genoemd. Door het mengen, veranderen de eigenschappen die van belang zijn voor de erosie. Verschillende organismen beïnvloeden de erodeerbaarheid van het sediment, dat geldt bijvoorbeeld voor zandkokerwormen (*Lanice conchilega*), groot en klein zeegras (*Zostera marina en Zostera noltii*) en bankvormende schelpdieren, zoals mosselen (*Mytilus edulis*) en Japanse oesters (*Crassostrea gigas*), zie bijvoorbeeld Van der Zee (2014) en vele andere organismen. Vanwege de invloed van biota varieert de omvang van de sedimenttransporten niet alleen met de getijvariaties en de veranderende meteorologische condities, maar ook met de seizoenen.

Een deel van de optredende variaties in de sedimenttransporten is dus gekoppeld aan de seizoenen. Dat geldt in sterke mate voor de biologische processen, zoals de productie van pseudo-feces. Het geldt in mindere mate voor het optreden van hogere waterstanden en hogere golven, die gekoppeld zijn aan stormen. Deze treden -inderdaad- frequenter op in het stormseizoen, dat de herfst, winter en het vroege voorjaar omvat. Deze seizoenvariatie komt onder andere tot uitdrukking in de opbouw van sliblagen op delen van de wadplaten, bijvoorbeeld voor de vastelandskwelders en in de nabijheid van mosselbanken vanaf het voorjaar en in de zomer. Deze lagen blijven doorgaans aanwezig tot dat de eerste herfst of winterstorm zich voordoet, die zorgt voor een sterke of soms zelfs volledige erosie van deze laag. Het slib wordt tijdens zo'n storm herverdeeld, waarbij het in verschillende andere delen van de Waddenzee terecht kan komen, maar ook (deels) naar de Noordzee wordt getransporteerd.

Voor het sedimenttransport naar de kwelders geldt een iets ander verhaal, omdat dit sterk afhankelijk is van het optreden van hoge waterstanden. Alleen bij verhoogde waterstanden vindt uitwisseling plaats van sediment tussen de Waddenzee en de aangrenzende kwelders.

Het doel van deze uitgebreide beschrijving is om duidelijk te maken dat de variatie in de omstandigheden waaronder zand en slib worden getransporteerd naar en uit de kombergingsgebieden en tussen de verschillende onderdelen van de kombergingsgebieden zeer groot is. Dat maakt het voorspellen van de korte termijn (van dagen tot enkele jaren) autonome ontwikkeling, zoals de verplaatsing getijdegeulen, op

basis van de transporten van zand en slib die iedere dag optreden voorlopig[4] nog niet mogelijk. Ondanks de grote variaties die optreden in de dagelijkse condities is het wel goed mogelijk gebleken om de langjarige ontwikkelingen (van meerdere jaren tot tientallen jaren) van kombergingsgebieden en buitendelta te voorspellen, zowel voor waargenomen historische ontwikkelingen, als voor de toekomstige ontwikkelingen. In de denkmodellen en numerieke modellen voor de langjarige ontwikkelingen worden de korte termijn variaties, waaronder seizoenfluctuaties, in de meteorologische condities en het getij buiten beschouwing gelaten. Ook wordt niet gekeken naar de gedetailleerde morfologische eenheden, zoals de individuele geulen en droogvallende platen. In de denkmodellen en numerieke modellen voor de langjarige ontwikkelingen worden per kombergingsgebied alle platen gecombineerd en alle geulen gecombineerd en als zodanig beschouwd. Op deze schaal blijken er duidelijk wetmatigheden op te treden in de morfologische kenmerken van de kombergingsgebieden en in de ontwikkelingen van deze gebieden. Het voorspellen van de autonome ontwikkelingen is wel goed mogelijk met modellen die de variatie op korte tijd- en kleine ruimteschalen buiten beschouwing laten en gericht zijn op de lange tijd- en grote ruimteschalen. De beschouwing wordt daarom voortgezet op deze grote ruimte schaal (van kombergingsgebieden) en lange tijdschaal (tientallen jaren).

3.2.3 Langjarige ontwikkelingen op de schaal van het sedimentdelende systeem

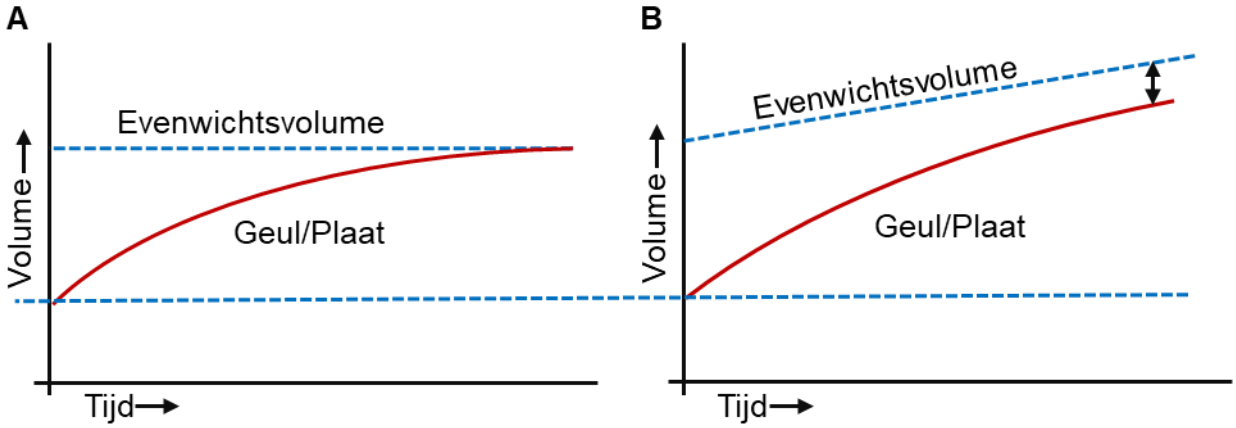
Bij het beschouwen van de morfologische ontwikkelingen op de lange termijn van tientallen tot honderden jaren wordt de complexe morfologie in de kombergingsgebieden teruggebracht tot één element voor de geulen en één voor de droogvallende platen. Geul en plaat wisselen sediment uit met de buitendelta, die ook als één element wordt beschouwd. De buitendelta wisselt op zijn beurt sediment uit met de aangrenzende kustdelen. Samen vormen deze elementen per kombergingsgebied het sedimentdelende systeem van Waddenzee, buitendelta en kust (Figuur 3-3). In dit sedimentdelende systeem is het getijprisma de belangrijkste sturende factor. Het getijprisma is het watervolume dat tijdens een gemiddeld getij wordt geborgen in het kombergingsgebied. De omvang van het getijprisma wordt bepaald door de niveaus van hoog- en laagwater en het areaal en de gemiddelde hoogte van de droogvallende platen.

In de sedimentdelende systemen die worden gevormd door de kombergingsgebieden is sprake van vaste verhoudingen tussen de omvang van het getijprisma en de omvang van de geulen (uitgedrukt als het watervolume dat in de geulen wordt geborgen). In grotere kombergingsgebieden met een groot getijprisma, zijn de geulen groter en in kleinere kombergingsgebieden met een klein getijprisma zijn de geulen kleiner. Ook is sprake van een vaste relatie tussen de omvang van het getijprisma en de omvang van de droogvallende platen (uitgedrukt als het sedimentvolume dat in de droogvallende platen aanwezig is). Verder is de omvang van de buitendelta (ook uitgedrukt als het sedimentvolume, maar dan ten opzichte van het doorgetrokken kustprofiel van de aangrenzende kusten) gerelateerd aan de omvang van het getijprisma. Deze vaste verhoudingen tussen getijprisma en de onderdelen van het sedimentdelende systeem worden de evenwichtsrelaties genoemd.

De sedimentdelende systemen ontwikkelen zich in de richting van een evenwichtssituatie voor de verschillende onderdelen ervan. Die ontwikkelingen in de richting van het evenwicht bestaan uit sedimentatie op de platen en in de geulen in de Waddenzee. Dit is schematisch weergeven in de linker grafiek (A) in Figuur 3-4. Het sediment voor het bereiken van de evenwichtssituatie wordt geleverd door de buitendelta en de kust. Bij een stijgende zeespiegel is het bereiken van de evenwichtssituatie niet mogelijk, door de doorgaande verstoring die de stijgende zeespiegel oplegt. Deze situatie is schematisch weergegeven in de rechtergrafiek (B) in Figuur 3-4. De stijgende zeespiegel leidt tot een kleine maar doorgaande toename van de waterstanden, waaronder de hoog- en de laagwaterstand. Daarmee neemt het getijprisma in het kombergingsgebied toe, waardoor een afwijking ontstaat die het systeem verwijdert van de evenwichtssituatie. En dit brengt weer sedimentatie in de Waddenzee op gang, waarvoor het sediment wordt aangevoerd vanuit de kust. Deze langjarige doorgaande trend van sedimentatie in de kombergingsgebieden van de Waddenzee, gevoed door sediment uit de kust wordt wel de ‘zandhonger’ van de Waddenzee genoemd, die resulteert in een ‘zandvraag’ aan de Noordzeekust (Figuur 3-5).

[4] In het kader van het beleid en beheer van de kust wordt in het Kustgenese 2 programma onderzoek gedaan naar het voorspellen van de langjarige morfologische ontwikkelingen op basis van de waterbeweging- en sedimenttransportprocessen van getij op getij.

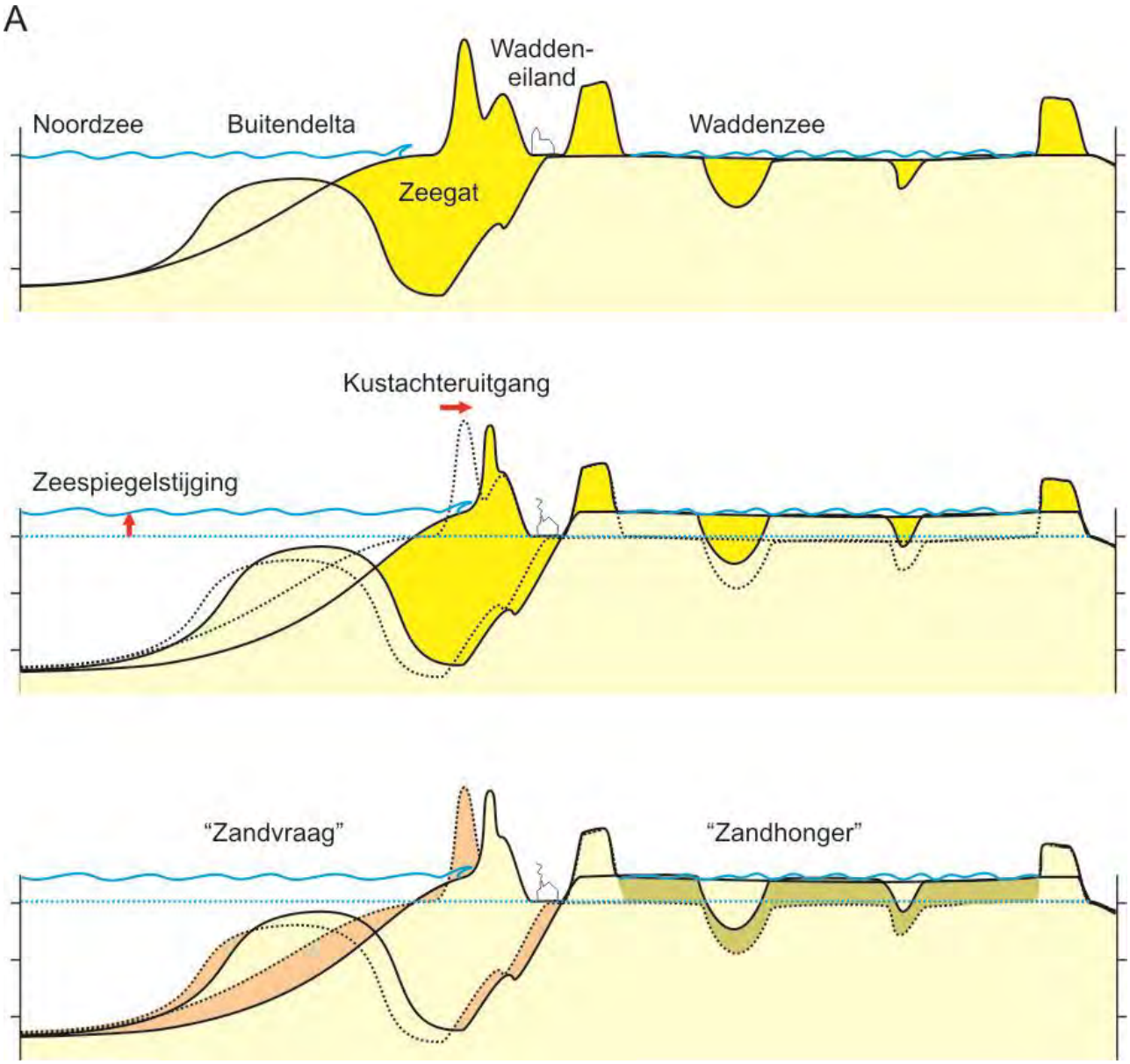
Ten opzichte van het schematische bovenaanzicht in Figuur 3-3 is bij de buitendelta van het Pinkegat sprake van een iets andere situatie, omdat ten oosten van deze buitendelta geen Waddeneiland met kustlijn ligt, maar de buitendelta van Friesche Zeegat. Ten oosten van de buitendelta van het Friesche Zeegat ligt Schiermonnikoog met zijn kustlijn.



Figuur 3-4 Grafieken met schematische weergave van A. Bereiken van morfologische evenwicht in de situatie zonder stijgende zeespiegel; en B. Niet bereiken van morfologische evenwicht bij een stijgende zeespiegel

De kennis van deze evenwichtsrelaties is gebaseerd op analyses van de getijdebekkens en buitendelta's van de Waddenzee (onder andere Eysink en Biegel, 1992) en andere getijdebekkens in de wereld. De morfologische veranderingen die zijn opgetreden na afsluitingen van (delen van) getijdebekkens en zeearmen hebben laten zien hoe de morfologische ontwikkelingen naar een nieuw evenwicht plaatsvinden. De morfologische response van het kombergingsgebieden Zoutkamperlaag op de afsluiting van de Lauwerszee en die van de kombergingsgebieden Marsdiep en Vlie op de afsluiting van de Zuiderzee zijn gebruikt om langjarige morfologische veranderingen te modelleren op basis van de evenwichtsrelaties, bijvoorbeeld met het Asmita-model. De toepassing van het Asmita-model voor het Pinkegat en het Friesche zeegat is te vinden in Wang en Eysink, (2005).

Vanwege de grote omvang van de afsluitingen zijn de morfologische veranderingen die daarna zijn opgetreden ook groot. Vanwege de grote omvang van de veranderingen zijn deze goed meetbaar. Dit heeft meetgegevens opgeleverd die uiterst bruikbaar zijn om te vergelijken met de gemodelleerde responses. Ook de ontwikkeling van de Waddenzee bekkens in response op de stijgende zeespiegel is gemodelleerd met het Asmita-model (van Goor e.a., 2003; Kragtwijk e.a., 2004; Wang et al, 2018). Bij de langjarige response op de stijgende zeespiegel wordt ook rekening gehouden met het geleidelijk veranderen van de kenmerken van de kombergingsgebieden. Op de lange termijn zijn de wantijen die de kombergingsgebieden onderling begrenzen van plaats veranderd en hebben het ontstaan en de uitbreiding van kwelders ook gevolgen voor het getijprisma van de kombergingsgebieden (Eysink, 1979).



Figuur 3-5 Schematische dwarsdoorsnede van de Waddenzee met Waddeneiland en buitendelta (boven), de response op de stijgende zeespiegel in de Waddenzee en de gevolgen voor het eiland en de buitendelta (midden). Onderin is de sedimentatie (groen: "zandhonger") en de erosie in de kust en op de buitendelta (rood: "zandvraag") weergegeven (uit Cleveringa e.a., 2004)

Aanvullende informatie en gegevens over de morfologische ontwikkelingen van getijdebekkens in reactie op de stijgende zeespiegel zijn ontleend aan geologische studies aan de ontwikkeling van de kust gedurende het Holoceen (zie bijvoorbeeld Van der Spek & Beets, 1992 en Beets e.a., 1994, Wang et al., 2018). Een deel van deze kustontwikkeling vond plaats onder condities met een beduidend hogere snelheid van zeespiegelstijging dan de huidige en deze Holocene kustontwikkelingen geven inzichten die bruikbaar zijn bij versnelde zeespiegelstijging. Onder deze condities vond snelle sedimentatie plaats in de getijdebekkens die destijds langs de kust lagen (Van der Spek, 2004). Het sediment dat hiervoor nodig was, werd tenminste deels aangevoerd vanaf de kust, die dan ook snel landwaarts verplaatste. De uitkomsten van deze studies ondersteunen het denkmodel van 'zandhonger' en 'zandvraag' dat wordt gehanteerd voor de getijdebekkens in de Waddenzee.

De lange termijn ontwikkeling van de kombergingsgebieden op de bodemdaling door de gaswinning wordt op dezelfde wijze beschouwd als de veranderingen door zeespiegelstijging en de afsluitingen. De bodemdaling vergroot het getijdeprisma in het kombergingsgebied en leidt daarmee tot een kleine verstoring, waardoor het kombergingsgebied iets verder van de evenwichtssituatie afraakt. Die kleine verstoring brengt een extra sedimentatie op gang op de platen en de geulen. Het sediment hiervoor is afkomstig vanaf de buitendelta en uiteindelijk van de kust (zand) en uit de Noordzee (slib).

De omvang van de bodemdaling door gaswinning, zoals die van dag tot dag optreedt onder de Waddenzee is zeer klein. En wanneer deze omvang wordt vergeleken met de grote variaties die optreden onder invloed van het getij, de meteorologische omstandigheden en de biologische processen, dan is deze ook zeer klein.

Ondanks de kleine omvang op *korte termijn* wordt, in het model dat de response van de kombergingsgebieden op de bodemdaling en de zeespiegelstijging beschrijft, uitgegaan van een merkbare response op de *lange termijn*. De response op de zeer geleidelijke processen bodemdaling (en ook van zeespiegelstijging) gaat om de optelsom van zeer kleine veranderingen die steeds dezelfde richting op gaan, tegenover de korte termijn variaties die alle kanten op gaan.

3.2.4 Kwelders

Kwelders zijn de begroeide hogere delen van het waddengebied. Binnen kwelders worden verschillende hoogtezones gedefinieerd. In Figuur 3-6 zijn deze zones in kaart aangegeven voor de vastelandskwelders. Kwelders zijn dermate hoog dat deze alleen bij springtij en stormcondities met verhoogde waterstanden overstromen. De laagste delen van de kwelder (de pionierzone) stromen vaak onder en de hogere delen doen dat minder. Alleen als kwelders overstromen, kan zand en slib vanuit de Waddenzee naar de kwelders worden getransporteerd. Het zand en slib dat naar de kwelders wordt getransporteerd, kan daar makkelijker dan op onbegroeide wadplaten tot afzetting komen, omdat de aanwezige vegetatie zorgt voor relatief lagere stroomsnelheden nabij de bodem.

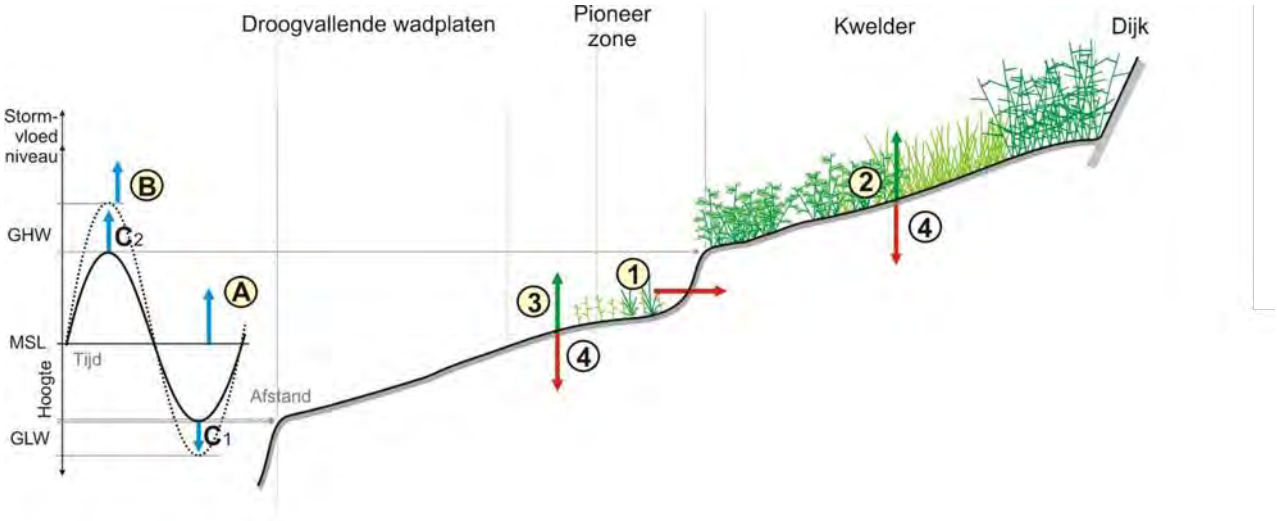
Figuur 3-6 Vegetatiezonering van de vastelandskwelders, met bij 1 de kwelders ten oosten van de veerdam Holwerd, bij 2 het kwelderfragment bij ' Skoar en bij 3 het kwelderfragment bij Wierum: de Kromme Horne (vegetatiekartering 2008, Bron Rijkswaterstaat). Kwelderfragmenten 2 en 3 liggen in het bereik van de bodemdaling door de gaswinning bij Ternaard

De ontwikkeling van kwelders omvat een aantal morfologische veranderingen die plaatsvindt onder invloed van verschillende randvoorwaarden, die beide in Figuur 3-7 schematisch zijn weergegeven. Hieronder worden de morfologische veranderingen toegelicht, gevolgd door de randvoorwaarden. De nummering komt overeen met die in Figuur 3-7.

1. Erosie van het kwelderklif:
   Op de overgang van de pionierzone naar de (lage) kwelder kan erosie plaatsvinden. Deze afname van het kwelderareaal is éénrichtingsverkeer, uitbouw van de kwelder vindt niet vanaf de rand plaats. De belangrijkste factor die de erosie bepaalt, is de golfaanval die op de kwelderrand plaatsvindt. De hoogte en breedte van de wadplaten voor het kwelderklif zijn hiervoor van belang, zie hiervoor punt 3.
2. Verhoging of verlaging van de kwelders.
   Verhoging of verlaging van de kwelders, inclusief de pionierkwelder vindt plaats over het gehele areaal van de kwelder. De richting van het proces is afhankelijk van de balans tussen de netto aan- dan wel

afvoer van sediment en de inklinking van de kwelderbodem. Over het algemeen is sprake van netto aanvoer van sediment (slib en zand) naar kwelders, als de kwelders overstromen. De hoogtetoename bij netto sedimentatie is afhankelijk van de aanvoer van het sediment en van de bodemdaling (zie punt 4) en de inklinking van het kweldersediment. In natuurlijke kwelders is sprake van ruimtelijke differentiatie van de sedimentatie, die samenhangt met de afstand tot de kreken en kreekjes. In kwelderwerken is ook sprake van ruimtelijke differentiatie die samenhangt met de afstand tussen wad en kwelder.

3. Verhoging of verlaging op de voorliggende droogvallende platen.
   De verhoging dan wel verlaging op de voorliggende droogvallende platen is zowel van belang voor de eventuele erosie van het kwelderklif, als voor de mogelijk doorontwikkeling van hoge wadplaat naar pionierzone. Of verhoging dan wel verlaging plaatsvindt, is afhankelijk van de netto sedimentatie of erosie die in de loop van de tijd plaatsvindt op de wadplaten. Hiermee is de ontwikkeling van de kwelders gekoppeld aan de autonome ontwikkeling van de droogvallende wadplaten.
4. Bodemdaling.
   Bodemdaling is de term die wordt gebruikt voor de daling van de diepere ondergrond, ook wel Pleistocene ondergrond (dit in tegenstelling tot inklinking of compactie van het ondiepe deel van de bodem). De bodemdaling bestaat uit twee componenten, namelijk de tektonische bodemdaling waar heel noordwest Nederland mee te maken heeft en die samenhangt met de grootschalige en extreem langjarige geologische ontwikkeling van Nederland en de regionale bodemdaling door de winning van gas (zie bijvoorbeeld Elschot et al., 2017). De tektonische bodemdaling is onderdeel van de relatieve zeespiegelstijging en dat is de zeespiegelstijging die wordt beschouwd in het meegroeivermogen van de kombergingsgebieden. De bodemdaling door de bestaande gaswinningen Ameland en Waddenzee is onderdeel van de autonome regionale ontwikkelingen.



Figuur 3-7 Schematische dwarsdoorsnede van een kwelder met morfologische veranderingen (cijfers) en randvoorwaarden (letters)

Verschillende randvoorwaarden bepalen de ontwikkelingen van kwelders. Bij deze randvoorwaarden is de beschikbaarheid van sediment (zand en slib) niet beschouwd, omdat hiervan voldoende aanbod is en de vraag door de sedimentatie op de kwelders bepalend is. De randvoorwaarden in Figuur 3-7 zijn:

A. *Stijgende zeespiegel.*
   De stijgende zeespiegel wordt hier gebruikt om de toename van de gemiddelde waterstand (het middenstandvlak) te beschouwen, de niveaus van hoog- en laagwater worden apart beschouwd bij C. Voor de ontwikkeling van de Waddenzee wordt de zeespiegel met zijn huidige langjarige gemiddelde stijging als een veranderend referentieniveau beschouwd. De sedimentatie en erosie op kwelders worden beschouwd ten opzichte van dit veranderende referentieniveau. Meer sedimentatie op een kwelder dan de stijging van de zeespiegel betekent dat de kwelder relatief hoger wordt. Bij een versnelde stijging van de zeespiegel, zoals die wordt verwacht (voorspeld) als gevolg van de wereldwijde klimaatveranderingen is meer sedimentatie nodig om mee te groeien met de stijgende zeespiegel.
B. *Stormvloedniveau.*
   Voor de ontwikkeling van kwelders zijn veranderingen in de niveaus en de frequentie van stormvloeden minstens zo belangrijk als veranderingen in het gemiddelde zeeniveau. Bij een toename van het niveau

van stormvloeden, uitgedrukt als en toename van het aantal keren dat een bepaalde waterstand wordt overschreden, neemt het aantal keren dat de kwelder wordt overspoeld toe. De frequentie waarmee de kwelder wordt overspoeld is van belang voor ecologie, omdat verschillende kwelderplanten een verschillende zouttolerantie hebben. En het heeft een effect op de snelheid waarmee sedimentatie plaatsvindt. Vaker overspoelen betekent dat vaker sediment wordt aangevoerd. Voor de natuurwaarden van de kwelder maakt het ook uit in welk seizoen de kwelder overstroomt. In het broedseizoen is een overstroming van de kwelder voor de broedvogels veel vervelender dan buiten het broedseizoen. Of dit voor de morfologische ontwikkelingen veel gevolgen heeft is niet bekend.

C. *Veranderingen in de hoog- en laagwaterstanden.*
Veranderingen in de hoogwaterstanden hebben directe gevolgen voor de frequentie van overstromen van de lagere delen van de kwelder (pionierzone en lage kwelder) en kunnen daar ook doorwerken op de ecologie en de sedimentatiesnelheden. Veranderingen in de laagwaterstanden hebben geen gevolgen voor de kwelders.

Voor de vastelandskwelders die onderdeel zijn van de kwelderwerken zijn het beheer en het gebruik voor de ontwikkelingen van de afgelopen tientallen jaren minstens zo belangrijk als de randvoorwaarden (van Duin e.a., 2016a). Kwelderwerken bestaan uit een rechthoekig patroon van houten dammetjes en geultjes (vroeger werden ook greppels gegraven en onderhouden, maar dit is niet meer gebruikelijk). Kwelderwerken waren tot de jaren ’60 aanwezig in het hele gebied vanaf de Veerdam bij Holwerd tot aan de Lauwerzee (Hoekstra et al., 1998). Van deze uitgebreide kwelderwerken resteren tegenwoordig alleen nog de delen voor de drie resterende kwelders, namelijk de kwelders ten oosten van de veerdam Ameland, het kwelderfragment bij ‘t Skoar en het kwelderfragment de Kromme Horne bij Wierum. De kwelderwerken beperken de rol van golven en zorgen voor gestructureerde drainage. De waterstanden worden niet beïnvloed door de kwelderwerken. De kwelderwerken bevorderen de sedimentatie van zand en slib in de kwelder, de pionierzone en de voorliggende zone, waardoor daar meer sediment terecht komt dan in de situatie zonder kwelderwerken.

Onder het beheer worden de werkzaamheden aan de rijshoutendammen en het greppel en geulenpatroon verstaan. Het gebruik bestaat uit beweiding, met verschillende intensiteiten. De beweiding is ook van belang voor de ontwikkeling van de kwelders bij Ameland (Dijkema, 2011; de Groot et al., 2016).

Het beheer van de kwelderwerken is in de periode 1960-2014 sterk veranderd (Van Duin et al., 2016a). In eerste instantie was het beheer intensief en gericht op zo hoog mogelijke aanslibbing, zodat het areaal bruikbare landbouwgrond zo snel mogelijk toenam. Dat intensieve beheer omvatten het plaatsen van een dicht netwerk van dammetjes en greppels, waar zeer regelmatig onderhoud op werd toegepast. In tweede instantie verschoof het beheer naar de natuurwaarden van de kwelders. De intensiteit van het beheer nam af. De dichtheid en totale lengte van rijshouten dammetjes nam af en de aanleg en het onderhoud van de greppels werd gestaakt. De in de tijd en ruimte variërende condities die dit heeft opgeleverd hebben inzicht gegeven in de relaties tussen de aanwezigheid van dammetjes en hun condities en de opslibbingsnelheid. Intensief beheer leidt tot de hoogste opslibbingsnelheden en uitbreiding van het kwelderareaal.

Beweiding van de kwelder heeft invloed op de vegetatie, waarbij de intensiteit van de beweiding een duidelijke rol speelt. In sommige situaties, met een intensieve beweiding, neemt de vegetatie dichtheid zo veel af dat erosie kan gaan optreden. Beweiding wordt vooral gezien (en soms gebruikt) als stuurfactor voor de gewenste vegetatieontwikkelingen.

De ontwikkeling van de kwelders is via twee routes verbonden met het sedimentdelende systeem. De eerste route heeft betrekking op het transport van sediment. Kwelders fungeren onder de huidige omstandigheden over het algemeen als een plek waar netto sedimentatie plaatsvindt en dit geldt ook voor de kwelders in het studiegebied. Het zand en slib dat op de kwelders wordt afgezet is afkomstig uit de Waddenzee. Het areaal van de kwelders in het studiegebied is dusdanig beperkt ten opzichte van het totale areaal van het kombergingsgebied Pinkegat, dat deze sinkfunctie voor sediment in de autonome ontwikkeling buiten beschouwing wordt gelaten. De sedimentbalans van Vermaas en Marges (2015) laat zien dat de omvang van de sedimentatie op de kwelders relatief beperkt is ten opzichte van de andere sedimentatie en erosie in de kombergingsgebieden Borndiep en Pinkegat, en op de buitendelta en de Noordzee, ondanks de grote omvang van de kwelders in het Borndiep.

De andere route waarmee de kwelders zijn verbonden met het sedimentdelende systeem heeft betrekking op het areaal van de kwelders in relatie tot het areaal van de droogvallende platen en de geulen en het getijprisma. Een uitbreiding van het areaal van de kwelder gaat ten koste van het areaal dat beschikbaar is voor platen en geulen. De afname van het areaal platen en geulen door uitbreiding van de kwelders heeft als gevolg dat het getijprisma van het kombergingsgebied afneemt. Bij een kleiner getijdeprisma passen kleinere geulen en daarvoor is sediment nodig. Uitbreiding van het kwelderareaal heeft een daarom een extra sedimentvraag in het kombergingsgebied tot gevolg (deze factor is door Eysink, 1979 en Oost e.a., 1998 in de sedimentbalansen voor de kombergingsgebieden de beschouwd onder ‘verlanding’). Het omgekeerde is ook het geval: bij een afname van het kwelderareaal, waardoor het areaal platen en geulen toeneemt, komt sediment beschikbaar. Deze route wordt in de voorliggende studie buiten beschouwing gelaten, omdat het areaal van de kwelders waaronder bodemdaling door de gaswinning Ternaard plaats zal vinden, stabiel is en de bodemdaling dit niet zal veranderen, zoals verderop in deze Passende beoordeling zal worden toegelicht.

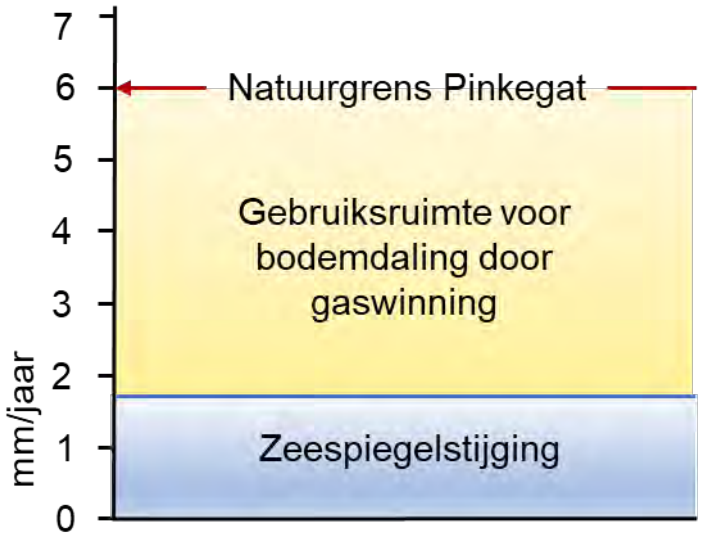
3.3 De Hand aan de Kraan-systematiek

Uitgangspunt bij de waddenwinningen is dat er wordt gewerkt volgens de HadK-systematiek. Dit houdt in dat de gaswinning wordt stilgelegd of beperkt wanneer vooraf vastgestelde grenzen worden of dreigen te worden overschreden. Wat deze grenzen precies zijn en hoe dit werkt wordt toegelicht in de onderstaande paragrafen. Het HadK-principe is ontwikkeld bij het MER en de Passende beoordeling voor de Gaswinning Moddergat Lauwersoog Vierhuizen (hierna: MLV) ((NAM, 2006 & Ministerie van Economische Zaken, 2006). De HadK-systematiek is als voorwaarde opgenomen in het instemmingsbesluit op het Winningsplan (MLV). Het is een toetsingskader voor bodemdaling onder de Waddenzee, waarmee voorafgaand aan de gaswinning wordt afgesproken aan welke randvoorwaarden de bodemdaling moet voldoen (de Waal et al., 2012). De HadK-systematiek is dus een borgstelling om schade aan wadplaten te voorkomen en is daarmee een uitwerking van het voorzorgsbeginsel.

3.3.1 De drie uitgangspunten van de Hand aan de Kraan-systematiek

Uitgangspunt bij de waddenwinningen is dat er wordt gewerkt volgens het HadK-principe. Dit houdt in dat de gaswinning wordt stilgelegd of beperkt wanneer vooraf vastgestelde grenzen worden of dreigen te worden overschreden. Wat deze grenzen precies zijn en hoe dit werkt wordt toegelicht in deze paragraaf. De HadK-systematiek voor de gaswinning Ternaard is als voorwaarde opgenomen in het instemmingsbesluit op het Winningsplan Ternaard.

De HadK-systematiek is gebaseerd op drie uitgangspunten. Het eerste uitgangspunt is het meegroeivermogen van de Waddenzee (zie paragraaf 3.3.2). Binnen de HadK-systematiek wordt er gewerkt met een conservatief gekozen meegroeivermogen. Dat noemen we de Natuurgrens. Deze natuurgrens wordt in de volgende alinea behandeld. Daarna volgt het tweede uitgangspunt, de zeespiegelstijging. Voor mijnbouw onder de Waddenzee stelt de Minister van EZK eens per vijf jaar een nieuw zeespiegelstijgingsscenario vast (zie paragraaf 3.3.3). Het verschil tussen de snelheid van zeespiegelstijging en de natuurgrens is de *gebruiksruimte* die mag worden opgevuld door de snelheid van bodemdaling (zie paragraaf 3.3.4). Bodemdaling is het derde uitgangspunt. De mate waarin de bodemdaling de gebruiksruimte opvult, noemen we ook wel de *belasting* van de gebruiksruimte. In de onderstaande Figuur 3-8 wordt schematisch weergegeven hoe de gebruiksruimte wordt vastgesteld.



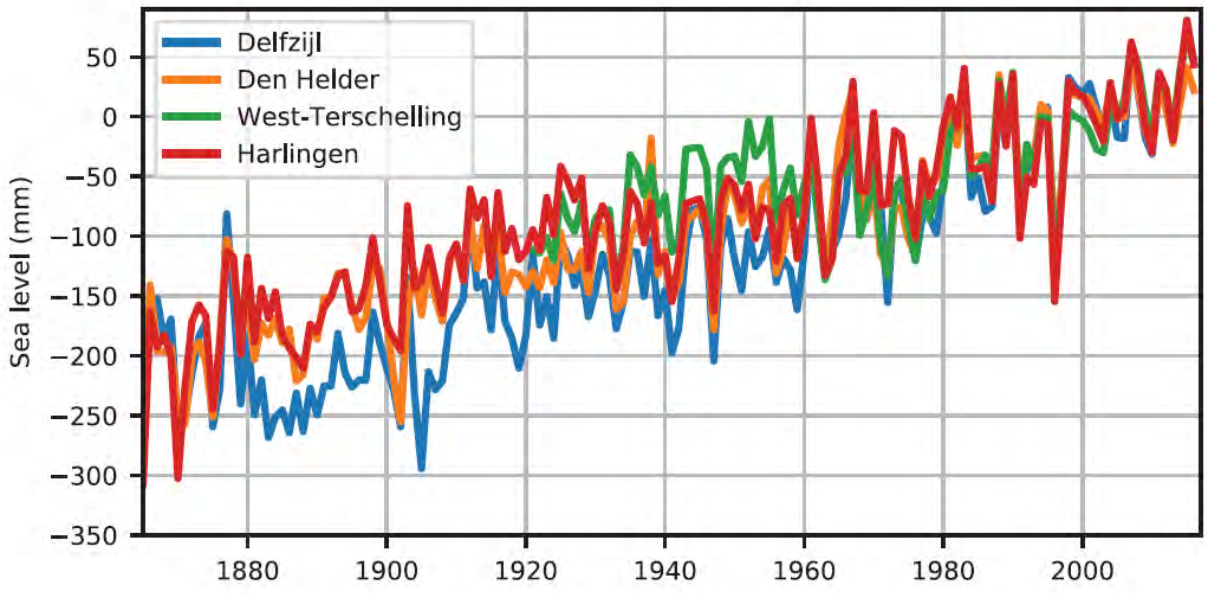
Figuur 3-8 Schematische weergave van de relaties tussen de natuurgrens als maat voor het meegroeivermogen van een kombergingsgebied, de zeespiegelstijging en de gebruiksruimte voor gaswinning onder dat kombergingsgebied. De snelheid van zeespiegelstijging in deze figuur is de huidige waargenomen snelheid, ontleend aan Baart et al 2018)

3.3.2 Uitgangspunt 1: Het meegroeivermogen van de Waddenzee

In de voorgaande paragrafen (3.2.1, 3.2.2 en 3.2.3) wordt toegelicht dat door sedimentaanvoer vanuit de Noordzeekustzone de Waddenzee kan meegroeien met de zeespiegelstijging en met bodemdaling door gaswinning. Dat meegroeivermogen is niet overal gelijk. Grotere kombergingsgebieden kennen een lager meegroeivermogen dan kleinere kombergingen (Oost et al., 1998; Wang et al., 2018). De kombergingen waaronder de huidige waddenwinningen plaatsvinden, zijn het relatief kleine Pinkegat en de grotere Zoutkamperlaag. Het gasveld Ternaard ligt onder het Pinkegat en voor een zeer klein deel onder het aangrenzende Borndiep. Wetenschappers zijn van mening dat het meegroeivermogen van het Pinkegat relatief groot is. In een recente studie schrijft men over meer dan 30 mm per jaar (Wang et al., 2018). Als uitgangspunt voor de HadK-systematiek wordt uitgegaan van een meegroeivermogen voor het Pinkegat van 6 mm per jaar, conform de Passende beoordeling voor de gaswinning Waddenzee (Ministerie van Economische Zaken, 2006). Het meegroeivermogen van 6 mm/jaar wordt als een zeer veilige natuurgrens gezien.

3.3.3 Uitgangspunt 2: De snelheid van zeespiegelstijging

Een deel van het meegroeivermogen van de wadplaten in de Waddenzee is nodig om de stijgende zeespiegel bij te houden. Over de afgelopen 50 jaar beschouwd stijgt de zeespiegel in het Waddengebied met gemiddeld 1,8 mm per jaar. Zie bijvoorbeeld Figuur 3-9. Eens in de 5 jaar laat de Minister van Economische Zaken en Klimaat onderzoeken hoe deze stijgingssnelheid zich ontwikkelt en hoe deze zal verlopen in de vijf jaren die volgen. In tegenstelling tot allerlei andere zeespiegelstijgingsscenario's, hoeft er dus maar vijf jaar vooruit voorspeld te worden. Omdat iedere vijf jaar wordt geactualiseerd, vormt het beleidsscenario voor zeespiegelstijging een realistische schatting van de daadwerkelijke stijging van de zeespiegel in het Waddengebied.



Figuur 3-9 Waargenomen jaargemiddelde zeespiegel van vier waterstandsstation uit de Waddenzee (uit Vermeersen et al., 2018)

Omdat het toekomstig versneld stijgen van de zeespiegel een zorg is, biedt het beleidsscenario voor zeespiegelstijging naast een 5-jarige prognose, ook een prognose voor de jaren daarna. Die prognose noemen we het richtscenario. In dit richtscenario is te zien wat er in de toekomst verwacht wordt, maar nog niet goed voorspeld kan worden. Op basis van het richtscenario kan worden bekeken wanneer de zeespiegelstijging de natuurgrens overschrijdt. Op basis van het richtscenario wordt bekeken wanneer de zeespiegelstijging de natuurgrens dreigt te overschrijden. Voordat daadwerkelijke overschrijding zou plaatsvinden, wordt gestopt met de gaswinning.

Over het vigerende richtscenario is discussie ontstaan omdat dit lager uitkomt dan verwachtingen die bijvoorbeeld door het KNMI zijn gepubliceerd (KNMI, 2015). Naar aanleiding daarvan heeft de Waddenacademie een studie laten uitvoeren naar zeespiegelstijging aan de Nederlandse kust. Deze studie van Vermeersen et al. (2018) voorspelt een versnelling van de zeespiegelstijging die groter is dan het richtscenario uit het beleidsbesluit. Voor de voorliggende Passende beoordeling is de discussie over het richtscenario niet bepalend voor de uitkomst, omdat het hanteren van de HadK-systematiek betekent dat de winning plaatsvindt binnen de grenzen die door het meegroeivermogen en het zeespiegelstijgingsscenario. In 2021 vindt de volgende actualisatie van het beleidsscenario plaats.

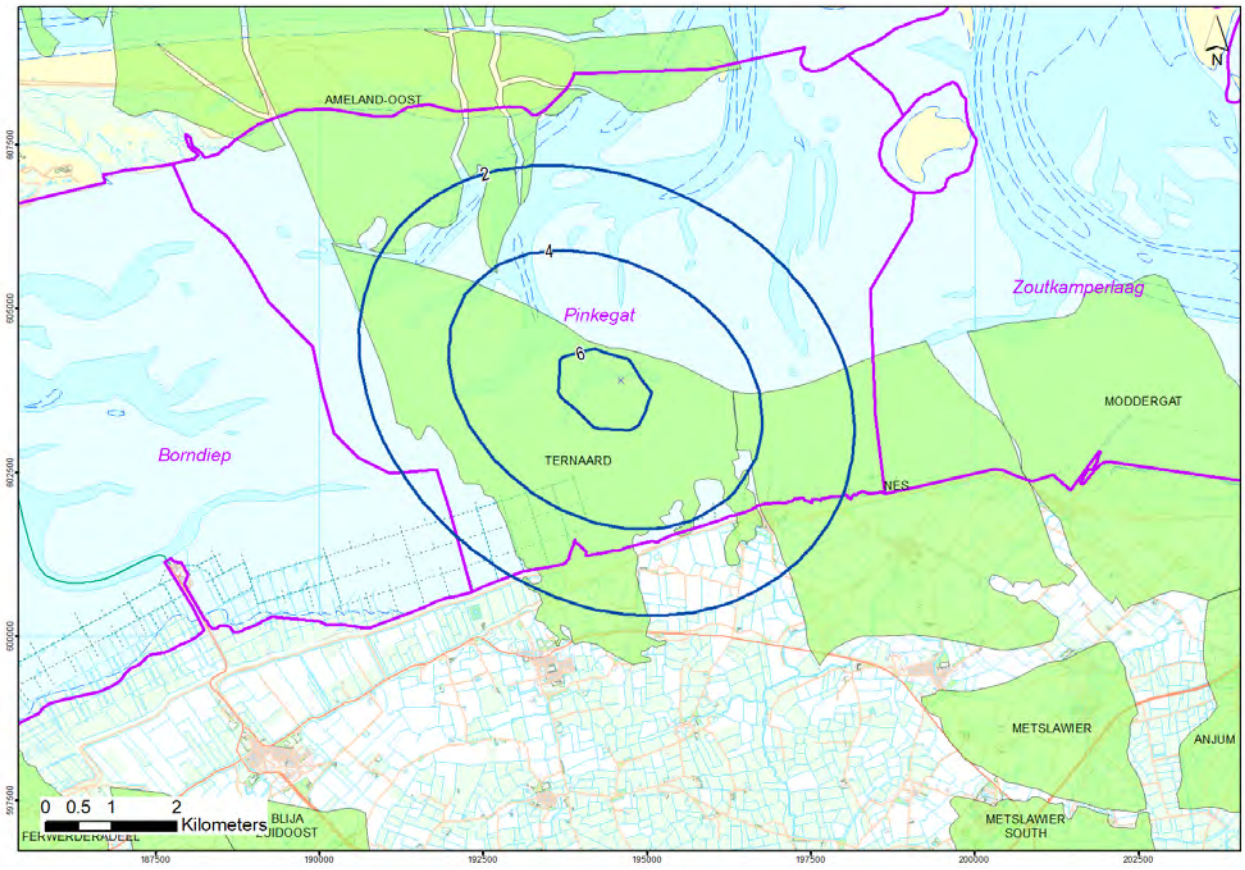
3.3.4 Uitgangspunt 3: De bodemdalingssnelheid

In Figuur 3-8 is te zien dat de bodemdalingssnelheid door gaswinning, opgeteld bij de snelheid van zeespiegelstijging[5] niet groter mag zijn dan de vastgestelde natuurgrens. Voor het kombergingsgebied Pinkegat is de natuurgrens bepaald op 6 millimeter per jaar. Als je daar ca. 1,8 millimeter per jaar aan zeespiegelstijging van aftrekt houd je ongeveer 4,2 millimeter per jaar over. De gebruiksruimte is dan 4,2 millimeter per jaar. De gemiddelde bodemdalingssnelheid onder het Pinkegat door alle gaswinningen samen, mag niet meer bedragen dan 4,2 millimeter per jaar.

[5] Dit is de relatieve bodemdaling, waar de autonome tektonische bodemdaling onderdeel van uitmaakt (Fokker et al., 2018). Omdat de tektonische bodemdaling in de berekeningen van de gebruiksruimte onderdeel uitmaakt van de relatieve zeespiegelstijging, wordt deze niet nogmaals in de berekening van de gebruiksruimte gebruikt.

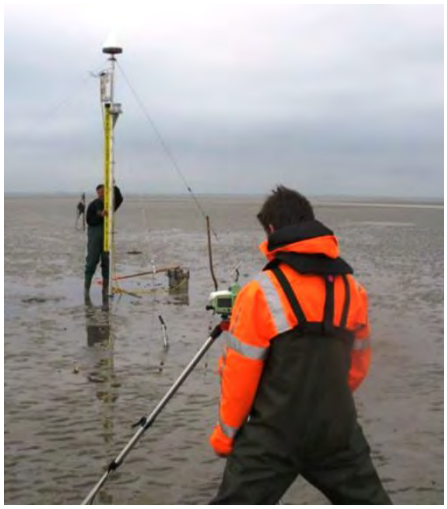
In de bovenstaande alinea wordt gesproken over gemiddelde bodemdalingssnelheid. Het bepalen van de gemiddelde bodemdalingssnelheid voor het kombergingsgebied Pinkegat werkt als volgt. Er is bodemdaling door gaswinning onder het Pinkegat door winning uit de gasvelden Moddergat, Nes en Ameland. Op basis van geomechanische modellering wordt berekend hoe groot deze bodemdalingssnelheid waar onder het gebied is. Het gebied is opgedeeld in vakjes. Voor ieder vakje wordt de bodemdalingssnelheid berekend. Door alle vakjes te middelen wordt de gemiddelde dalingssnelheid berekend. Dit is echter nog niet het hele verhaal. Er wordt namelijk ook in de tijd gemiddeld. Omdat de gaswinning niet constant is en omdat de Waddenzee een dynamisch gebied is, wordt er gewerkt met een zesjarig gemiddelde. De dynamiek van de Waddenzee wordt mede bepaald door langjarige cycli in het getij, zoals de 18,6-jarige cyclus. De getijslag neemt toe en weer af met een periode van 18,6 jaar, waardoor met enige vertraging ook de omvang van de geulen toeneemt en dan weer afneemt. In de Passende beoordeling voor de gaswinning Waddenzee (Ministerie van Economische Zaken, 2005) is vastgesteld dat deze periode van 18,6 jaar te lang is om praktisch bruikbaar te zijn voor het HadK-principe en daarom is voor een middeling over zes jaar gekozen. Voor alle duidelijkheid, de cyclus van 18,6 jaar in het getij is niet de enige variabele die leidt tot dynamiek in het wadengebied. Ook de variaties in de meteorologische condities, langjarige trends in de morfologische ontwikkelingen en bijvoorbeeld het verschuiven van (delen van) het wantij leiden tot veranderingen in de morfologie voor het berekenen van de belasting van de gebruiksruimte op een bepaald moment, betreft het de gemiddelde belasting van drie jaar ervoor en drie jaar erna.

De bodemdalingssnelheid wordt berekend aan de hand van modellen van de diepe ondergrond. Een eerste model maakt een driedimensionale geologische beschrijving van de diepe ondergrond onder een groot deel van het Waddengebied. Een tweede model berekent hoe het drukverloop in de gasreservoirs en aansluitende watervoerende lagen zal verlopen. Een derde model berekent hoe dat drukverloop leidt tot compactie van het gasreservoir en hoe dat uiteindelijk doorvertaald naar bodemdaling aan het aardoppervlak. Dit laatste model noemen we het geomechanisch model. De met de modellen voorspelde bodemdaling aan het einde van de winning is weergegeven in Figuur 3-10, zie voor een nadere toelichting het Winningsplan (NAM, 2019)



Figuur 3-10 Dalingscontour (cm) van de gaswinning Ternaard in 2050, horende bij de voorgenomen gaswinning in tabel 2.1 uit paragraaf 2.1.2

Het geomechanisch model wordt tijdens de winning gekalibreerd en geverifieerd aan de hand van bodemdalingsmetingen op het land en op het wad. Op het wad zijn daarvoor stalen palen diep in de wadbodem geplaatst; de zogenaamde peilmerken (Figuur 3-11).



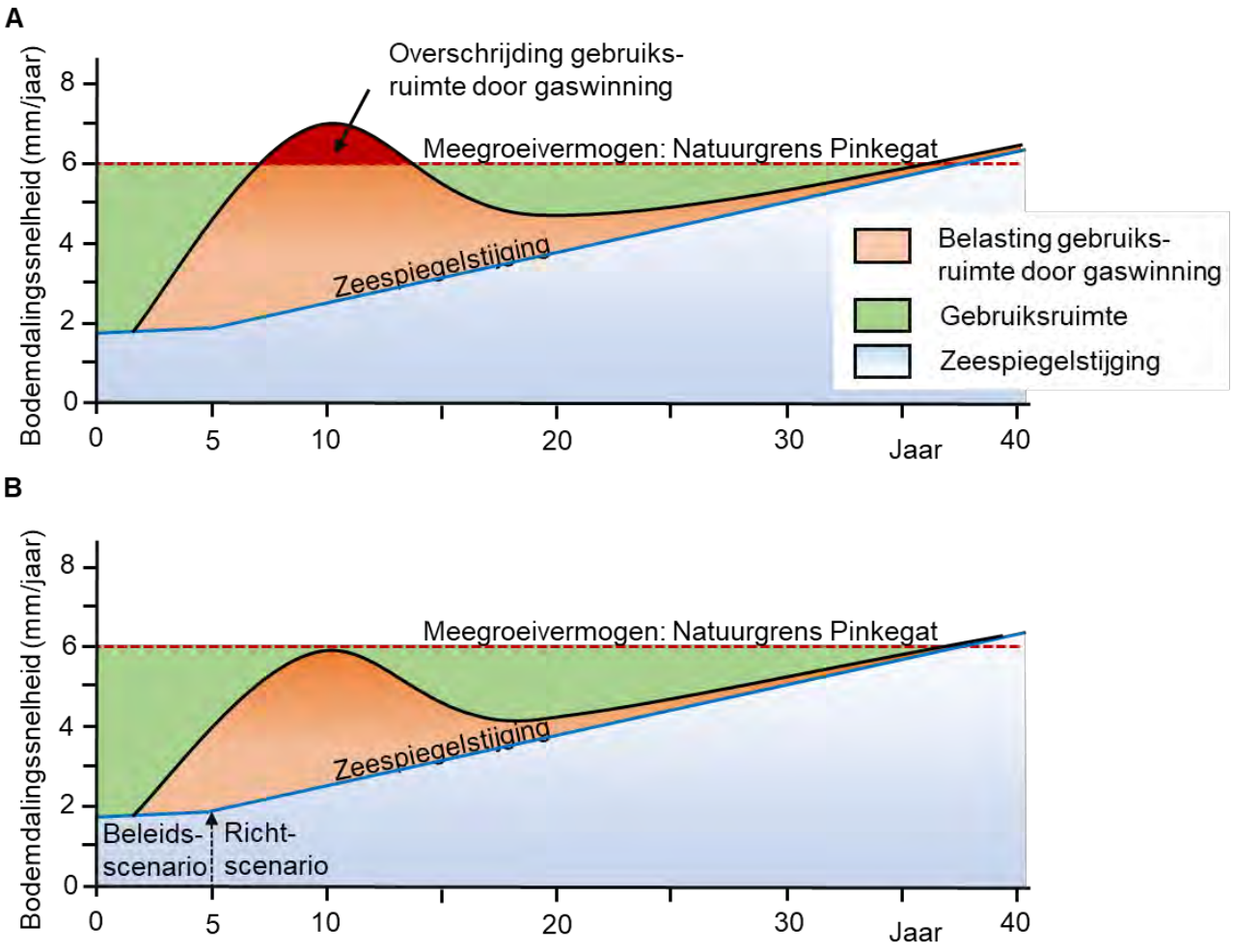
Figuur 3-11 Inmeten van een peilmerk: 6 meter lange palen staan helemaal onder het sedimentoppervlak. Ze dalen mee met de diepe bodemdaling. Minimaal eens per drie jaar wordt de kop van de paal uitgegraven en wordt er een gps-antenne op de paal gezet waardoor de gps-ontvanger permanent boven water staat. Door vijf dagen lang aaneengesloten te meten ontstaat een zeer nauwkeurige bepaling van de hoogte. Deze nauwkeurige bepaling is nodig om de kleine hoogteveranderingen door bodemdaling te registreren. Op de palen wordt niet de bodemhoogteverandering van het wad gemeten

3.3.5 De Meet- & Regelcyclus

De technische details met betrekking tot de HadK-systematiek zijn vastgelegd in het Meet- & Regelprotocol. Dit protocol is als voorwaarde opgenomen in het instemmingsbesluit op het Winningsplan (MLV). Ieder jaar wordt de zogenaamde Meet- & Regelcyclus doorlopen en wordt de Meet- & Regelrapportage aan het bevoegd gezag (het Ministerie van Economische Zaken en Klimaat) aangeleverd. In die rapportage laat NAM zien hoe ze ervoor zorgt dat de bodemdalingsnelheid onder de Waddenzee de gebruiksruimte niet overschrijdt of dreigt te overschrijden.

Figuur 3-12 is een fictief voorbeeld dat bedoeld is om uit te leggen hoe de HadK-systematiek werkt en toont in twee grafieken de snelheid van zeespiegelstijging, de belasting van de gebruiksruimte door de geprognotiseerde bodemdalingsnelheid en de natuurgrens. Op de Y-as staat in millimeters per jaar de snelheid van de zeespiegelstijging, de bodemdalingssnelheid (gemiddelde over het komberginsggebied) en de natuurgrens (het meegroeivermogen). Op de X-as staat de tijd in jaren. De zeespiegelstijging is het lichtblauwe vak, waarbij de eerste vijf jaar sprake is van een versnelde zeespiegelstijging (het beleidsscenario) en daarna een versnelling plaats (het richtscenario). Bovenop de zeespiegelstijgingsnelheid is een groen vlak zichtbaar. Dit vlak representeert de beschikbare gebruiksruimte die overblijft als van het meegroeivermogen de zeespiegelstijging wordt afgetrokken. Vanwege de versnelling van de zeespiegelstijging, neemt de beschikbare gebruiksruimte af tot nul, als de snelheid van zeespiegelstijging groter wordt dan het meegroeivermogen.

Figuur 3-12 bestaat uit twee delen, A en B. Dit zijn twee berekeningen van de belasting van de gebruiksruimte.Voor A geldt een productiescenario waardoor de gebruiksruimte zou worden overschreden. Voor deel B geldt een aangepast winningscenario waardoor die overschrijding niet optreedt. In deel B wordt de gasproductie, zodat de Natuurgrens van 6 mm/jaar niet wordt overschreden. Dit is een voorbeeld van de preventieve werking van de HadK-systematiek. Dit geheel nameten, berekenen en rapporteren noemen we de Meet- & Regelcyclus.



Figuur 3-12 Twee fictieve grafieken van de gebruiksruimte en de versnelde zeespiegelstijging in het Pinkegat als voorbeeld voor de werking van de HadK-systematiek (gebasseerd op het fictieve voorbeeld dat is opgenomen in het MER Gaswinning Waddenzee, NAM, 2006). In deel A is de totale belasting van de gebruiksruimte te groot en wordt de natuurgrens overschreden. Dit is niet toegestaan en daarom wordt de gasproductie aangepast, door een nieuw productieplan op te stellen. Deel B toont een herberekening op basis van dat nieuwe productieplan. Nu past de bodemdaling door gaswinning wel binnen de gebruiksruimte

3.3.6 Ecologische monitoring

Naast het Meet- & Regelprotocol kent de gaswinning Waddenzee ook een voorgeschreven monitoringprogramma (opgenomen als bijlage D bij deze Passende beoordeling). Dus enerzijds is er de HadK-systematiek die voorkomt dat effecten op de natuur kunnen optreden, anderzijds is er een ecologisch monitoringprogramma dat het uitblijven van deze effecten dient te bevestigen. Het monitoringprogramma is dus een extra controle voor het geval dat de HadK-systematiek niet zou werken. Dit monitoringprogramma is opgenomen als voorwaarde in de Natuurbeschermingswetvergunning voor gaswinning vanaf de locaties Moddergat, Lauwersoog en Vierhuizen.

Het monitoringprogramma is gericht op het verzamelen van data op basis waarvan de ontwikkeling van een aantal instandhoudingsdoelstellingen voor de Waddenzee kan worden gevolgd. De focus hierbij ligt op instandhoudingsdoelen die, indien er daadwerkelijk bodemdaling aan het wad- of kwelderoppervlak zou plaatsvinden, daar nadelig door beïnvloed zouden kunnen worden. Vooruitlopend op het beoordelingskader in Hoofdstuk 5 worden deze hieronder kort besproken.

Areaal droogvallende wadplaten - Met als doel het areaal droogvallende wadplaten te berekenen, wordt er twee keer per jaar met een laser (LiDAR) vanuit een vliegtuig de hoogte van de wadplaten in Pinkegat en Zoutkamperlaag ingemeten. Deltares analyseert op basis van deze gegevens waar de wadplaten groeien en

waar ze eroderen. Naast deze vlakdekkende methode wordt een aantal platen in detail gevolgd in de tijd met spijkermetingen. Deze metingen worden nader toegelicht in het monitoringprogramma (Bijlage D).

Voor alle duidelijkheid: met de monitoring van de platen met LiDAR wordt niet vastgesteld of het sedimentatievolume in het kombergingsgebied voldoende groot is voor het bijhouden van de zeespiegelstijging en de bodemdaling door de gaswinning. Ook de vaklodingen die door Rijkswaterstaat worden uitgevoerd zijn niet gericht op het vaststellen van deze sedimentatie. De nauwkeurigheid[6] waarmee met deze metingen het netto sedimentatievolume kan worden vastgesteld, is ten opzichte van de omvang van deze sedimentatie te beperkt. Onder andere vanwege deze beperking aan het meten van de morfologische ontwikkelingen, is de berekening van de gebruiksruimte ingesteld als onderdeel van de HadK-systematiek.

Draagkracht voor een aantal vogelsoorten - De draagkracht van de wadplaten voor daarop foeragerende vogels wordt bepaald door een groot aantal factoren en is tamelijk specifiek voor de verschillende vogelsoorten. Vanwege de mogelijke relatie met bodemdaling door gaswinning focust het monitoringprogramma op de voedselbeschikbaarheid en voedselbereikbaarheid van een aantal soorten. Om deze proxy voor draagkracht te berekenen is een ecologisch model gebouwd waarin een aantal databronnen samenkomen. Ten eerste de hierboven genoemde hoogteligging van het wad, die bepalend is voor de droogvalduur van het voedsel. De -niet voorspelde en verwachte- gevolgen van bodemdaling zouden via veranderingen in de droogvalduur door verlaging van de wadplaten door bodemdaling tot uiting komen. Ten tweede zijn ook de waterstanden bepalend voor de droogvalduur. Deze worden op basis van metingen in de vaste waterstandsstations van Rijkswaterstaat berekent met het programma Intertides (Rappoldt & Ens, 2013; Ens et al., 2015). Ten derde wordt, op basis van het dieet van een vogelsoort, de hoeveelheid voedsel geschat uit bodemdiereninventarisaties zoals SIBES (Compton et al. 2013) en de schelpdierinventarisaties (Van den Ende et al. 2018; Perdon et al., 2018). Door het combineren van deze monitoringdata en kennis van de voedselecologie van de vogels en hun prooidieren wordt de draagkracht van het gebied jaarlijks bepaald (Ens et al. 2015, 2016, 2017, 2018).

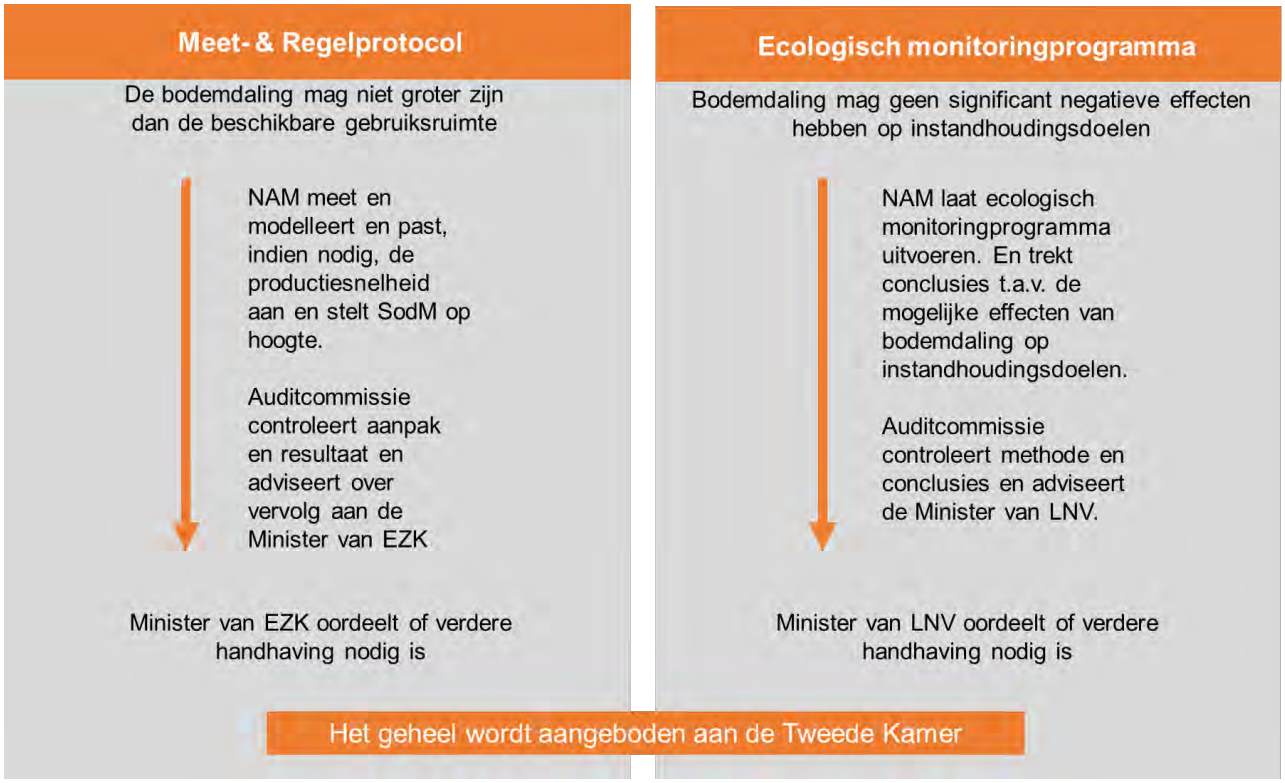
Areaal en kwaliteit van kwelderhabitats - De kwelder die onder invloed staat van de gaswinning MLV, is de Paesumerlannen. Op deze kwelder van 485 ha bij Paesens en Moddergat, wordt de opslibbingsnelheid gemeten en wordt de ontwikkeling van de vegetatie gemonitord (van Duin, 2018). Op basis van deze gegevens wordt beoordeeld hoe verschillende kwelderhabitats zich ontwikkelen. Nota bene, de voorspelde bodemdaling door de gaswinning Ternaard sterkt zich niet uit tot onder kwelder Paesumerlannen.

Het monitoringprogramma in bijlage D ziet ook op de ecologische ontwikkeling van het Lauwersmeergebied. Dat is voor deze Passende beoordeling over de voorgenomen gaswinning Ternaard, verder niet van belang, omdat de bodemdaling door de Ternaard Gaswinning niet onder het Lauwersmeergebied plaatsvindt. Tegelijkertijd met de Meet- & Regelrapportage rapporteert NAM ieder jaar de voortgang van de ecologische monitoring aan de Ministeries van EZK en LNV (zie bijvoorbeeld NAM, 2018). Dit wordt nader toegelicht in paragraaf 3.3.7.

3.3.7 Bevoegdheid, taakverdeling en rapportage

Zoals in de bovenstaande paragrafen reeds is aangegeven, is de HadK-systematiek uitgewerkt in het Meet- & Regelprotocol. Daarin wordt op basis van drie sturende variabelen, namelijk: de bodemdalingssnelheid, de zeespiegelstijgingssnelheid en de natuurgrens bepaald of de gasproductie moet worden bijgestuurd. Tevens kunnen afwijkingen in ecologische variabelen, waarvoor niet redelijkerwijs kan worden uitgesloten dat het om een effect van bodemdaling door gaswinning gaat, leiden tot een het beperken van de gaswinning. Het Meet- en Regelprotocol en het Ecologische monitoringsprogramma zijn naast elkaar weergegeven in Figuur 3-13, omdat dit twee separate routes vormen die de HadK bewaken.

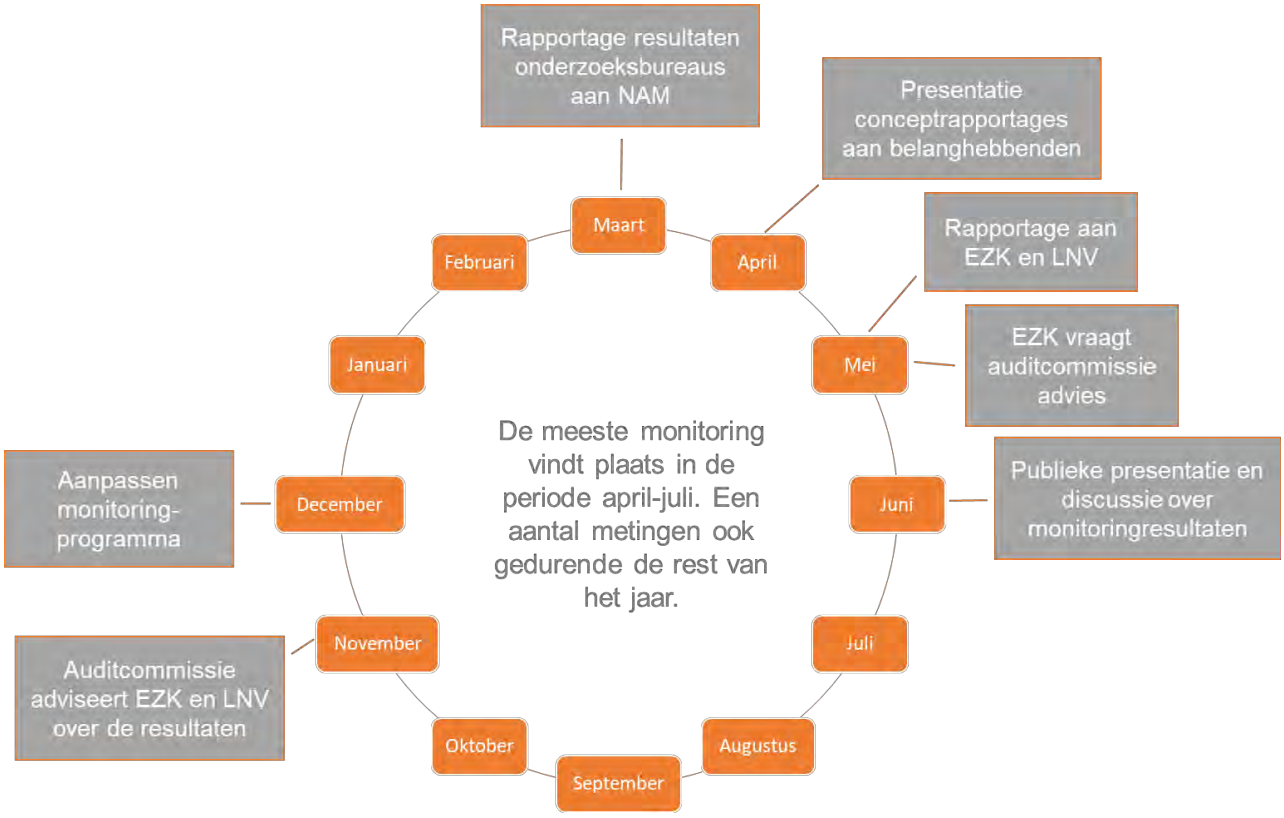
[6] De nauwkeurigheid waarover hier wordt gesproken is een ruimer begrip dan de nauwkeurigheid van de metingen zelf (en die is weer ruimer dan de statistische meetfout). Het omvat bijvoorbeeld ook de natuurlijke variaties die optreden in het bodemvolume, bijvoorbeeld doordat de poriënruimte tussen de sedimentdeeltjes bij opeenvolgende metingen verschilt en doordat op delen van wadplaten onder rustige omstandigheden een sliblaag kan opbouwen, die in sommige metingen wel en in andere metingen niet wordt opgemeten.



Figuur 3-13 Flowchart van de metingen (links) en monitoring (rechts), de rapportages en de rol van de auditcommissie en de Ministeries

Figuur 3-13 toont de twee routes die kunnen leiden tot het aanpassen van de gasproductie onder de Waddenzee. Links staat de HadK-systematiek waarin NAM conform het Meet- & Regelprotocol de voorgenomen bodemdalingssnelheid/productiesnelheid controleert en eventueel bijstelt, door de productiesnelheid aan te passen. De Auditcommissie controleert en adviseert de Minister van EZK, die kan besluiten handhavend op te treden als daar aanleiding toe is. Rechts staat het ecologische monitoringprogramma. De NAM rapporteert over de resultaten (zie NAM, 2018). De Auditcommissie controleert de monitoringresultaten en beoordeelt de conclusies. Als een effect van bodemdaling door gaswinning op instandhoudingsdoelstellingen niet redelijkerwijs kan worden uitgesloten, kan de Minister van LNV besluiten om de gasproductie onder de Waddenzee te temporiseren of te staken. Over de resultaten uit de Meet- & Regelrapportage en ecologische monitoring rapporteren de Ministers van EZK en LNV jaarlijks gezamenlijk aan de Tweede Kamer.

Jaarlijks wordt dus gerapporteerd over de meet en regelcyclus en de monitoring. Naast formele rapportageverplichtingen worden belanghebbenden actief van de voortgang en resultaten op de hoogte gehouden. Hoe dit proces door het jaar heen verloopt is te zien in de onderstaande figuur (Figuur 3-14).



Figuur 3-14 Jaarcyclus voor de rapportage over de ecologische monitoring en resultaten uit de Meet- & Regelcyclus

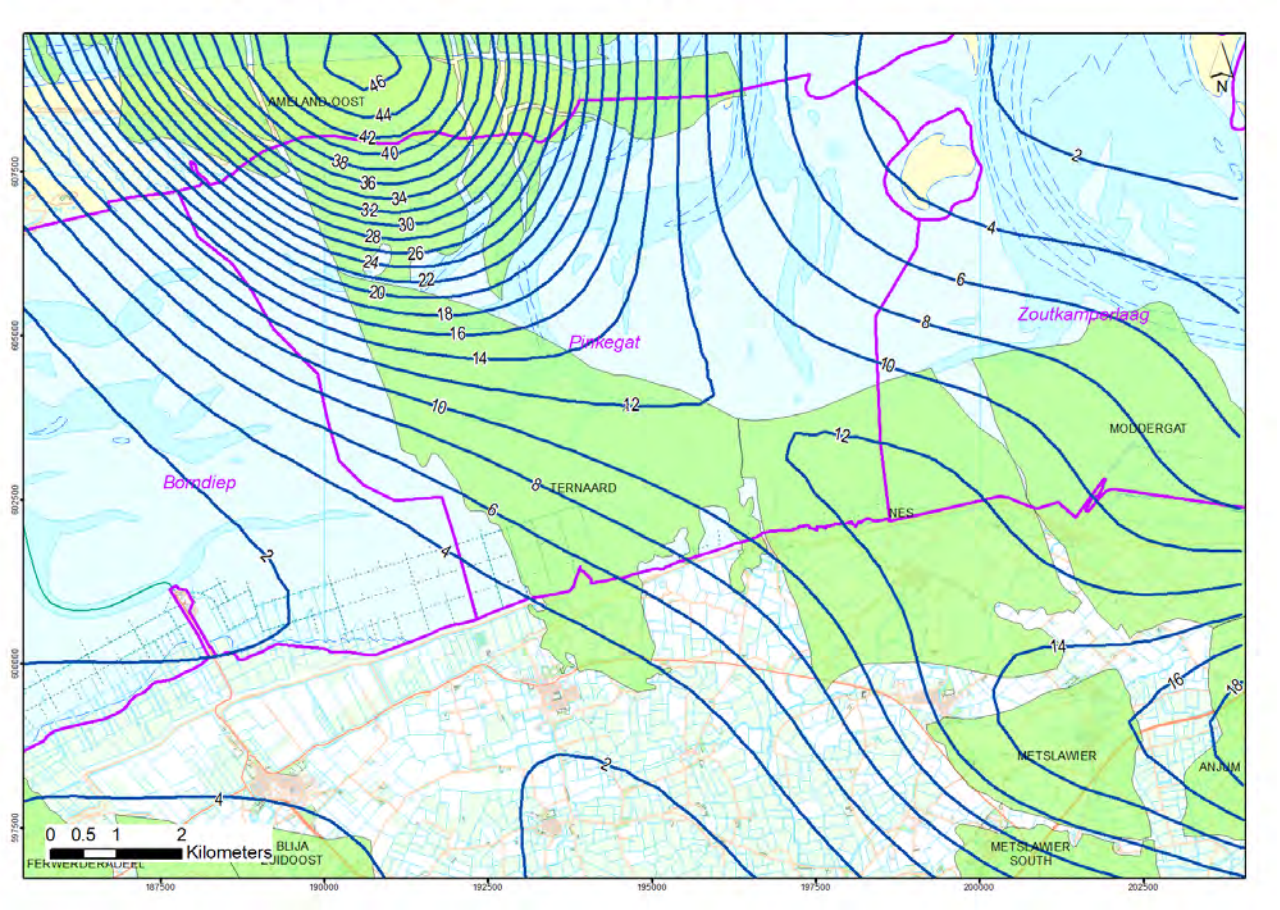
3.3.8 Extra volume zandsuppleties

Zoals beschreven in paragraaf 3.2.2 zorgt de sedimentuitwisseling tussen de Waddenzee en de Noordzeekustzone ervoor dat bodemdaling in de Waddenzee zich niet aan het wadoppervlak manifesteert. Het volume bodemdaling wordt dus aangevuld omdat er netto meer zand in de Waddenzee achterblijft. Dit zand komt echter wel ergens vandaan, namelijk uit de buitendelta en vooroever en andere delen van de Noordzeekustzone. De Noordzeekustzone tot aan de 20 meter dieptelijn noemen we het kustfundament. Om het kustfundament op peil te houden, voert Rijkswaterstaat zandsuppleties uit. Het volume aan zandsuppletie komt overeen met de oppervlakte van de Delta, Waddenzee en het Kustfundament, vermenigvuldigd met de zeespiegelstijging. Op dit moment is dat zo'n 12 miljoen kuub zand per jaar.

Het bodemdalingsvolume in de Waddenzee wordt aangevuld met zand vanuit het kustfundament en dit zandvolume dient door middel van zandsuppletie in het kustfundament te worden teruggebracht. Dat kan door suppletie van zand uit de diepere Noordzee (beneden de -20 meter dieptelijn) in het kustfundament. Conform de werkwijze bij de gaswinning Waddenzee wordt via de vergunningvoorschriften en het instemmingsbesluit de verplichting tot een extra volume zandsuppletie als voorwaarde opgelegd bij de gaswinning Ternaard. Daarmee wordt dit extra volume zandsuppletie behandeld als onderdeel van het project gaswinning Ternaard. De omvang van het extra volume zandsuppletie is afhankelijk van de daadwerkelijke omvang van de gaswinning. Hoe in deze Passende beoordeling het extra volume zandsuppletie wordt beschouwd, is opgenomen in paragraaf 6.2.7.

3.3.9 Gaswinning Ternaard en de Hand aan de Kraan-systematiek

Het gasveld Ternaard ligt ten westen van de gasvelden Moddergat en Nes, grotendeels onder het kombergingsgebied Pinkegat. De voorgenomen gaswinning Ternaard wordt opgenomen in het Meet- & Regelprotocol voor gaswinning onder de Waddenzee. Dat betekent dat de bodemdaling die de gaswinning Ternaard veroorzaakt, ieder jaar wordt beoordeeld en gereguleerd in cumulatie met die van de gaswinningen Nes, Moddergat en Ameland. Figuur 3-15 toont de voorspelde bodemdaling die het gevolg is van de verschillende gaswinningen, waaronder die van Ternaard. Ook voor Ternaard is dan de HadK-systematiek van toepassing. Daarmee wordt voorkomen dat de gaswinning Ternaard kan leiden tot een afname van het areaal droogvallende wadplaten of de droogvalduur daarvan.



Figuur 3-15 Dalingscontour (cm) van alle gaswinningen, met inbegrip van de gaswinning Ternaard, in 2050

Tevens zal de gaswinning Ternaard opgenomen worden in het ecologisch monitoringprogramma voor gaswinning vanaf de locaties Moddergat, Lauwersoog en Vierhuizen. Dit houdt in dat jaarlijks zal worden bestudeerd en gerapporteerd of classificerende natuurwaarden, behorend tot het Natura 2000-gebied Waddenzee, niet in kwaliteit of omvang achteruitgaan. Wanneer dat wel het geval is, zal aannemelijk moeten worden gemaakt dat dit niet het effect is van de gaswinning Ternaard. Lukt dat niet, dan is het aan de Minister van LNV om te bepalen of er sprake is van significante schade aan instandhoudingsdoelstellingen en of de gaswinning moet worden aangepast (zie ook Figuur 3-13). Door de gaswinning Ternaard mee te nemen in deze monitoring en rapportage cyclus vindt er een jaarlijkse controle plaats die uitwijst of de conclusies uit deze Passende beoordeling nog steeds van kracht zijn.

Opname van Ternaard in de bovengenoemde meet- en monitoringprogramma's leidt tot een aantal wijzigingen in die programma's. Ten behoeve van het Meet- & Regelprotocol worden er veel hoogtemetingen uitgevoerd. Op het land zijn dit waterpassingen. Deze waterpassingen vinden reeds plaats in Ternaard en omgeving. Op het wad zijn dit GPS-metingen op peilmerken (Figuur 3-11). Ter voorbereiding op de voorgenomen gaswinning Ternaard is het aantal peilmerken in de Waddenzee uitgebreid. Deze nieuwe peilmerken worden reeds ingemeten ten einde een goede nulmeting te hebben. Ook is er op het land, boven de zuidelijke uitloper van het gasveld een gps-logger geplaatst die continu de bodemdaling meet. Dergelijke loggers staan ook in Moddergat, Anjum en Ameland. Ze dienen ter signalering. De resultaten worden dan ook maandelijks aan SodM gerapporteerd.

Naast de bovengenoemde extra geodetische metingen, zal ook het ecologische monitoringprogramma worden uitgebreid. Een aantal metingen, zoals de wadplaathoogte, vogels en bodemdieren worden reeds op kombergingsniveau uitgevoerd, zodat uitbreiding niet nodig is. Voor de erosie/sedimentatie metingen (Spijkermetingen) is het programma reeds uitgebreid zodat deze metingen ook boven het gasveld Ternaard plaatsvinden. Daarnaast zal er monitoring plaatsvinden om de ontwikkeling van de kwelderfragmenten 't Skoar en de Kromme Horne bij Wierum te bestuderen. Deze aanpassingen zijn te vinden in bijlage E.

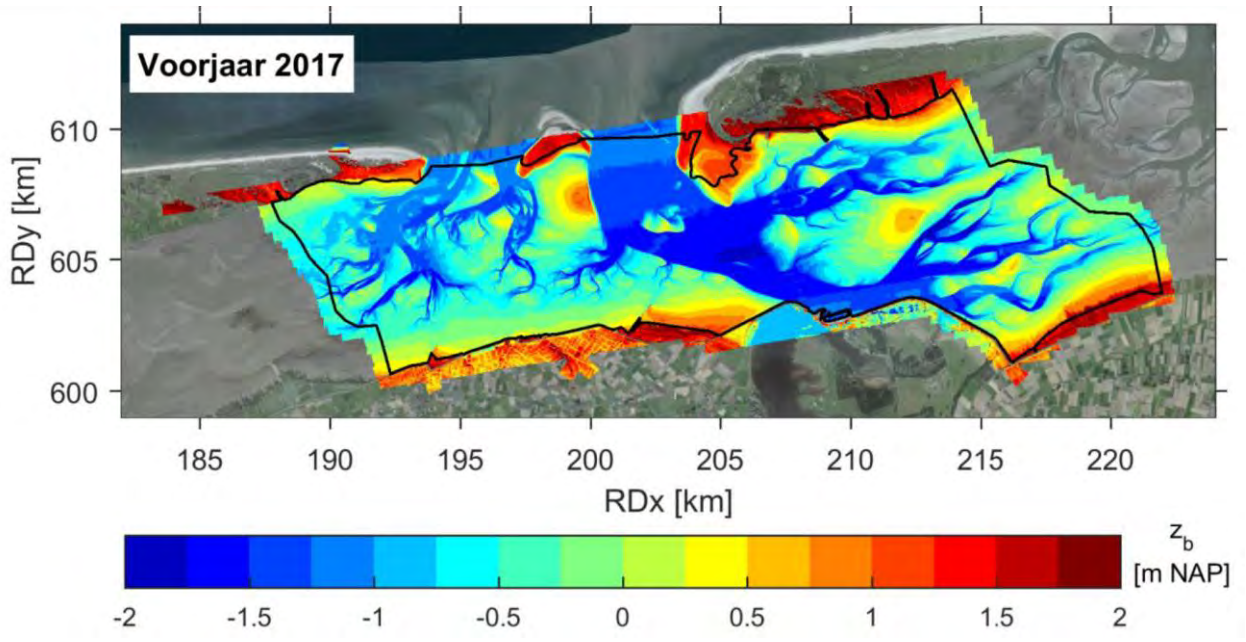
3.3.10 Hand aan de Kraan systematiek in de praktijk

De afgelopen 11 jaar is de HadK-systematiek van toepassing op de Gaswinning MLV. Het toepassen van Hand-aan-de-Kraan suggereert dat gedurende deze 11 jaar aan ‘de gaskraan’ is gedraaid. Dat is in deze periode niet nodig geweest, omdat de gasproductie van de verschillende gasvelden zorgvuldig is gestuurd, zodat de Natuurgrens van het Pinkegat niet is overschreden door de bodemdaling. Het sturen van de gasproductie gaat onder andere door het plannen van het boren van nieuwe productieputten. Als de productie in gasvelden met bodemdaling onder het Pinkegat niet was beperkt door de beschikbare gebruiksruimte, dan was de afgelopen jaren meer of sneller gas gewonnen uit deze velden. Door het uitvoeren van productieberekeningen, modelberekeningen van de bijbehorende bodemdaling en het verzamelen van drukgegevens van de gasvelden worden prognoses gemaakt van de bodemdaling, waarop wordt toegezien door de SODM en het ministerie van EZK. De sturing van de gasproductie van de verschillende velden vindt bij de NAM plaats en is daarmee minder zichtbaar voor de buitenwereld. Wel worden de toegepaste methoden en technieken beoordeeld door SODM en EZK.

Zichtbaar aan de HadK-systematiek bij de Gaswinning MLV is het omvangrijke dossier aan meet- en monitoringsinformatie[7]. Bij de Waddenzee gaswinning Ameland wordt ook gemeten en gemonitord[8]. De jaarlijkse rapportages over de bodemdaling en ecologische parameters leiden tot jaarlijkse evaluaties met de Auditcommissie en belanghebbenden en beoordeling door de bevoegd gezagen. Onderwerp van de evaluaties zijn de geobserveerde trends in monitoringdata en de kwaliteit van meten en modelleren. De evaluaties leiden regelmatig tot aanvullende onderzoeksinspanning waardoor de kwaliteit van de metingen en de conclusies toenemen. In deze paragraaf wordt een aantal recente voorbeelden behandeld.

Monitoring van de wadplaten
Tweemaal per jaar laat NAM de hoogte en ligging van de wadplaten in het Pinkegat en de Zoutkamperlaag inmeten. Dit gebeurt met een laserscanner vanuit een vliegtuig en deze methode heet LiDAR. Bij de LiDAR-metingen wordt vanuit een vliegtuig de hoogte in een brede baan onder het vliegtuig ingemeten. De eigenlijke meting wordt uitgevoerd met een bundel laserlicht, waarvan de weerkaatsing op het oppervlak wordt gebruikt om de afstand tussen vliegtuig en oppervlak te bepalen. In combinatie met de plaatsbepaling van het vliegtuig wordt dan de hoogte ten opzichte van NAP berekend. Het oppervlak waarvan de hoogte wordt bepaald, hoeft niet een wadplaat te zijn, ook de hoogte van het wateroppervlak in de Waddenzee wordt ingemeten. De LiDAR-hoogtemetingen worden daarom uitgevoerd tijdens laagwater, als de wadplaten zijn drooggevallen. Van de getijdegeulen wordt dan de hoogte van het wateroppervlak ingemeten. In de kaart in Figuur 3-16 is dit zichtbaar als het vertakkende geulpatroon met donkerblauwe kleuren. Het meest recente rapport van Deltares (Van der Lugt et al., 2019) over de LiDAR-metingen geeft een uitgebreid overzicht van het meetproces en de verwerking van de gegevens.

[7] Beschikbaar via https://www.nam.nl/gas-en-oliewinning/wadden.html.
[8] Beschikbaar via https://www.waddenzee.nl/themas/bodemdaling-ameland/.



Figuur 3-16 Kaart van de LiDAR-hoogteopname voorjaar 2017 (Schrijvershof et al., 2018)

De bovengenoemde LiDAR-metingen vinden plaats sinds 2010. Op basis van commentaren en aanwijzing van de Auditcommissie (3.3.7) zijn de metingen en het proces van data-analyse de afgelopen jaren sterk verbeterd. Hierdoor is meetfout afgenomen en de betrouwbaarheid en bruikbaarheid van de metingen vergroot.

De gemeten trend in het areaal wadplaten sinds 2010 is licht negatief (Schrijfershof et al., 2018). In eerste instantie is aan deze trend weinig aandacht besteed omdat de onderzoekers van mening waren dat deze binnen de meetfout van de meetmethode lag en daarmee niet te onderscheiden was van een artefact. Op aanwijzing van de Auditcommissie is Deltares toch gaan analyseren wat een mogelijke verklaring van het geobserveerde fenomeen zou kunnen zijn. Schrijfershof et al. (2018) vinden een indicatie dat de geobserveerde negatieve trend te relateren is aan de hoogte van de laagwaterstand. Ze verklaren dit als volgt. Bij een zeer laag laagwater vindt er een betere drainage van de wadplaten plaats, waardoor er minder water op de wadplaten blijft staan. Dit leidt tot een gemiddeld lagere ligging van het gemeten wadoppervlak. Toevalligerwijs correleert dit fenomeen in zekere mate met de meetjaren (co-lineairiteit) waardoor er een sprake lijkt te zijn van een verandering in de tijd. Er zijn echter meer factoren die de hoeveelheid water die tijdens laagwater op de wadplaten achterblijft bepalen. Denk daarbij aan de windrichting. De relatie tussen de laagte van de laagwaterstand en de gemeten omvang van het areaal droogvallende wadplaten (boven NAP) is daardoor niet erg sterk. Deltares wijst erop dat de gemeten trend in wadplaathoogte niet geleidelijk is. Er zitten “sprongen” in de data die overeenkomen met veranderingen in de meettechniek (nieuwere laserscanner).

In bovenstaande voorbeeld is te zien hoe in een vroeg stadium een trend in een morfologische parameter, die direct gerelateerd is aan de ecologische waarde van het gebied (areaal droogvallende wadplaten) wordt geïdentificeerd en bediscussieerd en dat dit leidt tot nadere studie met als doel de trend en de mogelijke rol van bodemdaling door gaswinning daarin te begrijpen. De komende jaren zal dit onderzoek doorgaan.

Ontwikkelingen van de kwelders De Hon en Neerlands Reid op Ameland
De gaswinning Ameland heeft een eigen ecologisch monitoringprogramma dat wordt opgesteld en gecoördineerd door de begeleidingscommissie Monitoring Bodemdaling Ameland. Deze commissie begeleid de monitoring sinds de start van deze gaswinning in 1986.

Onder de kwelders De Hon en Neerlands Reid aan de oostzijde van Ameland is de bodem plaatselijk meer dan 30 cm gedaald. Tijdens overstromingen van de kwelder laat de zee sediment achter waardoor deze

weer ophoogt. Eilandkwelders ontvangen echter minder sediment dan de vastelandskwelders. De bodemdaling wordt op Ameland dan ook niet overal gecompenseerd door die opslibbing. De verlaging van het kwelderoppervlak ligt dan ook tussen de 0 en de 20 cm. De eerste 25 jaar leidde dit niet tot veranderingen in de vegetatie. De laatste jaren zijn er lokaal wel duidelijke veranderingen geconstateerd. Uit nader onderzoek blijkt dat in deelgebieden de overstromingsfrequenties zijn toegenomen. Ook in het broedseizoen lijkt dat het geval te zijn. Het Ministerie van LNV heeft de monitoringsresultaten beoordeeld en geconcludeerd dat er op dit moment geen sprake is van significante schade aan de instandhoudingsdoelen van het gebied. Wel vraagt LNV dat het monitoringprogramma zodanig wordt aangepast dat op korte termijn meer inzicht komt in het effect van de toegenomen overstromingskans in het broedseizoen. Ook dit is een voorbeeld van de rol en werking van de ecologische monitoring en jaarlijkse rapportage daarover.

In relatie tot de voorgenomen gaswinning Ternaard zijn er geen zorgen over het effect van bodemdaling onder de kwelders. Bodemdaling onder de kwelders door de gaswinning Ternaard treedt alleen op onder het kwelderfragment bij ‘ Skoar en onder het kwelderfragment bij Wierum: de Kromme Horne. Onder de nabijgelegen kwelder ten oosten van de veerdam Holwerd, de Paezummerlannen en de kwelders van Ameland treedt geen bodemdaling op door de gaswinning bij Ternaard. De hoeveelheid bodemdaling die bij de kwelderfragmenten waaronder de bodemdaling door de gaswinning Ternaard zal plaatsvinden, is namelijk veel kleiner dan bij de eilandkwelders op Ameland het geval is. Desalniettemin zal de bodemdaling en ecologische ontwikkeling van de kwelders ’t Skoar en Kromme Horne worden gemonitord in aanvulling op het bestaande monitoringsprogramma v0or de MLV-gaswinning en zal hierover jaarlijks worden gerapporteerd aan betrokken partijen.

Tijdsafhankelijke bodemdaling
Met tijdsafhankelijke bodemdaling refereren we naar het zogenaamde na-ijlen van bodemdaling, ook nadat de gaswinning wordt gestopt. Deze tijdsafhankelijke bodemdaling werd geobserveerd voor het gasveld Ameland. Het leidde ertoe dat de modellen niet naar tevredenheid de bodemdaling bij Ameland konden beschrijven. Op aanwijzen van SODM is in 2011 een studie opgestart met als doel vast te stellen welke processen in de diepe ondergrond hieraan ten grondslag lagen en wat de betekenis hiervan zou zijn voor bodemdaling onder de Waddenzee op lange termijn. Deze studie droeg de naam “Long-Term Subsidence” (LTS). In de studie is, onder begeleiding van een internationale commissie van experts, het totaal aan mogelijke processen bestudeerd. Denk hierbij onder meer aan zoutkruip, gesteentekruip en depletie (=drukdaling) van watervoerende lagen (aquifers). In de studie is gekeken wat deze processen betekenen voor bodemdaling in het Waddengebied op langere termijn. Daarnaast heeft een casestudie voor het gasveld Ameland plaatsgevonden. Deze casestudie bestond uit het ontwikkelen en toepassen van een rekenmethode waarmee op basis van de bodemdalingsmetingen aan het aardoppervlak het meest waarschijnlijke bodemdalingsmodel automatisch kon worden gekozen. Tevens biedt deze rekenmethode een overzicht van alle modelvariaties en de waarschijnlijkheid daarvan. De resultaten uit de LTS-studie zijn overgenomen in de Meet- & Regelanalyses en -rapportages. Daardoor wordt nu standaard de voorspelde na-ijling van de bodemdaling gerapporteerd. Ook voor de gaswinning Ternaard wordt de opgedane kennis en kunde uit de LTS-studie in de modellering van de bodemdaling toegepast. De betekenis van het na-ijleffect van bodemdaling is in paragraaf 8.2.2 van deze Passende beoordeling beoordeeld.

4 WERKEN BINNEN DE GEBRUIKSRUIMTE

In dit hoofdstuk wordt inzichtelijk gemaakt hoe de bodemdaling die optreedt als gevolg van de voorgenomen gaswinning Ternaard in combinatie met de bestaande gaswinningen, past binnen de gebruiksruimte. Dit leiden we in, door eerst de te nemen stappen uit de HadK-systematiek kort te herhalen. Vervolgens wordt de cumulatieve belasting van de gebruiksruimte door verschillende gaswinningen inzichtelijk gemaakt.

De stappen van de HadK-systematiek:

1. Het vaststellen van het meegroeivermogen, uitgedrukt als de maximale relatieve zeespiegelstijging snelheid (=zeespiegelstijgingsscenario + gemiddelde bodemdalingssnelheid) in het kombergingsgebied van een zeegatsysteem, die kan worden gecompenseerd door sedimentaanvoer van buitenaf, zonder significante effecten voor het areaal droogvallende platen. Deze stap is uitgevoerd in het MER en de Passende beoordeling (NAM, 2006 & Ministerie van Economische Zaken, 2006) voor de Gaswinning MLV.
2. Het vaststellen van de gebruiksruimte; dit is de ruimte die overblijft van het meegroeivermogen na aftrek van de snelheid van zeespiegelstijging. De vastgestelde gebruiksruimte is een veilige grens voor de gecombineerde gevolgen van zeespiegelstijging en bodemdaling door delfstoffenwinning. Het vaststellen van de gebruiksruimte vindt iedere vijf jaar opnieuw plaats, bij het beschikbaar komen van het actuele zeespiegelstijgingsscenario.
3. Het vooraf vaststellen van de maximale bodemdalingssnelheid die gemiddeld over het kombergingsgebied door alle winningen kan worden bijgehouden per kombergingsgebied, zonder dat veranderingen optreden aan het geomorfologische evenwicht in de Waddenzee. Dit vindt in de voorliggende Passende beoordeling plaats voor de voorgenomen winning Ternaard en de beide andere winningen (Ameland en MLV) die leiden tot bodemdaling in het kombergingsgebied van het Pinkegat.
4. Het uitvoeren van de gaswinning volgens het winningsplan, waarbij de verwachte bodemdalingssnelheid binnen deze grens blijft.
5. Het door middel van meten en monitoren vaststellen van de daadwerkelijk opgetreden bodemdaling en het ontbreken van gevolgen voor de Waddenzee.
6. Het zo nodig bijsturen van de bodemdaling door de productie te beperken (“het dichtdraaien van de kraan”).

Met de stappen 1 tot en met 4 in de HadK-systematiek wordt op voorhand de bodemdaling door gaswinning beperkt, zodat geen gevolgen zullen optreden in de Waddenzee, ook niet bij een versneld stijgende zeespiegel. De stappen 5 en 6 geven een extra waarborg dat er inderdaad geen gevolgen zullen optreden.

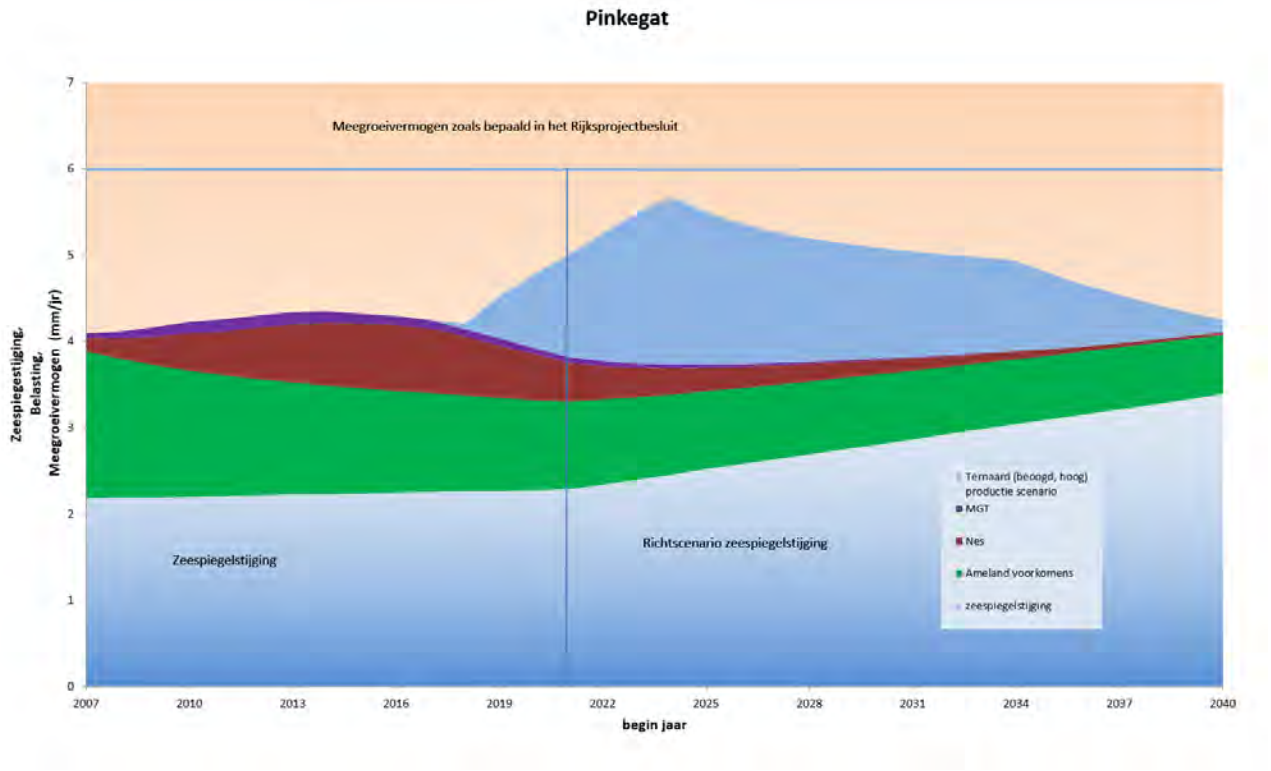
In deze voorliggende Passende beoordeling gasboring en gaswinning Ternaard wordt, net als bij de Gaswinning MLV, de beschikbare gebruiksruimte als een harde grens gehanteerd. De bodemdaling door alle gaswinning in de beïnvloede kombergingsgebieden zal de gebruiksruimte van de betreffende kombergingsgebieden niet overschrijden, door de productie van de verschillende gaswinning zodanig te beperken dat de gezamenlijke bodemdaling binnen de beschikbare gebruiksruimte blijft. Dit geldt voorafgaand aan de winning (de stappen 1, 2 en 3 in het bovenstaande overzicht) en tijdens de winning (de stappen 4, 5 en 6).

Voorafgaand aan de winning

Alle gaswinning omvat de gaswinningen Ameland, Waddenzee en de voorgenomen gaswinning Ternaard. Figuur 4-1 toont de voorspelde belasting van de gebruiksruimte door de bodemdaling als gevolg van de verschillende winningen voor het kombergingsgebied Pinkegat. In deze grafiek wordt de optelsom gemaakt van de zeespiegelstijging met de bodemdaling door respectievelijk de gaswinning Ameland (AME), Nes en Moddergat (MGT), met daarbij de bodemdaling door de gaswinning Ternaard.

In de grafiek in Figuur 4-1 is de voorgenomen gaswinning Ternaard getoond. Deze voorgenomen gaswinning Ternaard is het scenario dat in deze Passende beoordeling wordt beoordeeld, met een winning van circa 7,57 miljard m^3 gas. Bij deze voorgenomen gaswinning Ternaard wordt de natuurgrens van 6 mm/jaar voor het kombergingsgebied Pinkegat niet overschreden. De omvang van de bodemdaling blijft bij deze voorgenomen gaswinning binnen de beschikbare gebruiksruimte.

Voor de volledigheid wordt in Figuur 4-2 ook de belasting van de gebruiksruimte door de gaswinning Ternaard in het kombergingsgebied van het Borndiep getoond. De belasting van de gebruiksruimte door de voorgenomen winning Ternaard in de grafiek begint nog voordat de boring is uitgevoerd en de bodemdaling zal plaatsvinden. Dat is het gevolg van de berekeningswijze van de belasting van de gebruiksruimte, waarbij de opgetreden bodemdaling wordt gemiddeld over een periode van zes jaar, die is ingevoerd om rekening te houden met langjarige fluctuaties in de morfologie vanwege de 18,6-jarige cyclus in het getij (zie voor een beschrijving van de berekeningswijze de Passende beoordeling voor de gaswinning MLV, Ministerie van Economische Zaken, 2006). Bij het Borndiep is de belasting van de gebruiksruimte door de beperkte omvang van de bodemdaling veel kleiner dan bij het Pinkegat. Vanwege de zeer kleine omvang (van maximaal 0,03 mm/jaar) is in de grafiek vrijwel niet zichtbaar dat deze iets boven het zeespiegelstijgingsscenario ligt.



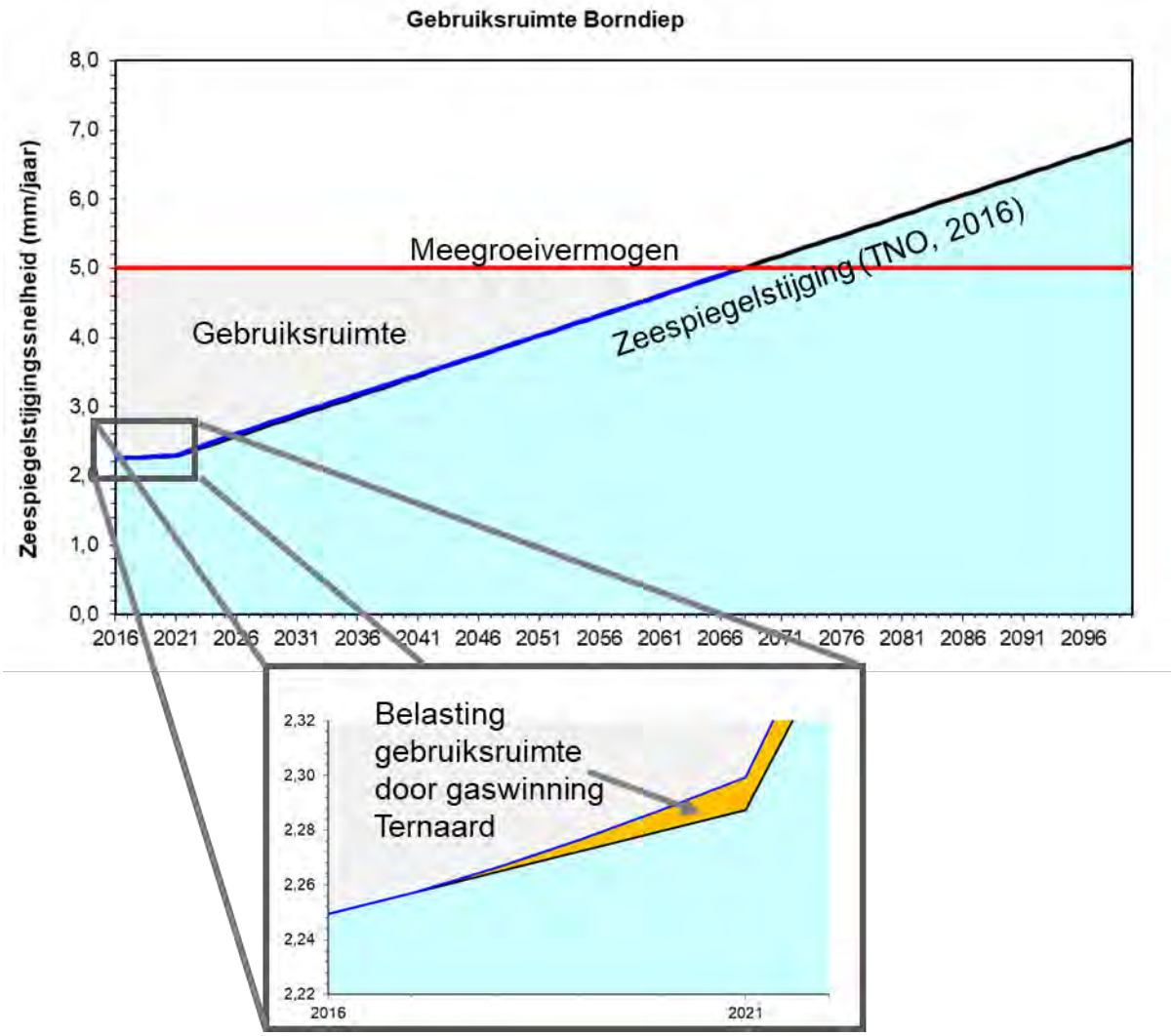
Figuur 4-1 Grafiek met de voorspelde belasting Ternaard bij de voorgenomen gaswinning binnen de gebruiksruimte voor de Ternaard bodemdaling en de bestaande gaswinning Ameland en MLV (Nes, MGT) voor het kombergingsgebied Pinkegat (zeespiegelstijgingsscenario TNO 2016)

Tijdens de winning

De gaswinning zal plaatsvinden volgens het Winningsplan, waarin is vastgelegd dat de bodemdaling van de verschillende gaswinningen binnen de gebruiksruimte blijft. Maandelijks wordt over gemeten bodemdaling gerapporteerd aan SODM. De prognose van de bodemdaling wordt jaarlijks geactualiseerd op basis van de gasproductie en de gemeten bodemdaling. Daartoe wordt het dalingsmodel opnieuw toegepast, om de waargenomen bodemdaling te bepalen op basis van het werkelijk geproduceerde gas en wordt de toekomstige bodemdaling berekend. Zo nodig, bij een dreigende overschrijding van de natuurgrens, wordt bijgestuurd om de omvang van de bodemdaling door de productie te beperken (“het dichtdraaien van de kraan”). Bij actualisatie van het zeespiegelstijgingsscenario (waarvan in 2021 de eerstvolgende is voorzien, en daarna iedere vijf jaar), wordt de beschikbare gebruiksruimte opnieuw vastgesteld en worden zo nodig aanpassingen in de gasproductie gedaan. Op deze wijze wordt, vanwege de Meet- & Regelcyclus, steeds voldaan aan de randvoorwaarde dat de bodemdaling door de gaswinningen Ameland en Waddenzee en de gaswinning Ternaard binnen de gebruiksruimte plaatsvindt.

Voor de voorliggende Passende beoordeling is als randvoorwaarde gehanteerd dat de gaswinning Ternaard binnen de beschikbare gebruiksruimte van de Waddenzee plaatsvindt. Deze randvoorwaarde geldt op voorhand, door de keuze van het gaswinningsscenario (Voorgenomen gaswinning Ternaard in Figuur 4-1) en tijdens de winning door het toepassen van de HadK-systematiek. Omdat de omvang van de bodemdaling

door alle gaswinning binnen de beïnvloede kombergingsgebieden, waaronder die door de voorgenomen gaswinning bij Ternaard, binnen de gebruiksruimte blijft, zal het geomorfologische evenwicht en de sedimentbalans van de Waddenzee in stand blijven. Het hanteren van deze randvoorwaarde betekent dat geen effecten zullen optreden op de kenmerkende morfologische elementen en processen in de Waddenzee. In de hoofdstukken 7 en 8 worden de effecten van de bodemdaling op de Waddenzee beoordeeld.



Figuur 4-2 Grafiek met de voorspelde belasting van de gebruiksruimte voor de Voorgenomen gaswinning Ternaard (de blauwe lijn) voor het kombergingsgebied Borndiep. De rode lijn is de natuurgrens van 5 mm/jaar voor het Borndiep. De bovengrens van het lichtblauw gekleurde vlak geeft het zeespiegelstijgingsscenario TNO 2016. Het grijze vlak is de nog beschikbare gebruiksruimte

5 BEOORDELINGSKADER

5.1 Wet natuurbescherming

Natura 2000 is het netwerk van natuurgebieden in de Europese Unie, die worden beschermd op grond van de Vogelrichtlijn (1979) en de Habitatrichtlijn (1992). De richtlijnen bepalen welke typen natuur en soorten beschermd moeten worden. De EU-lidstaten hebben daarvoor speciale beschermingszones aangewezen en zijn verplicht instandhoudingsmaatregelen te nemen voor de bescherming van deze gebieden. De Vogelrichtlijn en de Habitatrichtlijn zijn in Nederland geïmplementeerd in de Wet natuurbescherming (2017). Deze wet kent voor de bescherming van de Natura 2000-gebieden onder andere een vergunningenstelsel:

Voor het uitvoeren van een project is, indien aan de orde, een vergunningaanvraag noodzakelijk. Hierbij is een Passende beoordeling nodig waarin de effecten op Natura 2000-gebieden getoetst worden.

De wet laat het niet toe om een plan vast te stellen of zonder vergunning een project uit te voeren dat -gelet op de instandhoudingsdoelstellingen van een Natura 2000-gebied- de kwaliteit van de natuurlijke habitats of habitats van soorten in dat gebied kan verslechteren of een significant verstorend effect kan hebben op de soorten waarvoor dat gebied is aangewezen (art 2.7 lid 2). Wanneer het een project betreft dat niet direct verband houdt met, of nodig is voor het beheer van een gebied, en dat afzonderlijk of in cumulatie significante gevolgen kan hebben voor een Natura 2000-gebied, wordt de vergunning niet verleend nadat uit een Passende beoordeling is gebleken dat de natuurlijke kenmerken van het gebied niet worden aangetast (art 2.7 lid 3 onder a en art 2.8 lid 1). Een uitzondering is een project dat een herhaling of voortzetting is van een ander project, of deel uitmaakt van een ander plan, waarvoor al een Passende beoordeling is gemaakt en een nieuwe Passende beoordeling geen nieuwe gegevens of inzichten op kan leveren (art 2.8 lid 2).

Wanneer de zekerheid dat de natuurlijke kenmerken van het gebied niet worden aangetast niet is verkregen, mag de vergunning alleen worden verleend wanneer er geen alternatieve oplossing is, er een dwingende reden van groot openbaar belang wordt gediend en er compenserende maatregelen worden getroffen (de ADC-toets) (art 2.8 lid 4). Wanneer er sprake is van significante gevolgen voor een prioritair habitat of prioritaire soort en de dwingende reden van groot openbaar belang is een reden van sociale of economische aard, dient in aanvulling op de ADC-toets door de Minister van LNV een advies gevraagd te worden aan de Europese Commissie voordat de vergunning wordt verleend (art 2.8 lid 5). De te nemen compenseren maatregelen moeten onderdeel uitmaken van de vergunning voor het betreffende project (art 2.8 lid 7). Een eventueel in te richten compensatiegebied dient de status van Natura 2000-gebied te krijgen (art 2.8 lid 8).

5.2 Effecten van stikstofdepositie

Bij de aanleg van gaswinningsinstallaties in Ternaard (Fryslân) komt stikstof vrij die kan leiden tot een toename van depositie van stikstof in naburige Natura 2000-gebieden.

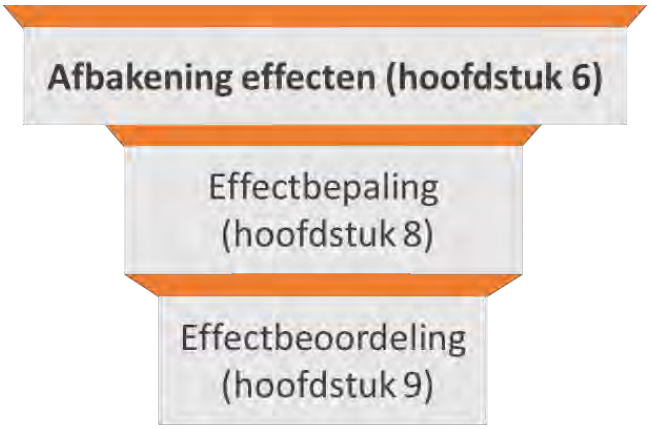
De effecten van deze toename van stikstofdepositie kunnen binnen de vigerende wet- en regelgeving niet langer beoordeeld worden op basis van het Programma Aanpak Stikstof (PAS), dat voorzag in ontwikkelingsruimte voor projecten die een toename van stikstofdepositie in Natura 2000-gebieden. De effecten door stikstofdepositie ten gevolge van het project Ternaard moeten daarom eigenstandig worden beoordeeld.

5.2.1 Zelfstandige beoordeling stikstofdepositie

Nu niet langer een beroep gedaan kan worden op het PAS en de passende beoordeling van het PAS evenmin nog gebruikt kan worden, moet eigenstandige beoordeling van de stikstofdepositie plaatsvinden. In deze beoordeling wordt op ecologische gronden een onderzoek gedaan naar de eventueel optredende effecten van stikstofdepositie. Dit is de individuele projectbeoordeling stikstofdepositie. Deze individuele projectbeoordeling stikstofdepositie is onderdeel van deze passende beoordeling.

6 AFBAKENING EFFECTEN

In het voorgaande hoofdstuk staat het kader dat de Wet natuurbescherming geeft voor de beoordeling van de effecten van de gasboring en gaswinning Ternaard. In de hoofdstukken 6 en 8 wordt toegewerkt naar de beoordeling van de effecten. In het voorliggende hoofdstuk 6 vindt de eerste afbakening plaats van de effecten van de gasboring en gaswinning Ternaard. Hierbij wordt vastgesteld welke mogelijke effecten met zekerheid niet zullen optreden tijdens de gasboring en gaswinning Ternaard. Aan het einde van dit hoofdstuk 6 in paragraaf 6.3 rest een beperkt aantal effecten waar meer in detail naar dient te worden gekeken. Dat gebeurt vervolgens in Hoofdstuk 8, waar de effectbepaling wordt uitgevoerd.



6.1 Natura 2000

6.1.1 Mogelijke effecten

De geplande boring en gaswinning en de hiervoor benodigde werkzaamheden leiden tot een aantal effecten op de omgeving en mogelijk ook op beschermde natuurwaarden. De werkzaamheden of processen die een effect kunnen hebben op natuurwaarden zijn opgenomen in Tabel 6-1, waarbij deze gekoppeld zijn aan zogenaamde storingsfactoren. Deze vertaling naar storingsfactoren is gemaakt omdat verschillende activiteiten tot dezelfde storingsfactor kunnen leiden, gelijktijdig kunnen optreden en elkaar daarbij ook kunnen versterken. Van habitattypen en soorten die in de Natura 2000-gebieden beschermd worden is bekend in welke mate ze gevoelig zijn voor storingsfactoren. Hierbij is gebruik gemaakt van de indeling uit de effectenindicator Natura 2000 (Ministerie van EZK, 2017). Deze is aangevuld met het onderdeel bodemdaling. De mogelijke gevolgen van bodemdaling zijn breed en omvatten meer dan één storingsfactor (oppervlakteverlies van wadplaten, vernatting van kwelders, wijziging sedimentsamenstelling, et cetera). De effecten van bodemdaling worden dan ook apart beschreven in paragraaf 6.2.6 Ook de gevolgen van het extra volume zandsuppleties zijn apart beschreven in paragraaf 6.2.7.

Tabel 6-1 Potentiële effecten per fase

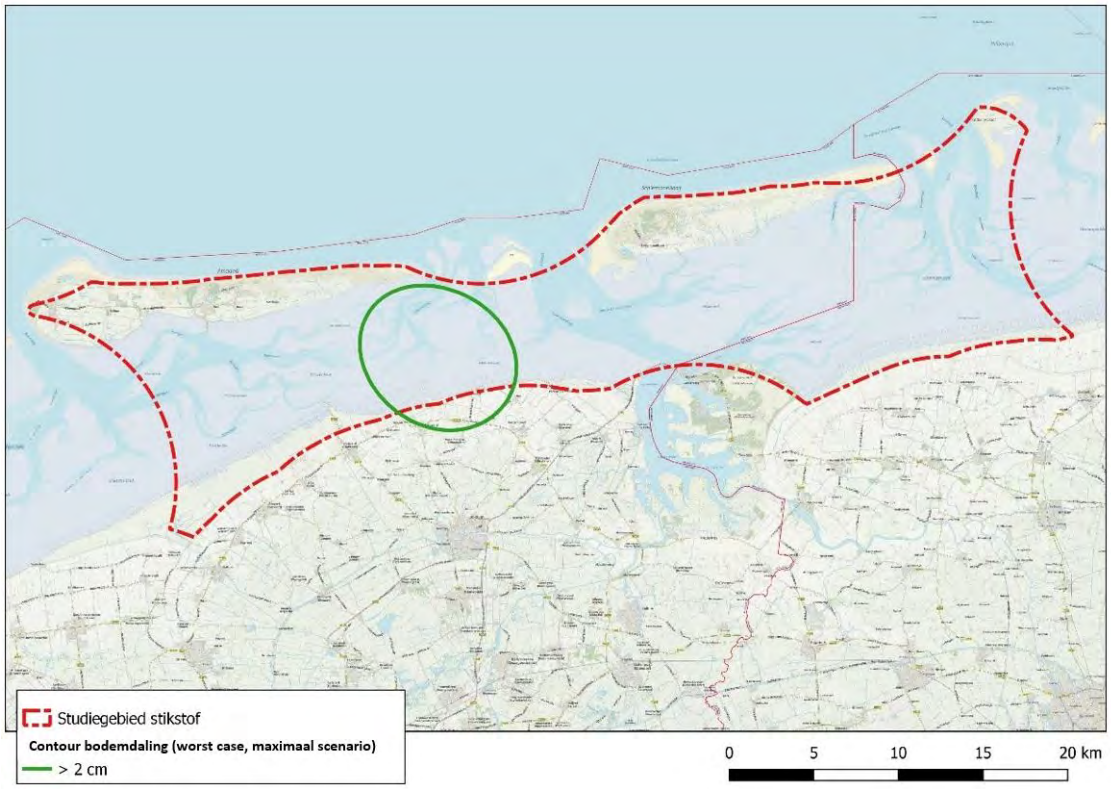
Fase en activiteit	Verstoring door geluid	Verstoring door licht	Visuele verstoring	Oppervlakteverlies	Bodemdaling[1]	Verandering populatiedynamiek (sterfte)	Vermesting en verzuring	Verdroging en vernatting
Aanlegfase								
Bouwrijp maken productielocatie	●	●	●	●			●	
Transport materieel	●	●	●				●	
Opbouw boorinstallatie en aanleg transportleiding	●	●	●	●			●	●
Boren nieuwe put	●	●	●				●	
Affakkelen	●	●	●			●	●	
Winningsfase								
Gaswinning				●[1]	●			●[1]
Zandsuppleties	●	●	●	●		●	●	

[1] Deze mogelijke gevolgen van de gaswinning (bijvoorbeeld oppervlakteverlies van wadplaten, vernatting van kwelders en verandering sedimentsamenstelling) worden beschreven bij de effectketen van bodemdaling in paragraaf 6.2.6.

6.1.2 Studiegebied Natura 2000

Het studiegebied is het gebied waar effecten kunnen optreden als gevolg van de activiteit. De omvang hiervan wordt bepaald door de reikwijdte van de effecten.

Het studiegebied is groter dan het plangebied als gevolg van externe werking. Het studiegebied wordt voor wat betreft de morfologische effecten met name bepaald door de bodemdalingscontour en bestaat uit het noordelijke deel van Friesland, de Waddenzee ter hoogte van Ternaard en Wierum en het oostelijke deel van het Waddeneiland Ameland (Figuur 3-1). Het onderzoeksgebied voor verzuring en vermesting (stikstofdepositie) wordt bepaald door de reikwijdte van de stikstofdepositie. In onderstaande paragrafen wordt de daadwerkelijke reikwijdte van de verwachte effecten bepaald, de onderstaande afbeelding toont het studiegebied, met daarin aangegeven de contour van de berekende bodemdaling en de reikwijdte van de stikstofdepositie in de aanlegfase.



Figuur 6-1 Studiegebied. In het studiegebied voor stikstofdepositie is alleen het gebied aangegeven waar depositie optreedt op Natura 2000-habitats en -leefgebieden waar sprake is van een (naderend) overbelaste situatie.

Wanneer een effect reikt tot in een Natura 2000-gebied en op die plek leidt tot verslechtering en/of verstoring, is een nadere effectbeoordeling noodzakelijk. Indien geen sprake is van overlap tussen het effectbereik en beschermde waarden, is een verdere beoordeling niet aan de orde. Het betreffende effect komt dan ook niet terug in de effectbeoordeling. In het navolgende is dit voor alle mogelijke effecten beschreven.

6.2 Effecten en reikwijdte

6.2.1 Oppervlakteverlies tijdens aanleg

Het onderdeel oppervlakteverlies beperkt zich tot de directe effecten van de ingreep, oppervlakteverlies treedt alleen op gedurende de aanlegfase op het vasteland. De mogelijk afname van het areaal van wadplaten en kwelders als gevolg van bodemdaling worden in paragraaf 6.2.6 beschreven.

Oppervlakteverlies is een belangrijk effect, omdat het kan leiden tot afname van het areaal vegetaties of beschikbaar leefgebied. Dit kan leiden tot een afname van de draagkracht van een gebied (minder foerageerruimte, plekken om te rusten et cetera) en daarmee in potentie tot een verminderde fitheid van individuen (minder voedsel, minder rust, meer stress). En dit kan vervolgens weer doorwerken in een verminderd reproductiesucces, het verlaten van het gebied of een hogere mortaliteit. Uiteindelijk leidt dit tot een verkleining van de populatie. Door verkleining van leefgebied wordt een populatie kwetsbaar voor veranderingen ten gevolge van bijvoorbeeld predatie, extreme seizoensinvloeden of ziekten. Het is belangrijk dat functionele eenheden intact blijven. Voor habitattypen zijn ondergrenzen voor een duurzame oppervlakte bekend (Broekmeyer et al., 2005).

Omdat de productielocatie niet in een Natura 2000-gebied ligt, kan op voorhand gesteld worden dat van negatieve effecten, als gevolg van oppervlakteverlies, op de instandhoudingsdoelen van het Natura 2000-gebied Waddenzee geen sprake kan zijn.

De locatie ligt in intensief gebruikt agrarisch gebied. Dit vormt geen leefgebied van beschermde soorten. Ook wordt het terrein, na aanleg van de transportleiding, weer in oorspronkelijke staat hersteld, waardoor het alleen om een tijdelijk effect gaat. Het leidingtracé kruist wel diverse watergangen waar mogelijk lokaal (tijdelijke) dammen in aangelegd worden voor de transportleiding (indien niet onder de watergangen door geboord wordt). Het oppervlak van deze dammen is dusdanig klein ten opzichte van de totale lengte aan watergangen dat het verwaarloosbaar is. Ook zijn uit deze watergangen geen beschermde soorten bekend (NDFF, uitleesdatum februari 2017). Van aantasting van potentieel leefgebied is dan ook van geen sprake.

Gesteld wordt dat de fysieke ingreep nergens in beschermde natuurgebieden (Natura 2000) of leefgebieden van beschermde soorten plaatsvindt. Van negatieve effecten op de instandhoudingsdoelen van Natura 2000-gebieden of de gunstige staat van instandhouding van soorten is hierdoor geen sprake. Een nadere beoordeling van oppervlakteverlies als gevolg van de aanleg is dan ook niet aan de orde. In paragraaf 6.2.6 wordt de mogelijke afname van het areaal van wadplaten en kwelders als gevolg van bodemdaling beschreven.

6.2.2 Verstoring tijdens aanleg

Toelichting

Geluid, licht en visuele effecten (aanwezigheid en bewegingen van mensen, installaties en voertuigen) kunnen diersoorten verstoren. Deze verstoringen kunnen leiden tot stress en/of vluchtgedrag van individuele dieren, wat er vervolgens toe kan leiden dat dieren het leefgebied voor kortere of langere tijd verlaten, dat de reproductie te ver achterblijft om een goede populatie in stand te houden of dat er een toename van sterfte plaatsvindt. Er kan gewenning aan verstoring optreden, in het bijzonder bij continue verstoring door bijvoorbeeld geluid (Broekmeyer *et al.*, 2005). Vaak treden verstoringen door geluid, licht en visuele effecten gelijktijdig op en is de specifieke oorsprong van stress en/of vluchtgedrag niet altijd goed te duiden.

Verstoring door licht, geluid of bewegingen kan alleen optreden in de aanlegfase door bijvoorbeeld bouwmachines en vrachtverkeer. Gedurende de winningsfase is nauwelijks sprake van emissies van geluid, licht of anderzijds bewegingen. Bovengronds is gedurende de winning slechts een kleine installatie aanwezig en de enige activiteit is een wekelijkse controle door een werknemer. Daarnaast vindt één á twee keer per jaar onderhoud plaats. Hiervoor wordt een installatie over de put geplaatst, waarna werkzaamheden verricht worden die tot doel hebben om zand dat in de put aanwezig is te verwijderen en hiermee de toestroming van gas te verbeteren. Deze aanwezigheid van een installatie en de verstoring door geluid, licht en beweging door het onderhoud zijn van dusdanig beperkte aard in omvang en duur, dat deze als niet relevant worden beschouwd en niet worden beoordeeld. Hieronder wordt de verstoring tijdens de aanlegfase door geluid, licht en visuele verstoring beschouwd.

Geluid

Effectomschrijving

Belangrijke geluidsbronnen zijn hei- en bouwwerkzaamheden bij de aanleg, gebruik van voertuigen, boortoren en geluid afkomstig van het affakkelen. Voor de aanlegfase zijn de geluidsemissies afgezet tegen geluidseisen in het Bouwbesluit 2012. Om te voldoen aan het Bouwbesluit dient de geluidsemissie te voldoen aan een dagwaarde van 60 dB(A) en een langtijdgemiddeld beoordelingsniveau van 45 dB(A) in de avond- en 40 dB(A) in de nachtperiode. Voor de boorfase wordt vanuit het Barmm een geluidsbelasting onder de 60 dB(A) vereist[9]. Geluidsgolven verspreiden zich via de lucht, wat tot op een bepaalde afstand kan leiden tot (verhoging van de) geluidsbelasting, die tot verstoring van daar aanwezige dieren kan leiden. Activiteiten in en nabij het water kunnen leiden tot verhoging van de geluidsbelasting onder water, wat verstoring of gehoorbeschadiging bij zeedieren kan leiden. Omdat beide productielocaties op ruime afstand (> 750 meter) van de Waddenzee liggen, is alleen geluid dat door de lucht verplaatst relevant.

Bij het beoordelen van de effecten van verstoring door geluid is onderscheid gemaakt tussen verstoring door continue bronnen en verstoring door impulsgeluiden.

[9] Het gaat hierbij om gewogen gemiddelden, niet om waarden die voor verstoring van natuurwaarden toegepast worden.

Voor verstoring door continue geluidsbronnen in de verschillende projectfasen wordt de (gecumuleerde) 24-uursgemiddelde geluidscontour gebruikt. De geluidscontouren zijn op 1,5 meter en op 0,3 meter hoogte berekend. Voor op het wad levende soorten is vooral de 0,3 meter hoogte relevant, omdat dit op een vergelijkbare hoogte is als de lichaamsgrootte van op het wad aanwezige vogels en zeehonden. Uit de berekeningen blijkt dat buitendijks echter nauwelijks verschil is tussen de geluidbelastingen op 0,3 en 1,5 meter hoogte. Hier is dan ook geen onderscheid in gemaakt. Alle resultaten van geluidsberekeningen zijn in de vorm van contourkaarten opgenomen in Bijlage A.

Afhankelijk van de soort en het gedrag van de soort gelden de volgende drempelwaarden voor verstoring (Reijnen & Foppen, 1991[10]), buiten deze grenzen is verstoring uitgesloten:
- Broedvogels (van open gebied): 47 dB(A) op 30 cm hoogte.
- Foeragerende vogels: 51 dB(A) op 30 cm hoogte.
- Rustende zeehonden: 45 dB(A) op 30 cm hoogte.

Voor verstoring door impulsgeluiden, zoals die worden veroorzaakt door heiwerkzaamheden in de voorbereidingsfase, gelden andere drempelwaarden vergeleken met continue bronnen, omdat de aard van de geluidsbelasting ander is (hoge, maar korte pieken). Hiervoor is de LAmax berekend. Over de gevoeligheid van dieren voor impulsgeluiden is niet veel literatuur beschikbaar. In twee, al wat oudere, studies zijn de effecten van knalgeluiden onderzocht:
- Effecten van schietoefeningen vanaf Fort Erfprins op natuurwaarden in het zeegat van Texel. (Smit et al, 2007).
- Vuurwerk en Natuur, effecten van evenementenvuurwerk op beschermde natuurwaarden in Zeeland (Van Apeldoorn & Smit, 2006).

Beide rapporten geven een inschatting van de effecten van knalgeluid (schietoefeningen resp. vuurwerk) op onder meer vogels. Daarbij wordt een vrij breed overzicht gegeven van de op dit punt beschikbare literatuur.

Als eerste wordt geconstateerd dat er geen onderzoek bekend is waaruit algemene drempelwaarden of andere algemeen geldende vuistregels voor de effecten van knalgeluid kunnen worden afgeleid. De meeste studies geven afstanden vanaf de bron aan tot waarop effecten (uitgedrukt in opvliegen, over de grond verplaatsen, onrust) merkbaar zijn. Zelden worden daarbij bronniveaus of geluidsniveaus genoemd op de locatie waar het effect wordt waargenomen. Doordat deze gegevens ontbreken kunnen moeilijk drempelwaarden of vuistregels worden opgesteld. Opvallend is dat auteurs van beide rapporten geen bindende uitspraken durven doen over de effecten van de onderzochte schietoefeningen en vuurwerkevenementen bij gebrek aan voldoende gegevens.

Over de specifieke effecten van impulsgeluid als gevolg van heien op (water)vogels is eveneens zeer weinig bekend, wat het trekken van wetenschappelijk onderbouwde conclusies over de effecten van heien bemoeilijkt. Onderzoek in Engeland wees uit dat er weinig reactie van vogels was op geluid van heien met geluidvolumes tot 84 dB(A) (Institute of Estuarine & Coastal Studies, 2009). De situaties waar wel verstoring optrad waren gecorreleerd met visuele verstoring door aanwezigheid van mensen (Institute of Estuarine & Coastal Studies, 2009). Omdat de werkzaamheden achter de dijk van de Waddenzee plaatsvinden, treedt een dergelijke visuele verstoring voor de vogels in de Waddenzee niet op. Verder moet bedacht worden dat de heiwerkzaamheden voor de gaswinning Ternaard slechts van korte duur zijn (tien tot vijftien dagen), waardoor geen sprake is van een permanent effect of een effect dat een heel seizoen duurt. Na afronding is het gebied in de omgeving weer geschikt voor vestiging.

Uit bovengenoemde onderzoeken worden de volgende algemene conclusies getrokken, die van toepassing zijn op het beoordelen van de effecten van heien op de productielocatie:
- Een drempelwaarde van 60 dB(A) lijkt een reële waarde voor de worst-case situatie (uit onderzoek blijkt geen effect bij meer dan 60, wel effect bij 100 dB(A)). Aangenomen wordt dat bij knalgeluiden van meer dan 60 dB(A) een reactie bij foeragerende, rustende en broedende vogels waargenomen zal worden.
- Bij herhaald terugkerende drempeloverschrijdende knallen kan langdurige of min of meer permanente mijding van het verstoorde gebied optreden. Bij welke frequentie dit optreedt, valt niet met zekerheid te zeggen; een expert-judgement is dat bij wekelijks optredende drempeloverschrijdende knallen er langdurige mijding van 1 à 2 dagen door een deel van de foeragerende en rustende vogels op zal treden.

[10] Dit onderzoek geldt specifiek voor autoverkeer op snelwegen, waarin een correlatief verband is aangetroffen (hoe meer geluid, hoe minder vogels). Bij industrie gaat het om bronnen die niet bewegen. Mogelijk leidt dit tot meer gewenning (Broekmeyer et al, 2005).

Bij meer frequente drempeloverschrijdende knallen wordt min of meer permanente mijding door een deel van de rustende en foeragerende vogels verwacht. Nestverlating van broedende vogels wordt eveneens verwacht.

Effectbereik
Voor het MER ten behoeve van de gaswinning Ternaard is een modelberekening gedaan voor locatiealternatief L1 (bestaande productielocatie tegen de kern aan). Omdat de gekozen productielocatie (L2) op een vergelijkbare afstand tot aan de Waddenzee ligt, gelden dezelfde afstanden qua reikwijdte en verwacht effect eveneens voor onderhavige effectbeoordeling.

Uit deze geluidberekeningen van de verschillende fases blijkt dat de 45 $dB(A)_{24eq}$-contour van de aanleg van zowel de productielocatie als de transportleiding tot maximaal 150 meter reikt vanaf de bron (Bijlage A). De 45 $dB(A)_{24eq}$-contour van de boring (ook onderdeel van aanleg) reikt tot circa 300 meter vanaf de bron.

De LA_{max} 60 dB(A)-contour van de heiwerkzaamheden ligt op circa 700 meter van de bron, tegen de Waddenzeedijk aan, maar reikt niet over de kwelders of het wad (Bijlage A). Tevens liggen ter hoogte van Ternaard binnendijks geen belangrijke hoogwatervluchtplaatsen (Ministerie van I&M, 2016a).

Gesteld kan worden dat drempelwaarden van geluidsverstoring nergens reiken tot in Natura 2000-gebieden. Van negatieve effecten op de instandhoudingsdoelen van het Natura 2000-gebied Waddenzee is dan ook geen sprake. Een verdere effectbepaling en -beoordeling van geluidsverstoring is daarom niet aan de orde.

Licht
Bij de effecten van licht moet onderscheid worden gemaakt tussen gevolgen voor de verlichtingssterkte (de mate waarin een gebied minder donker wordt) en de zichtbaarheid van het licht (lichtsterkte). De afstand waarop een lichtbron gezien wordt is vele malen groter dan de afstand waarop een lichtbron nog bijdraagt aan de mate van verlichting van een gebied. Vooral de verlichtingssterkte is relevant voor natuur, omdat deze kan leiden tot fysiologische en gedragsveranderingen bij dieren. Voor de verlichtingssterkte geldt dat negatieve effecten niet uitgesloten kunnen worden boven de drempelwaarde van 0,1 lux (Molenaar, 2003).

De 0,1 lux-grens van zowel de aanlegwerkzaamheden van de productielocatie als van de transportleiding naar Moddergat ligt op circa 115 meter vanaf de grens van de werklocaties. Dit is inclusief het lichteffect van affakkelen. Overigens is de verwachting dat werkzaamheden voor de transportleiding alleen overdag plaats vinden, zodat dit geen verstoring door licht zal veroorzaken. De verlichtingsgrens van 0,1 lux reikt niet tot in een Natura 2000-gebied. Ook zijn binnen de contour geen belangrijke hoogwatervluchtplaatsen aanwezig (Wiersma en Van Dijk, 2009; Ministerie van I&M, 2016a). Omdat de aanlegwerkzaamheden achter de zeedijk plaatsvinden, is de zichtbaarheid van de verlichting vanaf de Waddenzee beperkt.

De drempelwaarden voor lichtverstoring (0,1 lux) reikt niet tot in Natura 2000-gebieden. Van negatieve effecten op de instandhoudingsdoelen van Natura 2000-gebieden of de gunstige staat van instandhouding is hierdoor geen sprake. Een nadere effectbepaling en -beoordeling van licht is dan ook niet aan de orde.

Visuele verstoring
Een toename van visuele verstoring kan optreden door de plaatsing van de boorinstallatie of verkeersbewegingen bij de aanleg van de transportleiding. Voor het bepalen van de reikwijdte wordt uitgegaan van een bij eerdere onderzoeken vastgestelde maximale verstoringsafstand bij een soort(groep). Van boorinstallaties zijn geen specifieke gegevens bekend. Van hoogspanningsmasten wordt voor veel vogelsoorten uitgegaan van 150 meter en voor kritische soorten van open gebieden (weidevogels) wordt een afstand van 200-300 meter aangehouden (Ballasus & Sossinka, 1996, Steinborn et al., 2011 en Voslamber & Liefting, 2011). Daarnaast kan verstoring optreden als gevolg van de bewegingen van mensen. In Krijgsveld et al (2008) wordt voor soorten van open gebieden (ganzen en steltlopers) afstanden tot 300 meter genoemd. Als maximale afstand wordt hier 300 meter aangehouden, gezien dat de soorten die in de periferie van het gebied bij Ternaard aanwezig zijn en die aangewezen zijn voor het Natura 2000-gebied Waddenzee vooral soorten van open gebied zijn.

De locatie ligt op circa 750 meter afstand van de Waddenzee. Van visuele verstoring van aangewezen waarden van de Waddenzee kan hierdoor geen sprake zijn. Dit geldt ook voor de transportleiding, het tracé ligt op minimaal 800 meter afstand van de Waddenzee. Ten opzichte van de Waddenzee vinden de werkzaamheden bovendien achter de Zeedijk plaats, waardoor van verstoring door beweging of

aanwezigheid van mensen en materieel niet optreedt. Ook zijn binnen de contour geen belangrijke hoogwatervluchtplaatsen aanwezig (Wiersma en Van Dijk, 2009; Ministerie van I&M, 2016a).

Gesteld wordt dat visuele verstoring niet kan optreden omdat de werkzaamheden buiten de verstoringsafstand plaatsvinden en tussen de projectlocatie en de Waddenzee een hoge zeedijk ligt die het zicht ontneemt. Van negatieve effecten op instandhoudingsdoelen van Natura 2000-gebieden is hierdoor geen sprake. Een nadere effectbepaling en -beoordeling van visuele verstoring is dan ook niet aan de orde.

6.2.3 Verandering populatiedynamiek (sterfte) tijdens aanleg

Effectomschrijving
Een verandering van de populatiedynamiek[11] is geen op zichzelf staand effect. De veranderingen in populatiedynamiek hangen samen met invloeden van de voorgenomen activiteit op het sterftecijfer of de mortaliteit van soorten. Wanneer de mortaliteit onder dieren groot is als gevolg van deze invloeden, dan heeft dit mogelijk een effect op de omvang van de populatie. De norm die gebruikt wordt om de significantie van dit effect te beoordelen is de 1%-mortaliteitsnorm.

Wanneer sterfte als gevolg van de plannen hoger is dan 1% van de autonome sterfte binnen de populatie, zijn significante effecten op de populatie niet zonder meer uit te sluiten. Zie voor een meer uitgebreide uitleg van de 1%-mortaliteitsnorm Kader 1.

Bij de gaswinning in Ternaard zou door het affakkelen in de aanlegfase sterfte kunnen optreden onder vogels en dit zou door kunnen werken in veranderingen in de populatiedynamiek van soorten. In de gebruiksfase wordt niet afgefakkeld en treden geen effecten op via veranderingen in de populatiedynamiek. De locatie en de fakkel liggen buiten het Natura 2000-gebied Waddenzee ligt. Slachtoffers onder vogels kunnen ook soorten betreffen met een instandhoudingdoel in de Waddenzee.

Kader 1 De 1%-mortaliteitsnorm

De 1%-norm voor additionele sterfte (1%-mortaliteitsnorm) is een door de Raad van State geaccepteerde toetsingsnorm voor het beoordelen van sterfte onder vogels door windturbines. Per vogelsoort wordt de gemiddelde jaarlijkse sterfte bepaald voor het betreffende gebied:

1% mortaliteitsnorm = jaarlijkse sterfte in Natura 2000-gebied x draagkracht Natura 2000-gebied x 0,01

De jaarlijkse sterfte is gebaseerd op de soortspecifieke data op www.bto.org met betrekking tot de jaarlijkse overleving. Indien er als gevolg van de activiteit minder dan 1% van de autonome sterfte optreedt, wordt niet gesproken over een significant negatief effect. Wanneer wel een overschrijding plaatsvindt, dan kan een nadere analyse noodzakelijk zijn om de relatie nader te onderzoeken.

Deze “1%-mortaliteitsnorm” wordt algemeen in Nederland toegepast om de significantie van een ingreep die sterfte tot gevolg heeft te bepalen. In de “Leidraad bepaling significantie” van het Steunpunt Natura 2000 (2010) wordt deze norm ook genoemd als een bruikbaar instrument om de significantie van een ingreep te bepalen. De 1%-mortaliteitsnorm is ontwikkeld door het ORNIS-comité (een groep vogel-experts die door de Europese Commissie als gezaghebbend wordt gezien) en is in verschillende gevallen door de Afdeling Bestuursrechtspraak van de Raad van State als zodanig erkend, zie bijvoorbeeld de uitspraak van 1 april 2009 (zaaknummer ECLI:NL:RVS:2009:BH9250), een zaak die specifiek op sterfte veroorzaakt door windturbines betrekking had.

Effectbereik
De duur van het affakkelen hangt sterk af van hoe de clean-up aan het einde van de aanlegfase verloopt. In de beoordeling is uitgegaan van een standaard affakkelperiode bij een test van drie maal 8 uur verdeeld over 36 uur en éénmaal 24 uur continu.

[11] De storende factor verandering in populatiedynamiek treedt op indien er een direct effect is van een activiteit op de populatie-opbouw en/of populatiegrootte. Er wordt hier vooral gedoeld op de situatie wanneer sprake is van sterfte van individuen.

Het exacte moment van ontbranden van de fakkel is vooraf niet goed te voorspellen; de vlam ontstaat vrij plotseling. Hierdoor bestaat een zeer kleine kans dat één of enkele vogels tijdens het affakkelen in de vlam terecht komen en sterven. Wanneer er eenmaal sprake is van een vlam, vormt deze geen risico meer voor vogels. In tegenstelling tot effecten bij een boorplatform op zee, is uitputting van vogels die 's nachts door het licht van de vlam worden aangetrokken en rond blijven zwermen, bij een productielocatie op land geen knelpunt omdat in de omgeving voldoende land-, rust- en foerageerplekken beschikbaar zijn. Dit betekent dat er slechts enkele malen kortstondig een risico is, namelijk op het moment van ontstaan van de vlam bij het affakkelen.

Wanneer rekening wordt gehouden met het aantal keer affakkelen en de locatie ten opzichte van de Waddenzee, is de kans dat een vogel sterft in de vlam nihil. Het aantal potentiële slachtoffers is dusdanig klein, dat dit als niet meetbaar beschouwd wordt. Het inzetten van bijvoorbeeld een vogelwachter biedt door de zeer korte tijd dat slachtoffers kunnen vallen geen meerwaarde en is niet nodig.

Van de vogelsoorten die in de Waddenzee leven, lopen vooral soorten die ook gebruik maken van het binnendijkse gebied risico op dit incidenteel effect. Dit zijn vooral de soorten die in de Waddenzee broeden of rusten en in het binnenland foerageren. Van de broedvogels zijn dit bruine kiekendief en velduil, van de niet-broedvogels vooral plantenetende soorten als diverse soorten ganzen, kleine zwaan en smient. De broedvogels komen in de omgeving van Ternaard in zeer lage dichtheden voor, het risico op een incident met de fakkel is voor deze soorten nihil. Ganzen, zwanen en eenden (smienten) die in het binnenland foerageren vliegen in groepen. Het risico op een incident bij het ontsteken van de fakkel is voor deze groepen iets groter.

De combinatie van het beperkt aantal malen dat gefakkeld wordt, de lage dichtheid van langs vliegende vogels en het lage aantal van eventuele slachtoffers maakt het risico op overschrijden van de 1%-mortaliteitsnorm voor één van de betrokken soorten verwaarloosbaar klein.

Op voorhand kan gesteld worden dat de 1%-mortaliteitsnorm van geen enkele soort overschreden zal worden door een incidenteel en individueel sterfgeval. Van negatieve effecten op de instandhoudingsdoelen van het Natura 2000-gebied Waddenzee, of de gunstige staat van instandhouding is dan ook geen sprake. Een bepaling en beoordeling van de effecten van sterfte door affakkelen is daarom niet nodig.

6.2.4 Verzuring en vermesting

Verzuring en vermesting als gevolg van stikstofdepositie zijn hoofdzakelijk relevant in de aanlegfase (inclusief proefboring) en de fase van afbouw. In de gebruiksfase zal nauwelijks sprake zijn van relevante emissie van stikstof, omdat deze alleen tijdens onderhoud in beperkte mate op zal treden. De omvang van de emissie in de aanlegfase is bekend en de depositie die dit veroorzaakt is bekend. Depositie tijdens onderhoud en ten gevolge van de afbouw na beëindiging van de gaswinning kunnen nu nog niet bepaald worden omdat deze pas in de (verre) toekomst plaats zullen vinden. Op basis van de aard van de werkzaamheden en het feit dat het te gebruiken materieel in de toekomst zeker emissie-armer zal zijn dan vandaag de dag, is het wel zeker dat de emissies bij onderhoud en afbouw lager zullen zijn dan in de aanlegfase. Dat betekent dat wanneer wordt geconcludeerd dat de depositie in de aanlegfase niet zal leiden tot significante gevolgen, deze conclusie zeker ook zal gelden voor het toekomstig onderhoud en de afbouwfase. Om die reden is in deze beoordeling alleen ingegaan op de effecten tijdens de aanleg.

Verzuring van bodem of water is een gevolg van depositie ten gevolge van de uitstoot (emissie) van vervuilende gassen door bijvoorbeeld industrie en verkeer. De uitstoot bevat onder andere zwaveldioxide (SO_2), stikstofoxide (NO_x), ammoniak (NH_3) en vluchtige organische stoffen (VOS). Deze stoffen komen via lucht of water in de grond terecht en leiden tot het zuurder worden van het biotische milieu. Vermesting is de letterlijke verrijking van ecosystemen met name met stikstof en fosfaat. Het kan gaan om aanvoer door de lucht (droge en natte neerslag van ammoniak en stikstofoxiden) of nitraat- en fosfaataanvoer door het oppervlakte- of grondwater. De effecten van beide zijn niet altijd te scheiden, omdat een deel van de verzurende stoffen ook vermestend werkt (aanvoer van stikstof). Vermesting en verzuring kan zowel effect hebben op habitattypen als op het leefgebied van habitatrichtlijnsoorten.

Emissies zijn alleen aan de orde gedurende de aanlegfase, tijdens de winningsfase is geen sprake van relevante emissies en depositie. De aanlegfase kan verdeeld worden over de productielocatie en het transportleidingtracé en bestaat hoofdzakelijk uit bouwverkeer en -machines.

Ten behoeve van het onderdeel verzuring en vermesting als gevolg van stikstofdepositie, is de depositie als gevolg van de aanlegwerkzaamheden onderzocht door de stikstofemissies te berekenen. De berekeningen zijn uitgevoerd met het hiervoor ontwikkelde model AERIUS, versie 2020. De effecten van stikstof worden beoordeeld voor de stikstofgevoelige natuurwaarden (habitattypen en leefgebieden van soorten) binnen Natura 2000-gebieden.

Uit de AERIUS-berekening (zie voor een beschrijving van de uitgangspunten Bijlage B, zie ook Figuur 6-1) blijkt dat het gebied met een toename van stikstofdepositie reikt tot in de Natura 2000-gebieden Waddenzee, Duinen Schiermonnikoog, Noordzeekustzone, Duinen Ameland en Groote Wielen. Voor deze gebieden wordt dan ook onderzocht wat de mogelijkheden zijn om deze depositie te mitigeren of salderen en beoordeeld of de resterende stikstofdepositie leidt tot negatieve effecten op de instandhoudingsdoelen van dit Natura 2000-gebied. De resterende depositie treedt tijdelijk op en is zeer laag. Onderstaande tabel en afbeelding tonen de depositie op de genoemde gebieden. De mogelijkheden voor mitigatie en saldering zijn beschreven in hoofdstuk 8. De in onderstaande tabel en figuur getoonde depositie is de ongesaldeerde depositie zoals die worst case op zal treden bij uitvoering van de boring en de aanleg van de transportleiding.

Tabel 6-2 Tijdelijke depositie (maximaal en op overbelaste delen Natura 2000-gebieden; Depositie in mol N/ha).

Natura 2000-gebied	Maximale depositie [mol N/ha]	Depositie op overbelast gebied [mol N/ha]
Waddenzee	0,24	0,10
Duinen Schiermonnikoog	0,03	0,03
Noordzeekustzone	0,02	0,02
Duinen Ameland	0,01	0,01
Groote Wielen	0,01	0,00

Figuur 6-2 Depositie N (mol/ha) op stikstofgevoelige habitats in de omliggende Natura 2000-gebieden. De depositie op het Natura 2000-gebied Groote Wielen betreft één hexagoon, omwille van de zichtbaarheid is het betreffende haxagoon omcirkeld.

6.2.5 Verdroging en vernatting tijdens aanleg

Verdroging kan optreden wanneer voor de bouw tijdelijke bronbemaling toegepast wordt. Daarnaast kan de aanwezigheid van objecten onder de grond van invloed zijn op de freatische grondwaterstromingen en grondwaterstanden.

De gevolgen voor de waterbeweging in buitendijks gelegen gebieden (Waddenzee: kwelders en platen) door veranderingen in de (hydro)morfologie als gevolg van bodemdaling, zijn beschreven onder in paragraaf 6.2.6 Bodemdaling. Tijdens de gaswinning kan de bodemdaling binnendijks leiden tot verdroging of vernatting. Onder het vasteland van Friesland, buiten het Natura 2000-gebied Waddenzee, kan een bodemdaling optreden van maximaal enkele centimeters. Deze daling valt binnen de marge van het te hanteren waterpeil in de polders, waardoor geen peilwijziging uitgevoerd zal worden. Per saldo is door de bodemdaling sprake van vernatting. Voor eventueel aanwezige vogels die gebruik maken van de polder als hoogwatervluchtplaats kan de vernatting een positief effect hebben doordat meer plas-drasomstandigheden ontstaan en de voedselbeschikbaarheid verbetert. Doordat het gebruik van de percelen, als gevolg van het plan, echter niet wijzigt en dit hoofdzakelijk agrarisch is, zal van een daadwerkelijke kwaliteitsverbetering niet snel sprake zijn. Omdat verdroging en vernatting tijdens de winning niet leidt negatieve effecten op de instandhoudingsdoelen van het Natura 2000-gebied Waddenzee, of de gunstige staat van instandhouding, wordt deze verstoring tijdens de winning niet nader beoordeeld.

Voor de realisatie van de productielocatie en het aanleggen van de transportleiding is tijdelijke bemaling nodig. Hierdoor daalt de grondwaterstand lokaal licht in de directe omgeving van de locatie. Als gevolg hiervan ontstaat mogelijk tijdelijk een vochttekort bij grondwaterafhankelijke vegetaties. Daarnaast treden er veranderingen op doordat de aard en de beschikbaarheid van voedingsstoffen veranderen. Doordat de doorluchting van de bodem toeneemt, wordt meer organisch materiaal afgebroken. Op deze manier kan verdroging tevens tot vermesting leiden. Bij vernatting is er sprake van hogere grondwaterstanden en/of kwel

door menselijk toedoen (dit kan ook door het dalen van de bodem). Door verdroging en vernatting kan een gebied ongeschikt worden voor planten en dieren en zo leiden tot veranderingen in de soortensamenstelling en uiteindelijk in het aanwezige habitat (Broekmeyer et al., 2005). Binnendijks heeft de tijdelijke bemaling alleen een potentieel effect op lokaal aanwezige flora en fauna. Omdat het voor de productielocatie en het transportleidingtracé hoofdzakelijk intensief agrarisch in gebruik zijnde percelen betreft, komen beschermde soorten die afhankelijk zijn van natte omstandigheden hier niet voor.

Wijzigingen in grondwaterstand beperken zich tot het (grondwater van het) binnendijkse gebied. Dit betreft gebied dat niet als Natura 2000-gebied begrensd is. Gezien de afstand van de locatie en het transportleidingtracé tot aan het Natura 2000-gebied Waddenzee zijn effecten als gevolg van deze tijdelijke daling uit te sluiten. Van negatieve effecten, als gevolg van verdroging of vernatting, op natuurlijke kenmerken van Natura 2000-gebieden is hierdoor geen sprake. Een nadere effectbepaling en -beoordeling van verdroging en vernatting is dan ook niet aan de orde.

6.2.6 Bodemdaling tijdens winning

De gaswinning leidt tot een daling van de diepe ondergrond. In hoofdstuk 3 is beschreven hoe deze bodemdaling van de diepe ondergrond doorwerkt op de ligging van de wadbodem en de kwelders. Van het winningsscenario zijn bodemdalingscontouren berekend (Figuur 3-10 en Figuur 6-1). De verschillende bodemdalingsschotels uit het winningsplan zijn gebruikt voor de ruimtelijke afbakening van de effecten. Hieruit blijkt dat binnen het Natura 2000-gebied Waddenzee een daling op zal treden. Bij de verschillende bodemdalingsschotels uit het winningsplan ligt de noordelijke grens van de verwachte bodemdaling ten zuiden van het eiland Ameland, ook bij de meest noordelijk gelegen bodemdalingsschotel. Het grootste deel van de bodemdaling die in de loop van de tijd optreedt in de diepe ondergrond, ligt onder het kombergingsgebied van het Pinkegat. Een klein deel ligt onder het kombergingsgebied van het Borndiep. Daarmee is de reikwijdte van de bodemdaling in de Waddenzee de kombergingsgebieden Pinkegat en Borndiep. De kombergingsgebieden strekken zich uit vanaf de Friese vastelandsdijk tot aan de Waddenzeedijk op Ameland en omvatten de droogvallende platen en de getijdegeulen.

De beide kombergingsgebieden omvatten ook de kwelders, maar deze maken niet allemaal deel uit van het studiegebied. Van de kwelders binnen de twee kombergingsgebieden maken alleen de kwelders waaronder bodemdaling zou kunnen optreden deel uit van het studiegebied. Het studiegebied omvat het kwelderfragment bij ‘Skoar en het kwelderfragment de Kromme Horne bij Wierum (Figuur 3-6). Het studiegebied omvat niet de kwelders ten oosten van de veerdam Ameland en de eilandkwelder van Ameland. Ook de 2 cm contour van de bodemdalingsschotel van meest noordelijk gelegen bodemdalingsschotel uit het Winningsplan (NAM, 2019) ligt ten zuiden van de kwelderrand van het Neerlands Reid en de Hon op Ameland. Wel is bij die bodemdalingsschotel sprake van overlap met het hoge wad aan de oostzijde van de Hon. Dit gebied is dermate hoog dat hier pioniervegetatie kan vestigen. Dit gebied maakt wel onderdeel uit van het studiegebied.

Het functioneren van het ecosysteem in de Waddenzee wordt in sterke mate bepaald door de abiotische condities, zoals de bodemligging, de waterbeweging en de sedimentsamenstelling. Mogelijke effecten door bodemdaling zijn wijzigingen van de bodemsamenstelling (sediment en dichtheid), veranderingen in oppervlak of ligging van droogvallende platen of wijzigingen van oppervlak of samenstelling van kwelders (verlaging, afkalving). Wijzigingen in oppervlak of samenstelling van droogvallende platen kunnen bijvoorbeeld een effect hebben op de beschikbaarheid of bereikbaarheid van voedsel voor steltlopers. Een afname van het kwelderoppervlak kan leiden tot een afname van (potentieel) beschikbaar broedgebied.

Voor de voorliggende Passende beoordeling is als randvoorwaarde gehanteerd dat de gaswinning Ternaard binnen de beschikbare gebruiksruimte van de Waddenzee plaatsvindt, door het toepassen van de HadK-systematiek (zie hoofdstukken 3 en 4). In Hoofdstuk 8 zal worden beoordeeld wat de effecten zijn van bodemdaling op de hydromorfologie van de Waddenzee, met inachtneming van het hanteren van de randvoorwaarde van gaswinning binnen de beschikbare gebruiksruimte.

6.2.7 Extra volume zandsuppleties tijdens winning

Procedureel

In paragraaf 3.3.8 is beschreven hoe de bodemdalingsschotel van de gaswinning na verloop van tijd geheel opgevuld zal worden met sediment uit de kustzone. Dit betekent een extra sedimentverlies voor de kustzone en hiervoor geldt, in het vigerende kustbeleid, dat dit zal worden aangevuld met zandsuppleties. Het zand voor deze suppleties zal buiten de grenzen van het kustfundament gewonnen worden, dat wil zeggen op waterdieptes groter dan -20 m op de Noordzee. De inbedding van het extra volume aan zandsuppleties in de voorliggende Passende beoordeling sluit aan bij de wijze waarop dit bij de gaswinning Moddergat, Lauwersoog en Vierhuizen heeft plaatsgevonden. Rijkswaterstaat is de initiatiefnemer voor alle zandsuppleties aan de Nederlandse kust, omdat deze suppleties worden uitgevoerd vanwege de wettelijke taken in het kader van de Waterwet. Door Rijkswaterstaat wordt, bij zandsuppleties die worden uitgevoerd vanwege de kustlijnzorg in het kader van de Waterwet, een deel van het suppletievolume geoormerkt als extra volume voor de gaswinning Ternaard.

Voor de uitvoering van de zandsuppleties dient aan alle wettelijke vereisten (vergunningen, ontheffingen) te worden voldaan. Vanuit de Wet natuurbescherming dient vastgesteld te worden of de betreffende zandsuppletie kan worden aangemerkt als een activiteit die is vrijgesteld van de vergunningplicht onder specifieke voorwaarden, vanwege het Natura 2000-beheerplan Noordzeekustzone voor de periode 2016-2022 (Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat, 2016b; of een opvolger daarvan). Voor het extra volume van de zandsuppleties voor gaswinning geldt geen vrijstelling onder specifieke voorwaarden op basis van het vigerende Natura 2000-beheerplan Noordzeekustzone. Voor dit extra volume zandsuppletie vanwege gaswinning dient de zekerheid te worden verkregen dat dit de kwaliteit van de natuurlijke habitats of habitats van soorten in het Natura 2000-gebied Noordzeekustzone niet kan verslechteren of een significant verstorend effect kan hebben op de soorten waarvoor dat gebied is aangewezen. Het effect van het benodigde extra volume aan zandsuppletie vanwege de gaswinning Ternaard maakt daarom deel uit van de voorliggende Passende beoordeling.

Het vigerende programma voor de zandsuppleties van Rijkswaterstaat loopt tot en met 2019 en het nieuwe landelijke suppletieprogramma, met een verwachte looptijd van vijf jaar, is nog niet vastgesteld. De bodemdaling door de gaswinning Ternaard en de daarbij behorende zandsuppleties hebben een grotere tijdshorizon, die doorloopt tot tenminste 2050. Op het moment van het opstellen van deze Passende beoordeling is het niet mogelijk om exact vast te stellen wanneer en welk extra volume voor de bodemdaling bij welke zandsuppletie van Rijkswaterstaat zal worden uitgevoerd, omdat de planning van de zandsuppleties door Rijkswaterstaat een tijdshorizon heeft die tot maximaal zes jaar voortuit kijkt. In deze Passende Beoordeling is het daarom niet mogelijk om vast te stellen wanneer (jaar, seizoen), op welke locatie (tussen welke strandpalen op Ameland), wat voor type (strandsuppletie, onderwatersuppletie, buitendeltasuppletie) en met wat voor schip of schepen de suppleties worden uitgevoerd. Het betreft immers een periode van tientallen jaren (zie figuur 6-1). Dit soort informatie over de uitvoering per suppletie is wel nodig voor het vaststellen van de natuureffecten. Rijkswaterstaat stelt elke 3 tot 5 jaar het landelijke meerjarige suppletieprogramma vast, op basis van meetgegevens van de ontwikkeling van de kust. Nadat het volgende landelijke programma is vastgesteld, zal worden gekeken bij welke suppletie(s) het extra zandvolume voor de bodemdaling door de gaswinning Ternaard, wordt toegevoegd. Omdat dan duidelijk is waar en wanneer de uitvoering van de betreffende suppletie(s) is voorzien, kan dan worden vastgesteld wat de effecten zijn van het suppleren van het extra volume zand op de beschermde Natura2000-gebieden. Dit zal worden herhaald na het vaststellen van de opeenvolgende landelijke suppletieprogramma's. Op basis van de frequentie waarmee in het verleden suppleties op Ameland zijn uitgevoerd, wordt verwacht dat iedere drie tot zes jaar sprake zal zijn van een suppletie waar het extra zand aan kan worden toegevoegd. In de voorliggende Passende beoordeling wordt gewerkt met een scenario voor de toekomstige zandsuppleties van Rijkswaterstaat, dat is gebaseerd op de uitvoeringspraktijk van 2001 tot heden. In deze periode heeft de uitvoering van de zandsuppleties plaatsgevonden volgens het vigerende beleid voor de kustlijnzorg.

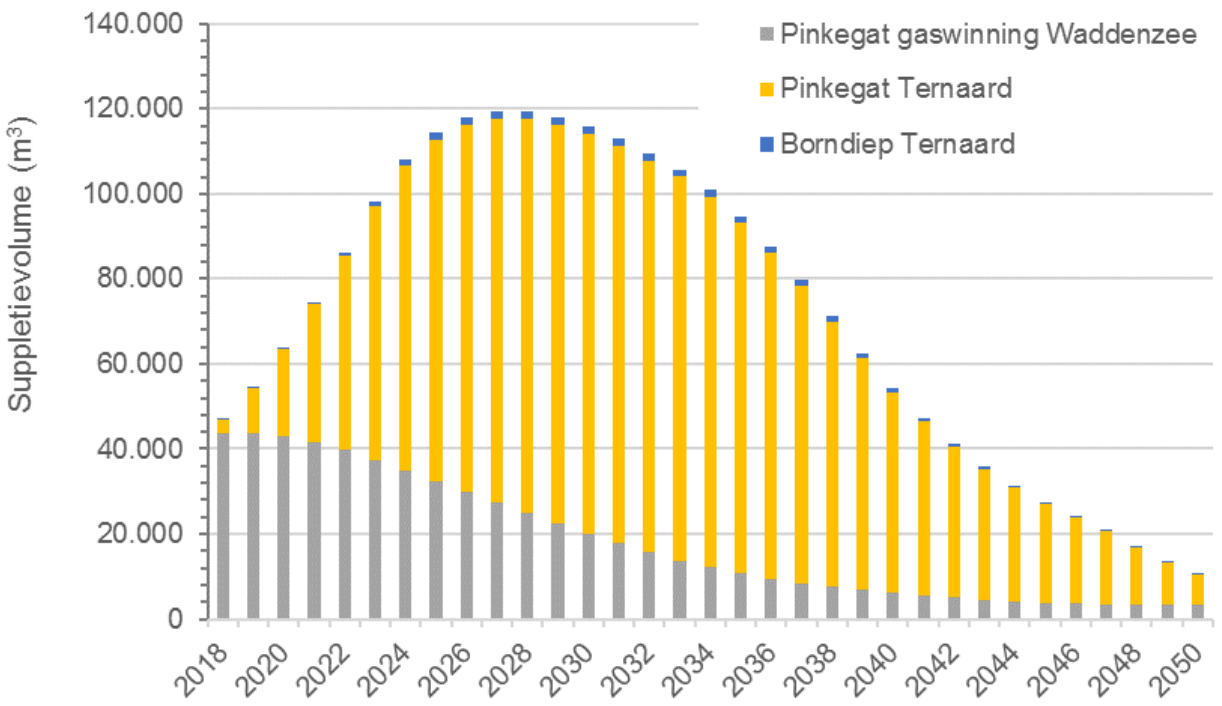
Omvang

De zandsuppleties omvatten het winnen van het zand in de wingebieden op de Noordzee, het transport van zand van de wingebieden naar de suppletielocaties en het aanbrengen van het zand op de vooroever. De ecologische impact van zandsuppleties worden voor een deel bepaald door de bedekking van het bodemleven met zand. De bedekking leidt tot het afsterven van de bodemfauna en dit betekent dat ook alle

dieren die prederen op dit bodemleven de effecten kunnen merken. Andere ecologische effecten van zandsuppleties treden op door de vertroebeling van de waterkolom, de eventuele verandering van de korrelgrootte van het substraat en verstoring door de aanwezigheid van de schepen en het andere materieel voor het uitvoeren van de suppletie.

De omvang van het benodigde extra volume aan zandsuppletie wordt bepaald door de omvang van de bodemdaling door gaswinning. De omvang van deze afname is gelijk aan de omvang van de bodemdaling onder de geulen en platen in de kombergingsgebieden in de Waddenzee, minus de bijdrage die slib aan de sedimentatie in de Waddenzee levert. Conform de Integrale bodemdalingsstudie wordt voor de bijdrage van slib een volumepercentage van 10% aangehouden (Oost et al., 1998). De afname van het zandvolume in de kustzone treedt met enige vertraging op, omdat in eerste instantie zand wordt herverdeeld binnen het kombergingsgebied en wordt geleverd door de twee andere delen van het sedimentdelende systeem, namelijk de geulen en de buitendelta (Oost et al., 1998). Voor de effectbepaling laten we deze vertraging buiten beschouwing en wordt naar het bodemdalingsvolume gekeken, zoals dat optreedt door de voorgenomen gaswinning Ternaard en door de bestaande gaswinning MLV.

Voor het Pinkegat en het Borndiep is de prognose van de bodemdaling gebruikt voor het berekenen van het suppletievolume. Figuur 6-3 toont de berekende suppletievolumes, waarin rekening is gehouden met de bijdrage van slib. De omvang van de zandsuppleties bedraagt ten hoogste 120 x 10^3 m^3/per jaar in het begin van de beschouwde periode. Omdat de bodemdaling afneemt na 2028, neemt het zandsuppletievolume voor de bodemdaling door gaswinning af na die periode. Het totale suppletievolume tot en met 2050 voor de gaswinning Ternaard bedraagt 1,76 x 10^6 m^3.



Figuur 6-3 Het benodigde jaarlijks volume aan zandsuppleties vanwege bodemdaling in de kombergingsgebieden Pinkegat en het Borndiep, volgens het voorgenomen productiescenario Ternaard

Achteruitgang van het zandvolume in de Noordzeekustzone kan onder stormcondities leiden tot aantasting van de kust van Ameland en daarmee van duinen in het Natura 2000-gebied Duinen Ameland. Sinds de start van de gaswinning Ameland is het duinmassief op Oost-Ameland sterk uitgebreid. Dit toont aan dat het reguliere suppletieprogramma voldoende is om duinerosie tegen te gaan. Deze effectketen wordt daarom niet nader beschouwd.

Effecten

De milieueffecten die samenhangen met het winnen, transporteren en suppleren van zand zijn onder te verdelen in vijf thema's:

1. Waterbeweging en morfologie.
2. Waterkwaliteit.
3. (Natuurlijk) sediment-transport.
4. Geluids- en trillingsniveaus, beweging en lichtintensiteit.
5. Vermesting door stikstofdepositie.

In de onderstaande tabel is per onderdeel van het project (zandwinning, zandtransport en zandsuppletie) aangegeven welke onderdelen van de vijf thema's relevant zijn.

Tabel 6-3 Mogelijke effecten zandwinning, -transport en -suppletie

Thema	Impact op	Winning	Transport	Suppletie
1) Waterbeweging en morfologie	Stroomsnelheid	●		●
	Verandering zeebodem	●		●
	Habitats en soorten in het sublitoraal	●		●
2) Waterkwaliteit	Waterkwaliteit	●		
3) Natuurlijk sedimenttransport	Sedimentatie van zand	●		●
	Primaire productie	●		
	Voorjaarsbloei fytoplankton	●		
	Voedselopname schelpdieren	●		
	Soorten en habitats Natura 2000-gebied			●
	Doorzicht	●		
4) Geluid, trilling, beweging en licht	Onderwater geluid	●	●	●
	Bovenwater geluid/optische verstoring	●	●	●
	Lichtemissies	●	●	●
5) Vermesting en verzuring door stikstofdepositie	Vermesting en verzuring	●	●	●

De effecten van de drie verschillende fasen van een zandsuppletie (zandwinning, transport en het suppleren) worden in paragraaf 8.3.3 besproken.

6.3 Samenvatting

Op basis van de voorgaande analyse van mogelijke effecten van het voornemen en de reikwijdte daarvan is vastgesteld welke effecten niet op voorhand zijn uit te sluiten. In Hoofdstuk 8 wordt nader ingegaan op de effecten die kunnen optreden op delen van de Natura 2000-gebieden Waddenzee door stikstofdepositie, bodemdaling en in de Noordzeekustzone door de uitvoering van aanvullende zandsuppleties. Eerst wordt in het volgende hoofdstuk 7 in meer detail ingegaan op de natuurwaarden die aanwezig zijn in de verschillen Natura2000 gebieden. Onderstaande tabel geeft een samenvatting van de onderzoeksopgave.

Tabel 6-4 Onderzoeksopgave: effecten die op voorhand niet uitgesloten kunnen worden

Effect	Natura 2000-gebied Waddenzee	Natura 2000-gebied Noordzeekustzone	Natura 2000-gebied Duinen Ameland	Natura 2000-gebied Duinen Terschelling
Vermesting en verzuring	●	●	●	●
Bodemdaling	●	-	-	
Zandsuppletie	-	●	●	

7 AANWEZIGHEID NATUURWAARDEN

7.1 Inleiding

In dit hoofdstuk worden aanwezige natuurwaarden beschreven in relatie tot de voorgenomen activiteit. Bodemdaling onder de Waddenzee is één van de effecten die wordt beschouwd. Het beschouwen van de gevolgen van de bodemdaling onder de Waddenzee voor de beschermde natuurwaarden in de Waddenzee vereist enige achtergrondkennis over de specifieke morfologische kenmerken in het invloedsgebied en deze in opgenomen in paragraaf 7.2. In paragraaf 7.3 wordt vervolgens stilgestaan bij de beschermde natuurwaarden in de Natura 2000-gebieden Waddenzee en Noordzeekustzone.

7.2 Morfologische kenmerken van het studiegebied

De Waddenzee is een dynamisch gebied, waar de ligging van geulen, platen en kwelders verandert onder invloed van het getij, golven, stormen en biologische processen. De referentiesituatie en de autonome ontwikkeling worden dan ook gezamenlijk beschouwd, waarbij de trendmatige ontwikkelingen en variaties in de afgelopen jaren worden beschouwd.

De belangrijkste sturende factor bij het beschouwen van de autonome ontwikkelingen is de snelheid waarmee de zeespiegel stijgt. In Baart et al. (2015) en Vermeersen et al. (2018) is geconstateerd dat de afgelopen jaren nog geen verandering in de snelheid van zeespiegelstijging is waargenomen in de waterstandstations langs de Nederlandse kust. Dat betekent dat de versnelling van de zeespiegelstijging, waarmee sinds de Integrale bodemdalingsstudie Gaswinning (Oost et al., 1998) rekening mee is gehouden, zich nog niet heeft voorgedaan. In recente prognoses van de zeespiegelstijging wordt rekening gehouden met een versnelde stijging van de zeespiegel (KNMI 2015; Vermeersen et al., 2018). Ook in de voorliggende Passende beoordeling wordt bij de autonome ontwikkeling uitgegaan van een versnelling van de snelheid van zeespiegelstijging volgens het actuele scenario dat wordt gehanteerd bij de Gaswinning Waddenzee (TNO, 2016), zie ook paragraaf 3.3.4.

7.2.1 Grootschalige sedimentatie

In de Waddenzee is sprake van een langjarige trend van doorgaande sedimentatie in de kombergingsgebieden van de Waddenzee. De sedimentatie in de kombergingsgebieden in de Waddenzee is gerapporteerd in Elias et al. (2012), Nederhoff & Smits (2017) en Elias (2019). De sedimentatie vindt plaats onder invloed van een serie abiotische en biotische processen die in paragraaf 3.2 zijn beschreven. Op basis van de kennis van de processen, zoals bijvoorbeeld verwoord in Wang et al., (2018) wordt verwacht dat de langjarige trend van doorgaande sedimentatie nog tenminste enkele decennia zal doorzetten. De sedimentatie in de Waddenzee trend wordt mede-gestuurd door de stijging van de zeespiegel. Voor het Borndiep en het Pinkegat-Friesche zeegat (in de studie worden deze kombergingsgebieden samengenomen) is de waargenomen doorgaande sedimentatie groter dan nodig is voor het bijhouden van de zeespiegelstijging tot nu toe (Elias et al., 2012; Nederhoff & Smits, 2017; Elias, 2019).

Bij een versnelde stijging van de zeespiegel zal de langjarige sedimentatie in de kombergingsgebieden toenemen, zodat de morfologische kenmerken van deze kombergingsgebieden niet zullen veranderen (Oost et al., 1998; Wang et al, 2017; 2018). Het meegroeien met de versneld stijgende zeespiegel zal tenminste doorgaan totdat de snelheid waarmee de zeespiegel groter wordt dan het meegroeivermogen van respectievelijk 5 mm/jaar voor het Borndiep en 6 mm/jaar voor het Pinkegat. Waarschijnlijk zal ook na het overschrijden van deze ondergrenzen van het meegroeivermogen de karakteristiek van de kombergingsgebieden niet veranderen, omdat de grens van het meegroeivermogen op een voorzichtige, conservatieve wijze is bepaald en recente berekeningen beduidend hogere grenzen laten zien (Wang et al., 2017; 2018). Overigens gaat bij het overschrijden van het meegroeivermogen de grootschalige sedimentatie in de Waddenzee door, maar dan is deze niet meer voldoende groot om de droogvallende platen in hun geheel te laten meegroeien met de versneld stijgende zeespiegel. Dit leidt tot een geleidelijk proces waarbij het areaal droogvallende platen afneemt, zodat op een termijn van eeuwen het karakter van de Waddenzee verandert (Van der Spek, 2018).

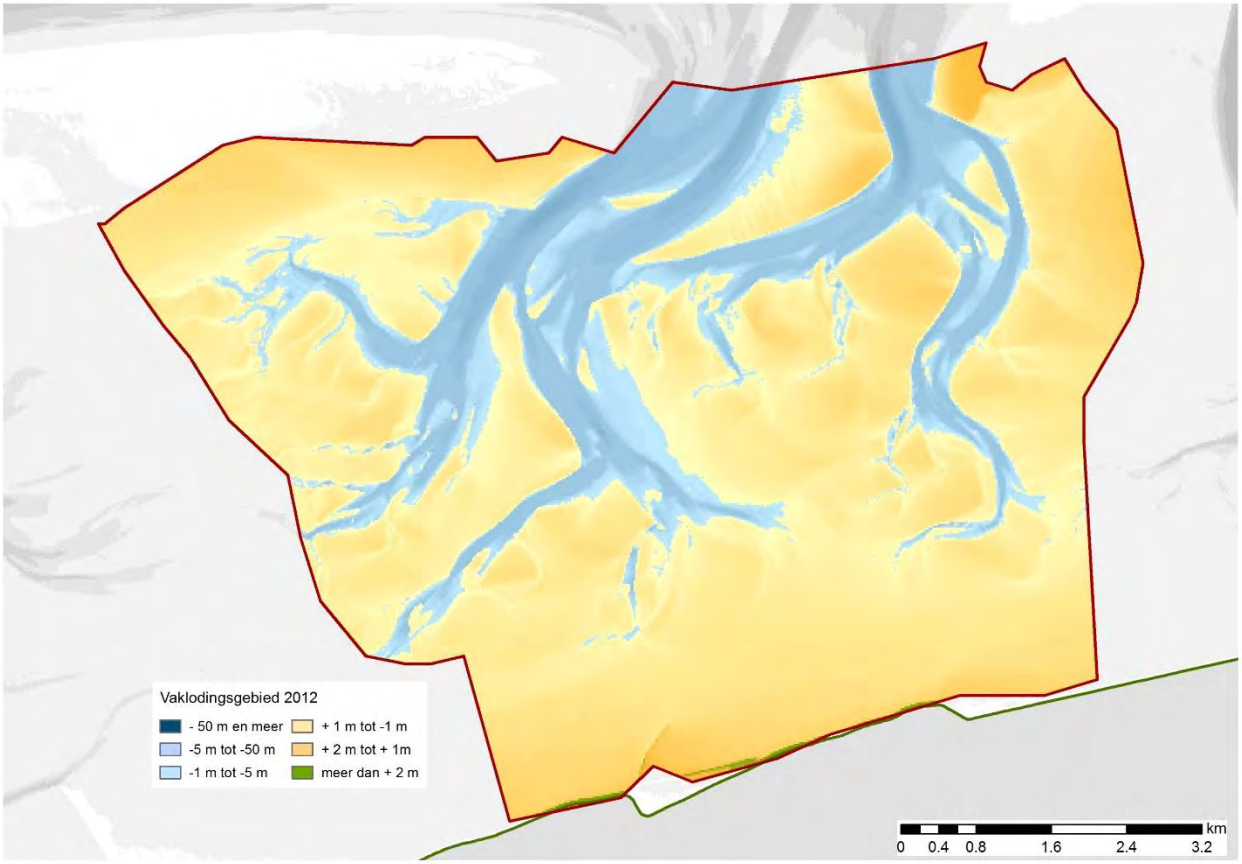
De autonome trend in de kombergingsgebieden is er een van grootschalige sedimentatie. Bij versnelde stijging van de zeespiegel zal de sedimentatiesnelheid verder toenemen.

7.2.2 Plaatareaal, droogvalduur

Het plaatareaal in het studiegebied omvat de droogvallende platen in het Pinkegat en het Borndiep. Het gebied dat is gebruikt voor de analyse is weergegeven in Figuur 7-1. De kwelders vallen buiten de begrenzing van het analysegebied. In Tabel 7-1 zijn de oppervlaktes weergegeven van de geulen bij verschillende laagwaterstanden en de natte oppervlaktes bij de bijbehorende hoogwaterstanden. Het verschil tussen de natte oppervlakte bij hoog- en laagwater is het oppervlakte aan de droogvallende platen en ook deze zijn opgenomen in Tabel 7-1. Bij gemiddelde getij bestaat ongeveer 80% van het kombergingsgebied van het Pinkegat uit droogvallende platen.

Tabel 7-1 Overzicht van de oppervlaktes bij hoogwater- en laagwaterstanden in het Pinkegat (Waterstanden Nes, langjarige gemiddelden 2011, Rijkswaterstaat, 2013)

	Hoogwater-standen (cm)	Natte opper-vlakte bij hoogwater (ha)	Laagwater-standen (cm)	Geulen: Natte oppervlakte bij laagwater (ha)	Droogvallend areaal (ha)
Gemiddeld springtij	119	6.085	-133	1.092	4.993
Gemiddeld tij	106	6.075	-116	1.268	4.807
Gemiddeld doodtij	88	6.062	-94	1.582	4.480
LAT (Lowest Astronomical Tide)			-172	880	

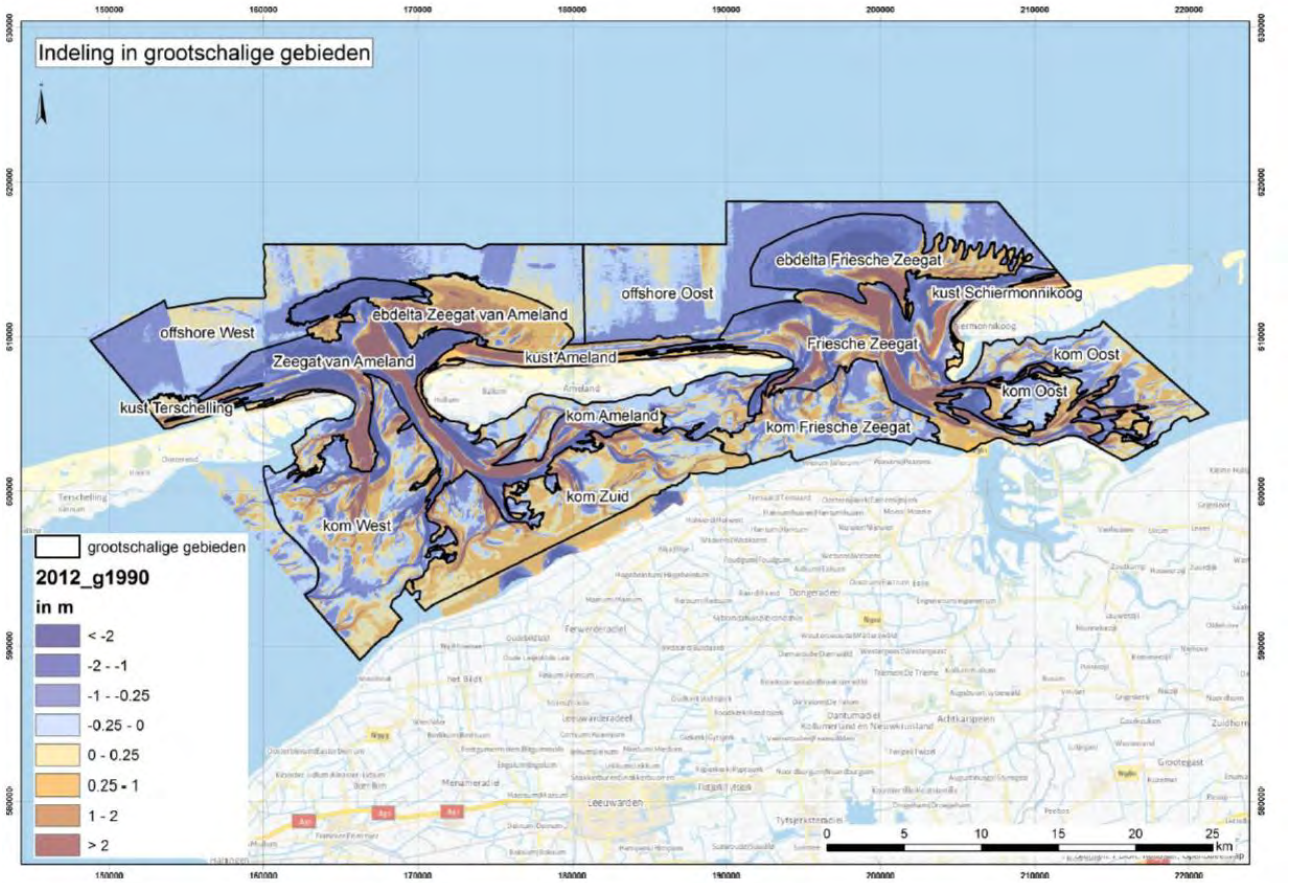


Figuur 7-1 Kaart van het kombergingsgebied Pinkegat, zoals gebruikt voor het bepalen van het oppervlakte aan droogvallende platen in Tabel 7-1

De hoogte van de platen en de diepte van de geulen van elk kombergingsgebied in de Waddenzee worden iedere zes jaar opgemeten in opdracht van Rijkswaterstaat, als onderdeel van de vaklodingen. Uit de vaklodingen wordt het areaal van de droogvallende platen bepaald, zoals hierboven is gedaan. De opeenvolgende vaklodingen maken het mogelijk om de trends in het sedimentvolume te bepalen. De ontwikkelingen van de sedimentvolumes in de Waddenzee, op de buitendelta's, de Noordzee en de eilandkusten rondom Ameland zijn in 2015 bepaald door Tommer en Marges (2015) op basis van alle destijds beschikbare vaklodingen. De gebiedsindeling die door Tommer en Marges (2015) is gehanteerd maakt het mogelijk om de ontwikkeling van de sedimentvolumes op de platen in de kombergingsgebieden te volgen, dit zijn de gebieden die in Figuur 7-2 zijn aangeduid met 'kom'. In Tabel 7-2 zijn de volumeveranderingen voor deze gebieden weergeven.

Tabel 7-2 Volumeveranderingen in deelgebieden, die zijn getoond in Figuur 7-2 (uit Vermaas en Marges, 2015)

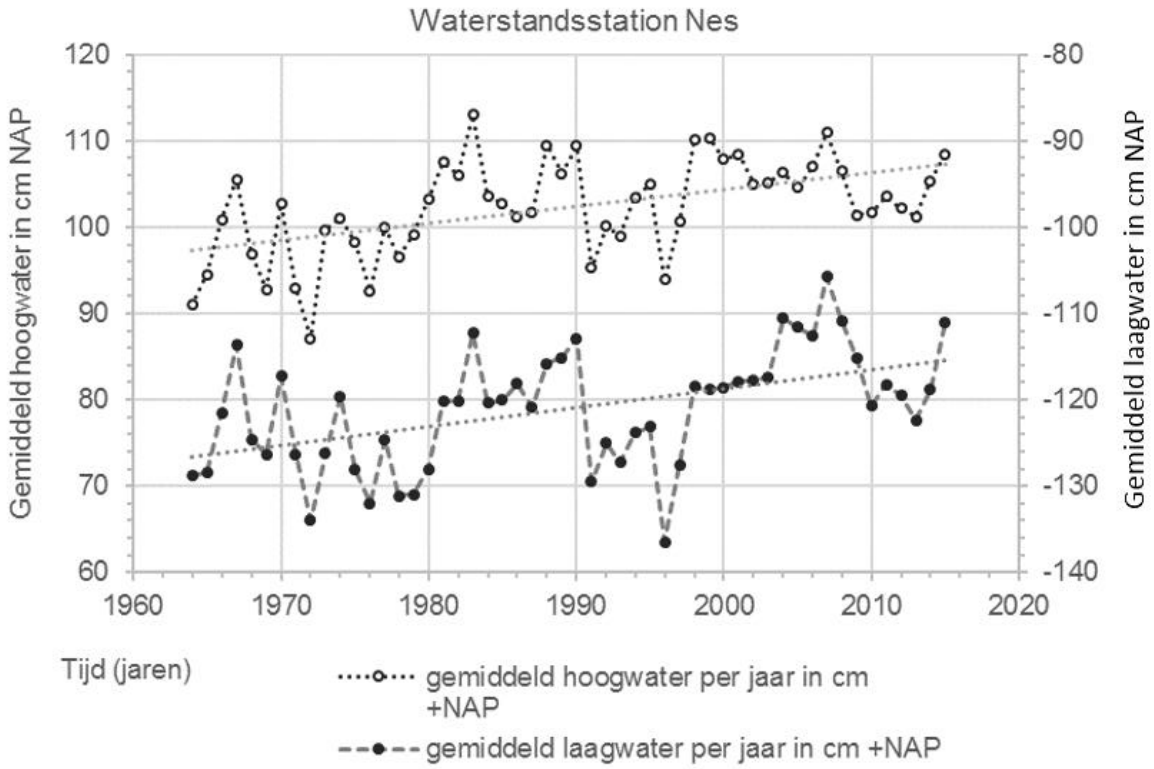
Naam deelgebied	Volumeverandering 1990-2012
Kom West	-11,64 x 10^6 m^3
Kom Zuid	35,77 x 10^6 m^3
Kom Ameland	-4,55 x 10^6 m^3
Kom Friesche Zeegat	-1,98 x 10^6 m^3
Kom Oost	-26,39 x 10^6 m^3



Figuur 7-2 Gebiedsindeling zoals gehanteerd voor de volumebepalingen door Vermaas en Marges (2015), op de verschilkaart 1990-2012 (uit Vermaas en Marges, 2015)

De platen en geulen in de nabijheid van de veerdam bij Holwerd, dat onderdeel is van het Borndiep, hebben in de afgelopen tiental jaren ontwikkelingen doorgemaakt waardoor de natuurlijke omvang van de geul is afgenomen. Een van deze ontwikkelingen is de sedimentatie van het plaatgebied, waardoor het kombergingsvolume is afgenomen. Verder heeft een kleine verschuiving van het wantij plaatsgevonden en heeft het doorlopend Dantziggat een deel van het debiet van de vaargeul overgenomen. Deze autonome veranderingen zijn medeoorzaak van de toename van het baggerbezwaar in de Vaarweg Holwerd-Ameland in de afgelopen 20 jaar (Herman e.a., 2016). Het betekent dat in de directe nabijheid van het gebied waar de bodemdaling door de gaswinning Ternaard plaats zal vinden, in het kombergingsgebied van het Pinkegat substantiële sedimentatie op de wadplaten heeft plaatsgevonden.

De droogvalpercentages op de platen veranderen bij een andere bodemligging van de platen en bij wijzigingen in het getij. Het getij heeft de afgelopen jaren een trendmatige toename laten zien van de niveaus van hoog- en laagwater conform de stijgende zeespiegel. Figuur 7-3 toont de ontwikkeling in de hoog- en laagwaterstanden voor Nes (Ameland), het dichtstbijzijnde waterstandstation met een continue meetreeks. In de grafiek is zichtbaar dat de variaties in de jaargemiddelde hoog- en laagwaterstanden van jaar op jaar centimeters groot zijn. Deze variaties betekenen dat de droogvalpercentages als gevolg van veranderingen in het getij van jaar op jaar verschillen.



Figuur 7-3 Grafiek met de jaargemiddelde hoog- en laagwaterstanden bij Nes (Ameland, gegevens Rijkswaterstaat)

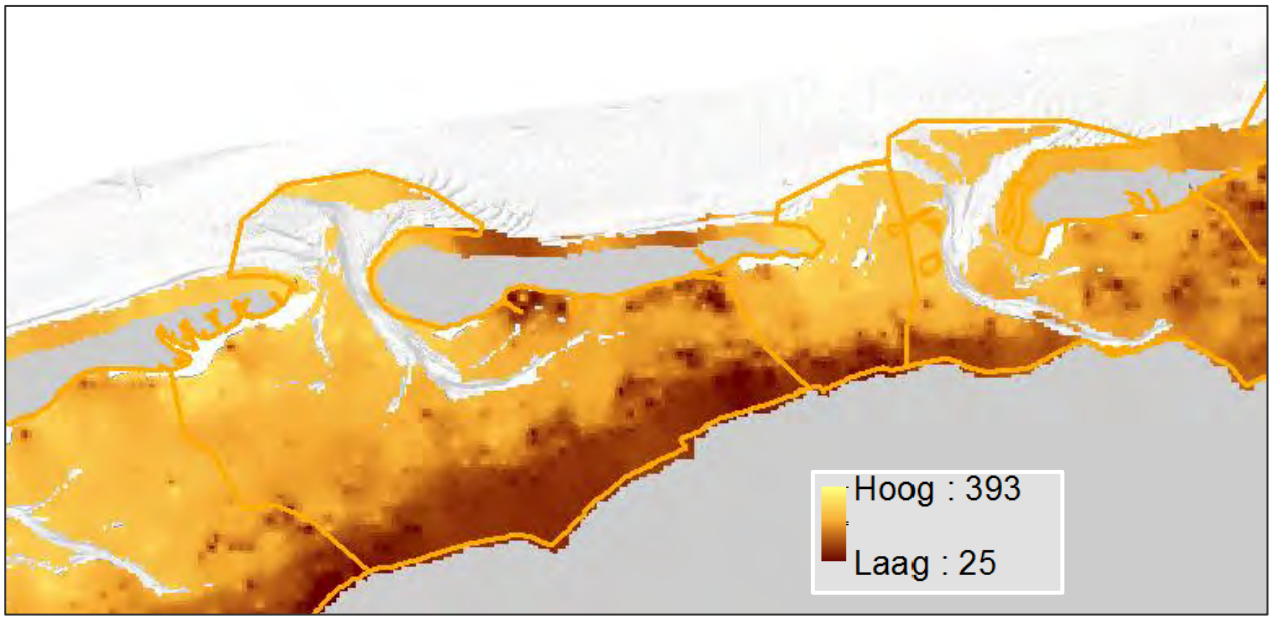
De ontwikkeling van het plaatareaal op de lange termijn is een belangrijk onderdeel van de langjarige ontwikkelingen van de kombergingsgebieden. Wanneer de snelheid van zeespiegelstijging en de bodemdaling het meegroeivermogen niet overschrijden, blijven de kenmerken van de kombergingsgebieden behouden. Voor de platen betekent dit dat de ontwikkelingen in het plaatareaal op dezelfde wijze zullen doorzetten. Daarbij geldt ook de kanttekening dat variatie optreedt in de hoogte en het areaal van de platen onder invloed van de verschillende korte termijn fluctuaties in het getij, wind en golven en de biologische processen en door morfologische veranderingen in de ligging van geulen en platen. De bodemligging in het Pinkegat zal niet structureel veranderen ten opzichte van het referentieniveau van de (stijgende) zeespiegel, zolang de snelheid van zeespiegelstijging onder het meegroeivermogen blijft (Wang et al, 2018). Wel zullen de posities van de geulen en de platen veranderen als gevolg van de autonome dynamiek van de Waddenzee.

7.2.3 Wadvogels en droogvallende platen

De wadplaten die in de Waddenzee droogvallen bij laagwater vormen een beschermd habitattype, net als de geulen en de kwelders, zie hiervoor paragraaf 7.3.1. De wadplaten zijn onder andere van groot belang voor de natuurfunctie van de Waddenzee vanwege hun rol als foerageergebied voor veel beschermde vogelsoorten (het overzicht staat in paragraaf 7.3.1). Tijdens laagwater, als de wadplaten droogvallen, vormen de aanwezige bodemdieren een essentiële voedselbron voor deze vogels. De draagkracht voor de vogels wordt bepaald door het aanwezige voedsel en de bereikbaarheid van dat voedsel (zie voor een recente analyse hiervan in het licht van de gaswinning Waddenzee: Ens et al., 2018). De hoogteligging van de wadplaten is via de droogvalduur (Blomert, 2002) medebepalend voor de bereikbaarheid van het voedsel (Rappoldt & Ens, 2013). In het licht van de effectenbepaling in deze Passende beoordeling is het alleen zinvol om eventuele veranderingen in het areaal en de hoogteligging van de wadplaten te beschouwen als deze meetbaar en merkbaar veranderen als gevolg van de gaswinning Ternaard. In hoofdstuk 8 zal hier nader op worden ingegaan.

7.2.4 Sedimentsamenstelling

De sedimentsamenstelling van de droogvallende platen in het studiegebied is vastgesteld als onderdeel van de SIBES-bemonstering. Op basis van de SIBES-bemonstering 2008-2012 is een kaart gemaakt van de mediane korrelgrootte in de bodem van de wadplaten, waarvan het deel rond de kombergingsgebieden van het Borndiep en het Pinkegat is getoond in Figuur 7-4. In deze kaart komen de donkere kleuren overeen met een kleine mediane korrelgrootte, dit zijn de slibrijke delen van de Waddenzee. De lichte kleuren komen overeen met de gebieden met zand en schelpfragmenten. Slibrijk sediment wordt vooral aangetroffen op de wadplaten voor de vastelandskwelder en op de wadplaten die in de luwte van Ameland liggen.



Figuur 7-4 Uitsnede uit de kaart van de mediane korrelgrootte (diameter in µm) op basis van de SIBES-bemonstering (uit Christianen et al, 2015)

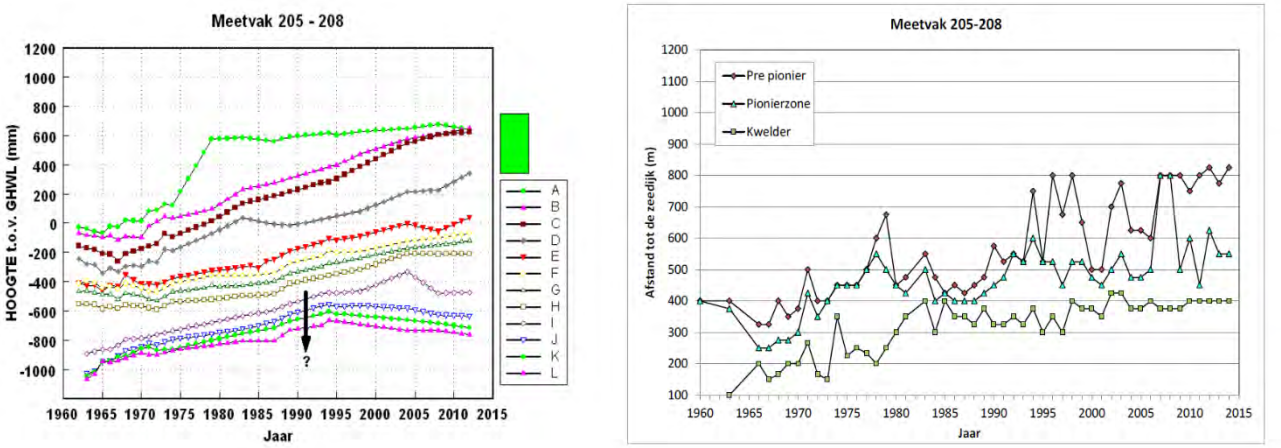
De verschillende biotische en abiotische processen die leiden tot de verdeling van zand en slib in de Waddenzee blijven bij de autonome ontwikkeling hetzelfde. Omdat deze processen en de condities in de kombergingsgebieden vergelijkbaar blijven, verandert de sedimentsamenstelling in de Waddenzee niet. De bodemdaling door de gaswinning Ternaard verandert de processen en condities ook niet, omdat deze niet leidt tot veranderingen van de kenmerken van het kombergingsgebied. Bij een snelheid van zeespiegelstijging die toeneemt tot boven het meegroeivermogen kan langzamerhand de sedimentatie in de Waddenzee achterblijven bij de zeespiegel. Daarmee veranderen gaandeweg de lokale omstandigheden, zoals de waterdiepte op de platen en dat kan betekenen dat ook de lokale sedimentsamenstelling verandert. Dergelijke veranderingen in de sedimentsamenstelling treden alleen op bij snelheden van zeespiegel die zo hoog zijn dat de gaswinning niet meer plaatsvindt, omdat er geen gebruiksruimte meer beschikbaar is.

7.2.5 Kwelders

De kwelders in het studiegebied omvatten de kwelderfragmenten bij ‘t Skoar en de Kromme Horne bij Wierum, aan de vastelandskust en de pioniervegetatie op het hoge wad ten zuiden van het Hon aan de oostpunt van Ameland. De kwelderwerken en kwelders ten oosten van de veerdam Ameland, de Paezummerlannen en de eilandkwelders ’t Hon en Neerlands Reid van Ameland liggen buiten het studiegebied. Over de hoogteontwikkeling van de kwelder Ameland onder invloed van de bodemdaling door de gaswinning Ameland is al een toelichting opgenomen in paragraaf 3.3.10. De bodemdaling door de gaswinning Ternaard heeft geen invloed op de kwelder Ameland.

De hoogteontwikkeling van de vastelandskwelders met kwelderwerken wordt sinds jaar en dag gemeten en hierover wordt frequent gerapporteerd. Duin et al. (2016) is de meest recente rapportage, waarin over deze ontwikkelingen wordt gerapporteerd en hierin is de ontwikkeling opgenomen van de kwelder ten oosten van

de Veerdam (Figuur 7-5). De hoogte van de A-D vakken in de kwelderzone (met begroeiing) is toegenomen vanaf halverwege de jaren ’60. De breedte van de begroeide kwelder is tot rond 2000 toegenomen, met grote fluctuaties. Sindsdien is de breedte min of meer stabiel. Ook in de pionierzone voor de kwelder is de hoogte toegenomen. De breedte van de pionierzone is ten opzichte van eerste metingen toegenomen, waarbij grote fluctuaties zijn opgetreden. De hoogte van de pionierzone is afgenomen sinds het onderhoud aan de buitenste dwarsdam is gestaakt. De breedte van de pre-pionierzone is wel toegenomen, met ook grote fluctuaties.



Figuur 7-5 Ontwikkeling van de vastelandskwelder ten oosten van de veerdam bij Holwerd uit Duin et al (2016). Het groene blokje geeft het hoogteniveau van de kwelderzone weer, de pijl met het vraagteken toont het moment en de locatie van het verlaten van de buitenste dwarsdam. Voor de positie van de meetvakken A tot en met L zie Duin et al (2016)

Sinds 2006 wordt de ontwikkeling van de vastelandskwelder “de Paezumerlannen” gemonitord. Bij deze kwelder vindt bodemdaling plaats door de winning uit het gasveld “Moddergat”. De kwelder Paezummerlannen ligt ten oosten van het studiegebied voor de gaswinning Ternaard en er zal geen extra bodemdaling plaatsvinden door de gaswinning bij Ternaard. De bodemdalingssnelheid van de Pleistocene ondergrond bij de meetlocatie Moddergat bedraagt gemiddeld 3,3 mm per jaar (van Duin et al., 2016b). Uit de monitoringresultaten blijkt dat de opslibbingsnelheid hoog genoeg is om de bodemdaling en zeespiegelstijging bij te houden. Deze kwelder heeft zich de afgelopen jaren in zeewaartse richting uitgebreid. Er zijn dus, zoals voorspeld, geen effecten van bodemdaling door gaswinning in deze vastelandskwelder.

De ontwikkeling van het kleine kweldergebied, of juister de zomerpolder bij ’t Skoar is niet vastgelegd met metingen van de kwelderhoogte en dat geldt ook voor de kwelder de Kromme Horne bij Wierum. Over de kwelder bij Wierum is in Van Duin et al. (2016b) opgemerkt: “Het volledig stoppen met onderhoud aan de dammen kan ervoor zorgen dat de over het algemeen op dit moment juist gewenste jonge stadia verdwijnen en de gerijpte kwelder door kliferosie vervolgens langzaam verdwijnt. De kwelder de Kromme Horne bij Wierum is hier een duidelijk voorbeeld van: de pionierzone is vrijwel geheel verdwenen en er vindt kliferosie plaats”.

Vanwege de verschillende morfologische veranderingen van de vastelandskwelders en de variatie in de randvoorwaarden, met inbegrip van het gebruik en beheer, is het voor de kwelders lastiger dan bij de droogvallende platen om een voorspelling te presenteren van de autonome ontwikkelingen. Om toch een uitspraak te kunnen doen over de autonome ontwikkelingen wordt een aantal aannames gedaan, op basis van expert-judgement en inzichten uit studies en literatuur. De aannames zijn:

- Geen wijzigingen in de overstromingsfrequentie door veranderingen in het niveau van hoogwater.
- Geen veranderingen in de hoogteligging van de voorliggende wadplaten.
- Hogere sedimentatiesnelheden bij toename overspoelingsfrequentie door zeespiegelstijging en bodemdaling.

Voor verschillende kwelders in het studiegebied betekent dit:

't Skoar: Het kwelderareaal is feitelijk een zomerpolder die achter een zomerdijk ligt. Pas als de overstromingsfrequentie van de zomerdijk duidelijk gaat toenemen, zal er sprake zijn van effecten op de zomerpolder. In eerste instantie zal de sedimentatiesnelheid in de zomerpolder toenemen. Bij een versnelde stijging van de zeespiegel wordt daarna een moment bereikt waarop de sedimentatiesnelheid niet meer opweegt tegen de relatieve zeespiegelstijging. Uiteindelijk zal dat leiden tot een afname van de relatieve hoogte van de zomerpolder.

Kwelder bij Wierum. De kliferosie bij de kwelder de Kromme Horne bij Wierum zal verder gaan, zodat het areaal van de kwelder afneemt. Bij een versnelde stijging van de relatieve zeespiegel zal daarbij gaandeweg 'verdrinking' plaatsvinden van de kwelder.

Pionierbegroeing Ameland oost: In het gebied ten zuiden van het eiland Ameland aan de oostpunt van de Hon, waar in de meest noordelijk gelegen bodemdalingsschotel uit winningsplan (NAM, 2019) de contour van 2 cm bodemdaling loopt, is op de hoge wadplaat op verschillende plekken ook pioniervegetatie aanwezig. De hoge wadplaat is onderdeel van het habitattype H1140, terwijl de delen met pioniervegetatie classificeren als zilte pionierbegroeiingen (habitattype H1310). Pioniervegetatie kan zich alleen vestigen als de wadplaten voldoende hoog zijn geworden. De aanwezigheid van het habitattype H1310 is daarmee een indicatie van hoogtetoename van het wad. De toename van de hoogte van de wadplaat in dit gebied met tenminste één decimeter binnen tien jaar is een recente ontwikkeling, die zichtbaar is in de opeenvolgende hoogtemetingen. Deze hoogtetoename heeft plaatsgevonden terwijl daar ondertussen ook bodemdaling heeft plaatsgevonden als gevolg van de gaswinning Ameland. Vastgesteld kan worden dat de sedimentatie ter plaatse voldoende groot is om de lokale bodemdaling te niet te doen en een bodemhoogte toename van tenminste 1 decimeter te realiseren.

Bij een versnelde zeespiegelstijging zal de sedimentatie op de kwelder na verloop van tijd onvoldoende zijn om de stijging bij te houden. De afname van de hoogte van de kwelder zal bij verdere stijging van de zeespiegel doorgaan en uiteindelijk leiden tot een afname van het kwelderareaal. Daar waar erosie van de kwelderrand plaatsvindt, zal deze naar verwachting ook in de toekomst verder doorgaan. De snelheid van zeespiegelstijging die door kwelders kan worden gevolgd, verschilt per kwelder. De sedimentatiesnelheden van de vastelandskwelders zijn over het algemeen hoger dan die op de eilandkwelders. De vastelandslandskwelders kunnen daardoor in stand blijven bij een hogere snelheid van zeespiegelstijging dan de eilandkwelders. De snelheid waarmee sedimentatie plaatsvindt op de kwelders ligt boven de grens van het meegroeivermogen van 6 mm/jaar. Dat betekent dat op het moment dat de invloed van zeespiegelstijging doorslaggevend zal worden voor de ontwikkeling van de kwelders, de gaswinning conform de HadK-systematiek, al zal zijn beëindigd.

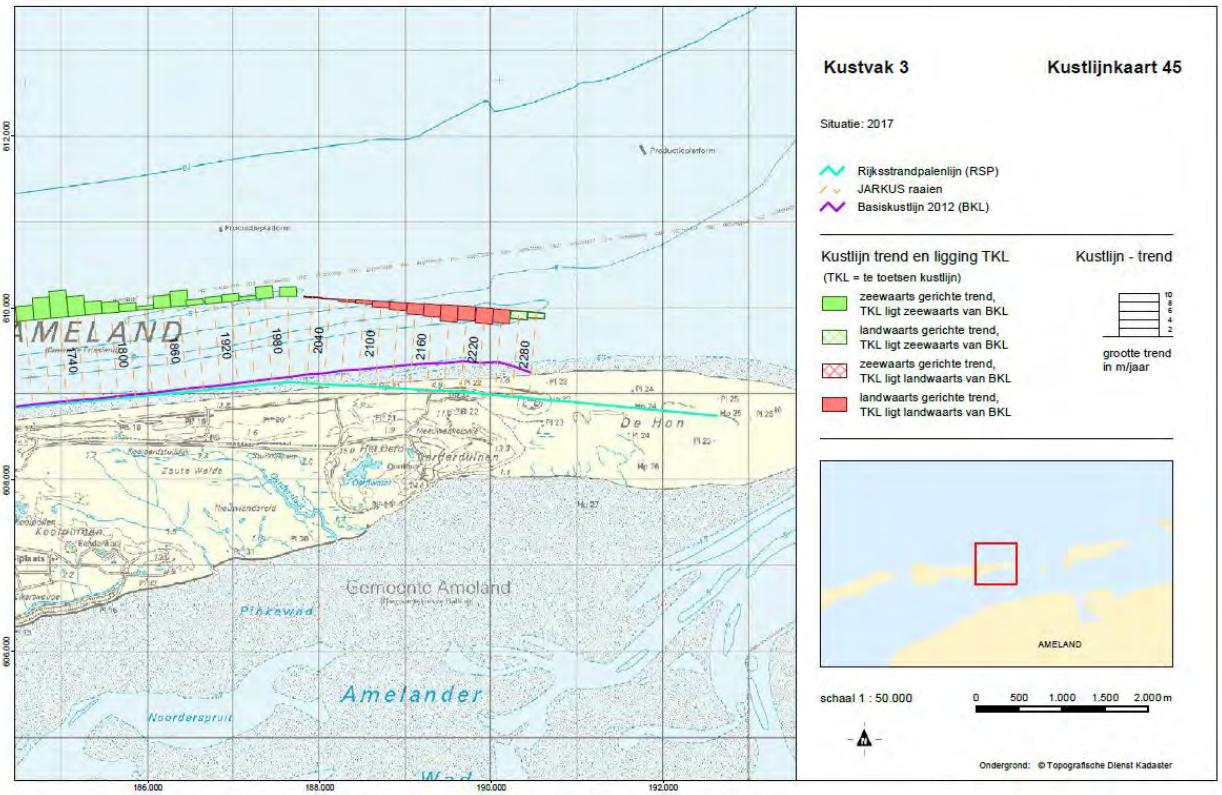
7.2.6 Kustdynamiek en zandsuppleties

Het strand en de vooroever van de Noordzeekustzone zijn zeer dynamische gebieden. De dynamiek bestaat deels uit tijdelijke fluctuaties, zoals het verhogen en verlagen van het strand onder invloed van seizoensdynamiek, uit semi-cyclische processen, zoals het ontstaan en de migratie van brekerbanken en uit structurele uitbouw, dan wel achteruitgang. Dat laatste, de structurele achteruitgang van de kustlijn en de bijbehorende structurele afname van het zandvolume van de kust, is reden voor de kustbeheerder voor het uitvoeren van zandsuppleties. Zandsuppleties worden uitgevoerd om de zandvoorraad van de kust op peil te houden, zoals is vastgelegd in het Nationale Waterplan. In de nabijheid van de kombergingsgebieden Pinkegat en Borndiep zijn op de kust van Ameland de afgelopen jaren frequent zandsuppleties uitgevoerd, zowel op het strand, als op de onderwateroever. De meest recente zandsuppleties op het midden-oostelijke deel van Ameland zijn uitgevoerd in 2015 in de vorm van een vooroever- en strandsuppletie tussen de raaien 1240 en 1700. Voor de periode tot 2020 is een vooroeversuppletie voorzien voor Ameland midden tussen de raaien 13 en 23 met een omvang van 4.000.000 m^3.

De noodzaak tot het uitvoeren van zandsuppleties wordt ieder jaar vastgesteld door Rijkswaterstaat op basis van de gegevens uit jaarlijkse metingen van de ligging van de kust (de Jarkus-metingen). Ieder jaar wordt vastgesteld of voldoende zand aanwezig is in het kustprofiel. Daarbij wordt uitgegaan van de trends in de ontwikkeling van het zandvolume. Een toelichting op de methode kan worden gevonden in het jaarlijkse verschijnende rapport 'Kustlijnkaarten' (Rijkswaterstaat, 2016a). In de 'Kustlijnkaarten' wordt in tabellen en in

kaarten zichtbaar gemaakt welke trends optreden in de ontwikkeling van de zandvolumes per raai. Figuur 7-6 toont een kustlijnkaart van de oostzijde van Ameland. In de roodgekleurde raaien is sprake van een overschrijding van de basiskustlijn. In de 'Kustlijnkaarten' wordt hierover opgemerkt: "Tussen 2020 en 2280 is de trend overwegend landwaarts en wordt de basiskustlijn op het merendeel van de raaien overschreden. Voor het midden en oosten van Ameland staat daarom een vooroeversuppletie gepland in 2019/2020."

De samenhang tussen de zandsuppleties voor de kust en de autonome ontwikkelingen van de kombergingsgebieden in de Waddenzee ligt in het sedimentdelende systeem, zoals beschreven in paragraaf 3.2. Het sedimentdelende systeem van het Pinkegat grenst via de buitendelta aan de westzijde aan de kust van Ameland en oostzijde aan de buitendelta van het Friesche zeegat. Mogelijk wordt een klein deel van het benodigde zand voor het Pinkegat geleverd door dan wel via de buitendelta van het Friesche Zeegat. Waarschijnlijk is deze aanvoer veel kleiner dan aanvoer vanaf de kust van Ameland, vanwege het van west naar oost gerichte netto transport van sediment langs de Waddeneilanden. Aanvoer vanaf de hoge platen het Rif en Engelsmansplaat naar het Pinkegat onder invloed van bodemdaling vindt hoogstwaarschijnlijk niet plaats (Wang, 2007). Ook het kombergingsgebied van het Borndiep, waar ten opzichte van het Pinkegat een veel minder omvangrijke bodemdaling zal plaatsvinden door de gaswinning Ternaard is verbonden met de kust van Ameland. Voor het aanvullen van de zandvoorraad van de kust vanwege de bodemdaling wordt daarom uitsluitend naar de kust van Ameland gekeken.



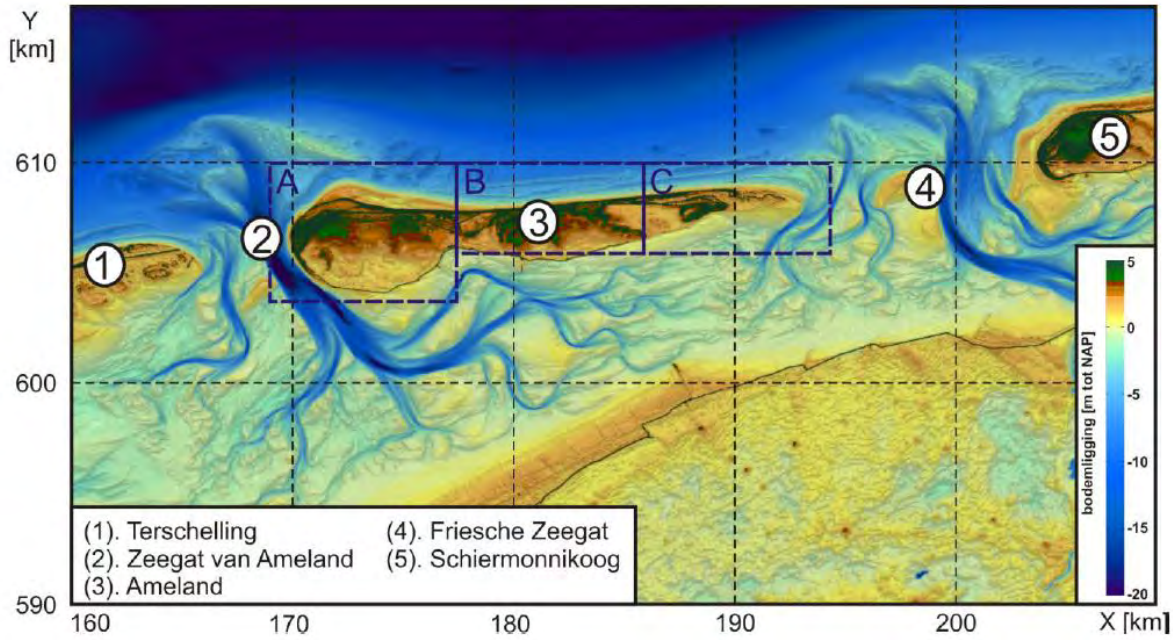
Figuur 7-6 Kustlijnkaart 2017 van de oostzijde van Ameland (uit Rijkswaterstaat, 2016a)

De analyse van de bodemhoogte door Vermaas en Marges (2015) laat een volumetoename zien van het vak 'kust Ameland' in Figuur 7-2 van 19,86 x 10^6 m^3 in de periode 1990-2012. Het zandvolume van de kust is dus groter geworden. De toename van het volume van de kust komt overeen met het volume zand van circa 20 x 10^6 m^3 dat in de periode 1990-2012 op de kust van Ameland is gesuppleerd. Ondanks de toename van het zandvolume van de kust van Ameland zullen ook in de toekomst naar verwachting nog zandsuppleties op de kust van Ameland moeten worden uitgevoerd om de ligging van de kustlijn te handhaven. Een van de redenen is dat de toename van het zandvolume in een ander gebied heeft plaatsgevonden dan de gebieden die worden beschouwd voor de kustlijnkaarten. Het aanlanden van de strandhaak van het Bornrif aan de

westzijde heeft geleid tot een grote toename van het zandvolume aan de noordwestzijde van Ameland (in gebied A in Figuur 7-7).

Door Elias en Bruens (2013) zijn berekeningen uitgevoerd naar de volumeontwikkelingen van de kust van Ameland. In de berekeningen is de ontwikkeling van het zandvolume in de kustzone beschouwd, waarbij is gecorrigeerd voor de aangebrachte zandsuppleties. Uit het centrale deel van de kust van Ameland (gebied B in Figuur 7-7) wordt per jaar 0,55 x 10^6 m^3 zand afgevoerd. Vanaf de strandhaak (gebied A in Figuur 7-7) wordt nog eens 0,8 x 10^6 m^3 zand verplaatst, zodat in totaal ruwweg 1,35 x 10^6 m^3 sediment per jaar verplaatst wordt. Dit betreft de netto verplaatsing, bruto is veel meer sediment in beweging. Voor de volledigheid wordt opgemerkt dat uit de berekeningen en beschouwing van Elias en Bruens (2013) niet valt op te maken in welke richting het zand wordt getransporteerd. Op basis van de generieke kennis van de kust van de Wadden wordt verondersteld dat een belangrijk deel van het zandtransport plaatsvindt van west naar oost, onder invloed van het golf-gedreven langstransport. En uit Elias en Bruens (2013) is ook duidelijk dat voor een groot deel van de kust van Ameland netto transporten van zand naar de duinen plaatsvindt. De sedimentbalans van Vermaas en Marges (2015) is aanvullend op de analyse van Elias en Bruens (2013), maar geeft geen uitsluitsel over de richting van de transporten. Wel is in Vermaas en Marges (2015) rekening gehouden met de bodemdaling door gaswinning. Omdat de bodemdaling door de gaswinning Ameland ook optreedt onder de Noordzeekustzone, de duinen en de buitendelta van het Pinkegat, is dit een factor die tot een schijnbaar[12] verlies van sediment kan leiden.

In aanvulling op de berekende netto zandtransporten is ook gekeken naar de volumes zand die de afgelopen decennia zijn gesuppleerd op Ameland. Het Kustlijnkaartenboek 2017 (Rijkswaterstaat, 2016a) geeft een gesuppleerd volume voor het kustvak Ameland van 14,9 x 10^6 m^3 in tien jaar (de periode 2007- 2016). Het gemiddelde jaarlijkse suppletievolume is daarmee 1,49 x 10^6 m^3. Dit volume heeft dezelfde grootte van orde als de door Elias en Bruens (2013) berekende netto verplaatste volume van ruwweg 1,35 x 10^6 m^3 sediment per jaar. Het is niet mogelijk om op voorhand een onderscheid te maken naar het suppletievolume dat is gemoeid met de autonome achteruitgang van de kust (inclusief de autonome transporten naar de Waddenzee onder invloed van de stijgende zeespiegel) en het suppletievolume dat is gerelateerd aan de bodemdaling door de gaswinning Ameland. Dit onderscheid is dan ook niet aangegeven bij de suppletievolumes. Het is wel mogelijk achteraf om in een sedimentbalans, op basis van de opgetreden bodemdaling en sedimentatie in de Waddenzee te berekenen hoeveel sediment vanuit de kustzone naar de Waddenzee is getransporteerd vanwege de bodemdaling door gaswinning, zoals bijvoorbeeld is gedaan in Vermaas en Marges (2015).



Figuur 7-7 Gehanteerde indeling van de kust van Ameland: (A) westelijke eilandkop, (B) de eilandkust en (C) oostelijke eilandstaart; uit Elias en Bruens (2013)

[12] Door de bodemdaling verdwijnt er geen zand of slib maar neemt het watervolume toe. Dit is een schijnbaar verdwijnen (verlies) van sediment.

Ook in de toekomst zullen zandsuppleties op de kust van Ameland uitgevoerd moeten worden, waarbij net als voor de bodemdaling door gaswinning de snelheid van zeespiegelstijging een belangrijke variabele is. De snelheid van zeespiegelstijging beïnvloedt namelijk de achteruitgang van de kust. De achteruitgang van het zandvolume is op twee manieren gerelateerd aan de snelheid van zeespiegelstijging. In de eerste plaats is er het directe effect op de ligging van kustlijn en het zandvolume van de kust. Een sneller stijgende zeespiegel leidt tot een grotere achteruitgang van het kustprofiel (Oost e.a., 1998; Mulder, 2000) en een grotere achteruitgang betekent dat een groter volume aan zand gesuppleerd moet worden. Een sneller stijgende zeespiegel leidt ook tot een toename van het zandtransport naar de kombergingsgebieden in de Waddenzee. Het zandtransport naar de Waddenzee leidt tot een afname van de zandvoorraad van de kust en daarmee tot een achteruitgang van de kustlijn[13].

De combinatie van de response van de kustlijn zelf en die van de kombergingsgebieden op de stijgende zeespiegel leidt tot een sterkere achteruitgang van de kust bij een versneld stijgende zeespiegel. Uitgaande van het vigerende kustbeleid, dat is gericht op het behoud van de ligging van de kustlijn en het aanvullen van de zand voorraad van het kustfundament, betekent een versneld stijgende zeespiegel daarom dat meer zand gesuppleerd zal worden. Onderliggende studies bij het kustbeleid (Mulder, 2000; Nederbragt, 2005) en voor het Deltaprogramma (Haasnoot et al, 2018) laten een lineaire toename zien van het benodigde suppletievolume voor de kustlijnzorg voor geheel Nederland bij hogere snelheden van zeespiegelstijging. Bij een directe vertaling van deze landelijke relatie tussen zeespiegelstijging en suppletievolume naar Ameland betekent dit een toename van het suppletievolume van 1,49 x 10^6 m^3 per jaar bij de huidige snelheid van zeespiegelstijging, tot 4,47 x 10^6 m^3 per jaar bij de drie keer zo hoge snelheid van zeespiegelstijging bij het bereiken van het meegroeivermogen van 6 mm/jaar.

7.3 Natura 2000-gebieden

Toelichting

In de volgende paragrafen wordt per Natura 2000-gebied eerst een korte kenschets gegeven van het gebied. Vervolgens wordt het deel van het Natura 2000-gebied dat binnen de reikwijdte van de effecten ligt in meer detail beschreven. Hierbij wordt ook aangegeven of en welke aangewezen waarden hier voorkomen. Indien aanwezig, wordt aangegeven of de soorten gevoelig zijn voor de optredende effecten.

Aan de hand van de reikwijdte van de effecten, de aanwezigheid van de kwalificerende natuurwaarden binnen deze reikwijdte en de gevoeligheid van deze natuurwaarden voor de beschreven factoren, is een verdere specificatie gemaakt welke factoren relevant zijn voor de effectbeoordeling.

Uitzondering hierop zijn de verreikende effecten van stikstofemissies. Omdat dit een groot gebied kan omvatten, maar het effect en de beoordeling hiervan specifiek is (alleen stikstofdepositie, berekend met AERIUS voor heel het effectgebied in een keer), wordt niet op voorhand ingegaan op de mogelijke gebieden waarop stikstofdepositie op van toepassing zou kunnen zijn. De gebieden waar effecten van stikstofdepositie kunnen optreden volgen uit de AERIUS-berekeningen. Dit zijn de Natura 2000-gebieden Waddenzee, Noordzeekustzone, Duinen Ameland en Duinen Schiermonnikoog.

De productielocatie en het transportleidingtracé liggen buiten de begrenzing van een Natura 2000-gebied. Het meest nabijgelegen Natura 2000-gebied is de Waddenzee (de gebiedsgrens ligt op de buitenteen van de Waddenzeedijk). Op grotere afstand liggen de Natura 2000-gebieden Duinen Ameland, Duinen Schiermonnikoog en Lauwersmeer. Uit de analyse van de ingreep-effectrelaties in Hoofdstuk 6 blijkt dat door bodemdaling alleen mogelijke effecten optreden op het Natura 2000-gebied Waddenzee en door zandsuppletie op het Natura 2000-gebieden Noordzeekustzone en Duinen Ameland. Van deze gebieden zijn hieronder korte beschrijvingen gegeven, de instandhoudingsdoelen zijn opgenomen in Bijlage C. Bij de

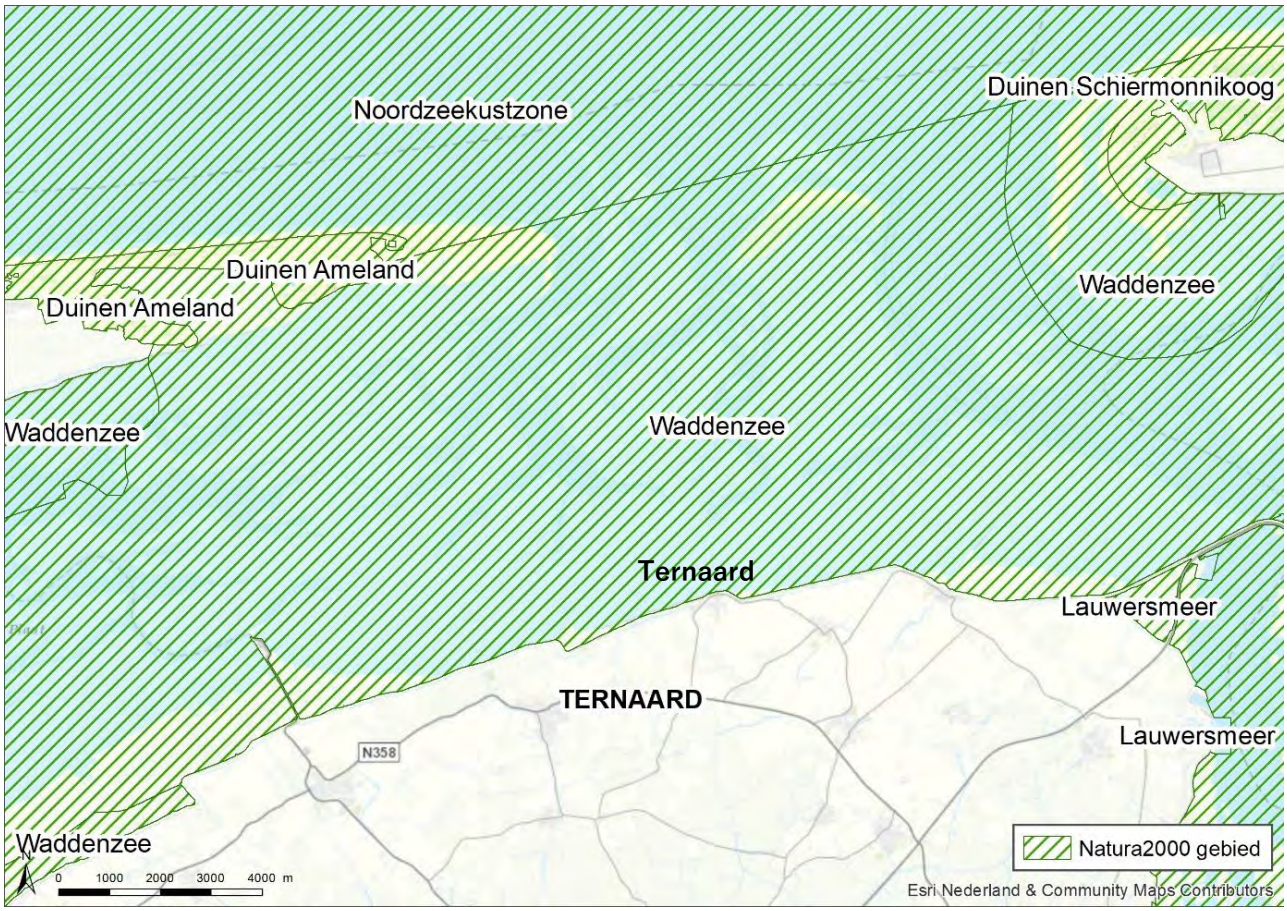
[13] Voor de duidelijkheid: de zandsuppleties op de kust van de Waddeneilanden worden niet uitgevoerd zodat de Waddenzee mee kan groeien met de stijgende zeespiegel. Het meegroeien met de stijgende zeespiegel is een autonome response van de zanddelende systemen. Het meegroeien gaat ten koste van de zandvoorraad van de aangrenzende kusten. De afname van de zandvoorraad van de kusten leidt tot achteruitgang van de kustlijn. Het kustbeleid gaat uit van het behoud van alle functies van de kust en daarom is het beheer gericht op het handhaven van de kustlijn en van de zandvoorraad van de kust. Daarom worden de zandsuppleties uitgevoerd. Zonder het uitvoeren van de zandsuppleties zullen de kombergingsgebieden van de Waddenzee nog steeds meegroeien met de stijgende zeespiegel, maar gaat de kustlijn achteruit.

beschrijvingen is ook aangegeven of de habitattypen en soorten voorkomen binnen het studiegebied van het plan en of deze gevoelig zijn voor de optredende effecten.

7.3.1 Waddenzee

Bij de beschrijving van het Natura 2000-gebied Waddenzee is reeds rekening gehouden met de vaststelling in het voorgaande hoofdstuk dat hier alleen door de bodemdaling als gevolg van de gaswinning en door stikstofdepositie eventuele gevolgen kunnen optreden. Gevolgen op dit Natura 2000-gebied als gevolg van zandsuppletie zijn in het voorgaande hoofdstuk al uitgesloten.

Beschrijving
Het Natura 2000-gebied Waddenzee is onderdeel van het internationale waddengebied dat zich uitstrekt van Den Helder tot Esbjerg (Denemarken). Het is een natuurlijk en dynamisch zoutwatergetijdengebied dat bestaat uit een complex van diepe geulen en ondiep water met platen, waarvan grote delen bij eb droogvallen. Deze platen worden doorsneden door een fijn vertakt stelsel van geulen.



Figuur 7-8 Begrenzing Natura 2000-gebieden nabij de projectlocatie

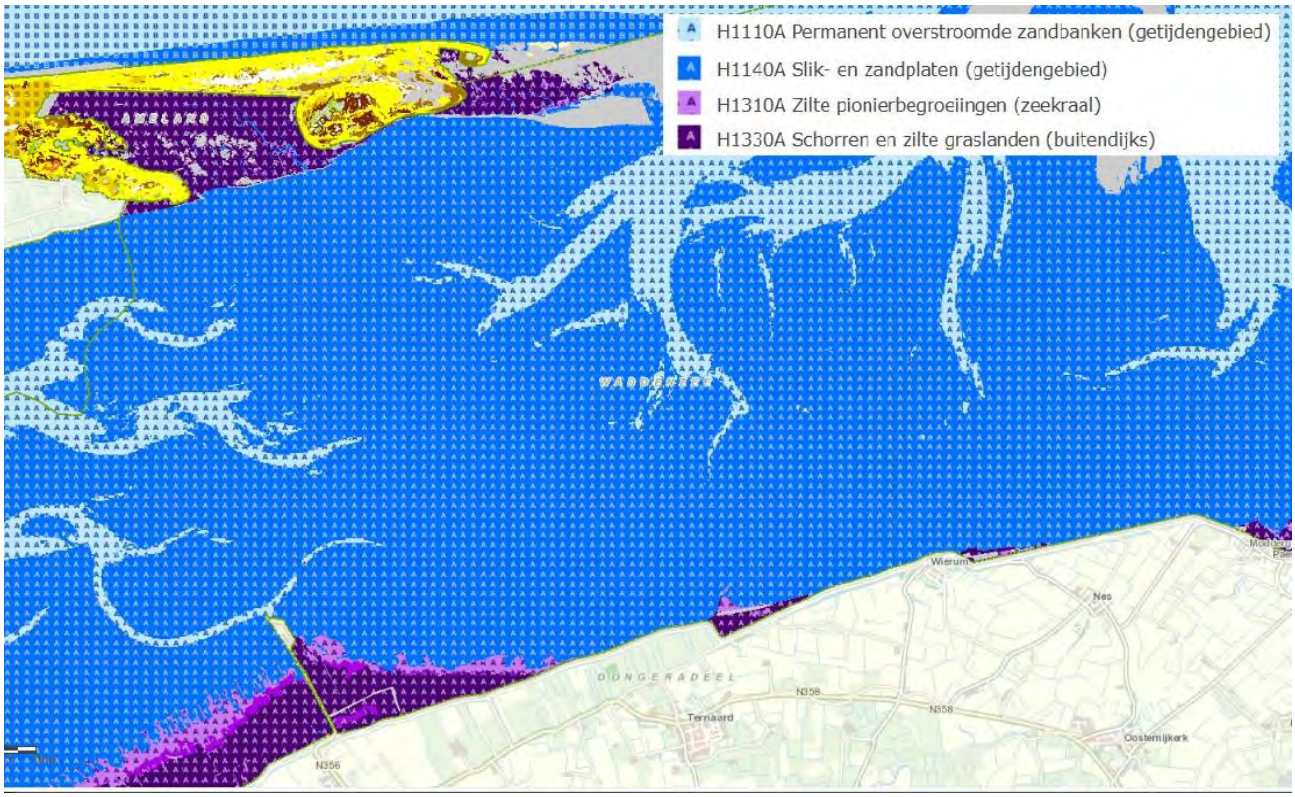
Langs het vasteland en op de eilanden liggen verspreid kweldergebieden, die een zeer diverse flora en fauna kennen. De kwelders langs de Friese vastelandskust zijn door menselijk ingrijpen ontstaan. Op de overgang van de hoge, groene kwelders en de lager gelegen, nattere landaanwinningskwelders ligt een natuurlijke afslagrand, het zogenaamde kwelderklif. De kwelders op de Waddeneilanden[14] hebben een natuurlijke geomorfologie, met geleidelijke hoogtegradiënten, meanderende kreken en afwisseling in de mate van natuurlijke drainage. De bodem is over het algemeen zandig, mede door de invloed van stuivend zand uit de nabijgelegen duingebieden. De geleidelijke overgangen van het wad richting duin leveren een grote biodiversiteit op. Er is een nagenoeg ongestoorde hydrodynamiek en geomorfologie aanwezig, waarin

[14] De kwelders van de Waddeneilanden vallen grotendeels onder het Natura 2000-gebied Waddenzee.

natuurlijke processen zorgen voor instandhouding en ontwikkeling van karakteristieke leefgebieden en habitats en de grenzen van land en water voortdurend wijzigen. De identiteit van het Waddengebied wordt medebepaald door de natuurlijke samenhang tussen Waddenzee, Waddeneilanden, Noordzeekustzone en de vastelandskust en de karakteristieke overgangen tussen land en zee, zoet en zout en droog en nat. Het Natura 2000-gebied is aangewezen voor 13 habitattypen, 6 habitatrichtlijnsoorten, 13 broedvogels en 39 niet-broedvogels (Bijlage C).

Habitattypen

Alle stikstofgevoelige habitattypen waarvoor het gebied kwalificeert liggen in het studiegebied voor de effecten van stikstofdepositie. In het studiegebied voor de bodemdaling (Figuur 7-9) zijn vijf habitattypen onderscheiden, die verdeeld worden in twee groepen: habitattypen van het wad en van de kwelders. In dit dynamische deel rond het wantij, dat door getijdewerking sterk beïnvloed wordt, bevinden zich de habitattypen: permanent overstroomde zandbanken (Waddenzee) [H1110A] en slik- en zandplaten (Waddenzee) [H1140A]. Dit zijn de delen die respectievelijk niet en wel droogvallen bij laagwater. In het minder dynamische gedeelte van het gebied liggen de kwelders, die opgedeeld worden in drie habitattypen: zilte pionierbegroeiingen (zeekraal) [H1310A], slijkgrasvelden [H1320] en schorren en zilte graslanden (buitendijks) [H1330A]. De ruimtelijke spreiding van de habitattypen wordt bepaald door de frequentie, de mate en de duur van overstroming gedurende hoogwater (Figuur 7-9).



Figuur 7-9 Habitattypenkaart Natura 2000-gebied Waddenzee ter hoogte van Ternaard (bron: Provincie Fryslân, frysland.maps.arcgis.com)

Over het habitattype slijkgrasvelden [H1320] wordt zowel in het aanwijzingsbesluit (Ministerie van LNV, 2008) als in het Natura 2000-beheerplan (Ministerie van I&W, 2016) gesteld dat slijkgrasvelden zoals bedoeld in de Europese Habitatrichtlijn (met klein slijkgras) niet in het waddengebied voorkomen en daar vroeger ook niet aanwezig waren[15]. Van dit habitattype komen enkele vierkant meters voor in het

[15] Er zijn wel velden met de winterharde bastaard tussen klein slijkgras en Amerikaans slijkgras. Dit Engels slijkgras heeft zich met hulp van de mens over het hele waddengebied en tot ver daarbuiten verspreid. De begroeiingen met Engels slijkgras worden als een kwalitatief niet optimale vorm van het habitattype 'slijkgrasvelden' beschouwd. Deze matige vorm ontstaat vaak op plekken waar

studiegebied, waarbij het niet de inheemse soort klein slijkgras betreft, zoals bedoeld in het habitattype, maar de uitheemse, bastaardsoort Engels slijkgras (Ministerie van I&W, 2016a). Omdat het een zeer kleine oppervlak betreft, de kwaliteit ervan als matig wordt beoordeeld vanwege de niet-inheemse soort Slijkgras sprake is van een 'ten gunste van' bepaling ten behoeve van zilte pionierbegroeiingen (zeekraal) [H1310A], wordt dit habitattype ten behoeve van de beoordeling samengevoegd met het habitattype zilte pionierbegroeiingen (natte habitattypen van de kwelders).

De overige habitattypen, vooral duinhabitattypen, liggen buiten het effectbereik van het plan. Een nadere beoordeling richt zich op de hierboven genoemde habitattypen.

Habitatrichtlijnsoorten

Gewone zeehond, grijze zeehond en de drie aangewezen vissoorten (zeeprik, rivierprik en fint) komen in het hele internationale Waddengebied voor. Ten oosten van Ameland zijn rondom Engelsmanplaat enkele bekende zeehondenligplaatsen van gewone zeehond. De grijze zeehond komt voornamelijk voor in het westelijke deel van de Waddenzee, maar wordt in toenemende mate ook in de overige delen waargenomen. Nabij de projectlocatie zijn geen bekende ligplaatsen van grijze zeehond bekend (Ministerie van I&M, 2016a). De vissoorten zijn anadrome soorten, dat wil zeggen vissen die als volwassen exemplaren vanuit zee de rivieren optrekken om daar te paaien. Een belangrijk deel van het leven wordt op zee doorgebracht, waarbij de Waddenzee van groot belang is als doortrek- en opgroeigebied (Ministerie van I&M, 2016a).
De nauwe korfslak is een typische soort van duinvalleien, maar is in de omgeving alleen bekend van duintjes op de kwelders van Schiermonnikoog (Boesveld et al, 2014).

Broedvogels

De aangewezen broedvogels zijn kenmerkende soorten van duinen, kwelders en stranden. Binnen het studiegebied voor bodemdaling en verstoring liggen alleen de kwelders aan de Friese waddenkust, duinen ontbreken binnen het gebied (nota bene, het gaat hierbij om de beoordeling van de gevolgen van de bodemdaling en niet om de beoordeling van het extra volume zandsuppleties of stikstofdepositie). Negatieve effecten op broedvogels van het duingebied worden hierdoor op voorhand uitgesloten.
Langs de kust van het vaste land is het aandeel potentieel geschikt broedgebied klein. Dit zijn alleen de kwelders 't Skoar ter hoogte van Ternaard en de kwelder de Kromme Horne bij Wierum. Beide zijn door de omvang, de ligging tegen de dijk en het beheer marginaal geschikt als broedgebied. Van deze kwelder zijn ook geen kolonies of broedvogels bekend[16]. Er kan wel sprake zijn van broedvogels in een lagere dichtheid. Effecten door verstoring en bodemdaling zijn in het voorgaande al uitgesloten. Negatieve effecten op broedvogels van de kwelders zijn om die reden uitgesloten.

Niet-broedvogels

De Waddenzee vormt voor niet-broedvogels een belangrijk gebied om te rusten en te foerageren. Gedurende de trekperiode in het voor- en najaar foerageren een groot aantal vogels op de droogvallende wadplaten en rusten tijdens hoogwater op kwelders of andere droogblijvende delen, zogenaamde hoogwatervluchtplaatsen (hvp's). Voor enkele soorten, zoals steenloper, bontbekplevier en scholekster, vormen naast de kwelders ook taluds van dijken, havens en pieren belangrijke foerageer- en rustplaatsen. Een wijziging in het areaal of kwaliteit droogvallende platen of kwelders kan van invloed zijn op deze soorten. Het effectbereik van de bodemdaling ligt grotendeels onder het kombergingsgebied van het Pinkegat en voor een zeer klein deel onder het kombergingsgebied van het Borndiep. In beide kombergingsgebieden is een verscheidenheid aan habitats (geulen, droogvallende platen en enkele kwelders) aanwezig van de aangewezen niet-broedvogels. De vogelsoorten kunnen op basis van leef- en foerageerwijze ingedeeld worden in groepen met dezelfde eigenschappen:

- Viseters.
- Grondeleenden.
- Benthoseters (eenden en steltlopers).
- Kwelder foerageerders (grasetende soorten).

---

kwelders eroderen. Herstel van de kwaliteit van de door klein slijkgras gedomineerde vormen van het habitattype wordt op dit moment niet als haalbaar gezien, doordat de vegetaties tegenwoordig geheel uit Engels slijkgras bestaan.

[16] Alleen ten westen van Holwerd ligt een grotere kwelder, waar ook kolonies van sterns bekend zijn (Rijkswaterstaat, 2016). Deze kwelder ligt buiten het studiegebied.

- Roofvogels.

De geulen vormen het foerageergebied voor visetende soorten en duikeenden en op de droogvallende platen foerageren hoofdzakelijk de benthoseters. De kwelders zijn het foerageer- en rustgebieden voor met name ganzen, eenden en steltlopers. De grondeleenden komen wisselend voor op droogvallende platen, lage kwelders en in permanent water op de hoge kwelders. Alle soorten komen buiten het broedseizoen verspreid over de hele Waddenzee voor en daarmee ook in het kombergingsgebied van het Pinkegat ten zuiden van Ameland-oost.

7.3.2 Noordzeekustzone

Bij de beschrijving van het Natura 2000-gebied Noordzeekustzone is reeds rekening gehouden met de vaststelling in het voorgaande hoofdstuk dat hier alleen als gevolg van het extra volumes aan zandsuppleties en stikstofdepositie eventuele gevolgen kunnen optreden. Gevolgen op dit Natura 2000-gebied door de bodemdaling als gevolg van de gaswinning zijn in het voorgaande hoofdstuk al uitgesloten.

Beschrijving

De overgang van de open zee naar land wordt in ons land gevormd door de Noordzeekust. Hiervan is het gedeelte tussen Bergen en de monding van de Eems als Natura 2000-gebied Noordzeekustzone aangewezen. Deze zandige, dynamische kust is internationaal gezien een zeldzaam biotoop en herbergt lokaal grote hoeveelheden schelpdieren. Mede daardoor vormt het in de winter een belangrijk foerageergebied voor soorten als zwarte zee-eend en eidereend. Het gebied is ook een belangrijke kraamkamer voor mariene vissoorten.
De Noordzeekustzone loopt vanaf de enkele tientallen meters diepe zee geleidelijk op naar het strand. De begrenzing van het Natura 2000-gebied volgt aan de vastelandskust de laagwaterlijn, op de Waddeneilanden de voet van het duin en ligt aan de zeezijde op drie zeemijl (ongeveer 5,5 kilometer) voor de kust, op een diepte van ongeveer 20 meter. Deze vooroever bestaat voor het grootste deel uit fijn zand; alleen lokaal vormt grover zand de onderwaterbodem. Het betreft een dynamisch gebied, met hoge stroomsnelheden, sterke schommelingen in zoutgehalten (mede onder invloed van de aanvoer van zoetwater vanuit de rivieren dat via de Noordzee en het IJsselmeer de Noordzeekustzone bereikt) en sterke temperatuurwisselingen gedurende het jaar. Het gebied hangt functioneel samen met de diepere delen van de Noordzee en de Waddenzee: met beide vindt sterke uitwisseling van sediment plaats. Binnen de Noordzeekustzone wordt voortdurend materiaal afgezet en weer verplaatst als gevolg van zeestromingen en golfwerking. Het Natura 2000-gebied heeft een oppervlakte van 123.134 hectare (bron: http://www.synbiosys.alterra.nl/natura2000/gebiedendatabase.aspx).

Habitattypen

Slechts een vijftal stikstofgevoelige habitattypen waarvoor het gebied kwalificeert liggen in het studiegebied voor de effecten van stikstofdepositie. Het gaat om H3130A Zilte pionierbegroeiingen (zeekraal), H1310B Zilte pionierbegroeiingen (zeevetmuur), H1330A Schorren en zilte graslanden (buitendijks), H2110 Embryonale duinen en H2190B Vochtige duinvalleien (kalkrijk).

In het studiegebied voor de morfologische effecten (zandsuppleties) liggen vooral de habitattypen H1110B, Permanent overstroomde zandbanken (Noordzeekustzone) en H1140B, Slik- en zandplaten (Noordzeekustzone). Omdat ook de meest oostelijke punt van de kwelder van Ameland valt onder het Natura 2000-gebied Noordzeekustzone, komen ook de habitattypen H1330A, Schorren en zilte graslanden (buitendijks), H2110, Embryonale duinen en H2120, Witte duinen voor. Net als voor de Waddenzee zijn dit respectievelijk het dynamische en minder dynamische deel van het Natura 2000-gebied (variërend van permanent overstroomd tot permanent boven zeeniveau).

Habitatrichtlijnsoorten

Gewone zeehond, grijze zeehond, bruinvis en de drie aangewezen vissoorten (zeeprik, rivierprik en fint) komen in de hele internationale Noordzee voor. Voor de zeehonden geldt dat binnen het Natura 2000-gebied Noordzeekustzone vooral gefoerageerd wordt, nabij Ameland zijn geen bekende zeehondenligplaatsen van gewone en grijze zeehond (Ministerie van I&M, 2016b). De vissoorten zijn

anadrome soorten, dat wil zeggen vissen die als volwassen exemplaren vanuit zee de rivieren optrekken om daar te paaien. Een belangrijk deel van het leven wordt op zee doorgebracht, waarbij de Noordzeekustzone van groot belang is als doortrek- en opgroeigebied (Ministerie van I&M, 2016b).

Broedvogels
De drie aangewezen broedvogels (bontbekplevier, strandplevier, dwergstern) zijn kenmerkende soorten van zandplaten en stranden. Binnen het studiegebied ligt alleen de oostpunt van Ameland (De Hon). De Hon is in het beheerplan aangemerkt als beschermingszone voor de drie kustbroedvogels. Van het hoge deel van het strand, op de grens met de Natura 2000-gebieden Duinen Ameland en Waddenzee is een kleine kolonie van dwergsterns aanwezig (Ministerie van I&M, 2016b).

Niet-broedvogels
Voor de niet-broedvogels vormt de Noordzeekustzone vooral een belangrijk foerageer- en rustgebied gedurende de trekperiode of als overwinteringsgebied voor visetende en benthosetende soorten. Een wijziging in het areaal of kwaliteit van het voedsel in de bodem (permanent overstroomde zandbanken) kan van invloed zijn op deze soorten. Het effectbereik ligt grotendeels over het gebied grenzend aan het kombergingsgebied van het Pinkegat, waar een verscheidenheid aan habitats aanwezig is van de aangewezen niet-broedvogels (geulen, droogvallende platen en stranden). De vogelsoorten kunnen op basis van leef- en foerageerwijze ingedeeld worden in groepen met dezelfde eigenschappen:

- Viseters.
- Benthoseters (eenden en steltlopers).
- Omnivoren (meeuwen).

De overstroomde zandbanken vormen het foerageergebied voor visetende soorten en benthoseters (duikeenden). Op het beperkte areaal droogvallende platen foerageren hoofdzakelijk de benthoseters (steltlopers). De dwergmeeuw foerageert op vis en ongewervelden vanaf het wateroppervlak. Alle soorten komen verspreid over de hele Noordzeekustzone en daarmee ook ter hoogte van de kustzone ter hoogte van het kombergingsgebied van het Pinkegat, Ameland-oost.

7.3.3 Duinen Ameland

Bij de beschrijving van het Natura 2000-gebied Duinen Ameland is reeds rekening gehouden met de vaststelling in het voorgaande hoofdstuk dat hier alleen als gevolg van het extra volumes aan zandsuppleties en stikstofdepositie eventuele gevolgen kunnen optreden. Gevolgen op dit Natura 2000-gebied door de bodemdaling als gevolg van de gaswinning zijn in het voorgaande hoofdstuk al uitgesloten.

Beschrijving
Het gebied Duinen Ameland wordt landschappelijk gekenmerkt door een uitgestrekt duingebied dat zich over de gehele lengte van het eiland uitstrekt. In het oosten en in de noordwesthoek groeit het eiland aan, ter hoogte van Nes en Buren vindt kustafslag plaats. Het gebied heeft een grote diversiteit aan milieutypen als gevolg van de grote variatie in nat versus droog, zoet versus zout en kalkhoudend versus kalkarm. In het oosten zijn de duinen relatief kalkrijk en is de verstuivingsdynamiek hoog, waardoor de hier gelegen Kooiduinen en Oerderduinen soortenrijk zijn. In het westen zijn het laagveenmoeras van de Lange Duinen, de heideterreinen en de korstmosrijke, oude duinkoppen bij Hollum bijzonder. In de binnenduinrand is een groot areaal aan natte duinheiden aanwezig met kraaihei en dophei. Het gebied omvat ook een paar kleine boscomplexen die bestaan uit aangeplant naald- en loofbos en spontane opslag (bron: http://www.synbiosys.alterra.nl/natura2000/gebiedendatabase.aspx).

Habitattypen
Alle stikstofgevoelige habitattypen waarvoor het gebied kwalificeert liggen in het studiegebied voor de effecten van stikstofdepositie. In paragraaf 9.2 is dit verder uitgewerkt In het studiegebied voor de effecten van de kustsuppleties zijn met name de duinen grenzend aan de zeereep (overwegend witte duinen) van belang, maar effecten op andere (grijze) duinen zijn niet op voorhand uit te sluiten, waardoor deze duinhabitats ook relevant zijn.

Habitatrichtlijnsoorten
Beide habitatrichtlijnsoorten waarvoor het gebied kwalificeert (grijze zeehond en groenknolorchis) zijn relevant voor de effecten van de zandsuppleties. De groenknolorchis groeit in het habitattype vochtige duinvalleien en wordt via dat habitattype al getoetst op de effecten van stikstofdepositie.

Broedvogels
Voor de effecten van zandsuppleties zijn alleen de kustbroeders relevant, en deze soorten behoren niet tot de instandhoudingsdoelstelling van het Natura 2000-gebied Duinen Ameland. Effecten op het leefgebied van deze soorten door stikstofdepositie wordt beoordeeld via de toets van de habittattypen

Niet-broedvogels
Het Natura 2000-gebied Duinen Ameland kwalificeert niet voor niet-broedvogels,

7.3.4 Duinen Schiermonnikoog

Bij de beschrijving van het Natura 2000-gebied Duinen Ameland is reeds rekening gehouden met de vaststelling in het voorgaande hoofdstuk dat hier alleen als gevolg van het extra volumes aan zandsuppleties en stikstofdepositie eventuele gevolgen kunnen optreden. Gevolgen op dit Natura 2000-gebied door de bodemdaling als gevolg van de gaswinning zijn in het voorgaande hoofdstuk al uitgesloten.

Beschrijving
Schiermonnikoog is één van de kleinste en meest ongerepte eilanden in de Waddenzee. Het gebied Duinen Schiermonnikoog wordt landschappelijk gekenmerkt door een uitgestrekt duingebied dat zich over een groot deel van de westelijke helft van het eiland uitstrekt. Het duingebied heeft een grote diversiteit en goed ontwikkelde kalkrijke duinvalleien. In het gebied komen lokaal duinblauwgraslanden (drogere en zuurdere vormen van blauwgrasland) (Hertenbos, Kapenglop) en heischraal grasland (met borstelgras e.d.) voor. Vroeger is over een gedeelte van het westelijk en centraal deel naaldbos aangeplant. Het areaal bos is later door spontane ontwikkeling (loofbos) uitgebreid tot een aanzienlijk oppervlak. Aan de westzijde omvat het gebied ook een zoetwaterplas, de Westerplas. Verstuiving is over een kleine oppervlakte in gang gezet, in het oostelijk deel is een natuurlijk gat in de stuifdijk geslagen, waardoor zeewater beperkt binnenstroomt (Bron: http://www.synbiosys.alterra.nl/natura2000/gebiedendatabase.aspx).

Habitattypen
Alle stikstofgevoelige habitattypen waarvoor het gebied kwalificeert liggen in het studiegebied voor de effecten van stikstofdepositie. In paragraaf 9.2 is dit verder uitgewerkt. In het studiegebied voor de effecten van de kustsuppleties zijn met name de duinen grenzend aan de zeereep (overwegend witte duinen) van belang, maar effecten op andere (grijze) duinen zijn niet op voorhand uit te sluiten, waardoor deze duinhabitats ook relevant zijn.

Habitatrichtlijnsoorten
De habitatrichtlijnsoort waarvoor het gebied kwalificeert (groenknolorchis) groeit in het habitattype vochtige duinvalleien en wordt via dat habitattype al getoetst op de effecten van stikstofdepositie.

Broedvogels
Voor de effecten van zandsuppleties zijn alleen de kustbroeders relevant, en deze soorten behoren niet tot de instandhoudingsdoelstelling van het Natura 2000-gebied Duinen Schiermonnikoog. Effecten op het leefgebied van deze soorten door stikstofdepositie wordt beoordeeld via de toets van de habittattypen.

Niet-broedvogels
Het Natura 2000-gebied Duinen Schiermonnikoog kwalificeert niet voor niet-broedvogels.

7.4 Samenvatting

In dit hoofdstuk is voor een aantal habitattypen, habitatsoorten en broedvogel- en niet-broedvogelsoorten vastgesteld dat effecten door het project op voorhand kunnen worden uitgesloten. Samen met de afbakening van effecten die in hoofdstuk 6 is beschreven kan daarmee voor een aantal instandhoudingsdoelstellingen een effect op voorhand worden uitgesloten. In de onderstaande tabel is opgenomen voor welke habitattypen, habitatsoorten en broedvogel- en niet-broedvogelsoorten geldt dat effecten hierop op voorhand kunnen worden uitgesloten. Daarmee zullen in de volgende hoofdstukken, waarin de effectbepaling en -beoordeling is opgenomen, deze niet meer worden opgenomen.

Tabel 7-3 Selectie van instandhoudingsdoelen waarop effecten op grond van de effectafbakening kunnen worden uitgesloten. Per aspect is met een X aangegeven als een effect op basis van de effectafbakening kan worden uitgesloten. Dit is het geval wanneer het betreffende instandhoudingsdoel geen ruimtelijke overlap heeft met het effectgebied. Met een X[1)] is aangeduid dat de betreffende soort mogelijk wel gevoelig is voor verandering van het leefgebied door stikstofdepositie, maar dat dit effect getoetst wordt op het niveau van het leefgebied en niet voor de individuele soort
Effecten door oppervlakteverlies, verstoring en verandering in de populatiedynamiek treden nergens op en zijn daarom ook niet in deze tabel opgenomen

Waddenzee	**Bodemdaling**	**Stikstofdepositie in de aanlegfase**	**Extra volume zandsuppleties**
Habitattypen			
H1110A Permanent overstroomde zandbanken (getijdengebied)		●	●
H1130 Estuaria	●	●	●
H1140A Slik- en zandplaten (getijdengebied)		●	●
H1310A Zilte pionierbegroeiingen (zeekraal)			●
H1310B Zilte pionierbegroeiingen (zeevetmuur)	●		●
H1320 Slijkgrasvelden			●
H1330A Schorren en zilte graslanden (buitendijks)			●
H1330B Schorren en zilte graslanden (binnendijks)	●		●
H2110 Embryonale duinen	●		●
H2120 Witte duinen	●		●
H2130A Grijze duinen (kalkrijk)	●		●
H2130B Grijze duinen (kalkarm)	●		●
H2160 Duindoornstruwelen	●		●
H2190B Vochtige duinvalleien (kalkrijk)	●		●
Habitatrichtlijnsoorten			
H1014 Nauwe korfslak	●	●	●

Waddenzee	Bodemdaling	Stikstofdeposit ie in de aanlegfase	Extra volume zandsuppleties
H1095 Zeeprik	●	●	●
H1099 Rivierprik	●	●	●
H1103 Fint	●	●	●
H1364 Grijze zeehond		●	●
H1365 Gewone zeehond		●	●
Broedvogels			
Duinen			
A081 Bruine kiekendief	●	●	●
A082 Blauwe kiekendief	●	●	●
A222 Velduil	●	●	●
Kwelders en stranden			
A034 Lepelaar		●[1)]	●
A063 Eider		●[1)]	●
A132 Kluut		●[1)]	●
A137 Bontbekplevier		●[1)]	●
A138 Strandplevier		●[1)]	●
A183 Kleine mantelmeeuw		●[1)]	●
A191 Grote stern		●[1)]	●
A193 Visdief		●[1)]	●
A194 Noordse stern		●[1)]	●
A195 Dwergstern		●[1)]	●
Niet-broedvogels			
Visetende soorten			
A005 Fuut	●	●	●
A017 Aalscholver	●	●	●
A034 Lepelaar	●	●	●
A069 Middelste zaagbek	●	●	●

Waddenzee	Bodemdaling	Stikstofdeposit ie in de aanlegfase	Extra volume zandsuppleties
A070 Grote zaagbek	●	●	●
A197 Zwarte stern	●	●	●
Duik- en grondeleenden			
A052 Wintertaling	●	●	●
A053 Wilde eend	●	●	●
A054 Pijlstaart	●	●	●
A056 Slobeend	●	●	●
A067 Brilduiker	●	●	●
A051 Krakeend	●	●	●
A061 Kuifeend	●	●	●
Naar schelpdieren duikende soorten			
A062 Topper	●	●	●
A063 Eider	●	●	●
Kwelderfoerageerders			
A037 Kleine zwaan		●[1)]	●
A039b Toendrarietgans		●[1)]	●
A043 Grauwe gans		●[1)]	●
A045 Brandgans		●[1)]	●
A046 Rotgans		●[1)]	●
A050 Smient		●[1)]	●
Benthoseters			
A048 Bergeend		●	●
A130 Scholekster		●	●
A132 Kluut		●	●
A137 Bontbekplevier		●	●
A140 Goudplevier		●	●
A141 Zilverplevier		●	●

Waddenzee	Bodemdaling	Stikstofdeposit ie in de aanlegfase	Extra volume zandsuppleties
A142 Kievit		●	●
A143 Kanoet		●	●
A144 Drieteenstrandloper		●	●
A147 Krombekstrandloper		●	●
A149 Bonte strandloper		●	●
A156 Grutto		●	●
A157 Rosse grutto		●	●
A160 Wulp		●	●
A161 Zwarte ruiter		●	●
A162 Tureluur		●	●
A164 Groenpootruiter		●	●
A169 Steenloper		●	●
Roofvogels			
A103 Slechtvalk	●	●	●

Noordzeekustzone	Bodemdaling	Stikstofdeposit ie in de aanlegfase	Extra volume zandsuppleties
Habitattypen			
H1110B Permanent overstroomde zandbanken (Noordzee-kustzone)	●	●	
H1140B Slik- en zandplaten (Noordzee-kustzone)	●	●	
H1310A Zilte pionierbegroeiingen (zeekraal)	●		
H1310B Zilte pionierbegroeiingen (zeevetmuur)	●		
H1330A Schorren en zilte graslanden (buitendijks)	●		
H2110 Embryonale duinen	●		
H2190B Vochtige duinvalleien (kalkrijk)	●		

Noordzeekustzone	Bodemdaling	Stikstofdeposit ie in de aanlegfase	Extra volume zandsuppleties
Habitatrichtlijnsoorten			
H1095 Zeeprik	●	●	
H1099 Rivierprik	●	●	
H1103 Fint	●	●	
H1351 Bruinvis	●	●	
H1364 Grijze zeehond	●	●	
H1365 Gewone zeehond	●	●	
H1903 Groenknolorchis	●	●[1)]	
Broedvogels			
Kwelders en stranden			
A137 Bontbekplevier	●	●[1)]	
A138 Strandplevier	●	●[1)]	
A195 Dwergstern	●	●[1)]	
Niet-broedvogels			
Visetende soorten			
A001 Roodkeelduiker	●	●	
A002 Parelduiker	●	●	
A017 Aalscholver	●	●	
Naar schelpdieren duikende soorten			
A062 Topper	●	●	
A063 Eider	●	●	
A065 Zwarte zee-eend	●	●	
Benthoseters			
A048 Bergeend	●	●	
A130 Scholekster	●	●	
A132 Kluut	●	●	
A137 Bontbekplevier	●	●	

Noordzeekustzone	Bodemdaling	Stikstofdeposit ie in de aanlegfase	Extra volume zandsuppleties
A141 Zilverplevier	●	●	
A143 Kanoet	●	●	
A144 Drieteenstrandloper	●	●	
A149 Bonte strandloper	●	●	
A157 Rosse grutto	●	●	
A160 Wulp	●	●	
A169 Steenloper	●	●	
A177 Dwergmeeuw	●	●	

Duinen Ameland	Bodemdaling	Stikstofdeposit ie in de aanlegfase	Extra volume zandsuppleties
Habitattypen			
H1330A Schorren en zilte graslanden (buitendijks)	●		
H2120 Witte duinen	●		
H2130 A Grijze duinen (kalkrijk)	●		
H2130 B Grijze duinen (kalkarm)	●		
H2130 C Grijze duinen (heischraal)	●		
H2140A Duinheiden met kraaihei (vochtig)	●		
H2140 B Duinheiden met kraaihei (droog)	●		
H2150 Duinheiden met struikhei	●		
H2160 Duindoornstruwelen	●		
H2170 Kruipwilgstruwelen	●		
H2180A Duinbossen (droog	●		
H2180B Duinbossen (vochtig)	●		
H2180C Duinbossen (binnenduinrand)	●		

Duinen Ameland	Bodemdaling	Stikstofdeposit ie in de aanlegfase	Extra volume zandsuppleties
H2190A Vochtige duinvalleien (open water)	●		
H2190B Vochtige duinvalleien (kalkrijk)	●		
H2190C Vochtige duinvalleien (ontkalkt)	●		
H2190D Vochtige duinvalleien (hoge moerasplanten)	●		
H6230 Heischrale graslanden	●		
Habitatrichtlijnsoorten			
H1364 Grijze zeehond	●	●	
H1903 Groenknolorchis	●	●	
Broedvogels			
Duinen & Duinvalleien			
A021 Roerdomp	●	●[1)]	
A063 Eider	●	●[1)]	
H081 Bruine Kiekendief	●	●[1)]	
A082 Blauwe Kiekendief	●	●[1)]	
A119 Porseleinhoen	●	●[1)]	
A222 Velduil	●	●[1)]	
A277 Tapuit	●	●[1)]	
A295 Rietzanger	●	●[1)]	
A338 Grauwe Klauwier	●	●[1)]	

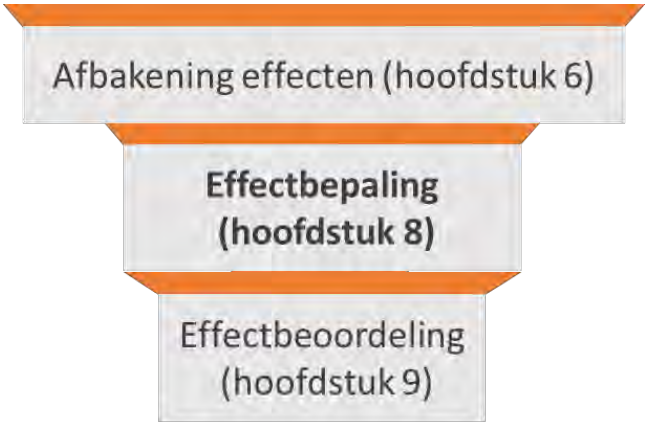
Duinen Schiermonnikoog	Bodemdaling	Stikstofdepositie in de aanlegfase	Extra volume zandsuppleties
Habitattypen			
H1310B Zilte pionierbegroeiingen (zeevetmuur)	●		●
H1330A Schorren en zilte graslanden (buitendijks)	●		●

Duinen Schiermonnikoog	Bodemdaling	Stikstofdepositie in de aanlegfase	Extra volume zandsuppleties
H2120 Witte duinen	●		●
H2130A Grijze duinen (kalkrijk)	●		●
H2130B Grijze duinen (kalkarm)	●		●
H2130C Grijze duinen (heischraal)	●		●
H2160 Duindoornstruwelen	●		●
H2170 Kruipwilgstruwelen	●		●
A2180A Duinbossen (droog)	●		●
H2180B Duinbossen (vochtig)	●		●
H2180C Duinbossen (binnenduinrand)	●		●
H2190A Vochtige duinvalleien (open water)	●		●
H2190B Vochtige duinvalleien (kalkrijk)	●		●
H2190C Vochtige duinvalleien (ontkalkt)	●		●
H2190D Vochtige duinvalleien (hoge moerasplanten)	●		●
H6410 Blauwgraslanden	●		●
Habitatrichtlijnsoorten			
H1903 Groenknolorchis	●	●[1)]	●
Broedvogels			
Duinen & Duinvalleien			
A021 Roerdomp	●	●[1)]	●
A063 Eider	●	●[1)]	●
A081 Bruine Kiekendief	●	●[1)]	●
A082 Blauwe Kiekendief	●	●[1)]	●
A222 Velduil	●	●[1)]	●
A275 Paapje	●	●[1)]	●
A277 Tapuit	●	●[1)]	●

8 EFFECTBEPALING

8.1 Inleiding

Hiervoor is in hoofdstuk 6 beschreven welke effecten wel en welke niet kunnen optreden bij de gasboring en gaswinning Ternaard, waarbij ook is ingegaan op de effecten door de extra kustsuppleties die ten gevolge van de met de gaswinning samenhangende bodemdaling nodig zijn. In Tabel 6-1 in paragraaf 6.1.16.3 is opgenomen welke potentiële effecten kunnen optreden. Daarna is in Hoofdstuk 7 beschreven welke morfologische kenmerken en welke Natura 2000-instandhoudingsdoelen de betrokken Natura 2000-gebieden Waddenzee en Noordzeekustzone hebben. Aan het einde van Hoofdstuk 7 is per Natura 2000-gebied een tabel opgenomen waarin is aangegeven op welke habitattypen en soorten effecten kunnen worden uitgesloten, zodat een beperkt aantal potentiële effecten overblijven. In het voorliggende hoofdstuk 8 (Effectbepaling) wordt voor deze potentiële effecten bepaald wat de mogelijke effecten zijn op de morfologische kenmerken van de Waddenzee en op de instandhoudingsdoelstellingen. Alleen effecten die op basis van deze effectbepaling niet met zekerheid kunnen worden uitgesloten, worden in het volgende hoofdstuk nader beoordeeld.



8.2 Morfologische effectbepaling

De beoordeling voor de morfologische veranderingen heeft alleen betrekking op de winning. De effectketen loopt geheel via de bodemdaling die door de gaswinning onder de Waddenzee optreedt. Tijdens de aanlegfase vinden geen effecten plaats op de morfologie en daarom vindt in deze paragraaf alleen een beoordeling van de winning plaats.

8.2.1 Grootschalige sedimentatie

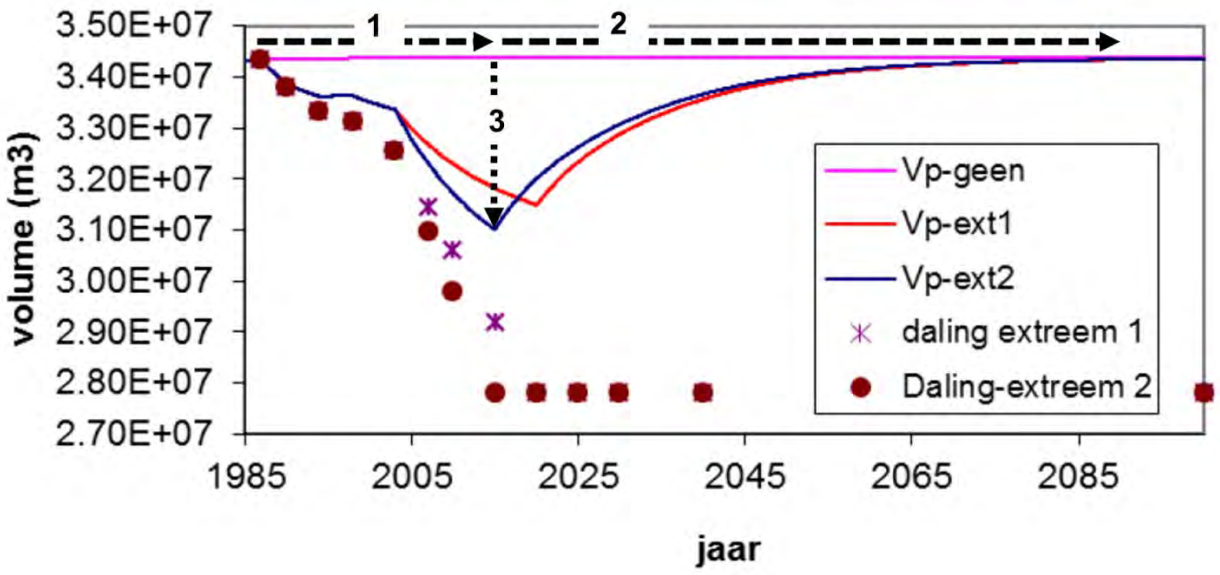
Bij de bodemdaling die optreedt bij de gaswinning wordt de beschikbare gebruiksruimte per kombergingsgebied als harde grens gehanteerd. Deze randvoorwaarde wordt op voorhand toegepast bij het vaststellen van het maximaal winbare volume aan gas en tijdens de winning door te werken volgens de HadK-systematiek, zoals is beschreven in Hoofdstuk 4. De bodemdaling door alle gaswinning (de voorgenomen gaswinning Ternaard en de bestaande gaswinningen Ameland en MLV) in de beïnvloede kombergingsgebieden Pinkegat en Borndiep zal daarom in combinatie met de zeespiegelstijging het meegroeivermogen van de betreffende kombergingsgebieden nooit overschrijden (Figuur 4-1). Omdat de omvang van de bodemdaling door de gaswinningen het meegroeivermogen niet overschrijdt als gevolg van de bodemdaling door gaswinning, blijven het geomorfologische evenwicht en de sedimentbalans van de kombergingsgebieden in stand. Dit is aangetoond in de Passende beoordeling voor de gaswinning Waddenzee (Ministerie van Economische Zaken, 2006), in aanvullend onderzoek dat is uitgevoerd als onderdeel van de monitoring bij die gaswinning (Wang *et.al.,* 2017) en in onderzoek in opdracht van de Waddenacademie (van der Spek, 2018, Wang et al., 2018). Deze onderzoeken omvatten alle bodemdaling onder de kombergingsgebieden, ongeacht het gasveld of de gasvelden waaruit de winning plaatsvindt. De resultaten van deze onderzoeken zijn daarom ook van toepassing op de bodemdaling door de gaswinning

Ternaard. Het toepassen van de HadK-systematiek, zoals uitgebreid beschreven in Hoofdstuk 3, betekent dat geen effecten zullen optreden op de kenmerkende morfologische elementen en processen in de Waddenzee. Structurele effecten op de sedimenthuishouding en de morfologie van de Waddenzee als gevolg van de bodemdaling door gaswinning, waaronder de gaswinning Ternaard, zullen dan ook niet optreden.

8.2.2 Plaatareaal, droogvalduur

De modellen voor het berekenen van de gevolgen van de bodemdaling op de morfologie, waaronder het ASMITA-model (Oost et al., 1998; Wang et al., 2017; 2018), laten allemaal een tijdelijke afname zien van het sedimentvolume van de droogvallende platen. Deze tijdelijke en beperkte afname van het sedimentvolume van de platen, triggert de aanvoer van extra sediment vanuit de kustzone en naar de platen en geulen in het kombergingsgebied. De bodemdaling die optreedt door de gaswinning brengt een extra netto transport van zand en slib op gang (extra ten opzichte van het netto transport onder invloed van de -versneld- stijgende zeespiegel), zodat de afname van het sedimentvolume van de wadplaten kleiner is dan omvang van de bodemdaling onder de wadplaten (Oost et al., 1998; Ministerie van Economische Zaken, 2006; Wang *et.al.,* 2017).

De berekende afname van het sedimentvolume van de wadplaten door Wang en Eysink (2005) en aangevuld in Wang *et.al.* (2017), is gebruikt om de tijdelijke afname van de hoogte en het areaal van de wadplaten te bepalen. De afname van het sedimentvolume van de wadplaten is kleiner dan de bodemdaling door gaswinning, omdat 1. De bodemdaling deels onder de geulen en deels onder de wadplaten plaatsvindt; 2. Extra aanvoer van sediment plaatsvindt. De bodemdaling onder de geulen leidt niet tot een afname van het sedimentvolume van de platen. Figuur 8-1 toont de met het Asmita model gemodelleerde response van het plaatvolume bij twee hypothetische bodemdalingsscenario's, zoals die zijn opgenomen in Wang et al. (2017). In de grafiek zijn zowel de bodemdalingsvolumes getoond, als de ontwikkeling van het plaatvolume in de loop van de tijd. In de periode waarin de bodemdaling plaatsvindt (aangegeven met de pijl bij 1) is sprake van een afname van het plaatvolume. In de periode na de bodemdaling (aangegeven met de pijl bij 2) neemt het plaatvolume toe, totdat het op hetzelfde niveau is als het plaatvolume zonder bodemdaling. De maximale omvang van de volume afname (aangegeven met de pijl bij 3) is ongeveer 50% van het totale bodemdalingsvolume.



Figuur 8-1 Grafiek met de ontwikkeling van het bodemdalingsvolume in het Pinkegat bij twee scenario's 'extreem 1' en 'extreem 2' (de punten in de grafiek), de ontwikkeling van het volume sediment in de droogvallende plaat (Vp-geen), en de ontwikkeling van het sedimentvolume in de plaat onder invloed van de twee bodemdalingscenario's (Vp-extr 1: extreem 1 en Vp-extr 2: extreem 2). Afkomstig uit Wang et al. (2017)

Voor het berekenen van de tijdelijke afname van het sedimentvolume van de wadplaten in het kombergingsgebied Pinkegat is uitgegaan van de berekeningsresultaten van Wang en Eysink (2005) en Wang *et.al.* (2017) die zijn getoond in Figuur 8-1: de afname van het sedimentvolume van de platen door bodemdaling wordt voor 50% aangevuld door extra aanvoer van zand en slib. Aangenomen wordt dat ¼ van de bodemdaling plaatsvindt onder geulen en ¾ onder wadplaten. Op basis van de genoemde percentages, in combinatie met de berekende belasting van de gebruiksruimte door gaswinning (meegroeivermogen van 6 mm/jaar voor het Pinkegat, in combinatie met het TNO 2016 zeespiegelstijgingsscenario) bedraagt de maximale jaarlijkse afname van het sedimentvolume van de droogvallende platen 73.000 m^3. Deze tijdelijke afname van het sedimentvolume komt overeen met een afname van de hoogte van de platen met maximaal 1,6 mm, gemiddeld over alle platen in het gehele kombergingsgebied. Deze afname is kleiner dan de resolutie van centimeters die wordt gehanteerd bij het meten van de hoogte van de platen (vaklodingen Rijkswaterstaat). De droogvalpercentages van de platen veranderen niet door deze hoogteafname.

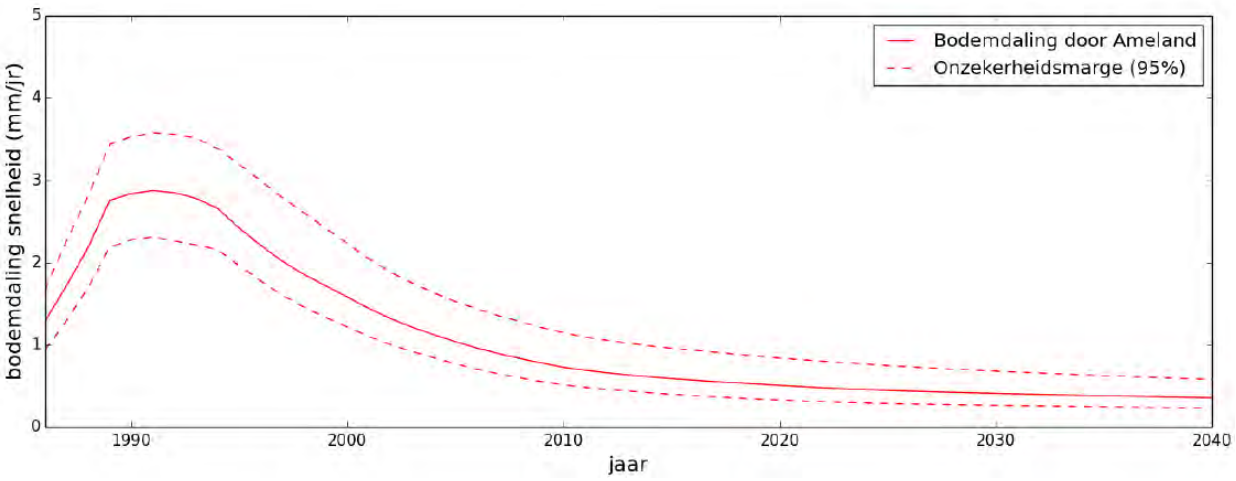
De langjarige afname van het sedimentvolume van de droogvallende platen is klein in vergelijking tot de grote variatie die optreedt op kortere tijdschalen, zoals bijvoorbeeld waargenomen met de LiDAR metingen (Schrijfershof, 2018; van der Lugt et al. 2019). De tijdelijke afname van het sedimentvolume leidt niet tot een meetbare of merkbare afname van het plaatareaal.

Omdat de bodemdalingsvolumes onder het Borndiep kombergingsgebied beduidend kleiner zijn dan die in het Pinkegat, zal de berekende maximale afname van de plaathoogte nog veel kleiner zijn dan de 1,6 mm. Vanwege de zeer beperkte omvang (minder dan 1 mm) is deze niet berekend.

Het toepassen van de HadK-systematiek, zoals uitgebreid beschreven in Hoofdstuk 3, betekent dat meetbare en merkbare veranderingen van het areaal en de droogvalpercentages van de wadplaten niet zullen optreden als gevolg van de bodemdaling door de gaswinning Ternaard.

De bodemdaling stopt niet volledig na het beëindigen van de gaswinning, omdat daarna nog sprake is van een zekere na-ijling van de bodemdaling. Figuur 8-2 toont de voorspelling van de reeds opgetreden en de toekomstige bodemdaling bij de gaswinning Ameland, waarbij de gemiddelde bodemdaling is weergegeven, met een onzekerheidsmarge. Duidelijk is dat de bodemdaling na aanvang van de gaswinning in eerste instantie sneller ging, tot de maximale snelheid werd bereikt in het begin van de jaren ’90. Daarna is de snelheid van bodemdaling afgenomen. De ‘staart’ van de grafiek aan de rechterzijde is het na-ijleffect. Het na-ijleffect is nadrukkelijker in beeld gekomen bij de studies naar de tijdsafhankelijke bodemdaling (ook wel bekend als de LTS-studies, zie ook paragraaf 3.3.10), maar was ook al onderwerp van aandacht in de Passende beoordeling Gaswinning Waddenzee (Ministerie van EZ, 2006). Op het moment van opstellen van de Passende beoordeling was duidelijk dat na beëindiging van de gaswinning nog gedurende enige tijd bodemdaling zou voortduren. In de Passende beoordeling Gaswinning Waddenzee (Ministerie van EZ, 2006) is over deze na-ijling dan ook opgemerkt: “… *Aangezien het cumulatief gaat om enkele millimeters tot 2100 is er wetenschappelijk gezien redelijkerwijs geen twijfel dat dit effect de natuurwaarden van de Wadden of aangrenzende kusten niet beïnvloedt. In beide gevallen zullen deze effecten verdwijnen door sedimentatie, zolang de zeespiegelstijgsnelheid nog gebruiksruimte overlaat. Mocht dat laatste niet het geval zijn (alleen bij een zeer extreme zeespiegelstijgingsontwikkeling) dan verdrinkt het gebied enkele jaren eerder dan door autonome ontwikkelingen het geval zou zijn.*” De berekeningen laten zien dat met “enkele jaren” een periode van hooguit één tot twee jaar omvat. Deze beoordeling uit de Passende beoordeling Gaswinning Waddenzee (Ministerie van EZ, 2006) is onverkort van kracht, inclusief de mogelijke na-ijling door de gaswinning Ternaard.

Meetbare en merkbare veranderingen van het areaal en de droogvalpercentages van de wadplaten zullen na beëindiging van de gaswinning Ternaard niet optreden als gevolg van het na-ijlen van de bodemdaling.



Figuur 8-2 Grafiek met de gemiddelde snelheid van daling in de loop van de tijd in kombergingsgebied Pinkegat door de gaswinning Ameland. De stippellijnen zijn de boven- en ondergrens van het betrouwbaarheidsinterval (NAM, 2017).

8.2.3 Sedimentsamenstelling

De abiotische en biotische processen in de Waddenzee veranderen niet als gevolg van de bodemdaling door de voorgenomen gaswinning, zie paragraaf 7.2.4. Omdat deze processen en de condities in de kombergingsgebieden vergelijkbaar blijven, zoals wordt gewaarborgd door het toepassen van de HadK-systematiek, verandert de sedimentsamenstelling in de Waddenzee niet. De effectketen van de gaswinning werkt niet door tot op het niveau van de sedimentsamenstelling. Dat betekent dat geen sprake zal zijn van een verandering in de sedimentsamenstelling door de voorgenomen gaswinning Ternaard.

8.2.4 Kwelders

De bodemdalingsschotel die ontstaat door de gaswinning bij Ternaard heeft het zwaartepunt onder de Waddenzee. De vastelandskwelders liggen aan de buitenzijde van de bodemdalingsschotel, zodat de totale bodemdaling onder de kwelders aan het einde van de gaswinning maximaal enkele centimeters bedraagt. Binnen het beïnvloedingsgebied van de gaswinning Ternaard bevinden zich twee kleine kwelders: ‘t Skoar en de Kromme Horne en het gebied met pioniervegetatie ten zuiden van de kwelderrand van de Hon op Oost Ameland.

De autonome ontwikkeling van de kwelders ‘t Skoar en de Kromme Horne is beschreven in paragraaf 7.2.5. De bodemdaling onder ‘t Skoar blijft kleiner dan 1mm per jaar. Voor de Kromme Horne is dat iets meer vanwege cumulatie van bodemdaling die optreedt als gevolg van de gaswinning uit het gasveld Nes. Deze cumulatie leidt tot een verwachte totale bodemdaling onder de kwelder van ca. 8 cm in de eindfase (2050). De bodemdaling van enkele millimeters per jaar is weinig in vergelijking met de waargenomen gemiddelde sedimentatie van 7 -14 mm/jaar die op de kwelders plaats kan vinden (Van Duin et al., 2016a). De omvang van de bodemdaling door de voorgenomen winning bij Ternaard onder de vastelandskwelders is dermate klein dat deze leidt niet tot een verandering in de trend van de hoogteontwikkeling van de kwelders. De trend in de hoogteontwikkeling wordt gedomineerd door de sedimentatie en deze doet de lokaal optredende bodemdaling meer dan te niet. De daadwerkelijke ontwikkeling van deze kwelderhoogte wordt bepaald door de snelheid van sedimentatie in verhouding tot de versnelde stijging van de zeespiegel. Bij versnelde zeespiegelstijging tot boven het meegroeivermogen van 6 mm/jaar voor het Pinkegat kan de zeespiegelstijging de sedimentatie op deze kwelders ‘inhalen’. De gaswinning is dan al beëindigd, omdat geen gebruiksruimte meer beschikbaar is. De bodemdaling door de gaswinning Ternaard heeft dus geen gevolgen voor de hoogteontwikkeling van de kwelders.

In het gebied ten zuiden van het eiland Ameland aan de oostpunt van de Hon, waar in de meest noordelijk gelegen bodemdalingsschotel uit winningsplan (NAM, 2019) de contour van 2 cm bodemdaling loopt, is op de hoge wadplaat op verschillende plekken zilte pionierbegroeiingen (habitattype H1310) aanwezig. De sedimentatie in dit gebied is voldoende groot om de lokale bodemdaling te niet te doen en een bodemhoogte toename van tenminste 1 decimeter te realiseren. De omvang van de extra toekomstige bodemdaling door

de gaswinning Ternaard is in deze omgeving iets meer dan 2 cm gedurende de gehele periode van winning. De omvang van de bodemdaling door de gaswinning Ternaard is dermate klein, dat deze geen gevolgen zal hebben voor de hoogte-ontwikkeling van dit gebied. De bodemdaling zal dan ook geen invloed op hebben op de mogelijke uitbreiding en ontwikkeling van de vegetatie ten zuiden van de kwelderrand van de Hon.

De kwelders bij Ameland-oost liggen buiten de bodemdalingsschotel die ontstaat door de voorgenomen winning bij Ternaard, zodat deze niet leidt tot een verandering in de hoogteontwikkeling van deze eilandkwelders.

8.2.5 Conclusie

De conclusies uit de voorgaande paragrafen over bodemdaling door de voorgenomen gaswinning Ternaard en de morfologie zijn hieronder op rij gezet:

- Wordt uitgevoerd binnen de beschikbare gebruiksruimte (zie Hoofdstuk 4) en leidt derhalve niet tot blijvende gevolgen voor de morfologie van de Waddenzee.
- Leidt met een tijdelijke afname van de hoogte van de platen met maximaal 1,6 mm, niet tot meetbare of merkbare gevolgen voor de geulen en platen in de Waddenzee.
- Heeft geen gevolgen voor de kwelders.
- Heeft geen gevolgen voor de sedimentsamenstelling van de Waddenzee.

De beoordeling van deze gevolgen in termen van de Wet natuurbescherming vindt in de volgende paragraaf plaats.

8.3 Ecologische effectbepaling

8.3.1 Aanlegfase

Zoals aangegeven in hoofdstuk 5 Beoordelingskader vindt de beoordeling van de effecten van stikstofdepositie plaats via een individuele projectbeoordeling stikstofdepositie opdat het PAS niet langer gebruikt kan worden als grondslag voor vergunningverlening.

Mitigatie van de emissie

Om de stikstofdepositie zo laag mogelijk te houden is een aantal matregelen getroffen. Voor de boringen wordt de boorinstallatie T700 ingezet of vergelijkbaar. De boorinstallatie wordt van elektrische energie voorzien door dieselgeneratoren. Om de emissie van stikstof zo veel als mogelijk te beperken is gekozen uitsluitend modern materieel (STAGE IV/Tier 4 final) in te zetten. De generatoren die tijdens de boring worden gebruikt hebben doordat een moderne nageschakelde techniek (scrubber) wordt toegepast een emissiefactor die lager is dan de standaard emissiefactor voor STAGE IV materieel. Uit metingen blijkt dat de NO_x uitstoot bij een boring 0,22 gram per kWh opgewekte energie betreft. Ter vergelijking, materieel van Stage-klasse IV heeft een emissie van minimaal 0,9 gram NO_x per kWh. Op deze wijze wordt de emissie van NO_x sterk gereduceerd.

Verder wordt voor alle overige mobiele werktuigen eveneens uitsluitend gebruik gemaakt van materieel van STAGE klasse IV.

In rapport Bijlage B zijn de uitgangspunten van de berekening verder uitgewerkt en toegelicht.

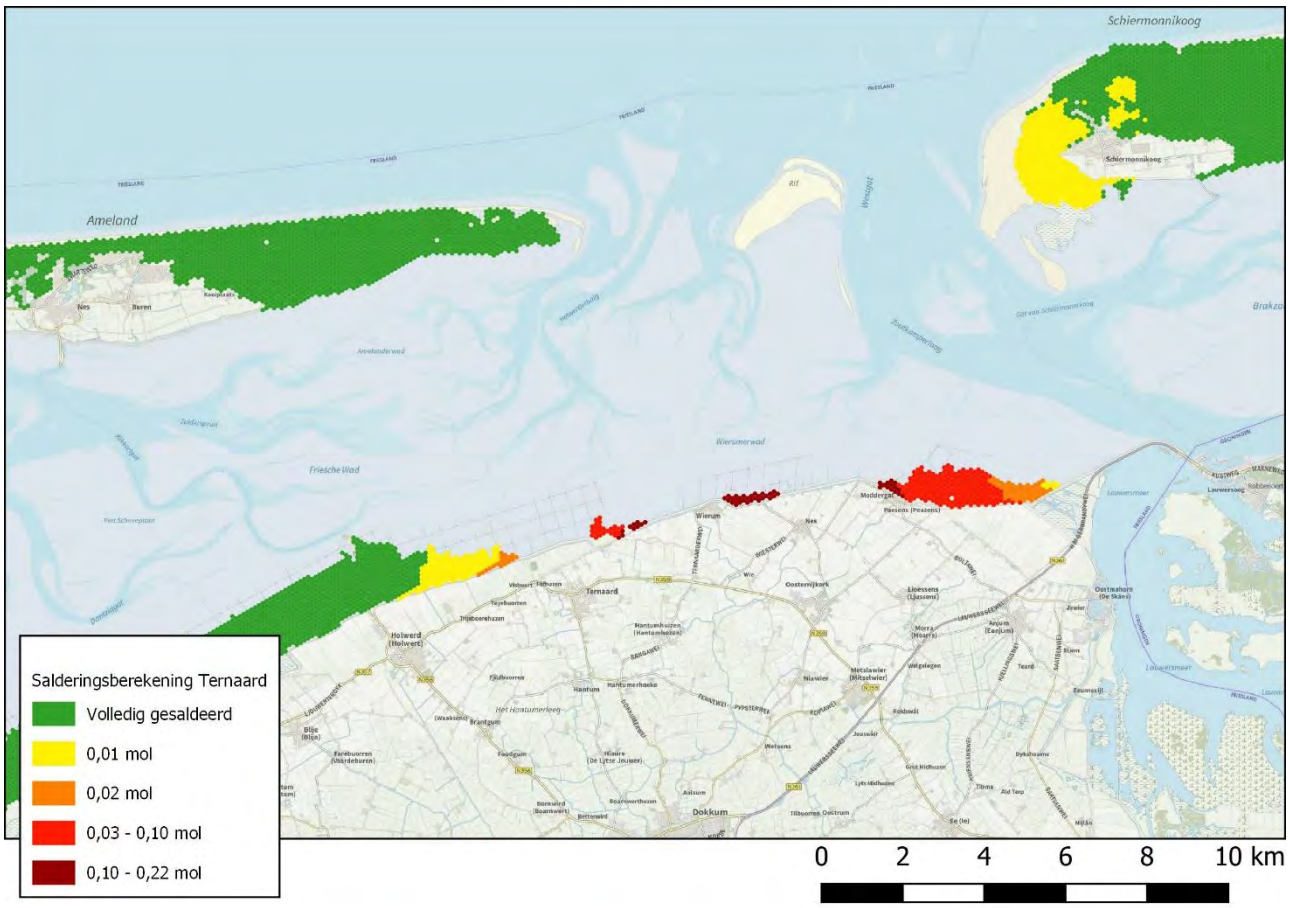
Saldering van de depositie

Om het gebied waarbinnen een toename van depositie op zal kunnen treden verder te verkleinen en de omvang van de depositie die op kan treden te verlagen is besloten gebruik te maken van de regeling die het mogelijk maakt depositieruimte te ‘leasen’. Daarvoor wordt de maximaal vergunde emissie voor de offshore platforms L09 en K14 tijdelijk verlaagd. De salderingsruimte die dit oplevert wordt benut voor het project Ternaard. Informatie over de vergunningen voor L09 en K14 en de manier waarop de maximale emissie ten behoeve van het verleasen wordt geborgd is opgenomen in een separaat memo van NAM, met kenmerk EP202102203912 (opgenomen in bijlage F).

Ter onderbouwing is een vergelijkingsberekening uitgevoerd. Deze berekening is opgenomen in Bijlage B. Het resultaat van de saldering is in onderstaande tabel en figuur getoond. Uit beide volgt dat de saldering niet de volledige depositie dekt, waardoor een resteffect overblijft.

Tabel 8-1 Tijdelijke depositie (maximaal) op overbelaste delen Natura 2000-gebieden (Depositie in mol N/ha) De maximale depositie op het Natura 2000-gebied Waddenzee is hoger op het niet overbelaste deel, en bedraagt daar maximaal 0,24 mol N/ha ongesaldeerd en 0,22 mol gesaldeerd.

Natura 2000-gebied	Depositie op overbelast gebied ongesaldeerd	Depositie op overbelast gebied gesaldeerd
Waddenzee	0,10	0,08
Duinen Schiermonnikoog	0,03	0,01
Noordzeekustzone	0,02	0,00
Duinen Ameland	0,01	0,00
Groote Wielen	0,01	0,00



Figuur 8-3 Resterende depositie op stikstofgevoelige habitats in de omliggende Natura 2000-gebieden Vergelijk met Figuur 6-2 op pagina 53 waarin de ongesaldeerde depositie is getoond.

Uit de berekening blijkt dat na salderen de eenmalige depositie ten gevolge van de werkzaamheden maximaal 0,22 mol N/ha bedraagt in het Natura 2000-gebied Waddenzee. Deze toename vindt echter plaats op een locatie waar de kritische depositiewaarde (KDW) van aanwezige habitattypen niet wordt

overschreden. Op locaties met een achtergrondwaarde van de stikstofdepositie die een (naderende)[17] overschrijding van de kritische depositiewaarde inhoudt, is de maximale toename van de stikstofdepositie 0,08 mol/ha/jaar op het habitattype H1330A Schorren en zilte graslanden (buitendijks). Op alle andere habitattypen in de Waddenzee waarop depositie plaatsvindt, is deze maximaal 0,01 mol N/ha. De depositie op Duinen Schiermonnikoog is na saldering maximaal 0,01 mol N/ha, en op de gebieden Noordzeekustzone, Duinen Ameland en Groote Wielen is de depositie na saldering nergens hoger dan 0,00 mol N/ha.

De stikstofdepositie is tijdelijk (treedt alleen op in de aanlegfase), en is op (naderend) overbelaste delen van de Natura 2000-gebieden zeer laag, namelijk maximaal 0,08 mol N/ha). In het volgende hoofdstuk wordt alle depositie ten gevolge van het project op overbelast habitat getoetst.

Effectketens doorwerking gevolgen van stikstofdepositie op de habitattypen en soorten in het Natura 2000-gebied Waddenzee

Instandhoudingsdoel: Habitattype/soort(groep)	Effect stikstofdepositie	Gevolg
Alle stikstofgevoelige kwalificerende habitats en leefgebieden van kwalificerende soorten.	Verzuring en vermesting	Toename verruiging en afname kwaliteit habitats en leefgebieden van soorten.

8.3.2 Winningsfase

Bodemdaling

De abiotische processen die optreden in de Waddenzee en de beïnvloeding daarvan door de bodemdaling zijn beschreven in paragraaf 8.2. Het grootste deel van de bodemdaling zal onder het kombergingsgebied van het Pinkegat plaatsvinden. De bodemdaling onder het kombergingsgebied van het Borndiep is zeer klein en wel zo klein dat de mogelijke gevolgen voor bijvoorbeeld het plaatareaal niet kunnen worden berekend, omdat deze veel kleiner is dan resolutie van 1 centimeter, waarmee de plaathoogte wordt bepaald (vaklodingen, Rijkswaterstaat). Vanwege de zeer beperkte omvang van de mogelijke gevolgen voor de hydromorfologie in het kombergingsgebied Borndiep, zal zeker geen sprake zijn van doorwerking op de natuurwaarden in dit gebied. De gevolgen van de bodemdaling door de gaswinning Ameland voor de kwelders bij Ameland, zoals gerapporteerd in Begeleidingscommissie Bodemdaling Ameland (2017), zullen zich niet voordoen bij de kweldergebieden die bodemdaling zullen ondervinden door de gaswinning Ternaard, omdat de bodemdaling door de gaswinning bij Ternaard niet tot de kwelders van Ameland reikt. Voor de twee vastelandskwelders waar de bodemdaling door de gaswinning Ternaard onder plaatsvindt, is in vergelijking met de bodemdaling door de gaswinning Ameland, de voorspelde omvang van de bodemdaling door de gaswinning Ternaard dermate beperkt (maximaal enkele centimeters, in plaats enkele decimeters), dat dergelijke gevolgen niet aan de orde zijn.

Om de effecten van de bodemdaling te bepalen en beoordelen, is informatie nodig over de relaties tussen het abiotisch functioneren van het systeem en de invloed daarvan op de instandhoudingsdoelen. Deze relaties worden weergegeven in zogenaamde effectketens (Tabel 8-2) met daarin de abiotische onderdelen, de vegetatie- of habitattypen en welke functies deze hebben voor habitatrichtlijnsoorten en vogelsoorten (al dan niet gegroepeerd bij een vergelijkbare levenswijze).

Tabel 8-2 Effectketens doorwerking gevolgen van bodemdaling op de habitattypen en soorten in het Natura 2000-gebied Waddenzee

Instandhoudingsdoel: Habitattype/soort(groep)	Effect Bodemdaling → Hydromorfologie	Gevolg
[H1110A] Permanent overstroomde zandbanken (Waddenzee)]	Verschuiving laagwaterlijn	Toename areaal overstroomde banken (ten koste van H1140A)

[17] Hierbij is rekening gehouden met de “veiligheidsmarge” van 70 mol die ook in Aerius wordt toegepast.

Instandhoudingsdoel: Habitattype/soort(groep)	Effect Bodemdaling → Hydromorfologie	Gevolg
[H1140A] Slik- en zandplaten (Waddenzee)	Verschuiving laagwaterlijn	Afname areaal slikken en platen Toename overstromingsduur
[H1310A] Zilte pionierbegroeiingen (zeekraal) [H1330A] Schorren en zilte graslanden (buitendijks)	Verticaal effect: Vernatting kwelders & Horizontaal: Kliferosie	Regressie (verjonging) vegetatie ↓ Toename (tijdelijke) pionierzone Afname areaal hoge kwelder
Niet-broedvogels (grondeleenden)	Verschuiving laagwaterlijn	Afname areaal dat droogvalt ↓ Afname voedselbeschikbaarheid
Niet-broedvogels (kwelder foerageerders & grondeleenden)	Vernatting kwelders	Afname areaal hoge kwelders ↓ Afname oppervlak foerageergebied
Niet-broedvogels (viseters)	Verschuiving laagwaterlijn	Toename areaal permanent overstroomde zandbanken ↓ Toename areaal foerageergebied
Niet-broedvogels (benthoseters)	Verlaging permanent overstroomde zandbanken	Dieper duiken voor schelpdiereters → Hoger energieverbruik → Verlaagde overlevingskans Habitatverslechtering schelpdieren → Afname biomassa → Verlaagde overlevingskans
Niet-broedvogels (steltlopers)	Verschuiving laagwaterlijn	Afname areaal dat droogvalt ↓ Afname voedselbeschikbaarheid

Uit paragraaf 8.2 blijkt dat de bodemdaling door de voorgenomen gaswinning Ternaard, met als harde randvoorwaarde dat de bodemdaling door alle gaswinning de beschikbare gebruiksruimte niet overschrijdt en de borging daarvan gedurende de winning door het toepassen van de HadK-systematiek:

- Niet leidt tot meetbare of merkbare gevolgen voor de geulen en platen in de Waddenzee.
- Geen gevolgen heeft voor de kwelders.
- Geen gevolgen heeft voor de sedimentsamenstelling van de Waddenzee.

Op grond van het bovenstaande wordt geconcludeerd dat als gevolg van de gaswinning Ternaard geen effecten zullen optreden op de kenmerkende morfologische elementen en processen van de Waddenzee. In Tabel 8-3 is aangegeven wat de gevolgen hiervan zijn voor de habitattypen en soorten die gevoelig zijn voor de effecten van bodemdaling, volgens de relaties die zijn weergegeven in Tabel 8-2.

Tabel 8-3 Beoordeling mogelijke effecten van bodemdaling op habitattypen en soorten

Instandhoudingsdoel: Habitattype/soort(groep)	Effect Bodemdaling → Hydromorfologie	Effect ecologie
[H1110A] Permanent overstroomde zandbanken (Waddenzee)	Geen verschuiving van de laagwaterlijn, areaal blijft gelijk. Geen gevolgen voor sedimentsamenstelling	Geen effect

Instandhoudingsdoel: Habitattype/soort(groep)	Effect Bodemdaling → Hydromorfologie	Effect ecologie
[H1140A] Slik- en zandplaten (Waddenzee)	Geen verschuiving laagwaterlijn, areaal blijft gelijk. Geen gevolgen voor sedimentsamenstelling	Geen effect
[H1310A] Zilte pionierbegroeiingen (zeekraal) [H1330A] Schorren en zilte graslanden (buitendijks)	Geen gevolgen voor kwelders (vernatting, kliferosie)	Geen effect
Broedvogels (hogere kwelders)	Geen aantasting van kwelders. Geen toename van overstroming van kwelders	Geen effect
Niet-broedvogels (viseters)	Areaal blijft gelijk. Geen gevolgen voor voedselbeschikbaarheid	Geen effect
Niet-broedvogels (benthoseters)	Areaal blijft gelijk. Geen gevolgen voor sedimentsamenstelling en voedselbeschikbaarheid	Geen effect
Niet-broedvogels (grondeleenden)	Areaal blijft gelijk. Geen gevolgen voor sedimentsamenstelling en voedselbeschikbaarheid	Geen effect
Niet-broedvogels (steltlopers)	Geen wijziging in het systeem, areaal blijft gelijk (kwelder Ameland ligt buiten dalingsbereik)	Geen effect

Beoordeling
Uit de nadere effectbepalingen in de vorige paragrafen blijkt dat de bodemdaling door de voorgenomen gaswinning Ternaard niet leidt tot wijzigingen in het Waddenzeesysteem en dat geen sprake is van meetbare of merkbare gevolgen voor het areaal geulen, platen of kwelders en de sedimentsamenstelling. Negatieve effecten op de natuurlijke kenmerken van de Waddenzee treden niet op. Op zowel habitattypen, habitatrichtlijnsoorten, broedvogels en niet-broedvogels treden geen negatieve effecten op.

8.3.3 Extra volume zandsuppleties

Bij de beoordeling van de suppleties die nodig zijn als gevolg van de gaswinning Ternaard moet bedacht worden dat het om een relatief kleine toevoeging (minder dan 10%) gaat ten opzichte van de tot nog toe uitgevoerde suppleties ten behoeve van kustlijnzorg. De omvang van de zandsuppleties bedraagt ten hoogste 120 x 10^3 m^3/per jaar in het begin van de beschouwde periode, met een totale omvang van 1,76 x 10^6 m^3 tot 2050 (zie paragraaf 6.2.7). Het gemiddelde jaarlijkse suppletievolume bedroeg 1,49 x 10^6 m^3 in de periode 2007-2016 (paragraaf 7.2.6). Vanwege de dynamiek van de kust van Ameland is het aannemelijk dat het suppletievolume voor de kustlijnzorg in de toekomst tenminste zo groot zal zijn als de afgelopen jaren. Bij een versneld stijgende zeespiegelstijging en wanneer uitvoering wordt gegeven aan het beleid om het zandvolume van het kustfundament de zeespiegel te laten volgen, zal het volume aan zandsuppleties toenemen (zie paragraaf 7.2.6).

De effecten van de winning van het suppletiezand zijn in detail beschreven in het MER Winning suppletiezand Noordzee 2018 t/m 2027 (Van Duin et al., 2017) en de bijbehorende “Nadere verdieping effecten Natura 2000” (Kleijberg et al., 2017), waarin is vastgesteld dat significante effecten op beschermde Natura-2000 waarden als gevolg van zandwinning worden uitgesloten. Het MER en de “Nadere verdieping” worden hieronder niet herhaald, wel worden hier de effecten van de zandsuppleties beschreven.

Waterbeweging en morfologie

De stroomsnelheid kan veranderen wanneer grote hoeveelheden sediment in het water worden gebracht (Bray, 2008). Dit effect is op en rondom een suppletielocaties het grootst en kan daar van invloed zijn op het lokale bodemleven. De effecten zijn ten opzichte van het Natura 2000-gebied Noordzeekustzone echter lokaal en kleinschalig. Ook kent de plaats waar de suppletie wordt uitgevoerd een grote, natuurlijke dynamiek. De suppleties zullen voor dit aspect dan ook zeker geen significante effecten met zich meebrengen.

In onder andere Rijkswaterstaat (2016c) en Koolstra (2017 en 2018) zijn de effecten op morfologie en het bodemleven beschreven en beoordeeld. Door suppleties wordt een deel van het habitattype H1110B Permanent overstroomde banken bedekt, maar er is geen sprake van oppervlakteverlies. Kwantitatieve effecten worden hierdoor uitgesloten. Kwalitatief is lokaal wel sprake van een achteruitgang, dat voor de reguliere suppleties betekent dat tot maximaal circa 1,7% van het totaal oppervlak van het habitattype zich in de herstelfase bevindt. De gebieden waar de suppleties uitgevoerd worden zijn de hoog-dynamische delen van de kust, waar ook onder natuurlijke omstandigheden bedekking en rekolonisatie plaatsvindt. Delen van de vooroever zijn geschikt voor de vestiging en aanwezigheid van schelpdierbanken, waaronder Spisula-banken, waarop wordt gefoerageerd door zwarte-zee-eenden.

Waterkwaliteit

Verandering van de waterkwaliteit kan deels door vertroebeling met sediment, nutriënten en verontreiniging ontstaan (Bray, 2008). Dit speelt echter op zeer kleine schaal en heeft derhalve geen invloed (Rijkswaterstaat, 2016c, Koolstra, 2017 en 2018).

(Natuurlijk) sediment-transport

Door de suppletie van zand wordt een nieuwe voorraad zand aangebracht, waarin doorgaans nog een fractie (zeer) fijn zand (en slib) aanwezig is. Fijn zand en slib is mobieler dan grover zand, waardoor dit gemakkelijker kan worden meegevoerd door stromingen. Door relatief hoge dynamiek aan de kust (branding en invloed van wind) blijft de fijnere fractie voor een groot deel in suspensie en wordt dit meegevoerd langs de kust. Dit sedimenttransport door de zee vindt altijd plaats. Een suppletie zal alleen tijdelijk en plaatselijk de hoeveelheid fijn zand en slib verhogen. Door de hoge dynamiek is het water op de vooroever al relatief troebel. Suppleties hebben in relatie tot de natuurlijke situatie geen invloed op de mate waarin kustlangs in noordwaartse richting sedimenttransport plaatsvindt, immers, de suppleties worden uitgevoerd om reeds weggespoeld sediment weer aan te vullen. Het sedimenttransport zal geen gevolgen hebben voor de natuurlijke kenmerken van de Natura 2000-gebieden (Rijkswaterstaat, 2016c en Koolstra, 2018).

Geluid- en trillingsniveaus, beweging en lichtintensiteit

De noodzakelijke suppleties betreffen vooroeversuppleties, waardoor effecten op soorten van strand en zandbanken op voorhand uitgesloten kunnen worden. Voor zeezoogdieren wordt in Rijkswaterstaat (2016c) en Koolstra (2018) gesteld dat het impactgebied dusdanig klein is, dat de soorten te allen tijde kunnen uitwijken. Voor rustende of foeragerende vogels wordt een vergelijkbare redenatie gegeven, waarbij ook genoemd wordt dat de suppleties vooral op locaties uitgevoerd worden met een hoge dynamiek. Deze plekken zijn van natura al minder voedselrijk en dus minder relevant voor bijvoorbeeld zwarte zee-eend en topper. Het is echter niet geheel uit te sluiten dat verstoring optreedt op zee-eenden, door beweging en geluid.

Vermesting door stikstofdepositie

De exacte uitvoeringsperiode voor het extra volume zandsuppletie en het materieel waarmee de uitvoering zal plaatsvinden zijn nog onbekend. Op dit moment is het daardoor niet mogelijk een inhoudelijke beoordeling van uit te voeren van de vermesting en verzuring door het extra volume zandsuppletie. Dat betekent dat voorafgaand aan de betreffende suppleties een aparte effectbeoordeling uitgevoerd moet worden.

8.3.4 Cumulatie

Bij cumulatie worden activiteiten en projecten beschouwd die via dezelfde effectketen aangrijpen, dan wel op dezelfde criteria aangrijpen. Activiteiten en projecten die cumuleren op het gebied van bodemdaling worden beschouwd. Omdat de bodemdaling is gerelateerd aan gebruiksruimte, plaatareaal en kwelders zijn ook

projecten beschouwd die hier mogelijk op aangrijpen, waarbij de kombergingsgebieden Pinkegat en Borndiep worden beschouwd. In de onderstaande tabel zijn de activiteiten en projecten opgenomen waarbij mogelijk sprake is van cumulatie. Onder deze tabel wordt per tabel toegelicht in hoeverre sprake is van cumulatie en wat hiervan de effecten zijn.

Als gevolg van het project is sprake van een tijdelijke depositie, die echter niet zal leiden tot een toename van de totale depositie veroorzaakt door mobiele werktuigen. In de “mobiele werktuigen-regeling” is namelijk onderbouwd dat dergelijke deposities jaarlijks met een gelijke hoeveelheid optreden en dat om die reden een project dat in de realisatiefase maximaal 0,05 mol depositie gedurende maximaal 2 jaar (of een equivalent daarvan) veroorzaakt, niet leidt tot een feitelijke toename van depositie. Omdat geen sprake is van feitelijke toename van stikstofdepositie, is cumulatie voor het aspect stikstofdepositie niet relevant.

Tabel 8-4 Activiteiten en projecten waarbij mogelijk sprake is van cumulatie

	Gebruiksruimte	Plaatareaal	Droogvalduur	Kwelders	Zandsuppleties	Sediment-samenstelling
Gaswinning Ameland	●	●	●	●		●
Gaswinning MLV	●	●	●		●	●
Baggeren en verspreiden vaarweg Holwerd-Ameland						●
Aanleg kortsluitgeul vaarweg Holwerd-Ameland						●
Beheer en gebruik kwelders				●		
Bodemberoerende visserij						●
Dijkversterking Koehool-Lauwersmeerdijk				●		
Zandsuppleties kustlijnzorg					●	

Gebruiksruimte

De gaswinning Ameland vindt plaats sinds de tweede helft van de jaren ’80. Een deel van de bodemdaling door de gaswinning Ameland vindt plaats onder het kombergingsgebied van het Pinkegat, net als de boogde gaswinning Ternaard. Ook voor de gaswinning MLV geldt dat een deel van de bodemdaling plaatsvindt onder het kombergingsgebied van het Pinkegat. Cumulatie treedt op doordat de bodemdaling van de gaswinningen Ameland, MLV en Ternaard de gebruiksruimte van het Pinkegat belasten, zoals zichtbaar in de grafiek met de gebruiksruimte in Figuur 4-1.Bij het kombergingsgebied van het Borndiep is geen sprake van cumulatie, omdat daar geen bodemdaling door andere gaswinning plaatsvindt.

Door de beschikbare gebruiksruimte van elk kombergingsgebied als harde grens te hanteren voor de bodemdaling van alle gaswinningen onder het betreffende kombergingsgebied, worden de effecten van gaswinning altijd in cumulatie beschouwd. Omdat de gecombineerde gaswinningen vanwege het toepassen van de HadK-systematiek voorafgaand en tijdens de winning door het plannen en indien nodig aanpassen van de gasproductie van de verschillende velden, binnen de gebruiksruimte blijft, blijven de morfologische kenmerken en processen in de Waddenzee behouden. Er is dan ook geen sprake van het optreden van significante effecten op de instandhoudingsdoelstellingen van het Natura2000-gebied Waddenzee als gevolg van de structurele veranderingen in de sedimenthuishouding en de morfologie, door de cumulatie van de bodemdaling door verschillende gaswinningen.

Plaatareaal en droogvalduur

De gevolgen voor het plaatareaal en de droogvalpercentages blijven eveneens beperkt doordat binnen de gebruiksruimte wordt gewerkt. Voor de bodemdaling door de gaswinningen Ameland en Waddenzee is een hoogtedaling berekend van minder dan 0,6-1,1 cm gemiddeld over het Pinkegat (Ministerie van Economische Zaken, 2006). Deze hoogtedaling cumuleert met hoogtedaling door de gaswinning Ternaard van 1,6 mm. Ook de gecumuleerde waarden van 0,8-1,3 cm gemiddeld over het Pinkegat rechtvaardigen de conclusie dat geen sprake zal zijn van een meetbare of merkbare afname van het plaatareaal door de bodemdaling als gevolg van alle gaswinningen in het kombergingsgebied Pinkegat. Hetzelfde geldt voor de droogvalduur van de platen, deze zal niet merkbaar of meetbaar veranderen als gevolg van de bodemdaling door de verschillende gaswinningen in het kombergingsgebied Pinkegat. Significante effecten op de instandhoudingsdoelstellingen van het Natura2000-gebied Waddenzee zullen daarom niet optreden als gevolg van veranderingen in het plaatareaal en de droogvalduur door de bodemdaling van de gecumuleerde gaswinningen.

Kwelders

De eilandkwelders bij Ameland-oost vallen buiten de bodemdalingscontour door de gaswinning Ternaard en cumulatie is daar derhalve niet aan de orde. Bij de pioniervegetatie ten zuiden van de oostpunt van de Hon is geen sprake van beheer en treedt derhalve geen cumulatie op door het beheer. Bij dit gebied is wel sprake van cumulatie van de bodemdaling door de gaswinning Ameland met de bodemdaling door de gaswinning Ternaard. De totale bodemdaling zal door de gaswinning Ternaard aan het einde van winning net iets meer dan 2 cm toenemen ten opzichte van de bodemdaling door de gaswinning Ameland. In de huidige situatie, is, ondanks de bodemdaling door de gaswinning Ameland, sprake van een hoogte toename van de wadplaat. De hoogtetoename van deze wadplaat is dermate groot geweest dat de vestiging van pioniervegetatie mogelijk is geworden. In de toekomst zal de gecumuleerde bodemdaling in dit gebied niet groter worden dan de bodemdaling die reeds is opgetreden. De sedimentatie in dit gebied is ruimschoots voldoende om de bodemdaling bij te houden, zodat hier geen gevolgen zullen optreden van de gecumuleerde bodemdaling.

Veranderingen in gebruik en beheer van kwelders kunnen leiden tot grote veranderingen in de vegetatie, de hoogteligging en de sedimentatiesnelheid. Voorbeelden zijn het wel of juist niet laten begrazen van de kwelder en bij het wel begrazen veranderingen in de begrazingsdruk en de inzet van verschillende soorten grazers. Andere voorbeelden zijn het doorstroombaar maken van zomerkades, waardoor zoutwater de delen achter de zomerkade frequenter bereikt. Daar waar bodemdaling door gaswinning onder de kwelder optreedt samen met beheer kan sprake zijn van meetbare gevolgen voor de hoogte- en de vegetatie op de kwelders, zoals is waargenomen op de Hon (de eilandkwelder op Ameland-Oost). Vanwege de zeer beperkte omvang van de bodemdaling door de gaswinning Ternaard is het echter uitgesloten deze gevolgen heeft voor de ontwikkeling van de vastelandskwelders. Derhalve is cumulatie met gebruik en beheer niet aan de orde.

Sedimentsamenstelling

Verschillende activiteiten of voorgenomen projecten hebben in potentie gevolgen voor de sedimentsamenstelling. Regulier beheer van de vaarweg Holwerd-Ameland omvat het baggeren van de vaarweg nabij de veerdam en op enkele drempels en het verspreiden van de opgebaggerde specie op twee locaties, dan wel het ‘op stroom zetten’ van de opgebaggerde specie. Jaarlijks wordt hiervoor meer dan 1 x 10^6 m^3 baggerspecie verplaatst in het kombergingsgebied Borndiep. Het baggeren en verspreiden ten bate van het onderhoud van deze en de andere vaargeulen in de Waddenzee door Rijkswaterstaat is getoetst aan de Natuurbeschermingswet en opgenomen in het Natura2000-Beheerplan Waddenzee. Dit betekent dat geen significant negatieve gevolgen optreden door eventuele veranderingen in de bodemsamenstelling als gevolg van het reguliere vaarwegbeheer. Onderzoek aan de Vaarweg Holwerd-Ameland heeft laten zien dat het aanleggen van een kortsluitgeul waarschijnlijk een positieve bijdrage zal leveren aan de bereikbaarheid van Ameland. Deze geulverruiming is in 2019 gerealiseerd. Bodemberoerende visserij kan in potentie ook leiden tot veranderingen in de bodemsamenstelling.

De bodemdaling door gaswinning Ternaard, die in cumulatie met de andere gaswinning wordt uitgevoerd binnen de grens van de beschikbare gebruiksruimte, leidt niet tot veranderingen in de morfologie en de sedimentatie- en erosieprocessen in de Waddenzee. Omdat de processen niet veranderen, zal ook de sedimentsamenstelling niet veranderen als gevolg van de bodemdaling door gaswinning. Omdat de sedimentsamenstelling niet verandert door de gaswinning, zal ook geen sprake zijn van cumulatie met andere activiteiten of projecten die in potentie gevolgen hebben voor de bodemsamenstelling.

Zandsuppleties

In de meest recente locatie-specifieke Passende beoordeling voor een reguliere zandsuppletie in het kader van kustlijnzorg bij Vlieland (Arcadis, 2016), is onderbouwd dat er geen cumulatieve effecten van gezamenlijke suppleties in het Natura 2000-gebied Noordzeekustzone zijn. Cumulatie van de effecten van verstoring van de strandsuppleties bij Vlieland-Oost en Vlieland-Havenstrand met de andere suppleties in het Natura 2000-gebied Noordzeekustzone is - zelfs al zouden de suppleties tegelijk uitgevoerd worden (wat mogelijk het geval is) - door het ontbreken van hoge dichtheden gevoelige soorten en de lokale aard en tijdelijkheid van de effecten niet aan de orde (Arcadis, 2016).

De omvang en de additionele effecten van het extra volume zandsuppletie bij Ameland zijn dusdanig beperkt, dat geen sprake zal zijn van cumulatieve effecten met andere zandsuppleties, met inbegrip van de zandsuppletie voor de kustlijnzorg op Ameland zelf. Ook bij een toename van het volume van de zandsuppleties van de kustlijnzorg, overeenkomstig de lineaire relatie tussen de snelheid van zeespiegelstijging en het suppletievolume en tot het bereiken van de natuurgrens van 6 mm/jaar door de snelheid van zeespiegelstijging, zal geen sprake zijn van cumulatie door vanwege de beperkte omvang van het extra volume aan zandsuppleties. Bij de toekomstige beoordeling van de ecologische effecten van het extra zandvolume bij specifieke zandsuppleties zal ook de cumulatie worden beschouwd.

Conclusie cumulatie

Op grond van het voorgaande wordt geconcludeerd dat cumulatieve effecten van de gaswinning bij Ternaard, in combinatie met andere plannen en projecten op het Natura 2000-gebied Waddenzee op voorhand uitgesloten zijn.

8.4 Conclusie effectbepaling

In Tabel 8-5 is samengevat wat de conclusies zijn in Hoofdstuk 8. Uit de effectbepaling blijkt dat, met uitzondering van verzuring en vermesting (stikstofdepositie) en de effecten door zandsuppleties, significante negatieve effecten op de instandhoudingsdoelstellingen uitgesloten kunnen worden.

Tabel 8-5 Conclusie effectbepaling (geel: mogelijk significant effect, Passende beoordeling noodzakelijk; groen: zeker geen significant effect, geen Passende beoordeling)

Mogelijk effect	Effectbepaling in Hoofdstuk	Vogelrichtlijn broedvogels	Vogelrichtlijn niet-broedvogels	Habitattypen	Habitatrichtlijn soorten
Aanlegfase					
Oppervlakte verlies	H6	●	●	●	●
Verstoring	H6	●	●		
Verandering populatiedynamiek	H6	●	●		
Verzuring en vermesting	H8			●	●
Verdroging en vernatting	H6	●	●	●	●
Winning					
Bodemdaling	H8	●	●	●	●
Zandsuppleties	H8	●	●	●	●

Uit de bovenstaande tabel volgt dat in de passende beoordeling in het volgende hoofdstuk alleen nog ingegaan wordt op de volgende mogelijke significante effecten:

- Verzuring en vermesting door stikstofdepositie: voor de Natura 2000-gebieden Waddenzee, Noordzeekustzone, Duinen Ameland en Duinen Schiermonnikoog zijn significante effecten door stikstofdepositie niet op voorhand uit te sluiten.
- Effecten door zandsuppleties: Voor de Natura 2000- gebieden, Noordzeekustzone, Duinen Ameland en Duinen Schiermonnikoog zijn significante effecten door verstoring, morfologische veranderingen en stikstofdepositie door de uitvoering van de kustsuppleties niet op voorhand uit te sluiten.

Andere effecten dan de hierboven genoemde zijn in het voorgaande van deze beoordeling reeds uitgesloten en worden in het volgende hoofdstuk om die reden niet meer behandeld.

In onderstaande tabellen is per instandhoudingsdoel aangegeven of deze op basis van hetgeen in het voorgaande is geconcludeerd al dan niet in de passende beoordeling in het volgende hoofdstuk is beschreven.

Tabel 8-6 Selectie van instandhoudingsdoelen waarop effecten op grond van de effectbepaling kunnen worden uitgesloten. Per aspect is met een ● aangegeven als een effect op basis van de effectbepaling kan worden uitgesloten. Met een ●[1)] is aangeduid dat de betreffende soort mogelijk wel gevoelig is voor verandering van het leefgebied door stikstofdepositie, maar dat dit effect getoetst wordt op het niveau van het leefgebied en niet voor de individuele soort. Instandhoudingsdoelen waarvoor op basis van de beschrijving in hoofdstuk 6 en 7 al was geconcludeerd dat effecten zijn uitgesloten, zijn niet meer in deze tabel opgenomen. Effecten door bodemdaling treden nergens op, en worden daarom in deze tabel in het geheel niet meer genoemd

Waddenzee	**Stikstofdepositie in de aanlegfase**	**Extra volume zandsuppleties**
Habitattypen		
H1310A Zilte pionierbegroeiingen (zeekraal)		●
H1310B Zilte pionierbegroeiingen (zeevetmuur)	●	●
H1320 Slijkgrasvelden		●
H1330A Schorren en zilte graslanden (buitendijks)		●
H1330B Schorren en zilte graslanden (binnendijks)	●	●
H2110 Embryonale duinen	●	●
H2120 Witte duinen	●	●
H2130A Grijze duinen (kalkrijk)		●
H2130B Grijze duinen (kalkarm)	●	●
H2160 Duindoornstruwelen	●	●
H2190B Vochtige duinvalleien (kalkrijk)	●	●

Noordzeekustzone	Stikstofdeposit ie in de aanlegfase	Extra volume zandsuppleties
Habitattypen		
H1110B Permanent overstroomde zandbanken (Noordzee-kustzone)	●	
H1140B Slik- en zandplaten (Noordzee-kustzone)	●	
H1310A Zilte pionierbegroeiingen (zeekraal)	●	
H1310B Zilte pionierbegroeiingen (zeevetmuur)	●	
H1330A Schorren en zilte graslanden (buitendijks)	●	
H2110 Embryonale duinen	●	
H2190B Vochtige duinvalleien (kalkrijk)	●	
Habitatrichtlijnsoorten		
H1095 Zeeprik	●	
H1099 Rivierprik	●	
H1103 Fint	●	
H1351 Bruinvis	●	
H1364 Grijze zeehond	●	
H1365 Gewone zeehond	●	
H1903 Groenknolorchis	●[1)]	
Broedvogels (alle soorten, zie Tabel 7-3)	●[1]	
Niet-broedvogels (alle soorten, zie Tabel 7-3)	●	

Duinen Ameland	Stikstofdeposit ie in de aanlegfase	Extra volume zandsuppleties
Habitattypen **(alle habitats, zie Tabel 7-3)**	●	
Habitatrichtlijnsoorten **(alle soorten, zie Tabel 7-3)**	●	
Broedvogels **(alle soorten, zie Tabel 7-3)**	●[1)]	

Duinen Schiermonnikoog	Stikstofdeposit ie in de aanlegfase	Extra volume zandsuppleties
Habitattypen **(alle habitats[1], zie Tabel 7-3)**		●
Habitatrichtlijnsoorten **(alle soorten, zie Tabel 7-3)**	●[1]	●
Broedvogels **(alle soorten, zie Tabel 7-3)**	●[1]	●[1]

[1]M.u.v. H6410, ZGH2170, ZGH2190C, ZGH2190B en H1310B, op deze (zoekgebieden voor) habitattypen is geen sprake van toename van stikstofdepositie

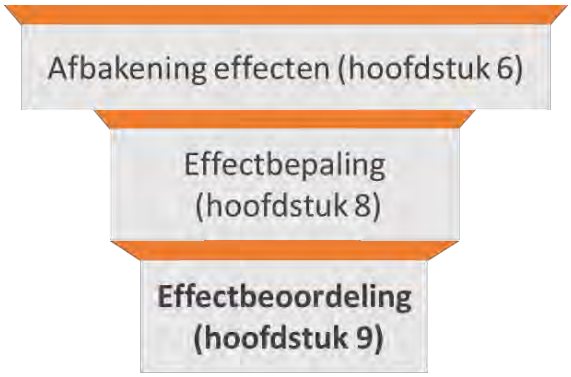
9 EFFECTBEOORDELING

9.1 Inleiding

Uit het vorige hoofdstuk volgt dat alleen mogelijke significant negatieve effecten kunnen optreden op de natuurlijke kenmerken van de Natura 2000-gebieden Waddenzee, Noordzeekustzone, Duinen Ameland en Duinen Schiermonnikoog als gevolg van stikstofdepositie tijdens de aanlegwerkzaamheden en de boring, en door effecten ten gevolge van zandsuppleties. In deze paragraaf wordt hiervan bepaald wat de effecten zijn en of sprake is van significantie in de betekenis van de Wet natuurbescherming. Daarbij wordt par aspect afzonderlijk ingegaan op de verschillende Natura 2000-gebieden. Onderstaande tabel geeft per Natura 2000-gebied aan op welke effecten wordt getoetst. Na de beoordeling per effect wordt in paragraaf 9.4 een samenvattende conclusie gegeven.

Natura 2000-gebied	Effecten stikstofdepositie aanlegfase (paragaaf 9.2)	Effecten zandsuppleties winningsfase (paragraaf 9.3)
Waddenzee	●	
Noordzeekustzone		●
Duinen Ameland		●
Duinen Schiermonnikoog	●	

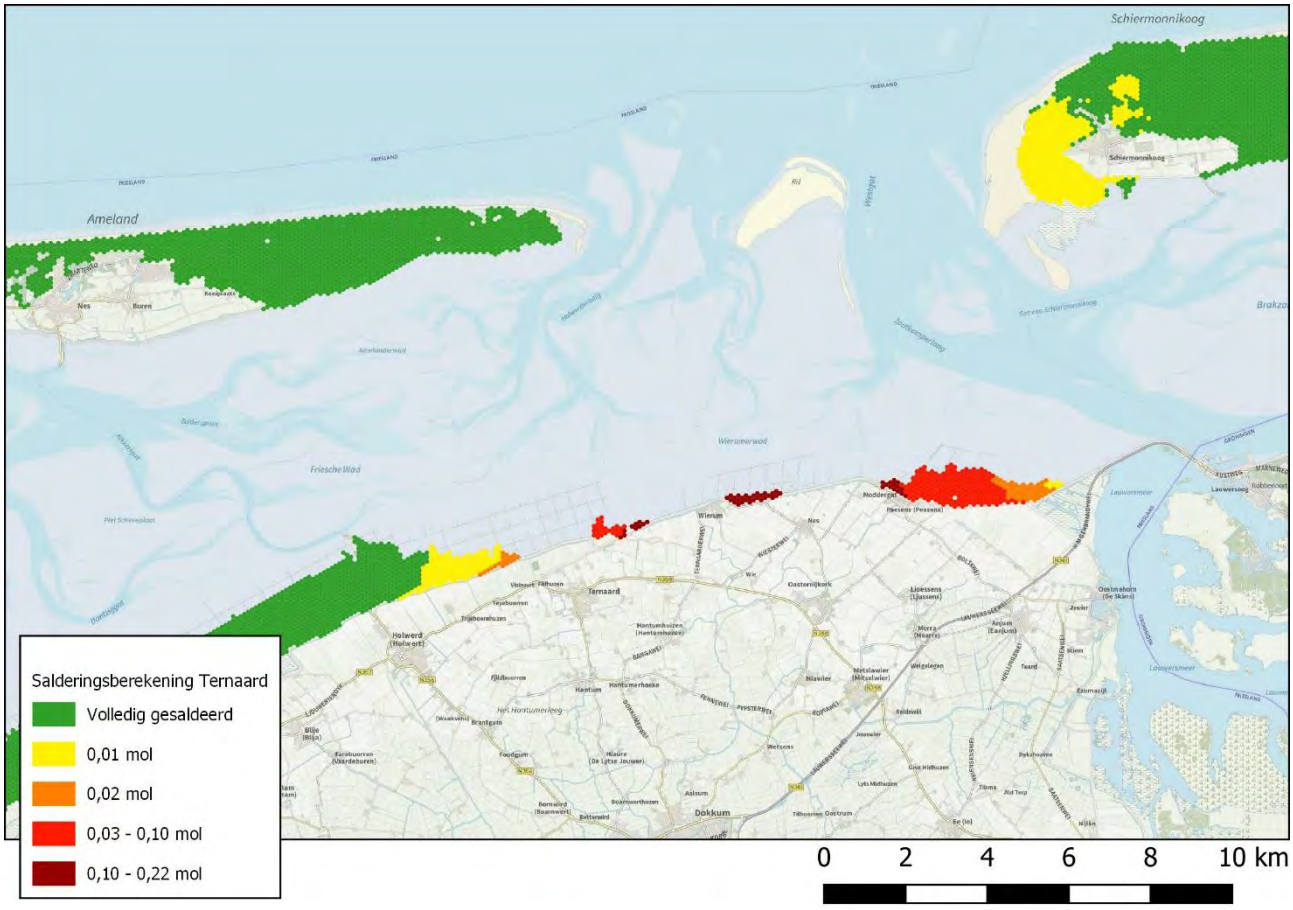
Onderstaand schema laat de relatie van dit hoofdstuk met de andere hoofdstukken zien.



9.2 Passende beoordeling effecten stikstofdepositie

9.2.1 Effecten

De effecten door stikstofdepositie zijn beschreven in paragraaf 8.3.1. Uit die beschrijving volgt dat de effecten door stikstofdepositie op (naderend) overbelaste delen van Natura 2000-gebieden als gevolg van de aanleg tijdelijk en zeer klein van omvang zijn. Onderstaande afbeelding toont de depositie die tijdens de inrichting van de locatie, de boring en de aanleg van de transportleiding op zullen treden. Daarbij is de saldering met de te leasen stikstofruimte van de offshore platforms L09 en K14 al verrekend. Zie ook paragraf 8.3.1, vanaf pagina 88.



Figuur 9-1 Gebieden met een tijdelijke stikstofdepositie op habitattypen

9.2.2 Mitigatie

De emissie van stikstofdepositie wordt sterk beperkt door de inzet van modern materieel bij de aanlegwerkzaamheden. Ook de mobiele werktuigen die worden ingezet bij de boring voldoen aan de emissie-eisen STAGE IV. De generatoren die worden ingezet ten behoeve van de opwekking van elektriciteit voor de boring worden voorzien van een scrubber, waardoor de stikstofemissie sterkt wordt gereduceerd. De wijze van mitigatie is uitgebreider toegelicht in paragraf 8.3.1, vanaf pagina 88.

9.2.3 Kleine tijdelijke deposities van minder dan 0,05 mol N/ha gedurende maximaal 2 jaar

De bevoegd gezagen voor de Wet natuurbescherming (provincies en rijksoverheid) hanteren de lijn dat een tijdelijke depositie ten gevolge van uitvoeringswerkzaamheden niet tot een feitelijke toename van depositie leiden indien het gaat om deposities van maximaal 0,05 mol N per hectare voor een periode van maximaal 2 jaar, of een equivalent daarvan. Een equivalent is bijvoorbeeld 0,02 mol N gedurende 5 jaar, of 0,10 mol gedurende1 jaar.

De reden hiervoor is dat in de achtergronddepositie al sprake is van een zekere bijdrage van depositie door mobiele werktuigen. Deze depositie is in ruimte en tijd van jaar tot jaar stabiel. Zo bedraagt de depositiebijdrage van mobiele werktuigen aan de totale achtergronddepositie op Schiermonnikoog en Ameland, inclusief de op deze eilanden gelegen delen van de Natura 2000-gebieden Waddenzee en Noordzeekustzone 3 tot 5 mol, dus 300 tot 500 maal de (gesaldeerde) depositie door het project Ternaard. Omdat in de achtergronddepositie al rekening wordt gehouden met dit aandeel van mobiele werktuigen in de depositie kan een kleine en tijdelijke depositie niet leiden tot een feitelijke toename van de depositie. Dit is

onderbouwd in een notitie van het RIVM[18]. Omdat alle (gesaldeerde) depositie op de Waddeneilanden (inclusief de op deze eilanden gelegen delen van de Natura 2000-gebieden Waddenzee en Noordzeekustzone) minder is dan 0,05 mol en niet langer dan 2 jaar op zal treden is voor deze depositie geen vergunning Wet natuurbescherming nodig. Ook de depositie van 0,08 mol N op het habitattype H1330A Schorren en zilte graslanden (buitendijks) voldoet aan de definitie maar wordt volledigheidshalve in het voorgaande toch ook (aanvullend) ecologisch getoetst (passend beoordeeld)

Hoewel de depositie geheel passend binnen en mobile werktuigen-regeling kan worden beoordeeld, is toch een passende beoordeling voor de stikstofdepositie noodzakelijk. Dit omdat een mitigerende maatregel wordt toegepast (een scrubber om de NOx-emissie van de generatoren voor de boring te minimaliseren).

9.2.4 Natura 2000-gebied Waddenzee

De emissie van stikstofverbindingen tijdens de aanlegfase van de gaswinning Ternaard leidt tot een zeer geringe eenmalige (gesaldeerde) depositie van stikstof. Er is sprake van stikstofdepositie op acht overbelaste habitats van het Natura 2000-gebied Waddenzee. Het AERIUS Calculator rapport van de berekening is te vinden in (Bijlage B), de maximale depositie per habitattype is in onderstaande tabel beschreven. Alle deposities van meer dan 0,01 mol treden op aan de vastelandskust van de Waddenzee. De deposities op de delen van de Waddeneilanden die tot het Natura 2000-gebied Waddenzee behoren zijn nergens hoger dan 0,01 mol N/ha.

Tabel 9-1 Stikstofdepositie op het Natura 2000-gebied Waddenzee, maximale depositie in mol N/ha op (naderend) overbelast habitat

Code	Habitat	Depositie
H2110	Embryonale duinen	0,01
H2120	Witte duinen	0,01
H2130A	Grijze duinen (kalkrijk)	0,01
H1310A	Zilte pionierbegroeiingen (zeekraal)	0,01
H1320	Slijkgrasvelden	0,01
H1330A	Schorren en zilte graslanden (buitendijks)	0,08

H1330A Schorren en zilte graslanden

Het habitattype H1330A Schorren en zilte graslanden (buitendijks) bestaat uit een groot aantal vegetatietypen, die voorkomen bij verschillende condities ten aanzien van bodem, zoutgehalte, overstromingsfrequentie, voedselrijkdom en beheer. De voedselrijkdom van het habitattype varieert van licht voedselrijk tot uiterst voedselrijk. De gevoeligheid voor stikstofdepositie wordt als minder/niet gevoelig gekwalificeerd (Ministerie van LNV, 2009). De depositie op dit habitattype bedraagt maximaal 0,24 mol N/ha.

Er is sprake van depositie op één hexagoon waarvoor de kritische depositiewaarde door de achtergronddepositie wordt overschreden. De depositie op dit hexagoon bedraagt (na saldering) 0,08 mol N/ha/. Wanneer in Aerius wordt ingezoomd, is zichtbaar dat dit hexagoon grotendeels buiten het Natura 2000-gebied ligt en voor een groot deel de dijk betreft. De informatiebutton in de Aerius calculator geeft aan dat het aandeel van het habitat H1330 binnen deze beide hexagonen 0,0 hectare betreft. Een oppervlakteberekening in GIS laat zien dat in betreffende hexagoon 20m^2 H1330A is gekarteerd. Het betreft dus een zeer klein areaal waar zich in potentie een verslechtering zou kunnen voordoen als gevolg van de eenmalige depositie van 0,08 mol N/ha. Onderstaande afbeelding toont de ligging het betreffende hexagoon nabij Moddergat. Uit de luchtfoto volgt de 20 m^2 H1330 die binnen het hexagoon is gekarteerd op die plaats

[18] Memo “notitie depositiebijdrage onder 0,05 mol/ha/jr (brief van 1 februari 2019)” te vinden op https://www.aerius.nl/nl/documenten.

niet aanwezig kan zijn, omdat daar een ingezaaid grastalud en slootoever van de dijk aanwezig is. Het gras bestaat hier hoofdzakelijk uit Engels raaigras en rood zwenkgras. In onderstaande afbeelding is het betreffende hexagoon, de gekarteerde oppervlakte H1330A binnen dat hexagoon getoond. In het rechterdeel van de figuur duidelijk zichtbaar dat op de plaats waar in het linkerdeel van de figuur H1330A is gekarteerd, het dijktalud en de dijkzijdige rand van de kwelstoot is gelegen. Na de figuur volgen enkele foto's die gemaakt zijn tijdens het gebiedsbezoek waarin is vastgesteld dat met zekerheid binnen het betreffende hexagoon geen habitattype H3130 voorkomt.

Figuur 9-2 Ligging van het hexagoon waarbinnen overbelast H1330A voorkomt. Het hexagoon is met een rode omlijning aangegeven, de ligging van H1330 is weergegeven in paars

Figuur 9-3 Grastalud van de dijk en slootkant (linkerzijde van de sloot op de linker foto) die ten onrechte is gekarteerd als H1330A. Aan de dijkzijde van de kwelsloot komen geen soorten voor die wijzen op het voorkomen van plantengemeenschappen die horen bij habitattype H1330A

Uit het voorgaande volgt dat binnen dit hexagoon geen H1330A voor kan komen, dit habitattype is uitsluitend aan de andere zijde van de kwelsloot aanwezig. Omdat dit het enige hexagoon is dat overbelast of naderend overbelast is, kan geen sprake zijn van een effect als gevolg van de eenmalige depositie door het project Ternaard voor dit habitattype.

Ook als in de 20 m^2 waarmee het overbelaste hexagoon overlapt met het Natura 2000-gebied wel het habitattype H1330A Schorren en zilte graslanden (buitendijks) voor zou komen, dan nog kan geen sprake zijn van een effect. Daarvoor gelden de volgende argumenten:

1) De berekende achtergronddepositie op het betreffende hexagoon (1.637 mol N/ha/jaar) wordt bepaald door de overlap met de weg achter de dijk en de daar aanwezige bebouwing. De achtergronddepositie op de twee hexagonen die grenzen aan het stukje van 20 m2 dat in het Natura 2000-gebied ligt is respectievelijk 753 en 956 mol N/ha/jaar. Op basis daarvan kan de depositie op de betreffende 20 m2 onmogelijk hoger zijn dan 1.571 mol, de kritische depositiewaarde van H1330A. Het betreffende deel van het Natura 2000-gebied kan dus feitelijk niet overbelast zijn.
2) De dijk wordt in de zomermaanden begraasd met schapen die daar dag en nacht aanwezig zijn. Hierdoor is sprake van een bemesting als gevolg van de uitwerpselen door de schapen die de eenmalige extra depositie met 0,08 mol als gevolg van de werkzaamheden verre overstijgt. Deze eenmalige toename kan dan ook niet leiden tot een significante verslechtering van de kwaliteit van het habitattype voor zover dat in dit hexagoon voor zou komen.

9.2.5 Samenvatting passende beoordeling effecten stikstofdepositie

De stikstofdepositie langs de Friese vastelandskust als gevolg van dit project zijn klein. Langs de vastelandskust blijkt slechts op één hexagoon waarvoor geldt dat de kritische depositiewaarde door de achtergronddepositie (naderend) is, overschreden stikstofdepositie op te treden als gevolg van dit project. Nadere analyse laat zien dat de gekarteerde oppervlakte van het beschermde habitat H1330 voor dit hexagoon kleiner dan 0,0 ha is, namelijk 20 m^2 en dat het binnen dit hexagoon feitelijk niet voorkomt. Ook als het habitattype daar wel voor zou komen kan geen sprake zijn van significante gevolgen. De uitvoering van het project kan dan ook niet leiden tot significant negatieve gevolgen door depositie van stikstof.

9.3 Passende beoordeling effecten zandsuppleties

9.3.1 Effecten

Als gevolg van de gaswinning zijn extra kustsuppleties nodig langs de Noordzeekust van Ameland. Omdat deze extra kustsuppleties noodzakelijk zijn als gevolg van de gaswinning, wordt het effect daarvan in deze passende beoordeling getoetst. De effecten die op kunnen treden door het extra volume aan zandsuppletieskunnen voor de kust van Ameland zijn beschreven in paragraaf 8.3.3. In Tabel 9-2 zijn als gevolg hiervan op kunnen treden op de Natura 2000-gebieden Noordzeekustzone en Duinen Ameland samengevat.

Tabel 9-2 Samenvatting effecten door kustsuppleties op Natura 2000-gebied Noordzeekustzone en Duinen Ameland

Thema	Aard en omvang van effecten op Natura 2000-gebied
Waterbeweging en morfologie	Relevant Natura 2000-gebied: Noordzeekustzone Door zandwinning: Gezien de ligging ruim buiten het Natura 2000-gebied Noordzeekustzone treden geen effecten op. Door transport: Dit aspect is voor het transport van zand door baggerschepen niet relevant. Door suppletie: Verandering van stroomsnelheid is beperkt en leidt niet tot significante effecten. De zeebodem wordt over een zeer beperkt extra oppervlakte bedekt ten opzichte van de reguliere kustlijnzorgsuppletie. Na 3-5 jaar zijn de effecten van de bedekking hersteld. Bedekking van schelpdierbanken van Spisula of Ensis kan door doorwerking leiden tot effecten op (kwalificerende) soorten.
Waterkwaliteit	Relevant Natura 2000-gebied: Noordzeekustzone Door zandwinning, transport en suppletie: Effecten op waterkwaliteit zijn zeer beperkt.
Natuurlijk sedimenttransport	Relevant Natura 2000-gebied: Noordzeekustzone Door zandwinning: Er is als gevolg van het slib dat vrijkomt, wat voor vertroebeling zorgt, een beperkte afname van de primaire productie. De doorwerking hiervan naar de groei van schelpdieren is zeer beperkt en in de passende beoordeling van de zandwinning beoordeeld als niet significant (Kleijberg et al., 2017). Door transport: Tijdens het transport kan een kleine hoeveelheid slib in het water terechtkomen. De hoeveelheid is te gering om tot effecten te kunnen leiden. Door suppletie: Er zal als gevolg van de suppletie een tijdelijke toename van de hoeveelheid slib in de waterkolom optreden in de ondiepe kustzone. Dit kan lokaal leiden tot een verminderde primaire productie en een verminderd doorzicht.

Thema	Aard en omvang van effecten op Natura 2000-gebied
Geluid, trilling, beweging en licht	Relevant Natura 2000-gebied: Noordzeekustzone en Duinen Ameland Door zandwinning: Mede gezien de ligging ruim buiten het Natura 2000-gebied Noordzeekustzone en afwezigheid van locatiegebonden soorten zijn er geen effecten. Door transport: De geluidsniveaus onder water zijn te laag om significante effecten te kunnen hebben. Effecten door optische verstoring/ geluidverstoring zijn alleen mogelijk voor zee-eenden. De beperkte lichtuitstraling leidt niet tot effecten. Door suppletie: De geluidsniveaus onder water zijn te laag om significante effecten te kunnen hebben. Effecten door optische verstoring/geluidverstoring zijn alleen mogelijk voor zee-eenden. De beperkte lichtuitstraling leidt niet tot significante effecten.
Stikstofdepositie	Relevant Natura 2000-gebied: Noordzeekustzone en Duinen Ameland (en mogelijk ook Duinen Schiermonnikoog) De effecten van stikstofdepositie door zandsuppleties zijn nog niet te bepalen, omdat nog niet duidelijk is hoeveel zand waar wordt gesuppleerd. Dit geldt ook voor de toekomstige reguliere kustsuppleties (van Duin et al., 2017). Toetsing van de stikstofdepositie zal voorafgaand aan de uitvoering van de suppleties plaatsvinden, waarbij dient te worden vastgesteld dat significant negatieve effecten door stikstofdepositie kunnen worden uitgesloten.

9.3.2 Mitigatie

De mogelijke effecten die kunnen optreden door het aanbrengen van het extra volume aan zandsuppletie wordt bepaald door de specifieke omstandigheden, waaronder de locatie van de zandsuppletie, het type zandsuppletie (voor het extra zandvolume worden in principe alleen onderwatersuppleties beschouwd), de periode van uitvoering en de combinatie met de condities van het uitvoeringsgebied (zandwingebied, transportroute en te suppleren gebied). Onder de condities in het uitvoeringsgebied vallen het vóórkomen van schelpenbanken van *Ensis* of *Spisula*, 'zilte pionierbegroeiingen', 'embryonale duinen', de samenstelling van het suppletiezand, het vóórkomen van zeehonden en de aanwezigheid van nestplaatsen van kustbroedvogels. In het Natura 2000-beheerplan Noordzeekustzone zijn een aantal vrijstellingsvoorwaarden opgenomen, die deze mogelijke effecten mitigeren. De voorwaarden zijn in het beheerplan opgenomen in bijlage B3.3.1. De nummering in onderstaand overzicht is overeenkomstig de nummering van de voorwaarden in het beheerplan. Alleen die voorwaarden die betrekking hebben op onderwatersuppleties zijn hier opgenomen. Daar waar sprake is van aantonen door "Rijkswaterstaat", is dit vervangen door "NAM". Welke van deze maatregelen van toepassing is op het betreffende extra volume zandsuppletie zal steeds voorafgaand aan de uitvoering van de zandsuppletie worden vastgesteld, overeenkomstig het gestelde in artikel 20.

A. Zandsuppleties

Bij de bepaling is aangegeven of de bepaling geldt voor onderwatersuppleties, strandsuppleties of voor beide.

Permanent overstroomde zandbanken (onderwatersuppleties)

1. Suppleties worden zodanig uitgevoerd dat schelpenbanken van levende Spisula subtruncata niet bedekt worden met zand.
2. Indien NAM aantoont dat bedekking met zand van de in artikel 1 genoemde schelpenbanken onvermijdelijk is, worden de uit te voeren suppleties niet gestart in de periode van 1 juni tot 1 maart.
3. De suppleties die schelpenbanken met levende Ensis directus bedekken zijn toegelaten als NAM aantoont dat er geen negatieve gevolgen zullen zijn voor de voedselvoorziening van zee-eenden.

Grijze en gewone zeehond (onderwater- en strandsuppleties)

1. Schepen die zand suppleren houden minimaal 1200 meter afstand van het deel van de zandplaat(platen) waarop zich grijze of gewone zeehonden bevinden.
2. Het suppleren vanuit schepen op kortere afstand dan 1200 meter is toegestaan als NAM aantoont dat wegens fysieke omstandigheden (zoals de ligging van vaargeulen en ondieptes op de route van suppletievaartuigen) niet aan die afstandsvereiste kan worden voldaan en er geen negatieve gevolgen zijn voor zeehonden ten aanzien van het gebruik van de betreffende zeehondenligplaats(en).
3. Bij het vóórkomen van zeehonden met pups op zandplaten en bij de suppletielocatie is uitvoering van suppleren conform artikel 9 alleen toegestaan buiten de onderstaande werp- en zoogperioden van zeehonden:
   - bij grijze zeehonden: tussen 1 december en 31 januari;
   - bij gewone zeehonden: tussen 1 mei en 31 juli.
4. In situaties als bedoeld bij het hierboven vermelde artikel 10 gelden voor schepen de volgende aanvullende voorwaarden:
   - geen bemanning aan dek, tenzij dit strikt noodzakelijk is;
   - geen andere verlichting dan navigatieverlichting, behoudens noodgevallen;
   - geen geluidsproductie anders dan die uit technische- (motor) of veiligheidsoverwegingen (scheepshoorn) noodzakelijk is.

Topper, eidereend en zwarte zee-eend (onderwater- en strandsuppleties)

1. Schepen die zand suppleren, houden minimaal 500 meter afstand van vogelconcentraties van topper, eidereend- en zwarte zee-eend.

B. Transport van zand tussen win- en suppletielocaties

Grijze en gewone zeehond

1. Op schepen die zand transporteren zijn de voorwaarden opgenomen in de artikelen 8 tot en met 11 overeenkomstig van toepassing, met dien verstande, dat voor de term ''suppleren'' de term ''transporteren'' moet worden gelezen.

Topper, eidereend en zwarte zee-eend

1. Schepen die zand transporteren, houden minimaal 500 meter afstand tot vogelconcentraties van topper, eidereend en zwarte zee-eend.

Zee-eenden in zones 1 (op grond van het Toegangbeperkend Besluit Noordzeekustzone ex artikel 20 Nb-wet)

1. Voor zandsuppletievaartuigen is doorvaart van 1 november tot 1 april mogelijk via een variabele corridor, waarvan de exacte locatie afhankelijk is van de ligging van het zandwingebied en de te bereiken suppletielocatie en de aanwezigheid van concentraties zee-eenden. De ligging van de variabele corridor wordt in overleg met het bevoegd gezag vastgesteld, waarbij als uitgangspunt geldt dat de vaarafstand tussen het zandwingebied en de suppletielocatie zo kort mogelijk is met dien verstande, dat er een afstand van minimaal 1500 meter in acht wordt genomen ten opzichte van concentraties zee-eenden.

C. Zandwinningen

1. Zandwinningen gelegen nabij Natura 2000-gebieden in de Noordzeekustzone zijn toegelaten op een afstand van minimaal 900 meter buiten het Natura 2000-gebied.
2. Zandwinningen nabij Natura 2000-gebieden op locaties waar dieper dan 2meter in de bodem zand gewonnen wordt, zijn toegelaten op een afstand van minimaal 2000 meter van het Natura 2000-gebied.

D. Aanvullende voorwaarden voor melding aan en afstemming met het bevoegd gezag en het publiek

1. Voorgenomen zandsuppleties worden door NAM tenminste drie maanden voorafgaand aan de uitvoeringsperiode gemeld bij het bevoegd gezag. Bij de melding worden tevens de locatie, wijze van uitvoering, hoeveelheden zand en maatregelen ter voorkoming of beperking van negatieve effecten op de beschermde natuurwaarden weergeven. Dat geldt onder andere voor gegevens over schelpenbanken (artikelen 1 en 3), de aanwezigheid van zeehonden nabij suppleties en transport (artikel 8, 10 en 15) en de ligging van de variabele corridors (artikel 17).
2. Gelijktijdig met de melding aan het bevoegd gezag volgens artikel 20 informeert NAM de betrokken gemeente en doet publieke mededeling van de voorgenomen suppletie. Hierbij geeft NAM ook aan op welke wijze de gegevens als vermeld in de artikelen 20 en 21 beschikbaar worden gesteld aan het publiek.

In aanvulling op deze vrijstellingsvoorwaarden, op grond van zijn zorgplicht volgens de Nb-wet, stelt Rijkswaterstaat voor de aannemers een protocol op waarin voorschriften zijn opgenomen als extra garantie van de nakoming van de vrijstellingsvoorwaarden. Het protocol maakt onderdeel uit van de aangenomen opdracht.

9.3.3 Beoordeling

Op basis van de conclusies uit de diverse onlangs uitgevoerde toetsingen ten behoeve van zandwinning- en -suppletie wordt geconcludeerd dat het toekomstige extra volume zandsuppletie niet zal leiden tot significant negatieve effecten op de natuurlijke kenmerken van het Natura 2000-gebieden Noordzeekustzone. Bij de toekomstige beoordeling van de ecologische effecten van het extra zandvolume bij specifieke zandsuppleties zal dit voor de specifieke situatie en met de dan beschikbare gegevens en kennis worden gedaan. In de beoordeling zijn de mitigerende maatregelen betrokken, die zijn genoemd in paragraaf 9.3.2, die overeenkomen met de vrijstellingsvoorwaarden die betrekking hebben op de reguliere kustsuppleties.

9.4 Conclusies

Op basis van de beoordeling van de effecten van de stikstofdepositie in de aanlegfase en de effecten van het extra volume zandsuppleties in de winningsfase die in het voorgaande is geschreven wordt geconcludeerd dat -mede gezien de mitigerende maatregelen die worden getroffen- geen sprake zal zijn van significante gevolgen voor de Natura 2000-gebieden Waddenzee, Noordzeekustzone, Duinen Ameland, Duinen Schiermonnikoog en Groote Wielen.

9.5 Monitoring

Als onderdeel van de HadK-systematiek bij de Gaswinning Moddergat, Lauwersoog en Vierhuizen en Gaswinning Ameland wordt vanwege het voorzorgsprincipe monitoring uitgevoerd naar biotische en abiotische paramaters in de Waddenzee. Het monitoringsprogramma bestaat uit signaleringsmetingen, om vast te stellen of zich geen onverwachte meetbaar nadelige effecten voordoen op de instandhoudingsdoelen van het Natura 2000-gebied Waddenzee die zouden kunnen samenhangen met de bodemdaling voor gaswinning. In Bijlage D is het vigerende monitoringsprogramma voor de Gaswinning Moddergat, Lauwersoog en Vierhuizen opgenomen.

Omdat de HadK-systematiek ook wordt gehanteerd bij de gaswinning Ternaard, wordt ook voor Ternaard een monitoringsprogramma opgesteld dat is gericht op het aantonen dat geen sprake is van meetbare nadelige ontwikkeling van de instandhoudingsdoelstellingen van het Natura 2000-gebied Waddenzee door de gaswinning Ternaard. Het invloedsgebied van de gaswinning Ternaard sluit aan bij en overlapt deels met dat van de gaswinning Moddergat, Lauwersoog en Vierhuizen. Daarom wordt het monitoringsprogramma Ternaard gebaseerd op het monitoringsprogramma gaswinning Moddergat, Lauwersoog en Vierhuizen.

Het monitoringsprogramma Moddergat, Lauwersoog en Vierhuizen worden voor de gaswinning Ternaard uitgebreid in de ruimte, zodat ook in het gebied waar de bodemdaling door de gaswinning Ternaard plaatsvindt voldoende waarnemingen plaatsvinden. Deze aanvullingen zijn opgenomen in het addendum bij het monitoringprogramma (Bijlage E).

Het monitoringsprogramma bij de gaswinning Moddergat, Lauwersoog en Vierhuizen wordt jaarlijks aangepast naar aanleiding van de monitoringsresultaten en de discussies daarover en het advies van de Auditcommissie. Omdat het vigerende monitoringsprogramma sinds 2014 van kracht is, hebben al aanpassingen plaatsgevonden. Ter wille van de overzichtelijkheid zijn deze aanpassingen opgenomen in het addendum bij het monitoringprogramma (Bijlage E). Iedere 6 jaar vindt een uitgebreide evaluatie plaats van de monitoring, die ook aanleiding kan zijn voor aanpassingen van het monitoringsprogramma. De volgende evaluatie zal plaatsvinden in 2019, zodat in 2020 een aangepast monitoringsprogramma zal worden vastgesteld.

10 LITERATUUR

Apeldoorn, R. van & C.J. Smit, 2006. Vuurwerk en Natuur, effecten van evenementenvuurwerk op beschermde natuurwaarden in Zeeland. Alterra rapport 1383. Alterra, Wageningen.

Arcadis, 2016. Deel II. Locatiespecifieke Passende beoordeling. Zandwinning, zandtransport & zandsuppletie Vlieland Oost en Vlieland Haven.

Baart F., R. Leander, J. de Ronde, H. de Vries, V. Vuik, R. Nicolai. 2015. Zeespiegelmonitor 2014; Rekenmethode voor huidige en toekomstige zeespiegelstijging. Deltares, HKV Lijn in Water, KNMI rapport 1209426-000-VEB-0011, Finale versie.

Ballasus, H. & Sossinka, R. 1996. Auswirkungen von Hochspannungstrassen auf die Flächennutzung überwinternder Bläß- und Saatgänse Anser albifrons, A. Fabalis. Journal of Ornithology 138: 215-228.

Beets, D.J., Van der Spek, A.J.F. & Van der Valk, L., 1994: Holocene ontwikkeling van de Nederlandse kust. RGD rapport 40.016 – Project Kustgenese. Haarlem, Rijks Geologische Dienst, Hoofdafdeling Ondiepe Ondergrond, 53 pp.

Blomert, A.M., 2002. De samenhang tussen bodemgesteldheid, droogligtijd en foerageerdichtheid van vogels binnen de intergetijdenzone. A&W-rapport 330. Altenburg & Wymenga Ecologisch onderzoek, Veenwouden.

Bray, R.N. (ed.) 2008. Environmental aspects of dredging. Taylor & Francis Group: London.

Broekmeyer, M.E.A. (redactie), 2006. Effectenindicator Natura 2000-gebieden; achtergronden en verantwoording ecologische randvoorwaarden en storende factoren. Wageningen, Alterra, rapport 1375.

Christianen, M.J.A., S.J. Holthuijsen, E.M. van der Zee, A. van der Eijk, L.L. Govers, T. van der Heide, H. de Paoli & H. Olff, 2015. Ecotopen- en Kansrijkdomkaart; Project Waddensleutels. Van de Nederlandse Waddenzee Waddensleutels rapportnummer 2015.04.01.

De Waal, J.A., J.P.A. Roest, P.A. Fokker, I.C. Kroon, J.N. Breunese, A.G. Muntendam-Bos, A.P. Oost & G. van Wirdum. 2012. The effective subsidence capacity concept: How to assure that subsidence in the Wadden Sea remains within defined limits? Netherlands Journal of Geosciences — Geologie en Mijnbouw, vol. 91 – 3, pag. 385 – 399.

Dijkema, K.S., W.E. van Duin, E.M. Dijkman, A. Nicolai, H. Jongerius, H. Keegstra, L. van Egmond, H.J. Venema & J.J. Jongsma, 2011. Vijftig jaar monitoring en beheer van de Friese en Groninger kwelderwerken: 1960-2009, Alterra Wot-werkdocument 22.

DLG, 2017. PAS-gebiedsanalyse Waddenzee (001). Versie januari 2017.

Donker, J., 2015. Hydrodynamic processes and the stability of intertidal mussel beds in the Dutch Wadden Sea. Proefschrift Universiteit Utrecht.

Duran Matute, M., T. Gerkema, G.J. de Boer, J.J. Nauw, U. Gräwe, 2014. Residual circulation and fresh-water transport in the Dutch Wadden Sea: a numerical modeling study. Ocean Science, 10, 611–632. DOI:10.5194/os-10-611-2014.

Elias, E.P.L., 2019, Een actuele sedimentbalans van de Waddenzee. Deltares rapport 11203683-001-ZKS-0002, Versie 0.2, 19 september 2019, definitief.

Elias E.P.L. en A. Bruens, 2013, Beheerbibliotheek Ameland – Feiten & cijfers ter ondersteuning van de jaarlijkse toetsing van de kustlijn. Deltares rapport 1207724-004-ZKS-0015.

Elias, E.P.L., Van der Spek, A.J.F., Wang, Z.B. and De Ronde, J.G., 2012."Morphodynamic development and sediment budget of the Dutch Wadden Sea over the last century," Netherlands Journal of Geoscience, 91(3), 293–310.

Elschot, K., A. de Groot, K. Dijkema, C. Sonneveld, J.T. van der Wal, P. de Vries, B. Brinkman, W. van Duin, W. Molenaar, J, J. Krol., L. Kuiters, D. de Vries, R. Wegman, P. Slim, E. Koppenaal, J. de Vlas, 2017. Ontwikkeling kwelder Ameland-Oost; Evaluatie bodemdalingsonderzoek 1986-2016 in: Begeleidingscommissie Monitoring Bodemdaling Ameland (red.). Monitoring effecten van bodemdaling op Oost-Ameland.

Ens B.J., Dokter A., Rappoldt K. & Oosterbeek K. 2015. Wat bepaalt de draagkracht van de Waddenzee voor wadvogels: onderzoek naar het verspreidingsgedrag van Scholeksters. Sovon-rapport 2015/02. Sovon Vogelonderzoek Nederland.

Ens, B.J. (ed.), Krol, J., van der Meer, J., Piening, H., Wijsman, J., Schekkerman, H., Rappoldt, K. 2015. Monitoring van het voor vogels oogstbare voedselaanbod in de kombergingen van het Pinkegat en Zoutkamperlaag. Sovon-rapport 2015.15. Sovon Vogelonderzoek Nederland.

Ens B.J., Kersten M., Krol J., van der Meer J., Wijsman J., Schekkerman H. & Rappoldt K. 2016. Monitoring van het voor vogels oogstbare voedselaanbod in de kombergingen van het Pinkegat en Zoutkamperlaag – rapportage tot en met monitoringjaar 2015. Sovon-rapport 2016/15. Sovon Vogelonderzoek Nederland.

Ens B.J., Kersten M., Wijsman J., van der Meer J., Schekkerman H., van Winden E. & Rappoldt K. 2017. Monitoring van het voor vogels oogstbare voedselaanbod in de kombergingen van het Pinkegat en Zoutkamperlaag - rapportage tot en met monitoringjaar 2016. Sovon-rapport 2017/15. Sovon Vogelonderzoek Nederland.

Ens B.J., van der Meer J., Troost K., van Winden E., Schekkerman H. & Rappoldt C. 2018. Monitoring van het voor vogels oogstbare voedselaanbod in de kombergingen van het Pinkegat en Zoutkamperlaag - rapportage tot en met monitoringjaar 2017. Sovon-rapport 2018/14. Sovon Vogelonderzoek Nederland.

Ens BJ. Van der Meer J. Troost K. Van Winden E. Schekkerman H. Rappoldt K., 2019. Monitoring van het voor vogels oogstbare voedselaanbod in de kombergingen van het Pinkegat en Zoutkamperlaag. Rapportage tot en met monitoringjaar 2018. Sovon-rapport 2019/22.

Eysink, W.D. and Biegel, E.J., 1992. ISOS*2 Project, Impact of sea level rise on the morphology of the Wadden Sea in the scope of its ecological function, Investigations on empirical morphological relations, Report H1300 Phase 2, WL | Delft Hydraulics Laboratory, September 1992, 73 p.

Eysink, W.D., 1979. Morfologie van de Waddenzee, gevolgen van zand- en schelpenwinning. Waterloopkundig Laboratorium, Rapport R1336.

Fokker, P.A., F.J. van Leijen, B. Orlic, H. van der Marel, R.F. Hanssen. 2018. Subsidence in the Dutch Wadden Sea. Netherlands Journal of Geosciences Volume 97, pag. 129-181.

Haasnoot, M., L. Bouwer, F. Diermanse, J. Kwadijk, A. van der Spek, G. Oude Essink, J. Delsman, O. Weiler, M. Mens, J. ter Maat, Y. Huismans, K. Sloff & E. Mosselman, 2018, Mogelijke gevolgen van versnelde zeespiegelstijging voor het Deltaprogramma. Een verkenning. Deltares rapport 11202230-005-0002.

Herman, P., N. Villars, J. Winterwerp, T. Van Kessel, Z. Wang, C. Brière, L. Van Rijn, and J. Cleveringa, 2016. Analyse Vaargeul Holwerd-Ameland, Deltares rapport.

Hoeksema, H.J., H.P.J. Mulder, M.C. Rommel, J.G. de Ronde & J. de Vlas, 2004. Bodemdalingsstudie Waddenzee 2004: Vragen en onzekerheden opnieuw beschouwd. RIKZ-rapport 2004-025. 67 p. + bijlagen.

Hoekstra, H., Winkels, H., & Gerritsen, J., 1998. De bodemopbouw van de buitendijkse gronden langs de noordkust van Friesland en Groningen. Ministerie van Verkeer en Waterstaat, Directie IJsselmeergebied.

Institute of Estuarine & Coastal Studies, 2009. Construction and waterfowl: Defining sensitivity, response, impacts and guidance. University of Hull.

Kleijberg, R., M.J.C. Rozemeijer & J.T. van der Wal, 2017. Zandwinnng Noordzee 2018-2027; Nadere verdieping effecten Natura 2000. Arcadis rapport 079690040 A.

KNMI, 2015: KNMI'14-klimaatscenario's voor Nederland; Leidraad voor professionals in klimaatadaptatie, KNMI, De Bilt, 34 pp.

Koolstra, 2017. Pilotsuppletie Amelander Zeegat, Passende beoordeling en Soortbeschermingstoets. Arcadis. Projectnummer C05062.000180 en referentie 079386961.A.

Koolstra, 2018. Conformiteitstoets beheerplan. Zandwinning, zandtraansport en zandsuppletie Ameland Midden. Arcadis. Projectnummer C05062.000169 en referentie 079732789.B.

Kragtwijk, N. G., Zitman, T. J., Stive, M. J. F. and Wang, Z. B., 2004. Morphological response of tidal basins to human interventions, Coast. Eng., 51(3): 207-221.

Krol, J. 2018. Wadsedimentatie metingen op Ameland, Piet Scheveplaat, Engelsmanplaat, Paesens en Schiermonnikoog 2007-2017. Rapport Natuurcentrum Ameland.

Louters, T. en Gerritsen, F., 1994. Het mysterie van de wadden, Hoe een getijdesysteem inspeelt op de zeespiegelstijging. Min. Van V. en W., Dir.Gen. RWS, RIKZ, Rapp. RIKZ94.040, oktober 1994. NAM, 1990. Bodemdaling door aardgaswinning, Groningen Veld en Randvelden, Statusrapport 1990, Prognose tot het jaar 2050, NAM, februari 1990.

Ministerie van Economische Zaken, 2006. Gaswinning binnen randvoorwaarden; Passende beoordeling van het rijksprojectbesluit gaswinning onder de Waddenzee vanaf de locaties Moddergat, Lauwersoog en Vierhuizen.

Ministerie van Economische Zaken en Klimaat, 2017. Effectenindicator website.

Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat, 2016a. Natura 2000-beheerplan Waddenzee Periode 2016-2022.

Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit, 2008a. Natura 2000-gebied Waddenzee. Directie Regionale Zaken DRZO/2008-001.

Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit, 2009. Profielendocument schorren en zilte graslanden.

Molenaar, J.G. de, 2003, Lichtbelasting. Overzicht van de effecten op mens en dier. Wageningen, Alterra, Research Instituut voor de Groene Ruimte. Alterra-rapport 778.

Mulder, J.P.M., 2000, Zandverliezen in het Nederlandse kustsysteem, Rijkswaterstaat RIKZ, rapport RIKZ/2000.36.

NAM, 2006. MER Gaswinning vanaf de locaties Moddergat, Lauwersoog en Vierhuizen.

NAM, 2007. Meet- en regelprotocol Winning Waddenzeegas vanaf de locaties Moddergat, Lauwers en Vierhuizen. NAM rapport EP200612202112.

NAM, 2013b. Winningsplan MLV.

NAM, 2017. Long Term Subsidence vervolgstudie juli – oktober 2017; 30 jaar monitoring van bodemdaling in dynamisch waddengebied met de “hand aan de kraan” controle op bodemdaling. Notitie Nederlandse Aardolie maatschappij, 20 oktober 2017. Doc nr. EP201710200509.

NAM, 2018. Gaswinning vanaf de locaties Moddergat, Lauwersoog en Vierhuizen: publieksamenvatting en integrale beoordeling van de monitoringresultaten over 2017. Rapport Nederlandse Aardolie maatschappij.

NAM, 2019. Winningsplan Ternaard.

NAM, 2019. Monitoring van de effecten van bodemdaling door gaswinning in het Wadden- en Lauwersmeergebied, evaluatie monitoring 2013-2019. NAM rapport EP201907205142.

NAM, 2019. Gaswinning vanaf de locaties Moddergat, Lauweroog en Vierhuizen. Resultaten uitvoering Meet- en regelcyclus 2018. NAM Rapport EP201905200582.

Nederbragt, G. 2005. Zandvoorraden van het kustsysteem, onderbouwing van een conceptueel model met behulp van trends van de winst- en verliesposten over de periode 1973-1997. Rapport RIKZ/2005.033. Rijkswaterstaat, Rijksinstituut voor Kust en Zee/RIKZ.

Nederhoff, K., B. Smits & Z. B. Wang. 2017. KPP Wadden Data analyse: getij en morfologie Deltares rapport 11200521-000.

Oost, A.P., B.J. Ens, A.G. Brinkman, K.S. Dijkema, W.D. Eysink, J.J. Beukema, H.J. Gussinklo, B.M.J. Verboom & J.J. Verburgh, 1998. Integrale bodemdalingstudie Waddenzee. Nederlandse Aardolie Maatschappij B.V., Assen. 372 p.

Perdon, K.J., Troost, K., Zwol, J. van, van Asch, M., van der Pool, J. 2018. Schelpdierbestanden in de Nederlandse kustzone in 2018. Stichting Wageningen Research, Centrum voor Visserijonderzoek (CVO) CVO rapport 18.010.

Provincie Fryslân, 2017. Kaartenapplicatie natuur (fryslan.maps.arcgis.com).

Rappoldt C. & Ens B.J. 2013. Het effect van bodemdaling op overwinterende scholeksters in de Waddenzee. Een modelstudie met WEBTICS. EcoCurves rapport 17/ Sovon-rapport 2013/19. EcoCurves / Sovon Vogelonderzoek Nederland.

Reijnen M.J.S.M. & R.P.B. Foppen. 1991. Effect van wegen met autoverkeer op de dichtheden van broedvogels (hoofdrapport). IBN-rapport 91/1.DLO-Instituut voor Bos- en Natuuronderzoek, Leersum.

Rijkswaterstaat, 2013. Kenmerkende waarden Getijgebied 2011.0. Rapport.

Rijkswaterstaat, 2016a. Kustlijnkaarten 2017. Rapport.

Rijkswaterstaat, 2016b. Toelichting bij de Vegetatiekartering Kwelderwerken Friesland & Groningen 2014. Op basis van false colour-luchtfoto’s 1:10.000. Rijkswaterstaat Water Verkeer en Leefomgeving (RWS-WVL).

Rijkswaterstaat, 2016c. Algemene Passende beoordeling zandwinning, zandtransport en zandsuppletie – Deel I. Versie 2016.

Schrijvershof, R., H. van den Boogaard & M. Visser, 2018. Analyse LiDAR data voor het Friesche Zeegat (2010-2017); Monitoring effect bodemdaling door gaswinning. Deltaresrapport 11202013-000.

Smit, C.J., S.M.J.M Brasseur, B.J. Ens & K.H. Oosterbeek, 2007. Effecten van schietoefeningen vanaf fort Erfprins op natuurwaarden in het zeegat van Texel. IMARES rapport C109/07, SOVON onderzoeksrapport 2007/05. Imares, Den Burg; Alterra, Wageningen.

Steinborn, H., Reichenbach, M., Timmermann, H., 2011. Windkraft – Vögel – Lebensräum Ergebnisse einer siebenjährigen Studie zum Einfluss von Windkraftanlagen und Habitatparametern auf Wiesenvögel. Eine Publikation der ARSU GmbH.Arbeitsgruppe für regionale Struktur- und Umweltforschung GmbH.

TNO, 2016. Advies “actualisering beleidsscenario zeespiegelstijging voor delfstofwinning onder de Waddenzee”. Brief d.d. 27 juni 2016 met kenmerk AGE 16-10.066.

Van der Lugt M., Visser, M. & Van den Boomgaard, H., 2019. Analyse LiDAR-data voor het Friese zeegat (2010-2018) Monitoring effect bodemdaling door gaswinning. Deltares rapport.

Van den Ende, D., Troost, K., van Asch, M.,Perdon, J., van Zweeden, C., 2018. Mosselbanken en oesterbanken op droogvallende platen in de Nederlandse kustwateren in 2018: bestand en arealen IJmuiden : Stichting Wageningen Research, Centrum voor Visserijonderzoek (CVO) CVO rapport 18.023.

Van der Spek & D.J. Beets, 1992. Mid-Holocene evolution of a tidal basin in the western Netherlands: a model for future changes in the northern Netherlands under conditions of accelerated sea-level rise? Sedimentary Geology 80. 185-197.

van der Spek, A. J.F. 2018. The development of the tidal basins in the Dutch Wadden Sea until 2100: the impact of accelerated sea-level rise and subsidence on their sediment budget – a synthesis; Netherlands Journal of Geosciences Volume 97, pag. 71-78.

Van der Zee, E. 2014 Soft-bottom intertidal ecosystems shaped by ecosystem engineers. Consequences for trophic structure. Proefschrift Universiteit Groningen.

Van Duin, C., M. Vrij Peerdeman, H. Jaspers, A. Bucholc. 2017. Winning suppletiezand Noordzee 2018 t/m 2027; Milieueffectrapportage. Rapport Sweco versie D1.

Van Duin, W. E., H. Jongerius, A. Nicolai, J.J. Jongsma, A. Hendriks & C. Sonneveld, 2016a. Friese en Groninger kwelderwerken: monitoring en beheer 1960-2014. Wot/Imares-rapport C042/16.

Van Duin, W.E. & C. Sonneveld. 2016b. Vegetatie en opslibbing in de Peazemerlannen en het referentiegebied west-Groningen: Jaarrapport 2015. Alterra Rapport C034/16.

Van Duin, W.E. 2018. Kweldermonitoring in de Peazemerlannen en het referentiegebied West-Groningen: Jaarrapport 2017 Artemisiarapport 2017-03.

Van Goor, M. A., Zitman, T. J., Wang, Z. B. and Stive, M. J. F., 2003. Impact of sea-level rise on the morphological equilibrium state of tidal inlets, Mar. Geol., 202(3-4): 211-227.

Vermaas, T. en V. Marges, 2015, Detailanalyse volumeveranderingen rondom Ameland, Deltares, Rapport 1220040-006.

Vermeersen, B.L.A., A.B.A. Slangen, T. Gerkema, F. Baart, K.M. Cohen, S. Dangendorf, M. Duran-Matute, T. Frederikse, A. Grinsted, M.P. Hijma, S. Jevrejeva, P. Kiden, M. Kleinherenbrink, E.W. Meijles, M.D. Palmer, R. Rietbroek, R.E.M. Riva, E. Schulz, D.C. Slobbe, M.J.R. Simpson, P. Sterlini, P. Stocchi, R.S.W. van de Wal, M. van der Wegen. 2018. Sea-level change in the Dutch Wadden Sea; Netherlands Journal of Geosciences Volume 97, pag. 79-127.

Voslamber, B. & Liefting, M., 2011. Standaard Rekenmethodiek grasetende watervogels in de Rijntakken. SOVON-onderzoeksrapport 2011/09. SOVON Vogelonderzoek Nederland, Nijmegen.

Wang, Z.B. en W.D. Eysink, 2005. Abiotische effecten van bodemdaling in de Waddenzee door gaswinning, Rapport Z3995, WL | Delft Hydraulics.

Wang, Z.B., Cleveringa, J. & Oost, A., 2017. Morfologische effecten bodemdaling in relatie tot gebruiksruimte. Report 1230937-000. Deltares (Delft).

Wang, Z.B., E.P.L. Elias, A.J.F. van der Spek, Q.J. Lodder, 2018. Sediment budget and morphological development of the Dutch Wadden Sea: impact of accelerated sea-level rise and subsidence until 2100. Netherlands Journal of Geosciences Volume 97, pag. 183-214.

Weerman, E. 2011. Spatial patterns in phototrophic biofilms. The role of physical and biological interactions Proefschrift Radboud Universiteit Nijmegen.

Wiersma P. & van Dijk K. 2009. Hoogwatervluchtplaatsen op de kaart van het waddengebied (deel 1): kleine eilanden, platen en vastelandkust van Noord-Holland en Friesland. SOVON-informatierapport 2009/19. SOVON Vogelonderzoek Nederland, Beek-Ubbergen.

BIJLAGE A VERSTORINGSCONTOUREN

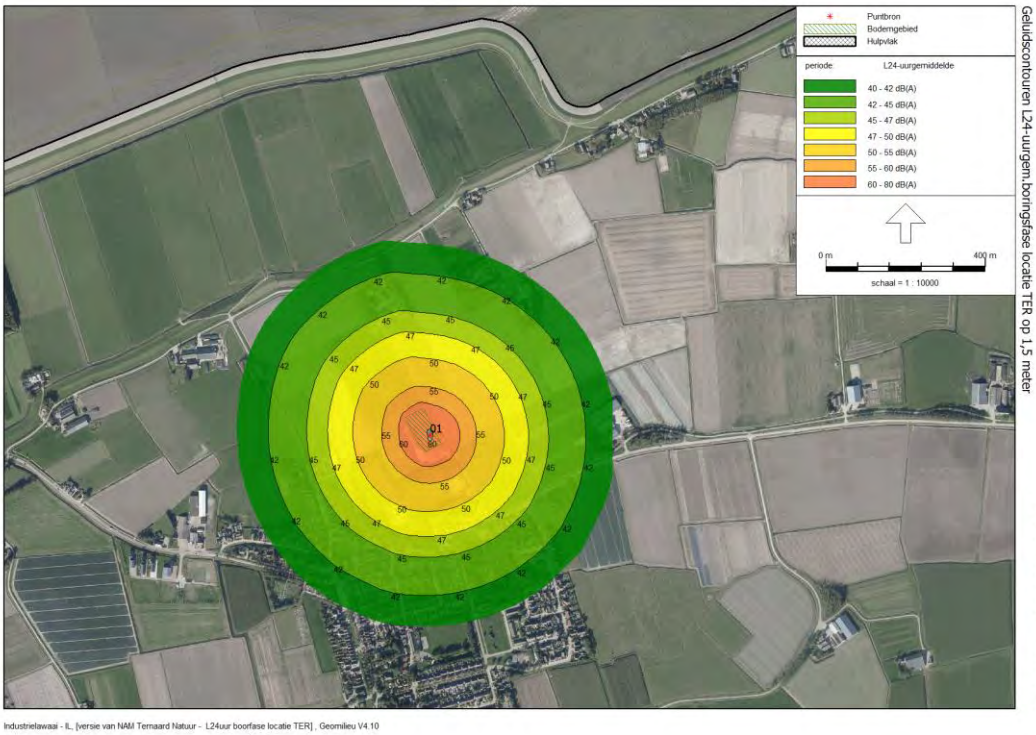
Geluidscontouren

De geluidscontourberekeningen zijn bij het opstellen van het MER voor de gaswinning Ternaard uitgevoerd, waarbij alleen voor de locatie nabij Ternaard een berekening is gedaan. De ligging van de uiteindelijke winlocatie (Locatie 2) wijkt echter niet wezenlijk af van deze berekeningslocatie (Locatie 1), met name door de vergelijkbare afstand tot aan de Waddenzee en dezelfde invulling en werkzaamheden. Hierdoor gelden dezelfde waarden, afstanden en eventuele effecten ook voor de locatie die in deze Passende beoordeling wordt beoordeeld.

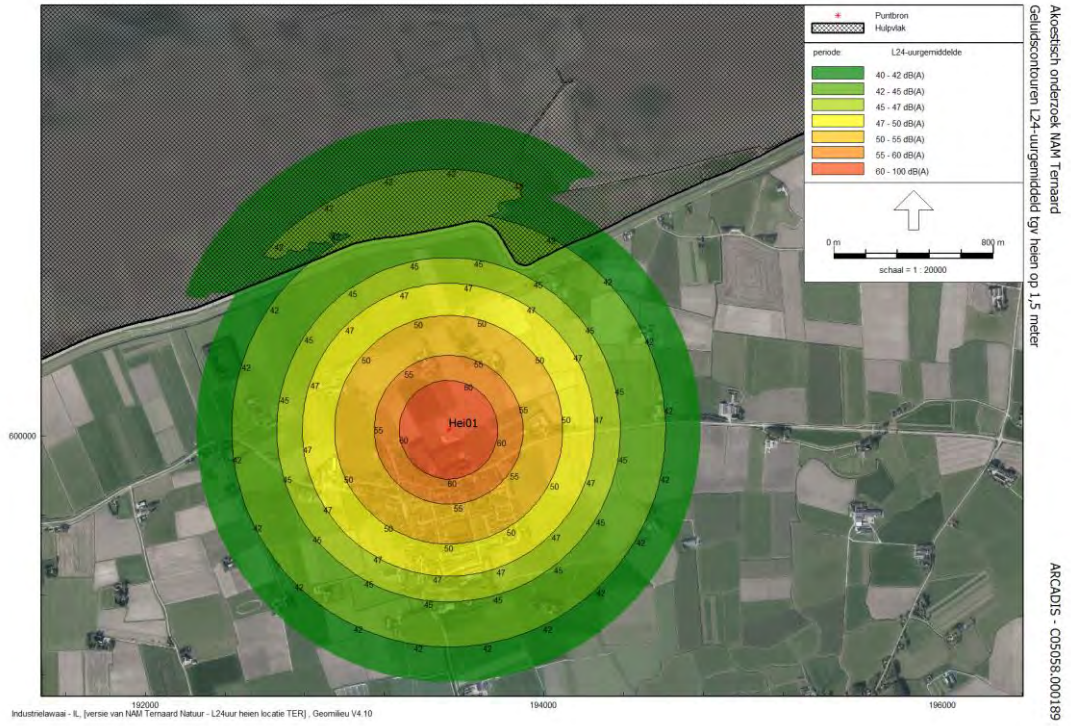
Voor de aanleg van de pijpleiding is geen visualisatie gemaakt, hiervoor geldt de volgende tabel:

Geluidscontour [dB(A)]	Afstand ten opzichte van de bron [meter]
40	193
42	160
45	123
47	103
50	80
55	54
60	37

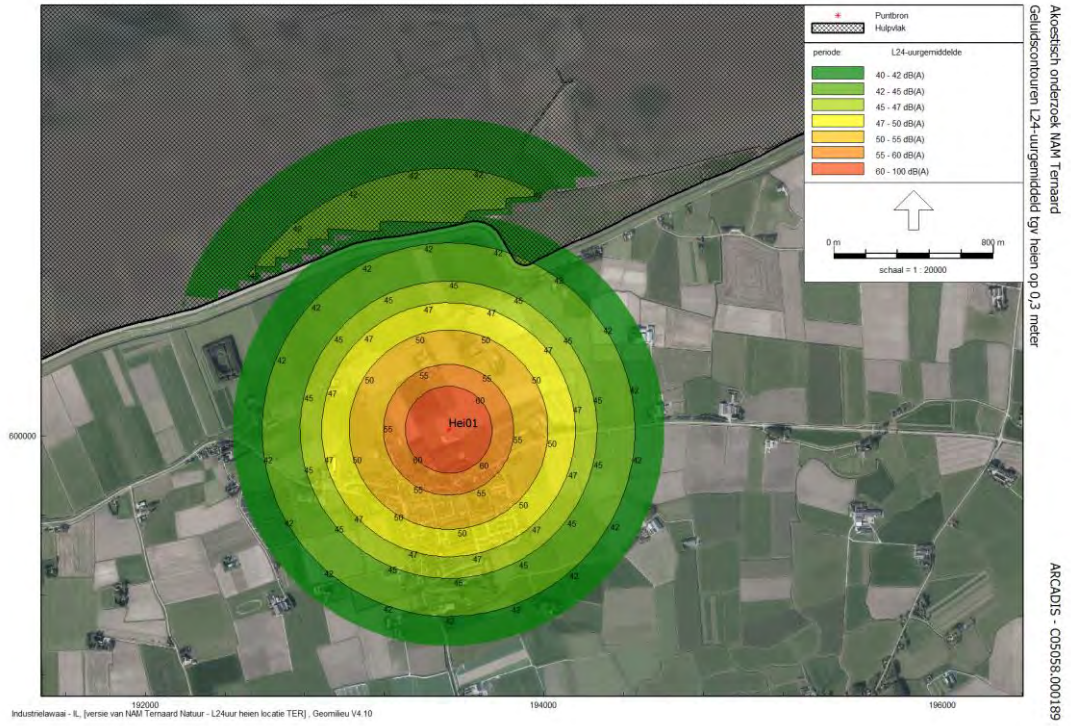
Aanlegfase 24-uurs equivalent op 1,5 meter



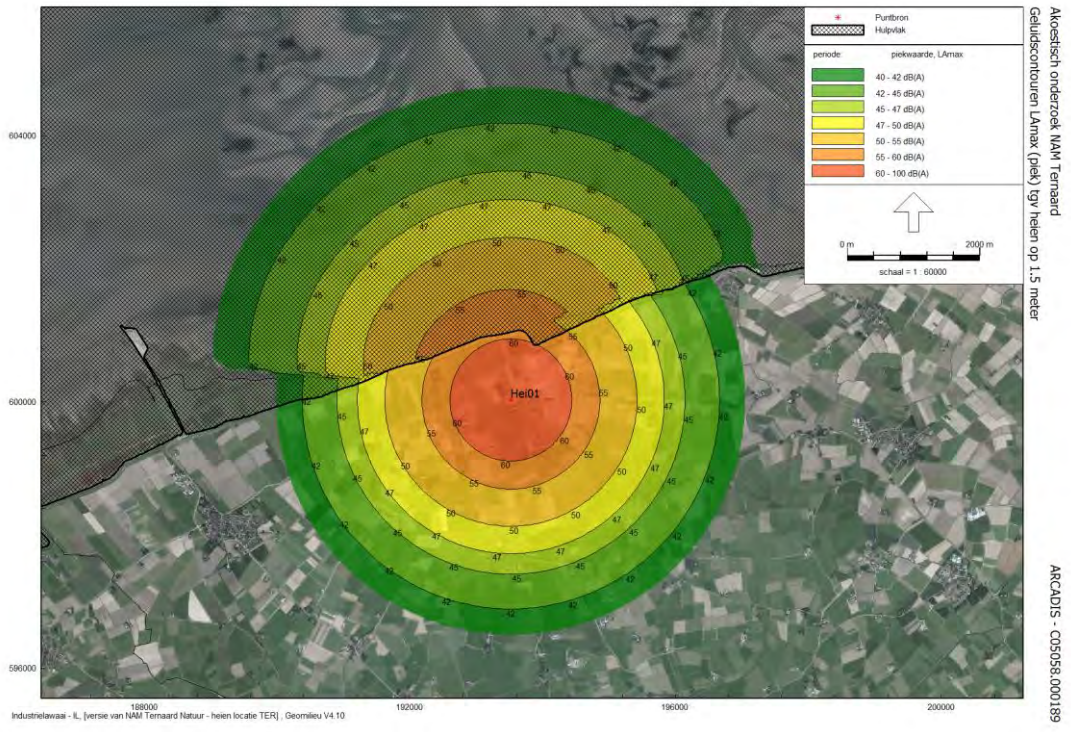
Aanlegfase heien 24-uurs equivalent op 1,5 meter



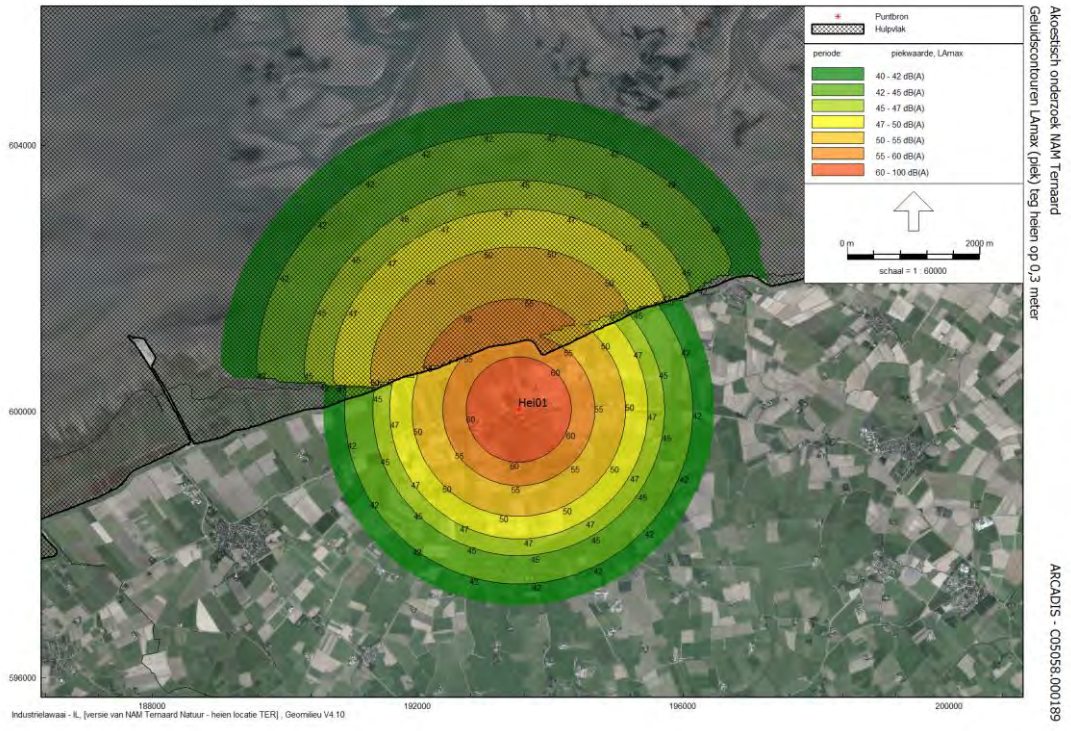
Aanlegfase heien 24-uurs equivalent op 0,3 meter



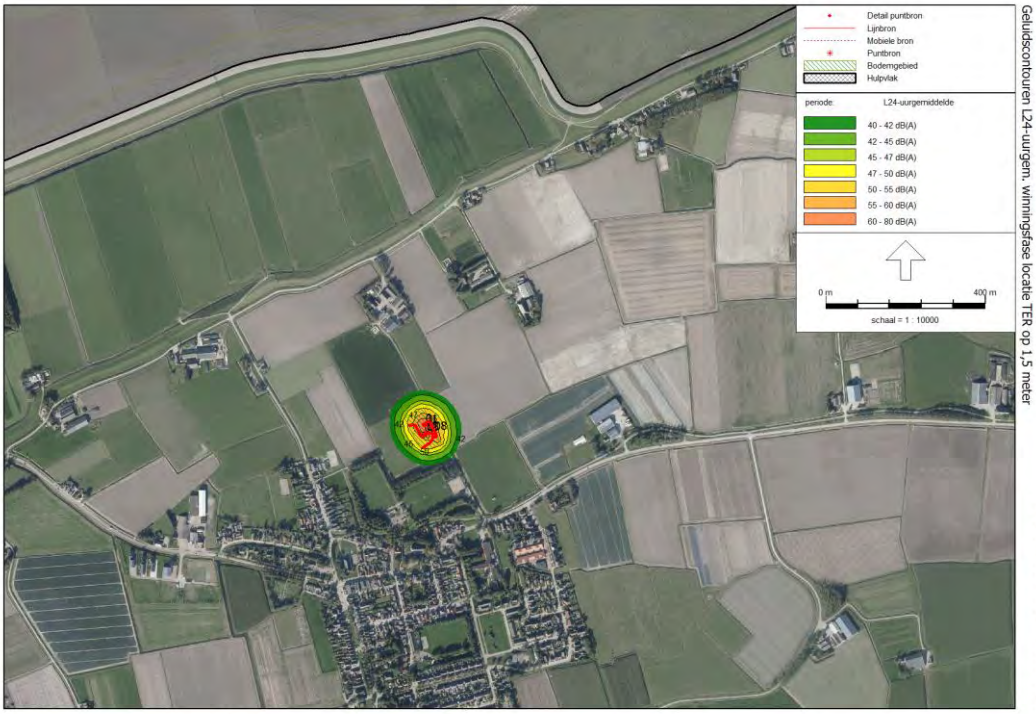
Aanlegfase heien piekbelasting op 1,5 meter



Aanlegfase heien piekbelasting op 0,3 meter



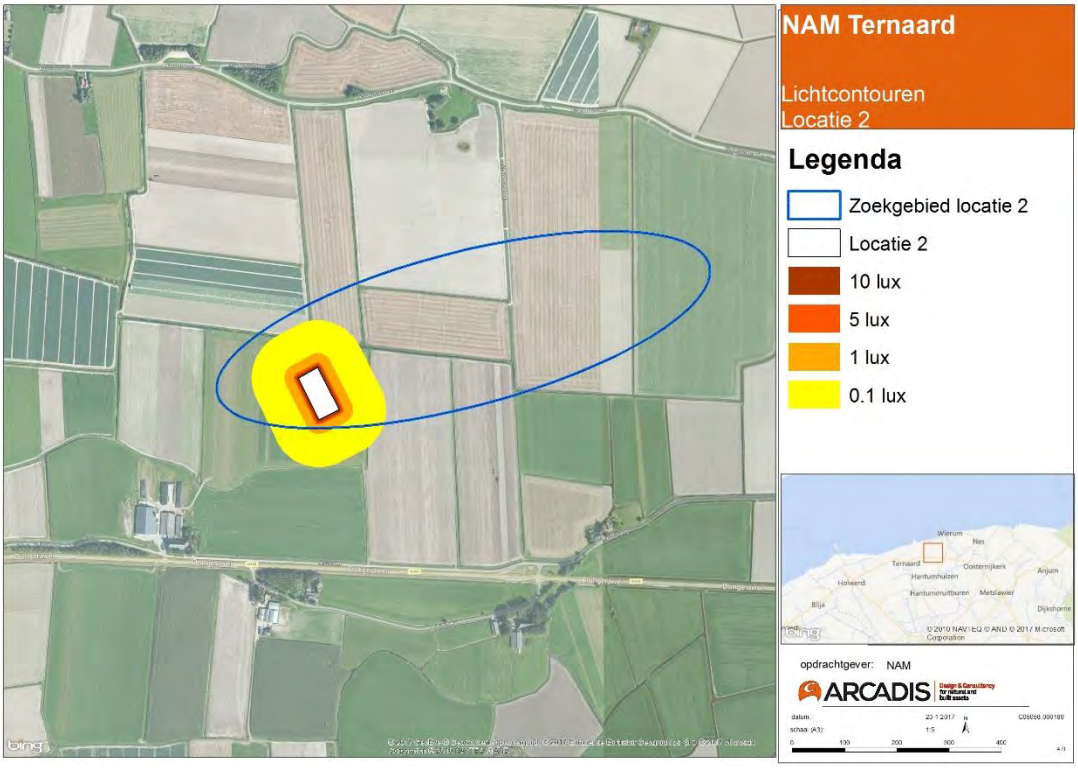
Winningsfase 24-uurs equivalent op 1,5 meter



Lichtcontouren

Locatie 2 productielocatie polder

De blauwe lijn is het zoekgebied, de locatie is illustratief



Locatie 2 Polder en Pijpleidingtracé

BIJLAGE B UITGANGSPUNTEN EN RESULTAAT AERIUS BEREKENING

Bijlage B1 Uitgangspunten depositieberekening

Activiteiten

In deze paragraaf worden de activiteiten van het project beschreven die mogelijk leiden tot een toename van stikstofdepositie op aangewezen stikstofgevoelige habitattypen of leefgebieden van aangewezen soorten in een Natura 2000-gebied, dat in bijlage 1 van de PAS is opgenomen, tot gevolg kunnen hebben. De activiteiten m.b.t. de voorgenomen activiteit vinden enkel op land plaats. Voor het inzetten van machines en aan- en afvoer van materiaal zal per as over de weg plaatsvinden.

In de onderstaande tabel zijn de verschillende activiteiten weergeven die invloed hebben op emissies.

Materieel	Activiteit
(Bestel)bussen/personenauto	Vervoeren personeel
Vrachtwagens	Aan- en afvoeren van de boorinstallatie
Laadschop	Voorbereiden productielocatie
Heistelling	Heien van funderingen voor de bouw van boorinstallatie
Hijskraan	Hijswerkzaamheden voor de boorinstallatie en materieel leidingtracé
Graafmachine	Graafwerkzaamheden t.b.v. aanleg leidingtracé en voorbereidend werk productielocatie
Bemalingspomp	Verpompen van water t.b.v. aanleg leidingtracé
Boorinstallatie	Boorwerkzaamheden kabelsystemen
Fakkelinstallatie	Affakkelen van gas
Generatoren	De dieselgeneratoren voorzien de boorinstallatie van elektriciteit.

Zichtjaar

Effecten kunnen optreden tijdens de aanleg- en tijdens de exploitatiefase. Bij het project Gaswinning Ternaard, is er geen sprake van effecten (of verwaarloosbare effecten) tijdens de winningsfase. In de winning zijn geen noemenswaardig emissies. De enige emissie van NOx en fijn stof in de winning is van een vrachtwagen die materialen komt brengen of afvoeren en/of een personenwagen van een operator. Enkel de aanlegfase is belangrijk voor de berekeningen in de AERIUS Calculator.

De boring duurt naar verwachting 4,5 maanden. Na de boring wordt de leiding aangelegd. De aanleg van het leidingtracé zal enkele maanden in beslag nemen.

In de modellering is worst case uitgegaan van een realisatieprocedure van 1 kalenderjaar. Het jaar dat is gekozen voor de berekeningen is 2020. De berekening voor het jaar 2020 kan als worst case worden gezien, omdat in toekomstige jaren lagere emissiefactoren voor wegverkeer worden gehanteerd.

Kenmerken emissiebronnen

Deze paragraaf beschrijft en onderbouwt de brongegevens die worden gebruikt bij de berekening van de depositiebijdrage van het project binnen het onderzoeksgebied. De beschreven brongegevens vormen de invoer voor de berekeningen met AERIUS Calculator. Bij de inventarisatie is onderscheid gemaakt tussen de verschillende typen bronnen, welke bij een of meer onderdelen worden ingezet.

Mobiele werktuigen

De werkvoertuigen behorend bij de mobiele werktuigen zijn: rupsgraafmachines, hijskranen, graafmachines, laadschoppen, heistellingen en bemalingspompen. De emissies van dieselmaterieel zijn afhankelijk van het motorisch vermogen, de gemiddelde belasting, het bouwjaar en de draaiuren. De emissiefactoren van onder andere dieselmaterieel is op Europees niveau gereguleerd via technische voorschriften aan het voertuig en de verbrandingsmotor.

Emissiefactoren
De voorschriften voor dieselmaterieel gelden sinds 1997. De EU-richtlijnen (97/68/EC en 2002/88/EC) bevatten normen voor de maximale uitstoot van luchtverontreiniging per vermogensklasse in gram/kWh. Er is sprake van invoering in vier fasen van strenger wordende emissienormen. De derde fase verloopt in twee stappen: Stage IIIA voor motoren met een variabel toerental met bouwjaar 2006/2008 en Stage IIIB voor bouwjaar 2011/2013. De vierde fase geldt vanaf 2014 (EU-richtlijnen 2004/26/EC).

Om de emissie van stikstof zo veel mogelijk te beperken is ervoor gekozen alleen materieel in te zetten dat voldoet aan de emissie-eisen van STAGE IV en om bij de generatoren een nageschakelde techniek toe te passen die een emissie realiseert die nog lager is van STAGE IV. De gehanteerde emissiefactor is een feitelijk gemeten waarde tijdens representatieve omstandigheden.

Voor de boringen wordt de boorinstallatie T700 ingezet of vergelijkbaar. De boorinstallatie wordt van elektrische energie voorzien door 4 dieselgeneratoren. Uit metingen blijkt dat de NOx uitstoot bij een boring 0,22 gram per kWh opgewekte energie betreft. Voor de totale boring is 3130 MWh aan elektriciteit nodig. In onderstaande tabel is een overzicht opgenomen met de gehanteerde uitgangspunten voor de emissieberekeningen.

Motorbelasting
De motorbelasting (aanspreken van motorisch vermogen) van dieselmaterieel gedurende een werkcyclus is wisselend. Er wordt nooit of zelden het maximale motorisch vermogen aangesproken. De gemiddelde belasting varieert voor het meeste dieselmaterieel tussen 50 tot 60%. In de emissieberekeningen is gecorrigeerd voor de gemiddelde belasting. De gemiddelde belasting is afkomstig uit het genoemde TNO-rapport[19].

Emissievracht
Op basis van het totaalaantal bedrijfsuren, motorisch vermogen van materieel, de gemiddelde belasting en emissiefactoren, is de totale NO_x- en PM_{10}-emissievracht bepaald. Een overzicht van het in te zetten materieel in de aanlegfase en de gehanteerde uitgangspunten is opgenomen in onderstaande tabel.

[19] Afkomstig uit TNO-rapport 'Emissiemodel Mobiele Machines gebaseerd op machineverkopen in combinatie met brandstof Afzet, EMMA' van november 2009.

Berekening emissies mobiele werktuigen en generatoren

								Emissiefactor belast		Emissiefactor onbelast					
Activiteit	Materieel	Bouwjaar	Draai-uren	% uren stationair	KW	Cilinder inhoud (l)	Stage	Gram Nox/kWh	Gram NH3/kWh	Gram NOX/l/u	Gram NH3/l/uur	Belasting	TAF fact.	emissie	emissie
Inrichting locatie														**69,93**	**0,14**
	Heistelling	2015	120	30%	250	13	IV	0,9	0,00233899	10	0,003142	0,69	1,1	18,85	0,04
	Laadschop	2015	240	30%	265	13	IV	0,9	0,00233899	10	0,003142	0,55	1,05	32,68	0,06
	Graafmachine	2015	240	30%	125	6	IV	0,9	0,002435	10	0,003149	0,69	0,87	15,85	0,03
	Asfalt	2015	40	30%	106	5	IV	0,9	0,002435	10	0,003149	0,76	0,95	2,56	0,01
Generatoren boring														**418,1**	**4,45**
	Aggregaat 1	2015	2592	0%	242	12	IV	0,22	0,00233899	10	0,003149	0,69	1,1	104,52	1,11
	Aggregaat 2	2015	2592	0%	242	12	IV	0,22	0,00233899	10	0,003149	0,69	1,1	104,52	1,11
	Aggregaat 3	2015	2592	0%	242	12	IV	0,22	0,00233899	10	0,003149	0,69	1,1	104,52	1,11
	Aggregaat 4	2015	2592	0%	242	12	IV	0,22	0,00233899	10	0,003149	0,69	1,1	104,52	1,11
Aanleg leidingtracé														**1739,23**	**4,15**
	Kranen	2015	4176	30%	250	13	IV	0,9	0,00233899	10	0,003142	0,69	1,1	655,81	1,35
	Graafmachines	2015	2784	30%	125	6	IV	0,9	0,002435	10	0,003149	0,69	0,87	183,81	0,37
	Bemalingspompen	2015	33408	0%	80	4	IV	0,9	0,002435	10	0,003149	0,34	1,1	899,61	2,43

Affakkelen

De NO_x-emissiefactor is afgeleid uit EPA-rapport 'AP42, 15.5 Industrial Flares'. In onderstaande tabel is een overzicht opgenomen met de gehanteerd uitgangspunten voor de emissieberekeningen.

Overzicht uitgangspunten emissieberekeningen fakkels

Omschrijving	Aantal	Hoeveelheid gas [m^3/]	Emissiefactor NO_x [g/m^3 gas]	NO_x- vracht [kg]
Fakkels	2	1.600.000	1,04	1.664

Wegverkeer

De emissiefactoren van gemotoriseerd wegverkeer worden jaarlijks, medio maart, gepubliceerd door het ministerie van Infrastructuur en Waterstaat voor de huidige situatie en verschillende toekomstige jaren. Latere jaren reflecteren een afname van emissiefactoren vanwege strenge emissie-eisen die aan de motorvoertuigen worden gesteld. Hierdoor wordt het wagenpark in Nederland steeds schoner.

De emissiefactoren van wegverkeer zijn afhankelijk van het zichtjaar, de voertuigcategorie en het snelheidstype. De (grote) vrachtwagens zijn beschouwd als 'zware motorvoertuigen'. De personenauto's en autobusjes zijn beschouwd als 'lichte motorvoertuigen'. In de berekeningen is uitgegaan van snelheidstype 'stagnerend verkeer' op de productielocatie tot aan de hoofdweg.

In de emissieberekeningen zijn de emissiefactoren van het zichtjaar 2020 gehanteerd. De invoerparameter in het rekenmodel is weekdaggemiddelde intensiteit over het hele jaar. Het aantal motorvoertuigbewegingen is omgerekend naar weekdaggemiddelde intensiteit. In onderstaande tabel is een overzicht opgenomen met de gehanteerde weekdaggemiddelde intensiteit per fase.

Omschrijving	Totaalaantal bewegingen
Aanlegfase:	
Licht verkeer	40
Zwaar vrachtverkeer	52

Bijlage B2 Stikstofdepositie als gevolg van het project

Aerius Calculator 2020 berekening van de depositie door het project Ternaard met kenmerk RkvTE3NSrgBb (03 december 2020).

Aerius Calculator 2020 berekening van de depositie na saldering met de geleasede stikstofruimte van offshore platforms L09 en K14 met kenmerk RV4Q9RcaeiLS (22 januari 2021).

AERIUS CALCULATOR

Dit document bevat rekenresultaten van AERIUS Calculator. Het betreft de hoogst berekende stikstofbijdragen per stikstofgevoelig Natura 2000-gebied, op basis van rekenpunten die overlappen met habitattypen en/of leefgebieden die aangewezen zijn in het kader van de Wet natuurbescherming, gekoppeld aan een aangewezen soort, of nog onbekend maar mogelijk wel relevant.

De berekening op basis van stikstofemissies gaat uit van de componenten ammoniak (NH_3) en/of stikstofoxide (NO_x).

Wilt u verder rekenen of gegevens wijzigen? Importeer de pdf dan in Calculator. Voor meer toelichting verwijzen wij u naar de website www.aerius.nl.

Berekening boring TRN incl leidingaanleg

- Kenmerken
- Samenvatting emissies
- Depositieresultaten
- Gedetailleerde emissiegegevens

Verdere toelichting over deze PDF kunt u vinden in een bijbehorende leeswijzer. Deze leeswijzer en overige documentatie is te raadplegen via: https://www.aerius.nl/handleidingen-en-leeswijzers.

AERIUS CALCULATOR

Contact

Rechtspersoon	Inrichtingslocatie
NAM	Nederlandse Aardolie Maatschappij B.V., 9400HH Assen

Activiteit

Omschrijving	AERIUS kenmerk
Boring en leidingaanleg Ternaard	RkvTE3NSrgBb

Datum berekening	Rekenjaar	Rekenconfiguratie
03 december 2020, 10:46	2020	Berekend voor natuurgebieden

Totale emissie

	Situatie 1
NOx	3.891,34 kg/j
NH3	8,60 kg/j

Resultaten

Hectare met hoogste bijdrage (mol/ha/j)

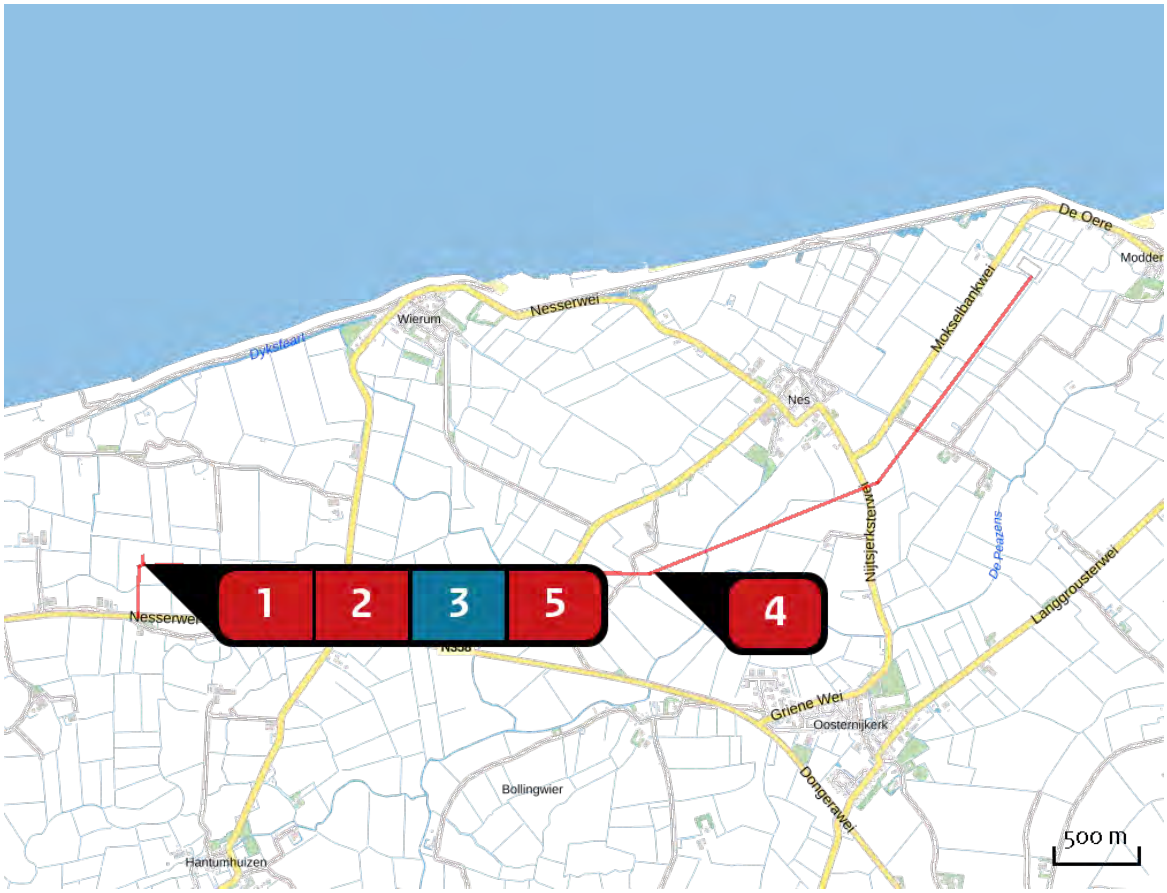
Natuurgebied	Bijdrage
Waddenzee	0,24

Toelichting

Boring en leidingaanleg Ternaard

Locatie

boring TRN incl leidingaanleg



Emissie

boring TRN incl leidingaanleg

Bron Sector		Emissie NH3	Emissie NOx
1	TRN_Inrichting locatie Mobiele werktuigen | Bouw en Industrie	-	69,93 kg/j
2	TRN_Generatoren boorinstallatie Mobiele werktuigen | Bouw en Industrie	4,45 kg/j	418,10 kg/j
3	TRN_4 fakkels Energie | Energie	-	1.664,00 kg/j
4	TRN_Aanleg leidingtracé zuid Mobiele werktuigen | Bouw en Industrie	4,15 kg/j	1.739,23 kg/j
5	TRN_verkeer Wegverkeer | Buitenwegen	< 1 kg/j	< 1 kg/j

Resultaten stikstof gevoelige Natura 2000 gebieden (mol/ha/j)

Natuurgebied	Hoogste bijdrage	Bijdrage op (bijna) overbelaste hexagonen*
Waddenzee	0,24	0,10
Duinen Schiermonnikoog	0,03	
Noordzeekustzone	0,02	
Duinen Ameland	0,01	
Groote Wielen	0,01	-

* Als de hoogste depositietoename plaatsvindt op een hexagoon waar géén sprake is van een (naderende) stikstofoverbelasting, dan is de hoogste toename op een hexagoon met wel een (naderende) stikstofoverbelasting in deze kolom weergegeven.

Resultaten per habitattype (mol/ha/j)

voor de 10 stikstofgevoelige Natura 2000-gebieden met het hoogste resultaat

Waddenzee

Habitattype	Hoogste bijdrage	Bijdrage op (bijna) overbelaste hexagonen*
H1330A Schorren en zilte graslanden (buitendijks)	0,24	0,10
H1310A Zilte pionierbegroeiingen (zeekraal)	0,22	0,03
H1320 Slijkgrasvelden	0,14	0,02
ZGH2120 Witte duinen	0,03	
ZGH2130A Grijze duinen (kalkrijk)	0,03	
H2110 Embryonale duinen	0,02	
ZGH2160 Duindoornstruwelen	0,02	
ZGH2190B Vochtige duinvalleien (kalkrijk)	0,02	
ZGH2110 Embryonale duinen	0,02	
H1310B Zilte pionierbegroeiingen (zeevetmuur)	0,01	
H2190B Vochtige duinvalleien (kalkrijk)	0,01	

Duinen Schiermonnikoog

Habitattype	Hoogste bijdrage	Bijdrage op (bijna) overbelaste hexagonen*
H2180B Duinbossen (vochtig)	0,03	
ZGH2130B Grijze duinen (kalkarm)	0,03	
ZGH2180Abe Duinbossen (droog), berken-eikenbos	0,03	
ZGH2160 Duindoornstruwelen	0,03	
H9999:6 Habitattype onbekend/onzeker KDW op basis meest kritische relevante type (H2130B;H2130C).	0,03	
H2170 Kruipwilgstruwelen	0,03	
H2190B Vochtige duinvalleien (kalkrijk)	0,03	
ZGH2120 Witte duinen	0,03	
H2190C Vochtige duinvalleien (ontkalkt)	0,03	
H2130C Grijze duinen (heischraal)	0,03	
ZGH2180B Duinbossen (vochtig)	0,03	
H1330A Schorren en zilte graslanden (buitendijks)	0,03	
ZGH2130A Grijze duinen (kalkrijk)	0,03	
H2190Aom Vochtige duinvalleien (open water), oligo- tot mesotrofe vormen	0,03	
ZGH2170 Kruipwilgstruwelen	0,02	
H6410 Blauwgraslanden	0,02	
ZGH2190C Vochtige duinvalleien (ontkalkt)	0,02	
ZGH2180C Duinbossen (binnenduinrand)	0,02	
ZGH2190B Vochtige duinvalleien (kalkrijk)	0,02	

Duinen Schiermonnikoog

Habitattype	Hoogste bijdrage	Bijdrage op (bijna) overbelaste hexagonen*
H1310B Zilte pionierbegroeiingen (zeevetmuur)	0,01	

Noordzeekustzone

Habitattype	Hoogste bijdrage	Bijdrage op (bijna) overbelaste hexagonen*
H1330A Schorren en zilte graslanden (buitendijks)	0,02	
H1310B Zilte pionierbegroeiingen (zeevetmuur)	0,02	
H2110 Embryonale duinen	0,02	
H1310A Zilte pionierbegroeiingen (zeekraal)	0,02	0,01
ZGH2110 Embryonale duinen	0,02	-
ZGH2190B Vochtige duinvalleien (kalkrijk)	0,01	-

Duinen Ameland

Habitattype	Hoogste bijdrage	Bijdrage op (bijna) overbelaste hexagonen*
ZGH2160 Duindoornstruwelen	0,01	
ZGH2120 Witte duinen	0,01	
ZGH2130B Grijze duinen (kalkarm)	0,01	
H2160 Duindoornstruwelen	0,01	
H9999:5 Habitattype onbekend/onzeker KDW op basis meest kritische relevante type (H2130B;H2130C;H6230).	0,01	
H2170 Kruipwilgstruwelen	0,01	
H2120 Witte duinen	0,01	
H2130B Grijze duinen (kalkarm)	0,01	
H2180Abe Duinbossen (droog), berken-eikenbos	0,01	
H2180B Duinbossen (vochtig)	0,01	
H2190B Vochtige duinvalleien (kalkrijk)	0,01	
ZGH2180B Duinbossen (vochtig)	0,01	
ZGH2130A Grijze duinen (kalkrijk)	0,01	
ZGH2190B Vochtige duinvalleien (kalkrijk)	0,01	
H2130A Grijze duinen (kalkrijk)	0,01	
ZGH2180Abe Duinbossen (droog), berken-eikenbos	0,01	
H2190Aom Vochtige duinvalleien (open water), oligo- tot mesotrofe vormen	0,01	
ZGH2190C Vochtige duinvalleien (ontkalkt)	0,01	
ZGH6230vka Heischrale graslanden, vochtig kalkarm	0,01	

Duinen Ameland

Habitattype	Hoogste bijdrage	Bijdrage op (bijna) overbelaste hexagonen*
ZGH2170 Kruipwilgstruwelen	0,01	
H2180C Duinbossen (binnenduinrand)	0,01	
H2150 Duinheiden met struikhei	0,01	
H2140A Duinheiden met kraaihei (vochtig)	0,01	
H2130C Grijze duinen (heischraal)	0,01	
H2190C Vochtige duinvalleien (ontkalkt)	0,01	

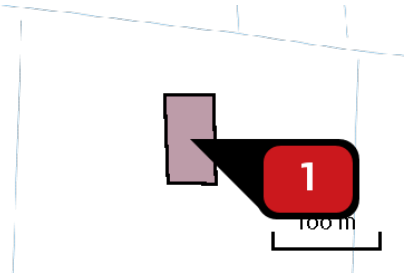
Groote Wielen

Habitattype	Hoogste bijdrage	Bijdrage op (bijna) overbelaste hexagonen*
Lg08 Nat, matig voedselrijk grasland	0,01	-

* Als de hoogste depositietoename plaatsvindt op een hexagoon waar géén sprake is van een (naderende) stikstofoverbelasting, dan is de hoogste toename op een hexagoon met wel een (naderende) stikstofoverbelasting in deze kolom weergegeven.

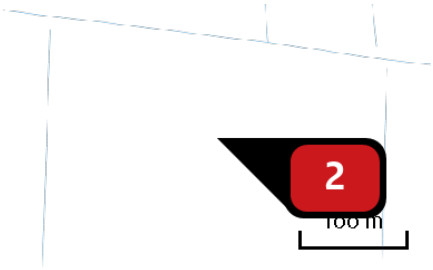
Emissie (per bron)

boring TRN incl leidingaanleg



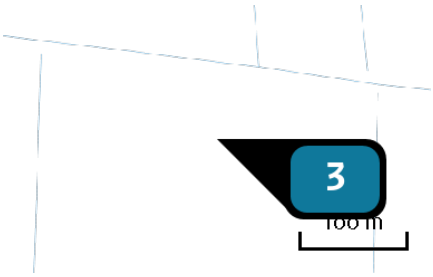
Naam	TRN_Inrichting locatie
Locatie (X,Y)	195170, 600384
NOx	69,93 kg/j

Voertuig	Omschrijving	Uitstoot hoogte (m)	Spreiding (m)	Warmte inhoud (MW)	Stof	Emissie
AFW	voorbereiding + constr.werkz.	4,0	4,0	0,0	NOx	69,93 kg/j



Naam	TRN_Generatoren boorinstallatie
Locatie (X,Y)	195168, 600392
NOx	418,10 kg/j
NH3	4,45 kg/j

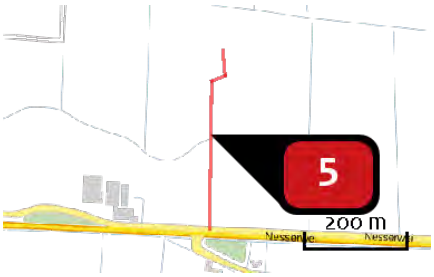
Voertuig	Omschrijving	Uitstoot hoogte (m)	Spreiding (m)	Warmte inhoud (MW)	Stof	Emissie
AFW	Generator	6,0	0,0	0,1	NOx NH3	418,10 kg/j 4,45 kg/j



Naam	TRN_4 fakkels
Locatie (X,Y)	195177, 600414
Uitstoothoogte	21,0 m
Warmteinhoud	197,000 MW
Temporele variatie	Standaard profiel industrie
NOx	1.664,00 kg/j

Naam	TRN_Aanleg leidingtracé zuid
Locatie (X,Y)	198134, 600311
NOx	1.739,23 kg/j
NH3	4,15 kg/j

Voertuig	Omschrijving	Uitstoot hoogte (m)	Spreiding (m)	Warmte inhoud (MW)	Stof	Emissie
AFW	Dieselmaterieel	4,0	4,0	0,0	NOx	1.739,23 kg/j
					NH3	4,15 kg/j



Naam	TRN_verkeer
Locatie (X,Y)	195130, 600242
NOx	< 1 kg/j
NH3	< 1 kg/j

Soort	Voertuig	Aantal voertuigen	Stof	Emissie
Standaard	Licht verkeer	40,0 / jaar	NOx	< 1 kg/j
			NH3	< 1 kg/j
Standaard	Zwaar vrachtverkeer	52,0 / jaar	NOx	< 1 kg/j
			NH3	< 1 kg/j

Disclaimer

Hoewel verstrekte gegevens kunnen dienen ter onderbouwing van een vergunningaanvraag, kunnen er geen rechten aan worden ontleend. De eigenaar van AERIUS aanvaardt geen aansprakelijkheid voor de inhoud van de door de gebruiker aangeboden informatie. Bovenstaande gegevens zijn enkel bruikbaar tot er een nieuwe versie van AERIUS beschikbaar is. AERIUS is een geregistreerd handelsmerk in Europa. Alle rechten die niet expliciet worden verleend, zijn voorbehouden.

Rekenbasis

Deze berekening is tot stand gekomen op basis van:

AERIUS	versie 2020_20201124_13fd900ebd
Database	versie 2020_20201124_13fd900ebd

Voor meer informatie over de gebruikte methodiek en data zie:
https://www.aerius.nl/nl/factsheets/release/aerius-calculator-2020

AERIUS CALCULATOR

Dit document bevat rekenresultaten van AERIUS Calculator. Het betreft de hoogst berekende stikstofbijdragen per stikstofgevoelig Natura 2000-gebied, op basis van rekenpunten die overlappen met habitattypen en/of leefgebieden die aangewezen zijn in het kader van de Wet natuurbescherming, gekoppeld aan een aangewezen soort, of nog onbekend maar mogelijk wel relevant.

De berekening op basis van stikstofemissies gaat uit van de componenten ammoniak (NH3) en/of stikstofoxide (NOx).

Wilt u verder rekenen of gegevens wijzigen? Importeer de pdf dan in Calculator. Voor meer toelichting verwijzen wij u naar de website www.aerius.nl.

Berekening Salderingsruimte Lo9 K14 en TRN incl leidingaanleg

- Kenmerken
- Samenvatting emissies
- Depositieresultaten
- Gedetailleerde emissiegegevens

Verdere toelichting over deze PDF kunt u vinden in een bijbehorende leeswijzer. Deze leeswijzer en overige documentatie is te raadplegen via: https://www.aerius.nl/handleidingen-en-leeswijzers.

AERIUS CALCULATOR

Contact

Rechtspersoon	Inrichtingslocatie
NAM	Nederlandse Aardolie Maatschappij B.V., 9400HH Assen

Activiteit

Omschrijving	AERIUS kenmerk
Saldering Ternaard (TRN) met Lo9 en K14, 30% afroming is verrekend.	RV4Q9RcaeiLS

Datum berekening	Rekenjaar	Rekenconfiguratie
22 januari 2021, 15:14	2020	Berekend voor natuurgebieden

Totale emissie

	Situatie 1	Situatie 2	Verschil
NOx	47,39 ton/j	3.891,34 kg/j	-43,50 ton/j
NH3	-	8,60 kg/j	8,60 kg/j

Resultaten

Hectare met hoogste verschil (mol/ha/j)

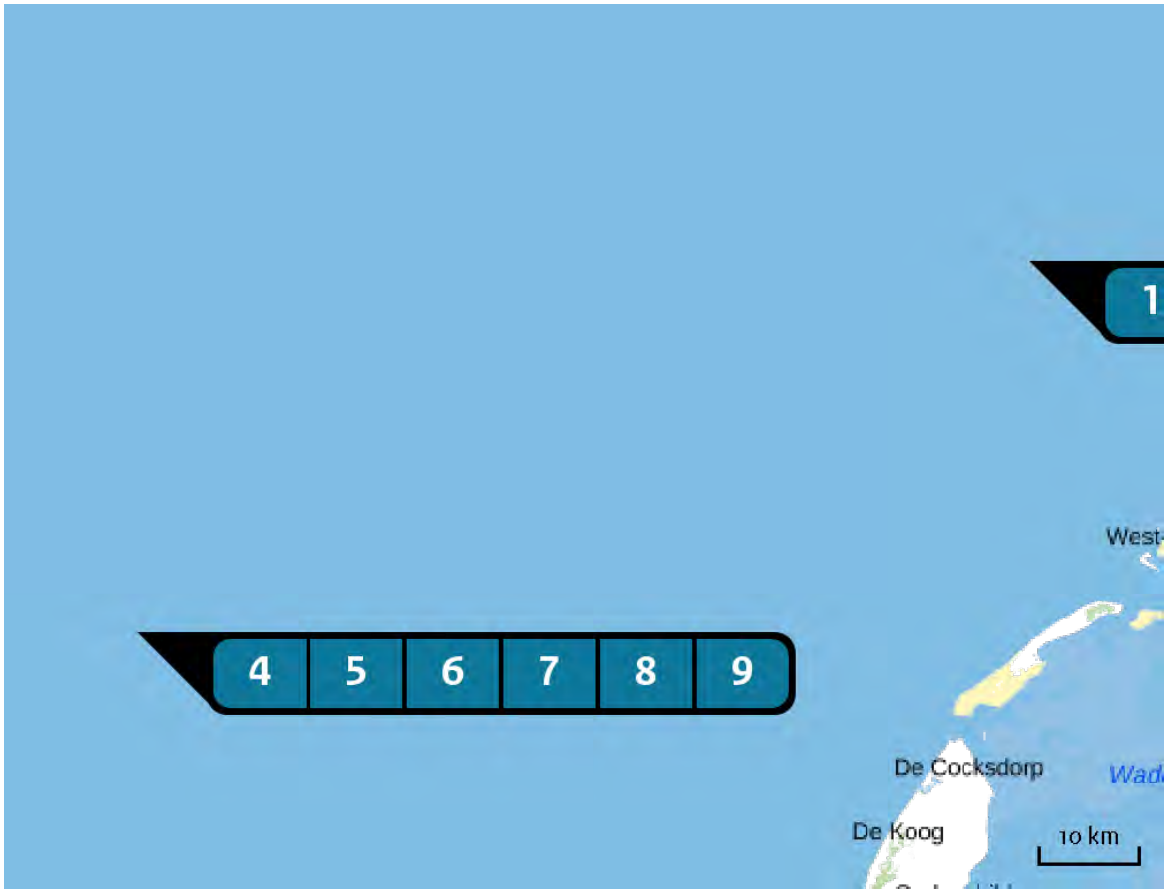
Natuurgebied	Verschil
Waddenzee	+ 0,22

Toelichting

Saldering van NAM project Ternaard met verleasde stikstofruimte van Lo9 en K14, 30% afroming is verrekend.

Locatie

Salderingsruimte Lo9 K14



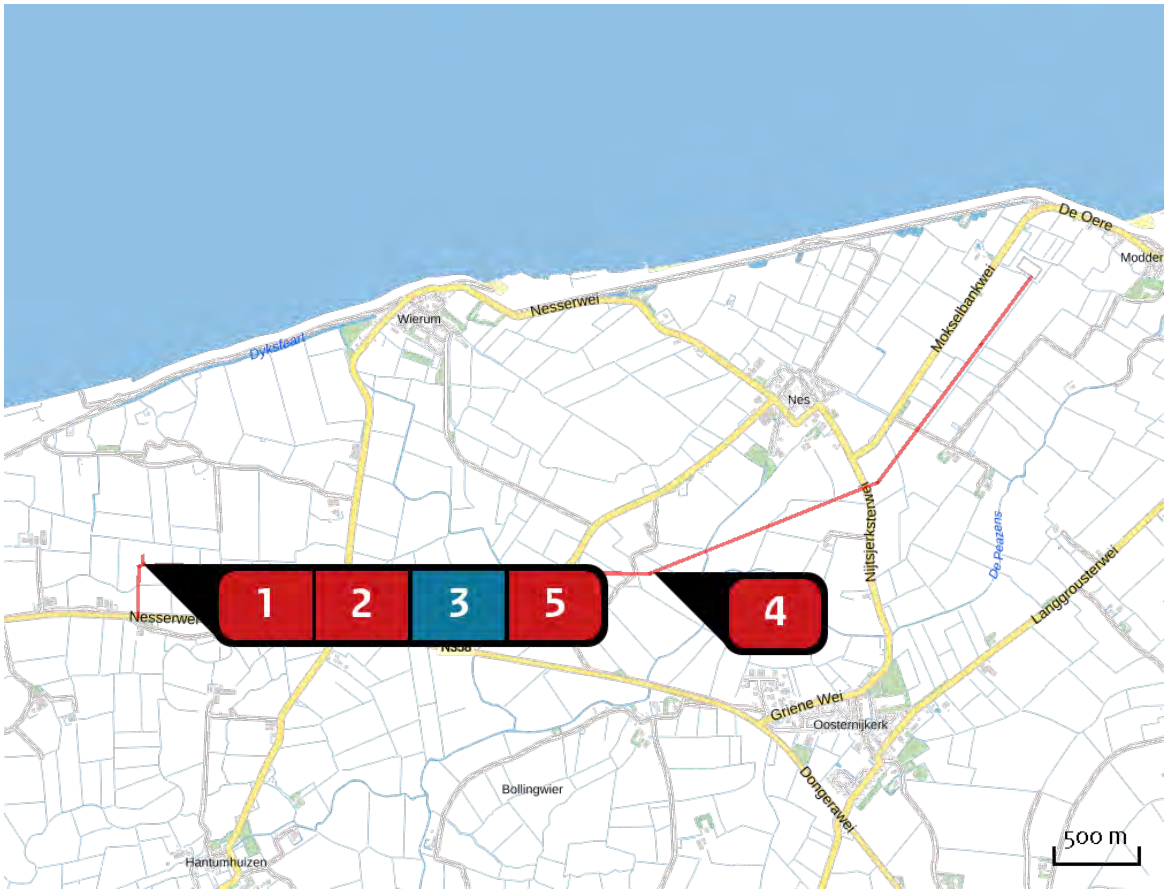
Emissie

Salderingsruimte Lo9 K14

Bron Sector		Emissie NH3	Emissie NOx
1	Lo9FF GT001 Energie | Energie	-	8.120,00 kg/j
2	Lo9FF G6001 Energie | Energie	-	1.540,00 kg/j
3	Lo9FF G6002 Energie | Energie	-	1.470,00 kg/j
4	K14 GT K2000 Energie | Energie	-	17.220,00 kg/j
5	K14 GT K3000 Energie | Energie	-	3.150,00 kg/j
6	K14 G500 Energie | Energie	-	4.620,00 kg/j

Bron Sector		Emissie NH3	Emissie NOx
7	K14 G510 Energie | Energie	-	3.780,00 kg/j
8	K14 G520 Energie | Energie	-	3.290,00 kg/j
9	K14 G600 Energie | Energie	-	4.200,00 kg/j

Locatie
TRN incl leidingaanleg



Emissie
TRN incl leidingaanleg

Bron Sector		Emissie NH3	Emissie NOx
1	TRN_Inrichting locatie Mobiele werktuigen | Bouw en Industrie	-	69,93 kg/j
2	TRN_Generatoren boorinstallatie Mobiele werktuigen | Bouw en Industrie	4,45 kg/j	418,10 kg/j
3	TRN_4 fakkels Energie | Energie	-	1.664,00 kg/j
4	TRN_Aanleg leidingtracé zuid Mobiele werktuigen | Bouw en Industrie	4,15 kg/j	1.739,23 kg/j
5	TRN_verkeer Wegverkeer | Buitenwegen	< 1 kg/j	< 1 kg/j

Resultaten stikstof gevoelige Natura 2000 gebieden (mol/ha/j)

Natuurgebied	Hectare met hoogste verschil Situatie 1	Situatie 2	Verschil	Verschil op (bijna) overbelaste hexagonen*
Waddenzee	0,01	0,24	+ 0,22	0,08
Duinen Schiermonnikoog	0,02	0,03	+ 0,01	
Noordzeekustzone	0,01	0,02	0,00	
Duinen Ameland	0,02	0,01	0,00	
Buurserzand & Haaksbergerveen	0,01	0,00	0,00	
Rijntakken	0,01	0,00	0,00	
Aamsveen	0,01	0,00	0,00	
Witte Veen	0,01	0,00	0,00	
Wooldse Veen	0,01	0,00	0,00	
Veluwe	0,01	0,00	0,00	
Korenburgerveen	0,01	0,00	0,00	
Willinks Weust	0,01	0,00	0,00	
Dinkelland	0,01	0,00	0,00	
Bekendelle	0,01	0,00	0,00	
Stelkampsveld	0,01	0,00	0,00	
Maasduinen	0,01	0,00	0,00	
Bergvennen & Brecklenkampse Veld	0,01	0,00	0,00	
Zeldersche Driessen	0,01	0,00	0,00	
Boschhuizerbergen	0,01	0,00	0,00	
Swalmdal	0,01	0,00	0,00	

Natuurgebied	Hectare met hoogste verschil Situatie 1	Situatie 2	Verschil	Verschil op (bijna) overbelaste hexagonen*
Leudal	0,01	0,00	0,00	
De Bruuk	0,01	0,00	0,00	
Leenderbos, Groote Heide & De Plateaux	0,01	0,00	0,00	
Strabrechtse Heide & Beuven	0,01	0,00	0,00	
Weerter- en Budelerbergen & Ringselven	0,01	0,00	0,00	
Groote Peel	0,01	0,00	0,00	
Deurnsche Peel & Mariapeel	0,01	0,00	0,00	
Kampina & Oisterwijkse Vennen	0,01	0,00	0,00	
Kempenland-West	0,01	0,00	0,00	
Sint Jansberg	0,01	0,00	0,00	
Landgoederen Brummen	0,01	0,00	0,00	
Vlijmens Ven, Moerputten & Bossche Broek	0,01	0,00	0,00	
Loonse en Drunense Duinen & Leemkuilen	0,01	0,00	0,00	
Loevestein, Pompveld & Kornsche Boezem	0,01	0,00	0,00	
Zouweboezem	0,01	0,00	0,00	-0,01
Lonnekermeer	0,01	0,00	0,00	
Biesbosch	0,01	0,00	0,00	
Lingegebied & Diefdijk-Zuid	0,01	0,00	0,00	
Langstraat	0,01	0,00	0,00	
Uiterwaarden Lek	0,01	0,00	0,00	

Natuurgebied	Hectare met hoogste verschil Situatie 1	Situatie 2	Verschil	Verschil op (bijna) overbelaste hexagonen*
Regte Heide & Riels Laag	0,01	0,00	0,00	
Brabantse Wal	0,01	0,00	0,00	
Krammer-Volkerak	0,01	0,00	0,00	
Grevelingen	0,01	0,00	0,00	
Voornes Duin	0,01	0,00	0,00	-0,01
Kop van Schouwen	0,01	0,00	0,00	
Duinen Goeree & Kwade Hoek	0,01	0,00	0,00	
Oosterschelde	0,01	0,00	0,00	
Voordelta	0,01	0,00	0,00	-0,01
Manteling van Walcheren	0,01	0,00	0,00	
Solleveld & Kapittelduinen	0,01	0,00	0,00	-0,01
Engbertsdijksvenen	0,01	0,00	0,00	
Bargerveen	0,01	0,00	0,00	
Borkeld	0,01	0,00	0,00	
Landgoederen Oldenzaal	0,01	0,00	0,00	
Sallandse Heuvelrug	0,01	0,00	0,00	
Ulvenhoutse Bos	0,01	0,00	0,00	
Springendal & Dal van de Mosbeek	0,01	0,00	- 0,01	
Nieuwkoopse Plassen & De Haeck	0,01	0,00	- 0,01	
Binnenveld	0,01	0,00	- 0,01	

Natuurgebied	Hectare met hoogste verschil Situatie 1	Situatie 2	Verschil	Verschil op (bijna) overbelaste hexagonen*
Westduinpark & Wapendal	0,01	0,00	- 0,01	
Oostelijke Vechtplassen	0,01	0,00	- 0,01	
Wierdense Veld	0,01	0,00	- 0,01	
Lemselermaten	0,01	0,00	- 0,01	
Vecht- en Beneden-Reggegebied	0,01	0,00	- 0,01	
Achter de Voort, Agelerbroek & Voltherbroek	0,01	0,00	- 0,01	
Boetelerveld	0,01	0,00	- 0,01	
Botshol	0,01	0,00	- 0,01	
Meijendel & Berkheide	0,01	0,00	- 0,01	
Kolland & Overlangbroek	0,01	0,00	- 0,01	
Naardermeer	0,01	0,00	- 0,01	
Uiterwaarden Zwarte Water en Vecht	0,01	0,00	- 0,01	
Mantingerzand	0,01	0,00	- 0,01	
De Wieden	0,01	0,00	- 0,01	
Kennemerland-Zuid	0,01	0,00	- 0,01	
Dwingelderveld	0,01	0,00	- 0,01	
Coepelduynen	0,01	0,00	- 0,01	
Fochteloërveen	0,01	0,00	- 0,01	
Drouwenerzand	0,01	0,00	- 0,01	
Elperstroomgebied	0,01	0,00	- 0,01	

Natuurgebied	Hectare met hoogste verschil Situatie 1	Situatie 2	Verschil	Verschil op (bijna) overbelaste hexagonen*
Olde Maten & Veerslootslanden	0,01	0,00	- 0,01	
Mantingerbos	0,01	0,00	- 0,01	
Witterveld	0,01	0,00	- 0,01	
Drents-Friese Wold & Leggelderveld	0,01	0,00	- 0,01	
Zwarte Meer	0,01	0,00	- 0,01	-
Drentsche Aa-gebied	0,01	0,00	- 0,01	
Lieftinghsbroek	0,01	0,00	- 0,01	
Weerribben	0,01	0,00	- 0,01	
Holtingerveld	0,01	0,00	- 0,01	
Ilperveld, Varkensland, Oostzanerveld & Twiske	0,01	0,00	- 0,01	
Wormer- en Jisperveld & Kalverpolder	0,01	0,00	- 0,01	
Rottige Meenthe & Brandemeer	0,01	0,00	- 0,01	
Polder Westzaan	0,01	0,00	- 0,01	
Bakkeveense Duinen	0,01	0,00	- 0,01	
Alde Feanen	0,01	0,00	- 0,01	
Norgerholt	0,01	0,00	- 0,01	
Noordhollands Duinreservaat	0,01	0,00	- 0,01	
Van Oordt's Mersken	0,01	0,00	- 0,01	
Groote Wielen	0,01	0,00	- 0,01	-
Eilandspolder	0,01	0,00	- 0,01	

Natuurgebied	Hectare met hoogste verschil Situatie 1	Situatie 2	Verschil	Verschil op (bijna) overbelaste hexagonen*
Wijnjeterper Schar	0,01	0,00	- 0,01	
Oudegaasterbrekken, Fluessen en omgeving	0,01	0,00	- 0,01	-
Zwanenwater & Pettemerduinen	0,01	0,00	- 0,01	
Schoorlse Duinen	0,01	0,00	- 0,01	
Duinen Terschelling	0,01	0,00	- 0,01	-0,02
Duinen Den Helder-Callantsoog	0,01	0,00	- 0,01	
IJsselmeer	0,01	0,00	- 0,01	-
Duinen en Lage Land Texel	0,01	0,00	- 0,01	-0,02
Duinen Vlieland	0,02	0,00	- 0,02	

* Als de hoogste depositietoename plaatsvindt op een hexagoon waar géén sprake is van een (naderende) stikstofoverbelasting, dan is de hoogste toename op een hexagoon met wel een (naderende) stikstofoverbelasting in deze kolom weergegeven.

Resultaten per habitattype
(mol/ha/j)

voor de 10 stikstofgevoelige Natura 2000-gebieden met het hoogste resultaat

Waddenzee

Habitattype	Hectare met hoogste verschil Situatie 1	Situatie 2	Verschil	Verschil op (bijna) overbelaste hexagonen*
H1330A Schorren en zilte graslanden (buitendijks)	0,01	0,24	+ 0,22	0,08
H1310A Zilte pionierbegroeiingen (zeekraal)	0,01	0,22	+ 0,20	0,01
H1320 Slijkgrasvelden	0,01	0,14	+ 0,13	0,01
ZGH2130A Grijze duinen (kalkrijk)	0,01	0,02	+ 0,01	
ZGH2120 Witte duinen	0,02	0,03	+ 0,01	
H2110 Embryonale duinen	0,02	0,02	+ 0,01	
ZGH2160 Duindoornstruwelen	0,02	0,02	+ 0,01	0,00
ZGH2190B Vochtige duinvalleien (kalkrijk)	0,02	0,02	0,00	
ZGH2110 Embryonale duinen	0,02	0,02	0,00	
H1310B Zilte pionierbegroeiingen (zeevetmuur)	0,01	0,01	0,00	
ZGH1330B Schorren en zilte graslanden (binnendijks)	0,01	0,00	- 0,01	-
ZGH1310A Zilte pionierbegroeiingen (zeekraal)	0,01	0,00	- 0,01	-
H2190B Vochtige duinvalleien (kalkrijk)	0,01	0,01	- 0,01	
H2120 Witte duinen	0,02	0,00	- 0,01	-0,02
H2130B Grijze duinen (kalkarm)	0,01	0,00	- 0,01	-0,02
H2160 Duindoornstruwelen	0,02	0,00	- 0,01	-0,02

Duinen Schiermonnikoog

Habitattype	Hectare met hoogste verschil Situatie 1	Situatie 2	Verschil	Verschil op (bijna) overbelaste hexagonen*
H9999:6 Habitattype onbekend/onzeker KDW op basis meest kritische relevante type (H2130B;H2130C).	0,02	0,03	+ 0,01	
ZGH2120 Witte duinen	0,02	0,03	+ 0,01	
ZGH2130A Grijze duinen (kalkrijk)	0,02	0,03	+ 0,01	
ZGH2160 Duindoornstruwelen	0,02	0,03	+ 0,01	
ZGH2130B Grijze duinen (kalkarm)	0,02	0,03	+ 0,01	
ZGH2180Abe Duinbossen (droog), berken-eikenbos	0,02	0,03	+ 0,01	
H2130C Grijze duinen (heischraal)	0,02	0,02	+ 0,01	
H2170 Kruipwilgstruwelen	0,02	0,02	+ 0,01	
H2190Aom Vochtige duinvalleien (open water), oligo- tot mesotrofe vormen	0,02	0,02	+ 0,01	
H2180B Duinbossen (vochtig)	0,02	0,03	+ 0,01	
H2190B Vochtige duinvalleien (kalkrijk)	0,02	0,03	+ 0,01	
ZGH2180B Duinbossen (vochtig)	0,02	0,03	+ 0,01	
H1330A Schorren en zilte graslanden (buitendijks)	0,02	0,03	+ 0,01	
H2190C Vochtige duinvalleien (ontkalkt)	0,02	0,02	+ 0,01	
H6410 Blauwgraslanden	0,02	0,02	0,00	
ZGH2170 Kruipwilgstruwelen	0,02	0,02	0,00	
ZGH2180C Duinbossen (binnenduinrand)	0,02	0,02	0,00	
ZGH2190C Vochtige duinvalleien (ontkalkt)	0,01	0,02	0,00	

Duinen Schiermonnikoog

Habitattype	Hectare met hoogste verschil Situatie 1	Situatie 2	Verschil	Verschil op (bijna) overbelaste hexagonen*
ZGH2190B Vochtige duinvalleien (kalkrijk)	0,02	0,02	0,00	
H1310B Zilte pionierbegroeiingen (zeevetmuur)	0,01	0,01	0,00	

Noordzeekustzone

Habitattype	Hectare met hoogste verschil Situatie 1	Situatie 2	Verschil	Verschil op (bijna) overbelaste hexagonen*
H1310A Zilte pionierbegroeiingen (zeekraal)	0,01	0,02	0,00	-0,00
H1330A Schorren en zilte graslanden (buitendijks)	0,01	0,02	0,00	
H2110 Embryonale duinen	0,01	0,02	0,00	
H1310B Zilte pionierbegroeiingen (zeevetmuur)	0,02	0,02	0,00	
ZGH2110 Embryonale duinen	0,01	0,02	0,00	-0,02
ZGH2190B Vochtige duinvalleien (kalkrijk)	0,01	0,01	0,00	-

Duinen Ameland

Habitattype	Hectare met hoogste verschil Situatie 1	Situatie 2	Verschil	Verschil op (bijna) overbelaste hexagonen*
H9999:5 Habitattype onbekend/onzeker KDW op basis meest kritische relevante type (H2130B;H2130C;H6230).	0,02	0,01	0,00	
ZGH2120 Witte duinen	0,02	0,01	0,00	
ZGH2160 Duindoornstruwelen	0,02	0,01	0,00	
ZGH2130B Grijze duinen (kalkarm)	0,02	0,01	0,00	
H2160 Duindoornstruwelen	0,01	0,01	0,00	-0,01
H2120 Witte duinen	0,02	0,01	0,00	
H2170 Kruipwilgstruwelen	0,02	0,01	- 0,01	
H2190B Vochtige duinvalleien (kalkrijk)	0,02	0,01	- 0,01	
ZGH2130A Grijze duinen (kalkrijk)	0,02	0,01	- 0,01	
ZGH2190B Vochtige duinvalleien (kalkrijk)	0,02	0,01	- 0,01	
H2190Aom Vochtige duinvalleien (open water), oligo- tot mesotrofe vormen	0,02	0,01	- 0,01	
ZGH2190C Vochtige duinvalleien (ontkalkt)	0,02	0,01	- 0,01	
ZGH2180Abe Duinbossen (droog), berken-eikenbos	0,02	0,01	- 0,01	
ZGH6230vka Heischrale graslanden, vochtig kalkarm	0,02	0,01	- 0,01	
H2190C Vochtige duinvalleien (ontkalkt)	0,02	0,00	- 0,01	
ZGH2170 Kruipwilgstruwelen	0,02	0,01	- 0,01	
H2130B Grijze duinen (kalkarm)	0,02	0,00	- 0,01	

Duinen Ameland

Habitattype	Hectare met hoogste verschil Situatie 1	Situatie 2	Verschil	Verschil op (bijna) overbelaste hexagonen*
H2130A Grijze duinen (kalkrijk)	0,02	0,01	- 0,01	
H2140A Duinheiden met kraaihei (vochtig)	0,02	0,01	- 0,01	
H2180B Duinbossen (vochtig)	0,02	0,01	- 0,01	
H2130C Grijze duinen (heischraal)	0,02	0,01	- 0,01	
ZGH2180B Duinbossen (vochtig)	0,02	0,01	- 0,01	
H2150 Duinheiden met struikhei	0,02	0,00	- 0,01	
H2140B Duinheiden met kraaihei (droog)	0,02	0,00	- 0,01	
H2180Abe Duinbossen (droog), berken-eikenbos	0,02	0,00	- 0,01	
H2180C Duinbossen (binnenduinrand)	0,02	0,01	- 0,02	

Buurserzand & Haaksbergerveen

Habitattype	Hectare met hoogste verschil Situatie 1	Situatie 2	Verschil	Verschil op (bijna) overbelaste hexagonen*
H3130 Zwakgebufferde vennen	0,01	0,00	0,00	
H4010A Vochtige heiden (hogere zandgronden)	0,01	0,00	0,00	
H4030 Droge heiden	0,01	0,00	0,00	
H7120 Herstellende hoogvenen	0,01	0,00	0,00	
ZGH7120 Herstellende hoogvenen	0,01	0,00	0,00	
H5130 Jeneverbesstruwelen	0,01	0,00	0,00	
H7110A Actieve hoogvenen (hoogveenlandschap)	0,01	0,00	0,00	
H2310 Stuifzandheiden met struikhei	0,01	0,00	0,00	
H7230 Kalkmoerassen	0,01	0,00	0,00	
H91D0 Hoogveenbossen	0,01	0,00	0,00	
H91E0C Vochtige alluviale bossen (beekbegeleidende bossen)	0,01	0,00	0,00	-0,01

Rijntakken

Habitattype	Hectare met hoogste verschil Situatie 1	Situatie 2	Verschil	Verschil op (bijna) overbelaste hexagonen*
Lg11 Kamgrasweide & Bloemrijk weidevogelgrasland van het rivieren- en zeekleigebied	0,01	0,00	0,00	
ZGLg11 Kamgrasweide & Bloemrijk weidevogelgrasland van het rivieren- en zeekleigebied	0,01	0,00	0,00	
Lg02 Geïsoleerde meander en petgat	0,01	0,00	0,00	
Lg08 Nat, matig voedselrijk grasland	0,01	0,00	0,00	
H6510A Glanshaver- en vossenstaarthooilanden (glanshaver)	0,01	0,00	0,00	
ZGLg08 Nat, matig voedselrijk grasland	0,01	0,00	0,00	
ZGLg07 Dotterbloemgrasland van veen en klei	0,01	0,00	0,00	
H6120 Stroomdalgraslanden	0,01	0,00	0,00	
H91E0B Vochtige alluviale bossen (essen-iepenbossen)	0,01	0,00	0,00	
H3150 Meren met krabbenscheer en fonteinkruiden, buiten afgesloten zeearmen	0,01	0,00	0,00	
ZGLg02 Geïsoleerde meander en petgat	0,01	0,00	0,00	
Lg07 Dotterbloemgrasland van veen en klei	0,01	0,00	0,00	
H9999:38 Habitattype onbekend/onzeker KDW op basis meest kritische relevante type (H6120).	0,01	0,00	0,00	
H6510B Glanshaver- en vossenstaarthooilanden (grote vossenstaart)	0,01	0,00	0,00	
H6430C Ruigten en zomen (droge bosranden)	0,01	0,00	0,00	

Rijntakken

Habitattype	Hectare met hoogste verschil Situatie 1	Situatie 2	Verschil	Verschil op (bijna) overbelaste hexagonen*
ZGH3150 Meren met krabbenscheer en fonteinkruiden, buiten afgesloten zeearmen	0,01	0,00	0,00	
H91F0 Droge hardhoutooibossen	0,01	0,00	0,00	
ZGH91F0 Droge hardhoutooibossen	0,01	0,00	0,00	-

Aamsveen

Habitattype	Hectare met hoogste verschil Situatie 1	Situatie 2	Verschil	Verschil op (bijna) overbelaste hexagonen*
H7120ah Herstellende hoogvenen, actief hoogveen	0,01	0,00	0,00	
H7110A Actieve hoogvenen (hoogveenlandschap)	0,01	0,00	0,00	
ZGH7120ah Herstellende hoogvenen, actief hoogveen	0,01	0,00	0,00	
H91E0C Vochtige alluviale bossen (beekbegeleidende bossen)	0,01	0,00	0,00	
H4030 Droge heiden	0,01	0,00	0,00	
H7150 Pioniervegetaties met snavelbiezen	0,01	0,00	0,00	
H4010A Vochtige heiden (hogere zandgronden)	0,01	0,00	0,00	
H6410 Blauwgraslanden	0,01	0,00	- 0,01	
H9120 Beuken-eikenbossen met hulst	0,01	0,00	- 0,01	
ZGH91E0C Vochtige alluviale bossen (beekbegeleidende bossen)	0,01	0,00	- 0,01	
H6230vka Heischrale graslanden, vochtig kalkarm	0,01	0,00	- 0,01	
H3130 Zwakgebufferde vennen	0,01	0,00	- 0,01	

Witte Veen

Habitattype	Hectare met hoogste verschil Situatie 1	Situatie 2	Verschil	Verschil op (bijna) overbelaste hexagonen*
H4030 Droge heiden	0,01	0,00	0,00	
H3130 Zwakgebufferde vennen	0,01	0,00	0,00	
H4010A Vochtige heiden (hogere zandgronden)	0,01	0,00	0,00	
ZGH4010A Vochtige heiden (hogere zandgronden)	0,01	0,00	0,00	
H3160 Zure vennen	0,01	0,00	0,00	
H91D0 Hoogveenbossen	0,01	0,00	0,00	
H7110B Actieve hoogvenen (heideveentjes)	0,01	0,00	0,00	

Wooldse Veen

Habitattype	Hectare met hoogste verschil Situatie 1	Situatie 2	Verschil	Verschil op (bijna) overbelaste hexagonen*
H7110A Actieve hoogvenen (hoogveenlandschap)	0,01	0,00	0,00	
H7120ah Herstellende hoogvenen, actief hoogveen	0,01	0,00	0,00	
H6230 Heischrale graslanden	0,01	0,00	0,00	

Veluwe

Habitattype	Hectare met hoogste verschil Situatie 1	Situatie 2	Verschil	Verschil op (bijna) overbelaste hexagonen*
H2310 Stuifzandheiden met struikhei	0,01	0,00	0,00	
H2330 Zandverstuivingen	0,01	0,00	0,00	
H4030 Droge heiden	0,01	0,00	0,00	
L4030 Droge heiden	0,01	0,00	0,00	
Lg09 Droog struisgrasland	0,01	0,00	0,00	
Lg13 Bos van arme zandgronden	0,01	0,00	0,00	
H3160 Zure vennen	0,01	0,00	0,00	
Lg14 Eiken- en beukenbos van lemige zandgronden	0,01	0,00	0,00	
ZGLg13 Bos van arme zandgronden	0,01	0,00	0,00	
ZGH6230 Heischrale graslanden	0,01	0,00	0,00	
H6230 Heischrale graslanden	0,01	0,00	0,00	
H4010A Vochtige heiden (hogere zandgronden)	0,01	0,00	0,00	
ZGH4030 Droge heiden	0,01	0,00	0,00	
H3130 Zwakgebufferde vennen	0,01	0,00	0,00	
H7110B Actieve hoogvenen (heideveentjes)	0,01	0,00	0,00	
ZGLg14 Eiken- en beukenbos van lemige zandgronden	0,01	0,00	0,00	
H9120 Beuken-eikenbossen met hulst	0,01	0,00	- 0,01	
H7150 Pioniervegetaties met snavelbiezen	0,01	0,00	- 0,01	

Veluwe

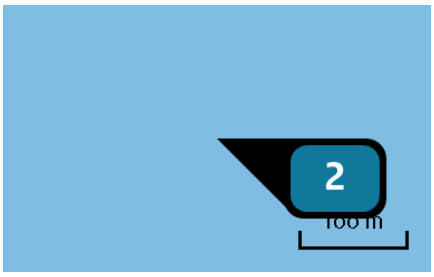
Habitattype	Hectare met hoogste verschil Situatie 1	Situatie 2	Verschil	Verschil op (bijna) overbelaste hexagonen*
ZGLg01 Permanente bron & Langzaam stromende bovenloop	0,01	0,00	- 0,01	
ZGL4030 Droge heiden	0,01	0,00	- 0,01	
H9190 Oude eikenbossen	0,01	0,00	- 0,01	
H5130 Jeneverbesstruwelen	0,01	0,00	- 0,01	
H2320 Binnenlandse kraaiheibegroeiingen	0,01	0,00	- 0,01	
Lg01 Permanente bron & Langzaam stromende bovenloop	0,01	0,00	- 0,01	
ZGH9120 Beuken-eikenbossen met hulst	0,01	0,00	- 0,01	
H91E0C Vochtige alluviale bossen (beekbegeleidende bossen)	0,01	0,00	- 0,01	
H7140A Overgangs- en trilvenen (trilvenen)	0,01	0,00	- 0,01	
ZGH2310 Stuifzandheiden met struikhei	0,01	0,00	- 0,01	
ZGH2330 Zandverstuivingen	0,01	0,00	- 0,01	
ZGH9190 Oude eikenbossen	0,01	0,00	- 0,01	
ZGLg09 Droog struisgrasland	0,01	0,00	- 0,01	
ZGH5130 Jeneverbesstruwelen	0,01	0,00	- 0,01	
ZGH3130 Zwakgebufferde vennen	0,01	0,00	- 0,01	
H6410 Blauwgraslanden	0,01	0,00	- 0,01	
ZGH4010A Vochtige heiden (hogere zandgronden)	0,01	0,00	- 0,01	

* Als de hoogste depositietoename plaatsvindt op een hexagoon waar géén sprake is van een (naderende) stikstofoverbelasting, dan is de hoogste toename op een hexagoon met wel een (naderende) stikstofoverbelasting in deze kolom weergegeven.

Emissie (per bron)

Salderingsruimte Lo9 K14

Naam	Lo9FF GT001
Locatie (X,Y)	126756, 625435
Uitstoothoogte	59,0 m
Warmteinhoud	12,404 MW
Temporele variatie	Standaard profiel industrie
NOx	8.120,00 kg/j



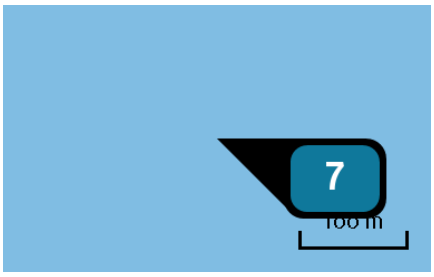
Naam	Lo9FF G6001
Locatie (X,Y)	126741, 625402
Uitstoothoogte	16,0 m
Warmteinhoud	2,300 MW
Temporele variatie	Standaard profiel industrie
NOx	1.540,00 kg/j

Naam	Lo9FF G6002
Locatie (X,Y)	126783, 625423
Uitstoothoogte	16,0 m
Warmteinhoud	2,960 MW
Temporele variatie	Standaard profiel industrie
NOx	1.470,00 kg/j

Naam	K14 GT K2000
Locatie (X,Y)	37440, 588370
Uitstoothoogte	70,0 m
Temperatuur emissie	500,00 °C
Uittreeddiameter	2,6 m
Uittreedrichting	Verticaal geforceerd
Uittreedsnelheid	6,6 m/s
Temporele variatie	Standaard profiel industrie
NOx	17.220,00 kg/j

Naam	K14 GT K3000
Locatie (X,Y)	37425, 588376
Uitstoothoogte	70,0 m
Temperatuur emissie	500,00 °C
Uitreeddiameter	2,6 m
Uittreedrichting	Verticaal geforceerd
Uittreedsnelheid	6,5 m/s
Temporele variatie	Standaard profiel industrie
NOx	3.150,00 kg/j

Naam	K14 G500
Locatie (X,Y)	37428, 588377
Uitstoothoogte	67,3 m
Temperatuur emissie	284,00 °C
Uitreeddiameter	0,7 m
Uittreedrichting	Verticaal geforceerd
Uittreedsnelheid	1,4 m/s
Temporele variatie	Standaard profiel industrie
NOx	4.620,00 kg/j



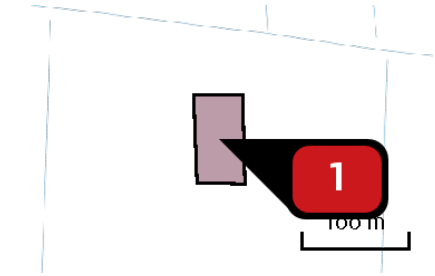
Naam	K14 G510
Locatie (X,Y)	37437, 588392
Uitstoothoogte	67,3 m
Temperatuur emissie	281,00 °C
Uitreeddiameter	0,7 m
Uittreedrichting	Verticaal geforceerd
Uittreedsnelheid	1,4 m/s
Temporele variatie	Standaard profiel industrie
NOx	3.780,00 kg/j

Naam	K14 G520
Locatie (X,Y)	37440, 588391
Uitstoothoogte	67,3 m
Temperatuur emissie	284,00 °C
Uitreeddiameter	0,7 m
Uittreedrichting	Verticaal geforceerd
Uittreedsnelheid	1,4 m/s
Temporele variatie	Standaard profiel industrie
NOx	3.290,00 kg/j

Naam	K14 G600
Locatie (X,Y)	37484, 588395
Uitstoothoogte	36,0 m
Temperatuur emissie	610,00 °C
Uittreeddiameter	0,1 m
Uittreedrichting	Horizontaal geforceerd
Uittreedsnelheid	0,6 m/s
Temporele variatie	Standaard profiel industrie
NOx	4.200,00 kg/j

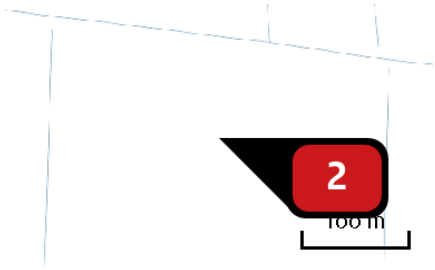
Emissie (per bron)

TRN incl leidingaanleg



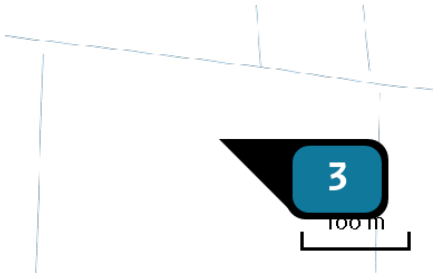
Naam	TRN_Inrichting locatie
Locatie (X,Y)	195170, 600384
NOx	69,93 kg/j

Voertuig	Omschrijving	Uitstoot hoogte (m)	Spreiding (m)	Warmte inhoud (MW)	Stof	Emissie
AFW	voorbereiding + constr.werkz.	4,0	4,0	0,0	NOx	69,93 kg/j



Naam	TRN_Generatoren boorinstallatie
Locatie (X,Y)	195168, 600392
NOx	418,10 kg/j
NH3	4,45 kg/j

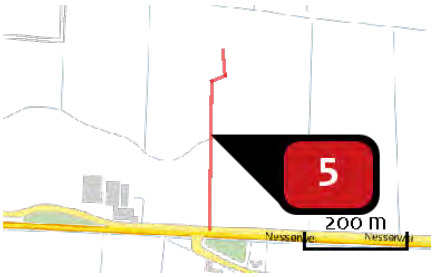
Voertuig	Omschrijving	Uitstoot hoogte (m)	Spreiding (m)	Warmte inhoud (MW)	Stof	Emissie
AFW	Generator	6,0	0,0	0,1	NOx NH3	418,10 kg/j 4,45 kg/j



Naam	TRN_4 fakkels
Locatie (X,Y)	195177, 600414
Uitstoothoogte	21,0 m
Warmteinhoud	197,000 MW
Temporele variatie	Standaard profiel industrie
NOx	1.664,00 kg/j

Naam	TRN_Aanleg leidingtracé zuid
Locatie (X,Y)	198134, 600311
NOx	1.739,23 kg/j
NH3	4,15 kg/j

Voertuig	Omschrijving	Uitstoot hoogte (m)	Spreiding (m)	Warmte inhoud (MW)	Stof	Emissie
AFW	Dieselmaterieel	4,0	4,0	0,0	NOx	1.739,23 kg/j
					NH3	4,15 kg/j



Naam	TRN_verkeer
Locatie (X,Y)	195130, 600242
NOx	< 1 kg/j
NH3	< 1 kg/j

Soort	Voertuig	Aantal voertuigen	Stof	Emissie
Standaard	Licht verkeer	40,0 / jaar	NOx	< 1 kg/j
			NH3	< 1 kg/j
Standaard	Zwaar vrachtverkeer	52,0 / jaar	NOx	< 1 kg/j
			NH3	< 1 kg/j

Disclaimer

Hoewel verstrekte gegevens kunnen dienen ter onderbouwing van een vergunningaanvraag, kunnen er geen rechten aan worden ontleend. De eigenaar van AERIUS aanvaardt geen aansprakelijkheid voor de inhoud van de door de gebruiker aangeboden informatie. Bovenstaande gegevens zijn enkel bruikbaar tot er een nieuwe versie van AERIUS beschikbaar is. AERIUS is een geregistreerd handelsmerk in Europa. Alle rechten die niet expliciet worden verleend, zijn voorbehouden.

Rekenbasis

Deze berekening is tot stand gekomen op basis van:

AERIUS	versie 2020_20201216_c759386971
Database	versie 2020_20201216_c759386971

Voor meer informatie over de gebruikte methodiek en data zie:
https://www.aerius.nl/nl/factsheets/release/aerius-calculator-2020

BIJLAGE C NATURA 2000 INSTANDHOUDINGSDOELEN

Legenda: SVI landelijk: Landelijke Staat van Instandhouding (-- zeer ongunstig; - matig ongunstig, + gunstig);
= Behoudsdoelstelling; > Verbeter- of uitbreidingsdoelstelling. Populatie: voor broedvogels is dit de draagkracht van het aantal broedpaar, voor niet-broedvogels de draagkracht voor het aantal exemplaren.

Waddenzee

Instandhoudingsdoel	SVI Landelijk	Oppervlak	Kwaliteit	Populatie
Habitattypen				
H1110A Permanent overstroomde zandbanken (getijdengebied)	-	=	>	
H1130 Estuaria	--	=	>	
H1140A Slik- en zandplaten (getijdengebied)	-	=	>	
H1310A Zilte pionierbegroeiingen (zeekraal)	-	=	=	
H1310B Zilte pionierbegroeiingen (zeevetmuur)	+	=	=	
H1320 Slijkgrasvelden	--	=	=	
H1330A Schorren en zilte graslanden (buitendijks)	-	=	>	
H1330B Schorren en zilte graslanden (binnendijks)	-	=	=	
H2110 Embryonale duinen	+	=	=	
H2120 Witte duinen	-	=	=	
H2130A Grijze duinen (kalkrijk)	--	=	=	
H2130B Grijze duinen (kalkarm)	--	=	>	
H2160 Duindoornstruwelen	+	=	=	
H2190B Vochtige duinvalleien (kalkrijk)	-	=	=	
Habitatrichtlijnsoorten				
H1014 Nauwe korfslak	-	=	=	=
H1095 Zeeprik	-	=	=	>
H1099 Rivierprik	-	=	=	>
H1103 Fint	--	=	=	>
H1364 Grijze zeehond	-	=	=	=

Instandhoudingsdoel	SVI Landelijk	Oppervlak	Kwaliteit	Populatie
H1365 Gewone zeehond	+	=	=	>

Instandhoudingsdoel	SVI Landelijk	Oppervlak	Kwaliteit	Populatie
Broedvogels				
Duinen				
A081 Bruine kiekendief	+	=	=	30
A082 Blauwe kiekendief	--	=	=	3
A222 Velduil	--	=	=	5
Kwelders en stranden				
A034 Lepelaar	+	=	=	430
A063 Eider	--	=	>	5.000
A132 Kluut	-	=	>	3.800
A137 Bontbekplevier	-	=	=	60
A138 Strandplevier	--	>	>	50
A183 Kleine mantelmeeuw	+	=	=	19.000
A191 Grote stern	--	=	=	16.000
A193 Visdief	-	=	=	5.300
A194 Noordse stern	+	=	=	1.500
A195 Dwergstern	--	>	>	200
Niet-broedvogels				
Visetende soorten				
A005 Fuut	-	=	=	310
A017 Aalscholver	+	=	=	4.200

Instandhoudingsdoel	SVI Landelijk	Oppervlak	Kwaliteit	Populatie
A034 Lepelaar	+	=	=	520
A069 Middelste zaagbek	--	=	=	150
A070 Grote zaagbek	+	=	=	70
A197 Zwarte stern	-	=	=	23.000max
Duik- en grondeleenden				
A052 Wintertaling	-	=	=	5.000
A053 Wilde eend	+	=	=	25.400
A054 Pijlstaart	-	=	=	5.900
A056 Slobeend	+	=	=	750
A067 Brilduiker	+	=	=	100
A051 Krakeend	+	=	=	320
A061 Kuifeend	--	=	>	
Naar schelpdieren duikende soorten				
A062 Topper	--	=	>	3.100
A063 Eider	+	=	=	90.000-115.000mid
Kwelderfoerageerders				
A037 Kleine zwaan	-	=	=	1.600max
A039b Toendrarietgans	+	=	=	-
A043 Grauwe gans	+	=	=	7.000
A045 Brandgans	+	=	=	36.800
A046 Rotgans	-	=	=	26.400
A050 Smient	+	=	=	33.100
Benthoseters				
A048 Bergeend	+	=	=	38.400
A130 Scholekster	-	=	=	140.000-160.000
A132 Kluut	+	=	=	6.700
A137 Bontbekplevier	--	=	=	1.800

Instandhoudingsdoel	SVI Landelijk	Oppervlak	Kwaliteit	Populatie
A140 Goudplevier	+	=	=	19.200
A141 Zilverplevier	-	=	=	22.300
A142 Kievit	-	=	>	10.800
A143 Kanoet	-	=	=	44.400
A144 Drieteenstrandloper	+	=	=	3.700
A147 Krombekstrandloper	+	=	=	2.000max
A149 Bonte strandloper	--	=	=	206.000
A156 Grutto	+	=	=	1.100
A157 Rosse grutto	+	=	=	54.40020
A160 Wulp	+	=	=	96.200
A161 Zwarte ruiter	-	=	=	1.200
A162 Tureluur	+	=	=	16.500
A164 Groenpootruiter	--	=	>	1.900
A169 Steenloper	--	=	=	2.300-3.000
Roofvogels				
A103 Slechtvalk	--	=	>	40max

Noordzeekustzone

Instandhoudingsdoel	SVI Landelijk	Oppervlak	Kwaliteit	Populatie
Habitattypen				
H1110B Permanent overstroomde zandbanken (Noordzee-kustzone)	-	=	>	
H1140B Slik- en zandplaten (Noordzee-kustzone)	+	=	=	

[20] Enige afname in relatie tot herstel van schelpdierbanken is aanvaardbaar.

Instandhoudingsdoel	SVI Landelijk	Oppervlak	Kwaliteit	Populatie
H1310A Zilte pionierbegroeiingen (zeekraal)	-	=	=	
H1310B Zilte pionierbegroeiingen (zeevetmuur)	+	=	=	
H1330A Schorren en zilte graslanden (buitendijks)	-	=	>	
H2110 Embryonale duinen	+	=	=	
H2190B Vochtige duinvalleien (kalkrijk)	-	=	=	
Habitatrichtlijnsoorten				
H1095 Zeeprik	-	=	=	>
H1099 Rivierprik	-	=	=	>
H1103 Fint	--	=	=	>
H1351 Bruinvis	-	=	>	=
H1364 Grijze zeehond	-	=	=	=
H1365 Gewone zeehond	-	=	=	=
H1903 Groenknolorchis	--	=	=	=
Broedvogels				
Kwelders en stranden				
A137 Bontbekplevier	-	=	=	20
A138 Strandplevier	--	>	>	30
A195 Dwergstern	--	>	>	20
Niet-broedvogels				
Visetende soorten				
A001 Roodkeelduiker	-	=	=	behoud
A002 Parelduiker	?	=	=	behoud
A017 Aalscholver	+	=	=	1.900
Naar schelpdieren duikende soorten				
A062 Topper	--	=	=	behoud
A063 Eider	--	=	=	26.200

Instandhoudingsdoel	SVI Landelijk	Oppervlak	Kwaliteit	Populatie
A065 Zwarte zee-eend	-	=	=	51.900
Benthoseters				
A048 Bergeend	+	=	=	520
A130 Scholekster	--	=	=	33.00
A132 Kluut	-	=	=	120
A137 Bontbekplevier	+	=	=	510
A141 Zilverplevier	+	=	=	3.200
A143 Kanoet	-	=	=	560
A144 Drieteenstrandloper	-	=	=	2.000
A149 Bonte strandloper	+	=	=	7.400
A157 Rosse grutto	+	=	=	1.800
A160 Wulp	+	=	=	640
A169 Steenloper	--	=	=	160
A177 Dwergmeeuw	--	=	=	behoud

BIJLAGE D MONITORINGSPROGRAMMA

NAM document nummer: EP201403214360

31-03-2014

Monitoringprogramma 2014 t/m 2019 in het kader van de gaswinning vanaf de locaties Moddergat, Lauwersoog en Vierhuizen

INLEIDING

1.1 Monitoringplan en -programma

In het kader van de gaswinning vanaf de locaties Moddergat, Lauwersoog en Vierhuizen zijn vergunningen verleend op grond van de Natuurbeschermingswet (Nbwet) . In deze vergunningen is een monitoringplan opgenomen (zie bijlage 1). Dit monitoringplan is de basis voor het monitoringprogramma. Op 23 februari 2007 heeft de toenmalige minister van LNV het monitoringprogramma 2007-2012 goedgekeurd. Dit programma geldt voor een periode van 6 jaar. De monitoring over de jaren 2007-2012 is geëvalueerd in 2013. De Auditcommissie m.e.r. heeft de evaluatie beoordeeld en hierover op 5 maart 2014 een advies uitgebracht onder nummer 2796-83. Dit advies en de resultaten hiervan zijn verwerkt in het voorliggende monitoringprogramma 2014-2019. Het monitoringprogramma 2014-2019 past binnen het monitoringpplan 2007 en zal ter instemming worden voorgelegd aan het bevoegd gezag.

1.2 Gaswinning en bodemdaling

De gaswinning vanaf de locaties Moddergat (MGT), Lauwersoog (LWO) en Vierhuizen (VHN) kan effecten hebben op de Natura 2000 gebieden Waddenzee en Lauwersmeer. Omdat er geen installaties met betrekking tot opsporing of winning van aardgas in deze gebieden aanwezig zijn heeft de betreffende gaswinning alleen invloed op deze gebieden via bodemdaling.

Door sedimentuitwisseling tussen de Noordzeekustzone en de Waddenzee kunnen wadplaten ontstaan en groeien. Deze sedimentatiecapaciteit resulteert in een meegroeivermogen met de bodemdaling en relatieve zeespiegelstijging. Daling van wadplaten als gevolg van bodemdaling door gaswinning wordt dan ook niet verwacht. Vanuit de zorg dat wadplaten onder invloed van bodemdaling toch zouden kunnen krimpen vindt de gaswinning plaats volgens het ‘Hand aan de kraan’ principe. Daarbij wordt gestuurd op de abiotische parameter bodemdalingsnelheid. Bodemdaling in de diepe ondergrond kan leiden tot daling van het aardoppervlak met een snelheid van maximaal enkele mm’s per jaar in de kombergingsgebieden Pinkegat en Zoutkamperlaag. De bodemdalingssnelheid door gaswinning wordt bepaald op basis van een meet- en regelcyclus als opgenomen in het door de minister van Economische Zaken goedgekeurde Winningsplan MGT/LWO/VHN. Daarnaast vindt er een uitgebreide monitoring plaats van biotische en a-biotische parameters in de Waddenzee en het Lauwersmeergebied op basis van een door de toenmalige minister van LNV goedgekeurd monitoringprogramma 2007-2012. Deze monitoring moet er op gericht zijn te controleren of gaswinning vanaf de bovengenoemde locaties geen meetbaar nadelig effect heeft op de instandhoudingsdoelstellingen zoals beschreven in de Nota’s van toelichting op de aanwijzingsbesluiten voor de speciale beschermingzones Waddenzee (VHR-gebied) en Lauwersmeer (VR gebied). Deze instandhoudingsdoelen betreft een aantal habitattypen en doelsoorten, voornamelijk vogels.

In het monitoringprogramma worden 3 deelgebieden onderscheiden. Dit zijn de wadplaten, kwelder en het Lauwersmeergebied. Voor deze deelgebieden worden de relevante parameters gemonitoord. Deze worden in het voorliggende monitoringprogramma gepresenteerd.

1.3 Effectketenbenadering

Als bodemdaling door gaswinning invloed heeft op de natuur dan zijn veranderingen in het ecosysteem meetbaar. De eerste veranderingen treden op in abiotische systeemparameters, zoals bijvoorbeeld de grondwaterstand in het Lauwersmeergebied. Naar mate de invloed van bodemdaling op het abiotische systeem groter wordt, zullen zich ook meer veranderingen in de biotiek voordoen. Zo kunnen plantensoorten die een lagere grondwaterstand prefereren plaats maken voor soorten die beter bij een hogere grondwaterstand gedijen. Deze aaneenschakeling van effecten in het ecosysteem noemen we de effectketen. Het doel van de effectketenbenadering is om de doorwerking van bodemdaling in het ecosysteem te kunnen volgen tot aan de instandhoudingsdoelen. Omgekeerd moet voor een nadelig effect op de instandhoudingsdoelen kunnen worden vastgesteld of dit een effect is van bodemdaling door gaswinning of niet. Het is daarom belangrijk dat de effectketens voldoende specifiek zijn.

1.4 Hand Aan de Kraan

Het 'hand aan de kraan' (HAK) principe is ontwikkeld om te zorgen dat bodemdaling door gaswinning binnen vooraf vastgestelde grenzen blijft. Deze grenzen zijn de kombergingspecifieke sedimentatiecapaciteiten van het Pinkegat en de Zoutkamperlaag. De jaarlijkse zeespiegelstijging en bodemdaling door gaswinning mogen samen deze sedimentatiecapaciteit niet overschrijden. De NAM monitoort deze diepe bodemdaling door gaswinning en kan de bodemdalingsnelheid zonodig beperken door de productie uit de velden onder de Waddenzee te reduceren. Wetenschappelijk is aangetoond dat indien de natuurgrens niet wordt overschreden er geen meetbare nadelige effecten door gaswinning in de Waddenzee zijn te verwachten.

Ondanks de conservatief gekozen sedimentatiecapaciteit (natuurgrens) van respectievelijk 5 mm/jaar en 6 mm/jaar voor de kombergingen Zoutkamperlaag en Pinkegat, en de controle hierop via het HAK-principe, is er behoefte aan directe controle op de instandhoudingsdoelstellingen in het gebied dat onder invloed staat van de gaswinning. In het voorliggende monitoringprogramma wordt aangegeven op wat voor manier de ontwikkeling van deze instandhoudingsdoelstellingen gemonitoord wordt. Het hoofddoel van deze ecologische monitoring is aan te tonen dat er geen sprake is van een meetbare nadelige ontwikkeling van deze instandhoudingsdoelen. Wanneer toch uit de monitoring blijkt dat er sprake is van een nadelige ontwikkeling, dan dient aannemelijk te worden gemaakt dat dit niet het effect is van bodemdaling door gaswinning. Wanneer uit de data aannemelijk wordt dat de gaswinning wel de oorzaak is voor de nadelige ontwikkeling in het gebied dan dient hiervoor aan de hand van nader onderzoek een verklaring te worden gezocht en zo nodig met toepassing van het hand aan de kraan pricipe te worden ingegrepen.

1.5 Evaluatie 2007-2012

In de periode 2007 tot en met 2012 is bovenvermeld meet- en monitoringprogramma uitgevoerd. In 2013 heeft een evaluatie hiervan plaatsgevonden. Naast een aantal kleine aanpassingen zijn de hoofdpunten uit de evaluatie van de monitoring 2007-2012 de volgende:

- De jaarlijkse uitvoering van de Meet- en Regelcyclus werkt naar tevredenheid. De bodemdalingsnelheid vanwege de gaswinning blijft binnen de afgesproken gebruiksruimte. Er is geen reden om het systeem ten aanzien van de uitvoering van de Meet- en Regelcyclus aan te passen.
- Voor de monitoring van de wadplaathoogte met LIDAR is er nog discussie over de betrouwbaarheid van de veronderstelde meetnauwkeurigheid. Deze discussie moet op korte termijn beslecht worden. Daarnaast is het voorlopig nodig om parallel aan iedere

LIDAR-survey (§2.2.1) een *ground-truth* campagne door middel van hoogtemetingen ter controle en/of kalibratie uit te voeren.
- Voor de monitoring van de ontwikkeling van de wadplaten dient de bodemdieren data geïntegreerd met de wadplaathoogtemetingen te worden geanalyseerd. Hiervoor is een op voorhand vastgestelde meet- en analyse strategie onontbeerlijk.
- De monitoring voor de kwelder werkt naar tevredenheid, alleen de inpassing van de broedvogels in de effectketen is zwak. Omdat binnen het kader van de Amelandmonitoring de relatie tussen bodemdaling en kwelderbroedvogels nader wordt onderzocht, kan in de onderhavige monitoring het onderzoek naar effecten op broedvogels mogelijk worden beperkt.
- Het monitoringprogramma voor het *Lauwersmeergebied* zal naar het zuidelijke deel van het gebied moeten worden uitgebreid.
- In de effectketen van het Lauwersmeergebied mist de koppeling tussen vegetatie en vogels. Met deze koppeling zal in de toekomst rekening moeten worden gehouden.

1.6 Belangrijkste aanpassingen monitoringprogramma 2014-2019

Op basis van de uitkomsten van de evaluatie 2007-2012, de adviezen van de Auditcommissie m.e.r. en gesprekken/workshops met de betrokken onderzoekers is onderhavig Monitoringprogramma 2014-2019 opgesteld. (In 2013 is het monitoringprogramma 2007-2012 nog onverkort voortgezet).

In dit monitoringprogramma worden drie deelgebieden onderscheiden. Dit zijn de wadplaten in de kombergingen Pinkegat en Zoutkamperlaag, de kwelder Peasemerlannen en het Lauwersmeergebied. De monitoringactiviteiten worden in dit programma per deelgebied gepresenteerd.

De wijzigingen die ten opzichte van het oude monitoringprogramma zijn aangebracht leiden tot meer focus en integratie van gemonitoorde variabelen in relatie tot instandhoudingsdoelen volgens de betrokken Natura 2000 gebieden en tot uitbreiding van het programma. Voor het onderdeel wadplaten werden de gemonitoorde variabelen vogels, bodemdieren en sedimentatie afzonderlijk geanalyseerd in relatie tot referenties in tijd en ruimte. De analysestrategie van het nieuwe monitoringprogramma is om deze variabelen eerst te integreren tot een variabele die zo goed mogelijk de instandhoudingsdoelen representeert en vervolgens diens relatie met bodemdaling te analyseren. Zo wordt de focus op de instandhoudingsdoelen expliciet gemaakt (zie ook bijlage 1). Ten bate van een goede integratie van de montoringgegevens is het wenselijk de aantallen trekvogels beter te schatten. Hiervoor worden de bestaande vogeltelling nabij het Peasemerwad aangevuld.

In het oude monitoringprogramma van het Lauwersmeergebied lag de nadruk op het monitoren van de ontwikkeling van enkele vegetatietypes. De Lauwersmeer is echter een vogelrichtlijngebied met instandhoudingsdoelen voor vogelsoorten en niet voor vegetatietypes of habitattypes. De analysestrategie van het nieuwe monitoringprogramma is daarom gefocust op het analyseren van de variatie in vegetatiestructuren die bepalend zijn voor het habitatareaal van Natura 2000 doelsoorten (zie ook bijlage 2). Omdat de vegetatiemonitoring alleen in het noordelijke deel en de vogeltelling grotendeels in het zuidelijke deel van het gebied plaatsvonden, zijn beide inventarisaties uitgebreid. In het nieuwe programma worden alle metingen verspreid over het gehele gebied en in dezelfde deelgebieden uitgevoerd. Hierdoor wordt koppeling van de gegevens in tijd en ruimte mogelijk.

De monitoring en analysestrategie van de Peasemerlannen verliep naar tevredenheid en wordt daarom onveranderd doorgezet. Het voornaamste punt van aandacht bij de kweldermonitoring is de verandering in het beheer van de kwelder of diens referentiegebied. In het nieuw

monitoringprogramma wordt daarom meer dan één referentiegebied aangehouden. Voor de analysestrategie voor de kweldervegetatie wordt verwezen naar het rapport van Van Duin *et al*. (2013) (ref. 13).

Met het inwerking treden van het nieuwe monitoringprogramma gaan er geen opgebouwde meetreeksen verloren. Alleen voor het Lauwersmeergebied is de tot dusver verzamelde data slechts in beperkte mate (alleen in deelgebieden) geschikt voor het monitoren van de instandhoudingsdoelen.

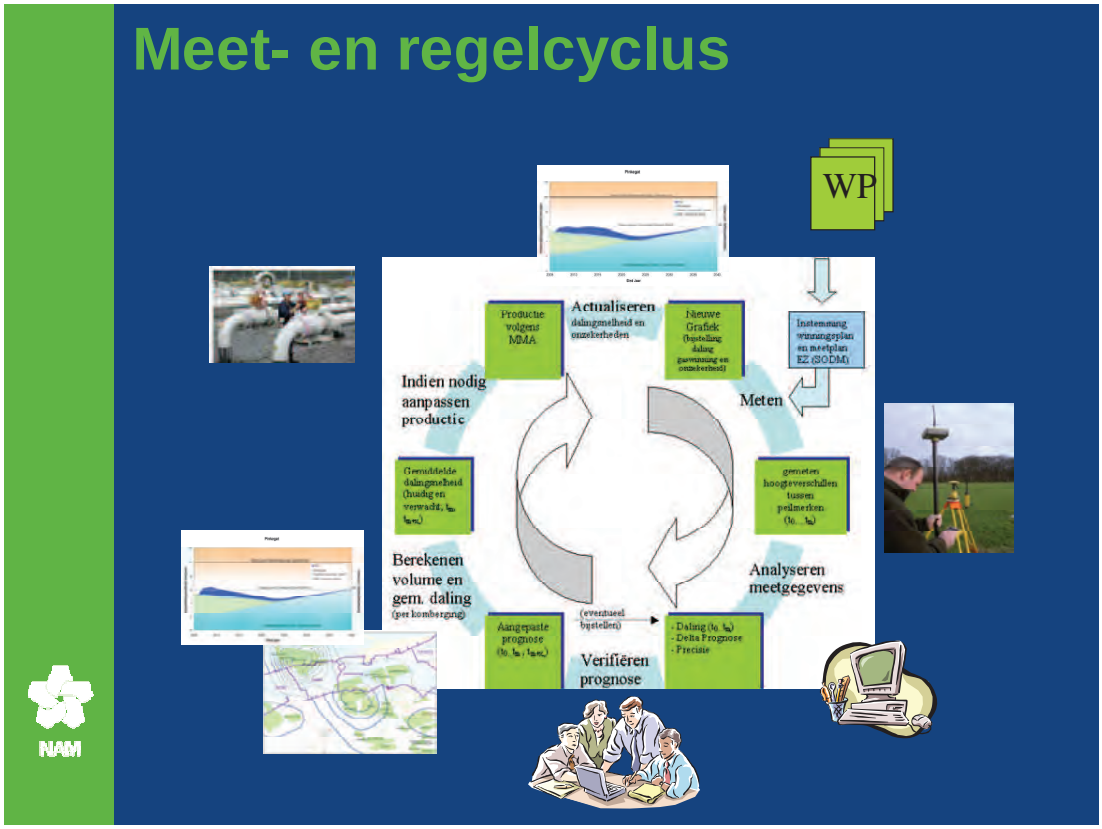
Voor een meer gedetailleerd beeld over de wijze waarop rekening is gehouden met het advies van de auditcommissie d.d. 5 maart 2014, zie bijlage 3.

1.7 Meet- & Regelcyclus

De beschrijving van de Meet – en regelcyclus is opgenomen in het vigerende winningsplan MGT/LWO/VHN. Het doel van het doorlopen van deze jaarlijkse cyclus is om aan te tonen dat de diepe bodemdalingsnelheid in de Waddenzee door gaswinning binnen vooraf bepaalde grenzen blijft (Fig 1). Daarnaast vormt de diepe bodemdaling, die a.d.h.v. de Meet & Regelcyclus in beeld wordt gebracht, de basis van de effectketen. De metingen betreffen:

- Continue metingen m.b.v. 3 permanente GPS-stations (AME, ANJ, MGT)
- Eens per 3 jaar GPS-campagne peilmerkclusters in Waddenzee,
- Eens per 3 jaar GPS peilmerken Lauwersmeer
- Eens per 3 jaar rapportage van waterpassingen en InSAR rond Lauwersmeer
- Eens per 3 jaar waterpassing op Ameland
- Eens per 3 jaar waterpassing op Schiermonnikoog
- Eens per 3 jaar GPS-campagne op de 2 ameland platformen (mogelijk permanente installatie, dus continue meting vanaf 2014)

Het Meet- en Regelprogramma is uitgewerkt in het Meet- en regelprotocol (22-01-2007) en komt in dit monitoring programma niet verder aan bod.



Figuur 1: Weergave van het proces achter de zgn. Meet- en Regelcyclus. In het vergunde winningplan voor de MLV winningen wordt aangegeven dat de aardgasproductie een bodemdalingsnelheid zal veroorzaken die binnen de sedimentatiecapaciteit (gebruiksruimte) voor de kombergingen Pinkegat en Zoutkamperlaag blijft. Jaarlijks zijn er meet campagnes op basis waarvan de voortgang en de snelheid van de diepe bodemdaling worden vastgesteld. Deze meetgegevens worden geanalyseerd in geomechanische modellen op basis waarvan de diepe bodemdalingkom ruimtelijk wordt berekend, de dalingsnelheid in de diepe ondergrond wordt bepaald en voorspellingen voor de toekomst worden gemaakt. Deze resultaten worden terug gerapporteerd aan het bevoegd gezag en, indien nodig, kan de productiesnelheid worden aangepast. Zo is de cyclus rond.

MONITORINGPROGRAMMA 2014 t/m 2019

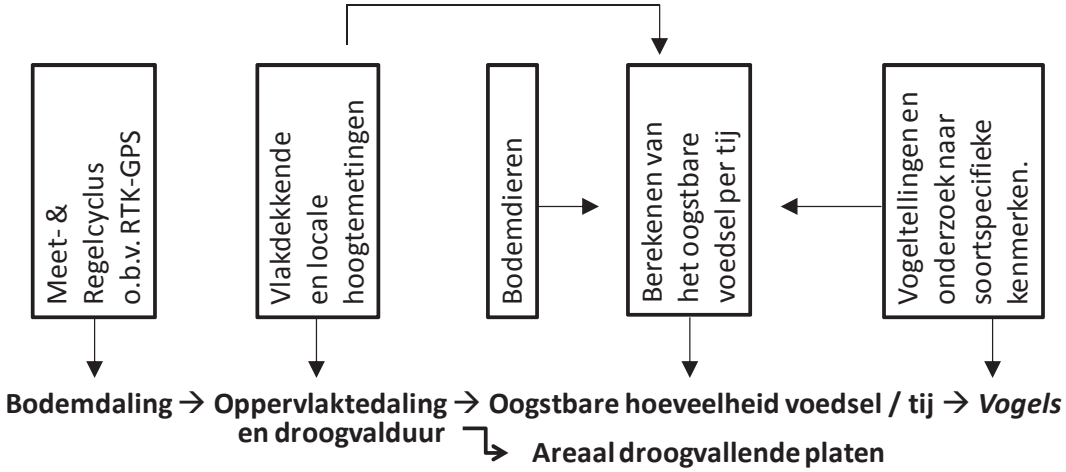
2. WADPLATEN

In de paragraven 2.1. tot en met 2.1.7 wordt de achtergrond en voorgestelde analyse van de wadplaatmonitoring uiteen gezet. Een schematisch overzicht van de analysestrategie voor het monitoringprogramma wadplaten is opgenomen in bijlage 1. De paragraven 2.2 tot en met 2.2.7 gaan in op de afzonderlijke monitoringonderdelen.

2.1. Monitoring Wadplaten

In het onderdeel wadplaten gaat het om het monitoren van twee types instandhoudingsdoelen. Dat zijn het areaal/droogvalduur 'droogvallende slik en zandplaten' en de functie van deze wadplaten als foerageergebied voor een aantal vogelsoorten (Natura 2000 doelsoorten). In het aanwijzingsbesluit Waddenzee spreekt men over de draagkracht van het gebied voor een bepaalde hoeveelheid vogels. Omdat de vogels de wadplaten gebruiken om te foerageren en omdat gaswinning enkel effect op dit foerageren heeft via bodemdaling, is voor deze studie de term draagkracht vertaald naar de parameter 'Oogstbare hoeveelheid voedsel per tij'. Deze parameter is vogelsoort specifiek. Hij is opgebouwd uit de biomassa en kwaliteit van de groep benthossoorten die onderdeel uitmaken van het dieet van de vogelsoort, en de bereikbaarheid van deze biomassa voor de vogels. Het is dus een parameter waarin de voedseldichtheid, de wadplaathoogte en een reeks vogelsoortspecifieke parameters zijn geïntegreerd. Dit is naderuitgewerkt in paragraaf 2.1.4.

De cascade van diepe bodemdaling tot de instandhoudingsdoelstellingen van de Waddenzee wordt de "effectketen" genoemd. De monitoringdoelstellingen van deze effectketen worden in de onderstaande paragraven nader toegelicht (§ 2.1.2). Uitgangspunt bij de keuze van de te monitoren en te onderzoeken parameters is dat ze de effectketen volgen of nodig zijn om veranderingen in de oogstbare hoeveelheid voedsel per tij van de wadplaten te kwantificeren. Naar aanleiding van de uitgevoerde evaluatie, het advies van de Auditcommissie m.e.r. en betrokken onderzoekers is de effectketen voor de wadplaten weergegeven zoals gepresenteerd in figuur 2.



Figuur 2: Effectketen wadplaten (vet gedrukt) en de daaraan gekoppelde monitoring en onderzoek (in de kaders). De pijlen geven de koppeling tussen de onderdelen weer. Het areaal droogvallende platen is apart weergegeven omdat dit een apart instandhoudingsdoel is. Het andere instandhoudingsdoel wordt bepaald door de oogstbare hoeveelheid voedsel per tij van het gebied voor een aantal soorten vogels (N2000 doelsoorten).

2.1.2 Monitoringdoelstellingen voor de wadplaten

Doel 1: Stel vast of er sprake is van een nadelige ontwikkeling van het instandhoudingsdoel 'oogstbare hoeveelheid voedsel per tij' voor verschillende Natura 2000 vogelsoorten in de kombergingen Pinkegat en Zoutkamperlaag.

Doel 2: Stel vast of de onder doel 1 genoemde nadelige ontwikkeling veroorzaakt wordt door, of gecorreleerd is aan daling van de wadplaathoogte in het gebied.

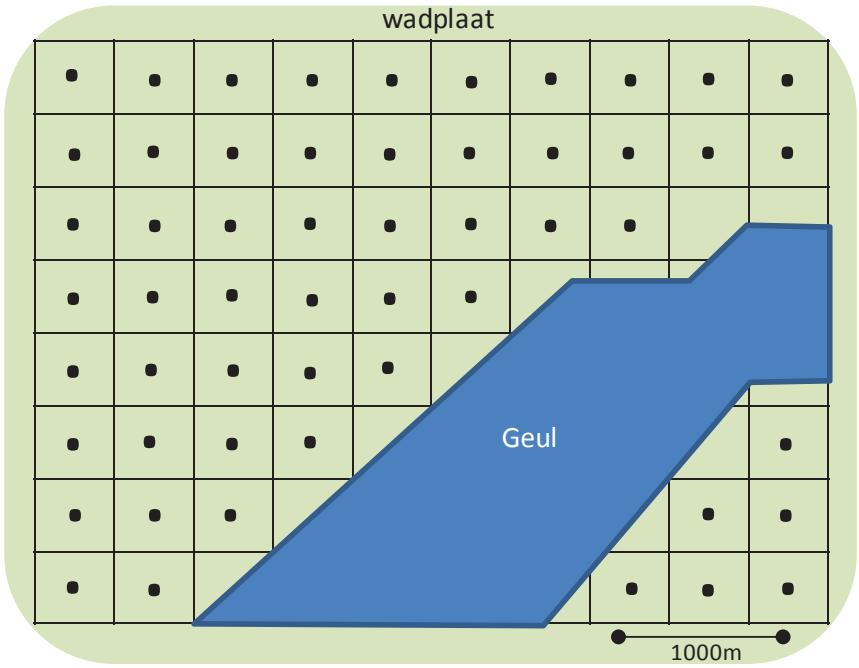
Doel 3: Stel vast of de onder doel 2 genoemde variatie in wadplaathoogte correleert met de mate van diepe bodemdaling. Doe dit door de variatie in wadplaathoogte in Pinkegat en Zoutkamperlaag met andere kombergingen te vergelijken of door binnen deze kombergingen de daling van de wadplaathoogte met de mate van diepe bodemdaling te correleren.

2.1.3 Monitoring op basis van een regelmatig grid

In de evaluatie (ref. 1) wordt aangegeven dat monitoring van deelgebieden nodig is om tot de juiste nauwkeurigheid van meten te kunnen komen en de verschillende variabelen (e.g. sedimentatie en benthos) op dezelfde geografische en temporele schaal te kunnen aggregeren. Een kernvraag hierbij is wat het gewenste schaalniveau moet zijn waarop gemonitoord zou moeten worden, Is het beter te monitoren in deelgebieden waarin de monitoringinspanning wordt geconcentreerd, of prefereren we een regelmatig grid, waarbij de monitoringinspanning gelijkmatig over het onderzoekgebied wordt verdeeld? In het eerste geval is het mogelijk nauwkeurigere schattingen van het voedselbestand per locatie te maken. Het tweede geval heeft als voordeel dat de steekproefnauwkeurigheid veel groter is.

De betrouwbaarheid waarmee de wadplaathoogte en het voedselbestand gemiddeld over het hele komberginggebied bepaald zal worden, hangt af van zowel de variatie tussen deelgebieden als de variatie binnen deelgebieden. Wanneer we de wadplaten in Pinkegat en Zoutkamperlaag opdelen in vakken van 500x500 meter kunnen we verschillende bemonsteringstrategieën hanteren. De eerste optie is dan het bezoeken van een heel beperkt aantal van deze deelgebieden en een groot aantal metingen/monsters per deelgebied te nemen. De tweede optie is alle deelgebieden te bezoeken, maar slechts één steekbuis per deelgebied te nemen. Uit al het eerder onderzoek naar de efficiëntie van benthosbemonsteringen komt naar voren dat de tweede optie te verkiezen valt (Zie bijvoorbeeld 'two-stage sampling' in Thompson, 1992; ref. 8). De reden is dat de bijdrage aan de nauwkeurigheid van de uiteindelijke schatting op conto van de binnen-deelgebied variantie afhangt van het totaal aantal steekbuizen dat genomen wordt (en dat is gelijk voor beide opties), maar dat de bijdrage op conto van de tussen-deelgebied variantie bepaald wordt door het aantal deelgebieden dat bezocht wordt (en dat is bij de tweede optie vele malen hoger). Eerdere studies komen dan ook tot de aanbeveling om zoveel mogelijk deelgebieden te bezoeken met zo weinig mogelijk inspanning per deelgebied (ref. 7 en 9).

Deze overwegingen hebben geleid tot de volgende aanpak:
Het droogvallend wad in Pinkegat en Zoutkamperlaag (boven -50 cm NAP) wordt verdeeld in gridcellen van 500x500 meter (Fig. 3). In iedere gridcel ligt minimaal 1 monsterpunt voor bodemdieren en sedimentsamenstelling. Per gridcel wordt op basis van de LIDAR-data zo nauwkeurig mogelijk de gemiddelde wadplaathoogte berekend. Deze variabelen zijn input voor een ecologisch model dat de oogstbare hoeveelheid voedsel per tij en het areaal geschikt foerageergebied zal schatten. Dit wordt nader toegelicht in paragraaf 2.1.4.



Figuur 3: Schematische weergave van de vergridding van het wad. Uit iedere gridcel wordt minimaal één benthosmonster genomen. Op deze wijze is het droogvallende wad van het Pinkegat en de Zoutkamperlaag bedekt met gridcellen. Per gridcel wordt jaarlijks de gemiddelde wadplaathoogte bepaald.

2.1.4 Parameters voor analyses wadplaten

De parameters die per gridcel (Fig. 3) nodig zijn voor de analyses zijn de wadplaathoogte en de oogstbare hoeveelheid voedsel per tij. De gemiddelde wadplaathoogte wordt per gridcel bepaald aan de hand van LIDAR-opnames §2.2.1. De oogstbare hoeveelheid voedsel per tij is een combinatie van een dieet- en seizoenafhankelijk voedselbestand. Dit bestand wordt geschat op basis van locatiespecifieke metingen (vaste meetpunten op een grid; zie figuur 3) en van vogelsoort specifieke kenmerken. Daarnaast spelen de geografische ligging, de morfologie van de omgeving en de droogvalduur per monsterpunt een rol in het bepalen van deze parameter. In totaal gaat het om de volgende variabelen en kenmerken:

<u>Gridcel specifieke variabelen</u>

- Prooidichtheid (voedselbestand)
- Profijtelijkheid (kwaliteit, soortsamenstelling, conditie)
- Beschikbaarheid (prooidiepte, droogvalduur, ligging t.o.v. geul / HVP)
- Habitatkenmerken (bijvoorbeeld de sedimentsamenstelling)

<u>Vogelsoort specifieke kenmerken</u>

- Dieet
- Functionele respons = de intake rate / digestion rate
- Habitatvoorkeur

De functionele respons in combinatie met de droogvalduur leidt ertoe dat een locaal voedselbestand (aantal + biomassa per oppervlak) kan worden "vertaald" naar een voedselbeschikbaarheid per getijdenperiode. Dit levert een aantal locaties op waarvoor de dagelijkse voedselbehoefte kan worden gehaald. Dat is feitelijk een areaal. De ontwikkeling van

de grootte van dat areaal is ook een maat waarop de geschiktheid van de kombergingen Pinkegat en Zoutkamperlaag voor foeragerende doelsoorten kan worden uitgedrukt.

Voor een nader vast te stellen aantal Natura 2000 doelsoorten wordt de bovengenoemde kennis gebruikt als input voor een ecologisch model. Op basis van voortschrijdend inzicht (kennis over vogels en prooidieren) kunnen de berekeningen jaarlijks worden aangepast en elk jaar opnieuw worden berekend voor alle voorgaande jaren. De soortspecifieke modeluitkomst (de oogstbare hoeveelheid voedsel per tij) is een relatieve maat voor de ecologische ruimte per vogelsoort. Deze hoeveelheid is ongeschikt als maat voor de feitelijk beschikbare hoeveelheid voedsel, maar veranderingen erin kunnen wel iets zeggen. Bijvoorbeeld: neemt de droogvallende hoeveelheid kokkels en mossels toe dan verwacht je in het algemeen ook gunstiger condities voor (bijvoorbeeld) overwinterende scholeksters.

Voor de scholekster is de relatie tussen voedseldichtheid en bereikbaarheid uitgewerkt in het simulatiemodel Webtics. In dit model wordt bovendien de relatie gelegd met de voedselbehoefte van de scholekster. Voor de scholekster biedt Webtics de mogelijkheid na te gaan wat de relatieve betekenis is van rijke en arme foerageergebieden die op basis van de oogstbare hoeveelheid voedsel worden gedefinieerd.

2.1.5 De temporele variatie in wadplaathoogte

Bodemdaling door gaswinning is een traag proces met een snelheid die maximaal enkele millimeters per jaar betreft. Belangrijk is of de variatie in wadplaathoogte het gevolg is van diepe bodemdaling is dan ook de snelheid waarmee de verandering optreedt. Bijvoorbeeld in hoeverre de variatie in wadplaathoogte proportioneel is met de mate van diepe bodemdaling in dezelfde periode of met het bodemdalingvolume. Plotselinge veranderingen in wadplaathoogte zijn te verwachten als gevolg van gebeurtenissen zoals zware stormen. Een voorbeeld van het effect van een zware storm op het sedimentatieproces op het wad wordt gegeven in Krol, 2014 (ref. 10) en analoog voor de zeereep van oost Ameland in Slim et al. 2013 (ref. 11). Om de invloed van dergelijke gebeurtenissen aan te kunnen tonen dient de wadhoogte frequent gemeten te worden op verschillende locaties in Pinkegat en Zoutkamperlaag. Alleen op basis van frequente metingen met een voldoende mate van temporele autocorrelatie en een zekere ruimtelijke spreiding kan onderscheid worden gemaakt tussen de invloed van plotselinge (mogelijk tijdelijke) of gestage daling van de wadplaathoogte.

Het frequent meten van de wadplaathoogte wordt gedaan aan de hand van de zogenaamde spijkermetingen (§ 2.2.4). Dit zijn metingen die tot enkele millimeters nauwkeurig de variatie in sedimenthoogte op een locatie kunnen vastleggen. In een aantal van de geselecteerde gebieden (wadplaten) is een onregelmatig grid over deze monsterpunten neergelegd. De verschillende spijkermetingen op een wadplaat geven samen een beeld van de gemiddelde hoogte of hoogteverandering van zo'n wadplaat. Op basis van lopende spijkermetingen is variatie in wadplaathoogte tussen twee opvolgende jaren voor een aantal wadplaten vastgesteld. Hieruit blijkt dat de ontwikkeling van deze platen onderling varieert met een standaard deviatie van ca. 1,3 cm. Uitgaand van een monitoring van 8 wadplaten ligt de detecteerbare effectgrootte (verschil tussen jaren) op <2 cm.

Omdat de spijkermetingen op de stabielere delen van de wadplaten liggen geven ze geen beeld van het erosie/sedimentatieproces op de randen van de platen of andere hoogdynamische delen van het wad. De locaties waar spijkermetingen worden uitgevoerd zijn weergegeven in figuur 6. Dit jaar worden hier de wadplaten Brakzand en op het wad boven Ferwert aan toegevoegd.

2.1.6 Vogeltellingen op HVP's

Vogeltellingen op HVP's in Pinkegat en Zoutkamperlaag spelen een rol in het schatten van de oogstbare hoeveelheid voedsel per tij. Op basis van de vogeltellingen wordt namelijk de

foerageerperiode bepaald. Daarnaast kan per vogelsoort, per HVP, de oogstbare hoeveelheid voedsel worden gecorreleerd aan het aantal vogels per periode. Dit leert ons in hoeverre en voor welke soorten het aantal afhangt van de oogstbare hoeveelheid voedsel. Vogelsoorten waarvan de aantallen een sterke correlatie vertonen met de oogstbare hoeveelheid voedsel zijn gevoeliger voor locale nadelige effecten op hun voedselbron.

2.1.7 Wadplaathoogte en diepe bodemdaling

Indien er sprake is van een daling van de wadplaathoogte in Pinkegat en Zoutkamperlaag, dan zal worden beoordeeld of en in hoeverre deze wadplaatdaling met het proces van diepe bodemdaling correleert. Hiervoor wordt bestudeerd of A) er ook sprake is van daling in andere kombergingen in de Waddenzee; B) de oppervlakte daling ruimtelijk correleert met de diepe bodemdaling contouren; C) de oppervlakte daling proportioneel is aan de diepe bodemdaling of veroorzaakte bodemdalingvolume; D) de oppervlakte daling temporeel correleert met een gebeurtenis zoals een zware storm.

A Vergelijking van de variatie in wadplaathoogte in Pinkegat en Zoutkamperlaag met andere kombergingen in de Waddenzee vindt plaats a.d.h.v. de LIDAR-data van de NAM en RWS. Omdat de LIDAR-metingen van RWS eens per zes jaar verzameld worden, gaat het hier om vergelijkingen over een periode van zes jaar. Deze analyse wordt aan het eind van iedere monitoring- en lodingcyclus uitgevoerd.

B & C De correlatie tussen de diepe bodemdaling (ΔD_d) en de variatie in wadplaathoogte (Δh) vindt plaats op basis van waterpassingen die worden uitgevoerd bij de GPS-klusters (Fig. 5).op het moment dat daar ook de diepe bodemdaling wordt bepaald. In deze analyses zal de mogelijke invloed van gebeurtenissen worden onderzocht. Hierbij kan gedacht worden aan de invloed van een zware storm (E_t) op de resultaten: $\Delta D_d \sim \Delta h + E_t + \varepsilon$

D De invloed van gebeurtenissen, zoals een zware storm, kan in beeld worden gebracht aan de hand van de spijkermetingen. Analyse van de spijkermetingen geeft aan in hoeverre de waargenomen daling van de wadplaathoogte onderdeel is van een gestage trend of plotselinge gebeurtenis.

2.2 Monitoringonderdelen wadplaten

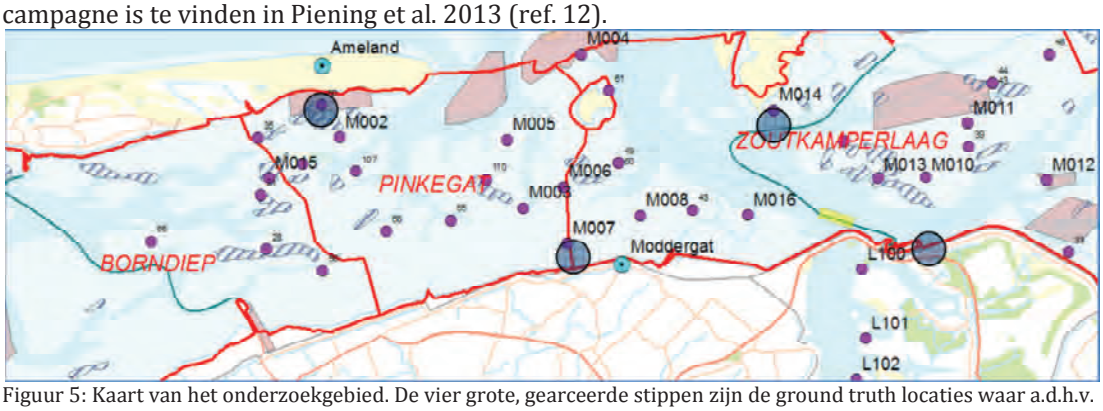
2.2.1 Wadplaathoogte

Het doel van de vlakdekkende hoogtemetingen is enerzijds om jaarlijks een goed beeld te krijgen van de ontwikkeling van het areaal wadplaten. Anderzijds wordt per gridcel (Fig. 3) jaarlijks de gemiddelde wadplaathoogte geschat. Omdat de wadplaten als gevolg van getijdenstromen en golfwerking continu onderhevig zijn aan sedimentatie en erosie is het nodig frequenter dan één maal per jaar een meting uit te voeren. Spijkermetingen laten zien hoe gedurende het voorjaar en de zomer sedimentatie dominant is en gedurende het najaar en de winter erosie optreedt (ref. 10). Vlakdekkende hoogtemetingen worden daarom aan het begin van de sedimentatieperiode en aan het begin van de erosieperiode uitgevoerd.

Vlakdekkende hoogtemetingen vinden plaats aan de hand van de best beschikbare techniek. Op dit moment gebeurt dit aan de hand van LIDAR. LIDAR staat voor Laser Imaging Detection And Ranging. Het is een techniek waarbij met laser pulsen de afstand tot een object wordt bepaald. In dit geval gaat het daarbij om de afstand tussen een vliegtuig en de wadplaten (Fig. 4).

Figuur 4: Vluchtlijnen voor het uitvoeren van de LIDAR-opname in Pinkegat en Zoutkamperlaag (geel). De blauwe vluchtlijnen dienen ter controle en kalibratie van de LIDAR-opname. Deze lijnen verbinden vaste reflectiepunten op het land waarvan de hoogte bekend is. Ontleend uit . FUGRO rapport ASM11085.

Ter controle van de LIDAR-opnames worden ook op de wadplaten zogenaamde ground-truth surveys uitgevoerd. Dit vindt plaats op vier locaties, parallel aan iedere LIDAR-meting (Fig. 5). Wanneer de LIDAR-opnames de gewenste consistentie bereiken kan met de ground truth metingen op het wad worden gestopt. De controle grids op het land blijven wel nodig voor de absolute plaatsbepaling van de gemeten wadhoogtes. Het protocol voor deze ground truth campagne is te vinden in Piening et al. 2013 (ref. 12).



Figuur 5: Kaart van het onderzoekgebied. De vier grote, gearceerde stippen zijn de ground truth locaties waar a.d.h.v. RTK-GPS metingen de wadhoogte wordt bepaald. De kleinere blauwe stippen zijn de GPS-klusters op basis waarvan de diepe bodemdaling wordt gemonitoord. Naast de GPS-klusters worden op de wadplaten de waterpassingen verricht. Ontleend uit Piening *et al.* 2013.

2.2.2 Satellietbeelden

Radarsatellietbeelden van het wad tijdens de laagwaterperiode kunnen na correctie voor de gemeten waterstand een beeld geven van het areaal droogvallende platen. Opnames bij verschillende waterstanden geven mogelijk ook een beeld van de hoogteverdeling van het areaal. Omdat er gedurende een jaar een groot aantal satellietbeelden beschikbaar is, heeft deze techniek de potentie een representatief jaargemiddelde van het wadplaten areaal te schatten. Bovendien leveren deze opnames een beeld van alle kombergingen in de Waddenzee waardoor veranderingen in Pinkegat en Zoutkamperlaag met de rest van het waddengebied vergeleken kunnen worden. Gedurende de tweede monitoringcyclus wordt de nauwkeurigheid en bruikbaarheid van deze techniek onderzocht en, indien bruikbaar, verder geoptimaliseerd.

2.2.3. Lodingcyclus RWS

De morfologische ontwikkeling in de Waddenzee wordt gemonitoord in opdracht van Rijskwaterstaat. Deze monitoring wordt de 'lodingcyclus' genoemd. Gedurende een 6-jarige cyclus wordt a.d.h.v. zgn. vaklodingen een hoogte/dieptekaart van de Waddenzee en de Noordzeekustzone gemaakt. In het sublitoraal bestaan vaklodingen uit sonar opnames. De hoogteverdeling van het litoraal wordt a.d.h.v. LIDAR-opnames bepaald (zie paragraaf 2.1.1.1). Dit resulteert in een hoogtekaart voor iedere komberging eens per 6 jaar. Van deze monitoring is een historische dataset beschikbaar op basis waarvan de historische dynamiek kan worden bestudeerd. Vergelijking van de variatie in de geomorfologie in kombergingen onder invloed van bodemdaling met de ontwikkeling van de andere kombergingen in de Waddenzee, maakt inzichtelijk of de aangetroffen variatie binnen het Pinkegat en de Zoutkamperlaag valt binnen de natuurlijke dynamiek.

2.2.4 Spijkermetingen

Spijkermetingen zijn metingen waarbij een zogenaamd grondanker in de wadbodem wordt geplaatst op ca. 1m diepte. Aan dit anker is een lijntje bevestigd met aan het eind een labeltje. De afstand tussen het sedimentoppervlak en het labeltje wordt bepaald met een liniaal. Op deze wijze kan de locale variatie in wadplaathoogte op enkele millimeters nauwkeurig worden gemonitoord. Spijkermetingen worden 5x per jaar uitgevoerd een aantal wadplaten (Fig. 6). Het aantal metingen per wadplaat varieert van 19 en 18 onder de oostpunt van Ameland en Paesens tot ca. 7 op de andere locaties.

Figuur 6: locaties waar spijkermetingen worden uitgevoerd. De gele cirkels zijn indicatief voor de ligging van de bodemdalingcontouren (diepe bodemdaling). Ontleend uit Krol 2014 (ref. 10).

2.2.5 Waterpassingen op de wadplaten

Sinds 2010 worden nabij de GPS clusters terrestrische maaiveldmetingen uitgevoerd. Hierbij is een grid uitgezet van 9x5 punten of 7x5 punten, welke op een onderlinge afstand van 5m liggen. De horizontale positie wordt met GPS bepaald, terwijl de maaiveldhoogte middels waterpassing wordt verkregen. Hiervoor wordt de hoogte van de GPS-peilmerken als referentie gebruikt om te komen tot een NAP-hoogte van de gridpunten op het maaiveld. Daar waar de bodem zacht is (slib) wordt de meetbaak voor waterpassing voorzien van een brede voet, zodat deze niet kan wegzakken in het zand van de wadplaat. De nauwkeurigheid van de waterpassing voor deze relatief korte afstanden is ~1mm. Afhankelijk van de gesteldheid van de bodem, zal de absolute nauwkeurigheid per meetpunt < 1cm bedragen.

2.2.6 Bodemdiereninventarisatie

Bodemdieren worden geïnventariseerd aan de hand van puntmonsters op droogvallende platen. Deze bemonstering wordt uitgevoerd op een 500x500 meter grid en vormt de basis van

de in paragraaf 2.1.4 beschreven data-analyse. Indien mogelijk wordt voor dit monitoringonderdeel aansluiting gezocht bij een lopende Waddenzeebrede bodemdiereninventarisatie. Dit biedt de mogelijkheid de variatie in Pinkegat en Zoutkamperlaag met andere kombergingen te vergelijken. De kombergingbrede bodemdiereninventarisatie vindt plaats in de zomer.

Naast deze puntbemonstering (Fig. 3) wordt het aandeel mossel/oesterbanken aan gridcellen toegekend. Deze biogenestructuren worden reeds gekarteerd en bepalen in sterke mate wat de oogstbare hoeveelheid per tij is voor een deel van de Natura 2000 doelsoorten.

De essentie van de bodemdierenmonitoring is het schatten van het voedselbestand voor vogels. Het inventariseren van de "macrofauna" op soortniveau is daarbij niet altijd noodzakelijk. In dit monitoringprogramma wordt de focus gelegd op diëten van vogelsoorten. Hiervoor wordt het volgende taxonomische niveau aangehouden.

1) Schelpdieren. Bivalvia worden daarbij op soortniveau gedetermineerd. Bovendien wordt per soort een grootteklasse verdeling gemaakt. Gastropoda worden op familieniveau gedetermineerd. Per taxonomische eenheid wordt de biomassa vastgesteld.
2) Wormen. Polychaeta worden minimaal op familieniveau gedetermineerd. Per taxonomische eenheid wordt de biomassa bepaald.
3) Kreeftachtigen. Crustacea worden op familiniveau gedetermineerd. Per taxonomische eenheid wordt de biomassa bepaald. Voor krabachtigen met een schildbreedte groter dan 20mm wordt de biomassa apart bepaald. Sessiele crustacea, zoals bijvoorbeeld zeepokken, kunnen buiten beschouwing worden gelaten.

Net als voor de kreeftachtigen en schelpdieren kan het nuttig zijn om wormen in grootteklassen te onderscheiden. Als onderdeel van een studie naar de gebiedspecifieke dieetwensen (en andere kenmerken) van vogelsoorten zal dit jaar een keuze worden gemaakt over het detailniveau waarop het voedselbestand zal worden gemonitoord.

2.2.7 Vogeltellingen op HVP's

Voor de vogeltellingen op de HVP's in Pinkegat en Zoutkamperlaag wordt aansluiting gezocht bij de bestaande monitoring die door SOVON wordt gecoördineerd. Op Ameland zijn deze tellingen uitgebreid met als doel de piekperiode en -aantallen goed te kunnen schatten. Ook voor de HVP's bij het Paezummerwad zullen deze metingen om dezelfde reden tijdens de voor- en najaartrek met enkele tellingen worden uitgebreid.

3 KWELDERS

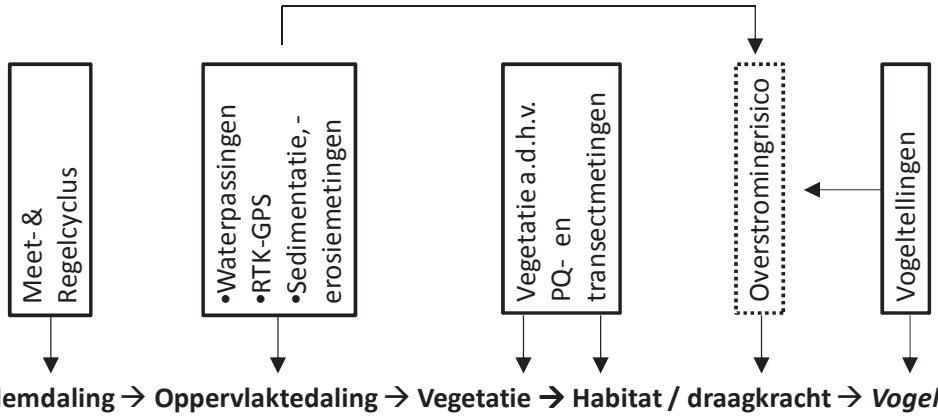
De habitattypen *Pionierbegroeiingen* H1310 en *Schorren en zilte graslanden* H1330 vormen de kwelders van de Waddenzee. Het doel van het beheer van deze kwelders is de diversiteit in de geomorfologie en de kweldervegetatie met alle successiestadia te behouden en te ontwikkelen. De natuurlijke ontwikkeling (successie) van de kwelder leidt echter tot veroudering en verruiging van deze habitats als gevolg van opslibbing, ontwikkeling van vegetatie en verlanding. Om deze ontwikkeling tegen te gaan worden kwelders beweid met schapen, paarden en koeien en wordt de morfologie van kwelders aangepast zodat de zee periodiek het gebied kan blijven overspoelen.

3.1 De Peasemerlannen

Ook onder de kwelder vindt bodemdaling plaats. Als de kwelder mee daalt kan dit tot veranderingen in de hydrologie (drainage) en de overstromingfrequentie leiden. Uit de monitoring van de sedimentatie op de vaste land kwelders blijkt dat de sedimentatiesnelheid gemiddeld groter is dan de bodemdaling die optreedt als gevolg van gaswinning. Alleen op de

hoge kwelder onder Ameland heeft bodemdaling duidelijk geleid tot vernatting. Tot dusver blijkt dat bodemdaling geen nadelige effect op de ontwikkeling van de kwelder heeft. Locale regressie van de kwelder van Ameland draagt bij aan het natuurlijk kwelderbeheer. Wat onzeker is, is of er door bodemdaling in de loop der jaren een toename van het overstromingrisico voor nesten in de broedperiode zal optreden.

De monitoring van de invloed van bodemdaling op de Paezummerlannen vindt plaats a.d.h.v. een effectketenbenadering (Fig. 7), waarbij een deel van de Groninger kwelder die niet onder invloed staat van diepe bodemdaling als referentiegebied wordt bestudeerd.



Figuur 7: Effectketen kwelder (vet gedrukt) en de daaraan gekoppelde monitoringonderdelen (in de kaders). Het gestippelde kader "overstromingrisico" wordt berekend uit de metingen voor oppervlaktedaling en niet apart gemeten. De pijlen geven de koppeling tussen de onderdelen weer. De schakels "Habitat / draagkracht" vormen de instandhoudingsdoelen.

De studie concentreert zich op de vraag of diepe bodemdaling meetbaar is aan het oppervlak, of in hoeverre de sedimentatie (opslibbing) de bodemdaling compenseert. Netto daling van het maaiveld wordt op dit moment alleen verwacht op een deel van de hoger gelegen zomerpolder (ref. 13).

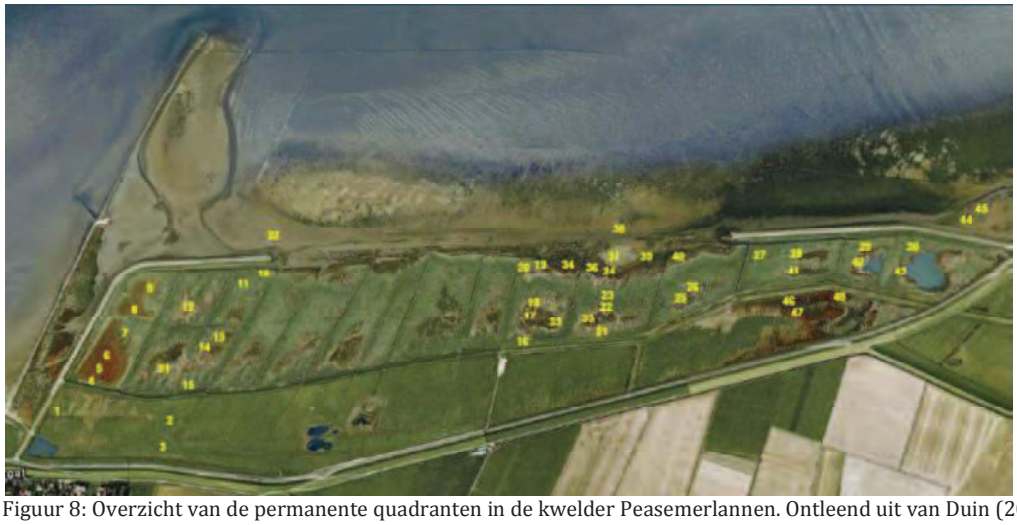
3.2 Metingen en analysestrategie

Op de kwelder wordt twee keer per jaar de opslibbing gemeten op vaste punten (§ 3.3). Na correctie voor bodemdaling wordt zo de hoogteontwikkeling van de kwelder gemonitoord. Deze hoogteontwikkeling wordt ruimtelijk gecorreleerd met de veranderingen die in de vegetatie optreden. Veranderingen in de vegetatie worden gemonitoord in permanente kwadraten die over de kwelder verspreid liggen (Fig. 8). In de kwadraten zijn kleine veranderingen in de vegetatie waarneembaar omdat er op soortniveau gemonitoord wordt. Eens per 6 jaar wordt de vegetatie op de gehele kwelder gekarteerd met als doel vast te stellen hoe veranderingen in de permanente kwadraten doorwerken naar het areaal beschermde habitats en habitats voor Natura 2000 doelsoorten.

3.3 Kwelderhoogte en klifvorming

De natuurlijke opslibbing van de kwelder kan voldoende zijn om de zeespiegelstijging en de bodemdaling bij te houden. De opslibbing op de kwelders wordt gemeten a.d.h.v. zogenaamde SEB-metingen. SEB-meting staat voor Sedimentatie-Erosie-Balkje-metingen. Deze metingen hebben dezelfde nauwkeurigheid als de eerder besproken spijkermetingen. De SEB-metingen zullen de komende monitoringcyclus 2x per jaar worden uitgevoerd. Inmiddels is een deel van de SEB-constructies aan onderhoud/vervanging toe. In 2013-2014 zal een groot deel van dit onderhoud worden uitgevoerd.

Kliferosie wordt jaarlijks gemeten a.d.h.v. RTK-GPS-metingen. Momenteel is dit lastig omdat de groeiende kwelder geen klif heeft, maar sprake is van een geleidelijke overgang tussen wadplaat en kwelder.



Figuur 8: Overzicht van de permanente quadranten in de kwelder Peasemerlannen. Ontleend uit van Duin (2014), ref. 13.

3.4 Kweldervegetatie

Voor het monitoren van kweldervegetaties is aansluiting gezocht bij bestaande monitoringprogramma's van IMARES en RWS, waarmee de ontwikkelingen van de vegetaties en habitats in de tijd (trends) in beeld kunnen worden gebracht.

De ontwikkeling van de kwelders in de bodemdalinggebieden wordt bestudeerd aan de hand van de vegetatieontwikkeling in permanente kwadraten en vergeleken met kwadranten op kwelders in referentiegebieden. Deze referentiekwadraten zijn onderdeel van de lopende kweldermonitoring van Rijkswaterstaat.

De combinatie van een lage bodemdalingsnelheid en hoge natuurlijk opslibbing op de Peasemerlannen heeft nog niet tot maaivelddaling geleid. Ook de komende monitoringcyclus wordt geen sterke bodemdaling verwacht en is een verandering in de kweldervegetatie als gevolg van bodemdaling onwaarschijnlijk. In dit monitoringprogramma wordt daarom voorgesteld de vegetatiemonitoring eens per twee jaar uit te voeren. Omdat de SEB-metingen en hoogtemetingen frequenter worden uitgevoerd kan in response op onverwacht sterke daling of opslibbing (> 5 cm) tot een extra vegetatieopname worden overgegaan.

3.5 Broedvogels en overstromingrisico

Uit de evaluatie van de monitoring 2007-2012 blijkt dat er een zwakke, onduidelijke koppeling is tussen broedvogels op de kwelder en de rest van de effectketen. Daarnaast blijkt uit onderzoek dat diepe bodemdaling onder de Peasemerlannen de komende jaren nog niet gaat bijdragen aan het overstromingrisico van nesten (ref. 5). Er is in 2013 een onderzoek gestart naar de mate waarin het overstromingrisico voor nesten op de meetbaar gedaalde kwelder van Ameland is toegenomen. De uitkomst van dit onderzoek wordt verwacht in 2015. Voor vervolgonderzoek van het overstromingrisico op de Peasemerlannen wordt eerst de uitkomsten van dit onderzoek afgewacht. Monitoring van de broedvogelaantallen op de Peasemerlannen wordt door vrijwilligers uitgevoerd en gecoördineerd door SOVON. Aan het eind van deze monitoringcyclus zal de ontwikkeling van de broedvogels op de Peasemerlannen

a.d.h.v. trendspotter analyses worden gerapporteerd in relatie tot ontwikkeling in vegetatie en beheer.

3.6 Kwelderbeheer

De zomerpolder in de Peasemerlannen wordt beweid. Voor de lager gelegen kwelder geldt dat nog niet. Binnenkort wordt er gestart met het beweiden van de Groninger kwelder die als referentiegebied voor de Peasemerlannen wordt gebruikt. Dit leidt waarschijnlijk tot grote veranderingen in de vegetatie, waardoor de opgebouwde meetreeks verstoort wordt. Met de betrokken onderzoekers is bediscussieerd of de onderzoekvakken en transecten op de Groninger kwelder moeten worden afgeschermd. Uit de discussie kwam naar voren dat het beter is om het aantal referentiekwelders uit te breiden. Het idee hierachter is dat geen enkele referentie kwelder volledig representatief zal zijn voor de Peasemerlannen. Voor de hand liggende additionele referentiekwelders zijn de Julianapolder en de Negenboerenpolder. De Julianapolder zijn geen plannen voor toekomstige beweiding. Voor de Negenboerenpolder wel. Van beide kwelders zijn meetreeksen voor vegetatie en sedimentatie opgebouwd. In 2014/15 wordt de bruikbaarheid van deze kwelders geëvalueerd en gerapporteerd.

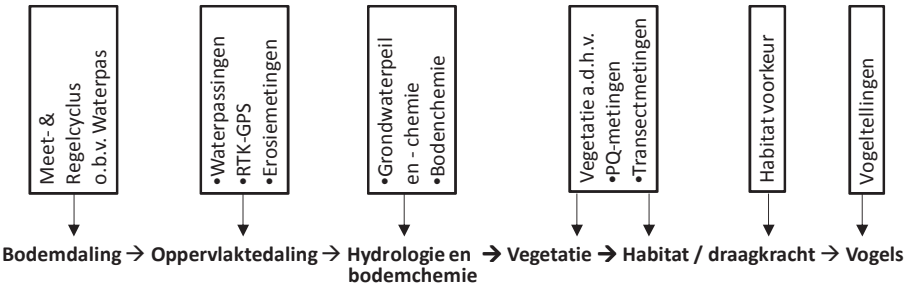
4 LAUWERSMEERGEBIED

4.1 Monitoring en instandhoudingsdoelen

De mogelijke effecten van gaswinning in het Lauwersmeergebied beperken zich tot effecten van bodemdaling. Het Lauwersmeer is een binnendijks gebied waar geen opslibbing plaatsvindt en bodemdaling van het maaiveld meetbaar is. Door de groei van vegetatie treedt wel verlanding op waardoor water overgaat in moeras en moeras in land. In het Lauwersmeergebied vindt actief beheer plaats om deze verlanding tegen te gaan of zelfs terug te draaien. Enkele polders zijn dieper gemaakt en hebben een kunstmatig waterpeilbeheer waardoor struweellandschap weer plaats maakt voor moeras en open water. Het uiteindelijke doel van bovengenoemde beheermaatregelen is de avifauna te beïnvloeden. Dit speelt o.a. in het deelgebied Ezumakeeg, het gebied waar ook de meeste bodemdaling zal optreden als gevolg van de Anjum-winning sinds 1997.

Naast een intensief beheer kent het gebied ook een zeer dynamisch waterpeil met veranderingen in waterhoogte tot 1 meter. Dit maakt dat naast het meer gelegen graslanden periodiek onder water staan. De randen van de platen en lobben in het gebied zijn hierdoor onderhevig aan erosie. Omdat het Lauwersmeer voor de afsluiting van de Lauwerszee een brede geul was met wadplaten en kwelders is het gebied nog steeds in verandering van zout naar zoet. In het gebied worden door locaal brakke omstandigheden nog enkele zeldzame vegetatietypen gevonden.

Omdat het Lauwersmeer alleen als vogelrichtlijngebied is aangewezen zijn in het aanwijzingbesluit alleen instandhoudingdoelstelling voor vogelsoorten opgenomen. Deze doelstellingen luiden dat activiteiten niet mogen leiden tot een afname van de draagkracht van het gebied voor een bepaald aantal vogels of broedparen per soort (Tab. 1 en 2). De mogelijke doorwerking van bodemdaling door gaswinning op het ecosysteem wordt bestudeerd a.d.h.v. een effectketen zoals weergegeven in figuur 8.



Figuur 8: Effectketen Lauwersmeergebied (vet gedrukt) en de daaraan gekoppelde monitoringonderdelen (in de kaders). De pijlen geven de koppeling tussen de onderdelen weer. De schakels "Habitat / draagkracht" vormen de instandhoudingsdoelen.

In de effectketen wordt verondersteld dat de draagkracht van het gebied voor Natura 2000 doelsoorten wordt bepaald door de vegetatie. Daarnaast zijn ook andere, bijvoorbeeld voedsel gerelateerde gebiedkenmerken van belang. In tabel 1 en 2 zijn de vogelsoorten die in het gebied worden waargenomen opgedeeld in groepen op basis van habitatvoorkeur. De broedvogels zijn gegroepeerd op basis van een vegetatietype. De niet-broedvogels op basis van hun voedselvoorkeur of foerageergebied. Van de zeer geringe bodemdaling in het Lauwersmeergebied worden geen effecten verwacht op aquatische organismen. Ook zal, door het eroderen van de platen en de afwezigheid van getijdenstroming het meer alleen maar ondieper worden. De focus in dit monitoringprogramma ligt daarom op de terrestrische vegetatie. Daarnaast wordt er langs enkele transecten gekeken naar de ontwikkeling in de muizenpopulatie. Muizen zijn gevoelig voor vernatting en vormen een belangrijke voedselbron voor o.a. de bruine kiekendief.

Tabel 1: Indeling broedvogels naar habitatvoorkeur, op basis van het vegetatietype. Vet-gedrukt zijn de Natura 2000 doelsoorten, aangevuld met niet-doelsoorten. De tabel is afgeknipt op 5 soorten. In werkelijkheid zijn de meeste groepen groter. Zo bestaat de groep onder "waterriet" uit 18 soorten.

structuurtypen	Waterriet	Droog riet Natte ruigte Droge ruigte	Droge ruigte Open struweel Dicht struweel	Grasland-open Grasland-open en brak Grasland-hoger opgaand	Kale grond Zilte pioniervegetaties Zoete pioniervegetaties
N2000-soorten = vet	**Roerdomp**	**Grauwe Kiekendief**	**Paapje**	**Kemphaan**	**Kluut**
	Bruine Kiekendief	**Velduil**	Koekoek	**Kluut**	**Bontbekplevier**
	Porseleinhoen	**Blauwborst**	Boompieper	Zometertaling	**Noordse Stern**
	Snor	**Rietzanger**	Winterkoning	Slobeend	Scholekster
soort	Dodaars	Blauwe Kiekendief	Heggenmus	Scholekster	Strandplevier

Tabel 2: Indeling niet-broedvogels naar voedselvoorkeur of foerageergebied. Vet-gedrukt zijn de Natura 2000 doelsoorten, aangevuld met niet-doelsoorten. De tabel is afgeknipt op 8 soorten.

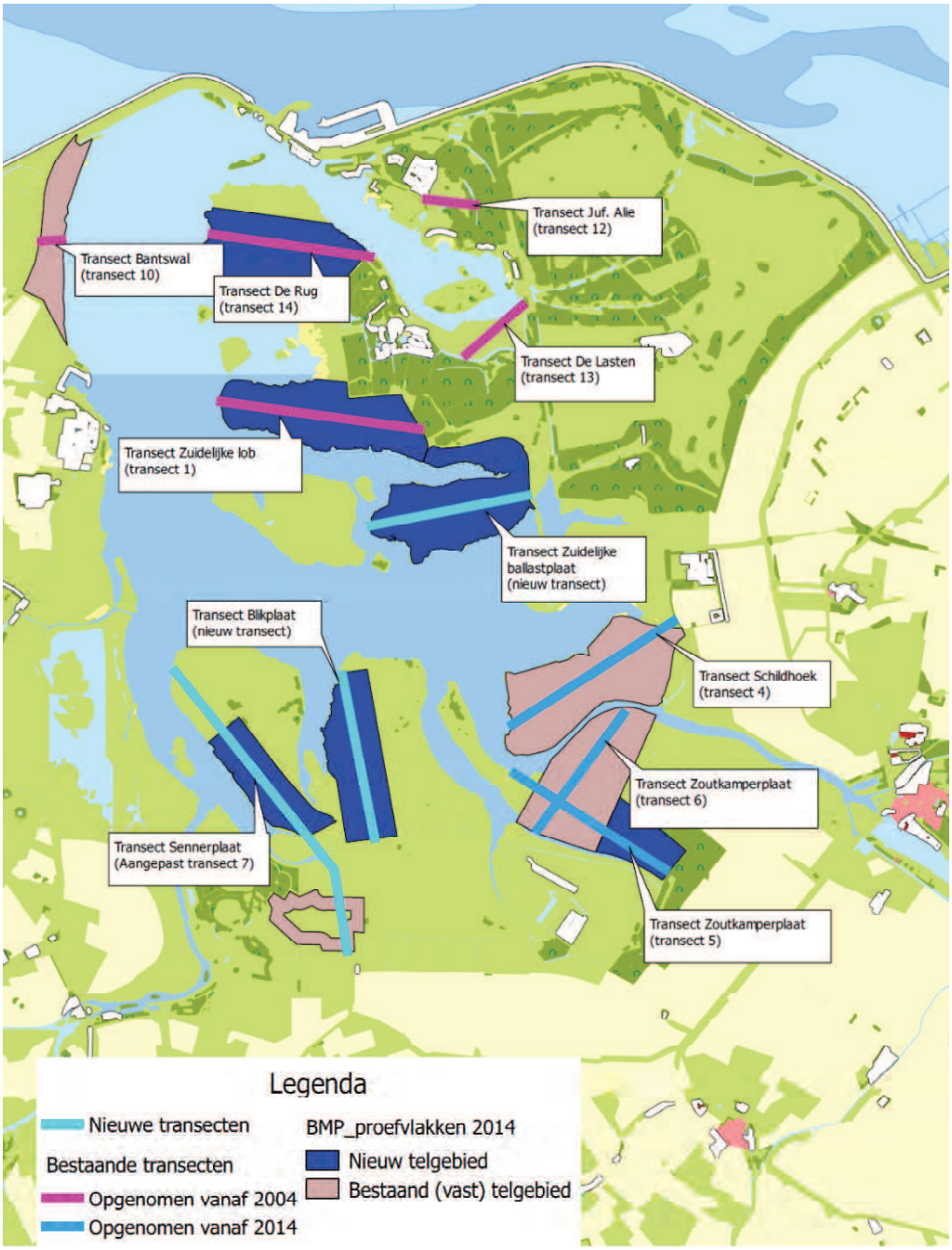
voedel	vis	zoetwater-mosselen	benthos slik/ ondiep water	(kleine) zoogdieren / (zang)vogels	wormen grasland	gras	fonteinkruiden	akkers
N2000-soorten = vet	**Fuut**	**Kuifeend**	**Bergeend**	**Zeearend**	**Goudplevier**	**Kolgans**	**Kleine Zwaan**	**Wilde Zwaan**
	Aalscholver	**Meerkoet**	**Pijlstaart**	**Bruine Kiekendief**	**Grutto**	**Dwerggans**	**Tafeleend**	Toendrarietgans
	Lepelaar		**Slobeend**	Blauwe Kiekendief	**Wulp**	**Grauwe Gans**	Knobbelzwaan	
	Nonnetje		**Brilduiker**	Grauwe Kiekendief	Scholekster	**Brandgans**		
soort	**Reuzenstern**		**Kluut**	Havik	Kievit	**Smient**		
	Dodaars		**Bontbekplevier**	Sperwer	Kemphaan	**Krakeend**		
	Fuut		**Zwarte Ruiter**	Buizerd	Watersnip	**Wintertaling**		
	Geoorde Fuut		Kleine Strandloper	Ruigpootbuizerd	Regenwulp	**Wilde Eend**		

4.2 Meet- en analysestrategie

De monitoring van het Lauwersmeergebied bestaat uit de volgende onderdelen: diepe bodemdaling, maaiveldhoogte, grondwaterstanden, grondwaterchemie, bodemchemie, weersomstandigheden, meerpeil, vegetatie op soortniveau, vegetatie op structuurtype niveau, vogels en muizen. Het doel is vast te stellen in hoeverre er sprake is van een nadelige ontwikkeling van de draagkracht van het gebied voor Natura 2000 doelsoorten (vogels). Omdat een effect van bodemdaling alleen op het land meetbaar zal zijn is draagkracht hier vertaald naar beschikbare vegetatiestructuur op te nestelen en te foerageren. Daarnaast wordt er ook naar muizen als voedselbron voor roofvogels gekeken. In het beantwoorden van de onderzoekvraag staat de ontwikkeling van de vegetatie centraal. De hieraan te grondslag

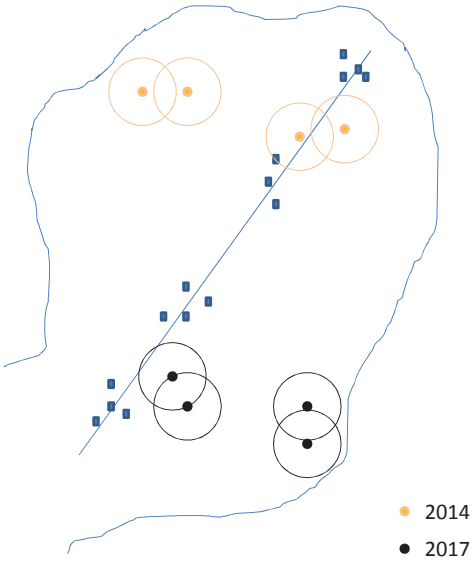
liggende analyse kan in twee blokken worden verdeeld. In het eerste blok wordt de vegetatieontwikkeling in permanente kwadraten op soortniveau geanalyseerd als functie van het meerpeil, de oppervlakte daling, het weer en het beheer. In het tweede blok wordt gekeken in hoeverre de in blok 1 aangetroffen effecten zich doorvertalen op gebied niveau en hoe Natura 2000 doelsoorten daarop reageren. Hiervoor wordt de ontwikkeling van de vegetatiestructuur, gemeten langs zeer brede transecten, geanalyseerd en ruimtelijk gecorreleerd met eerder genoemde variabelen (zie bijlage 2).

De meeste monitoringonderdelen worden jaarlijks gemeten. De reden hiervoor is dat de invloed van het weer en meerpeil op de vegetatie alleen kan worden vastgesteld a.d.h.v. deze meetfrequentie. De vegetatiestructuur langs transecten en de diepe bodem- en maaiveld daling worden eens in de drie jaar vastgestel. Frequentere metingen leiden niet tot aanvullende informatie.



Figuur 9: Monitoringprogramma voor het Lauwersmeergebied. De rechte lijnen zijn de transecten waarlangs de vegetatie wordt gemonitoord. Langs de transecten liggen de permanente kwadraten en de peilbuizen. Deze zijn niet op deze kaart weergegeven. De contouren vormen de vogeltelgebieden.

In dit nieuwe monitoringprogramma is de monitoring uitgebreid naar het zuidelijk deel van het Lauwersmeergebied. Daarnaast is voor overlap gezorgd tussen alle monitoringonderdelen (Fig. 9). Langs de in figuur 9 gepresenteerde transecten liggen de permanente kwadraten waarin de vegetatie op soortniveau wordt gemonitoord. Bij deze kwadraten zijn of worden peilbuizen geplaatst en worden bodemmonsters genomen (Fig. 10). Tevens wordt per lob of plaat het beheer gemonitoord, waardoor inzichtelijk wordt wat voor beheer in welke periode van het jaar heeft plaatsgevonden.



Figuur 10: Hypothetisch voorbeeld van de koppeling tussen de vegetatiemonitoring en de broedvogelkartering voor een plaat of lob in het Lauwersmeergebied (contour). De rechte lijn met de vierkantjes symboliseren het transect en de PQ's ten behoeve van de vegetatiemonitoring. Bij de PQ's liggen de peilbuizen. Deze zijn niet in dit voorbeeld weergegeven. De cirkels vormen de territoria van een bepaalde vogelsoort met de stip als centrum, hetgeen ook het nest kan zijn. In dit voorbeeld zijn de groene territoria in 2014 bepaald, terwijl deze in 2017 naar het zuidelijk deel van deze plaat zijn verplaatst. Per plaat kan zo bekeken worden of de variatie in de vegetatie en de verspreiding van de territoria of nesten correleren. Wanneer voor meerdere platen/ lobben vergelijkbare correlaties worden aangetroffen is er sprake van een causaal verband.

De deelgebieden (lobben of platen) in het gebied kunnen als statistische eenheden worden gezien. In een aantal gevallen kunnen deelgebieden verder worden onderverdeeld in meerdere blokken. Alle relevante deelgebieden die beschikbaar zijn, zijn onderdeel van het nieuwe monitoringprogramma waardoor de steekproef optimaal is. Het aantal "waarnemingen" kan in de ruimte niet veel verder worden uitgebreid. We gaan er vanuit dat we met dit nieuwe monitoringprogramma een optimaal monitoringprogramma voor het Lauwersmeergebied hebben neergezet. De power van het programma kan verder worden verhoogt door het kiezen van relatief stabiele variabelen (vogelsoorten of soortgroepen. Tabel 1 en 2 zijn daar een voorbeeld van. Deze groepen kunnen in de toekomst worden bijgesteld op basis van voortschrijdend inzicht. De Invulling hiervan zal ook deels uit de eerste analyses moeten blijken.

4.3 Monitoringonderdelen Lauwersmeergebied

In de onderstaande paragraven worden de afzonderlijke monitoringonderdelen besproken. Voor de metingen en analyses die plaatsvinden om het ruimtelijke en temporele verloop van de diepe bodemdaling in kaart te brengen wordt verwezen naar het meet- en regelprotocol (2007).

4.3.1 Ontwikkeling maaiveldhoogte

Bij de permanente meetkwadraten waarin de ontwikkeling van de vegetatie wordt gemonitoord, wordt eens in de drie jaar de maaiveldhoogte bepaald. Dit gebeurt a.d.h.v. RTK-GPS-metingen of waterpassingen. Tevens zullen op een aantal platen SEB-metingen worden

uitgevoerd. De reden hiervan is dat als gevolg van de dynamiek in het meerpeil erosie van delen van platen wordt vermoed.

4.3.2 Grondwaterpeil en –chemie

Bodemdaling in het Lauwersmeergebied kan er voor zorgen dat een groter deel van het brakke grondwater het maaiveld bereikt. Anderzijds kan aan de rand van het meer laaggelen grasland vernatten. Voor het bestuderen van de vernatting en verzilting wordt peilbuismonitoring uitgevoerd. Hiervoor is aangesloten bij de monitoring zoals die is ingezet door TNO in 2005 en 2006 in opdracht van de BodemdalingsCie Frieland en in overleg met het Waterschap Friesland. Daarbij wordt gebruik gemaakt van bestaande meetnetten (Data en Informatie Nederlandse Ondergrond ofwel DINO-loket; netwerk van peilbuizen), uitgebreid met nieuwe meetpunten. In de peilbuizen wordt het waterpeil, de waterdruk en het zoutgehalte van het oppervlakte- en grondwater bepaald. Aan de hand van de gegevens worden de ontwikkelingen in het oppervlakte- en grondwater gevolgd in de tijd en ruimte. Naast bestaande peilbuizen worden peilbuizen gemonitoord die bij de permanente kwadraten, langs de transecten worden geplaatst. In de effectketen vormen de peilbuismetingen de koppeling tussen bodemdaling/ maaiveldhoogte en de stapeling van organische stof / ontwikkeling van de vegetatie.

4.3.3 Bodemradar

Met als doel de ruimtelijke gradiënten in het zoutgehalte van het grondwater goed in beeld te krijgen willen we de komende periode gaan experimenteren met bodemradar opnames. Het idee hierachter is dat op basis van meer gedetailleerde informatie beter voorspeld kan worden waar langs de transecten veranderingen door bodemdaling kunnen optreden. Over de nauwkeurigheid en betrouwbaarheid van een bodemradarsysteem voor dit doel is nog weinig bekend (ref. 6).

4.3.4 Stapeling van organisch materiaal

Veranderingen in het grondwaterpeil en –chemie kunnen ertoe leiden dat plantenresten niet langer afgebroken worden en er accumulatie van organisch materiaal optreedt. Deze veranderende bodemsamenstelling kan een effect hebben op de vegetatie. Het monitoren van de bodemchemie is een stap tussen veranderingen in het grondwaterpeil en –chemie en de vegetatie. Een extra schakel in de effectketen die helpt om het proces achter eventuele veranderingen te achterhalen/ interpreteren. De stapeling van organische stof wordt bij de permanente kwadraten eens in de drie jaar gemonitoord.

Uit de reeds uitgevoerde monitoring bleek dat op een aantal locaties een hoog percentage organischestof uit de toplaag van de bodem verdween. Onderzoekers gaven aan dat dit mogelijk door erosie werd veroorzaakt. Als tijdens het spuien het water van overstroomde plaatdelen stroomt, erodeert de toplaag en spoelt organische stof naar het meer. Op een aantal locaties worden SEB-opstellingen geplaatst met als doel deze erosie te bepalen en te onderscheiden van bodemdaling door gaswinning (§ 4.3.1).

4.3.5 Vegetatie-opnames PQ's en transecten

Op basis van de samenstelling van de vegetatie kan in het Lauwersmeergebied een aantal vegetatie(structuur)typen worden onderscheiden. Bodemdaling kan leiden tot veranderingen in de verhouding tussen deze vegetatietypen. Ook kunnen de locaal aanwezige zilte vegetaties door bodemdaling worden beïnvloed. Deze zilte vegetaties bestaan door de aanwezigheid van brak kwelwater. Het idee is dat de invloed van brak grondwater onder invloed van bodemdaling een belangrijkere rol gaat spelen. De vegetatie in het Lauwersmeergebied wordt op twee schaalniveau's gemonitoord.

- Permanente kwadraten
- Transectmetingen

Permanente kwadraten

Vegetatieopnames vinden plaats aan de hand van permanente kwadraten die langs transecten in het Lauwersmeergebied zijn gesitueerd. Voor het monitoren van vegetaties is aansluiting gezocht bij bestaande monitoringprogramma's van A&W en SBB waarmee de ontwikkelingen van de vegetaties en bijbehorende habitats in de tijd en ruimte in beeld kunnen worden gebracht.

In de permanente kwadraten wordt per plantsoort de aanwezigheid en bedekking geschat. Hierdoor is het in de kwadraten in een vroeg stadium zichtbaar als bepaalde soorten opkomen of verdwijnen. Wanneer dat geobserveerd wordt, wordt voor deze soorten (indien relevant voor de vegetatiestructuur) de verspreiding in de transectmonitoring meegenomen. Het gaat hierbij om soorten of groepen soorten die de draagkracht van het gebied voor broedvogels kunnen beïnvloeden. Typische voorbeelden hiervan zijn riet, kruipwilg, grassen, etc.. Naast veranderingen in de mate van aanwezigheid worden ook de hoogte van de vegetatie en de ruimtelijke structuur bepaald (zie voorbeeld onder doel 2 in bijlage 2).

Transectmetingen

Transectmetingen zijn karteringen van vegetatiestructuurtypen en typerende soorten (zie hier boven) die bedoeld zijn om veranderingen in permanente kwadraten ruimtelijk te kwantificeren en te koppelen aan veranderingen in de Natura 2000 doelsoorten. Als bodemdaling tot verschuivingen in vegetatiepatronen leidt, zullen deze vooral loodrecht op de dalingscontouren zichtbaar zijn en in de gekozen transecten tot uiting komen. De transectmetingen worden eens in de drie jaar uitgevoerd.

4.7 Vogel- en muizenstand van het Lauwersmeergebied

Het Lauwersmeergebied is een vogelrichtlijngebied. Binnen het kader van de effectketenbenadering worden jaarlijks de broedvogelaantallen gemonitoord. Dit vindt plaatst in telgebieden die strategisch over de bovengenoemde transecten zijn geplaatst waarlangs ook de ontwikkeling in vegetatiestructuur (habitat) wordt gemonitoord (Fig. 10). Voor de broedvogels worden territoria ingemeten a.d.h.v. 8 veldbezoeken in de broedperiode. Voor de niet-broedvogels is aansluiting gezocht bij het lopende monitoringprogramma van SOVON.

De vogelmonitoring is van belang om de relatie tussen het beschikbaar habitat en het bezette habitat te schatten. Als blijkt dat deze overeen komen, dan leidt een vermindering van het habitatareaal (in dit geval vegetatiestructuurtype) tot een afname van de draagkracht van het gebied voor een doelsoort (of groep). Ook de bezetting van het areaal beschikbaar habitat door andere soorten is daarbij van belang.

Roofvogels in het gebied hebben belang bij een omvangrijke muizenpopulatie. Deze muizen leven in de bodem en zijn gevoelig voor schommelingen in het grondwater- en meerpeil. In de tweede monitoringcyclus zal gestart worden met het monitoren van de muizenpopulatie.

5. OVERLEGSTRUCTUUR en COMMUNICATIE MONTORINGRESULTATEN.

Het monitoringprogramma 2014-2019 geldt voor de komende 6 jaar. In 2020 vindt de volgende uitgebreide methodologische evaluatie van de monitoringgegevens plaats. Aanpassing van het monitoringprogramma (in omvang en frequentie) op basis van deze tussenrapportages en adviezen van de Auditcommissie m.e.r. blijft mogelijk.

Jaarlijks zullen de monitoringresultaten door alle betrokken onderzoekers tezamen worden bediscussieerd, waarna door de groep een integrale, kwantitatieve analyse wordt opgesteld

a.d.h.v. de effectketen en rekening houdend met de instandhoudingsdoelen. Dit zal voor de onderdelen wadplaten, kwelder en Lauwersmeer afzonderlijk gebeuren. Het geheel wordt gerapporteerd aan het bevoegd gezag. Voorafgaande aan de rapportage zullen de resultaten worden besproken met de Commissie monitoring waddengas 2006.

Alle rapporten worden na indiening op de NAM website (www.nam.nl) openbaar gemaakt.

Referenties

1. Gaswinning Moddergat, Lauwersoog, Vierhuizen (MLV); Evaluatie meten en Integrale beoordeling monitoring 2007-2012, versie december 2013, NAM rapportage EP201312202561.
2. Edwin Elias & Zheng Bing Wang (2013) Abiotische gegevens voor monitoring effect bodemdaling. Deltares rapport.
3. Tanya J. Compton, Jaap van der Meer, Sander Holthuijsen, Anita Koolhaas, Anne Dekinga, Job ten Horn, Lise Klunder, Niamh McSweeney, Maarten Brugge, Henk van der Veer and Theunis Piersma (2013) SYNOPTIC INTERTIDAL BENTHIC SURVEYS ACROSS THE DUTCH WADDEN SEA 2008 to 2011 NIOZ 2013-1
4. Zwarts et al. 2004 Bodemgesteldheid en mechanische kokkelvisserij in de Waddenzee. Ministerie van Verkeer en Waterstaat, Rijkswaterstaat RIZA rapport RIZA/2004.028. incl. cd-rom.
5. Kees Koffijberg, Christian Kampichler & Bruno J. Ens (2013) Overstromingsrisico's en verspreiding van kwelderbroedvogels in de Nederlandse Waddenzee in relatie tot bodemdaling door gaswinning. Sovon-rapport 2013/26
6. Rooke (2007) Overgangen van zout-zoet water op Texel. Medusa rapport 2007P181.
7. Bijleveld A.I. et al. (2011) Designing a benthic monitoring programme with multiple conflicting objectives. Methods in Ecology and Evolution. doi: 10.1111/j.2041-210X.2012.00192.x
8. Thompson S.K. (1992) Sampling. Wiley, New York.
9. Van der Meer, J. (1997) Sampling design of monitoring programmes for marine benthos: a comparison between the use of fixed versus randomly selected stations. J. Sea Res. 37: 167-179
10. Krol J. (2014) Wadsedimentatiemetingen Ameland, Engelsmanplaat, Paesens en Schiermonnikoog 2007-2013. Natuurcentrum Ameland.
11. de Jong, B, Michel J.P.M. Riksen, Johan Krol and Pieter A. Slim (2013) EFFECT OF MANAGEMENT ON COASTAL DUNES ON A NORTH SEA BARRIER ISLAND, submitted.
12. Piening H. Piening, J.A. van der Sluijs, H. Kooistra, E. Claassen, B. Valten, R. Hoddenbach (2013) Plan van aanpak voor controle meting Lidar data. NAM
13. W.E. van Duin, P.-W. van Leeuwen & C. Sonneveld (2014) Vegetatie en opslibbing in de Peazemerlannen en het referentiegebied west-Groningen: *Jaarrapport 2013.* IMARES Rapport C026/14
14. van Thienen-Visser K, M Nepveu en J Hettelaar (2012) Deterministische hazard analyse voor geïnduceerde seismiciteit in Nederland. TNO-rapport R10198

Tabel 3: samenvattende tabel met daarin de verschillende monitoringonderdelen en de frequentie waarmee ze worden uitgevoerd.

Gebied	Doel	Meting	Frequentie	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Waddenzee (wadplaten)	Areaal/ wadplaathoogte	Vaklodingen	1x / 6 jaar					X		
Pinkegat & Zoutkamperlaag	Areaal/ wadplaathoogte	LIDAR	2x / jaar	X	X	X	X	X	X	X
Enkele wadplaten	Sedimentatie	Spijkermetingen	5x / jaar	X	X	X	X	X	X	X
Enkele wadplaten	Sedimentatie	Waterpassingen	1x / jaar	X	X	X	X	X	X	X
Pinkegat & Zoutkamperlaag	Vogelvoer	Bodemdieren	1x / jaar	X	X	X	X	X	X	X
HVP's	Piekaantallen/timing	Vogeltellingen	5x / jaar	X	X	X	X	X	X	X
Noordzeekustzone	Morfologische ontwikkeling	Vaklodingen	1x / 3 jaar		X			X		
Waddenzee (Kwelders)	Areaal	Vegetatiekartering	1x / 2 jaar	X		X		X		
Waddenzee (Kwelders)	Kliferosie	TRK-GPS-metingen	1x / jaar	X	X	X	X	X	X	X
Waddenzee (Kwelders)	Sedimentatie	SEB-metingen	2x / jaar	X	X	X	X	X	X	X
Waddenzee (Kwelders)	Vegetatie opname/kaart	PQ-metingen	1x / 2 jaar	X		X		X		X
Waddenzee (Kwelders)	vlakdekkende kartering	vegetatie en hoogte	1x / 6 jaar	X						X
Lauwersmeergebied bij PQ's	Grondwaterpeil	peilbuisbemonstering	continu	X	X	X	X	X	X	X
Lauwersmeergebied bij PQ's	Grondwaterchemie	peilbuisbemonstering	4x / jaar	X	X	X	X	X	X	X
Lauwersmeergebied bij PQ's	maaiveldhoogte	RTK-GPS metingen	1x / 3 jaar	X			X			X
Lauwersmeergebied PQ's	Vegetatieopname	PQ-metingen	1x / jaar	X	X	X	X	X	X	X
Lauwersmeergebied PQ's	Organische stof	Steekbuisbemonstering	1x / 3 jaar	X			X			
Lauwersmeergebied transecten	Vegetatie kartering	Transectmetingen	1x / 3 jaar	X			X			
Lauwersmeergebied telgebieden	Broedvogelstand	Vogeltellingen	1x / jaar	X	X	X	X	X	X	X
Lauwersmeergebied telgebieden	Muizenpopulatie	Vallen	1x / jaar	X	X	X	X	X	X	X
Evaluatie 2de monitoringcyclus										X

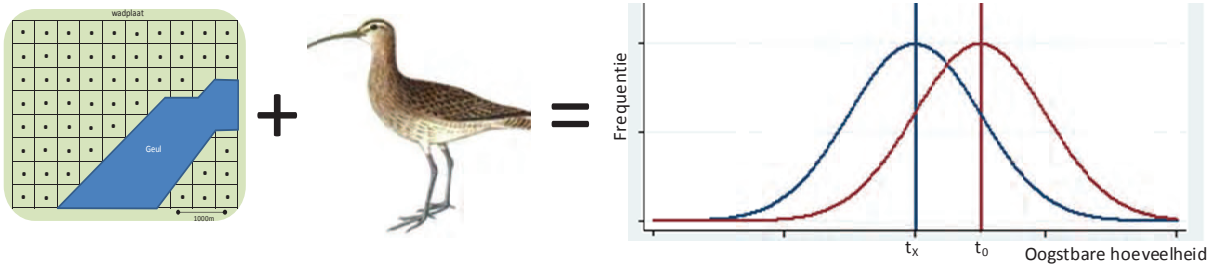
Nederlandse Aardoliemaatschappij BV
Assen, 31 maart 2014.

Bijlagen

Bijlage 1, Analysestrategie van het monitoringprogramma voor de wadplaten.
Bijlage 2, Analysestrategie van het monitoringprogramma voor het Lauwersmeerbebied.
Bijlage 3, Verwerking van het advies van de auditcommissie d.d. 5 maart 2014, rapportnummer 2796-83 in het monitoringprogramma 2014-2019.

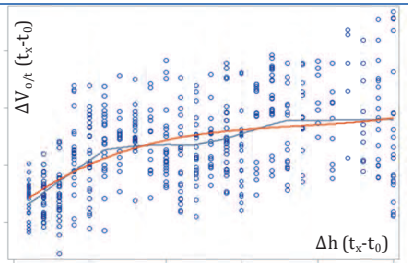
Analysestrategie monitoringprogramma wadplaten

Doel 1: Stel vast of er sprake is van een nadelige ontwikkeling van het instandhoudingsdoel 'oogstbare hoeveelheid voedsel per tij' voor verschillende Natura 2000 vogelsoorten in de kombergingen Pinkegat en Zoutkamperlaag.



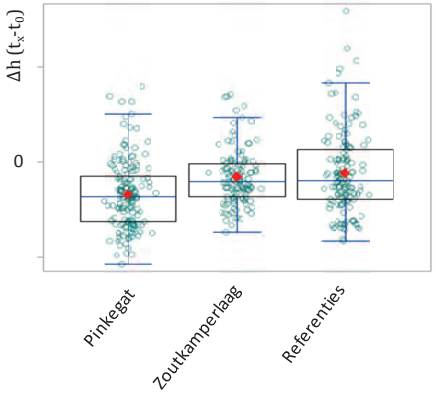
Op basis van veldmetingen (**benthos en LIDAR**) en vogelsoort specifieke kenmerken wordt per gridcel van 500x500 m de oogstbare hoeveelheid voedsel per tij berekend voor N2000 soorten. Deze variabele wordt in de tijd gevolgd.

Doel 2: Stel vast of de onder doel 1 genoemde nadelige ontwikkeling veroorzaakt wordt door, of gecorreleerd is aan daling van de wadplaathoogte in het gebied.

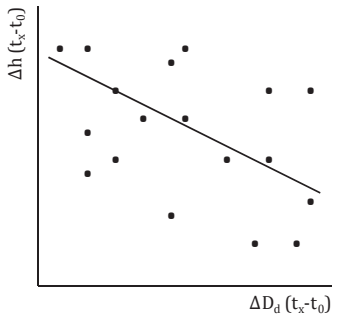


Modelleer de variatie in de oogstbare hoeveelheid voedsel per tij als functie van de variatie in wadplaathoogte:
$\Delta V_{o/t} = \Delta h$ + ruimtelijke correlatie structuur + ε

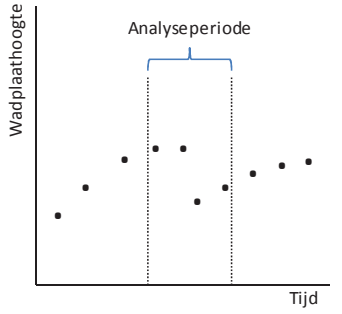
Doel 3: Stel vast of de onder doel 2 genoemde variatie in wadplaathoogte correleert met de mate van diepe bodemdaling. Doe dit door de variatie in wadplaathoogte in Pinkegat en Zoutkamperlaag met andere kombergingen te vergelijken of door binnen deze kombergingen de daling van de wadplaathoogte met de mate van diepe bodemdaling te correleren.



Test of de gemiddelde daling van de wadplaathoogte binnen Pinkegat en Zoutkamperlaag afwijkt van in andere kombergingen in de Waddenzee. Meetpunten kunnen random geselecteerde kwadraten zijn of hoogteklassen. (**LIDAR / Vaklodingen**)



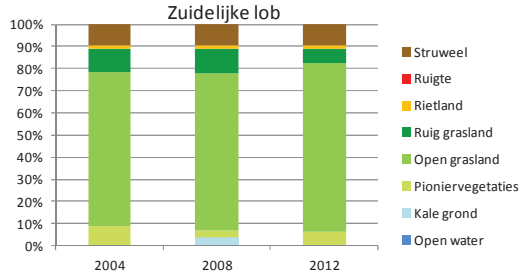
Test of de temporele variatie in wadplaathoogte (Δh) binnen Pinkegat en Zoutkamperlaag ruimtelijk afhangt van de mate van diepe bodemdaling (D_d) onder deze gebieden. (**Waterpassingen en GPS-klusters, of op basis van LIDAR per gridcel**)



Test of de variatie in wadplaathoogte in de 'analyse periode' onder invloed heeft gestaan van een plotselinge gebeurtenis. (**Spijkermetingen**)

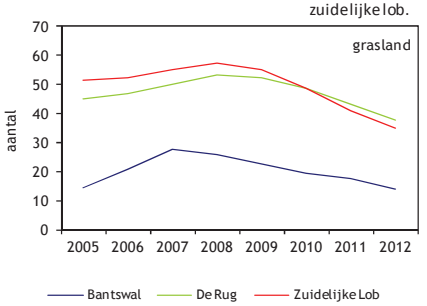
Analysestrategie monitoringprogramma Lauwersmeergebied

Doel 1) Stel vast of er sprake is van een afname van het beschikbaar oppervlak van een **vegetatiestructuurtype**, zijnde het habitat van bepaalde Natura 2000 doelsoorten .
Controleer in hoeverre de betreffende Natura 2000 doelsoorten de ontwikkeling in vegetatiestructuur volgen.



De verhouding tussen het met territoria bezette oppervlak van een bepaalde vegetatiestructuur en het totaal aanwezige areaal geeft inzicht in de mate waarin de variatie in beschikbaar oppervlak invloed heeft/ kan hebben op de populatie-ontwikkeling van de doelsoorten.

Ontwikkeling van met grasland geassocieerde vogelsoorten in drie deelgebieden, waaronder de zuidelijke lob.



Doel 2) Stel vast welke verandering in vegetatie er aan de bovengenoemde verandering in vegetatiestructuurtype ten grondslag ligt. Naast beschikbaar oppervlak zijn ook andere structuurkenmerken van belang zoals de hoogte van de vegetatie en de randlengte van een structuurtype. Zie voorbeeld:

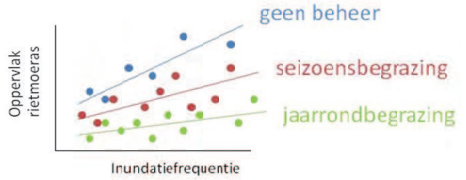
Rietland (geel) en grasland (groen) in gelijke hoeveelheid, maar geringe randlengte

Rietland (geel) en grasland (groen) in gelijke hoeveelheid, maar veel randlengte

Doel 3) Stel vast of de onder 2 gevonden verandering in vegetatie het resultaat is van vernatting of verzilting en wat de rol is van andere variabelen.

Modelleer de ruimtelijke variatie in vegetatie (bv. riet) (Δr) als functie van de verandering in 1) grondwaterpeil (ΔG_p), grondwaterchemie (ΔG_{ch}), bodemchemie (ΔB_{ch}), overstromingfrequentie (ΔO), neerslag (ΔN) en beheer (ΔM) en corrigeer voor ruimtlijke autocorrelatie in de data (Corr)

$\Delta r \sim \Delta G_p + \Delta G_{ch} + \Delta B_{ch} + \Delta O + \Delta N + \Delta M + Corr + \varepsilon$



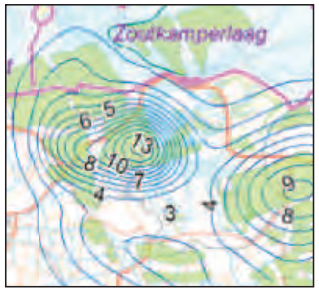
Links: hypothetisch voorbeeld van de invloed van beheer en de inundatiefrequentie op het oppervlak rietmoeras

Doel 4) Stel vast of de vernatting/ verzilting het resultaat is van maaiveldaling of andere variabelen zoals oppervlakte waterstanden en neerslag

Modelleer de ruimtelijke variatie in vernatting/verzilting (Δw) als functie van de maaiveldaling(Δh) en corrigeer voor ruimtlijke autocorrelatie in de data (Corr).

$\Delta w \sim \Delta h + Corr + \varepsilon$

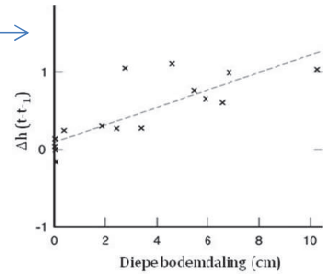
Doel 5) Stel vast of de maaiveldaling het resultaat is van diepe bodemdaling



Diepe bodemdaling bij de PQ's wordt geschat a.d.h.v. de ruimtelijke interpolatie via geomechanische modellen.

Modelleer de ruimtelijke variatie in maaiveldaling (Δh PQ's) als functie van de diepe bodemdaling (Δd) en corrigeer voor ruimtlijke autocorrelatie in de data (Corr)

$\Delta h \sim \Delta d + Corr + \varepsilon$



Bijlage 3:

Verwerking advies van auditcommisie d.d. 5 maart 2014 rapportnummer 2796-83 in monitoringprogramma 2014-2019

Pagina	Advies	Verwerking in monitoringprogramma 2014-2019
4,5	**Samenvattend oordeel** <u>Algemeen:</u> • Meer aandacht voor wetenschappelijke opzet	In het nieuwe monitoringprogramma is gezorgd voor overlap van metingen in tijd en ruimte, waardoor correlaties tussen variabelen geanalyseerd kunnen worden. Er is in samenwerking met de betrokken onderzoekers een duidelijke analysestrategie opgezet. Voor de wadplaten en Lauwersmeergebied zijn deze tevens schematisch weergegeven in bijlage 1 en 2 van het programma. Ook is samen met de onderzoekers een afgesproken dat er een ecologisch model gebouwd wordt a.d.h. waarvan de variatie in de instandhoudingsdoelen automatisch geanalyseerd wordt. Input voor dit model zijn de benthos en LIDAR data en vogelsoort specifieke parameters. Voor iedere meting en variabele is duidelijk wat de rol daarvan is in de data-analyse.
	• Meer aandacht voor verklaring trendbreuken	In de analyse van het nieuwe programma wordt geen enkele trend afzonderlijk beoordeeld, maar altijd in relatie tot verklarende variabelen. Hoe trends in bijvoorbeeld voedselbeschikbaarheid of vegetatiestructuur geanalyseerd worden is samengevat in bijlagen 1 en 2.
	• Betere overlegstructuur en betere afstemming tussen betrokken onderzoekers	Het overleg met de onderzoekers is geïntensiveerd. Deels door de overlegfrequentie op te voeren en deels door de groep op te splitsen in onderzoekers die zich met de wadplaten, kwelder, en Lauwersmeer bezighouden. De onderzoekers hebben een verantwoordelijkheid in de integratie van de verschillende datasets gekregen. NAM functioneert als aanjager, facilitator en secretaris. We ontvangen positieve reacties van de onderzoekers op de nieuwe overlegstructuur en -intensiteit.
	<u>Bijzondere aandachtspunten zijn:</u> • Lidar metingen en nauwkeurigheden	De ground-truth programma's door FUGRO en de NAM werpen hun vruchten af. Analyse van deze data en de door FUGRO gemaakte LIDAR-opnames door Deltares leidt tot inzicht in de omvang van de meetnauwkeurigheid. NAM organiseert momenteel een workshop met alle bij deze workshop betrokken partijen om tot gezamenlijke conclusies te kunnen komen en eventuele vervolgstappen vast te stellen. Voorlopig wordt parallel aan iedere LIDAR-opname een ground-truth survey uitgevoerd.
	• Bruikbaarheid SIBES onderzoek	Door aanpassing van de binnen SIBES gehanteerde onderzoekvraag zal de bodemdierendata een rol gaan vervullen in het schatten van de variatie in draagkracht voor foeragerende wadvogels in Pinkegat en Zoutkamperlaag. De eerder toegepaste statistische toetsing met beperkte statistische power is daarbij niet meer van toepassing. De SIBES data wordt aangevuld met informatie over de ligging en kwaliteit van de litorale mosselbanken uit de surveys van IMARES. Dit is nodig om het zwaarwegende belang van de mosselbanken als foerageergebied voor een aantal N2000 soorten goed te laten meewegen in de analyses.
	• Bruikbaarheid wadvogeltellingen	Naast de rol die deze tellingen hebben als signaleringparameter hebben de wadvogeltellingen op de HVP's een duidelijke rol in de

	• Verbetering zeggingskracht signaleringsmetingen	analyse gekregen. Hiervoor is het nodig de HVP-tellingen nabij het Peasemerwad rond de najaartrek uit te breiden. De zeggingskracht van de signaleringparameters is sterk verbeterd door het meten op dezelfde ruimtelijke en temporele schalen. Daarnaast is voor een belangrijk deel van de parameters/variabelen de monitoring flink uitgebreid.
8	Aangeven wat de mogelijke gevolgen zijn van aardbevingen door de winning uit de betrokken gasvelden voor het monitoringprogramma	Op basis van een seismische risicoanalyse is er een kans op aardbevingen vanwege onderhavige gaswinning. In het vigerende winningsplan is deze kans beschreven. Aan de hand van nieuwe inzichten kan/zal de kans op aardbevingen worden geactualiseerd. . In het winningsplan beschreven gasvelden worden continu door het KNMI gemonitoord op eventuele aardbevingen met behulp van een aangelegd netwerk van seismische registratie apparatuur. In het kader van dit monitoringprogramma is er geen noodzaak aanvullende monitoring uit te voeren die verband houdt met genoemde mogelijke aardbevingen.
10	Aangeven welke maatregelen ter verbetering van de nauwkeurigheid van de LIDAR metingen worden genomen	Ter controle van de LIDAR-opnames worden ook op de wadplaten zogenaamde ground-truth surveys uitgevoerd. Dit vindt plaats op vier locaties, parallel aan iedere LIDAR-meting (Zie hoofdtekst, pagina 10 en Fig. 5). Wanneer de LIDAR-opnames de gewenste consistentie bereiken kan met de ground truth metingen op het wad worden gestopt.
11	Uitwerken wat de rol van spijkermetingen in het programma is.	Om te bepalen of de variatie in wadplaathoogte het gevolg is van diepe bodemdaling is de snelheid waarmee de verandering optreedt van belang. Onderzocht wordt in hoeverre de variatie in wadplaathoogte proportioneel is met de mate van diepe bodemdaling in dezelfde periode of met het bodemdalingvolume. Plotselinge veranderingen in wadplaathoogte zijn te verwachten als gevolg van gebeurtenissen zoals zware stormen. Spijkermetingen zijn nodig om de temporele variatie in wadplaathoogte op locaties te monitoren. Zie paragraaf 2.1.5 en bijlage 1.
12	Uitwerken van een meet- en analysestrategie voor bodemfauna van de wadplaten. Hierin moet duidelijk worden aangegeven wat de koppeling met overige signaleringparameters inhoud	De parameters die per gridcel (Fig. 3) nodig zijn voor de analyses zijn de wadplaathoogte en de oogstbare hoeveelheid voedsel per tij. De variabele is een combinatie van een dieet- en seizoenafhankelijk voedselbestand. Dit bestand wordt geschat op basis van locatiespecifieke metingen (bodemfauna en LIDAR) en van vogelsoort-specifieke kenmerken. Daarnaast spelen de geografische ligging, de morfologie van de omgeving en de droogvalduur per monsterpunt een rol in het bepalen van deze parameter. Zie paragraaf 2.1.2 t/m 2.1.4 en bijlage 1.
13	Nagaan of het monitoringsprogramma voor de kwelders moet worden aangepast n.a.v. het gewijzigde beheer aangaande (vernatting /beweiding)	Met de onderzoekers is geconcludeerd dat de beste oplossing voor dit probleem is meerdere referentiekwelders te hanteren. Het idee hierachter is dat geen enkele referentie kwelder volledig representatief zal zijn voor de Peasemerlannen. Voor de hand liggende additionele referentiekwelders zijn de Julianapolder en de Negenboerenpolder. De Julianapolder zijn geen plannen voor toekomstige beweiding. Voor de Negenboerenpolder wel. Van beide kwelders zijn meetreeksen voor vegetatie en sedimentatie opgebouwd. In 2014/15 wordt de bruikbaarheid van deze kwelders geëvalueerd en gerapporteerd.
14	Uitwerken van een alternatieve meet-en analyse strategie voor de watervogeltellingen op de HVP's in de Waddenzee	Vogeltellingen op HVP's in Pinkegat en Zoutkamperlaag spelen een rol in het schatten van de oogstbare hoeveelheid voedsel per tij. Op basis van de vogeltellingen wordt namelijk de foerageerperiode bepaald. Daarnaast kan per vogelsoort, per HVP, de oogstbare hoeveelheid voedsel worden gecorreleerd aan het aantal vogels per periode. Dit leert ons in hoeverre en voor welke soorten het aantal afhangt van de oogstbare hoeveelheid voedsel. Vogelsoorten waarvan de aantallen een sterke correlatie vertonen met de oogstbare hoeveelheid voedsel zijn gevoeliger voor locale nadelige effecten op hun voedselbron."
14	Nagaan of de uitwerking van de broedvogeltellingen op de kwelder bij Peasens de komende jaren zinvol is.	Uit onderzoek blijkt dat diepe bodemdaling onder de Peasemerlannen de komende jaren nog niet gaat bijdragen aan het overstromingrisico van nesten. Er is in 2013 een onderzoek gestart naar de mate waarin het overstromingrisico voor nesten op de

		meetbaar gedaalde kwelder van Ameland is toegenomen. De uitkomst van dit onderzoek wordt verwacht in 2015. Voor vervolgonderzoek van het overstromingrisico op de Peasemerlannen wordt eerst de uitkomsten van dit onderzoek afgewacht. Monitoring van de broedvogelaantallen op de Peasemerlannen wordt door vrijwilligers uitgevoerd en gecoördineerd door SOVON. Aan het eind van deze monitoringcyclus zal de ontwikkeling van de broedvogels op de Peasemerlannen a.d.h.v. trendspotter analyses worden gerapporteerd in relatie tot ontwikkeling in vegetatie en beheer.
15	Aanpassen van de meet- en analyse strategie voor de monitoring in het Lauwersmeergebied, n.a.v. eventuele wijzigingen in het beheer	We hebben bij de uitbreiding van het monitoringprogramma rekening gehouden met het huidige beheer in het gebied. Nieuwe onderzoekplots zijn samen met de beheerder (SBB) vastgesteld. Tevens zijn afspraken gemaakt over het monitoren/ registreren van het beheer en het behouden van bestaande exclosures in het gebied die mogelijk een rol gaan spelen in toekomstige analyses. In de analyses van de ontwikkeling van de vegetatie worden beheer en meerpeil in de analyses meegenomen. De Vegetatiemonitoring zal daarvoor jaarlijks worden uitgevoerd i.p.v. eens per drie jaar.
16 (tabel 1 en 2)	Beperk de analyses van de broed en watervogels in het Lauwersmeergebied tot de soorten waarvoor instandhoudingsdoelstelling gelden.	Voor de analyses is dat zeker de bedoeling. Wel hebben we voor goede analyses en een gedegen discussie ook de andere soorten nodig. Analyses vinden namelijk eerst plaats op het niveau van groepen vogels (bv struweel vs riet broedende vogels, etc.). Vervolgens wordt gekeken hoe de N2000 soort zich binnen de groep gedraagt i.r.t. veranderingen in de vegetatiestructuur. Dit is nodig omdat individuele soorten in de meeste gevallen geen bruikbare datasets opleveren om analyses mee uit te voeren.

Nederlandse Aardoliemaatschappij BV
Assen, 31 maart 2014.

BIJLAGE E ADDENDUM MONITORINGSPROGRAMMA

Algemeen

De gaswinning vanuit het gasveld Ternaard veroorzaakt bodemdaling onder de Waddenzee. Deze bodemdaling cumuleert met bodemdaling door gaswinning uit de gasvelden Nes en Ameland onder het kombergingsgebied Pinkegat. Deze bodemdaling komt niet aan het wadoppervlak tot uiting door sedimentaanvoer vanuit de kustzone en sedimentverdeling binnen het kombergingsgebied. Schade als gevolg van de bodemdaling door de gaswinning Ternaard aan instandhoudingsdoelen op het Natura 2000-gebied Waddenzee is dan ook uitgesloten. Uit het oogpunt van zorgvuldig handelen binnen het Natura 2000-gebied Waddenzee, wordt aan de hand van monitoring in de gaten gehouden of dit inderdaad het geval is, dit is onderdeel van de HadK-systematiek. In deze bijlage wordt dit monitoringprogramma beschreven.

Relatie overige monitoringprogramma's

Ter begeleiding van de gaswinning onder het Pinkegat zijn verschillende meet- en monitoringprogramma's van kracht. Dit zijn het monitoringprogramma voor de gaswinning Ameland, het monitoringprogramma voor de gaswinningen Moddergat, Lauwersoog en Vierhuizen en het Meet- & Regelprotocol voor deze winningen. De twee monitoringprogramma's worden in 2018 geëvalueerd en per 2019 worden ze opnieuw vastgesteld.

De monitoring ten behoeve van de gaswinning Ternaard v vormt technisch gezien een uitbreiding van het monitoringprogramma "Moddergat, Lauwersoog en Vierhuizen". Voorgesteld wordt dat de monitoring voor de gaswinning Ternaard per 2019 onderdeel uit gaat maken van dat monitoringprogramma.

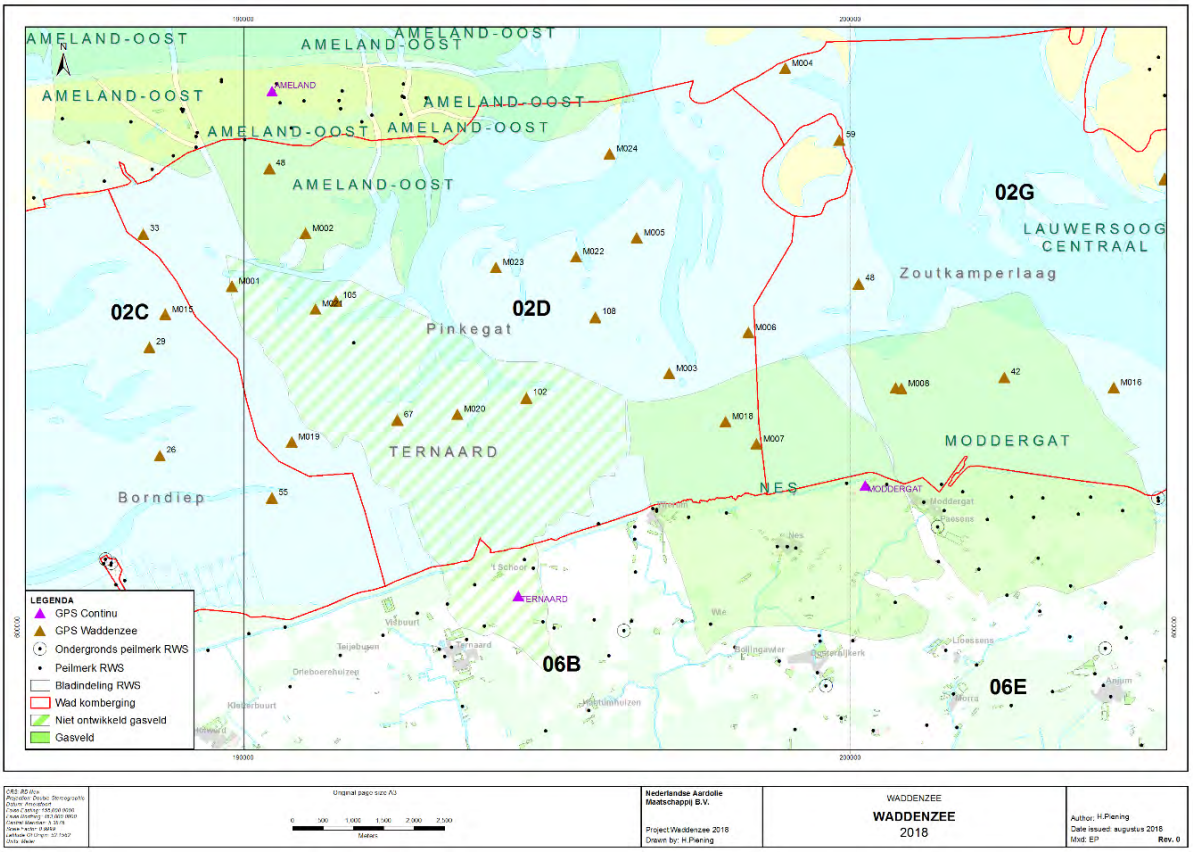
In deze bijlage wordt toegelicht welke aanvullingen er in dat monitoringprogramma nodig zijn om de mogelijke effecten van de gaswinning Ternaard op de instandhoudingsdoelstellingen voor de Waddenzee te monitoren.

Bodemdaling

Het meten van de bodemdaling die daadwerkelijk optreedt onder de Waddenzee werkt conform het Meet- & Regelprotocol (NAM, 2007) en pro-forma geen onderdeel van het Monitoringsprogramma. Vanwege het grote belang van de waargenomen bodemdaling bij de interpretatie van de monitoringsgegevens wordt hier beknopt weergegeven welke inspanningen hierin zijn voorzien. Bodemdaling als gevolg van de gaswinning Ternaard wordt gemodelleerd op basis van de drukdaling in en geologische eigenschappen van het gasveld en aangrenzende watervoerende lagen in de diepe ondergrond. Ook de cumulatie met bodemdaling door andere gaswinningen in de omgeving wordt hierin meegenomen. De modellen worden gekalibreerd op basis van geodetische monitoring. Deze monitoringtechnieken en methode wordt in detail toegelicht in het Meet- & Regelprotocol (NAM, 2007).

Omdat bodemdaling aan het wadoppervlak niet meetbaar is, zijn verspreid over het kombergingsgebied Pinkegat peilmerken geplaatst (Figuur 1) Deze peilmerken staan 6 meter diep in het zand en dalen mee met de diepe bodemdaling. Op de peilmerken wordt minimaal eens per drie jaar de hoogte gemeten. Ten behoeve van de gaswinning Ternaard is reeds een serie peilmerkclusters bijgeplaatst. Dit zijn M23, M20 en M19 in figuur 1. Hierop worden sinds twee jaar metingen verricht.

Op enkele plekken op het land zijn continue GPS-loggers geïnstalleerd. Deze loggers worden maandelijks uitgelezen. Ze hebben dan ook een signalerende functie. Wanneer de bodemdaling sneller gaat dan verwacht, kan dat aanleiding zijn tot aanvullende geodetische metingen in de omgeving. Ten behoeve van de monitoring van de bodemdaling door de gaswinning Ternaard is in de omgeving van Ternaard een GPS-logger geplaatst (Figuur 1).



Figuur 1 Komberginggebied Pinkegat met in groen de gasvelden. Het groen-wit gestreepte gasveld Ternaard is nog niet in productie. Verspreid over het gebied zijn de ligging van peilmerkclusters in de Waddenzee (rode driehoekjes), GPS loggers die continu de hoogte meten (paarse driehoekjes) en peilmerken voor geodetische metingen op het land (zwarte stippen) weergegeven

Wadplaten

Voor de wadplaten (Habitattype 1140) gaat het om het behoud van de omvang en kwaliteit van dit habitattype. De mogelijke invloed van de bodemdaling op het areaal wordt gemonitord door tweemaal per jaar de wadplaathoogte in te meten met laser altimetrie (LiDAR). Schrijvershof et al. (2018) geven een up-to-date overzicht van de LiDAR metingen die tot nu toe zijn uitgevoerd en de uitkomsten daarvan. Naast de metingen van de wadplaathoogte worden op een aantal hoge wadplaten Spijkermetingen uitgevoerd die de hoogteontwikkeling op een aantal locaties zeer nauwkeurig weergeven (Krol, 2018). In voorbereiding op de mogelijke monitoring voor de gaswinning Ternaard is in 2015 begonnen met spijkermetingen op de Piet Scheve plaat.

De kwaliteit van de droogvallende wadplaten wordt onder andere bepaald door aanwezigheid van zogenoemde biogene structuren en door de biomassa en verspreiding van bodemdieren die bepalend is voor de foerageerfunctie voor beschermde vogelsoorten. Biogene structuren bestaan hoofdzakelijk uit schelpdierbanken (mossels/oesters). Deze worden jaarlijks door Wageningen Marine Research gekarteerd. De biomassa en verspreiding van bodemdieren wordt jaarlijks gemeten door het NIOZ (SIBES monitoring) en Wageningen Marine Research (MOSKOK monitoring). Samen met de LiDAR-data worden deze gegeven over bodemdieren verwerkt in het ecologisch draagkrachtmodel voor wadvogels (WADMAP). Een update beschrijving van deze werkwijze is te vinden in Ens et al. (2018).

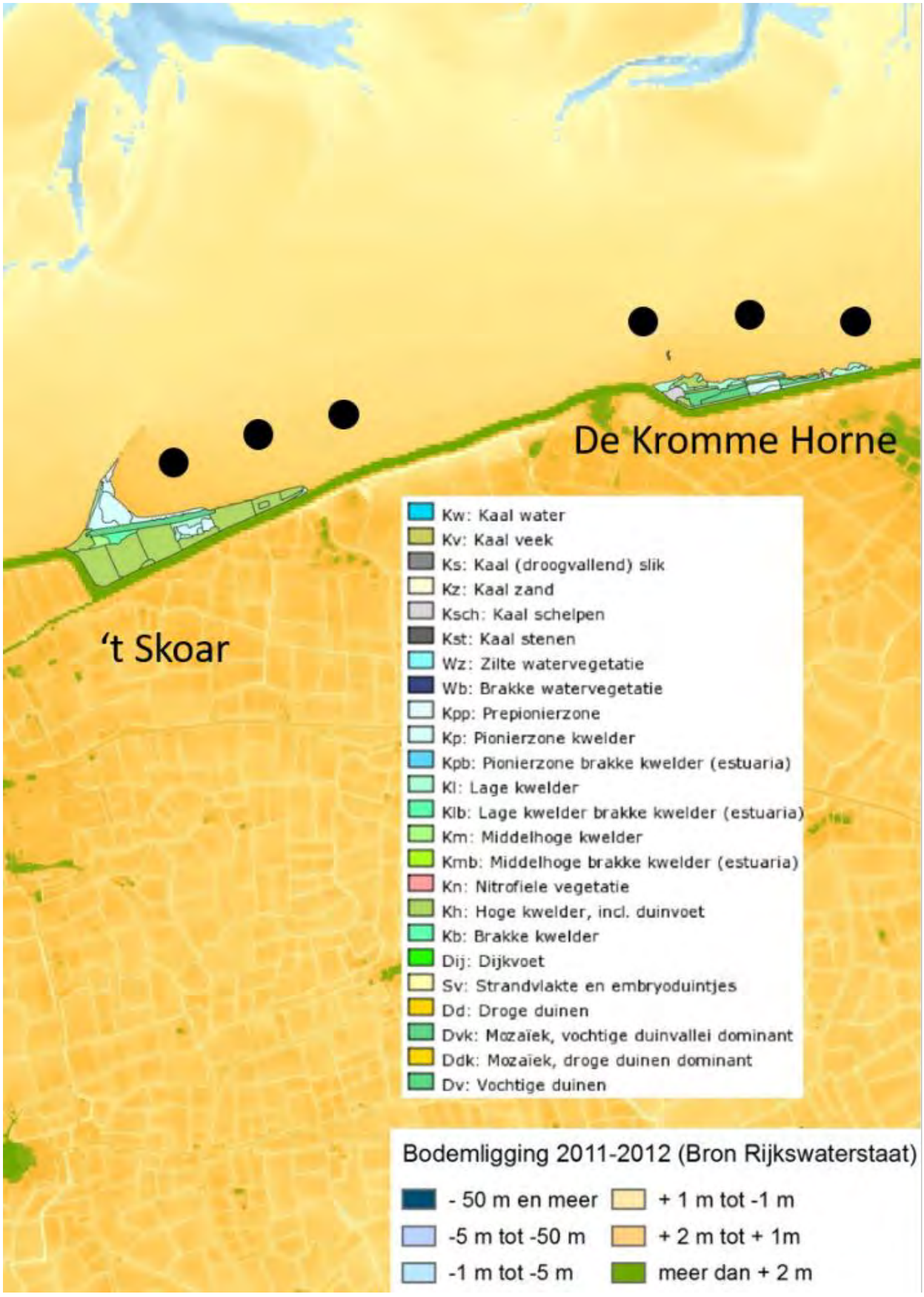
Vogels

De monitoring van vogeldichtheden op hoogwatervluchtplaatsen wordt gecoördineerd door Sovon. In het kader van het monitoringprogramma voor gaswinning vanaf de locaties Moddergat, Lauwersoog en Vierhuizen wordt de ontwikkeling in het aantal vogels jaarlijks geëvalueerd (Ens et al. 2018). Voor soorten die een afwijkende ontwikkeling vertonen in het bodemdalingsgebied wordt gekeken of er sprake is van een

afname van de draagkracht van het voorliggende wad om te foerageren. Hiertoe dient het ecologisch draagkrachtmodel WADMAP te worden ingezet.

Kwelders

Binnen het beïnvloedingsgebied van de bodemdaling door de gaswinning Ternaard liggen 2 kleine kwelders. Dit zijn ’t Skoar en de Kromme Horne (Fig. 2). Beide kwelders zijn onderdeel van de VEGWAD kartering, wat inhoudt dat er een maal per zes jaar een vegetatiekartering plaatsvindt. Omdat de bodemdaling door de gaswinning Ternaard zich onder het wad concentreert, is de bodemdalingssnelheid onder deze kwelders naar verwachting minder dan 1mm per jaar. Deze beperkte bodemdalingssnelheid betekent dat de meetfrequentie van de VEGWAD kartering voldoende is om de ontwikkelingen te monitoren. Jaarlijks zal informatie worden verzameld over de opslibbingsnelheid op de kwelder. Dit gebeurt, afhankelijk van de mate van beweiding, a.d.h.v. SEB metingen of tegelmetingen (6 eenheden per kwelder).



Figuur 2 De Kwelders 't Skoar en de Kromme Horne. De gekleurde vakken tonen de resultaten uit de vegetatiekartering "VEGWAD". De zwarte stippen zijn mogelijk locaties voor aanvullende spijkermetingen

Uit de kweldermonitoring op Ameland en de Paezumerlannen weten we dat regressie, kliferosie en successie van een kwelder gerelateerd kunnen worden aan de mate van sedimentatie/erosie van het voorliggende wad. Om de relaties tussen de ontwikkelingen op het voorliggende wad en deze kleine kwelders te kunnen bepalen worden er op het wad boven de betreffende kwelders aanvullende Spijkermetingen uitgevoerde geplaatst. Dit zijn er 3 per kwelder en fig. 2 geeft een indicatie van de locatie voor de Spijkermetingen.

Rapportage

Als onderdeel van het monitoringprogramma voor gaswinning vanaf de locaties Moddergat, Lauwersoog en Vierhuizen, worden de resultaten uit het hierboven beschreven monitoringprogramma jaarlijks gerapporteerd aan het bevoegd gezag. De ministers van EZK en LNV leggen de rapportages ter controle voor aan de Auditcommissie m.e.r., waarna de resultaten door de minister van EZK met de Tweede Kamer kunnen worden gedeeld. De NAM draagt er zorg voor de resultaten te delen met de commissie Waddengas 2006.

BIJLAGE F NOTITIE VERLEASEN NOX EMISSIERUIMTE

Notitie

NAM

Onderwerp: Verleasen NOx emissieruimte offshore platforms t.b.v. uitvoering aanlegfase project gaswinning Ternaard
Datum: 15-01-2021
Kenmerk: EP202102203912

Referentiesituatie K14-FA-1

Het platform K14-FA-01 is opgericht eind jaren zeventig. Sindsdien is deze inrichting in gebruik.
De vergunningen waarop de referentiesituatie wordt gedefinieerd is als volgt:

- 1 januari 2003 is op grond van art. 153 lid 1 Mijnbouwwet van rechtswege een vergunning verkregen zoals bedoeld in artikel 40 lid 2 Mijnbouwwet (hierna: mijnbouwmilieuvergunning)
- 15 september 2006 mijnbouwmilieuvergunning (kenmerk ET/EM/6072674)
- 3 februari 2012 mijnbouwmilieuvergunning (kenmerk ETM/EM/12012920)
- 23 februari 2012 mijnbouwmilieuvergunning (kenmerk ETM/EM/12020492)
- 18 juni 2014 mijnbouwmilieuvergunning (kenmerk DGETM-EM/14091595)
- 14 november 2018 mijnbouwmilievergunning (kenmerk DGETM-EO / 18244961)
- 28 mei 2020 mijnbouwmilieuvergunning (kenmerk DGKE-WO / 2006466)

De vergunde situatie staat een maximale NOx emmissie toe van 199,9 ton per jaar. Dit is vastgelegd in de laatste mijnbouwmilieuvergunning waarbij de Nox emissie aan de eisen van het Activiteitenbesluit is aangepast en getoetst. Op het platform zijn alle in de vergunde situatie genoemde emissiebronnen feitelijk gerealiseerd.

Door middel van verleasen wordt tijdelijk een gedeelte van de vergunde NOx emissie ingezet voor (externe) saldering (afroming met 30 % conform de voorwaarden vindt plaats in de Arius calculatie):

	Vergund	In te zetten emissieruimte
Hoeveelheid NOx	199,9 ton per jaar	51,8 ton

Referentiesituatie L09-FF-01

Mijnbouwmilieuvergunning d.d. 23 augustus 2019, kenmerk DGKE / 19005467

- 30 juni 1995 vergunning op grond van Mijnbouwreglement (kenmerk: E/EOG/MW/95044263)
- 1 december 2006 mijnbouwmilieuvergunning (kenmerk ET/EM/6103436)
- 9 september 2019 mijnbouwmilieuvergunning (kenmerk DGKE / 19005467)

De vergunde situatie staat een maximale NOx emmissie toe van 96,6 ton per jaar. Op het platform zijn alle in de vergunde situatie genoemde emissiebronnen feitelijk gerealiseerd.

Door middel van verleasen wordt tijdelijk een gedeelte van de vergunde NOx emissie ingezet voor (externe) saldering (afroming met 30 % conform de voorwaarden vindt plaats in de Arius calculatie):

	Vergund	In te zetten emissieruimte
Hoeveelheid NOx	96,6 ton per jaar	15,9 ton

COLOFON

PASSENDE BEOORDELING GASBORING EN GASWINNING TERNAARD

KLANT
Nederlandse Aardolie Maatschappij B.V.

AUTEUR
Arcadis

PROJECTNUMMER
C05058.000189

ONZE REFERENTIE
D10020532:11

DATUM
11 maart 2021

STATUS
Definitief

Arcadis Nederland B.V.

Postbus 264
6800 AG Arnhem
Nederland
+31 (0)88 4261 261

www.arcadis.com

Bijlage 5

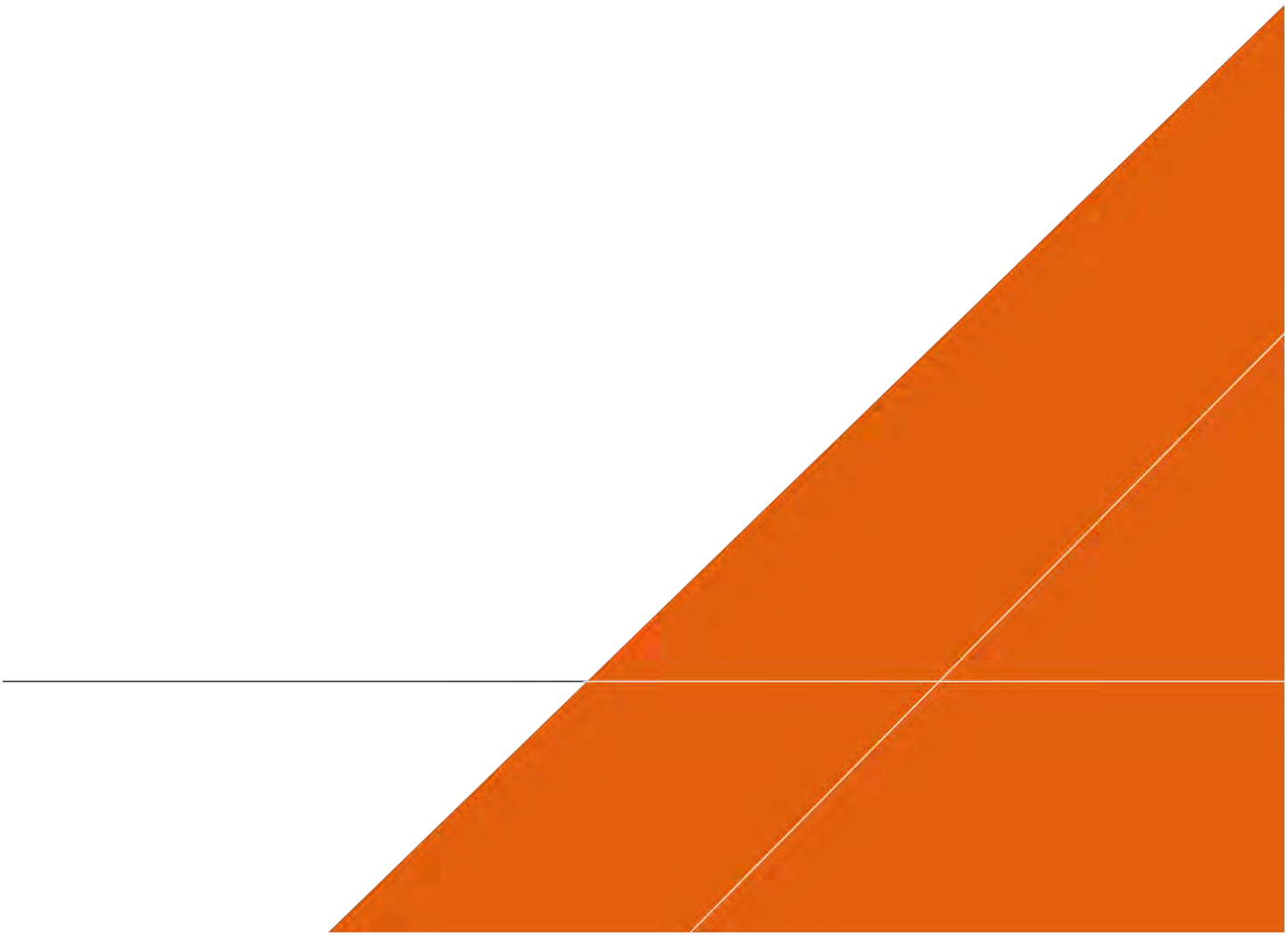
Watertoets

ARCADIS Design & Consultancy for natural and built assets

AANLEG GASLEIDING TERNAARD-200 - MODDERGAT

Geohydrologisch rapport

30 NOVEMBER 2020



Contactpersoon

TRISTAN SIMON
Senior Projectleider

T +31 627062208

Arcadis Nederland B.V.
Postbus 264
6800 AG Arnhem
Nederland

ARCADIS Design & Consultancy for natural and built assets

INHOUDSOPGAVE

1 INLEIDING 5

2 VELDWERK 6

2.1 Strekkingen 6

2.2 Kruisingen 6

3 BESCHRIJVING TRACÉ 8

3.1 Geologische opbouw 8

3.2 Geohydrologische opbouw 9

3.3 Grondwater 9

3.4 Grondwaterkwaliteit 10

3.5 Bodemverontreiniging 11

3.6 Overige grondwateronttrekkingen 11

3.7 Beschermde gebieden 11

3.8 Zettingsgevoelige objecten 11

3.9 Zoet-/zoutverdeling en chloridegehalte 11

4 BEMALINGEN 13

4.1 Aanlegmethoden 13

4.2 Uitgangspunten bemalingsberekeningen 14

4.3 Berekeningsmethoden 16

4.4 Hoeveelheid te onttrekken water 16

4.5 Vergunning in het kader van de waterwet 18

5 EFFECTEN IN DE OMGEVING 19

5.1 Zettingen 19

5.2 Zoet/zoutverdeling van het grondwater en oppervlaktewater 20

5.3 Overige belangen 21

BIJLAGEN

BIJLAGE A KRUISINGENOVERZICHT 23

BIJLAGE B SONDERINGEN 27

BIJLAGE C BOORPROFIELEN 31

BIJLAGE D BEMALINGSGEGEVENS 35

BIJLAGE E WATERINFORMATIEKAART 39

BIJLAGE F ARCHEOLOGIE 43

BIJLAGE G GEOLOGIE 47

COLOFON 51

1 INLEIDING

In opdracht van de Nederlandse Aardolie Maatschappij B.V. is door Arcadis Nederland B.V. in de periode maart tot juni 2016 een cultuur en geotechnisch onderzoek uitgevoerd voor de aanleg van de gastransportleiding tussen Ternaard en Moddergat. Deze leiding heeft een diameter van 500 mm. Sindsdien is het project verder geoptimaliseerd met een tracéwijziging tot gevolg. Deze rapportage is geactualiseerd en geeft integraal de resultaten weer voor de het project inclusief de optimalisaties.

Het gehele tracé heeft een lengte van circa 6 kilometer. Het tracé is voor het onderzoek en de uitvoering verdeeld over 11 routekaarten. Onderliggend rapport beschrijft het geohydrologisch onderzoek. De ligging van het tracé is weergegeven in Figuur 1.

Figuur 1: Ligging van het leidingtracé.

Voor beschrijving van het gebied is gebruik gemaakt van:

- 2016-308 conceptsonderingen Moddergat, d.d. 22-4-2016.
- 2020-1884 sonderingen, d.d. 5-11-2020, Koops Grondmechanica.
- Boorprofielen 19mei2016c en 20 november 2020.
- Historisch vooronderzoek (NEN5725) Ternaard – Moddergat, 2 maart 2016, Arcadis.
- Dinoloket (TNO) (www.dinoloket.nl).
- Resultaten van de veldmetingen (uitgevoerd in de periode april – mei 2016 en oktober – november 2020) en analyseresultaten van het laboratorium (Analyserapporten 581398 (29-4-2016), 582775 (6-5-2016), 583024 (11-5-2016), 583392 (11-5-2016) en 588774 (6-6-2016), AL-West B.V.).

Hoofdstuk 2 bevat een beschrijving van het veldwerk dat voor de verschillende tracéonderdelen is uitgevoerd. Een beschrijving van het tracé is opgenomen in hoofdstuk 3. In hoofdstuk 4 zijn de uit te voeren bemalingen uitgewerkt tot een bemalingsadvies. Hoofdstuk 5 omvat een beschrijving van de effecten die kunnen ontstaan door de grondwaterstanddaling.

2 VELDWERK

Bij de uitvoering van het cultuur- en geotechnisch onderzoek is een inventarisatie gemaakt van de bodemkundige en (geo)hydrologische situatie van het tracé. Het veldwerk is uitgevoerd in de periode maart tot juni 2016. Naar aanleiding van de tracéwijziging (zie hoofdstuk 1) is aanvullend veldwerk uitgevoerd in oktober en november 2020.

Voor de bodemkartering zijn boringen en sonderingen uitgevoerd. Hierbij zijn ook peilbuizen geplaatst waaruit monsters van het grondwater zijn genomen om de grondwaterkwaliteit inzichtelijk te maken. Voor het gewijzigde deel van het tracé zijn geen aanvullende monsters genomen, en is aangenomen dat de analyses uit 2016 een representatief beeld geven van de grondwaterkwaliteit.

De uitgevoerde werkzaamheden worden in de paragrafen 2.1 en 2.2 beschreven. De resultaten van het uitgevoerde veldwerk en de bodemkartering zijn, voor zover van belang, kort beschreven in hoofdstuk 3 "Beschrijving tracé".

2.1 Strekkingen

Het grootste deel van het leidingtracé wordt als leidingstrekking uitgevoerd. Bij de diepteligging is rekening gehouden met de diepteligging van drainage en sloten. Voor de aanleg van de leidingstrekking dient de grondwaterstand tijdelijk verlaagd te worden. Hiervoor wordt sleufbemaling uitgevoerd door middel van horizontale drainage.

Het veldwerk op het tracé van de leidingstrekking heeft uit de volgende werkzaamheden bestaan:

- Per perceel en/of per 50 m tracélengte minimaal een handboring tot een diepte van 1,20 meter minus maaiveld (m –mv.).
- Per strekking 1 à 2 boringen tot een diepte van 5 à 6 m –mv.
- Per strekking wordt een boorgat afgewerkt met een peilbuis met filter tot 3 à 4 m –mv.

Bij de handboringen is per laag de waterdoorlatendheid (k-waarde) geschat voor het berekenen van de uit te voeren bemalingen. Aan de hand van de hydromorfe profielkenmerken is zo mogelijk per boring een schatting gemaakt van de gemiddeld hoogste grondwaterstand (GHG) en de gemiddeld laagste grondwaterstand (GLG). Waar mogelijk is de actuele grondwaterstand (AG) bepaald. Langs het gewijzigde tracé is alleen de AG geschat. De GLG en GHG van de strekkingen en kruisingen langs het gewijzigde tracé zijn bepaald aan de hand van de dichtstbijzijnde boringen langs het originele tracé. De GHG en GLG zijn weergegeven per strekking en kruising in bijlage D en opgenomen op de waterinformatiekaarten in bijlage E.

Langs het originele tracé zijn grondwatermonsters genomen en door Milieulaboratorium AL-West B.V. geanalyseerd op het lozingenpakket (in 2016). De analyseresultaten van het chloride- en ijzergehalte zijn weergegeven per strekking en kruising in bijlage D. Langs het gewijzigde tracé zijn geen analyses uitgevoerd. De informatie per strekking en strekking is afkomstig van de dichtstbijzijnde meetpunten langs het originele tracé. De analyseresultaten van het totale lozingenpakket zijn weergegeven op de waterinformatiekaarten in bijlage E.

2.2 Kruisingen

Naast de leidingstrekking zijn op het tracé kruisingen aanwezig. Dit betreffen de kruisingen van het leidingtracé met sloten, waterlopen, vaarten, verharde en onverharde wegen en leidingkruisingen. Voor deze kruisingen moet bemaling worden uitgevoerd. De volgende typen kruisingen zijn aanwezig:

Type A: Open ontgraving

Dit type kruising wordt onderverdeeld in:

A2 Overige objecten (watergang of eenvoudige weg).

A3 Sloten en bestaande leidingkruisingen.

Type B: Persingen/boringen

B2 Overige objecten (watergang, weg, spoorweg) (GFT, GFT/mb)

B3 Overige objecten d.m.v. OFT, GFT, PBT (bijv. weg- of leidingkruisingen).

Voor bovenstaande kruisingen A en B moet een bemaling worden uitgevoerd. De bemaling hiervoor wordt bij aanleg van de strekking uitgevoerd. In Tabel 1 zijn vanuit de bemalingsaspecten de verschillende kruisingstechnieken en daarbij toegepaste boortechnieken nader toegelicht.

Tabel 1: Overzicht van de toe te passen kruisingstechnieken.

Bemaling	Toegepast bij kruising	Type boring	Toelichting op techniek
Kruising met bemaling zonder putten (zoals een strekking) A2 en A3	Overige kruisingen	Open ontgraving	Wordt toegepast voor kleinere watergangen, wegen en leidingkruisingen
Kruising met bemaling van putten en wel of niet het boorlichaam B2 en B3	Ternaarderwei (26[1]), Wierumeropvaart (33[1]), Wiesterwei 1 (44[1]), Wiesterwei 2 (36[1]), Nesseropvaart (50[1]), Nijtsjerkerwei (61[1]), Meinsmawei (70[1])	Gesloten front techniek (schildboring), open front techniek (persboring) of pneumatische boortechniek (raketboring)	Voor GFT worden pers- en ontvangstput apart bemalen

[1] Volgnummer in de kruisingenlijst van bijlage A, voor de kruisingen langs het aangepaste tracé zijn dezelfde kruisingstechnieken toegepast als bij het originele tracé (2016).

Per kruising zijn op minimaal twee dieptes grondwatermonsters genomen. De analyseresultaten van de pH, het chloride- en ijzergehalte zijn opgenomen per strekking en kruising in bijlage D. De analyseresultaten van het totale lozingenpakket zijn weergegeven op de waterinformatiekaarten in bijlage E.

3 BESCHRIJVING TRACÉ

Bij de beschrijving van het tracé is, naast de informatie verkregen uit het veldwerk, gebruikgemaakt van bodem- en grondwatergegevens uit Dinoloket.

3.1 Geologische opbouw

Het maaiveldniveau binnen het projectgebied varieert van NAP +0,03 m tot NAP +0,94 m. Het leidingtracé loopt in het beheersgebied van Wetterskip Fryslân. Het leidingtracé van Ternaard tot Moddergat (Routekaarten KR1 tot KR11) is circa 6 km lang en is verdeeld in routekaarten van circa 600 m lang. Binnen het projectgebied wordt een aantal afzettingen van verschillende formaties aangetroffen. Hieronder worden de relevante afzettingen van ondiep naar diep en van west naar oost beschreven. In bijlage G is in doorsnede een weergave van de Geotop schematisatie opgenomen (bron: Dinoloket).

Holocene deklaag: Formatie van Naaldwijk, Formatie van Nieuwkoop en Formatie van Echteld

De holocene deklaag heeft een dikte van circa 4 à 8 m en bestaat voornamelijk uit klei en zeer fijn zand met veelal een afsluitende veenlaag van circa 1 m dik.

Ter plaatse van het tracé bestaat het bovenste deel van de Holocene deklaag uit de Formatie van Naaldwijk. Dit pakket is in de eerste 3 km (westelijk) circa 3 m dik en in de laatste 4,5 km (oostelijk) circa 8 m dik. De Formatie van Naaldwijk wordt hier gekenmerkt door een sterke variatie in de lithologische samenstelling, die varieert van zeer fijn zand tot zwak siltige klei en veen. De Formatie van Naaldwijk is in het tracé voornamelijk opgebouwd uit het Laagpakket van Walcheren (zeer tot matig fijn zand en klei boven Hollandveen) en lokaal uit het Laagpakket van Wormer (zeer tot matig fijn zand en klei tussen Basisveen en Hollandveen in).

De Formatie van Nieuwkoop bestaat voornamelijk uit veen. Dit pakket komt voor in de eerste 3 km (westelijk) van het tracé waar het bestaat uit Hollandveen op circa 3 m –mv. en uit Basisveen aan de onderkant van de deklaag op 4 à 8 m -mv. In de laatste 2 km komt deze formatie ook voor en bestaat deze uit Basisveen aan de onderkant van de deklaag op circa 8 m -mv. (bron: Dinoloket beschrijving litostratigrafische eenheden).

Pleistocene afzettingen: Formatie van Boxtel, Formatie van Urk en de Formatie van Drente

Onder de deklaag komt de Formatie van Boxtel voor tot op circa 10 m –mv. in de eerste 3 en de laatste 3 km van het tracé en tot op circa 15 m –mv. hier tussen in. Deze formatie bestaat ter plaatse van het tracé uit zeer fijn zand. In de eerste 2 km komt onder de Formatie van Boxtel de Formatie van Urk voor die hier bestaat uit zeer fijn tot matig grof zand. In de laatste 2 km komt onder de Formatie van Boxtel de Formatie van Drente voor (Laagpakket van Gieten). Dit pakket bestaat hier uit keileem.

Formatie van Peelo

De Formatie van Peelo begint ter plaatse van het tracé op een diepte van 12 à 14 m –mv en komt voor tot op een diepte van tenminste 40 m –mv. Dit pakket bestaat uit uiterst fijn tot zeer grof zand.

Er wordt niet verwacht dat grondwater van dieper dan 20 m –mv. beïnvloed wordt of onttrokken wordt door de geplande bemalingen. Dit als gevolg van de relatief grote weerstand voor de grondwaterstroming in de bovenste laag van de Formatie van Peelo.

3.2 Geohydrologische opbouw

De geohydrologische opbouw van het gebied is samen te vatten in twee geohydrologische eenheden:

- Het bovenste slecht doorlatende freatische pakket met een gemiddelde dikte van 5 tot 8 meter, met:
  - In de eerste 1 km en de laatste 2 km als ondergrens de Basisveenlaag van de Formatie van Nieuwkoop.
  - In de middelste 2,5 km ontbreekt een afsluitende veenlaag.
- Het watervoerend zandige pakket van de Pleistocene Formatie van Boxtel, Formatie van Urk, Formatie van Drente en de Formatie van Peelo.

De doorlatendheden, die zijn geschat op basis van waarneming van de boorprofielen in het veld, variëren sterk. De aangetroffen zeer fijne, zwak siltige, zandige afzettingen hebben een doorlatendheid van circa 2 m/dag. De doorlatendheid van de mineraalarme veenlagen is circa 0,04 m/dag. De kleilagen hebben een doorlatendheid van 0,03 tot 0,5 m/dag.

De bemaling wordt uitgevoerd in het freatische pakket en in het watervoerende pakket (spanningsbemaling).

3.3 Grondwater

De gemiddeld hoogste grondwaterstand is binnen het projectgebied tussen de 0,3 en 1,0 m –mv. De gemiddeld laagste grondwaterstand bevindt zich tussen 0,7 en 2,2 m –mv.

De stijghoogte in het watervoerende pakket blijkt op basis van de dichtstbijzijnde peilbuis met filter tot beneden de deklaag (Dinoloket) niet boven zeeniveau uit te komen (0 m NAP). Uit deze peilbuismetingen en uit de isohypsen uit het REGIS I-model (1995) blijkt de stijghoogte tussen 0 m NAP en -1 m NAP te bewegen.

In Tabel 2 zijn de peilbuizen opgenomen waar de grondwaterstand en stijghoogte van zowel een ondiepe als een diepe peilbuis bepaald is. Op basis van het verschil tussen ondiep gemeten stijghoogte en diep gemeten stijghoogte is hier bepaald of sprake is van kwel of inzijging. Te zien is dat op 12 van de 16 locaties een lichte kwelsituatie is en op 3 van de 16 locaties een lichte inzijgsituatie.

In Tabel 2 zijn de boringen opgenomen waarbij de grondwaterstand is bepaald. Deze boringen liggen langs het gewijzigde tracé.

Tabel 2: Grondwaterstand ondiepe peilbuis en stijghoogte diepe peilbuis op zelfde locatie.

Peilbuis diep	Peilbuis ondiep	Stijghoogte diep (cm - mv.)	Grondwaterstand ondiep (cm - mv.)	Kwel of inzijging
B004-1	003005-1	41	70	Kwel
B005-1	003006-1	50	81	Kwel
B006-1	005011-1	91	84	Inzijging
B007-1	005012-1	56	78	Kwel
B008-1	007007-1	79	100	Kwel
B009-1	007008-1	80	101	Kwel
B010-1	007012-1	68	62	Inzijging
B011-1	007013-1	59	60	Kwel
B012-1	008009-1	46	60	Kwel

Peilbuis diep	Peilbuis ondiep	Stijghoogte diep (cm - mv.)	Grondwaterstand ondiep (cm - mv.)	Kwel of inzijging
B013-1	008010-1	50	60	Kwel
B015-1	009007-1	25	72	Kwel
B016-1	011002-1	88	124	Kwel
B017-1	011003-1	47	67	Kwel
B018-1	011013-1	92	84	Inzijging
B019-1	011014-1	42	N.B.	N.B.
B020-1	013012-1	68	91	Kwel

Tabel 3: Actuele stijghoogte gemeten langs het gewijzigde tracé, gemeten tussen 5 en 10 november 2020.

Boring nummer	Stijghoogte (cm -mv)	Maaiveldhoogte (m NAP)
B02	140	-
B03	140	-
B04	140	-
B06	140	-
B08	130	-
B09	130	-
Kr0702	140	-0.119
Kr0704	140	-0.035
Kr0801	130	0.072
Kr0802	120	0.202

3.4 Grondwaterkwaliteit

Het waterbeheer binnen het projectgebied valt voor zowel oppervlaktewaterkwaliteit als kwantiteit onder verantwoordelijkheid van het Wetterskip Fryslân. Of gehaltes te hoog zijn (met name ijzer, zwevende stof, chloride of te laag zuurstofgehalte) en maatregelen nodig zijn voordat geloosd kan worden, moet in overleg met het Wetterskip bepaald worden. Op een aantal locaties binnen het projectgebied zijn grondwaterkwaliteitsanalyses uitgevoerd. Onderstaand zijn de analyseresultaten samengevat. De analyseresultaten zijn verder weergegeven op de waterinformatiekaarten in bijlage E.

In het diepe (tot de maximale verkenningsdiepte van 9 m –mv.) grondwater varieert het chloridegehalte tussen de 1100 mg/l en de 13000 mg/l. In het ondiepe grondwater (tot een diepte van 4 m –mv.) varieert het chloridegehalte tussen de 35 mg/l en de 1400 mg/l. Ondiep is het grondwater dus zoet tot brak. Diep is het grondwater brak tot zout.

De ijzerconcentratie varieert van < 0,04 mg/l tot maximaal 74 mg/l.

Het nutriëntengehalte, gemeten als organisch stikstof gehalte, varieert van <1 mg/l tot maximaal 129 mg/l. Droogrest onopgeloste bestanddelen varieert van 9,5 mg/l tot 18000 mg/l. Het chemisch zuurstof verbruik varieert van 23 tot 600 mg O_2/l. Het biochemisch zuurstofverbruik varieert van <1 tot 110 mg O_2/l.

Voor het lozen van het onttrokken grondwater met hoge chloridegehaltes ten opzichte van het ontvangende oppervlaktewater dient afstemming plaats te vinden met het waterschap over eventuele maatregelen. Mogelijk dat de lengte van de bemalingsleuf die in bemaling staat beperkt moet worden om het debiet van het te lozen water met hoog chloridegehalte te beperken. Op delen van het tracé zijn hoge ijzergehaltes in het grondwater aangetroffen. Met het waterschap dient afgestemd te worden of maatregelen genomen moeten worden zoals bijvoorbeeld de aanleg van bezinkbakken.

3.5 Bodemverontreiniging

Op basis van een controle in bodemloket (www.bodemloket.nl) zijn geen verontreinigde locaties binnen 100 m vanaf het tracé geregistreerd.

3.6 Overige grondwateronttrekkingen

Uit het landelijk grondwaterregister blijkt de dichtstbijzijnde grondwateronttrekking op 2500 m afstand vanaf het westelijk beginpunt van het tracé te liggen. Dit betreft een WKO-systeem (Nieuwbuurt 16 te Ternaard) ten zuidwesten van het beginpunt van het tracé. Het infiltratie- en onttrekkingsdebiet bedraagt 43.200 m³.

3.7 Beschermde gebieden

Het dichtstbijzijnde beschermde gebied betreft de Waddenzee (Natura2000) op circa 500 m ten noorden vanaf het meest oostelijke eindpunt van het tracé.

3.8 Zettingsgevoelige objecten

Als gevolg van de daling van de grondwaterstand in de omgeving van de bemaling kunnen de volgende effecten optreden in de omgeving:

- Constructieve schade als gevolg van zettingen;
- Droogvallen van houten funderingspalen.

Constructieve schade als gevolg van zettingen

De grondwateronttrekking heeft verlaging van de waterstand in de directe omgeving tot gevolg. Hierdoor treedt belastingtoename op in de samendrukbare klei- en veenlagen met als gevolg een zetting van de samendrukbare klei- en veenlagen. Dit kan gevolgen hebben voor op staal gefundeerde gebouwen/ woningen, riolering, kabels en leidingen, wegen, kades en dijken.

Droogvallen van houten funderingspalen

Door het tijdelijk droogvallen van houten funderingen kan schade ontstaan. Hiervoor is het van belang de hoogte van de bovenkant van de houten funderingspalen te kennen. Vooralsnog is deze afgeleid op basis van de bestaande vloerpeilen.

In hoofdstuk 5 wordt aan de hand van het berekende invloedsgebied van de bemaling bepaald of nabij de bemaling objecten aanwezig zijn waar kans op zettingschade bestaat.

3.9 Zoet-/zoutverdeling en chloridegehalte

In de keur van Wetterskip Fryslân wordt het gebied waarin het leidingtracé is gelegen beschreven als een zeekleigebied met overwegend zout grondwater. Het zoet/zout grensvlak (grens 150 mg chloride per liter) ligt vaak op slechts enkele tientallen meters diepte. Langs de kust komt alleen zout grondwater voor. Vanwege de risico's van verzilting van de beperkte hoeveelheden zoet grondwater zijn de relatief grote bronbemalingen een aandachtspunt.

Op basis van de grootte van de berekende debieten en de diepte waarop bemalen dient te worden (wel of geen spanningsbemaling) wordt gekeken in welke mate beïnvloeding van het chloridegehalte in de omgeving van de bemaling plaatsvindt.

4 BEMALINGEN

4.1 Aanlegmethoden

Voor de aanleg van de leidingstrekking zijn twee methoden te onderscheiden, namelijk aanleg in den droge en aanleg in den natte, het zogenaamde “floaten”. Voor de eerste methode vindt bemaling plaats, voor de tweede niet. Op dit tracé worden de leidingen in den droge aangelegd.

Om de aanleg van de leidingen in den droge mogelijk te maken, zal tijdelijk de grondwaterstand en soms ook de stijghoogte in het watervoerend pakket moeten worden verlaagd. Om de boringen aan te sluiten, zal eveneens tijdelijk de grondwaterstand en stijghoogte verlaagd moeten worden. De verlaging van de grondwaterstand en de stijghoogte wordt behaald door het toepassen van een bemaling. De volgende typen bemaling worden onderscheiden:

1. open bemaling (o.b.);
2. horizontale bronnering (h.b.);
3. verticale bronnering (v.b.);
4. deepwells (d.w.).

Ad. 1.

Bij open bemaling wordt het in de leidingsleuf stromende water met een dompelpomp en/of vacuümpomp uit de sleuf gepompt. Deze bemalingsvorm wordt in hoofdzaak toegepast in slecht doorlatende gronden. Daarnaast wordt deze toegepast als aanvulling op vacuümbemaling en/of deepwellbemaling (die dient als spanningsbemaling).

Ad. 2.

Bij horizontale bronnering wordt grondwater onttrokken via een drain. Deze drain ligt horizontaal onder de leidingsleuf en is aangesloten op een vacuümpomp. Voor veldstrekkingen vormt horizontale bemaling de meest effectieve bemalingswijze wanneer de bodemopbouw dit toelaat. De maximale aanlegdiepte bedraagt echter circa 5 meter. Daarnaast zal in een heterogene of slecht doorlatende bodem een goede omstorting moeten worden toegepast voor een optimale ontwatering van de watervoerende lagen. Voorkomen moet worden of er kortsluitstroming vanuit het watervoerend pakket kan ontstaan.

Ad. 3.

Bij verticale bronnering kan onderscheid worden gemaakt tussen vacuümbemaling en zwaartekrachtbemaling met haalbuizen.

Bij vacuümbemaling wordt een aantal verticale onttrekkingsfilters aangesloten op een vacuümpomp. Bij zwaartekrachtbemaling wordt in de filters een haalbuis gehangen die op een vacuümpomp wordt aangesloten. De diameters van de voor deze bemalingswijze toegepaste filters variëren van 0,03 tot 0,15 m. Verticale bronnering is eenvoudig en snel aan te brengen. De maximale opvoerhoogte tot aan een vacuümpomp bedraagt circa 7 meter.

Ad. 4.

Een deepwellbemaling bestaat uit één of meerdere filters met veelal een grindomstorting. In de filter wordt een onderwaterpomp geïnstalleerd. Deze bemalingswijze wordt vooral toegepast in grofzandige pakketten en/of bij grote verlagingen.

Onderstaand is beschreven van welke typen bemaling is uitgegaan voor de bemalingsberekeningen op het tracé Ternaard – Moddergat.

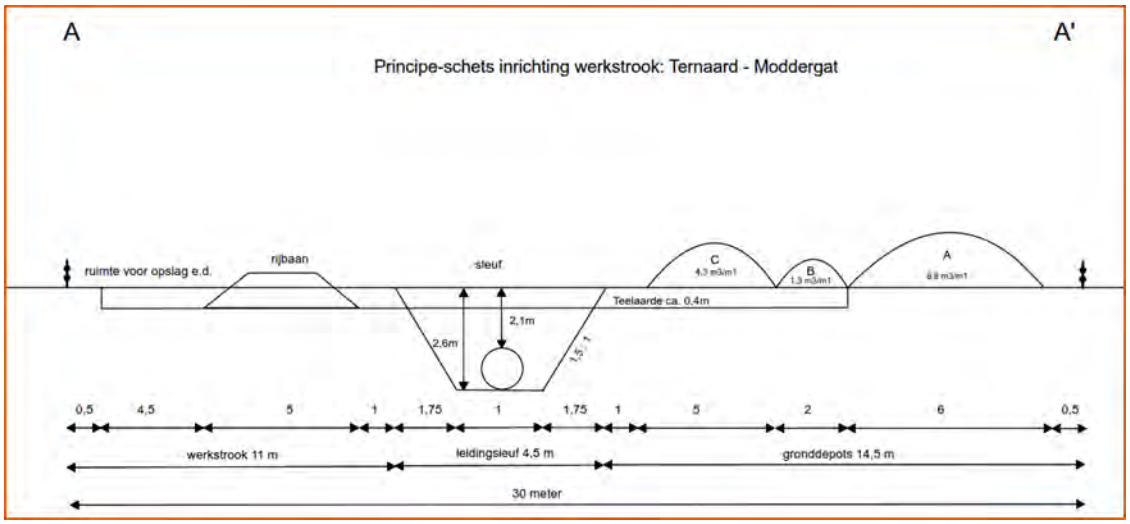
4.2 Uitgangspunten bemalingsberekeningen

Algemeen

De uitgangspunten die voor de debietberekeningen zijn gehanteerd, zijn zo gekozen dat onderschatting van het debiet wordt voorkomen. De hoeveelheid water waarvoor de vergunning wordt aangevraagd is op deze manier aan de veilige kant, waardoor tijdens de uitvoer onder deze vergunde hoeveelheid kan worden gebleven. Van de gekozen uitgangspunten is de doorlatendheid van het watervoerend pakket het uitgangspunt waar de grootste marge is aangehouden. In het veld zijn k-waarden van maximaal 2,5 m/d geschat. Uit boorbeschrijvingen in Dinoloket blijkt voornamelijk zeer fijn zand en lokaal matig grof zand aanwezig te zijn. Omdat er relatief weinig boorbeschrijvingen van dieper dan 3 m –mv. aanwezig zijn, is veiligheidshalve voor een k-waarde van 10 m/d gekozen. Het is echter waarschijnlijk dat het grootste deel van het watervoerend pakket uit zeer fijn zand bestaat met een k-waarde van maximaal 2,5 m/d.

Strekkingen

De gronddekking op de leiding bedraagt circa 2,1 m. De diameter van de leiding bedraagt 500 mm. Bij elkaar geeft dit een sleufdiepte van 2,6 m. In Figuur 2 is een principetekening van de sleuf weergegeven.



Figuur 2: Principetekening van de leidingstrekking.

Voor het berekenen van de onttrekkingshoeveelheden zijn verder de volgende uitgangspunten gehanteerd:

- Het debiet wordt berekend per strekkende meter, vermenigvuldigd met 7 dagen, vermenigvuldigd met de lengte van de strekking.
- De benodigde verlaging is gebaseerd op de gemiddeld hoogste (GHG) en de gemiddeld laagste grondwaterstand (GLG).
- Verlaging van de grondwaterstand tot 0,30 m beneden de sleufbodem.
- De onttrekkingshoeveelheden en bijbehorende verlagingen zijn berekend uitgaande van het instationair onttrekkingsdebiet. Hierbij is voor het debiet uitgegaan van de op dag 3 berekende hoeveelheid als een benadering van het gemiddelde debiet. De verlaging is berekend op dag 7.
- Door in de berekening een k-waarde te hanteren die aan de hoge kant is geschat ten opzichte van de in het veld geschatte k-waarde, wordt een debiet berekend waarin rekening wordt gehouden met een eventuele toename in debiet als gevolg van de nabije ligging van oppervlaktewater. Ter plaatse van ligging nabij oppervlaktewater zal er in werkelijkheid een afname van het invloedgebied plaatsvinden.
- Voor analytische berekeningsmethoden is een oneindig uitgestrekt homogeen pakket verondersteld.
- In de berekening van de spanningsbemaling wordt op basis van de bodemopbouw rekening gehouden met grondwater dat tot op een diepte van maximaal 20 m –mv. richting de filters of bronnen stroomt. Grondwaterstroming van dieper dan 20 m –mv. wordt verwaarloosbaar klein geacht door de grote verticale weerstand van de veen- en kleilagen en lagen met zeer fijn zand die over het hele tracé rond deze diepte voorkomen.

Er wordt voor de freatische bemaling uitgegaan van horizontale bronnering omdat:

- kosten van deze bemalingswijze lager zijn;
- de aanlegsnelheid hoger is;
- kans op beschadiging van de bemalingsinstallatie bij leidingaanleg kleiner is;
- het invloedgebied beperkt is.

Een randvoorwaarde voor de toepassing van horizontale bemaling is dat door toepassing van horizontale bemaling de deklaag niet doorsneden mag worden om kortsluitstroming naar het watervoerend pakket te voorkomen.

Op plaatsen waar door de bodemopbouw en andere randvoorwaarden een horizontale bronnering niet mogelijk is, is aangenomen dat de verlaging gerealiseerd wordt door middel van verticale bronnering, bestaande uit lange geperforeerde filters met haalbuizen. Wanneer dieper dan 7 m –mv. bemalen moet worden, wordt uitgegaan van deepwellbemaling.

Voor spanningsbemaling in het watervoerende pakket beneden de deklaag geldt het volgende:

Uit de diepe boringen (bijlage 7) en sonderingen blijkt voor een groot deel van het tracé tussen 3 m –mv. en 14 m -mv. veen- en kleilagen voor te komen. Voor de strekkingen betekent deze bodemopbouw dat risico op opbarsting van de bodem voorkomt waar de veen- of kleilagen ondiep voorkomen op circa 3 m –mv. Waar deze lagen dieper voorkomen, vanaf circa 7 m –mv., is voldoende tegendruk van de deklaag onder de ontgraving tegen de stijghoogte in het watervoerende pakket hieronder. In bijlage 3 is opgenomen of wel of niet sprake is van spanningsbemaling.

Kruisingen

Daar waar bemaling voor aanleg van kruisingen nodig is, wordt gekozen voor verticale filters of deepwells. De deepwells moeten diep genoeg worden geplaatst om te voorkomen dat een deel van het filter droogvalt en het filter daardoor verstopt raakt. Aan de andere kant moeten de deepwells niet te diep worden geplaatst omdat dit het debiet verhoogt. De exacte diepte van de filters wordt verder bepaald door de doorlatendheid en dikte van het te bemalen pakket en de diameter en eigenschappen van het toegepaste filter. Hierdoor zal de diepte en lengte van de toe te passen filters per locatie verschillen. De onttrekkingsbronnen die onder de deklaag worden geplaatst mogen alleen worden geboord (niet gespoten), zodanig dat het boorgat ter hoogte van de slecht doorlatende lagen afgesloten kan worden met een kleiprop.

In bijlage A is de kruisingenlijst opgenomen waarop de lengtes van de kruisingen en de ontgravingsdieptes zijn weergegeven. Ten opzichte van deze waarden gelden de volgende wijzigingen:

- Vanwege de diepte die nodig is om onder drainage door te gaan, is voor de strekkingen de ontgravingsdiepte van 2,1 m –mv. naar 2,6 m –mv. vergroot. Aangenomen is dat voor de kruisingen ook een minimale ontgravingsdiepte van 2,6 m –mv. geldt. De kruisingen op de kruisingenlijst met een ontgravingsdiepte van minder dan 2,6 m –mv. zijn daarom gewijzigd en is een ontgravingsdiepte van 2,6 m –mv. aangenomen.
- De lengtes die op de kruisingenlijst zijn weergegeven, betreffen de lengtes van de kruisingen zonder intree- of uittredepunt. Aangenomen is dat voor deze punten 2 maal 20 m aan lengte nodig is. Voor de berekeningen is daarom uitgegaan van de lengte op de kruisingenlijst vermeerderd met 40 m.

Voor het berekenen van de onttrekkingshoeveelheden zijn verder de volgende uitgangspunten gehanteerd:

- Voor de tijdsduur van de bemaling is een aanname gedaan op basis van ervaring in vergelijkbare projecten. Voor de bemaling van een kruising wordt uitgegaan van 15 dagen bemaling van gelijktijdig de perskuip, de ontvangstkuip en het tussenliggende boorlichaam.
- Een ontwateringsdiepte van 0,30 m beneden de bodem van de pers- en ontvangstkuip.
- De benodigde verlaging is gebaseerd op de gemiddeld hoogste (GHG) en de gemiddeld laagste grondwaterstand (GLG).
- De onttrekkingshoeveelheden en bijbehorende verlagingen zijn berekend uitgaande van het instationair onttrekkingsdebiet.
- Bij berekening van de onttrekkingshoeveelheden en bijbehorende verlagingen is geen rekening gehouden met een eventuele toename in debiet als gevolg van de nabije ligging van oppervlaktewater. Door infiltratie van watergangen kan echter extra water worden aangevoerd naar de locaties waar de bemalingen worden uitgevoerd. De invloed van de watergangen zal echter beperkt zijn door de relatief geringe omvang van de watergangen en de aanwezige weerstand van de sliblaag van de watergang.
- Evenals bij de strekkingen is bij de berekeningen uitgegaan van relatief hoge k-waarde (i.e. doorlatendheid), ten opzichte van de in het veld geschatte k-waarde

- De onttrekkingshoeveelheden en bijbehorende verlagingen zijn berekend zonder rekening te houden met neerslag. Als er veel neerslag valt tijdens de bemalingen, zal het waterbezwaar toenemen.
- Voor analytische berekeningsmethoden is een oneindig uitgestrekt homogeen pakket verondersteld.
- In de debietberekening wordt op basis van de bodemopbouw een verticale toestroming verwacht tot maximaal 20 m -mv.

4.3 Berekeningsmethoden

Voor de freatische bemalingen is voor zowel de strekkingen als de kruisingen gebruik gemaakt van de door Edelman opgestelde formule.

$$Q_0 = S_0 \sqrt{\frac{\mu kD}{\pi t}} E(u)$$

Waarin

Q_0	=	Eenzijdig debiet	(m²/d)
S_0	=	Grondwaterstandsverlaging	(m)
μ	=	Bergingscoëfficiënt	(-)
kD	=	Doorlaatvermogen	(m²/d)
t	=	Tijd	(d)
E(u)	=	Errorfunctie	(-)

Dit is een formule voor enkelzijde toestroming, het debiet is daarom vermenigvuldigd met 2. Deze formule is met name geschikt voor de uitwerking van bemaling van sleuven in een freatische aquifer op een ondoorlatende basis.

Voor berekening van het debiet als gevolg van spanningsbemaling, is gebruik gemaakt van een numeriek grondwatermodel (modflow) dat is opgesteld met het modelprogramma Groundwater Vistas. De parameters van de bodemschematisatie van het grondwatermodel zijn per strekking of kruising aangepast:

- Dikte en weerstand van de deklaag;
- Dikte van het watervoerende pakket;
- k-waarde van het watervoerende pakket;
- Afmetingen van de te bemalen kuip/sleuf;
- Duur van de bemaling.

Ook voor het berekenen van de verlagingscontouren is gebruik gemaakt van grondwatermodellen in Groundwater Vistas.

4.4 Hoeveelheid te onttrekken water

Onderstaand wordt eerst het totale waterbezwaar beschreven. Vervolgens is het waterbezwaar per individuele strekking en kruising opgenomen in Tabel 3. In bijlage D zijn de uitgangspunten en de resultaten van de debietberekeningen per strekking en locatie beschreven.

Bemaling freatisch grondwater:

- waterbezwaar bij GHG: 114.181 m³
- waterbezwaar bij GLG: 89.399 m³
- Spanningsbemaling: 133.844 m³

In de berekeningen is zoveel mogelijk rekening gehouden met worst-case omstandigheden m.b.t. grondwaterstands- en stijghoogteverlagingen. Tijdens de uitvoering kunnen weersomstandigheden dusdanig zijn dat er meer water wordt onttrokken dan wel dat er onvoorziene omstandigheden voorkomen. Een bui van 20 mm op een dag heeft bijvoorbeeld een toename van circa 2% in debiet tot gevolg. Wanneer elke dag zo'n bui zou vallen, is een toename in totaal waterbezwaar van 2% te verwachten.

Totaal

- Waterbezwaar bij GHG: 248.024 m³
- Waterbezwaar bij GLG: 223.243 m³

Tabel 4: Waterbezwaar per strekking en kruising.

Strekking/ kruising	Volgnummer Routekaart	Waterbezwaar GHG (m³)	Waterbezwaar GLG (m³)	Waterbezwaar (m³) spanningsbemaling
S6	17-21	4.798	3.599	35.987
S7	21-23	6.800	5.255	N.v.t.
K4	"3-28	1.995	1.470	N.v.t.
S8	28-33	15.113	12.366	N.v.t.
K5	33	4.200	3.360	N.v.t.
S9	33-34	4.221	2.954	N.v.t.
K6	34-38	4.253	3.150	N.v.t.
S10	38-41	8.771	7.309	N.v.t.
K7	41-46	3.255	2.730	N.v.t.
S11	46-48	5.023	4.214	N.v.t.
S12	48-50	4.685	3.965	N.v.t.
K8	50	3.952	3.443	17.917
S13	50-51	10.134	8.172	N.v.t.
S14	51-54	3.732	2.985	29.588
K9	54-64	2.625	1.785	N.v.t.
S15	64-65	6.285	4.399	N.v.t.
S16	65-66	4.927	3.333	N.v.t.
K10	66-72	2.828	1.950	N.v.t.
S17	72-76	7.656	5.641	20.147
S18	76-79	7.937	6.494	25.254
K11	79	990	825	4.950

Strekking/ kruising	Volgnummer Routekaart	Waterbezwaar GHG (m³)	Waterbezwaar GLG (m³)	Waterbezwaar (m³) spanningsbemaling
Totalen		114.181	89.399	133.844

4.5 Vergunning in het kader van de waterwet

Voor de bemaling is een vergunning nodig wanneer het waterbezwaar groter is dan 50.000 m³ per maand of langer dan 4 maanden. Wanneer de bemaling in totaal binnen 4 maanden plaatsvindt, is het in Tabel 4 genoemde totale waterbezwaar meer dan 50.000 m³ per maand en is een vergunning nodig. Omdat bij een aanlegduur van meer dan 4 maanden ook een vergunning nodig is, is voor het onttrekken van bovengenoemde hoeveelheden in alle gevallen een vergunning nodig in het kader van de Waterwet. De vergunning moet bij het bevoegd gezag worden aangevraagd (Wetterskip Fryslân). Voor het lozen van het water uit de bouwput- en sleufbemalingen op het oppervlaktewater is het Besluit lozingen buiten inrichtingen van toepassing. In dit kader geldt voor het lozen een meldingsplicht. De melding moet worden gedaan bij het bevoegd gezag (Wetterskip Fryslân).

5 EFFECTEN OP DE OMGEVING

Door de tijdelijke grondwaterstandsdaling en verlaging van de stijghoogte in het watervoerend pakket kunnen effecten optreden in de omgeving. In het kader van het geohydrologisch onderzoek is onderzocht in hoeverre deze effecten zullen optreden bij de aanleg van de gasleiding. De contouren voor 5 cm, 50 cm en 1 m verlaging zijn voor de GHG situatie opgenomen in de waterinformatiekaart in bijlage E. Eventuele effecten zullen optreden binnen deze contouren.

5.1 Zettingen

Zoals beschreven in hoofdstuk 3 “Beschrijving tracé”, worden in het tracé verschillende grondsoorten zoals zand, klei en veen aangetroffen. Van deze grondsoorten zijn klei, veen en losgepakt zand zettingsgevoelig. Zettingen kunnen optreden als de grondwaterstand daalt tot beneden de GLG. Als in het verleden al sprake is geweest van een soortgelijke verlaging zal de te verwachten zetting al zijn opgetreden. Als gevolg van zettingen in de ondergrond kunnen gebouwen en andere constructies schade oplopen. Andere constructies betreffen kades en dijken, infrastructuur en kabels en leidingen. De grootte van de te verwachten gebouwzakking is, naast van de samendrukbaarheid van de ondergrond, in sterke mate afhankelijk van de funderingswijze van de constructie en het belastingniveau van de fundering. Risico op schade aan de bebouwing is afhankelijk van de te verwachten verschilzetting, de snelheid waarmee de zetting optreedt en de bouwkundige staat van het object.

Op basis van de CUR 162 en NEN 6740 kan voor bebouwing met een fundering op staal de volgende indeling in schadecategorie worden aangehouden:

- Schadecategorie 0: maximale zettingsgradiënt < 1:500; geen schade
- Schadecategorie 1: zettingsgradiënt 1:500 – 1:300; esthetische schade, (relatief eenvoudig repareerbare schade)
- Schadecategorie 2: zettingsgradiënt 1:300 – 1:100, constructieve schade
- Schadecategorie 3: zettingsgradiënt > 1:100, gebruikersschade

Globaal is de gradiënt van de verlaging in grondwaterstand en stijghoogte ter plaatse van de 5 cm verlagingscontour 1:1500 en ter plaatse van de 50 cm contour 1:200. Buiten de 5 cm verlagingscontour wordt geen schade als gevolg van zetting verwacht. Buiten de 50 cm verlagingscontour is zettingsschade niet waarschijnlijk, maar kan niet uitgesloten worden. Voor constructies binnen de 50 cm verlagingscontour is bij zetting een zettingsgradiënt te verwachten waarbij risico op schade aan de constructie aanwezig is.

Onderstaand is beschreven waar risico op zettingschade bestaat als gevolg van de tijdelijke verlaging van de grondwaterstand en de stijghoogte en welke maatregelen genomen dienen te worden.

Kruising K4

Ter plaatse van de kruising K4 ligt de Ternaarderwei. De verwachte zettingsgradiënt is hier groter dan 1:500, waarbij de kans op schade aan de weg niet is uit te sluiten. Geadviseerd wordt om de verlaging van de grondwaterstand te monitoren door middel van peilbuizen en de eventuele zakking van de weg te meten met meetbouten. Bij eventuele verzakking van de weg dient deze hersteld te worden.

Kruising K6 en K7

Ter plaatse van de kruisingen K6 en K7 ligt de Wiesterwei. De verwachte zettingsgradiënt is hier groter dan 1:500, waarbij de kans op schade aan de weg niet is uit te sluiten. Geadviseerd wordt om de verlaging van de grondwaterstand te monitoren door middel van peilbuizen en de eventuele zakking van de weg te meten met meetbouten. Bij eventuele verzakking van de weg dient deze hersteld te worden. Ten zuidwesten van K7 bevindt zich een woning op Wiesterwei 13, de woning ligt op 85 meter van het tracé. De grondwaterstand verlaging bij deze woning is rond de 10 centimeter. Gezien de bodemopbouw wordt er geen zettingsschade verwacht.

Kruising K8

Ter plaatse van kruising K8 ligt de Nesser Opfaert. Een verlaging van de stijghoogte onder de watergang zou in principe kunnen zorgen voor een zetting, maar de verwachting is dat de ondergrond onder de watergang vochtig genoeg blijft door aanvulling dat er geen zetting plaats zal vinden.

Kruising K9

Ter plaatse van de kruising K9 ligt de Nijtsjerksterwei. De verwachte zettingsgradiënt is hier groter dan 1:500, waarbij de kans op schade aan de weg niet is uit te sluiten. Geadviseerd wordt om de verlaging van de grondwaterstand te monitoren door middel van peilbuizen en de eventuele zakking van de weg te meten met meetbouten. Bij eventuele verzakking van de weg dient deze hersteld te worden.

Kruising K10

Ter plaatse van kruising K10 ligt de te kruisen weg Meinsmawei en de bebouwing van Meinsmawei 2 op zodanige afstand van de bemaling, dat het optreden van ontoelaatbare zettingen niet is uit te sluiten. De verwachte zettingsgradiënt is groter dan 1:500, waarbij de kans op constructieve schade niet is uit te sluiten. Geadviseerd wordt om de verlaging van de grondwaterstand te monitoren door middel van peilbuizen en de eventuele zakking van de weg te meten met meetbouten. Bij eventuele verzakking van de weg dient deze hersteld te worden. Schade aan de bebouwing van Nesserwei (op circa 190 m afstand vanaf de bemaling) wordt niet verwacht, maar omdat deze niet is uit te sluiten, wordt geadviseerd de verlaging van de grondwaterstand en eventuele zakking van de bebouwing te monitoren zodat dit met zekerheid vastgesteld kan worden.

Kades en dijken

Het leidingtracé kruist en/of beïnvloedt geen kades en dijken.

Kabels en leidingen

Er is voor deze rapportage nog geen KLIC-melding beschikbaar om te bepalen of nabij de geplande bemalingen kabels en leidingen liggen. Geadviseerd wordt om voorafgaand aan de bemaling contact op te nemen met de betreffende beheerder en af te stemmen of mitigerende maatregelen nodig zijn.

Mitigerende maatregelen die in het algemeen genomen kunnen worden, zijn:

- Het beperken van de uitvoeringsduur en hiermee verkorten van de bemalingsduur.
- Het toepassen van een bouwkuip met damwanden waardoor geen verlaging plaatsvindt van het freatische grondwater buiten de kuip. Dit hangt ook samen met de sleufstabiliteit.
- Het toepassen van een retourbemaling in geval van spanningsbemaling en bij voldoende doorlatende grond.
- Het toepassen van onttrekkingsbeperkende maatregelen zoals waterdichte (beton)vloeren dan wel gebruik van biologisch afbreekbare waterremmende injectievloeistof.

5.2 Zoet/zoutverdeling van het grondwater en oppervlaktewater

De tijdelijke grondwateronttrekking kan van invloed zijn op de verdeling van zoet en zout water naar de diepte toe. In bijlage D zijn de minimaal en de maximaal gemeten chlorideconcentraties in de huidige situatie beschreven voor de deklaag, het watervoerend pakket en het oppervlaktewater per bemalingslocatie. Te zien is dat in de deklaag de minimale chlorideconcentraties rond de 100 mg/l liggen. In het watervoerend pakket worden voornamelijk chlorideconcentraties van enkele duizenden mg/l aangetroffen. In het oppervlaktewater bedraagt de chlorideconcentratie minder dan 1000 mg/l.

Het effect van de bemaling op de chlorideconcentratie kan op 2 manieren plaatsvinden:

- Door onttrekking van grondwater in de eerste meters beneden maaiveld, stroomt diep grondwater met relatief hoge chlorideconcentraties naar de ondiepe bodem waar grondwater met relatief lage chlorideconcentraties is onttrokken. Op deze manier treedt als gevolg van de bemaling een verhoging van chlorideconcentratie op in de ondiepe bodem.
- Wanneer gekozen wordt voor lozen van bemalingswater op het oppervlaktewater, wordt grondwater met chlorideconcentraties van enkele duizenden mg/l geloosd op oppervlaktewater met een chlorideconcentratie van minder dan duizend mg/l. Hierdoor treedt als gevolg van de lozing een verhoging in chlorideconcentratie op in het oppervlaktewater.

Voor de afvoer van het bemalingswater bestaan er verschillende mogelijkheden, deze zijn toegelicht in een aparte memo (verwijzing). Met het bevoegd gezag dient te worden afgestemd welke methode wordt gebruikt, lozing van het bemalingswater op het oppervlaktewater kan bijvoorbeeld alleen onder bepaalde voorwaarden. Wanneer het grondwater niet op nabijgelegen sloten en vaarten kan worden geloosd, is het retourneren in de bodem op enige afstand van de bemaling een mogelijk alternatief.

5.3 Overige belangen

Landbouw en natuur

Tijdens de aanleg van de gastransportleiding wordt bij de aanleg in den droge de grondwaterstand verlaagd door bronbemaling toe te passen. Door de bemaling kan tijdelijk verdroging optreden, die vooral tijdens het voorjaar negatieve gevolgen kan hebben voor grondwaterafhankelijke vegetatie en de voedselbeschikbaarheid voor vogels. Daarnaast geldt dat er oxidatie van veen kan optreden wanneer waterstanden langere tijd te laag zijn. Dit proces is onomkeerbaar. Voorafgaand aan de werkzaamheden dient met de beheerder en eigenaar te worden afgestemd hoe omgegaan wordt met eventuele schade.

Binnen het invloedsgebied van de bemaling vallen geen beschermde natuurgebieden.

Grondwaterbeschermingsgebieden en grondwateronttrekkingen

Grondwateronttrekkingen van derden zijn op basis van het landelijk grondwaterregister en gegevens van de provincie niet aanwezig. Ook grondwaterbeschermingsgebieden zijn binnen het invloedsgebied van de bemaling niet aanwezig.

Verontreinigingen

Door Arcadis is milieukundig bodemonderzoek uitgevoerd. Hieruit blijkt dat er licht verhoogde gehalten minerale olie en vluchtige aromaten aanwezig zijn op de NAM-locaties Ternaard en Moddergat. Deze verontreinigingen worden toegekend aan de activiteiten van NAM op deze locaties. Verder doorkruist het tracé enkele slootdempingen. Uit bodemloket en informatie van de gemeente Dongeradeel blijkt dat er geen aanvullend onderzoek nodig is. Op basis van deze gegevens wordt niet verwacht dat door de geplande bemaling ongewenste beïnvloeding van nabijgelegen verontreinigingen plaatsvindt.

Archeologie

Uit de Archeologische Monumentenkaart blijkt een aantal terreinen met zeer hoge archeologische waarde binnen het invloedsgebied van de bemaling te liggen. Door de tijdelijke verlaging van de grondwaterstand kunnen archeologische resten negatieve gevolgen ondervinden. Feitelijk geldt dat waar archeologische resten als gevolg van het bemalen boven de gemiddeld laagste grondwaterstand (GLG) komen te liggen, schade aan de archeologische resten kan optreden. Deze resten kunnen bij blootstelling aan zuurstof of als gevolg van activiteit van micro-organismen in kwaliteit achteruitgaan. Geadviseerd wordt om het risico op schade door een archeoloog te laten inschatten.

BIJLAGE A KRUISINGENOVERZICHT

Orderno. **48663.00**
Project **Ternaard - Moddergat**
Client **Nederlandse Aardolie Maatschappij**
revision **A**
date **24-aug-18**

by: SHNE
chkd: TRBN
appr: TRBN

12" CS GASLEIDING 000398

Volgnummer	Positie			Locatie		Uitvoeringsmethode	Kruising						Bevoegd gezag
	Begin		Lengte		Ontgravingsdiepte		Codering	Eigenaar	Diepteligging	Diameter	Product/Soort	Materiaal	
	RK	Stationing	[m]		[m]				[m]	[mm]			
17	4		10	Sloot t.p.v. perceelgrens (4-1)	2.5	Open ontgr.	A3						
18	4		10	Sloot t.p.v. perceelgrens (4-2)	2.5	Open ontgr.	A3						
19	4		10	Sloot t.p.v. perceelgrens (4-3)	2.5	Open ontgr.	A3						
20	4		10	Sloot t.p.v. perceelgrens (4-4)	2.5	Open ontgr.	A3						
21	5		10	Sloot t.p.v. perceelgrens (5-1)	2.5	Open ontgr.	A3						
22	5		10	Sloot t.p.v. perceelgrens (5-2)	2.5	Open ontgr.	A3						
23	5			Sloot t.p.v. perceelgrens (5-3)		Open ontgr.							
24	5	532.2				Open ontgr.		Vitens		160	Water	PVC	
25	5	534.8				Open ontgr.		Liander		K	Middenspanning	Kabel	
26	5		30	Verharde weg (Ternaarderwei)	2.5	Sleufloos	B2						
27	5	543.8				Open ontgr.		Stedin		63	Hoge druk Gas	MDPE	
28	5			Sloot t.p.v. perceelgrens (5-4)		Open ontgr.							
29	6		10	Sloot t.p.v. perceelgrens (6-1)	2.5	Open ontgr.	A3						
30	6		10	Sloot t.p.v. perceelgrens (6-2)	2.5	Open ontgr.	A3						
31	6		10	Sloot t.p.v. perceelgrens (6-3)	2.5	Open ontgr.	A3						
32	6		10	Sloot t.p.v. perceelgrens (6-4)	2.5	Open ontgr.	A3						
33	7		40	Waterloop (Wierumeropvaart)	3.5	Sleufloos	B2						
34	7			Sloot t.p.v. perceelgrens (7-1)		Open ontgr.							
35	7	555.1				Open ontgr.		KPN		K	Data	Kabel	
36	7		`65	Verharde weg (Wiesterwei 2)	2.5	Sleufloos	B2						
37	7	573.7				Open ontgr.		KPN		K	Data	Kabel	
38	7			Sloot t.p.v. perceelgrens (7-2)		Open ontgr.							
39	8		15	Sloot t.p.v. perceelgrens (8-1)	2.5	Open ontgr.	A3						
40	8		15	Sloot t.p.v. perceelgrens (8-2)	2.5	Open ontgr.	A3						
41	8			Sloot t.p.v. perceelgrens (8-3)		Open ontgr.							
42	8	434.8				Open ontgr.		KPN		K	Data	Kabel	
43	8	465.2				Open ontgr.		Liander		K	Laagspanning	Kabel	
44	8		20	Verharde weg (Wiesterwei 1)	2.5	Sleufloos	B2						
45	8	439.8				Open ontgr.		Stedin		32	Hoge druk Gas	MDPE	
46	8			Sloot t.p.v. perceelgrens (8-4)		Open ontgr.							
47	8	498.7	-			Open ontgr.	A3	Vitens		125	Water	AC	
48	8		10	Sloot t.p.v. perceelgrens (8-5)	2.5	Open ontgr.	A3						
49	9		20	Sloot t.p.v. perceelgrens (9-1)	2.5	Open ontgr.	A3						
50	9		45	Waterloop (Nesseropvaart)	3.5	Sleufloos	B2						
51	10		30	Sloot t.p.v. perceelgrens (10-1)	2.5	Open ontgr.	A3						
52	10		45	Sloot t.p.v. perceelgrens (10-2)	2.5	Open ontgr.	A3						
53	10		15	Sloot t.p.v. perceelgrens (10-3)	2.5	Open ontgr.	A3						
54	11			Sloot t.p.v. perceelgrens (11-1)		Open ontgr.							

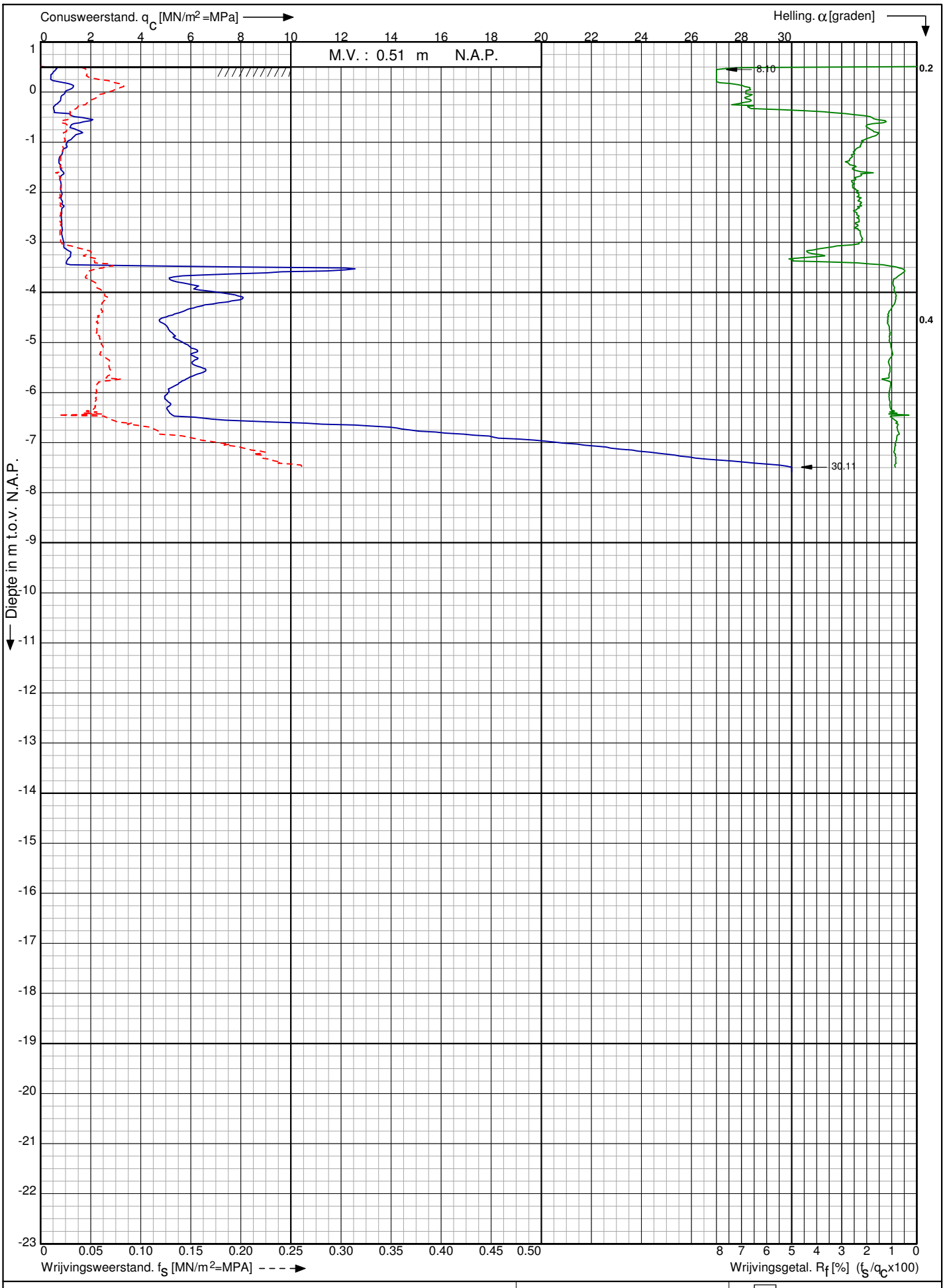
Orderno. **48663.00**
Project **Ternaard - Moddergat**
Client **Nederlandse Aardolie Maatschappij**
revision **A**
date **24-aug-18**

by: SHNE
chkd: TRBN
appr: TRBN

12" CS GASLEIDING 000398

Volgnummer	Positie			Locatie		Uitvoeringsmethode	Kruising						Bevoegd gezag
	Begin		Lengte		Ontgravingsdiepte		Codering	Eigenaar	Diepteligging	Diameter	Product/Soort	Materiaal	
	RK	Stationing	[m]		[m]				[m]	[mm]			
55	11	87.3				Open ontgr.		Liander		K	Middenspanning	Kabel	
56	11	87.6				Open ontgr.		Liander		K	Middenspanning	Kabel	
57	11	87.8				Open ontgr.		KPN		K	Data	Kabel	
58	11	87.9				Open ontgr.		KPN		K	Data	Kabel	
59	11	89.0	30		2.5	Open ontgr.	B2	VDB Noord		K	Data	Kabel	
60	11							W Frysland Wetters		200	Riool onder druk	PVC	
61	11			Verharde weg (Nijtsjerkerwei)		Sleufloos							
62	11	97.2				Open ontgr.		UPC		K	Data	Kabel	
63	11	97.7				Open ontgr.		Stedin		200	Lage druk Gas	PVC	
64	11			Sloot t.p.v. perceelgrens (11-2)		Open ontgr.							
65	11		10	Sloot t.p.v. perceelgrens (11-3)	2.5	Open ontgr.	A3						
66	11			Sloot t.p.v. perceelgrens (11-4)		Open ontgr.							
67	11	611.0				Open ontgr.		KPN		K	Data	Kabel	
68	11	611.3				Open ontgr.		Liander		K	Middenspanning	Kabel	
69	11	611.4	25		2.5	Open ontgr.	B2	Vitens		75	Water	PVC	
70	11			Verharde weg (Meinsmawei)		Sleufloos							
71	11			Sloot t.p.v. perceelgrens (11-5)		Open ontgr.							
72	11	632.4				Open ontgr.		Stedin		50	Lage druk Gas	PVC	
73	12		10	Sloot t.p.v. perceelgrens (12-1)	2.5	Open ontgr.	A3						
74	12		10	Sloot t.p.v. perceelgrens (12-2)	2.5	Open ontgr.	A3						
75	12		10	Sloot t.p.v. perceelgrens (12-3)	2.5	Open ontgr.	A3						
76	13		15	Sloot t.p.v. perceelgrens (13-1)	2.5	Open ontgr.	A3						
77	13		10	Sloot t.p.v. perceelgrens (13-2)	2.5	Open ontgr.	A3						
78	13		10	Sloot t.p.v. perceelgrens (13-3)	2.5	Open ontgr.	A3						
79	13		15	Verharde weg (Toegangsweg Locatie Moddergat)	2.5	Open ontgr.	A2						

BIJLAGE B SONDERINGEN



Conusserienummer: 001424

Conustype: cylindrisch elektrisch SUB-15

Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1 klasse 3

NAM tracé

Ternaard-Moddergat

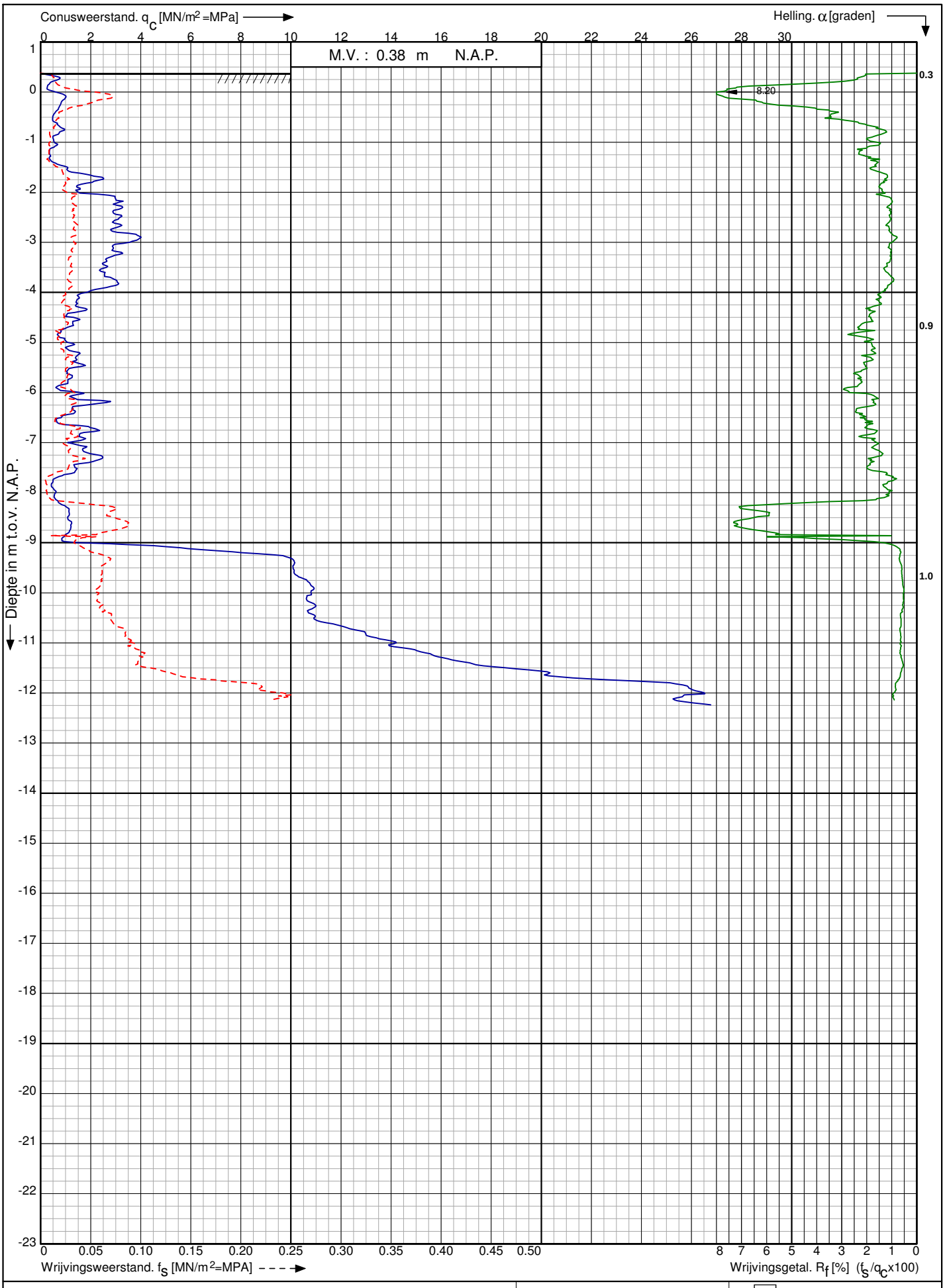
RD-coördinaten : X = 194851.783 Y = 600373.175

Opdr. nr. : 2016-308

Datum uitv. : 21-4-2016

Sond. nr. : 6

KOOPS GRONDMECHANICA 0522-260084



Conusserienummer: 001424

Conustype: cylindrisch elektrisch SUB-15

Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1 klasse 3

NAM tracé

Ternaard-Moddergat

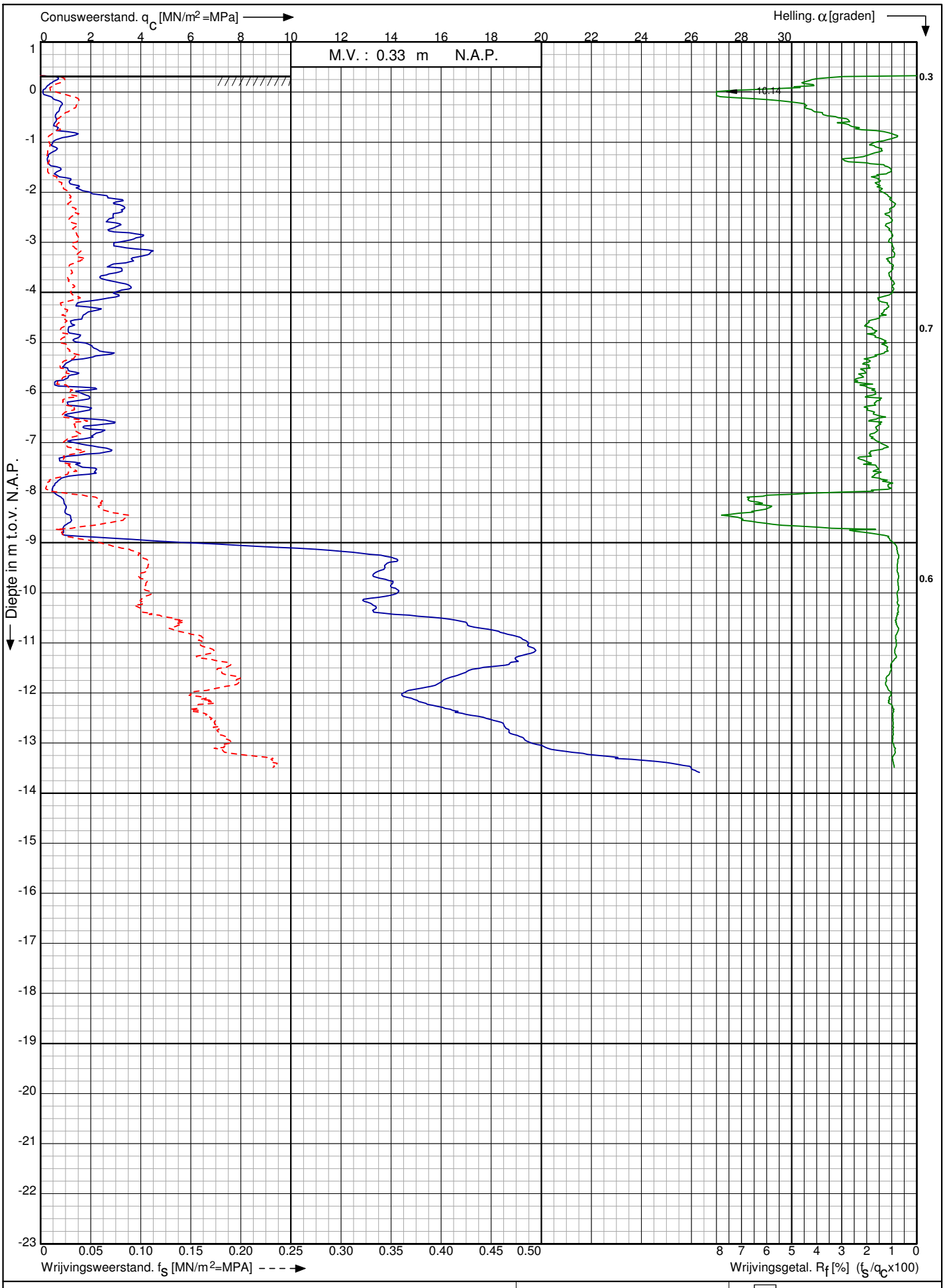
RD-coördinaten : X = 196332.386 Y = 600324.972

Opdr. nr. : 2016-308

Datum uitv. : 22-4-2016

Sond. nr. : 7

KOOPS GRONDMECHANICA 0522-260084



NAM tracé

Ternaard-Moddergat

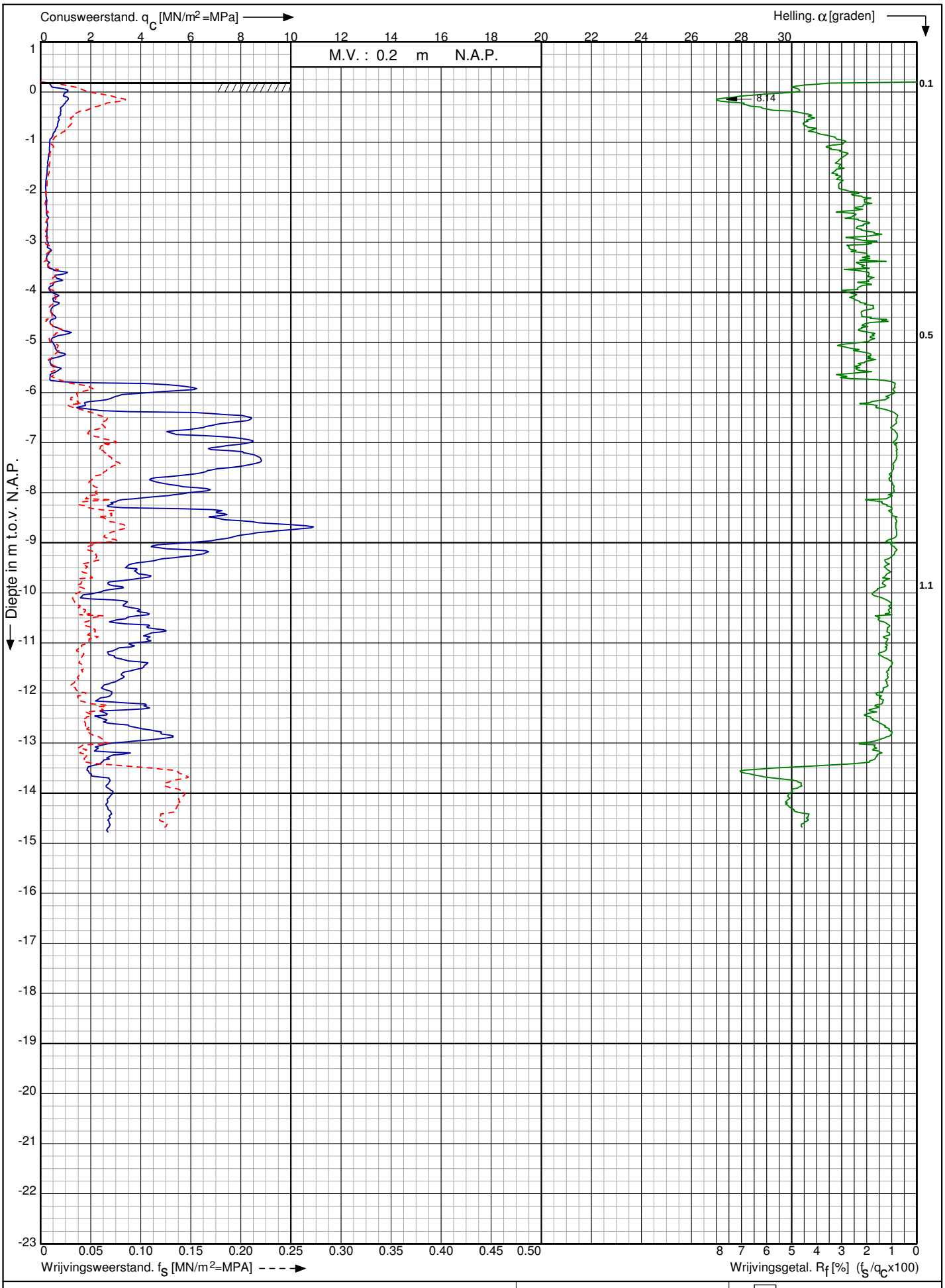
RD-coördinaten : X = 196363.003 Y = 600318.353

Opdr. nr. : 2016-308

Datum uitv. : 22-4-2016

Sond. nr. : 8

KOOPS GRONDMECHANICA 0522-260084



Conusserienummer: 001424

Conustype: cylindrisch elektrisch SUB-15

Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1 klasse 3

NAM tracé

Ternaard-Moddergat

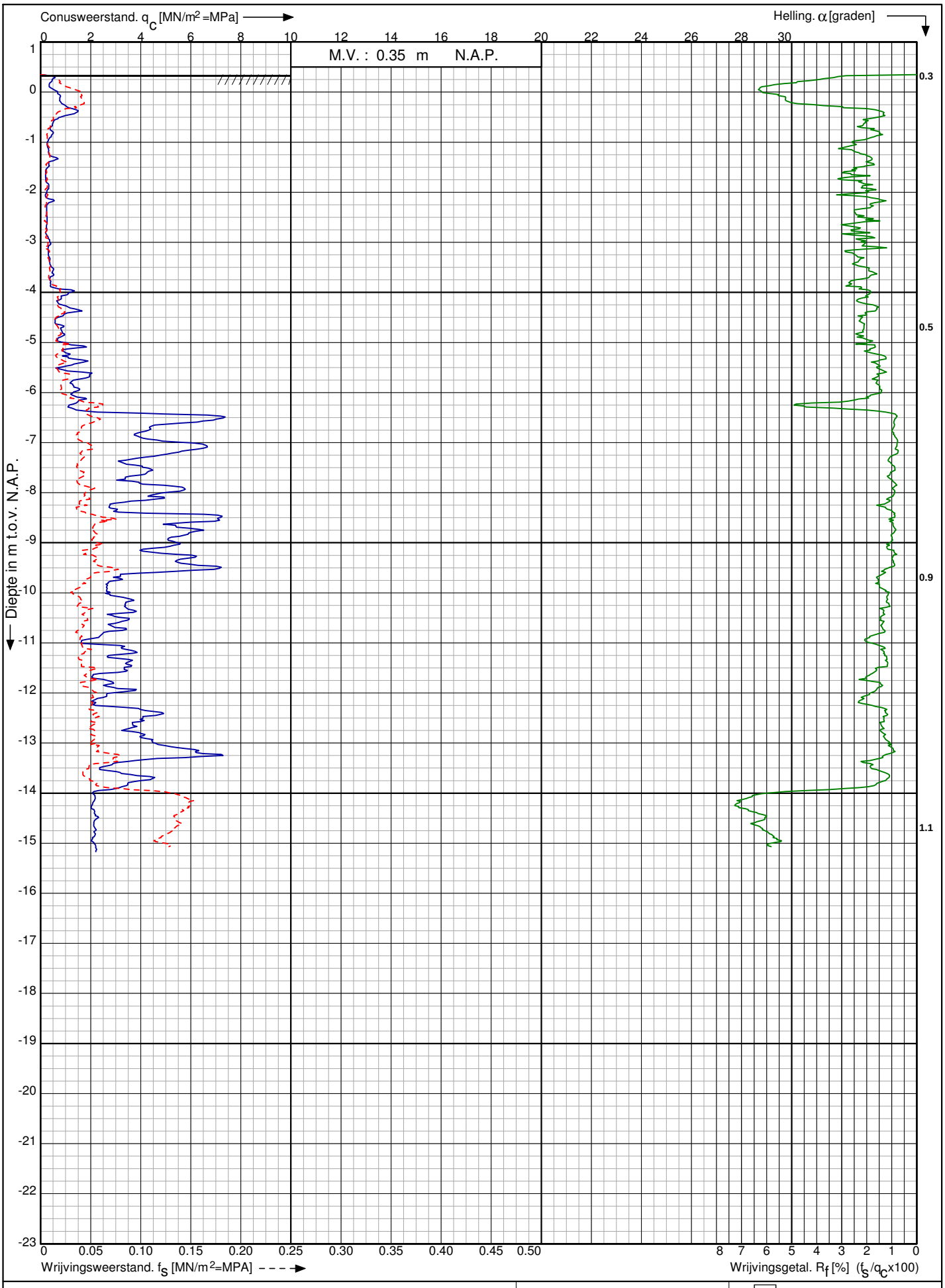
RD-coördinaten : X = 197330.732 Y = 600309.647

Opdr. nr. : 2016-308

Datum uitv. : 21-4-2016

Sond. nr. : 9

KOOPS GRONDMECHANICA 0522-260084



Conusserienummer: 001424

Conustype: cylindrisch elektrisch SUB-15

Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1 klasse 3

NAM tracé

Ternaard-Moddergat

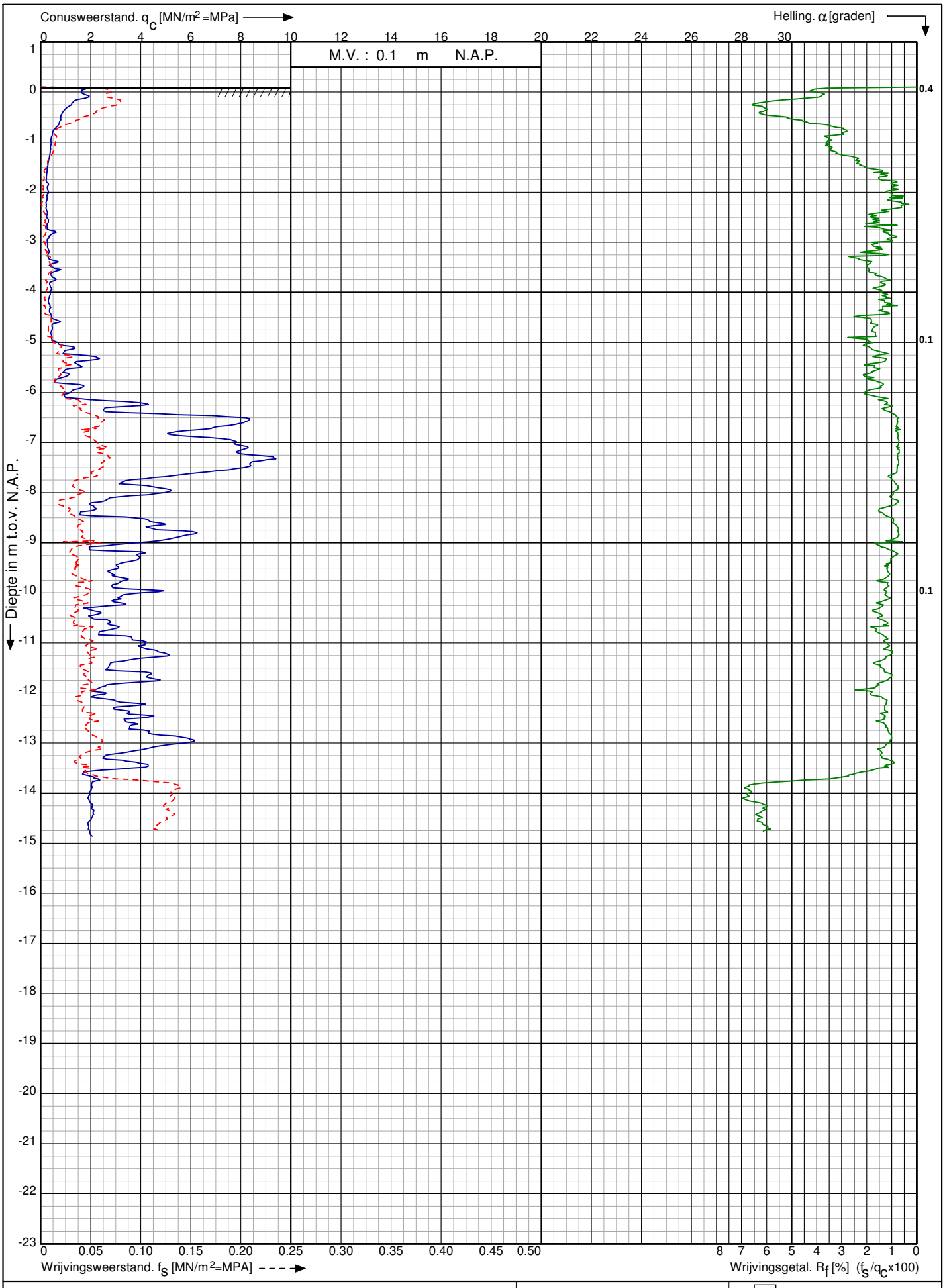
RD-coördinaten : X = 197374.011 Y = 600313.099

Opdr. nr. : 2016-308

Datum uitv. : 22-4-2016

Sond. nr. : 10

KOOPS GRONDMECHANICA 0522-260084



Conusserienummer: 001424

Conustype: cylindrisch elektrisch SUB-15

Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1 klasse 3

NAM tracé

Ternaard-Moddergat

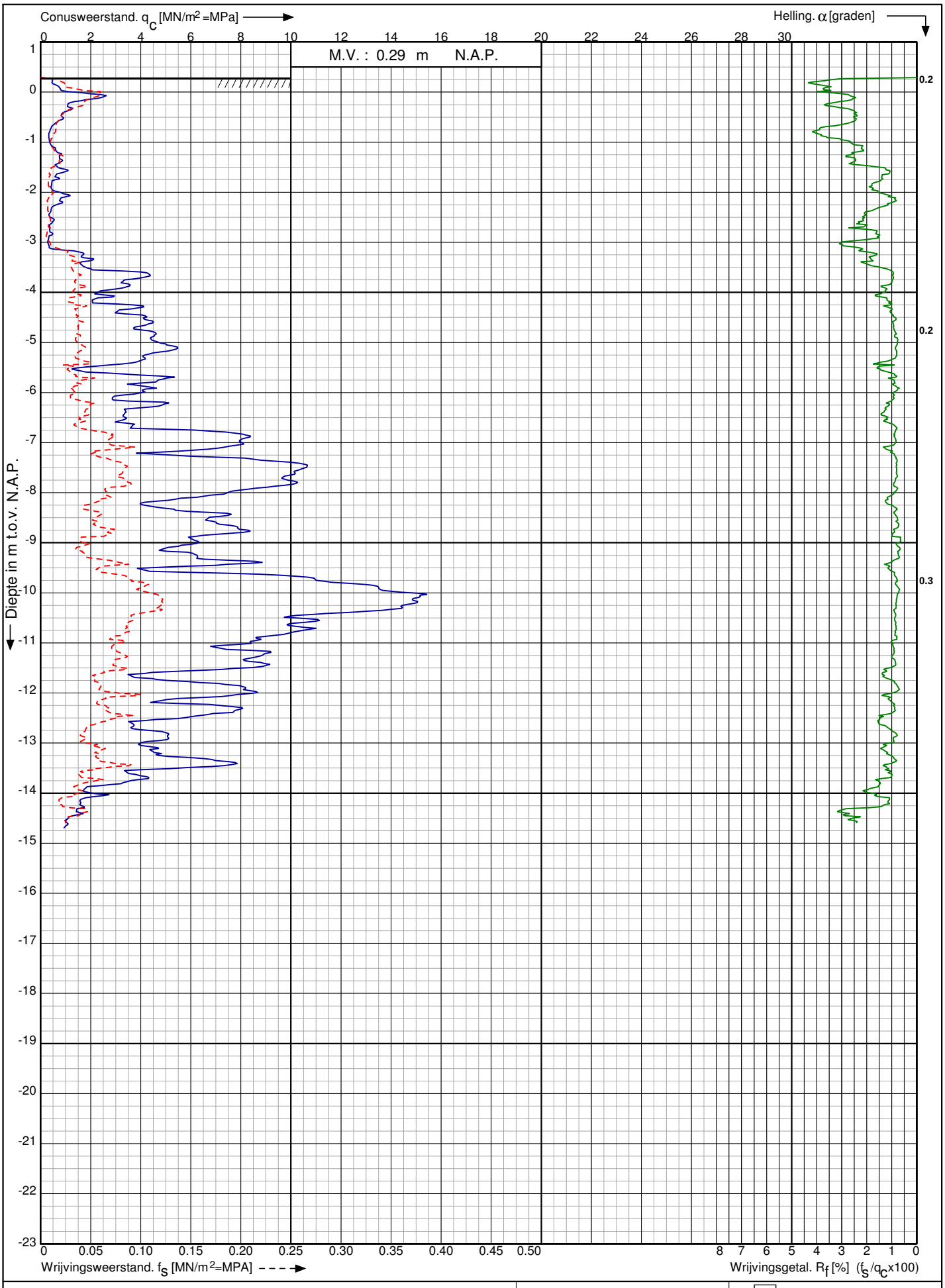
RD-coördinaten : X = 197353.089 Y = 600320.432

Opdr. nr. : 2016-308

Datum uitv. : 22-4-2016

Sond. nr. : 11

KOOPS GRONDMECHANICA 0522-260084



NAM tracé

Ternaard-Moddergat

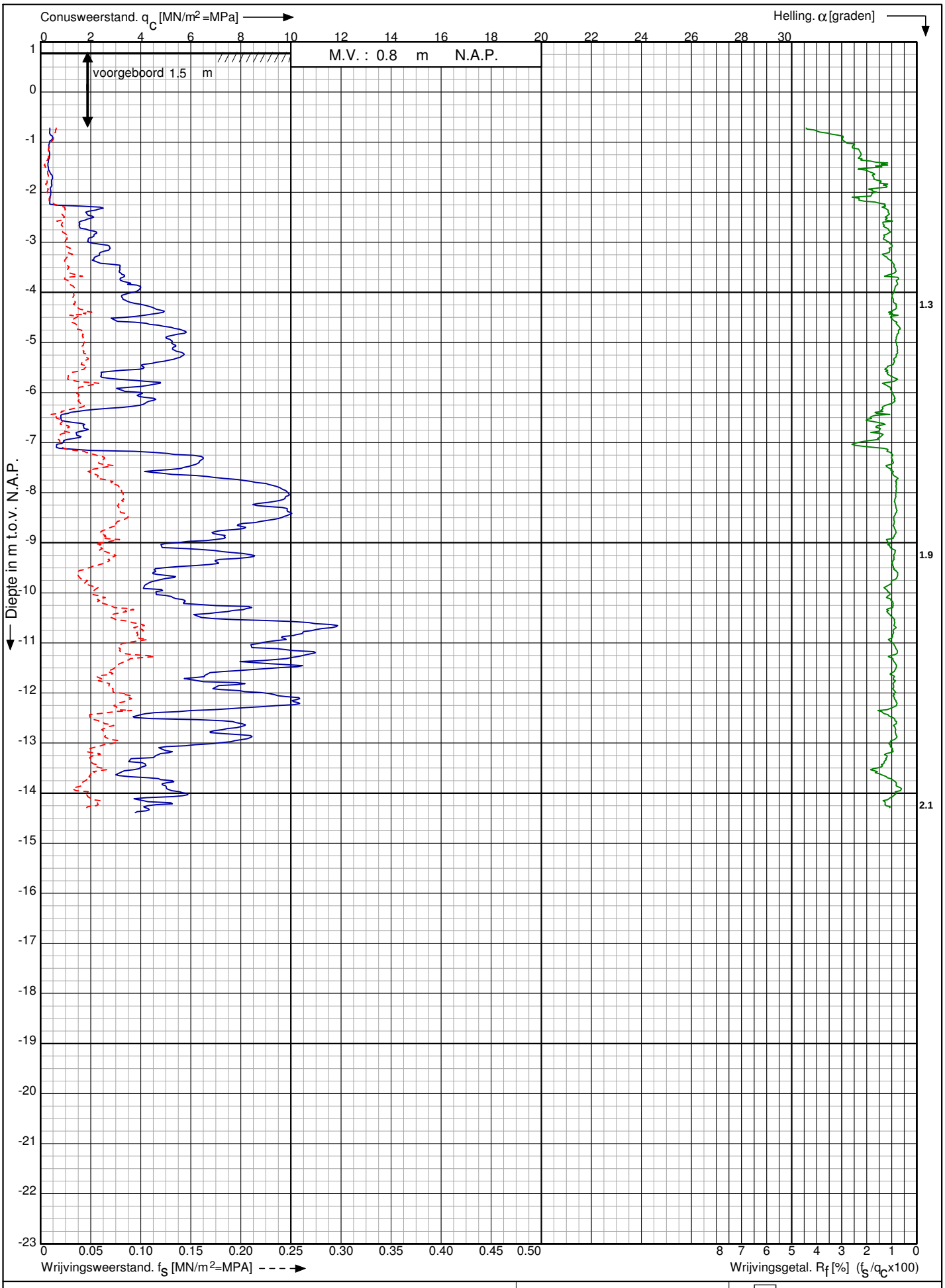
RD-coördinaten : X = 197555.660 Y = 600312.479

Opdr. nr. : 2016-308

Datum uitv. : 21-4-2016

Sond. nr. : 12

KOOPS GRONDMECHANICA 0522-260084



Conusserienummer: 001424

Conustype: cylindrisch elektrisch SUB-15

Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1 klasse 3

NAM tracé

Ternaard-Moddergat

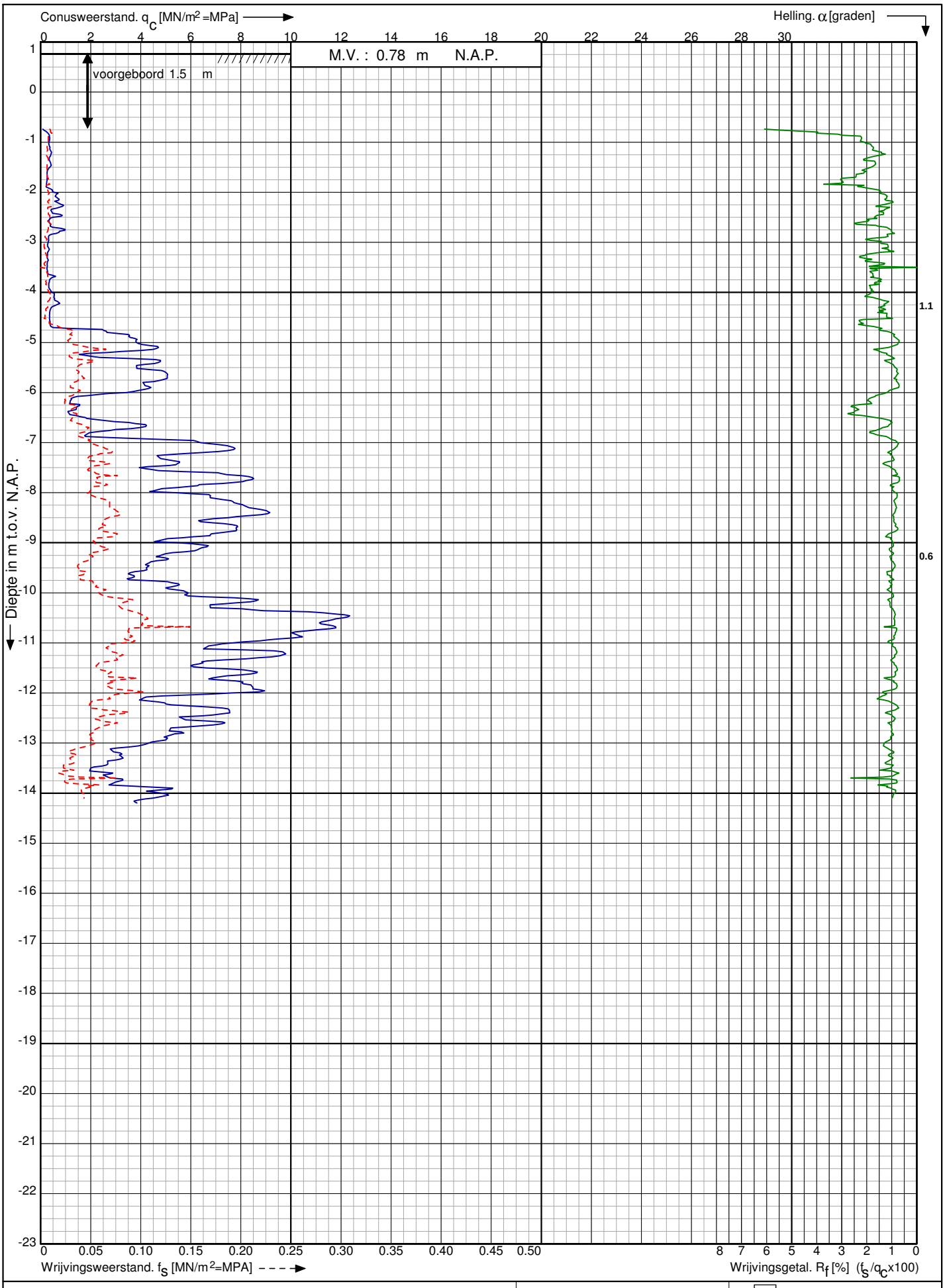
RD-coördinaten : X = 197605.879 Y = 600312.649

Opdr. nr. : 2016-308

Datum uitv. : 21-4-2016

Sond. nr. : 13

KOOPS GRONDMECHANICA 0522-260084



Conusserienummer: 001424

Conustype: cylindrisch elektrisch SUB-15

Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1 klasse 3

NAM tracé

Ternaard-Moddergat

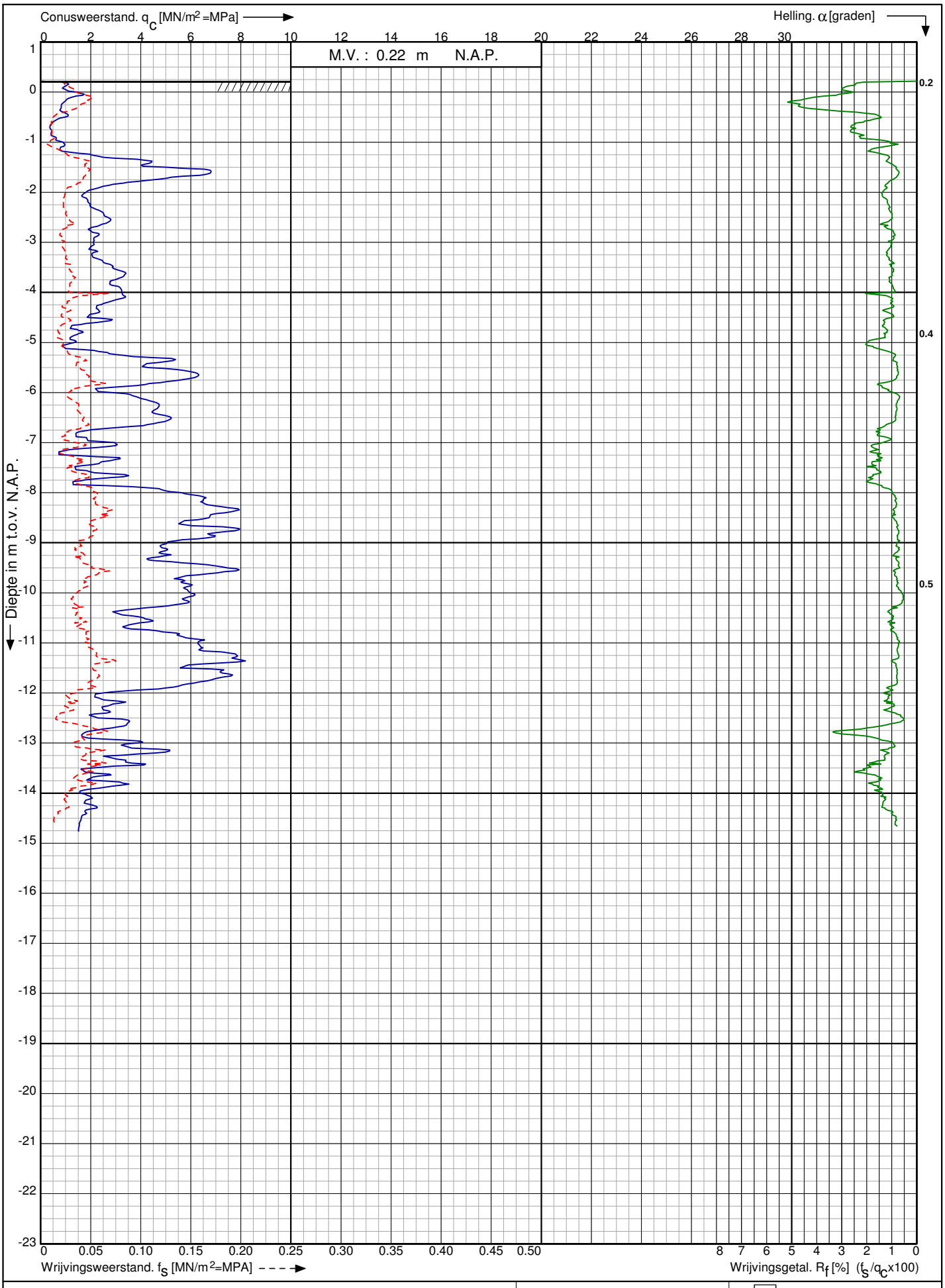
RD-coördinaten : X = 197589.849 Y = 600317.682

Opdr. nr. : 2016-308

Datum uitv. : 21-4-2016

Sond. nr. : 14

KOOPS GRONDMECHANICA 0522-260084



Conusserienummer: 001424

Conustype: cylindrisch elektrisch SUB-15

Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1 klasse 3

NAM tracé

Ternaard-Moddergat

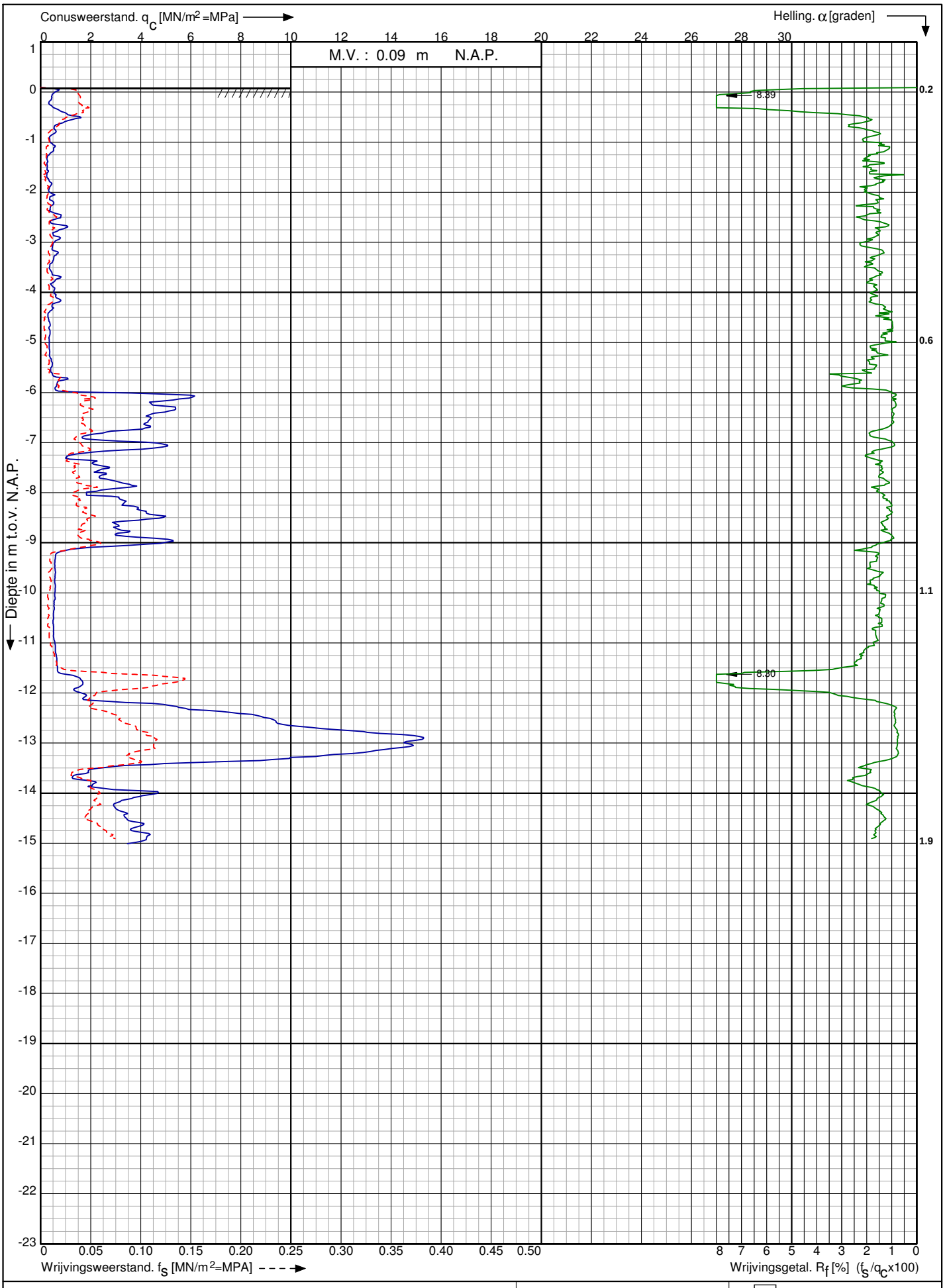
RD-coördinaten : X = 197659.321 Y = 600314.542

Opdr. nr. : 2016-308

Datum uitv. : 21-4-2016

Sond. nr. : 15

KOOPS GRONDMECHANICA 0522-260084



Conusserienummer: 001424

Conustype: cylindrisch elektrisch SUB-15

Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1 klasse 3

NAM tracé

Ternaard-Moddergat

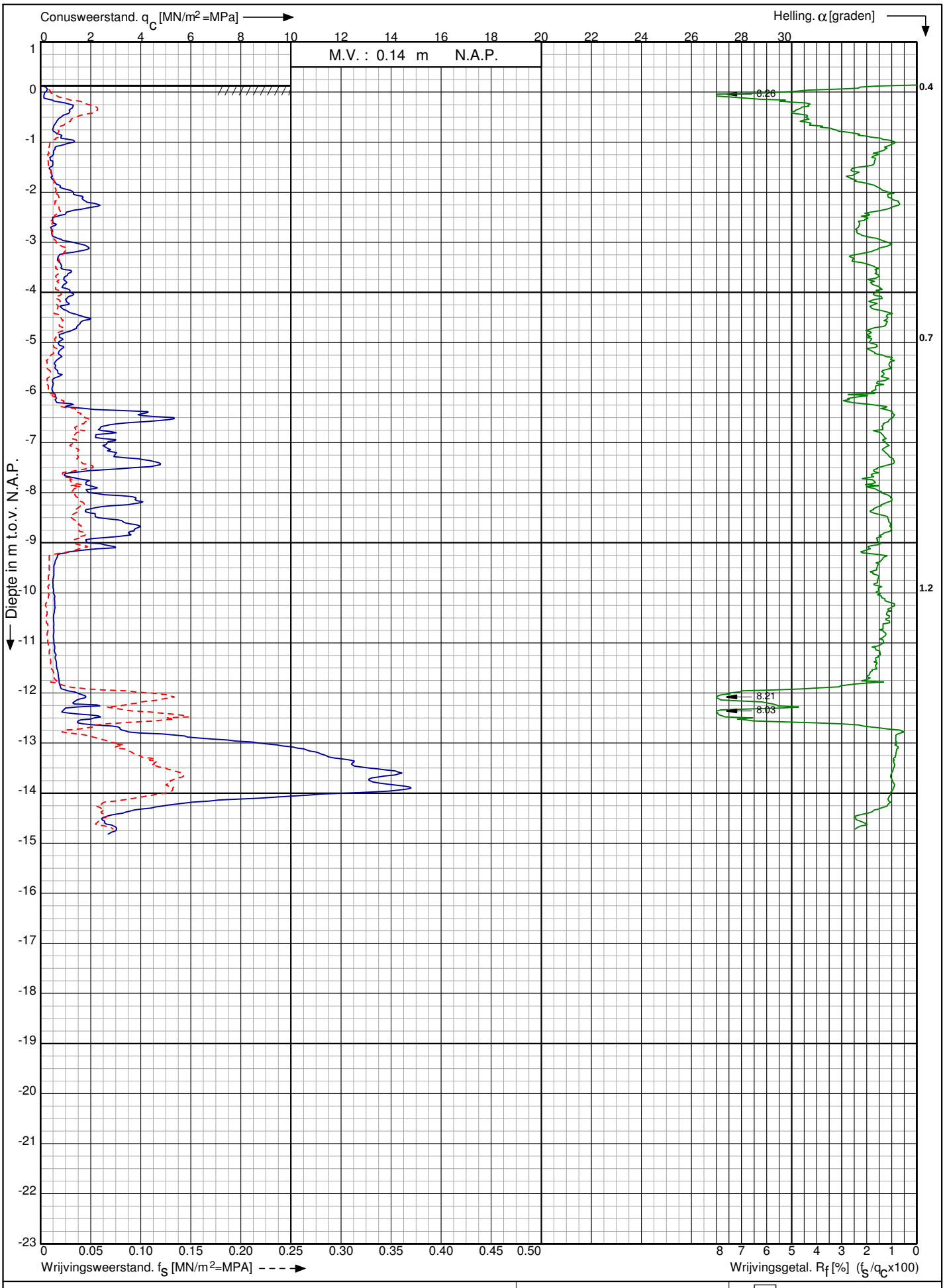
RD-coördinaten : X = 198005.090 Y = 600347.622

Opdr. nr. : 2016-308

Datum uitv. : 22-4-2016

Sond. nr. : 16

KOOPS GRONDMECHANICA 0522-260084



Conusserienummer: 001424

Conustype: cylindrisch elektrisch SUB-15

Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1 klasse 3

NAM tracé

Ternaard-Moddergat

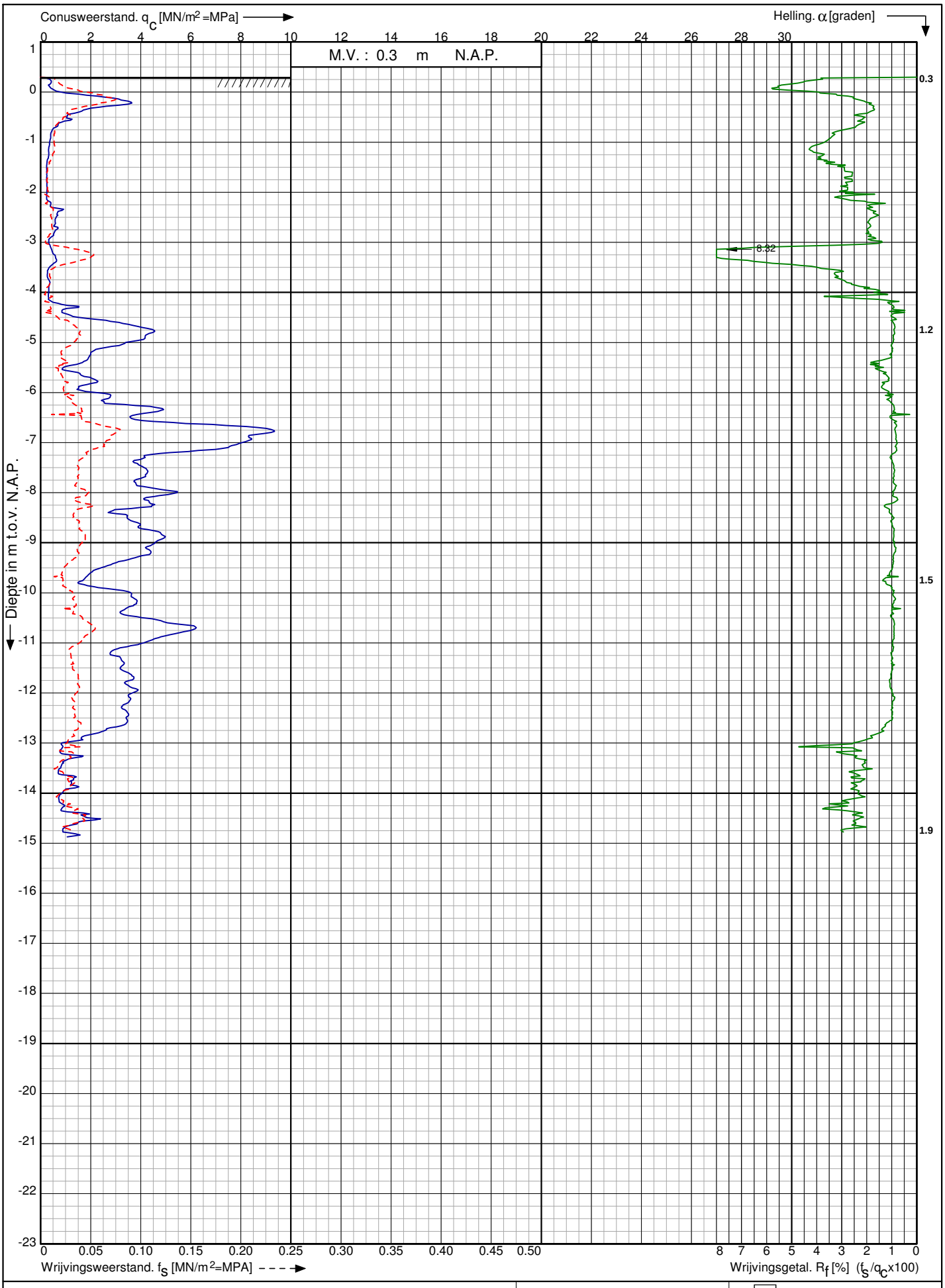
RD-coördinaten : X = 198036.204 Y = 600348.308

Opdr. nr. : 2016-308

Datum uitv. : 21-4-2016

Sond. nr. : 17

KOOPS GRONDMECHANICA 0522-260084



Conusserienummer: 001424

Conustype: cylindrisch elektrisch SUB-15

Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1 klasse 3

NAM tracé

Ternaard-Moddergat

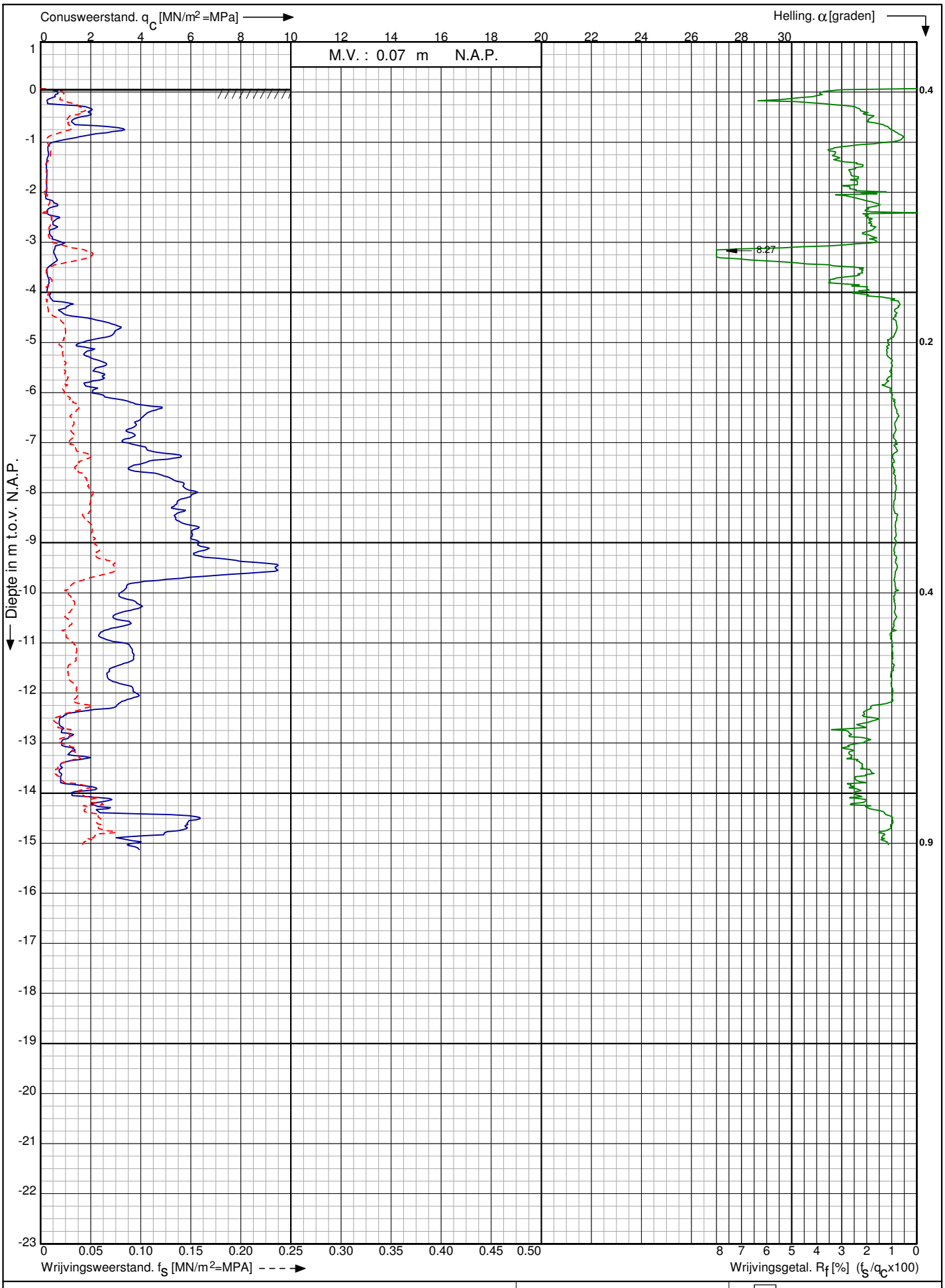
RD-coördinaten : X = 198487.463 Y = 6005505.857

Opdr. nr. : 2016-308

Datum uitv. : 22-4-2016

Sond. nr. : 19

KOOPS GRONDMECHANICA 0522-260084



Conusserienummer: 001424

Conustype: cylindrisch elektrisch SUB-15

Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1 klasse 3

NAM tracé

Ternaard-Moddergat

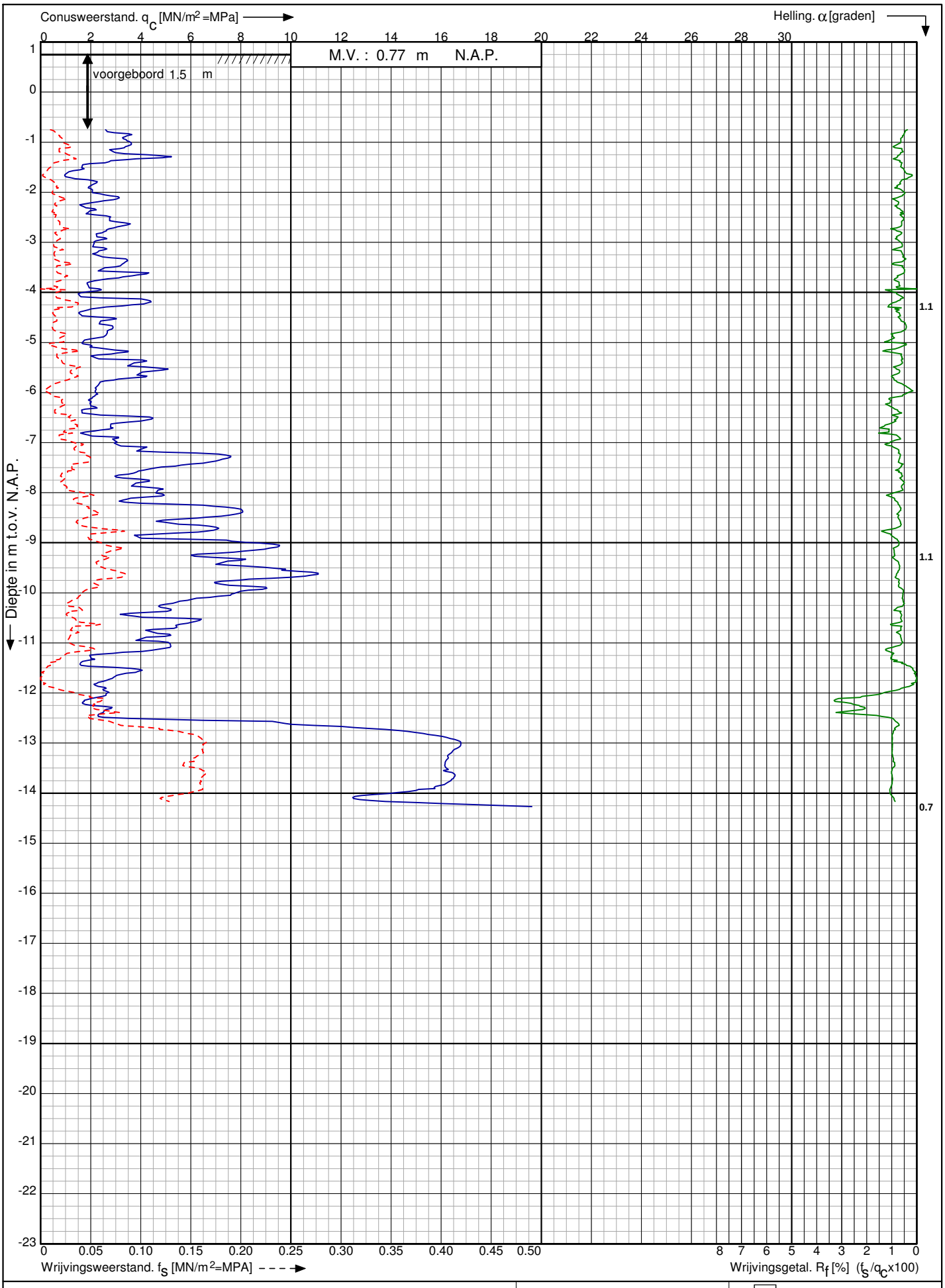
RD-coördinaten : X = 198473.279 Y = 600489.311

Opdr. nr. : 2016-308

Datum uitv. : 22-4-2016

Sond. nr. : 20

KOOPS GRONDMECHANICA 0522-260084



Conusserienummer: 001424

Conustype: cylindrisch elektrisch SUB-15

Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1 klasse 3

NAM tracé

Ternaard-Moddergat

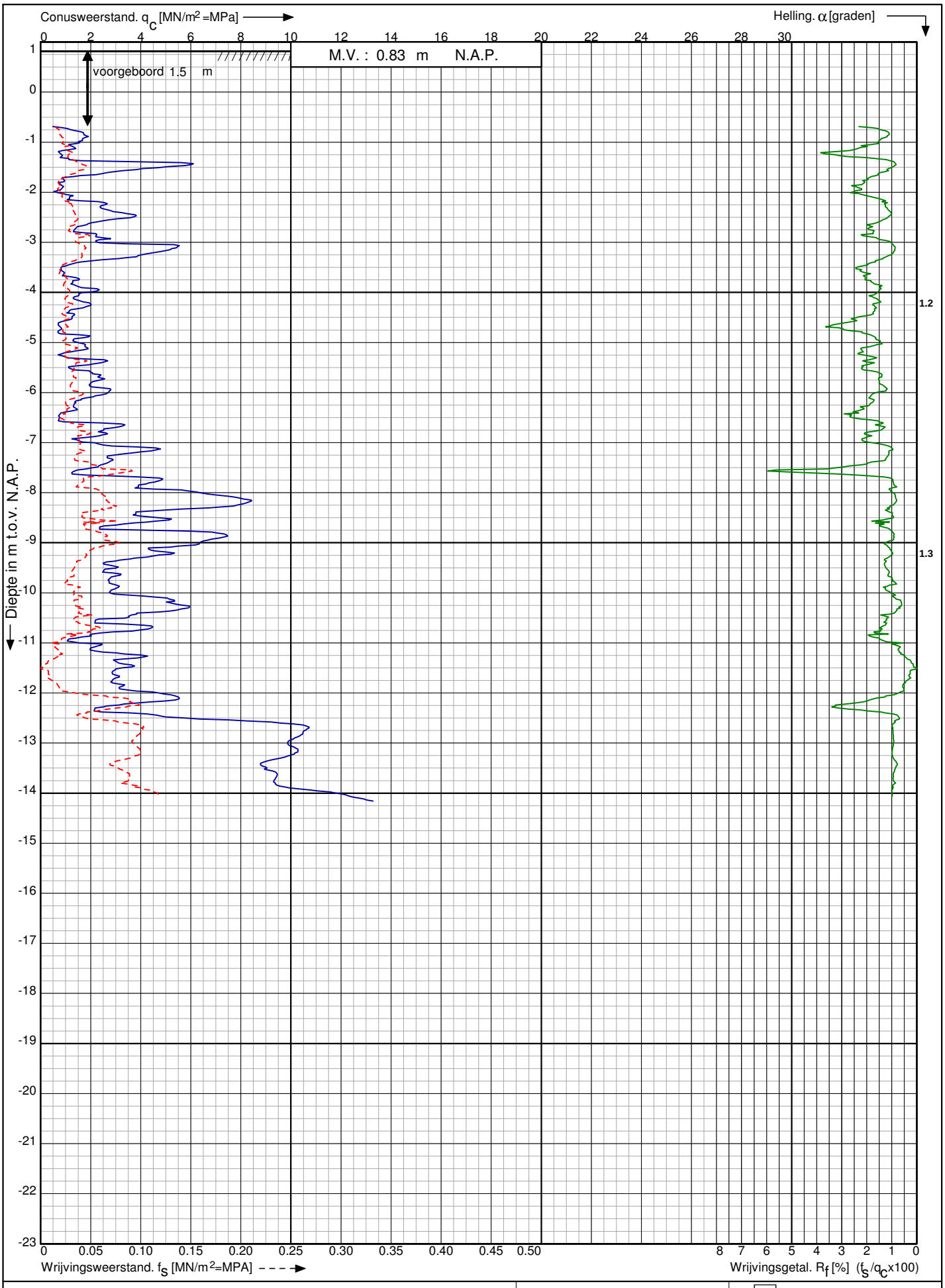
RD-coördinaten : X = 199363.783 Y = 600814.830

Opdr. nr. : 2016-308

Datum uitv. : 21-4-2016

Sond. nr. : 21

KOOPS GRONDMECHANICA 0522-260084



Conusserienummer: 001424

Conustype: cylindrisch elektrisch SUB-15

Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1 klasse 3

NAM tracé

Ternaard-Moddergat

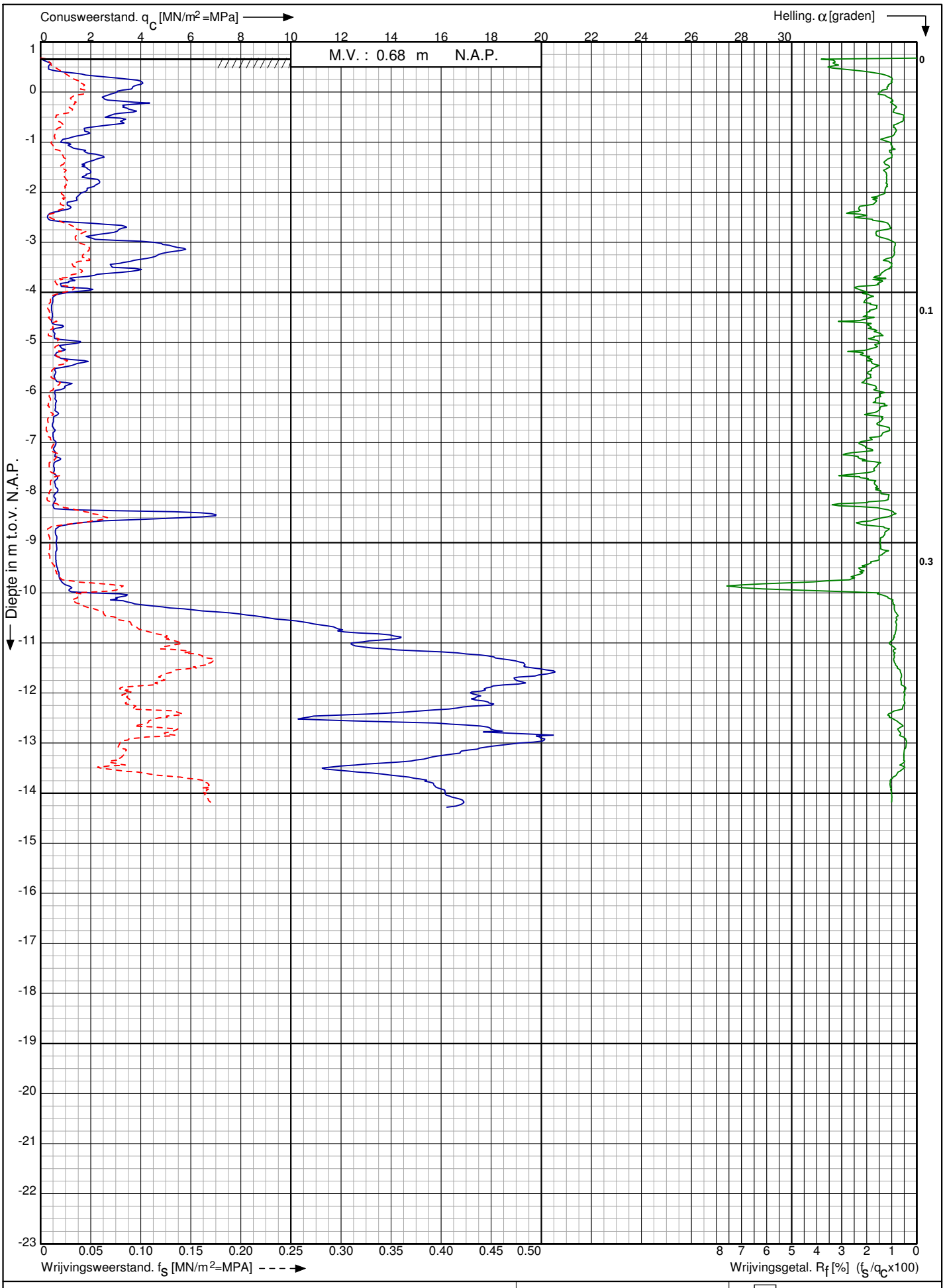
RD-coördinaten : X = 199374.161 Y = 600814.347

Opdr. nr. : 2016-308

Datum uitv. : 21-4-2016

Sond. nr. : 22

KOOPS GRONDMECHANICA 0522-260084



NAM tracé

Ternaard-Moddergat

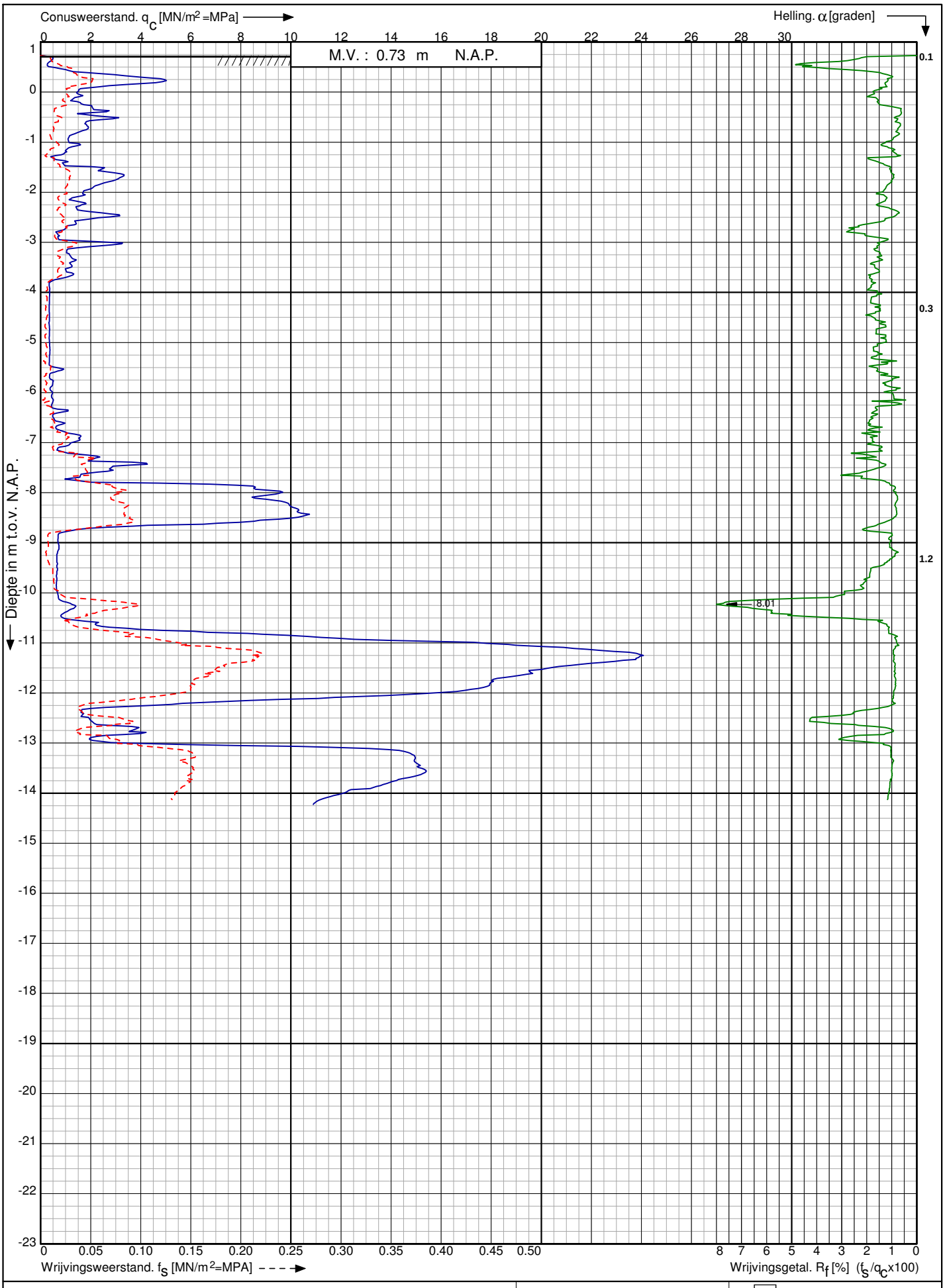
RD-coördinaten : X = 199668.352 Y = 601133.614

Opdr. nr. : 2016-308

Datum uitv. : 21-4-2016

Sond. nr. : 23

KOOPS GRONDMECHANICA 0522-260084



Conusserienummer: 001424

Conustype: cylindrisch elektrisch SUB-15

Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1 klasse 3

NAM tracé

Ternaard-Moddergat

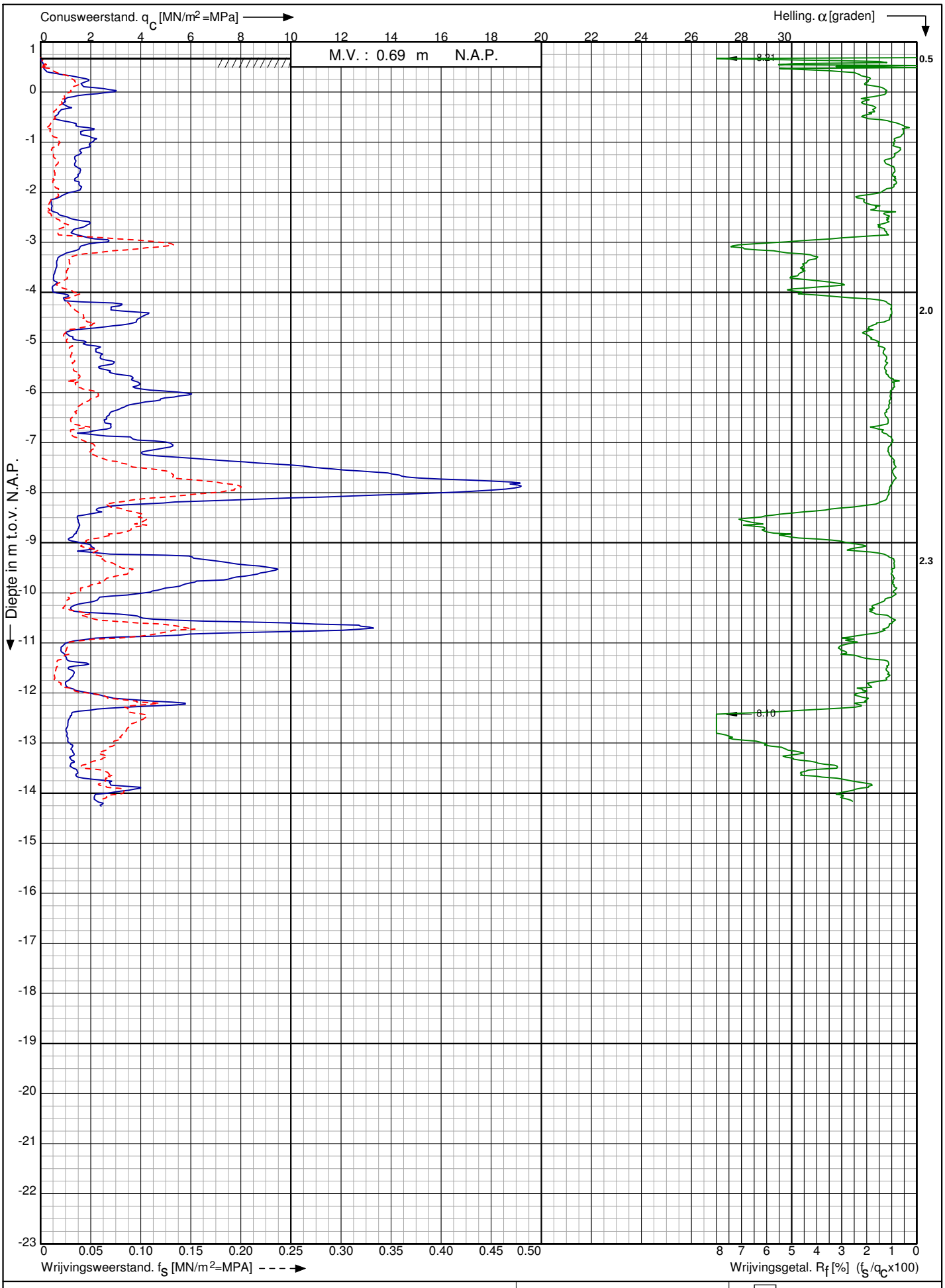
RD-coördinaten : X = 199697.022 Y = 601157.345

Opdr. nr. : 2016-308

Datum uitv. : 21-4-2016

Sond. nr. : 24

KOOPS GRONDMECHANICA 0522-260084



Conusserienummer: 001424

Conustype: cylindrisch elektrisch SUB-15

Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1 klasse 3

NAM tracé

Ternaard-Moddergat

RD-coördinaten : X = 200328.567 Y = 602015.199

Opdr. nr. : 2016-308

Datum uitv. : 21-4-2016

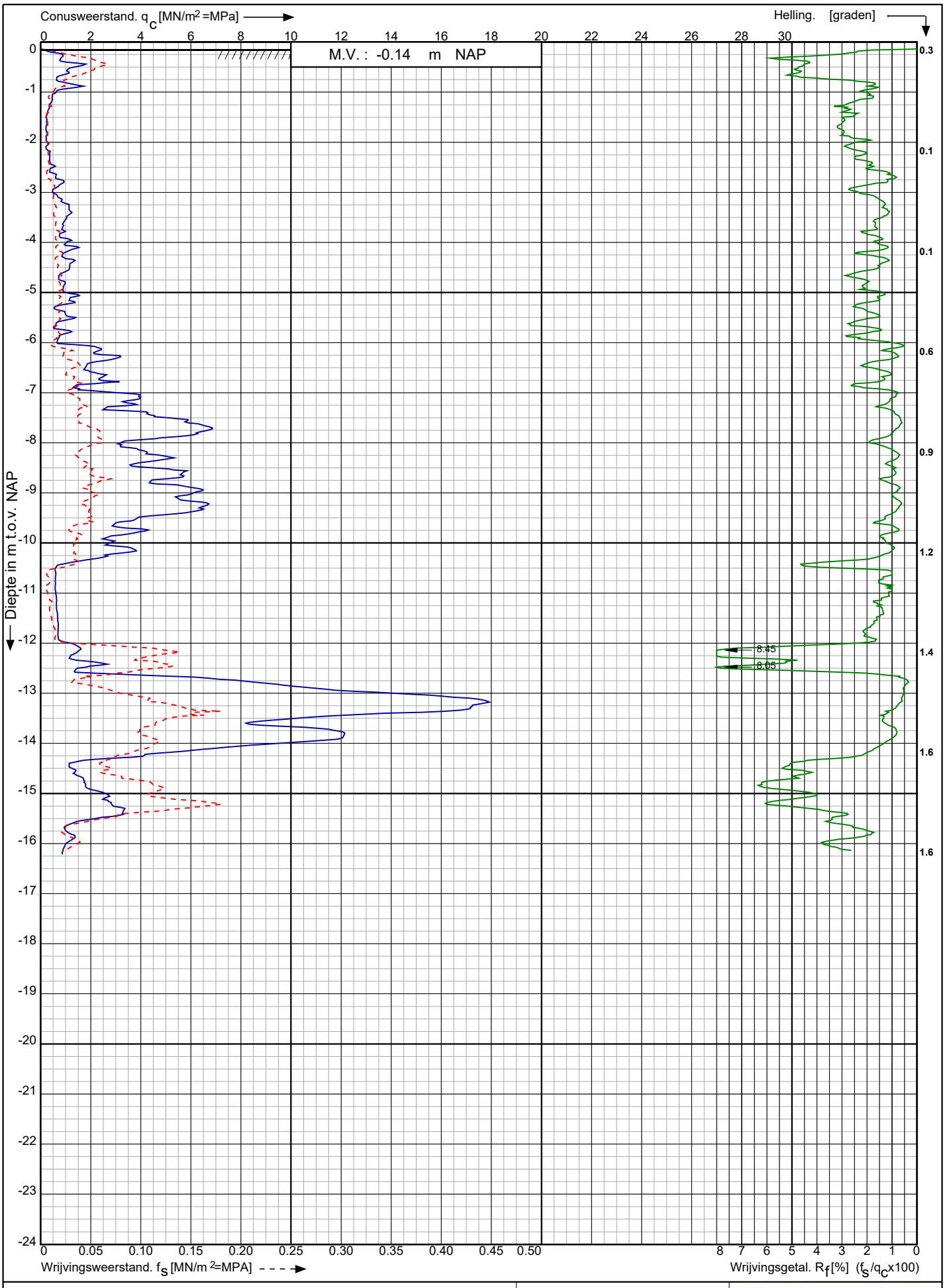
Sond. nr. : 25

KOOPS GRONDMECHANICA 0522-260084

N

K011
K010
K009
K008
K007
K006
K005
K004
K003

Wierum
Nes
Penemazathe
Bollingwier
Bollingawier
Oosternijkerk
Eastermijtsjerk
De Hoard
Wie
Ryperhuizen
Ryperhuizerweg
Dykstreek
Dykstreek
Dykvaart
Dykvaart
Nessterweg
Wierumerweg
Dykstreek
Nesserweg
Nesserweg
Nesserweg



Conusserienummer: 070178

Conustype: cylindrisch elektrisch P15-CFII-15

Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1 klasse 2

Aanleg 12" gasleiding Ternaard-200-Moddergat-1 te Ternaard Moddergat

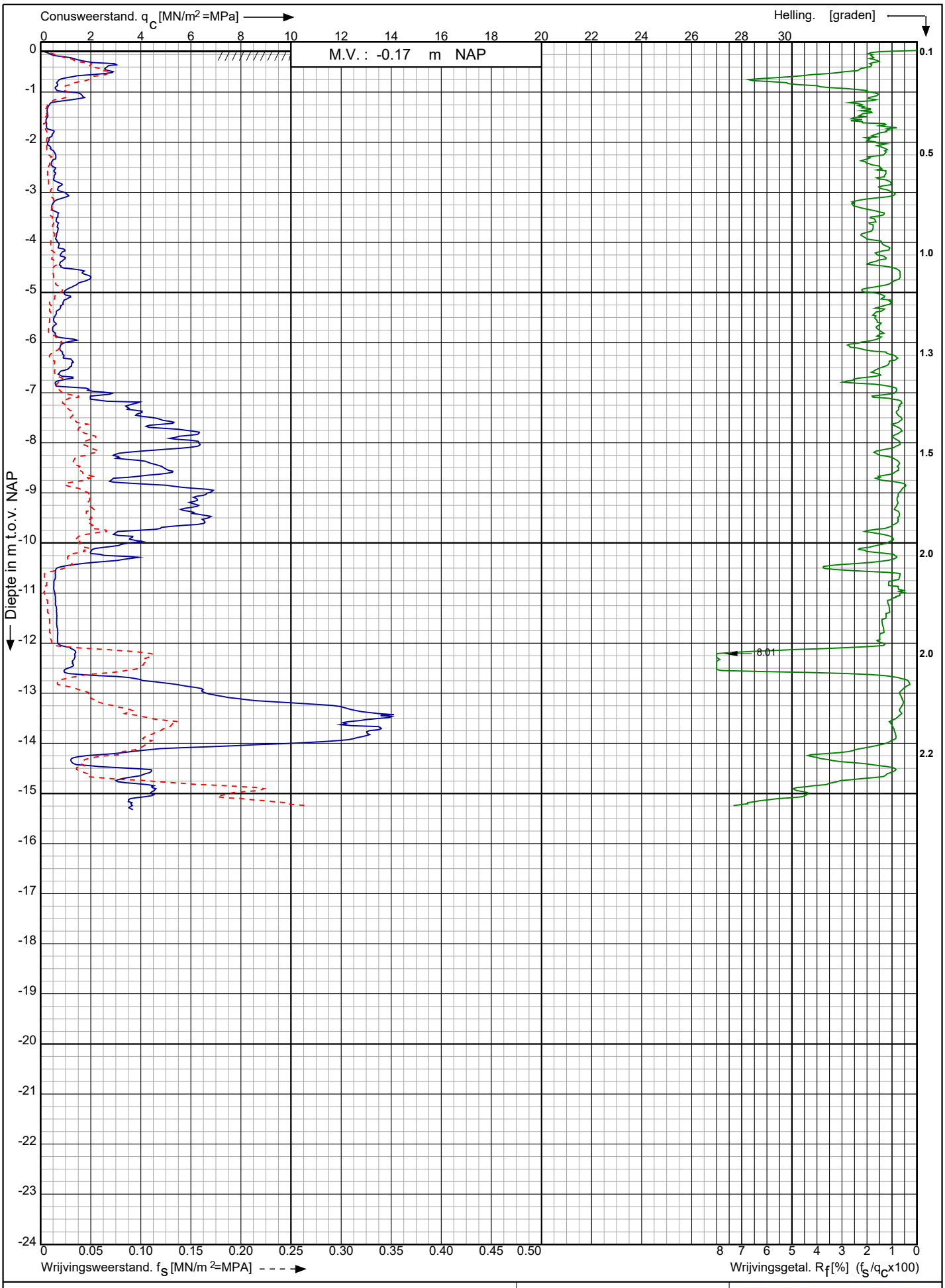
RD-coördinaten : X = 198016.10 Y = 600311.26

Opdr. nr. : 2020-1884

Datum uitv. : 5-11-2020

Sond. nr. : 1

Koops grondmechanica 0522 - 260 084



Conusserienummer: 070178

Conustype: cylindrisch elektrisch P15-CFII-15

Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1 klasse 2

Aanleg 12" gasleiding Ternaard-200-Moddergat-1 te

Ternaard Moddergat

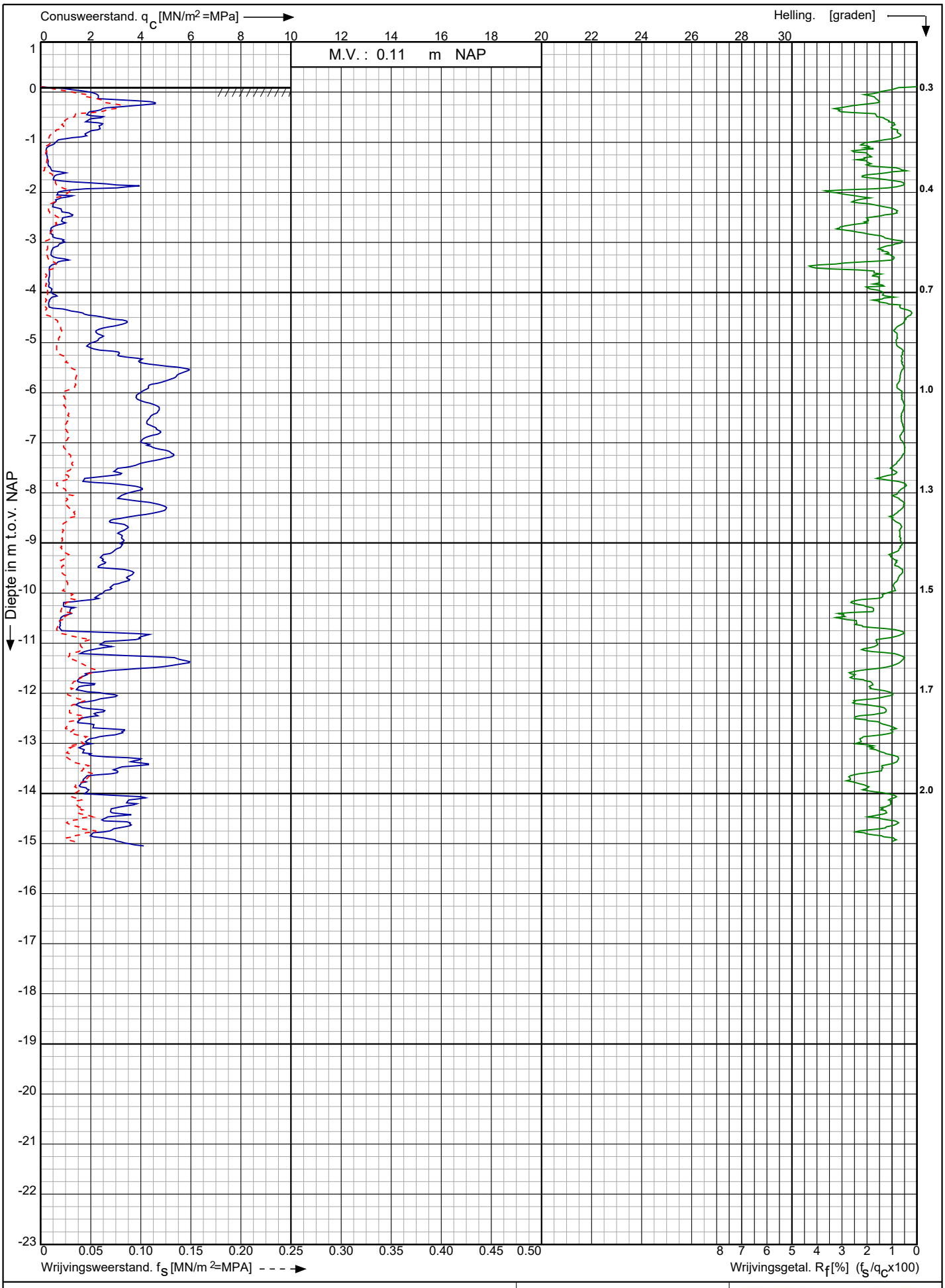
RD-coördinaten : X = 198045.28 Y = 600309.16

Opdr. nr. : 2020-1884

Datum uitv. : 5-11-2020

Sond. nr. : 2

Koops grondmechanica
0522 - 260 084



Aanleg 12" gasleiding Ternaard-200-Moddergat-1 te

Ternaard Moddergat

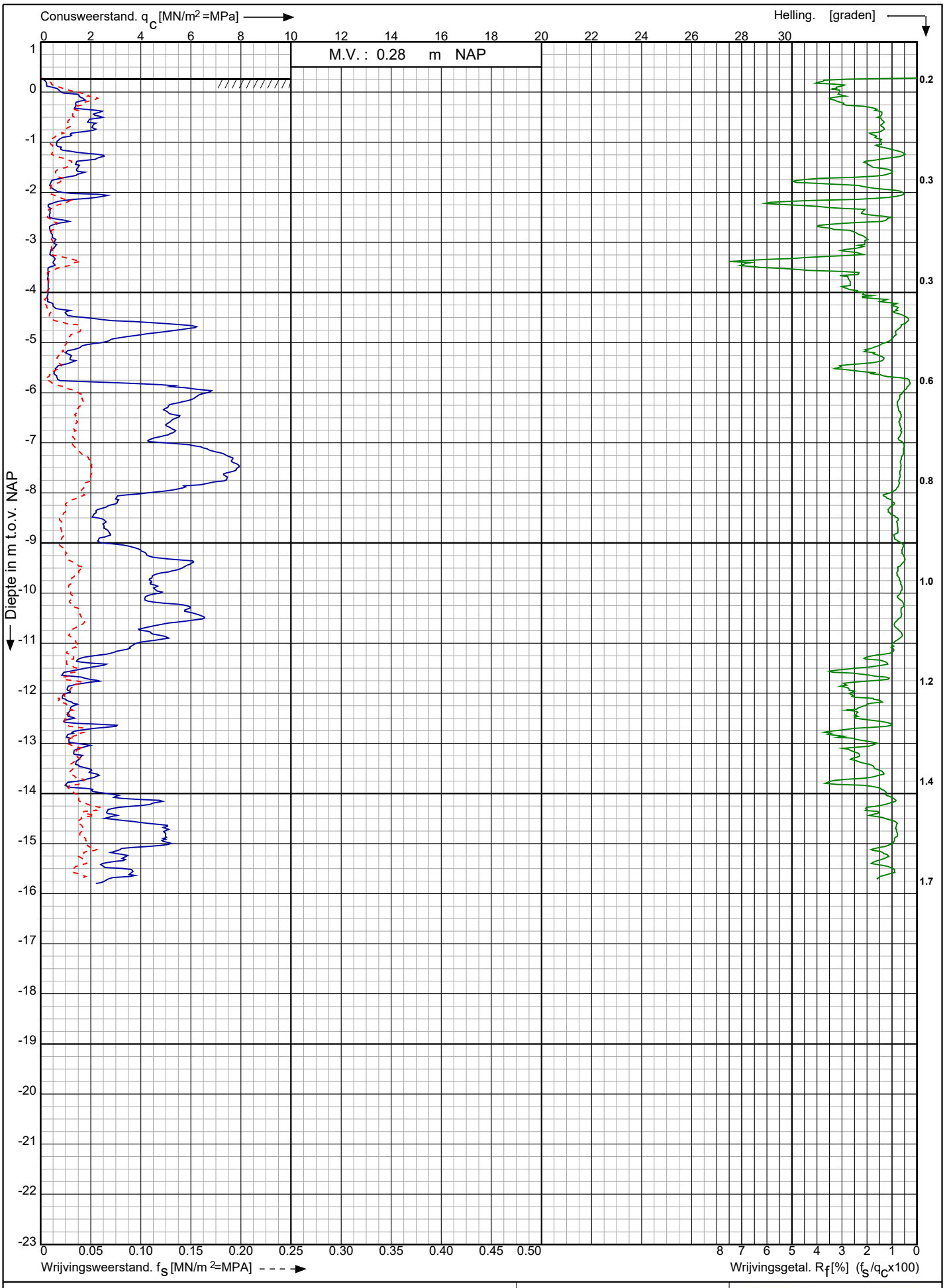
RD-coördinaten : X = 198419.73 Y = 600437.57

Opdr. nr. : 2020-1884

Datum uitv. : 5-11-2020

Sond. nr. : 3

Koops grondmechanica
0522 - 260 084



Aanleg 12" gasleiding Ternaard-200-Moddergat-1 te

Ternaard Moddergat

RD-coördinaten : X = 198457.43 Y = 600433.98

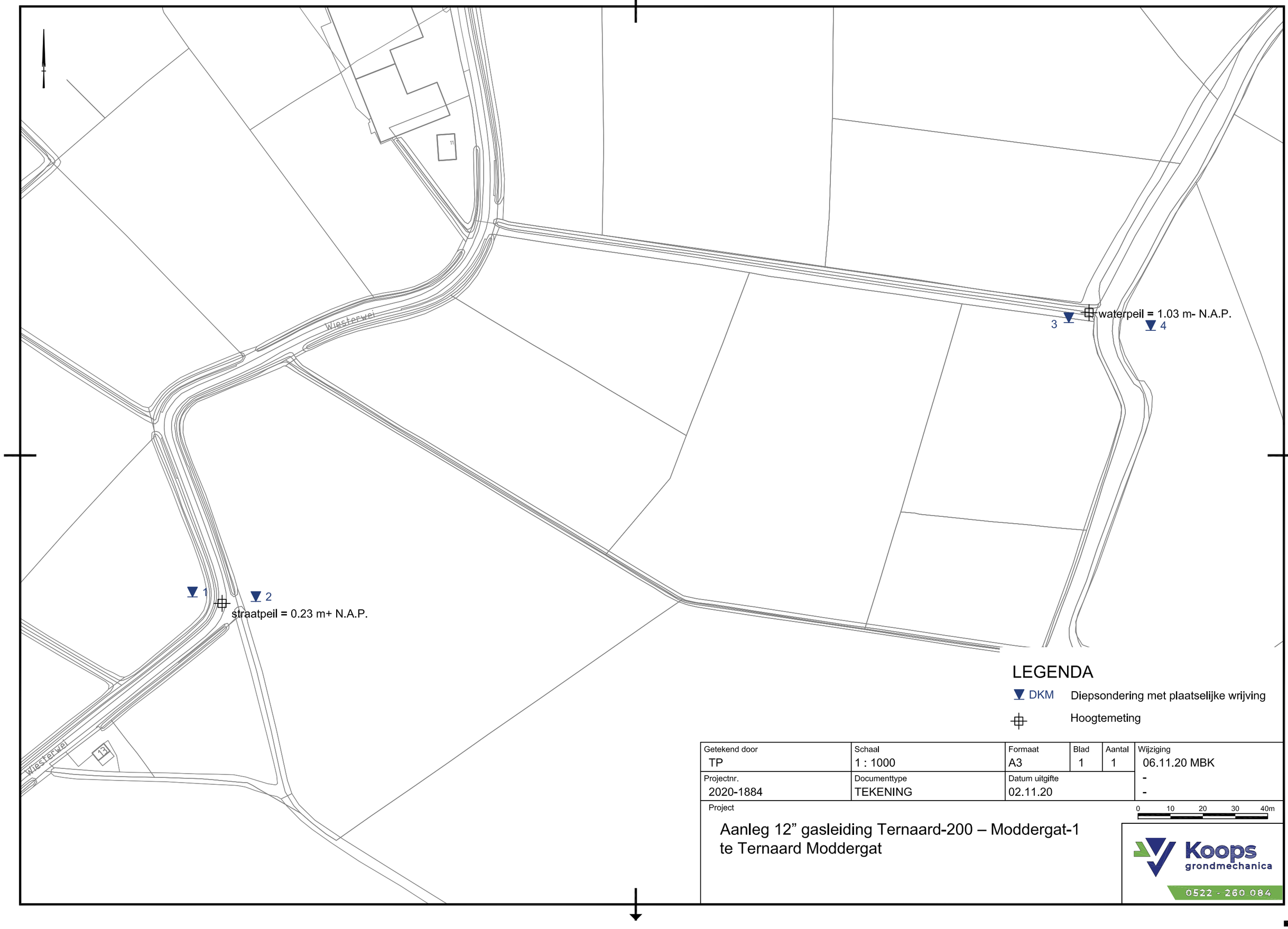
Opdr. nr. : 2020-1884

Datum uitv. : 5-11-2020

Sond. nr. : 4

Koops grondmechanica

0522 - 260 084



LEGENDA

DKM	Diepsondering met plaatselijke wrijving
	Hoogtemeting

Getekend door	Schaal	Formaat	Blad	Aantal	Wijziging
TP	1 : 1000	A3	1	1	06.11.20 MBK
Projectnr.	Documenttype	Datum uitgifte			-
2020-1884	TEKENING	02.11.20			-

Project

Aanleg 12” gasleiding Ternaard-200 – Moddergat-1 te Ternaard Moddergat

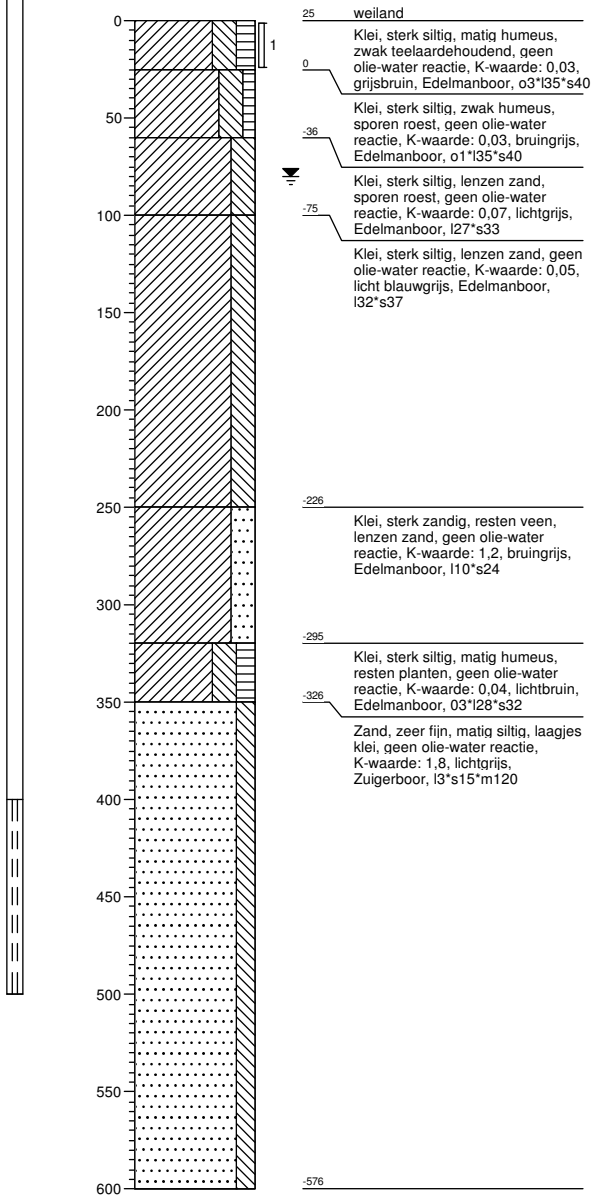
0 10 20 30 40m

Koops grondmechanica
0522 - 260 084

BIJLAGE C BOORPROFIELEN

Boring: 004006

Datum: 15-04-2016
GWS: 80
GHG: 60
GLG: 100



25 weiland

Klei, sterk siltig, matig humeus, zwak teelaardehoudend, geen olie-water reactie, K-waarde: 0,03, grijsbruin, Edelmanboor, o3*l35*s40

0

Klei, sterk siltig, zwak humeus, sporen roest, geen olie-water reactie, K-waarde: 0,03, bruingrijs, Edelmanboor, o1*l35*s40

-36

Klei, sterk siltig, lenzen zand, sporen roest, geen olie-water reactie, K-waarde: 0,07, lichtgrijs, Edelmanboor, l27*s33

-75

Klei, sterk siltig, lenzen zand, geen olie-water reactie, K-waarde: 0,05, licht blauwgrijs, Edelmanboor, l32*s37

-226

Klei, sterk zandig, resten veen, lenzen zand, geen olie-water reactie, K-waarde: 1,2, bruingrijs, Edelmanboor, l10*s24

-295

Klei, sterk siltig, matig humeus, resten planten, geen olie-water reactie, K-waarde: 0,04, lichtbruin, Edelmanboor, 03*l28*s32

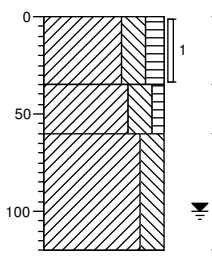
-326

Zand, zeer fijn, matig siltig, laagjes klei, geen olie-water reactie, K-waarde: 1,8, lichtgrijs, Zuigerboor, l3*s15*m120

-576

Boring: 004007

Datum: 15-04-2016
GWS: 100
GHG: 70



70 weiland

Klei, sterk siltig, matig humeus, zwak teelaardehoudend, geen olie-water reactie, K-waarde: 0,04, grijsbruin, Edelmanboor, o3*l35*s40

35

Klei, sterk siltig, zwak humeus, geen olie-water reactie, K-waarde: 0,07, bruingrijs, Edelmanboor, o1*l27*s32

10

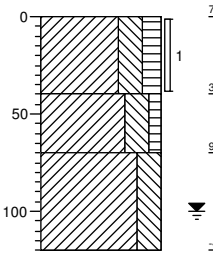
Klei, sterk siltig, sporen roest, lenzen zand, geen olie-water reactie, K-waarde: 0,07, lichtgrijs, Edelmanboor, l35*s40

-50

Projectcode: C050420002430100

Boring: 004008

Datum: 15-04-2016
GWS: 100
GHG: 70



79 weiland

Klei, sterk siltig, matig humeus, zwak teelaardehoudend, geen olie-water reactie, K-waarde: 0,04, grijsbruin, Edelmanboor, o3*l35*s40

39

Klei, sterk siltig, zwak humeus, geen olie-water reactie, K-waarde: 0,07, bruingrijs, Edelmanboor, o1*l27*s32

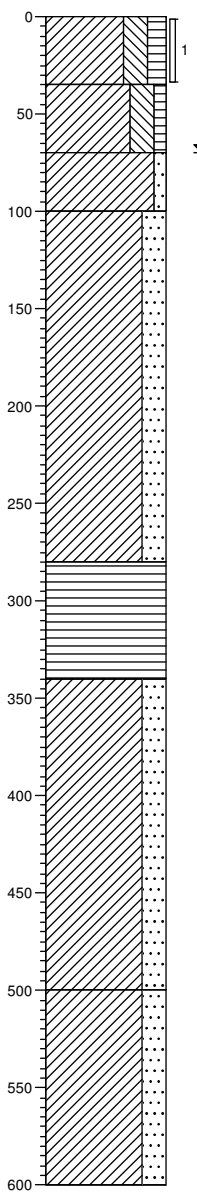
9

Klei, sterk siltig, sporen roest, lenzen zand, geen olie-water reactie, K-waarde: 0,07, lichtgrijs, Edelmanboor, l35*s40

-41

Boring: 004009

Datum: 15-04-2016
GWS: 70
GHG: 50
GLG: 100



0 weiland

Klei, sterk siltig, matig humeus, zwak teelaardehoudend, geen olie-water reactie, K-waarde: 0,04, grijsbruin, Edelmanboor, o3*l35*s40

-35

Klei, sterk siltig, zwak humeus, geen olie-water reactie, K-waarde: 0,03, bruingrijs, Edelmanboor, o1*l35*s40*t58

-70

Klei, zwak zandig, lenzen zand, sporen roest, geen olie-water reactie, K-waarde: 0,18, lichtgrijs, Edelmanboor, l23*s30*t45

-100

Klei, sterk zandig, lenzen zand, resten schelpen, geen olie-water reactie, K-waarde: 0,9, blauwgrijs, Edelmanboor, l9*s25*t38

-280

Veen, mineraalarm, resten riet, geen olie-water reactie, K-waarde: 0,03, donkerbruin, Edelmanboor, o75

-340

Klei, sterk zandig, sporen slib, laagjes zand, geen olie-water reactie, K-waarde: 1,1, lichtgrijs, Edelmanboor, l9*s22

-500

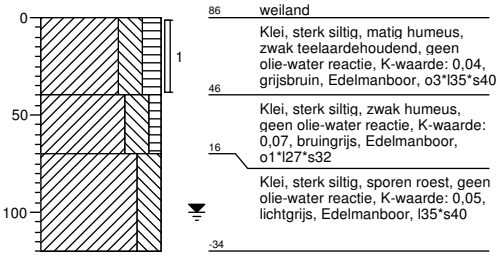
Klei, sterk zandig, sporen slib, laagjes zand, geen olie-water reactie, K-waarde: 1,1, lichtgrijs, Guts, l9*s22

-600

Projectcode: C050420002430100

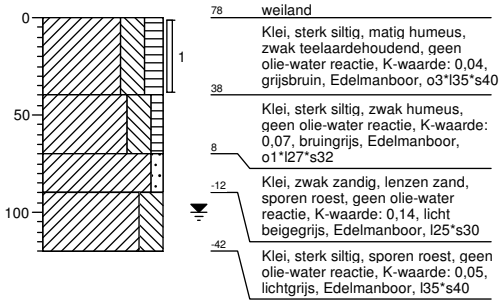
Boring: 004010

Datum: 15-04-2016
GWS: 100
GHG: 70



Boring: 004011

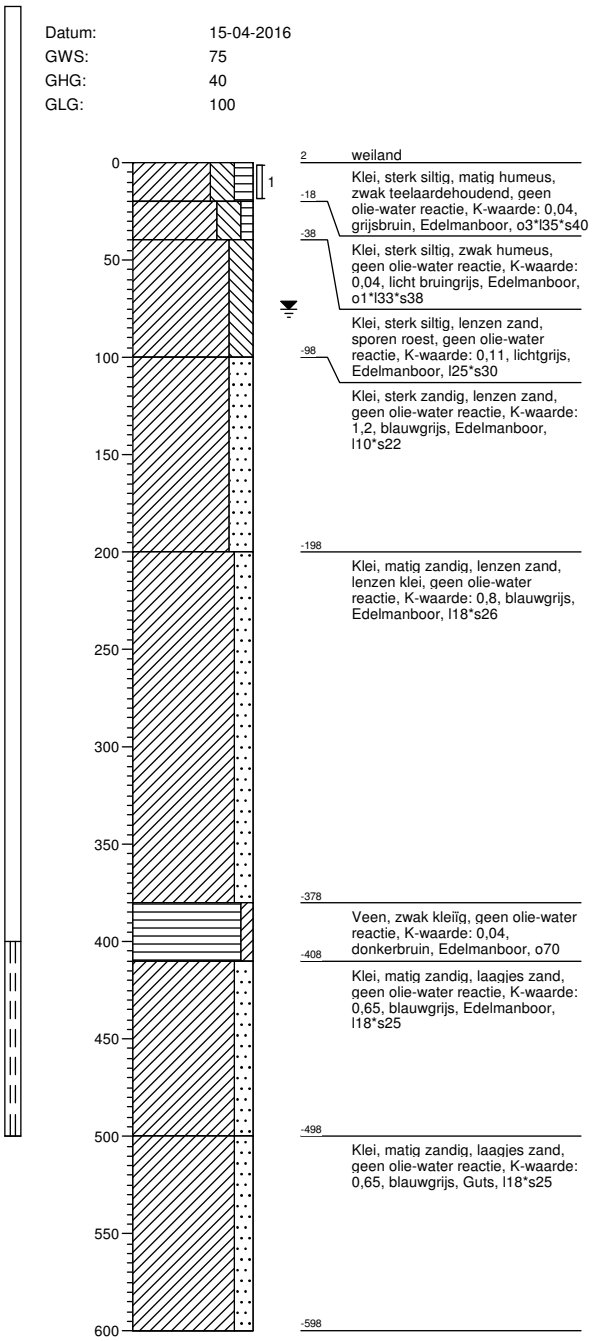
Datum: 15-04-2016
GWS: 100
GHG: 70



Projectcode: C050420002430100

Boring: 004012

Datum: 15-04-2016
GWS: 75
GHG: 40
GLG: 100



2 weiland

Klei, sterk siltig, matig humeus, zwak teelaardehoudend, geen olie-water reactie, K-waarde: 0,04, grijsbruin, Edelmanboor, o3*l35*s40

-18

Klei, sterk siltig, zwak humeus, geen olie-water reactie, K-waarde: 0,04, licht bruingrijs, Edelmanboor, o1*l33*s38

-38

Klei, sterk siltig, lenzen zand, sporen roest, geen olie-water reactie, K-waarde: 0,11, lichtgrijs, Edelmanboor, l25*s30

-98

Klei, sterk zandig, lenzen zand, geen olie-water reactie, K-waarde: 1,2, blauwgrijs, Edelmanboor, l10*s22

-198

Klei, matig zandig, lenzen zand, lenzen klei, geen olie-water reactie, K-waarde: 0,8, blauwgrijs, Edelmanboor, l18*s26

-378

Veen, zwak kleiïg, geen olie-water reactie, K-waarde: 0,04, donkerbruin, Edelmanboor, o70

-408

Klei, matig zandig, laagjes zand, geen olie-water reactie, K-waarde: 0,65, blauwgrijs, Edelmanboor, l18*s25

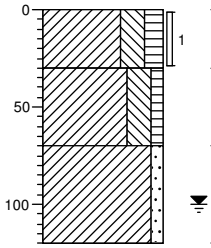
-498

Klei, matig zandig, laagjes zand, geen olie-water reactie, K-waarde: 0,65, blauwgrijs, Guts, l18*s25

-598

Boring: 005001

Datum: 15-04-2016
GWS: 100
GHG: 70



28 weiland

Klei, sterk siltig, matig humeus, zwak teelaardehoudend, geen olie-water reactie, K-waarde: 0,04, grijsbruin, Edelmanboor, o3*l35*s40

-2

Klei, sterk siltig, zwak humeus, geen olie-water reactie, K-waarde: 0,07, bruingrijs, Edelmanboor, o1*l27*s32

-42

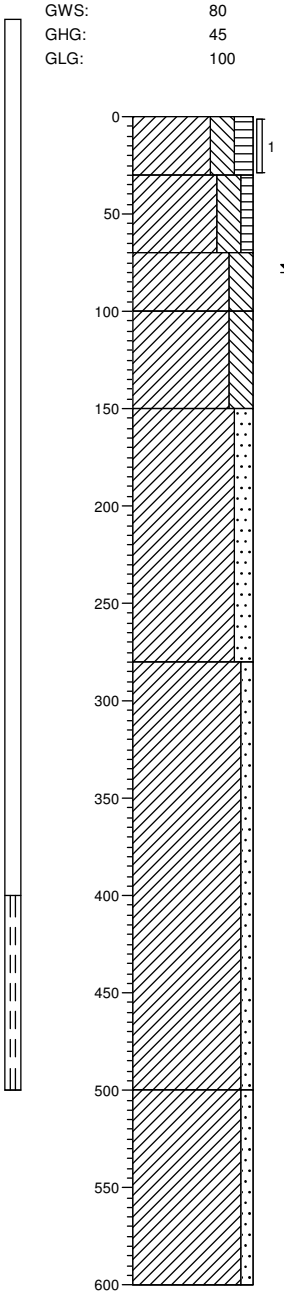
Klei, zwak zandig, lenzen zand, sporen roest, geen olie-water reactie, K-waarde: 0,14, licht beigegrijs, Edelmanboor, l25*s30

-92

Projectcode: C050420002430100

Boring: 005002

Datum: 15-04-2016
GWS: 80
GHG: 45
GLG: 100



-7 akker

Klei, sterk siltig, matig humeus, zwak teelaardehoudend, geen olie-water reactie, K-waarde: 0,04, grijsbruin, Edelmanboor, o3*l35*s40

-37

Klei, sterk siltig, zwak humeus, geen olie-water reactie, K-waarde: 0,04, bruingrijs, Edelmanboor, o1*l35*s40*t50

-77

Klei, sterk siltig, lenzen zand, geen olie-water reactie, K-waarde: 0,04, beigegrijs, Edelmanboor, l35*s40

-107

Klei, sterk siltig, geen olie-water reactie, K-waarde: 0,04, blauwgrijs, Edelmanboor, l28*s33*t35

-157

Klei, matig zandig, lenzen zand, resten schelpen, geen olie-water reactie, K-waarde: 0,65, blauwgrijs, Edelmanboor, l17*s28*t32

-287

Klei, zwak zandig, laagjes zand, resten schelpen, geen olie-water reactie, K-waarde: 0,4, blauwgrijs, Edelmanboor, l23*s28

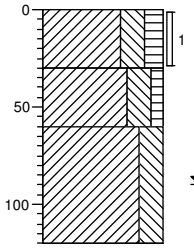
-507

Klei, zwak zandig, laagjes zand, resten schelpen, geen olie-water reactie, K-waarde: 0,4, blauwgrijs, Guts, l23*s28

-607

Boring: 005003

Datum: 15-04-2016
GWS: 90
GHG: 60



30 akker

Klei, sterk siltig, matig humeus, zwak teelaardehoudend, geen olie-water reactie, K-waarde: 0,07, grijsbruin, Edelmanboor, o3*l30*35

0

Klei, sterk siltig, zwak humeus, geen olie-water reactie, K-waarde: 0,05, bruingrijs, Edelmanboor, o1*l33*s38

-30

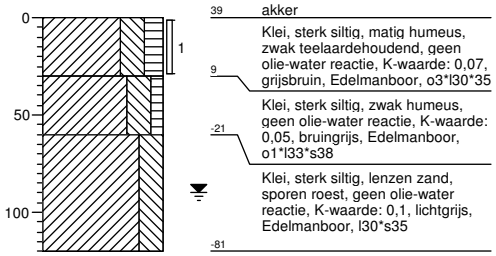
Klei, sterk siltig, lenzen zand, sporen roest, geen olie-water reactie, K-waarde: 0,1, lichtgrijs, Edelmanboor, l30*s35

-90

Projectcode: C050420002430100

Boring: 005004

Datum: 15-04-2016
GWS: 90
GHG: 60



39 akker

Klei, sterk siltig, matig humeus, zwak teelaardehoudend, geen olie-water reactie, K-waarde: 0,07, grijsbruin, Edelmanboor, o3*l30*35

9

Klei, sterk siltig, zwak humeus, geen olie-water reactie, K-waarde: 0,05, bruingrijs, Edelmanboor, o1*l33*s38

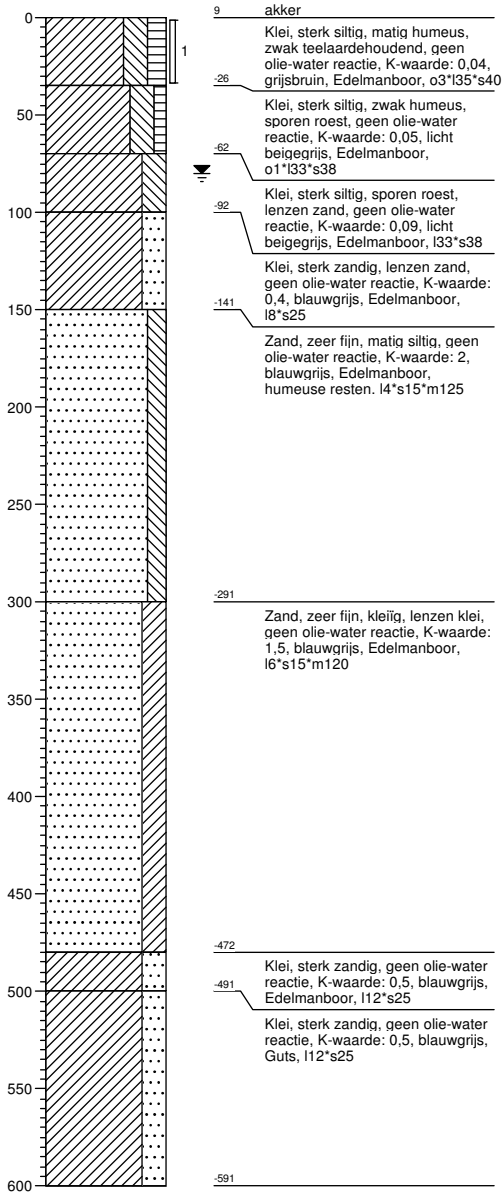
-21

Klei, sterk siltig, lenzen zand, sporen roest, geen olie-water reactie, K-waarde: 0,1, lichtgrijs, Edelmanboor, l30*s35

-81

Boring: 005005

Datum: 15-04-2016
GWS: 80
GHG: 50
GLG: 100



9 akker

Klei, sterk siltig, matig humeus, zwak teelaardehoudend, geen olie-water reactie, K-waarde: 0,04, grijsbruin, Edelmanboor, o3*l35*s40

-26

Klei, sterk siltig, zwak humeus, sporen roest, geen olie-water reactie, K-waarde: 0,05, licht beigegrijs, Edelmanboor, o1*l33*s38

-62

Klei, sterk siltig, sporen roest, lenzen zand, geen olie-water reactie, K-waarde: 0,09, licht beigegrijs, Edelmanboor, l33*s38

-92

Klei, sterk zandig, lenzen zand, geen olie-water reactie, K-waarde: 0,4, blauwgrijs, Edelmanboor, l8*s25

-141

Zand, zeer fijn, matig siltig, geen olie-water reactie, K-waarde: 2, blauwgrijs, Edelmanboor, humeuse resten. l4*s15*m125

-291

Zand, zeer fijn, kleïig, lenzen klei, geen olie-water reactie, K-waarde: 1,5, blauwgrijs, Edelmanboor, l6*s15*m120

-472

Klei, sterk zandig, geen olie-water reactie, K-waarde: 0,5, blauwgrijs, Edelmanboor, l12*s25

-491

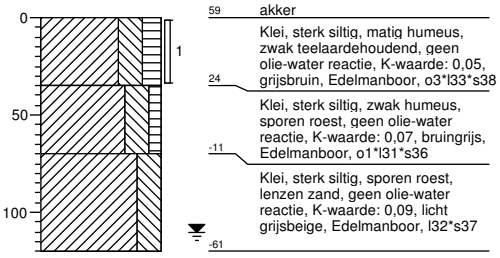
Klei, sterk zandig, geen olie-water reactie, K-waarde: 0,5, blauwgrijs, Guts, l12*s25

-591

Projectcode: C050420002430100

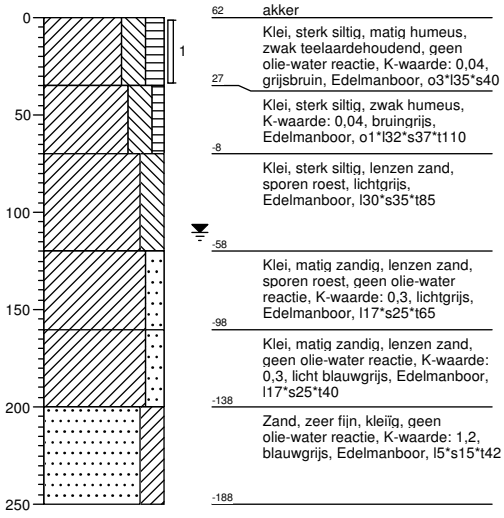
Boring: 005006

Datum: 15-04-2016
GWS: 110
GHG: 70



Boring: 005007

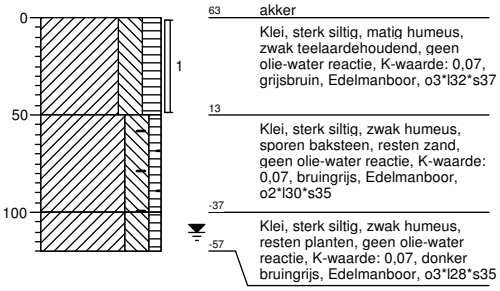
Datum: 15-04-2016
GWS: 110
GHG: 70



Projectcode: C050420002430100

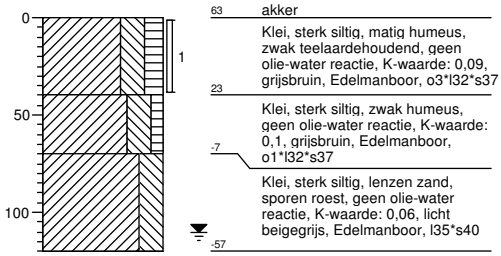
Boring: 005008

Datum: 15-04-2016
GWS: 110
GHG: 70



Boring: 005009

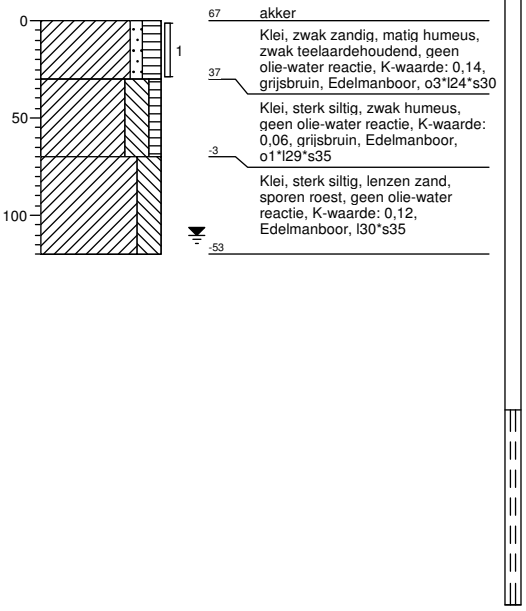
Datum: 15-04-2016
GWS: 110
GHG: 70



Projectcode: C050420002430100

Boring: 005010

Datum: 15-04-2016
GWS: 110
GHG: 70



67 akker

Klei, zwak zandig, matig humeus, zwak teelaardehoudend, geen olie-water reactie, K-waarde: 0,14, grijsbruin, Edelmanboor, o3*l24*s30

37

Klei, sterk siltig, zwak humeus, geen olie-water reactie, K-waarde: 0,06, grijsbruin, Edelmanboor, o1*l29*s35

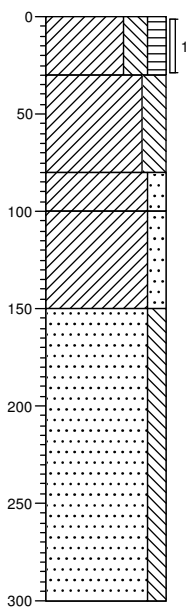
-3

Klei, sterk siltig, lenzen zand, sporen roest, geen olie-water reactie, K-waarde: 0,12, Edelmanboor, l30*s35

-53

Boring: 005011

Datum: 14-04-2016
GWS: 70
GHG: 40
GLG: 110



14 akker

Klei, sterk siltig, matig humeus, zwak teelaardehoudend, geen olie-water reactie, K-waarde: 0,03, grijsbruin, Edelmanboor, o3*l35*s40

-17

Klei, sterk siltig, sporen roest, lenzen zand, geen olie-water reactie, K-waarde: 0,03, licht beigegrijs, Edelmanboor, o2*l35*s40

-67

Klei, matig zandig, lenzen zand, sporen roest, geen olie-water reactie, K-waarde: 0,22, lichtgrijs, Edelmanboor, l15*s32

-87

Klei, matig zandig, lenzen zand, geen olie-water reactie, K-waarde: 0,17, blauwgrijs, Edelmanboor, l11*s25

-137

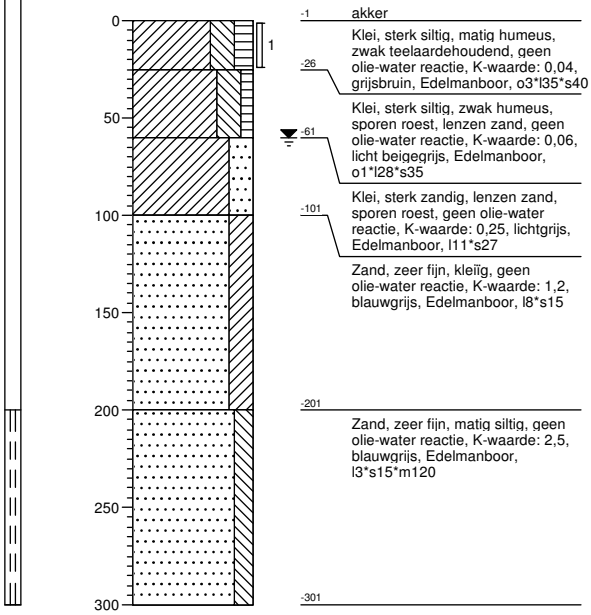
Zand, zeer fijn, matig siltig, geen olie-water reactie, K-waarde: 2,5, blauwgrijs, Edelmanboor, l3*s15*m125

-287

Projectcode: C050420002430100

Boring: 005012

Datum: 14-04-2016
GWS: 60
GHG: 40
GLG: 100



-1 akker

Klei, sterk siltig, matig humeus, zwak teelaardehoudend, geen olie-water reactie, K-waarde: 0,04, grijsbruin, Edelmanboor, o3*l35*s40

-26

Klei, sterk siltig, zwak humeus, sporen roest, lenzen zand, geen olie-water reactie, K-waarde: 0,06, licht beigegrijs, Edelmanboor, o1*l28*s35

-61

Klei, sterk zandig, lenzen zand, sporen roest, geen olie-water reactie, K-waarde: 0,25, lichtgrijs, Edelmanboor, l11*s27

-101

Zand, zeer fijn, kleïg, geen olie-water reactie, K-waarde: 1,2, blauwgrijs, Edelmanboor, l8*s15

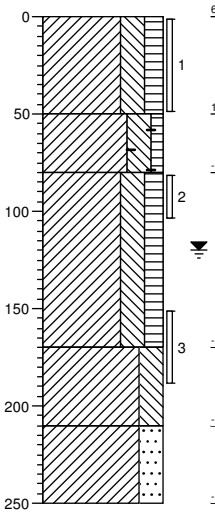
-201

Zand, zeer fijn, matig siltig, geen olie-water reactie, K-waarde: 2,5, blauwgrijs, Edelmanboor, l3*s15*m120

-301

Boring: 006001

Datum: 14-04-2016
GWS: 120



61 akker

Klei, sterk siltig, matig humeus, zwak teelaardehoudend, geen olie-water reactie, K-waarde: 0,04, bruingrijs, Edelmanboor, o3*l32*s36

11

Klei, sterk siltig, zwak humeus, sporen baksteen, geen olie-water reactie, K-waarde: 0,03, donker bruingrijs, Edelmanboor, o1*l35*s40*t110

-19

Klei, sterk siltig, matig humeus, matig slibhoudend, resten planten, geen olie-water reactie, K-waarde: 0,04, donkergrijs, Edelmanboor, o3*l35*s40*t92

-109

Klei, sterk siltig, geen olie-water reactie, K-waarde: 0,04, neutraalgrijs, Edelmanboor, l32*s41*t62

-149

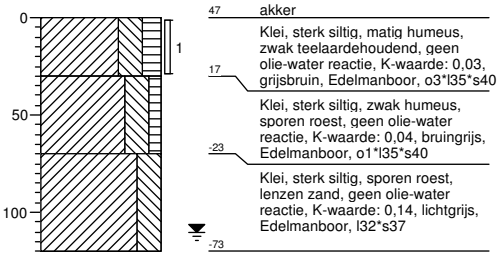
Klei, sterk zandig, geen olie-water reactie, K-waarde: 0,4, neutraalgrijs, Edelmanboor, l8*s22*t34

-189

Projectcode: C050420002430100

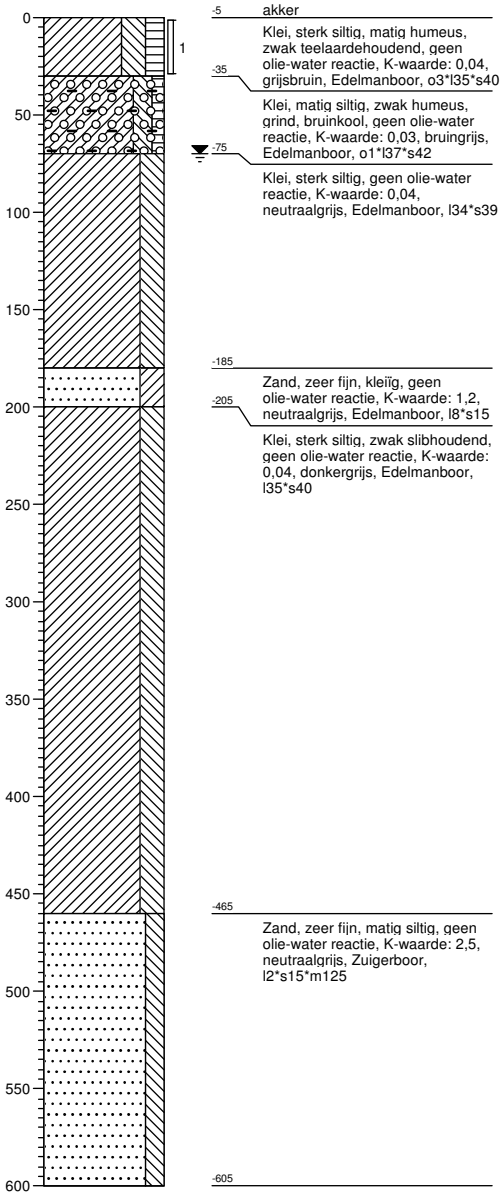
Boring: 006002

Datum: 14-04-2016
GWS: 110
GHG: 70



Boring: 006003

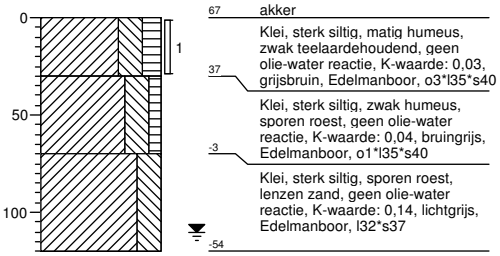
Datum: 14-04-2016
GWS: 70
GHG: 50
GLG: 90



Projectcode: C050420002430100

Boring: 006004

Datum: 14-04-2016
GWS: 110
GHG: 70



67 akker

Klei, sterk siltig, matig humeus, zwak teelaardehoudend, geen olie-water reactie, K-waarde: 0,03, grijsbruin, Edelmanboor, o3*l35*s40

37

Klei, sterk siltig, zwak humeus, sporen roest, geen olie-water reactie, K-waarde: 0,04, bruingrijs, Edelmanboor, o1*l35*s40

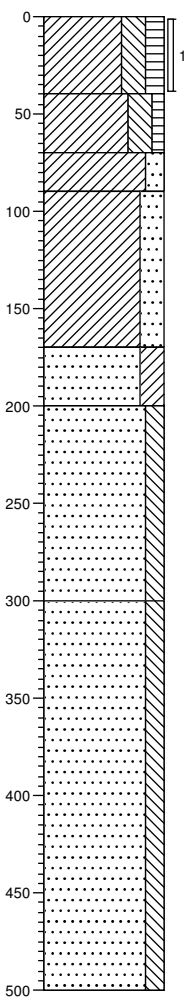
-3

Klei, sterk siltig, sporen roest, lenzen zand, geen olie-water reactie, K-waarde: 0,14, lichtgrijs, Edelmanboor, l32*s37

-54

Boring: 006005

Datum: 14-04-2016
GWS: 70
GHG: 50
GLG: 90



5 akker

Klei, sterk siltig, matig humeus, zwak teelaardehoudend, geen olie-water reactie, K-waarde: 0,03, bruingrijs, Edelmanboor, o3*l30*s35

-35

Klei, sterk siltig, zwak humeus, geen olie-water reactie, K-waarde: 0,03, licht grijsbeige, Edelmanboor, o1*l34*s39

-65

Klei, matig zandig, sporen roest, lenzen zand, geen olie-water reactie, K-waarde: 0,14, licht grijsbeige, Edelmanboor, l16*s32

-85

Klei, sterk zandig, lenzen zand, resten schelpen, geen olie-water reactie, K-waarde: 0,24, blauwgrijs, Edelmanboor, l8*s35

-165

Zand, zeer fijn, kleïg, geen olie-water reactie, K-waarde: 1,2, licht blauwgrijs, Edelmanboor, l7*s14*m120

-195

Zand, zeer fijn, matig siltig, laagjes klei, geen olie-water reactie, K-waarde: 2, licht blauwgrijs, Edelmanboor, l2*s12*m120

-295

Zand, zeer fijn, matig siltig, geen olie-water reactie, K-waarde: 2,5, lichtgrijs, Edelmanboor, l2*s12*m120

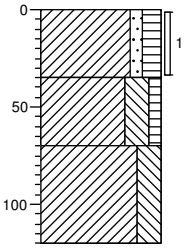
-495

Projectcode: C050420002430100

Boring: 006006

Datum: 14-04-2016

GHG: 70



66 akker

Klei, zwak zandig, matig humeus, zwak teelaardehoudend, geen olie-water reactie, K-waarde: 0,05, bruingrijs, Edelmanboor, o3*l25*s30

31

Klei, sterk siltig, zwak humeus, geen olie-water reactie, K-waarde: 0,04, bruingrijs, Edelmanboor, o1*l31*s37

-4

Klei, sterk siltig, lenzen zand, sporen roest, geen olie-water reactie, K-waarde: 0,06, lichtgrijs, Edelmanboor, l31*s35

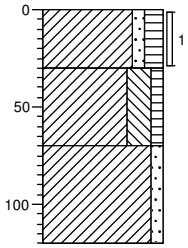
-54

Boring: 006007

Datum: 14-04-2016

GWS: 110

GHG: 70



52 akker

Klei, zwak zandig, matig humeus, zwak teelaardehoudend, geen olie-water reactie, K-waarde: 0,06, bruingrijs, Edelmanboor, o3*l25*s30

22

Klei, sterk siltig, zwak humeus, geen olie-water reactie, K-waarde: 0,04, licht grijsbruin, Edelmanboor, o1*l28*s34

-18

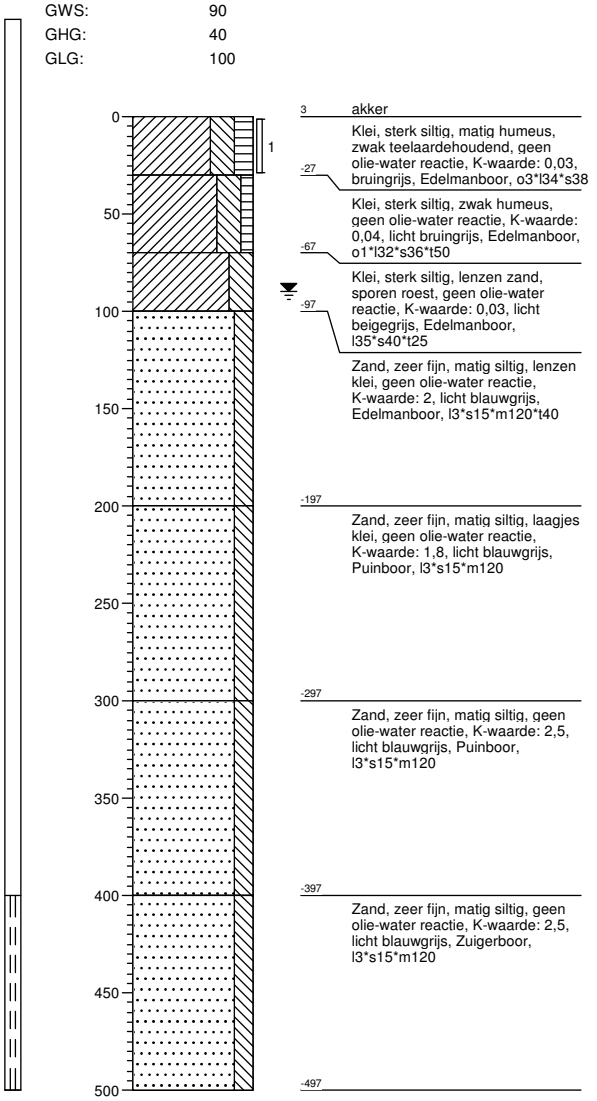
Klei, zwak zandig, lenzen zand, sporen roest, geen olie-water reactie, K-waarde: 0,17, lichtgrijs, Edelmanboor, l21*s27

-68

Projectcode: C050420002430100

Boring: 006008

Datum: 14-04-2016
GWS: 90
GHG: 40
GLG: 100



3 akker

Klei, sterk siltig, matig humeus, zwak teelaardehoudend, geen olie-water reactie, K-waarde: 0,03, bruingrijs, Edelmanboor, o3*l34*s38

-27

Klei, sterk siltig, zwak humeus, geen olie-water reactie, K-waarde: 0,04, licht bruingrijs, Edelmanboor, o1*l32*s36*t50

-67

Klei, sterk siltig, lenzen zand, sporen roest, geen olie-water reactie, K-waarde: 0,03, licht beigegrijs, Edelmanboor, l35*s40*t25

-97

Zand, zeer fijn, matig siltig, lenzen klei, geen olie-water reactie, K-waarde: 2, licht blauwgrijs, Edelmanboor, l3*s15*m120*t40

-197

Zand, zeer fijn, matig siltig, laagjes klei, geen olie-water reactie, K-waarde: 1,8, licht blauwgrijs, Puinboor, l3*s15*m120

-297

Zand, zeer fijn, matig siltig, geen olie-water reactie, K-waarde: 2,5, licht blauwgrijs, Puinboor, l3*s15*m120

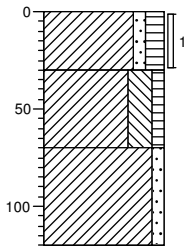
-397

Zand, zeer fijn, matig siltig, geen olie-water reactie, K-waarde: 2,5, licht blauwgrijs, Zuigerboor, l3*s15*m120

-497

Boring: 006009

Datum: 14-04-2016
GWS: 110
GHG: 70



43 akker

Klei, zwak zandig, matig humeus, zwak teelaardehoudend, geen olie-water reactie, K-waarde: 0,06, bruingrijs, Edelmanboor, o3*l25*s30

13

Klei, sterk siltig, zwak humeus, geen olie-water reactie, K-waarde: 0,04, licht grijsbruin, Edelmanboor, o1*l28*s34

-27

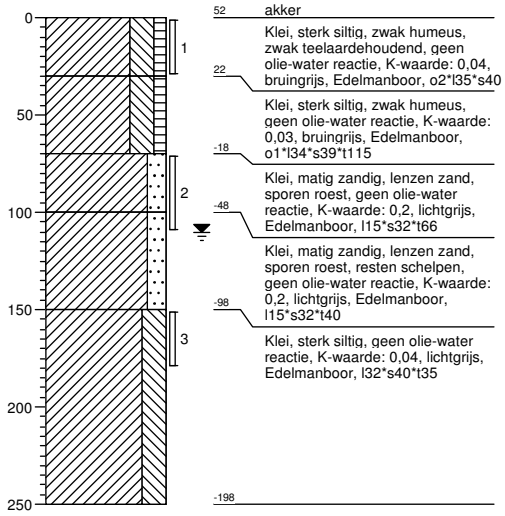
Klei, zwak zandig, lenzen zand, sporen roest, geen olie-water reactie, K-waarde: 0,17, lichtgrijs, Edelmanboor, l21*s27

-77

Projectcode: C050420002430100

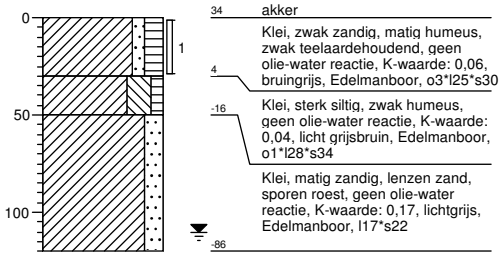
Boring: 006010

Datum: 14-04-2016
GWS: 110
GHG: 70
GLG: 150



Boring: 006011

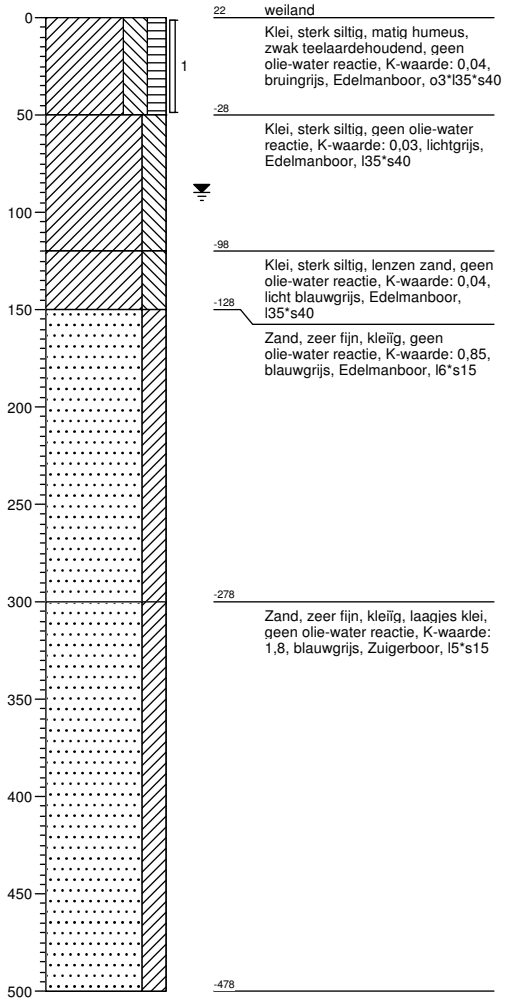
Datum: 14-04-2016
GWS: 110
GHG: 70



Projectcode: C050420002430100

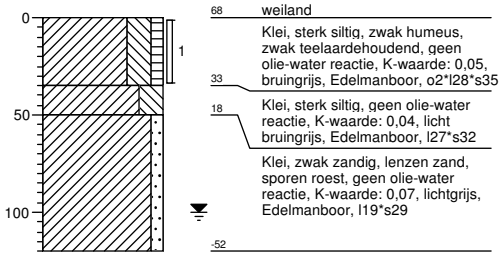
Boring: 006012

Datum: 14-03-2016
GWS: 90
GHG: 50
GLG: 120



Boring: 007001

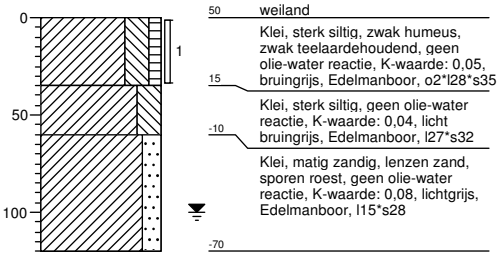
Datum: 14-03-2016
GWS: 100
GHG: 50



Projectcode: C050420002430100

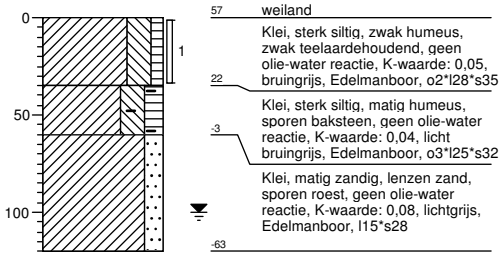
Boring: 007002

Datum: 14-03-2016
GWS: 100
GHG: 50



Boring: 007003

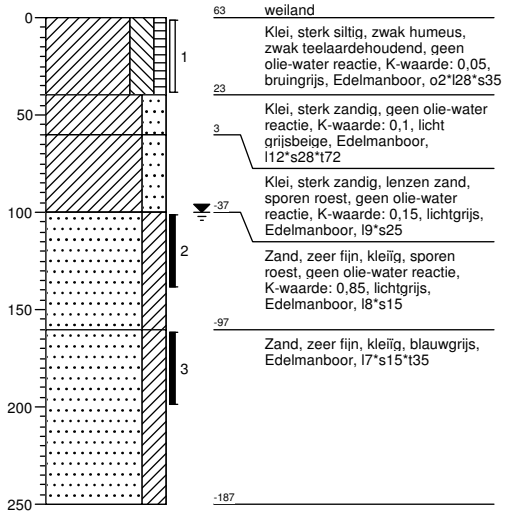
Datum: 14-03-2016
GWS: 100
GHG: 50



Projectcode: C050420002430100

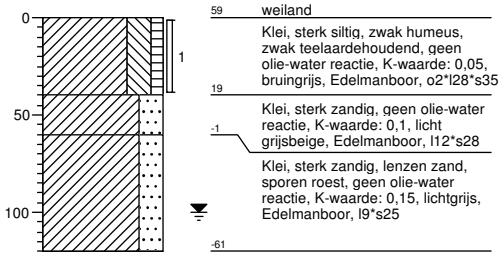
Boring: 007004

Datum: 14-03-2016
GWS: 100
GHG: 50
GLG: 160



Boring: 007005

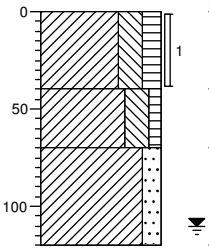
Datum: 14-03-2016
GWS: 100
GHG: 50



Projectcode: C050420002430100

Boring: 007006

Datum: 13-04-2016
GWS: 110
GHG: 70



53 akker

Klei, sterk siltig, matig humeus, zwak teelaardehoudend, geen olie-water reactie, K-waarde: 0,03, bruingrijs, Edelmanboor, o1*l35*s40

13

Klei, sterk siltig, zwak humeus, geen olie-water reactie, K-waarde: 0,04, bruingrijs, Edelmanboor, o1*l35*s40

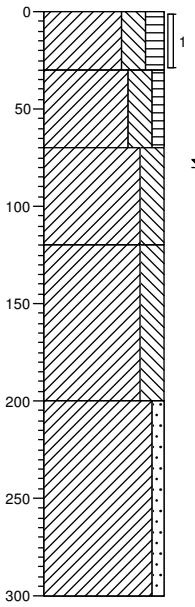
-17

Klei, matig zandig, sporen roest, lenzen zand, geen olie-water reactie, K-waarde: 0,06, lichtgrijs, Edelmanboor, l18*s25

-67

Boring: 007007

Datum: 13-04-2016
GWS: 80
GHG: 60
GLG: 120



1 akker

Klei, sterk siltig, matig humeus, zwak teelaardehoudend, geen olie-water reactie, K-waarde: 0,03, bruingrijs, Edelmanboor, o3*l35*s40

-29

Klei, sterk siltig, zwak humeus, geen olie-water reactie, K-waarde: 0,03, bruingrijs, Edelmanboor, o2*l34*s38

-69

Klei, sterk siltig, sporen roest, geen olie-water reactie, K-waarde: 0,03, licht beigegrijs, Edelmanboor, l35*s38

-119

Klei, sterk siltig, lenzen zand, geen olie-water reactie, K-waarde: 0,06, neutraalgrijs, Edelmanboor, l32*s38

-199

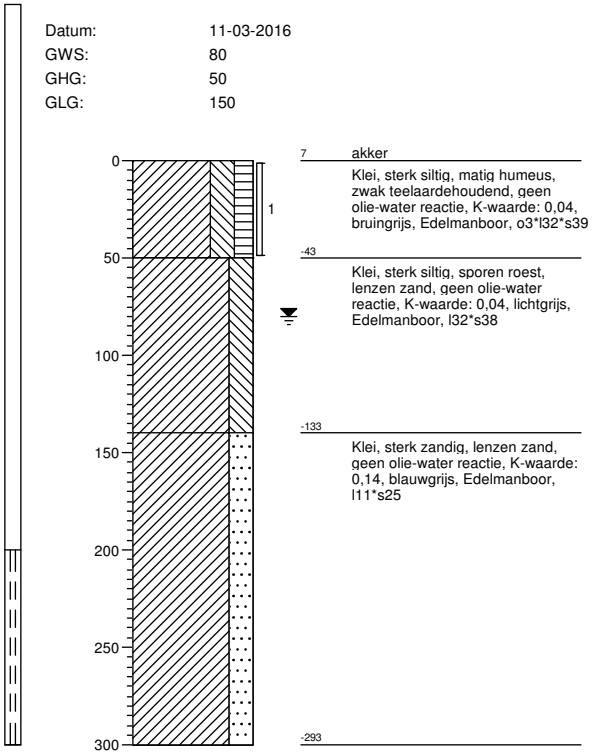
Klei, zwak zandig, zwak slibhoudend, lenzen zand, geen olie-water reactie, K-waarde: 0,2, donkergrijs, Edelmanboor, l22*s28

-299

Projectcode: C050420002430100

Boring: 007008

Datum: 11-03-2016
GWS: 80
GHG: 50
GLG: 150



7 akker

Klei, sterk siltig, matig humeus, zwak teelaardehoudend, geen olie-water reactie, K-waarde: 0,04, bruingrijs, Edelmanboor, o3*l32*s39

-43

Klei, sterk siltig, sporen roest, lenzen zand, geen olie-water reactie, K-waarde: 0,04, lichtgrijs, Edelmanboor, l32*s38

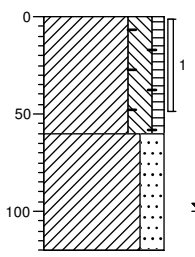
-133

Klei, sterk zandig, lenzen zand, geen olie-water reactie, K-waarde: 0,14, blauwgrijs, Edelmanboor, l11*s25

-293

Boring: 007009

Datum: 11-03-2016
GWS: 100
GHG: 50



46 akker

Klei, sterk siltig, zwak humeus, zwak teelaardehoudend, sporen baksteen, geen olie-water reactie, K-waarde: 0,04, bruingrijs, Edelmanboor, o2*l32*s38

-14

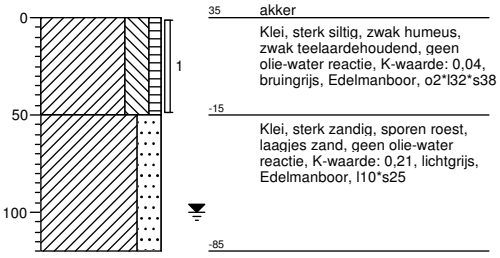
Klei, sterk zandig, sporen roest, laagjes zand, geen olie-water reactie, K-waarde: 0,21, lichtgrijs, Edelmanboor, l10*s25

-74

Projectcode: C050420002430100

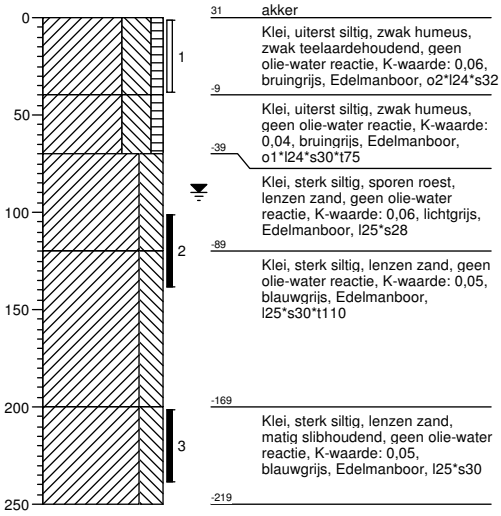
Boring: 007010

Datum: 11-03-2016
GWS: 100
GHG: 50



Boring: 007011

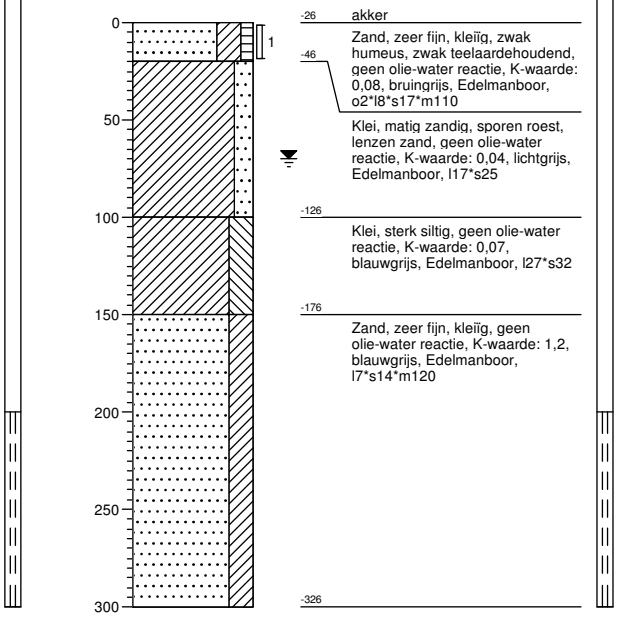
Datum: 11-03-2016
GWS: 90
GHG: 70
GLG: 120



Projectcode: C050420002430100

Boring: 007012

Datum: 11-03-2016
GWS: 70
GHG: 40



-26 akker

-46 Zand, zeer fijn, kleïig, zwak humeus, zwak teelaardehoudend, geen olie-water reactie, K-waarde: 0,08, bruingrijs, Edelmanboor, o2*l8*s17*m110

Klei, matig zandig, sporen roest, lenzen zand, geen olie-water reactie, K-waarde: 0,04, lichtgrijs, Edelmanboor, l17*s25

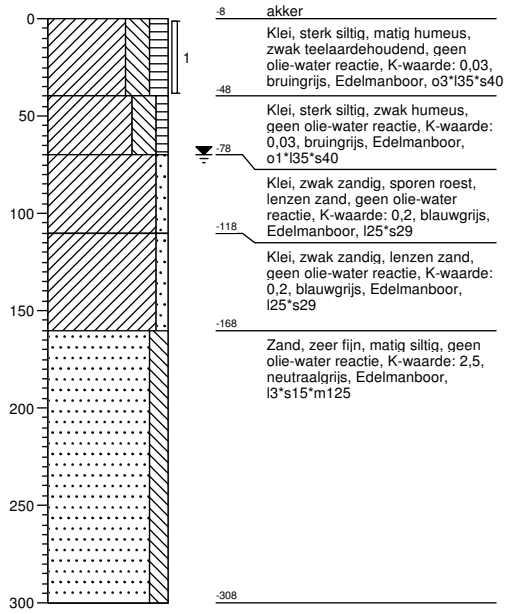
-126 Klei, sterk siltig, geen olie-water reactie, K-waarde: 0,07, blauwgrijs, Edelmanboor, l27*s32

-176 Zand, zeer fijn, kleïig, geen olie-water reactie, K-waarde: 1,2, blauwgrijs, Edelmanboor, l7*s14*m120

-326

Boring: 007013

Datum: 13-04-2016
GWS: 70
GHG: 50
GLG: 110



-8 akker

Klei, sterk siltig, matig humeus, zwak teelaardehoudend, geen olie-water reactie, K-waarde: 0,03, bruingrijs, Edelmanboor, o3*l35*s40

-48 Klei, sterk siltig, zwak humeus, geen olie-water reactie, K-waarde: 0,03, bruingrijs, Edelmanboor, o1*l35*s40

-78 Klei, zwak zandig, sporen roest, lenzen zand, geen olie-water reactie, K-waarde: 0,2, blauwgrijs, Edelmanboor, l25*s29

-118 Klei, zwak zandig, lenzen zand, geen olie-water reactie, K-waarde: 0,2, blauwgrijs, Edelmanboor, l25*s29

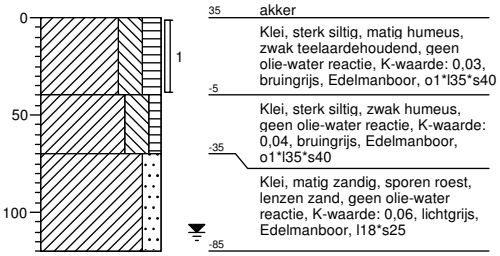
-168 Zand, zeer fijn, matig siltig, geen olie-water reactie, K-waarde: 2,5, neutraalgrijs, Edelmanboor, l3*s15*m125

-308

Projectcode: C050420002430100

Boring: 008001

Datum: 13-04-2016
GWS: 110
GHG: 70



35 akker

Klei, sterk siltig, matig humeus, zwak teelaardehoudend, geen olie-water reactie, K-waarde: 0,03, bruingrijs, Edelmanboor, o1*l35*s40

-5

Klei, sterk siltig, zwak humeus, geen olie-water reactie, K-waarde: 0,04, bruingrijs, Edelmanboor, o1*l35*s40

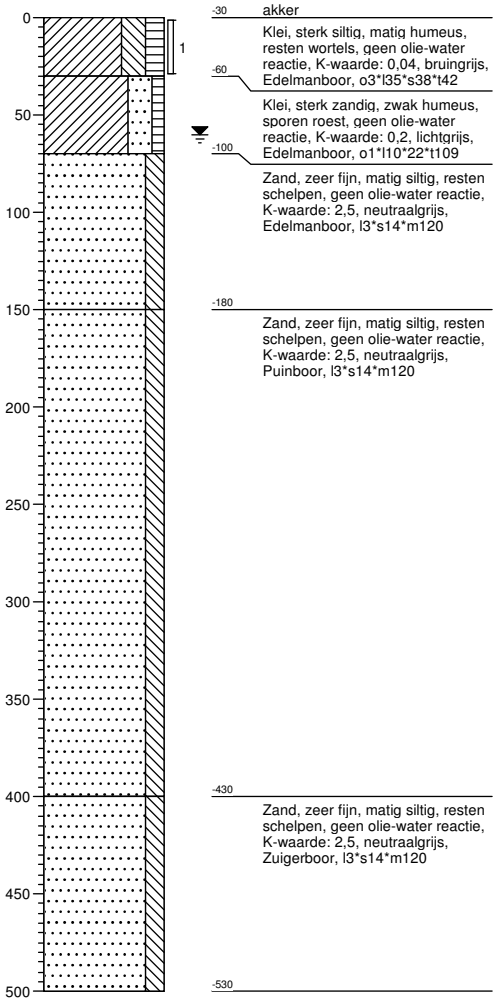
-35

Klei, matig zandig, sporen roest, lenzen zand, geen olie-water reactie, K-waarde: 0,06, lichtgrijs, Edelmanboor, l18*s25

-85

Boring: 008002

Datum: 13-04-2016
GWS: 60
GHG: 30
GLG: 70



-30 akker

Klei, sterk siltig, matig humeus, resten wortels, geen olie-water reactie, K-waarde: 0,04, bruingrijs, Edelmanboor, o3*l35*s38*t42

-60

Klei, sterk zandig, zwak humeus, sporen roest, geen olie-water reactie, K-waarde: 0,2, lichtgrijs, Edelmanboor, o1*l10*22*t109

-100

Zand, zeer fijn, matig siltig, resten schelpen, geen olie-water reactie, K-waarde: 2,5, neutraalgrijs, Edelmanboor, l3*s14*m120

-180

Zand, zeer fijn, matig siltig, resten schelpen, geen olie-water reactie, K-waarde: 2,5, neutraalgrijs, Puinboor, l3*s14*m120

-430

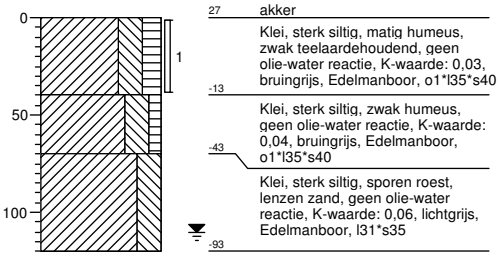
Zand, zeer fijn, matig siltig, resten schelpen, geen olie-water reactie, K-waarde: 2,5, neutraalgrijs, Zuigerboor, l3*s14*m120

-530

Projectcode: C050420002430100

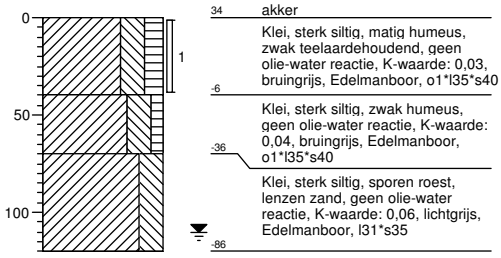
Boring: 008003

Datum: 13-04-2016
GWS: 110
GHG: 70



Boring: 008004

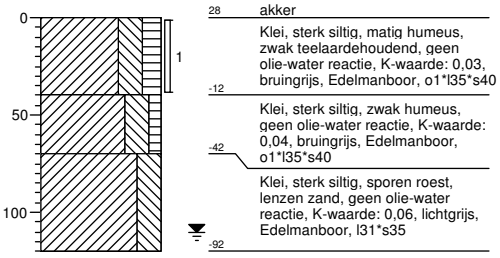
Datum: 13-04-2016
GWS: 110
GHG: 70



Projectcode: C050420002430100

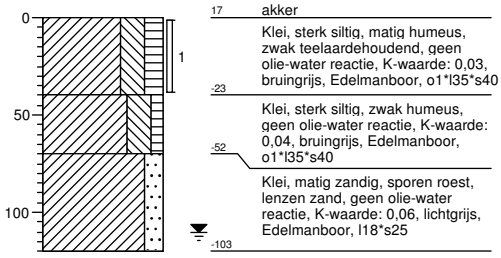
Boring: 008005

Datum: 13-04-2016
GWS: 110
GHG: 70



Boring: 008006

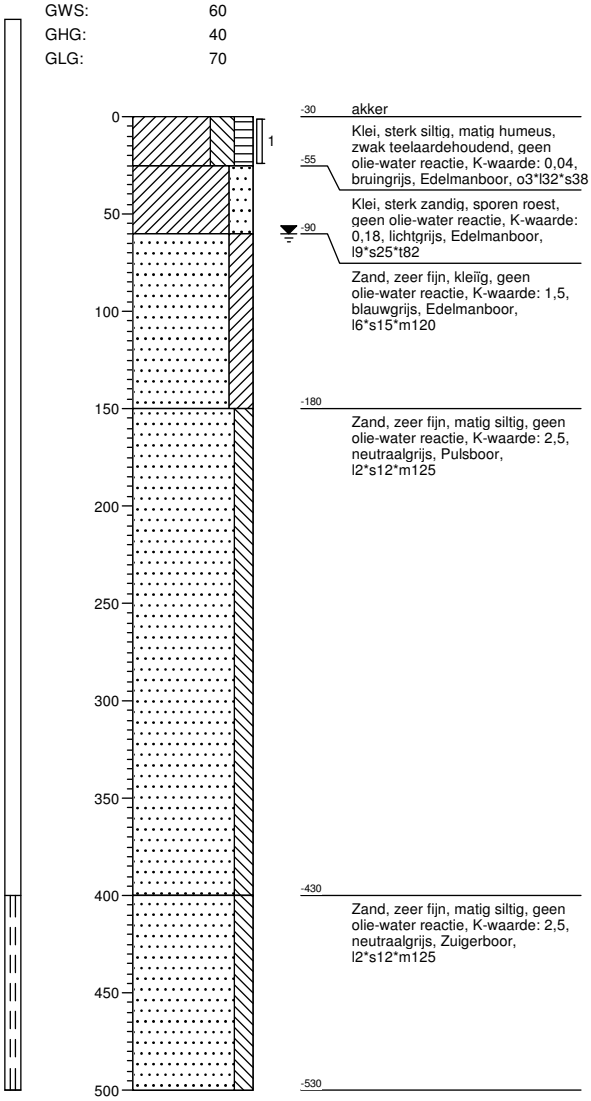
Datum: 13-04-2016
GWS: 110
GHG: 70



Projectcode: C050420002430100

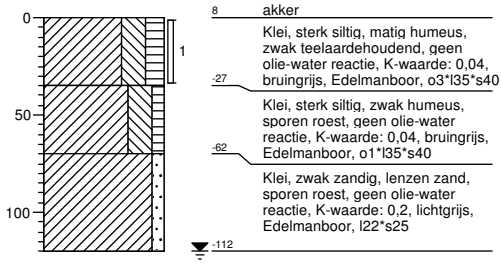
Boring: 008007

Datum: 13-04-2016
GWS: 60
GHG: 40
GLG: 70



Boring: 008008

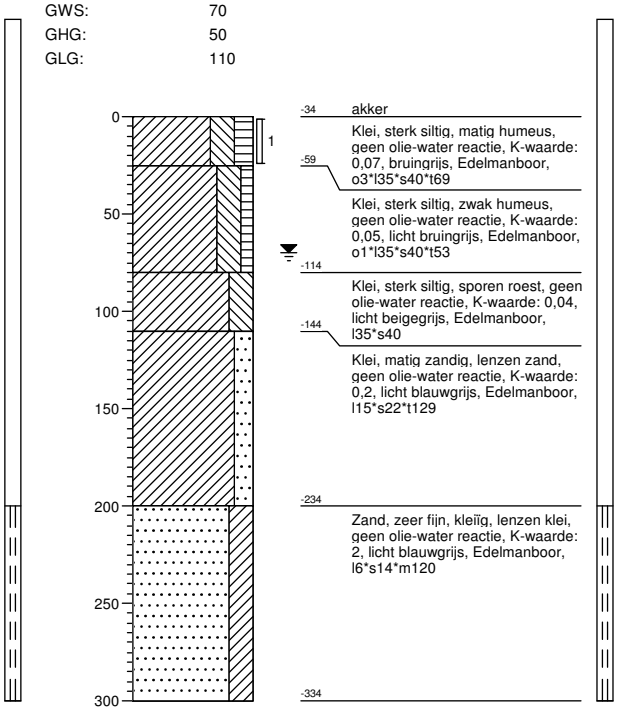
Datum: 13-04-2016
GWS: 120
GHG: 70



Projectcode: C050420002430100

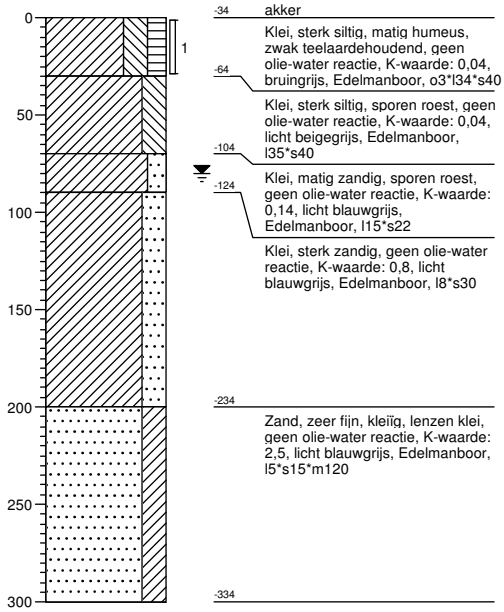
Boring: 008009

Datum: 13-04-2016
GWS: 70
GHG: 50
GLG: 110



Boring: 008010

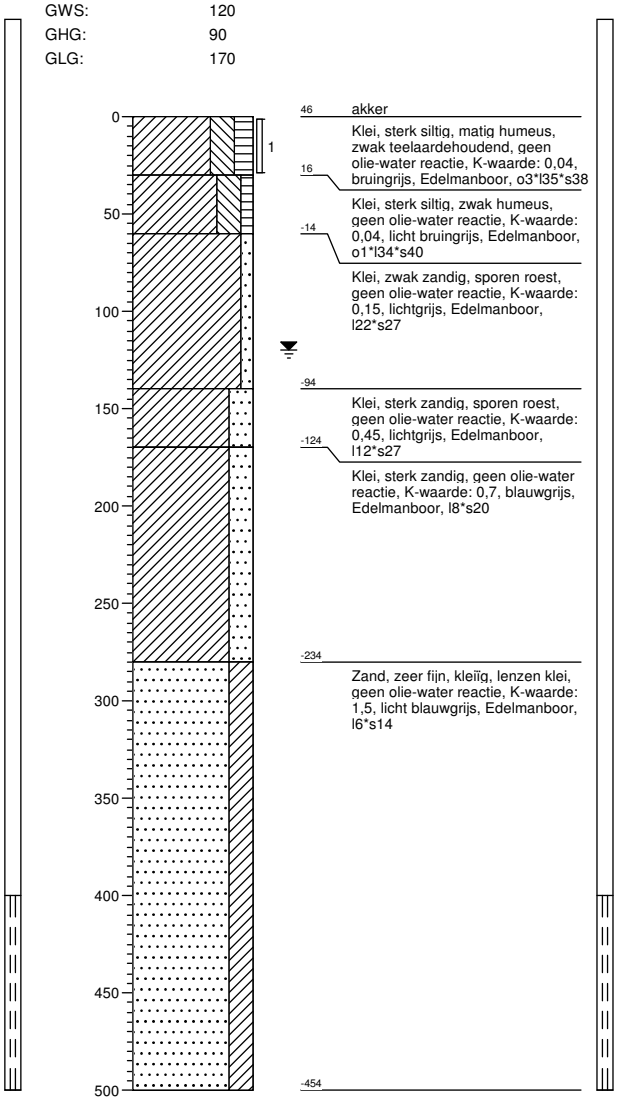
Datum: 13-04-2016
GWS: 80
GHG: 40
GLG: 90



Projectcode: C050420002430100

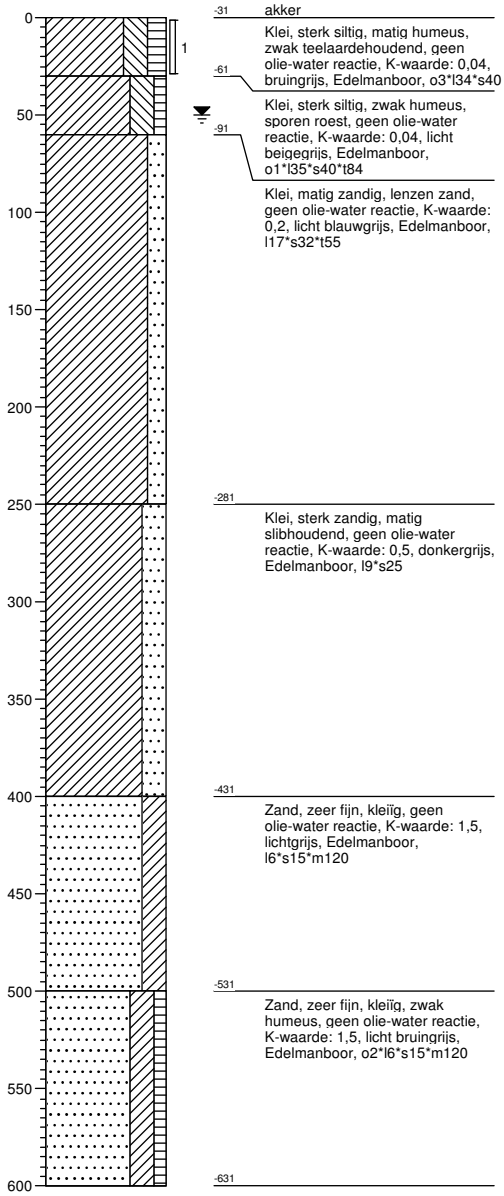
Boring: 008011

Datum: 13-04-2016
GWS: 120
GHG: 90
GLG: 170



Boring: 008012

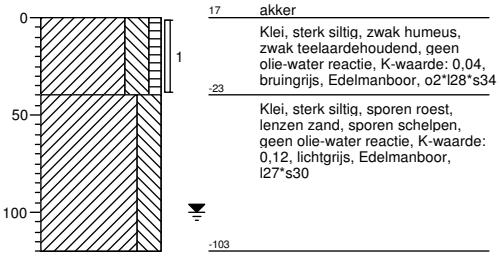
Datum: 13-04-2016
GWS: 50
GHG: 40
GLG: 80



Projectcode: C050420002430100

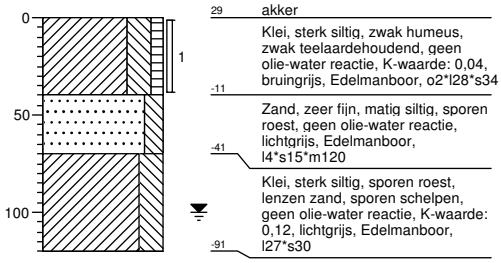
Boring: 008013

Datum: 11-03-2016
GWS: 100
GHG: 40



Boring: 009001

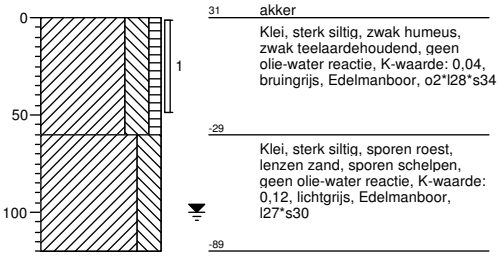
Datum: 11-03-2016
GWS: 100
GHG: 40



Projectcode: C050420002430100

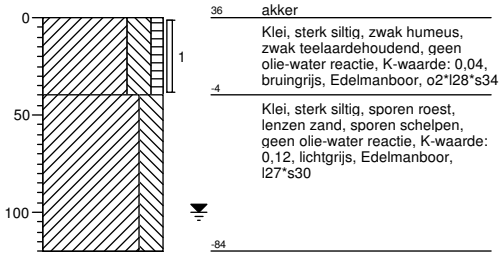
Boring: 009002

Datum: 11-03-2016
GWS: 100
GHG: 40



Boring: 009003

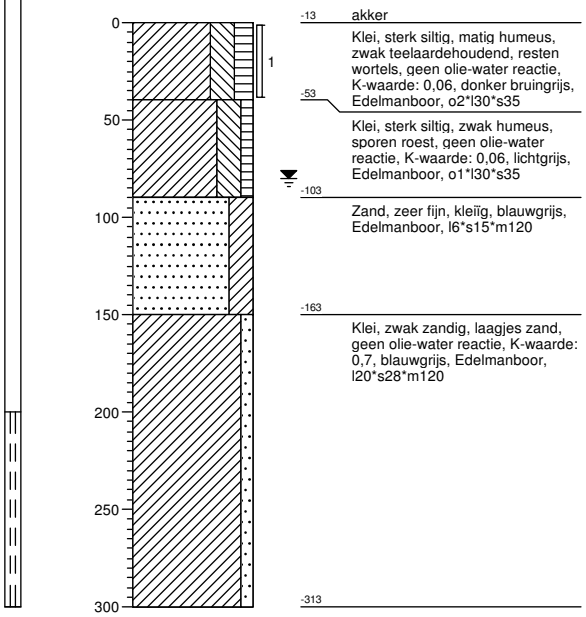
Datum: 11-03-2016
GWS: 100
GHG: 40



Projectcode: C050420002430100

Boring: 009007

Datum: 11-04-2016
GWS: 80
GHG: 50
GLG: 90



-13 akker

Klei, sterk siltig, matig humeus, zwak teelaardehoudend, resten wortels, geen olie-water reactie, K-waarde: 0,06, donker bruingrijs, Edelmanboor, o2*l30*s35

-53

Klei, sterk siltig, zwak humeus, sporen roest, geen olie-water reactie, K-waarde: 0,06, lichtgrijs, Edelmanboor, o1*l30*s35

-103

Zand, zeer fijn, kleïg, blauwgrijs, Edelmanboor, l6*s15*m120

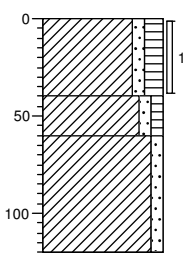
-163

Klei, zwak zandig, laagjes zand, geen olie-water reactie, K-waarde: 0,7, blauwgrijs, Edelmanboor, l20*s28*m120

-313

Boring: 009008

Datum: 11-04-2016
GWS: 110
GHG: 70



45 akker

Klei, zwak zandig, matig humeus, zwak teelaardehoudend, geen olie-water reactie, K-waarde: 0,12, donkergrijs, Edelmanboor

5

Klei, zwak zandig, zwak humeus, geen olie-water reactie, K-waarde: 0,12, bruingrijs, Edelmanboor, o2*l19*s25

-15

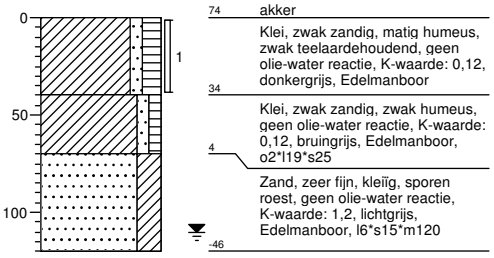
Klei, zwak zandig, sporen roest, geen olie-water reactie, K-waarde: 0,12, lichtgrijs, Edelmanboor, l20*s25

-75

Projectcode: C050420002430100

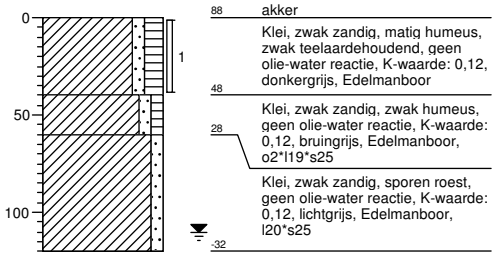
Boring: 009009

Datum: 11-04-2016
GWS: 110
GHG: 70



Boring: 009010

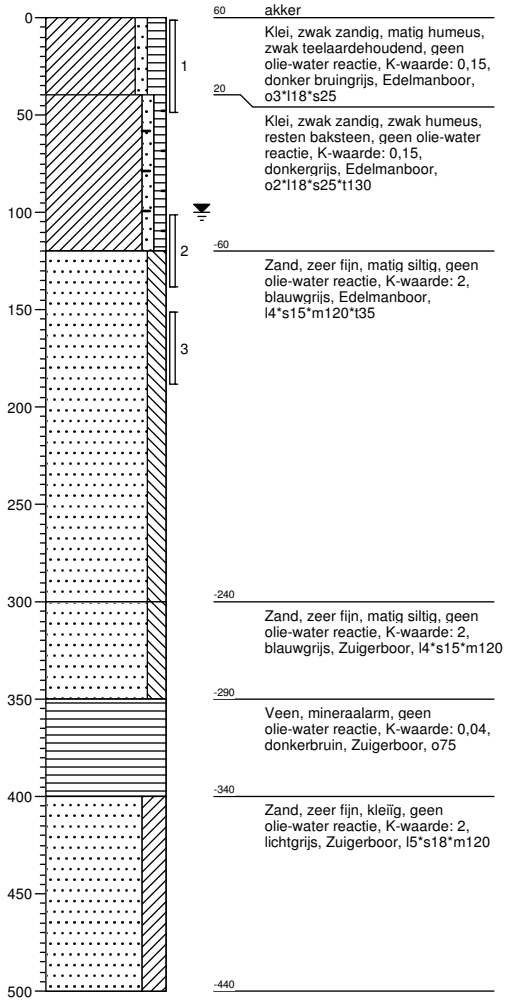
Datum: 11-04-2016
GWS: 110
GHG: 70



Projectcode: C050420002430100

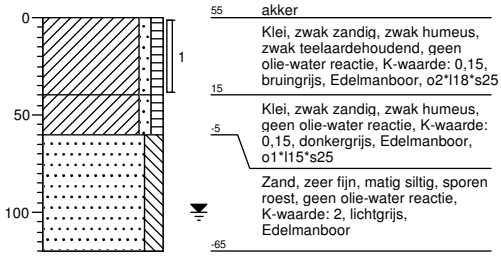
Boring: 009011

Datum: 11-04-2016
GWS: 100
GHG: 80



Boring: 010001

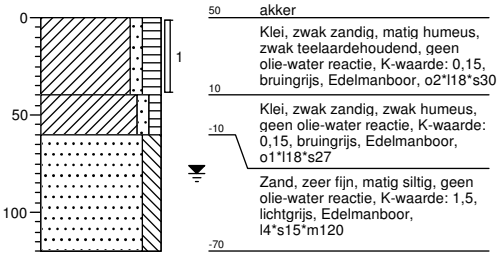
Datum: 11-04-2016
GWS: 100
GHG: 70



Projectcode: C050420002430100

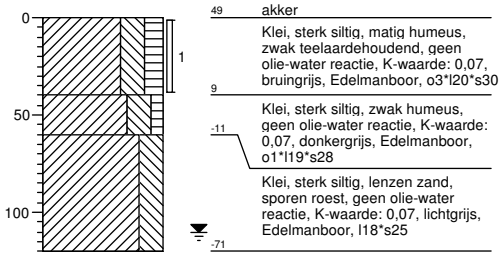
Boring: 010002

Datum: 11-04-2016
GWS: 80
GHG: 50



Boring: 010003

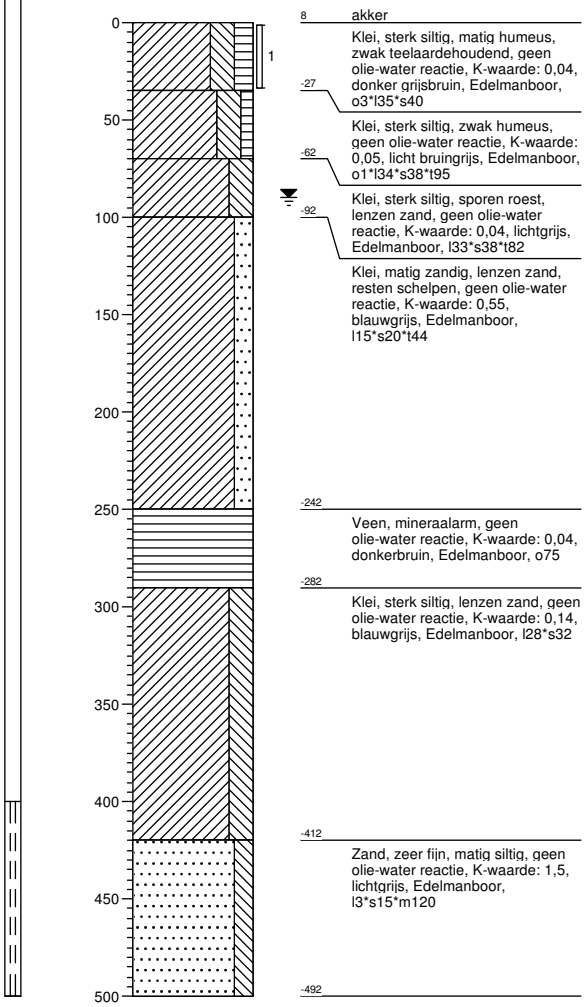
Datum: 11-04-2016
GWS: 110
GHG: 80



Projectcode: C050420002430100

Boring: 010004

Datum: 19-04-2016
GWS: 90
GHG: 70
GLG: 100



8 akker

Klei, sterk siltig, matig humeus, zwak teelaardehoudend, geen olie-water reactie, K-waarde: 0,04, donker grijsbruin, Edelmanboor, o3*l35*s40

-27

Klei, sterk siltig, zwak humeus, geen olie-water reactie, K-waarde: 0,05, licht bruingrijs, Edelmanboor, o1*l34*s38*t95

-62

Klei, sterk siltig, sporen roest, lenzen zand, geen olie-water reactie, K-waarde: 0,04, lichtgrijs, Edelmanboor, l33*s38*t82

-92

Klei, matig zandig, lenzen zand, resten schelpen, geen olie-water reactie, K-waarde: 0,55, blauwgrijs, Edelmanboor, l15*s20*t44

-242

Veen, mineraalarm, geen olie-water reactie, K-waarde: 0,04, donkerbruin, Edelmanboor, o75

-282

Klei, sterk siltig, lenzen zand, geen olie-water reactie, K-waarde: 0,14, blauwgrijs, Edelmanboor, l28*s32

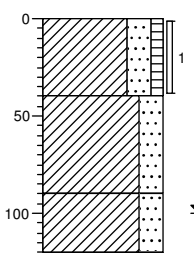
-412

Zand, zeer fijn, matig siltig, geen olie-water reactie, K-waarde: 1,5, lichtgrijs, Edelmanboor, l3*s15*m120

-492

Boring: 010005

Datum: 11-03-2016
GWS: 100
GHG: 40



66 akker

Klei, sterk zandig, zwak humeus, zwak teelaardehoudend, geen olie-water reactie, K-waarde: 0,09, bruingrijs, Edelmanboor, o2*l10*s32

26

Klei, sterk zandig, sporen roest, lenzen zand, geen olie-water reactie, K-waarde: 0,11, lichtgrijs, Edelmanboor, l13*s28

-24

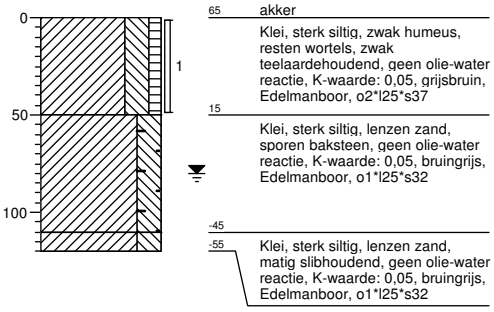
Klei, sterk zandig, sporen roest, laagjes zand, geen olie-water reactie, K-waarde: 0,15, lichtgrijs, Edelmanboor, l10*s28

-54

Projectcode: C050420002430100

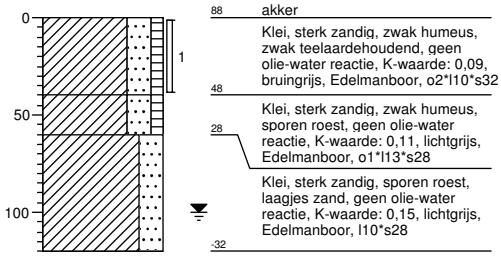
Boring: 010006

Datum: 11-03-2016
GWS: 80
GHG: 40



Boring: 010007

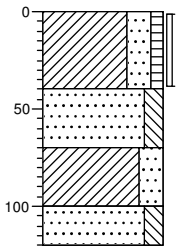
Datum: 11-03-2016
GWS: 100
GHG: 40



Projectcode: C050420002430100

Boring: 010008

Datum: 11-03-2016
GWS: 100
GHG: 40



71 akker

Klei, sterk zandig, zwak humeus, zwak teelaardehoudend, geen olie-water reactie, K-waarde: 0,09, bruingrijs, Edelmanboor, o2*l10*s32

31

Zand, zeer fijn, matig siltig, sporen roest, lenzen klei, geen olie-water reactie, K-waarde: 1,4, lichtgrijs, Edelmanboor, l3*s14*m120

1

Klei, sterk zandig, sporen roest, laagjes zand, geen olie-water reactie, K-waarde: 0,15, lichtgrijs, Edelmanboor, l10*s28

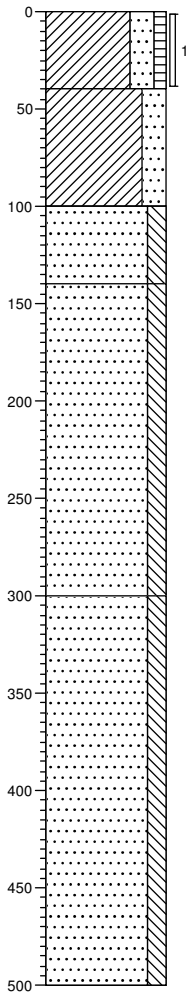
-29

-49

Zand, zeer fijn, matig siltig, sporen roest, sporen schelpen, geen olie-water reactie, K-waarde: 1,8, lichtgrijs, Edelmanboor, l2*s13*m120

Boring: 010009

Datum: 11-03-2016
GWS: 80
GHG: 40
GLG: 140



31 akker

Klei, sterk zandig, zwak humeus, zwak teelaardehoudend, geen olie-water reactie, K-waarde: 0,07, bruingrijs, Edelmanboor, o2*l11*s35

-9

Klei, sterk zandig, laagjes zand, sporen roest, geen olie-water reactie, K-waarde: 0,1, lichtgrijs, Edelmanboor, l11*s35

-69

Zand, zeer fijn, matig siltig, sporen roest, resten schelpen, geen olie-water reactie, K-waarde: 2, lichtgrijs, Edelmanboor, l3*s15*m120

-109

Zand, zeer fijn, matig siltig, sporen schelpen, geen olie-water reactie, K-waarde: 2,2, licht blauwgrijs, Edelmanboor, l2*s12*m120

-269

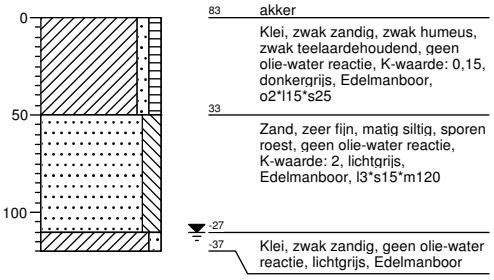
Zand, zeer fijn, matig siltig, sporen schelpen, laagjes klei, geen olie-water reactie, K-waarde: 2,2, licht blauwgrijs, Edelmanboor, l2*s12*m120

-469

Projectcode: C050420002430100

Boring: 010010

Datum: 11-04-2016
GWS: 110
GHG: 80



83 akker

Klei, zwak zandig, zwak humeus, zwak teelaardehoudend, geen olie-water reactie, K-waarde: 0,15, donkergrijs, Edelmanboor, o2*l15*s25

33

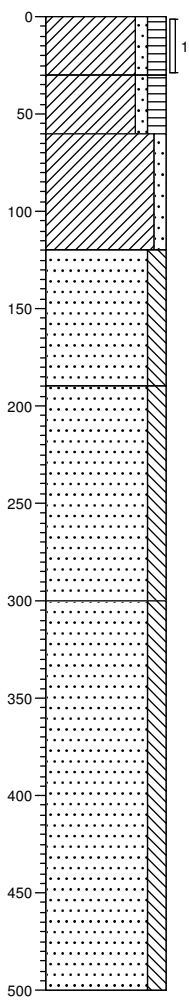
Zand, zeer fijn, matig siltig, sporen roest, geen olie-water reactie, K-waarde: 2, lichtgrijs, Edelmanboor, l3*s15*m120

-27

-37 Klei, zwak zandig, geen olie-water reactie, lichtgrijs, Edelmanboor

Boring: 010011

Datum: 11-04-2016
GWS: 150
GHG: 80
GLG: 190



74 akker

Klei, zwak zandig, matig humeus, zwak teelaardehoudend, geen olie-water reactie, K-waarde: 0,1, bruingrijs, Edelmanboor, o3*l18*s27

44

Klei, zwak zandig, matig humeus, geen olie-water reactie, K-waarde: 0,1, donkergrijs, Edelmanboor, o2*l18*s27

14

Klei, zwak zandig, sporen roest, geen olie-water reactie, K-waarde: 0,1, lichtgrijs, Edelmanboor, l18*s28*t102

-46

Zand, zeer fijn, matig siltig, sporen roest, lenzen klei, geen olie-water reactie, K-waarde: 2, licht grijsbeige, Edelmanboor, l5*s15*m120

-116

Zand, zeer fijn, matig siltig, geen olie-water reactie, K-waarde: 2, blauwgrijs, Edelmanboor, l3*s14*m120

-226

Zand, zeer fijn, matig siltig, lenzen klei, geen olie-water reactie, K-waarde: 2, blauwgrijs, Zuigerboor, l3*s14*m120

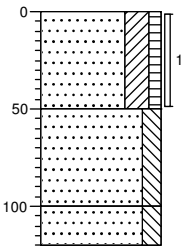
-426

Projectcode: C050420002430100

Boring: 010012

Datum: 11-04-2016

GHG: 90



146 akker

Zand, zeer fijn, kleïig, zwak humeus, zwak teelaardehoudend, geen olie-water reactie, K-waarde: 0,27, donkergrijs, Edelmanboor, o2*l6*s15*m120

96

Zand, zeer fijn, matig siltig, sporen roest, geen olie-water reactie, K-waarde: 2, licht beigegrijs, Edelmanboor, l4*s15*m120

46

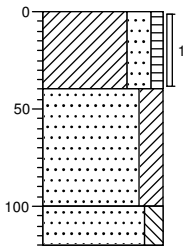
Zand, zeer fijn, matig siltig, sporen roest, geen olie-water reactie, K-waarde: 2, lichtgrijs, Edelmanboor, l4*s15*m120

26

Boring: 011001

Datum: 11-04-2016

GHG: 90



152 akker

Klei, sterk zandig, zwak humeus, zwak teelaardehoudend, geen olie-water reactie, K-waarde: 0,15, donkergrijs, Edelmanboor, o2*l8*s27

112

Zand, zeer fijn, kleïig, sporen roest, geen olie-water reactie, K-waarde: 1,2, lichtgrijs, Edelmanboor, l5*s15*m120

52

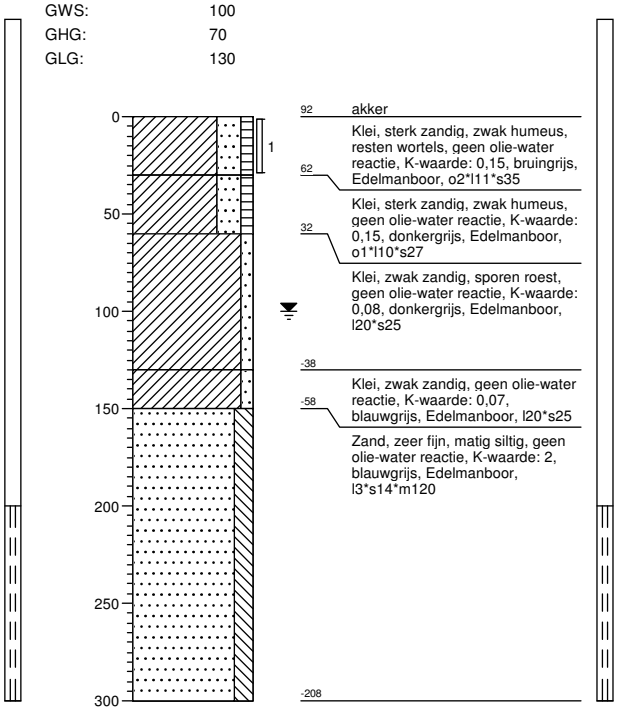
Zand, zeer fijn, matig siltig, sporen roest, geen olie-water reactie, K-waarde: 2, lichtgrijs, Edelmanboor, l4*s14*m120

32

Projectcode: C050420002430100

Boring: 011002

Datum: 11-04-2016
GWS: 100
GHG: 70
GLG: 130



92 akker

Klei, sterk zandig, zwak humeus, resten wortels, geen olie-water reactie, K-waarde: 0,15, bruingrijs, Edelmanboor, o2*l11*s35

62

Klei, sterk zandig, zwak humeus, geen olie-water reactie, K-waarde: 0,15, donkergrijs, Edelmanboor, o1*l10*s27

32

Klei, zwak zandig, sporen roest, geen olie-water reactie, K-waarde: 0,08, donkergrijs, Edelmanboor, l20*s25

-38

Klei, zwak zandig, geen olie-water reactie, K-waarde: 0,07, blauwgrijs, Edelmanboor, l20*s25

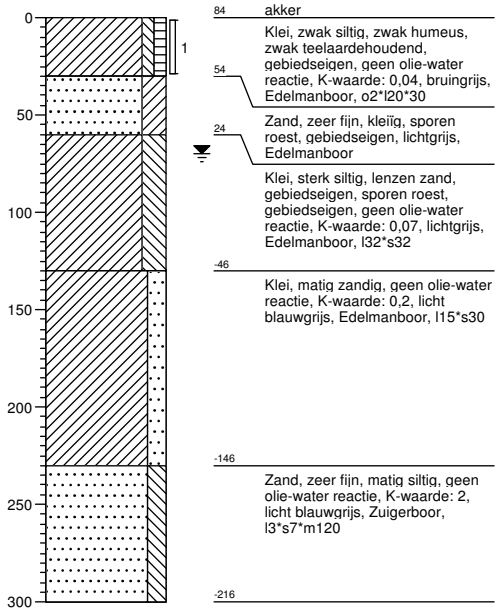
-58

Zand, zeer fijn, matig siltig, geen olie-water reactie, K-waarde: 2, blauwgrijs, Edelmanboor, l3*s14*m120

-208

Boring: 011003

Datum: 09-03-2016
GWS: 70
GHG: 40
GLG: 130



84 akker

Klei, zwak siltig, zwak humeus, zwak teelaardehoudend, gebiedseigen, geen olie-water reactie, K-waarde: 0,04, bruingrijs, Edelmanboor, o2*l20*30

54

Zand, zeer fijn, kleïg, sporen roest, gebiedseigen, lichtgrijs, Edelmanboor

24

Klei, sterk siltig, lenzen zand, gebiedseigen, sporen roest, gebiedseigen, geen olie-water reactie, K-waarde: 0,07, lichtgrijs, Edelmanboor, l32*s32

-46

Klei, matig zandig, geen olie-water reactie, K-waarde: 0,2, licht blauwgrijs, Edelmanboor, l15*s30

-146

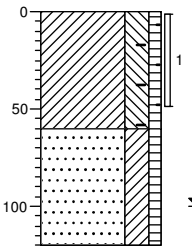
Zand, zeer fijn, matig siltig, geen olie-water reactie, K-waarde: 2, licht blauwgrijs, Zuigerboor, l3*s7*m120

-216

Projectcode: C050420002430100

Boring: 011004

Datum: 09-03-2016
GWS: 100
GHG: 40



106 akker

Klei, sterk siltig, zwak humeus, zwak teelaardehoudend, gebiedseigen, sporen baksteen, antropogeen, geen olie-water reactie, K-waarde: 0,05, grijsbruin, Edelmanboor, o2*l32*s35

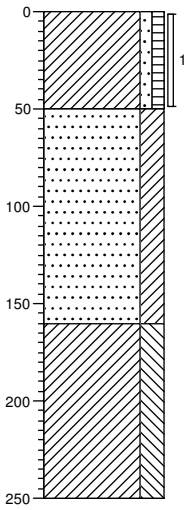
46

Zand, zeer fijn, kleiïg, zwak humeus, resten klei, antropogeen, geen olie-water reactie, K-waarde: 0,12, licht grijsbruin, Edelmanboor, o2*l6*s15*m120

-14

Boring: 011005

Datum: 09-03-2016
GWS: 100
GHG: 60
GLG: 160



128 akker

Klei, zwak zandig, zwak humeus, zwak teelaardehoudend, gebiedseigen, geen olie-water reactie, K-waarde: 0,04, bruingrijs, Zuigerboor, o2*l20*s35

78

Zand, zeer fijn, kleiïg, sporen roest, gebiedseigen, geen olie-water reactie, K-waarde: 0,14, lichtgrijs, Edelmanboor, l6*s15*m120*t40

-32

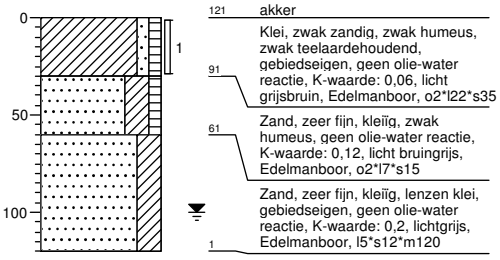
Klei, sterk siltig, laagjes zand, gebiedseigen, geen olie-water reactie, K-waarde: 0,14, licht blauwgrijs, Edelmanboor, l30*s35*t50

-122

Projectcode: C050420002430100

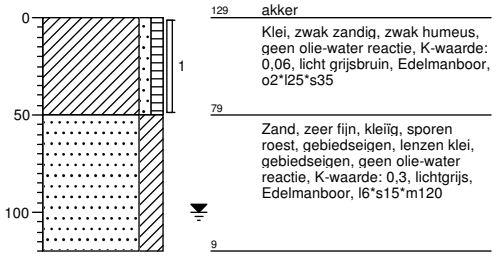
Boring: 011006

Datum: 09-03-2016
GWS: 100
GHG: 60



Boring: 011007

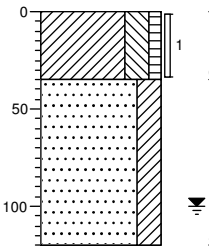
Datum: 09-03-2016
GWS: 100
GHG: 45



Projectcode: C050420002430100

Boring: 011008

Datum: 09-03-2016
GWS: 100
GHG: 45
GLG: 160



100 akker

Klei, sterk siltig, zwak humeus, geen olie-water reactie, K-waarde: 0,06, licht grijsbruin, Edelmanboor, o2*l32*s35

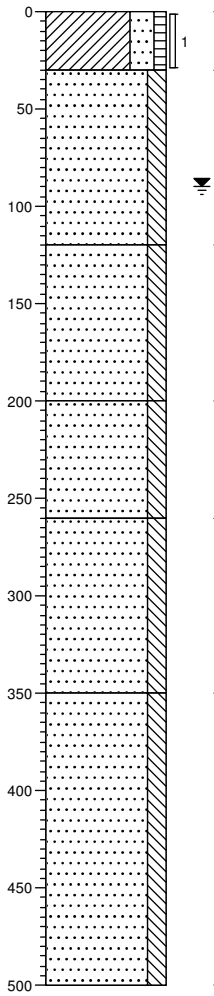
65

Zand, zeer fijn, kleïig, sporen roest, gebiedseigen, lenzen klei, gebiedseigen, geen olie-water reactie, K-waarde: 0,25, lichtgrijs, Edelmanboor, l6*s15*m120

-20

Boring: 011009

Datum: 09-03-2016
GWS: 90
GHG: 40
GLG: 120



35 akker

Klei, sterk zandig, zwak humeus, zwak teelaardehoudend, gebiedseigen, geen olie-water reactie, K-waarde: 0,09, bruingrijs, Edelmanboor, o2*l14*s15

5

Zand, zeer fijn, matig siltig, sporen roest, gebiedseigen, geen olie-water reactie, K-waarde: 0,8, lichtgrijs, Edelmanboor, l4*s15*m120

-85

Zand, zeer fijn, matig siltig, geen olie-water reactie, K-waarde: 1,5, licht blauwgrijs, Edelmanboor, l4*s15*m120

-165

Zand, zeer fijn, matig siltig, resten schelpen, gebiedseigen, geen olie-water reactie, K-waarde: 1,5, licht blauwgrijs, Edelmanboor, l4*s15*m120

-225

Zand, zeer fijn, matig siltig, laagjes klei, gebiedseigen, resten schelpen, gebiedseigen, geen olie-water reactie, K-waarde: 1,2, licht blauwgrijs, Edelmanboor, l4*s15*m120

-315

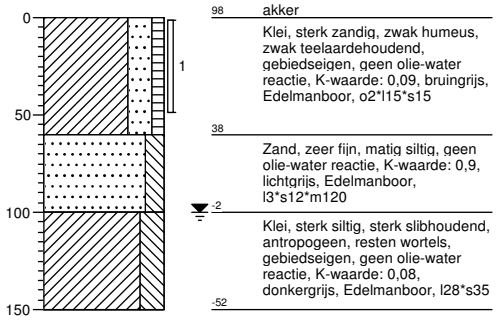
Zand, zeer fijn, matig siltig, laagjes klei, gebiedseigen, resten schelpen, gebiedseigen, geen olie-water reactie, K-waarde: 1,6, licht blauwgrijs, Zuigerboor, l4*s15*m120

-465

Projectcode: C050420002430100

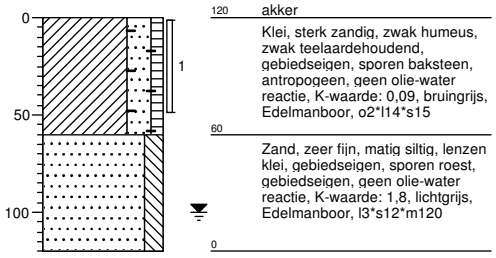
Boring: 011010

Datum: 09-03-2016
GWS: 100
GHG: 60



Boring: 011011

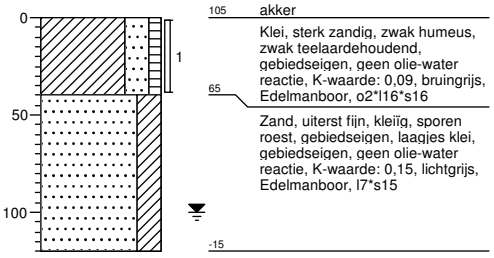
Datum: 09-03-2016
GWS: 100
GHG: 60



Projectcode: C050420002430100

Boring: 011012

Datum: 09-03-2016
GWS: 100
GHG: 50



105 akker

Klei, sterk zandig, zwak humeus, zwak teelaardehoudend, gebiedseigen, geen olie-water reactie, K-waarde: 0,09, bruingrijs, Edelmanboor, o2*l16*s16

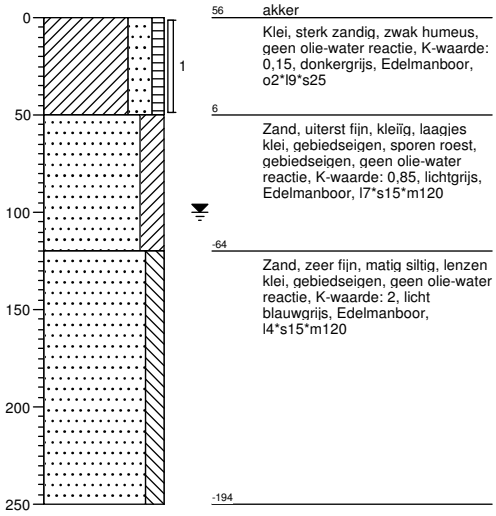
65

Zand, uiterst fijn, kleiïg, sporen roest, gebiedseigen, laagjes klei, gebiedseigen, geen olie-water reactie, K-waarde: 0,15, lichtgrijs, Edelmanboor, l7*s15

-15

Boring: 011013

Datum: 09-03-2016
GWS: 100
GHG: 60
GLG: 120



56 akker

Klei, sterk zandig, zwak humeus, geen olie-water reactie, K-waarde: 0,15, donkergrijs, Edelmanboor, o2*l9*s25

6

Zand, uiterst fijn, kleiïg, laagjes klei, gebiedseigen, sporen roest, gebiedseigen, geen olie-water reactie, K-waarde: 0,85, lichtgrijs, Edelmanboor, l7*s15*m120

-64

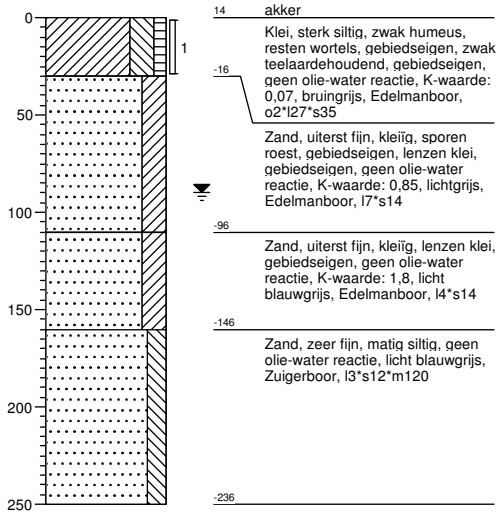
Zand, zeer fijn, matig siltig, lenzen klei, gebiedseigen, geen olie-water reactie, K-waarde: 2, licht blauwgrijs, Edelmanboor, l4*s15*m120

-194

Projectcode: C050420002430100

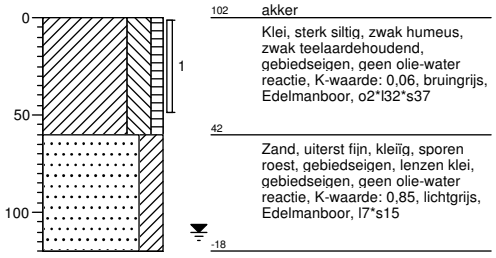
Boring: 011014

Datum: 09-03-2016
GWS: 90
GHG: 30
GLG: 110



Boring: 012001

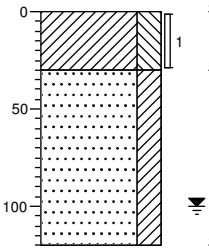
Datum: 09-03-2016
GWS: 110
GHG: 60



Projectcode: C050420002430100

Boring: 012002

Datum: 09-03-2016
GWS: 100
GHG: 50



82 akker

Klei, sterk siltig, zwak teelaardehoudend, geen olie-water reactie, K-waarde: 0,07, bruingrijs, Edelmanboor, o2*l28*s35

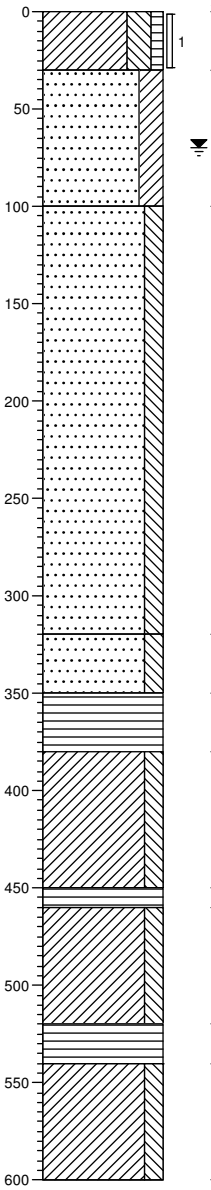
52

Zand, uiterst fijn, kleiïg, sporen roest, geen olie-water reactie, K-waarde: 0,85, lichtgrijs, Edelmanboor, l6*s14

-38

Boring: 012003

Datum: 09-03-2016
GWS: 70
GHG: 30
GLG: 100



45 akker

Klei, sterk siltig, zwak humeus, zwak teelaardehoudend, geen olie-water reactie, K-waarde: 0,07, bruingrijs, Edelmanboor, o2*l27*s34

15

Zand, uiterst fijn, kleiïg, sporen roest, lenzen klei, geen olie-water reactie, K-waarde: 0,65, lichtgrijs, Edelmanboor, l6*s14

-55

Zand, zeer fijn, matig siltig, lenzen klei, geen olie-water reactie, K-waarde: 2, licht blauwgrijs, Edelmanboor, l4*s9*m120

-275

Zand, zeer fijn, matig siltig, lenzen klei, geen olie-water reactie, K-waarde: 2, licht blauwgrijs, Zuigerboor, l4*s9*m120

-305

Veen, mineraalarm, resten riet, geen olie-water reactie, K-waarde: 0,04, donkerbruin, Zuigerboor, o75

-335

Klei, matig siltig, sporen slib, geen olie-water reactie, K-waarde: 0,04, licht blauwgrijs, Zuigerboor, l38*s42

-405

Veen, mineraalarm, geen olie-water reactie, K-waarde: 0,06, donkerbruin, Zuigerboor, o75

-415

Klei, matig siltig, geen olie-water reactie, K-waarde: 0,06, licht blauwgrijs, Guts, l38*s42

-475

Veen, mineraalarm, geen olie-water reactie, K-waarde: 0,04, donkerbruin, Guts, o75

-495

Klei, matig siltig, sporen slib, geen olie-water reactie, K-waarde: 0,04, licht blauwgrijs, Guts, l38*s42

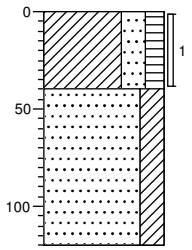
-555

Projectcode: C050420002430100

Boring: 012004

Datum: 12-04-2016

GHG: 60



88 waterspiegel

Klei, sterk zandig, matig humeus, zwak teelaardehoudend, geen olie-water reactie, K-waarde: 0,14, bruingrijs, Edelmanboor, 03*l9*s22

47

Zand, zeer fijn, kleïig, sporen roest, K-waarde: 0,4, licht beigegrijs, Edelmanboor, l7*s15*m120

-33

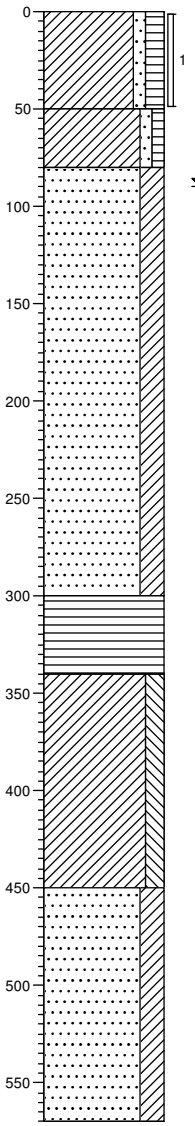
Boring: 012005

Datum: 12-04-2016

GWS: 90

GHG: 70

GLG: 100



47 akker

Klei, zwak zandig, matig humeus, zwak teelaardehoudend, geen olie-water reactie, K-waarde: 0,09, bruingrijs, Edelmanboor, o3*l22*s28

-3

Klei, zwak zandig, zwak humeus, geen olie-water reactie, K-waarde: 0,14, bruingrijs, Edelmanboor, o2*l18*s25*t107

-33

Zand, zeer fijn, kleïig, geen olie-water reactie, K-waarde: 1,5, blauwgrijs, Edelmanboor, l6*s15*m120*t67

-253

Veen, mineraalarm, geen olie-water reactie, K-waarde: 0,03, donkerbruin, Edelmanboor, o75

-293

Klei, matig siltig, sporen slib, geen olie-water reactie, K-waarde: 0,03, blauwgrijs, Edelmanboor, l35*s40

-403

Zand, zeer fijn, kleïig, laagjes klei, geen olie-water reactie, K-waarde: 1,8, blauwgrijs, Edelmanboor, l6*s14

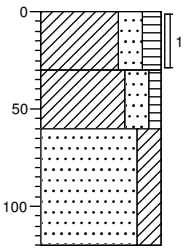
-523

Projectcode: C050420002430100

Boring: 012006

Datum: 12-04-2016

GHG: 70



81 akker

Klei, sterk zandig, matig humeus, zwak teelaardehoudend, geen olie-water reactie, K-waarde: 0,14, bruingrijs, Edelmanboor, o3*l12*s25

51

Klei, sterk zandig, zwak humeus, geen olie-water reactie, K-waarde: 0,17, licht beigegrijs, Edelmanboor, o1*l10*s22

21

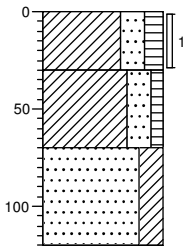
Zand, zeer fijn, kleïig, laagjes klei, sporen roest, geen olie-water reactie, K-waarde: 0,45, licht beigegrijs, Edelmanboor, l8*s15*m120

-39

Boring: 012007

Datum: 12-04-2016

GHG: 70



93 akker

Klei, sterk zandig, matig humeus, zwak teelaardehoudend, geen olie-water reactie, K-waarde: 0,14, bruingrijs, Edelmanboor, o3*l12*s25

63

Klei, sterk zandig, zwak humeus, geen olie-water reactie, K-waarde: 0,17, licht beigegrijs, Edelmanboor, o1*l10*s22

23

Zand, zeer fijn, kleïig, laagjes klei, sporen roest, geen olie-water reactie, K-waarde: 0,45, licht beigegrijs, Edelmanboor, l8*s15*m120

-27

Projectcode: C050420002430100

Boring: 012008

Datum: 12-04-2016

GHG: 70

93 akker

Klei, sterk zandig, matig humeus, zwak teelaardehoudend, geen olie-water reactie, K-waarde: 0,14, bruingrijs, Edelmanboor, o3*l12*s25

63

Klei, sterk zandig, zwak humeus, geen olie-water reactie, K-waarde: 0,17, licht beigegrijs, Edelmanboor, o1*l10*s22

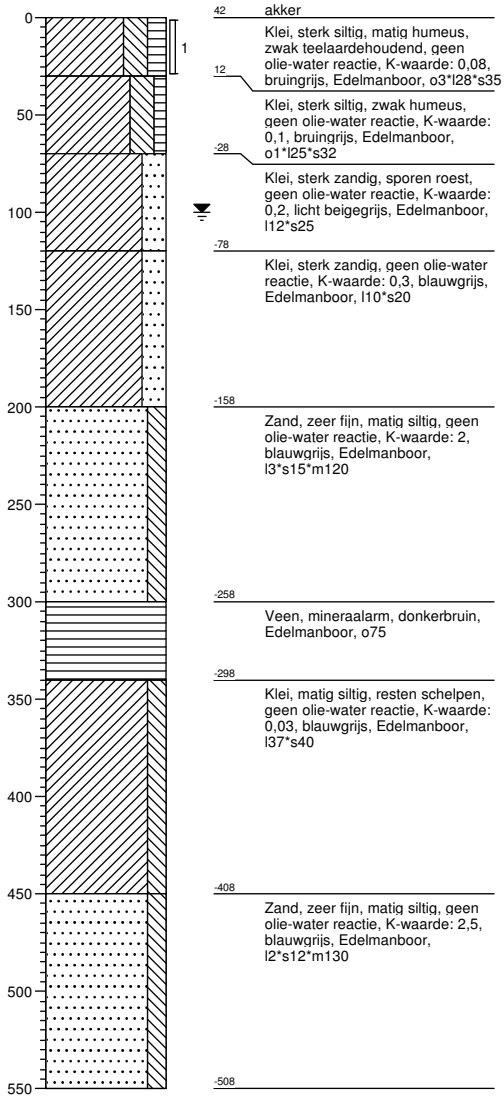
23

Zand, zeer fijn, kleïig, laagjes klei, sporen roest, geen olie-water reactie, K-waarde: 0,45, licht beigegrijs, Edelmanboor, l8*s15*m120

-27

Boring: 012009

Datum: 12-04-2016
GWS: 100
GHG: 60
GLG: 120



42 akker

Klei, sterk siltig, matig humeus, zwak teelaardehoudend, geen olie-water reactie, K-waarde: 0,08, bruingrijs, Edelmanboor, o3*l28*s35

12

Klei, sterk siltig, zwak humeus, geen olie-water reactie, K-waarde: 0,1, bruingrijs, Edelmanboor, o1*l25*s32

-28

Klei, sterk zandig, sporen roest, geen olie-water reactie, K-waarde: 0,2, licht beigegrijs, Edelmanboor, l12*s25

-78

Klei, sterk zandig, geen olie-water reactie, K-waarde: 0,3, blauwgrijs, Edelmanboor, l10*s20

-158

Zand, zeer fijn, matig siltig, geen olie-water reactie, K-waarde: 2, blauwgrijs, Edelmanboor, l3*s15*m120

-258

Veen, mineraalarm, donkerbruin, Edelmanboor, o75

-298

Klei, matig siltig, resten schelpen, geen olie-water reactie, K-waarde: 0,03, blauwgrijs, Edelmanboor, l37*s40

-408

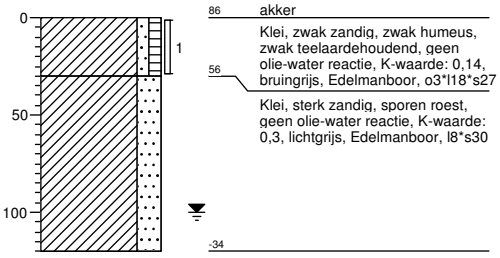
Zand, zeer fijn, matig siltig, geen olie-water reactie, K-waarde: 2,5, blauwgrijs, Edelmanboor, l2*s12*m130

-508

Projectcode: C050420002430100

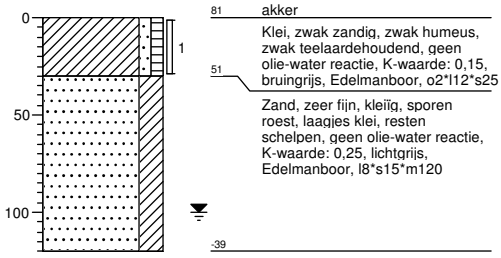
Boring: 012010

Datum: 12-04-2016
GWS: 100
GHG: 70



Boring: 012011

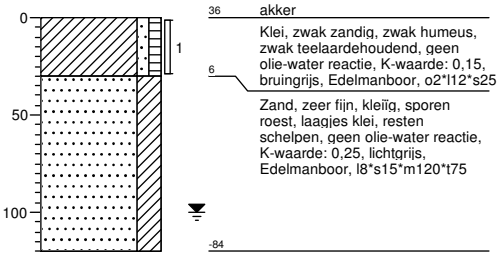
Datum: 12-04-2016
GWS: 100
GHG: 40



Projectcode: C050420002430100

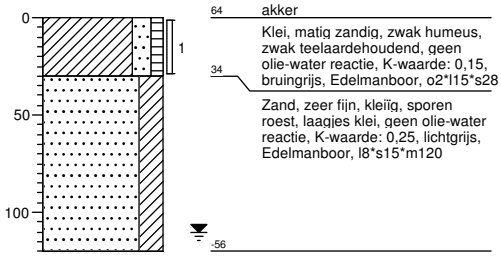
Boring: 013001

Datum: 12-04-2016
GWS: 100
GHG: 40



Boring: 013002

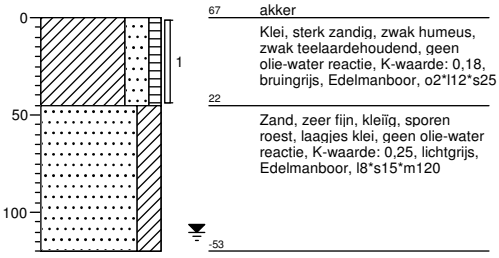
Datum: 12-04-2016
GWS: 110
GHG: 40



Projectcode: C050420002430100

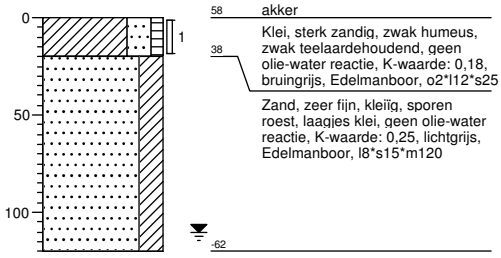
Boring: 013003

Datum: 12-04-2016
GWS: 110
GHG: 40



Boring: 013004

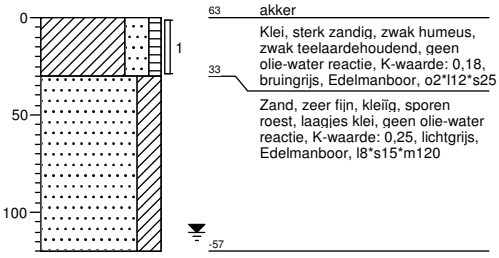
Datum: 12-04-2016
GWS: 110
GHG: 40



Projectcode: C050420002430100

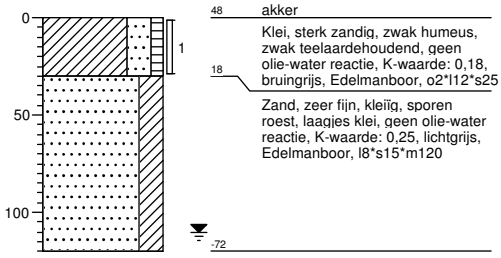
Boring: 013005

Datum: 12-04-2016
GWS: 110
GHG: 40



Boring: 013006

Datum: 12-04-2016
GWS: 110
GHG: 40

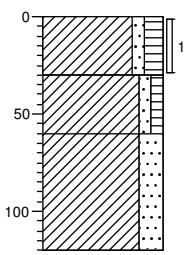


Projectcode: C050420002430100

Boring: 013007

Datum: 12-04-2016

GHG: 70



113 akker

Klei, zwak zandig, matig humeus, zwak teelaardehoudend, geen olie-water reactie, K-waarde: 0,14, bruingrijs, Edelmanboor, o2*l18*s25

83

Klei, zwak zandig, zwak humeus, geen olie-water reactie, K-waarde: 0,13, bruingrijs, Edelmanboor, o1*l18*s25

53

Klei, sterk zandig, sporen roest, geen olie-water reactie, K-waarde: 0,18, lichtgrijs, Edelmanboor, l12*s30

-7

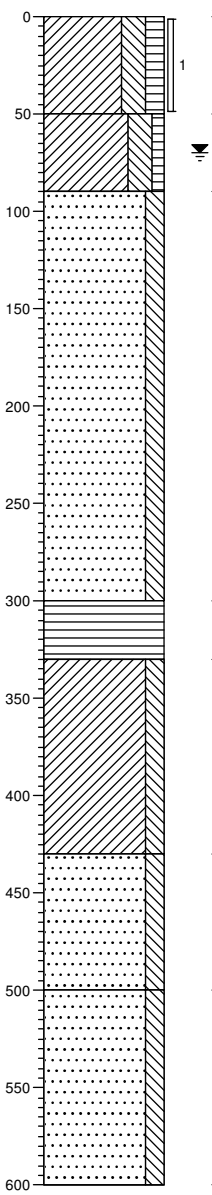
Boring: 013008

Datum: 12-04-2016

GWS: 70

GHG: 50

GLG: 90



40 akker

Klei, sterk siltig, matig humeus, zwak teelaardehoudend, geen olie-water reactie, K-waarde: 0,09, bruingrijs, Edelmanboor, o3*l25*s30

-10

Klei, sterk siltig, zwak humeus, geen olie-water reactie, K-waarde: 0,09, bruingrijs, Edelmanboor, o1*l25*s30*t112

-50

Zand, zeer fijn, matig siltig, lenzen klei, resten schelpen, geen olie-water reactie, K-waarde: 2, licht blauwgrijs, Edelmanboor, l3*s15*m120

-260

Veen, mineraalarm, geen olie-water reactie, K-waarde: 0,04, donkerbruin, Edelmanboor, o75

-290

Klei, matig siltig, sporen slib, lenzen zand, geen olie-water reactie, K-waarde: 0,03, licht blauwgrijs, Edelmanboor, l35*s40

-390

Zand, zeer fijn, matig siltig, geen olie-water reactie, K-waarde: 2, licht blauwgrijs, Edelmanboor, l3*s15*m120

-460

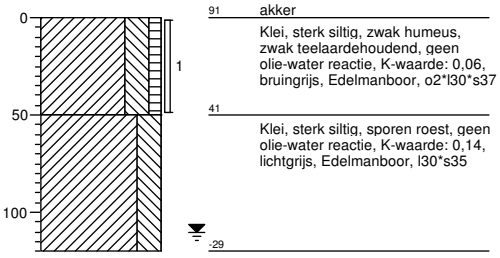
Zand, zeer fijn, matig siltig, geen olie-water reactie, K-waarde: 2, licht blauwgrijs, Guts, l3*s15*m120

-560

Projectcode: C050420002430100

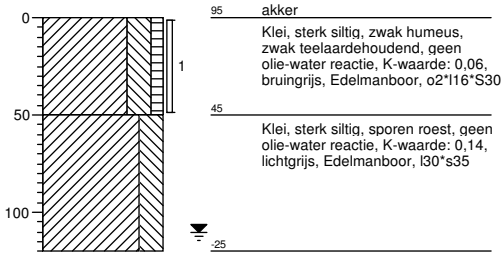
Boring: 013009

Datum: 09-03-2016
GWS: 110
GHG: 60



Boring: 013010

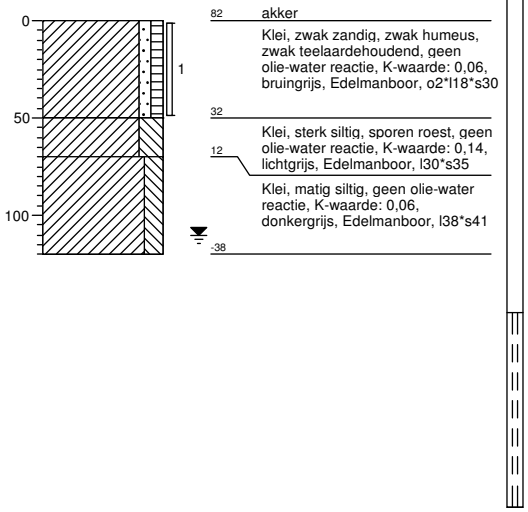
Datum: 09-03-2016
GWS: 110
GHG: 60



Projectcode: C050420002430100

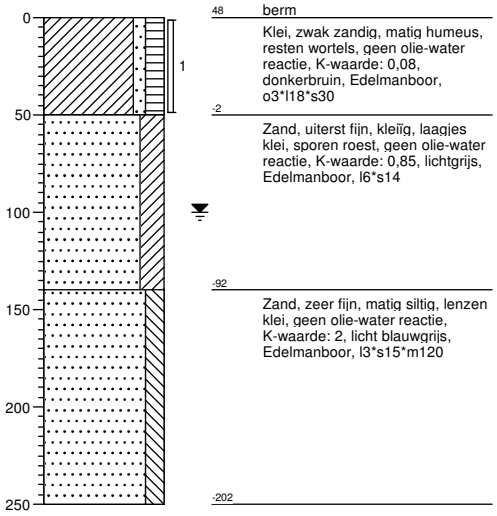
Boring: 013011

Datum: 09-03-2016
GWS: 110
GHG: 60



Boring: 013012

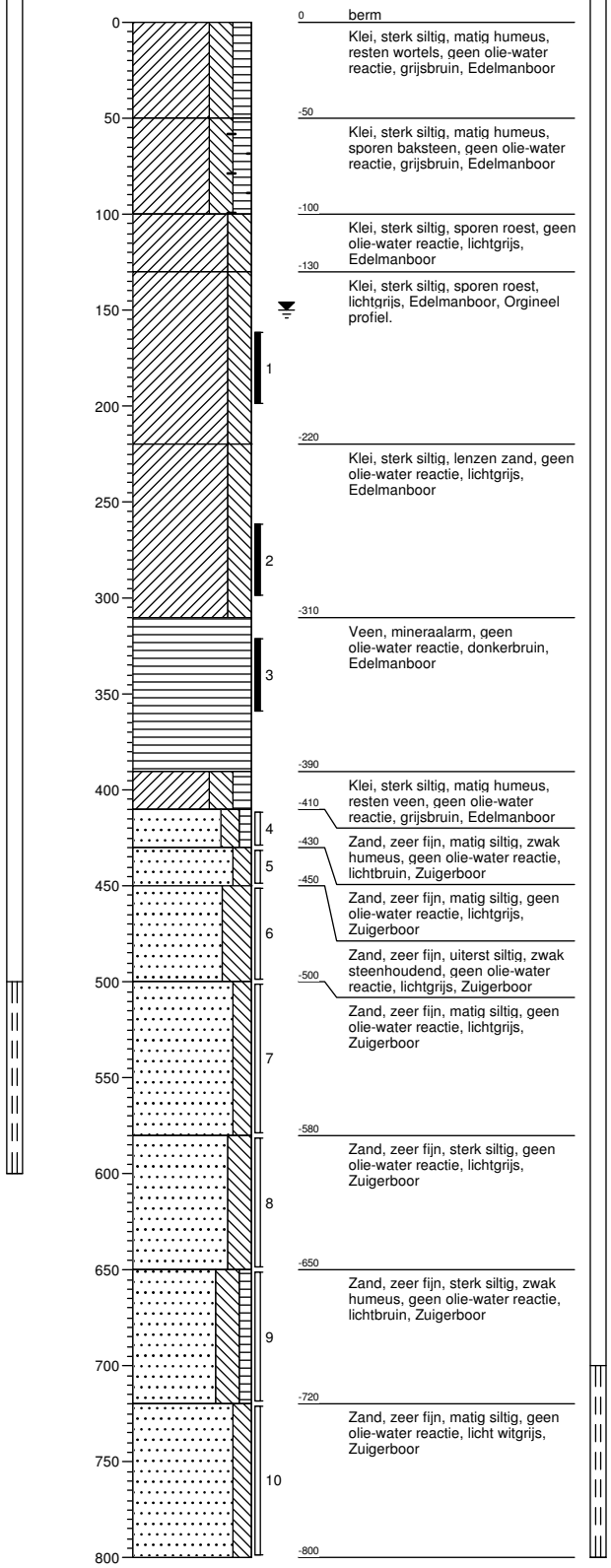
Datum: 09-03-2016
GWS: 100
GHG: 50
GLG: 140



Projectcode: C050420002430100

Boring: B001

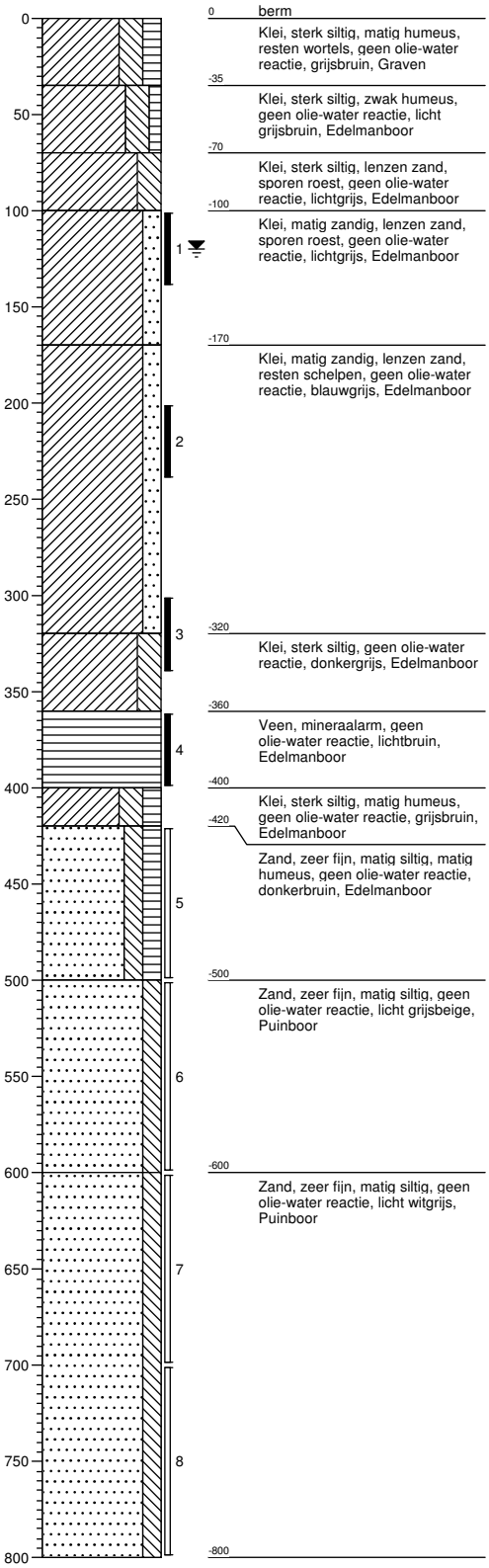
Datum: 25-04-2016
GWS: 150
GHG: 100
GLG: 220



0 berm
Klei, sterk siltig, matig humeus, resten wortels, geen olie-water reactie, grijsbruin, Edelmanboor
-50
Klei, sterk siltig, matig humeus, sporen baksteen, geen olie-water reactie, grijsbruin, Edelmanboor
-100
Klei, sterk siltig, sporen roest, geen olie-water reactie, lichtgrijs, Edelmanboor
-130
Klei, sterk siltig, sporen roest, lichtgrijs, Edelmanboor, Orgineel profiel.
-220
Klei, sterk siltig, lenzen zand, geen olie-water reactie, lichtgrijs, Edelmanboor
-310
Veen, mineraalarm, geen olie-water reactie, donkerbruin, Edelmanboor
-390
Klei, sterk siltig, matig humeus, resten veen, geen olie-water reactie, grijsbruin, Edelmanboor
-410
Zand, zeer fijn, matig siltig, zwak humeus, geen olie-water reactie, lichtbruin, Zuigerboor
-430
Zand, zeer fijn, matig siltig, geen olie-water reactie, lichtgrijs, Zuigerboor
-450
Zand, zeer fijn, uiterst siltig, zwak steenhoudend, geen olie-water reactie, lichtgrijs, Zuigerboor
-500
Zand, zeer fijn, matig siltig, geen olie-water reactie, lichtgrijs, Zuigerboor
-580
Zand, zeer fijn, sterk siltig, geen olie-water reactie, lichtgrijs, Zuigerboor
-650
Zand, zeer fijn, sterk siltig, zwak humeus, geen olie-water reactie, lichtbruin, Zuigerboor
-720
Zand, zeer fijn, matig siltig, geen olie-water reactie, licht witgrijs, Zuigerboor
-800

Boring: B002

Datum: 25-04-2016
GWS: 120
GHG: 70
GLG: 170

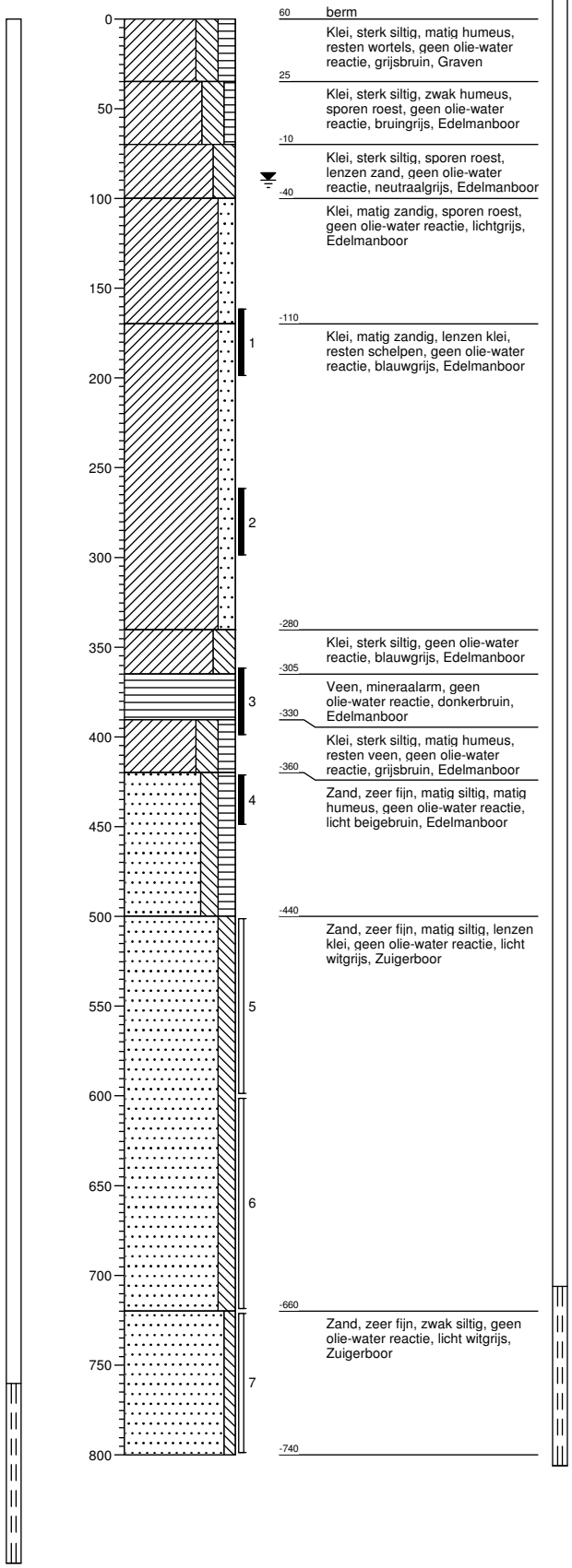


0 berm
Klei, sterk siltig, matig humeus, resten wortels, geen olie-water reactie, grijsbruin, Graven
-35
Klei, sterk siltig, zwak humeus, geen olie-water reactie, licht grijsbruin, Edelmanboor
-70
Klei, sterk siltig, lenzen zand, sporen roest, geen olie-water reactie, lichtgrijs, Edelmanboor
-100
Klei, matig zandig, lenzen zand, sporen roest, geen olie-water reactie, lichtgrijs, Edelmanboor
-170
Klei, matig zandig, lenzen zand, resten schelpen, geen olie-water reactie, blauwgrijs, Edelmanboor
-320
Klei, sterk siltig, geen olie-water reactie, donkergrijs, Edelmanboor
-360
Veen, mineraalarm, geen olie-water reactie, lichtbruin, Edelmanboor
-400
Klei, sterk siltig, matig humeus, geen olie-water reactie, grijsbruin, Edelmanboor
-420
Zand, zeer fijn, matig siltig, matig humeus, geen olie-water reactie, donkerbruin, Edelmanboor
-500
Zand, zeer fijn, matig siltig, geen olie-water reactie, licht grijsbeige, Puinboor
-600
Zand, zeer fijn, matig siltig, geen olie-water reactie, licht witgrijs, Puinboor
-800

Projectcode: C050420002430100

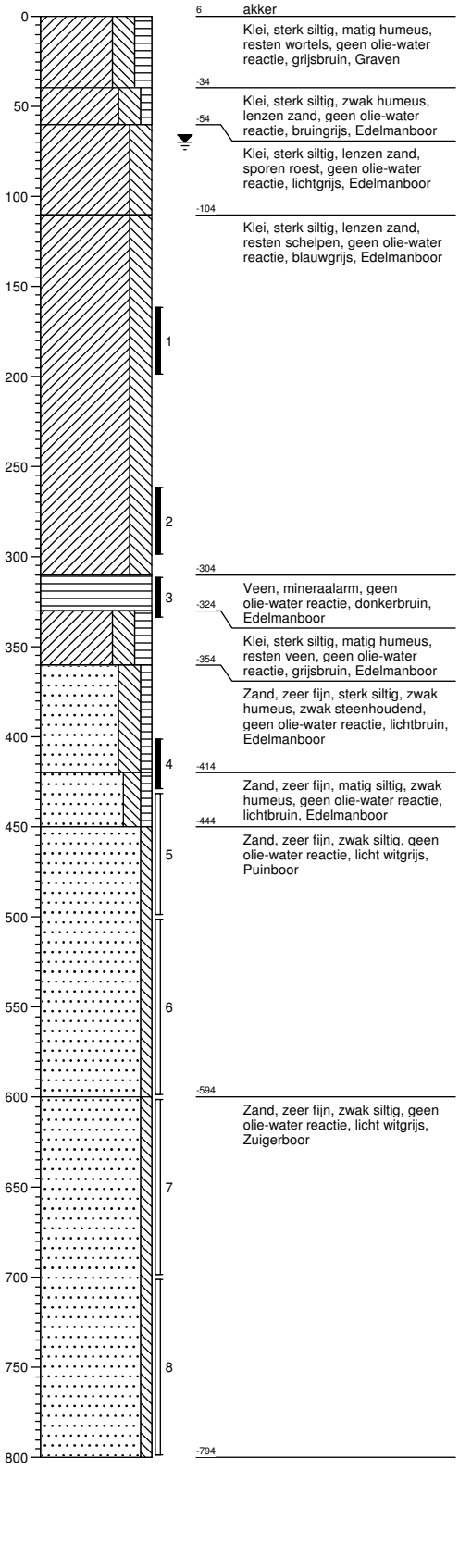
Boring: B003

Datum: 10-05-2016
GWS: 90
GHG: 50
GLG: 180



Boring: B004

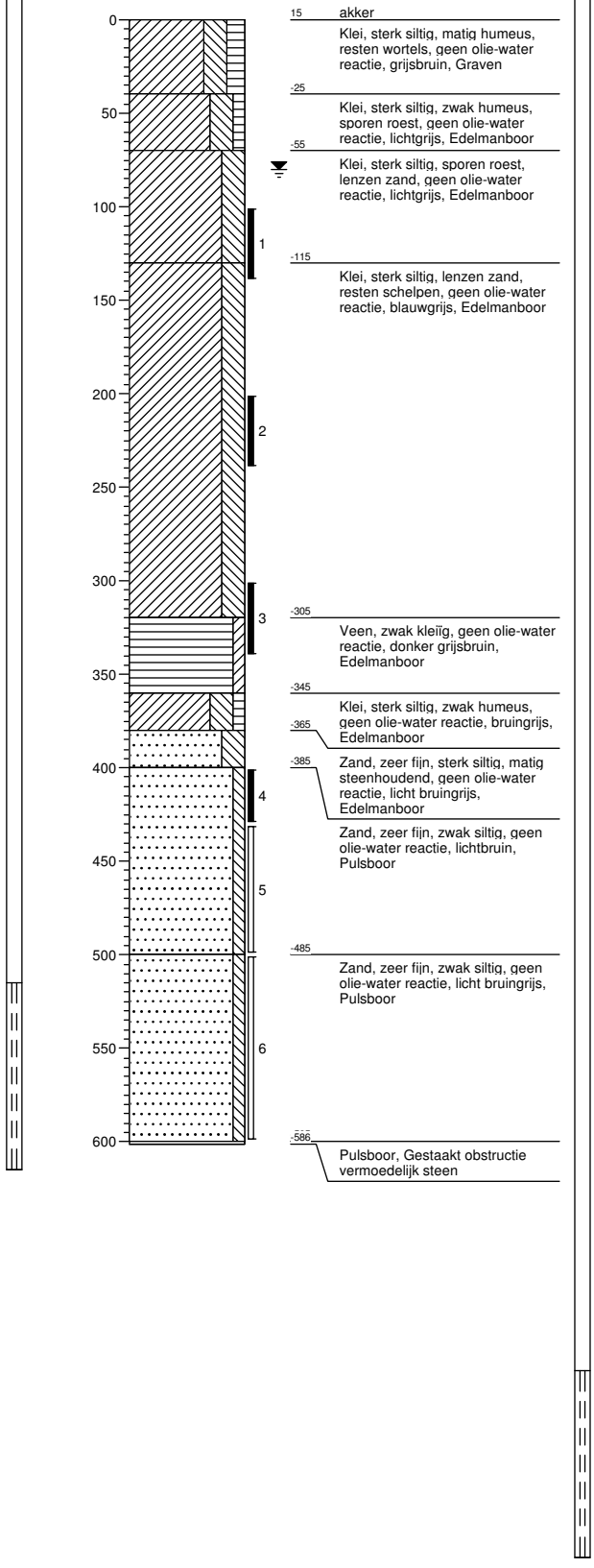
Datum: 10-05-2016
GWS: 70
GHG: 50
GLG: 110



Projectcode: C050420002430100

Boring: B005

Datum: 10-05-2016
GWS: 80
GHG: 50
GLG: 130



15 akker
Klei, sterk siltig, matig humeus, resten wortels, geen olie-water reactie, grijsbruin, Graven

-25
Klei, sterk siltig, zwak humeus, sporen roest, geen olie-water reactie, lichtgrijs, Edelmanboor

-55
Klei, sterk siltig, sporen roest, lenzen zand, geen olie-water reactie, lichtgrijs, Edelmanboor

-115
Klei, sterk siltig, lenzen zand, resten schelpen, geen olie-water reactie, blauwgrijs, Edelmanboor

-305
Veen, zwak kleïig, geen olie-water reactie, donker grijsbruin, Edelmanboor

-345
Klei, sterk siltig, zwak humeus, geen olie-water reactie, bruingrijs, Edelmanboor

-365
Zand, zeer fijn, sterk siltig, matig steenhoudend, geen olie-water reactie, licht bruingrijs, Edelmanboor

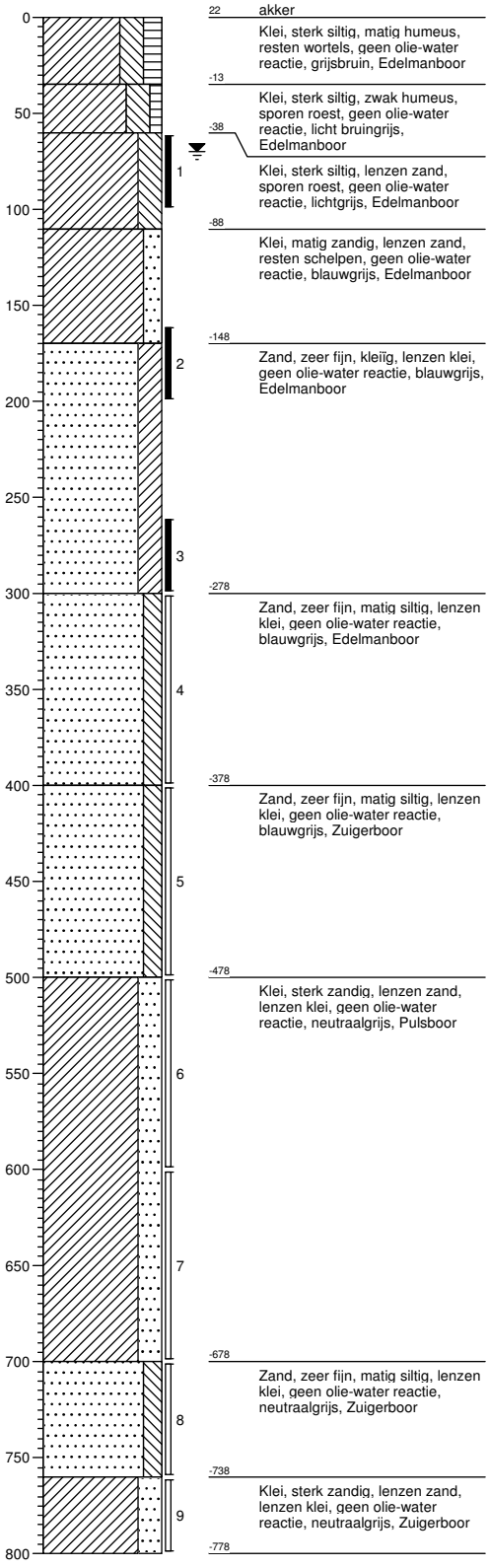
-385
Zand, zeer fijn, zwak siltig, geen olie-water reactie, lichtbruin, Pulsboor

-485
Zand, zeer fijn, zwak siltig, geen olie-water reactie, licht bruingrijs, Pulsboor

-586
Pulsboor, Gestaakt obstructie vermoedelijk steen

Boring: B006

Datum: 11-05-2016
GWS: 70
GHG: 40
GLG: 110



22 akker
Klei, sterk siltig, matig humeus, resten wortels, geen olie-water reactie, grijsbruin, Edelmanboor

-13
Klei, sterk siltig, zwak humeus, sporen roest, geen olie-water reactie, licht bruingrijs, Edelmanboor

-38
Klei, sterk siltig, lenzen zand, sporen roest, geen olie-water reactie, lichtgrijs, Edelmanboor

-88
Klei, matig zandig, lenzen zand, resten schelpen, geen olie-water reactie, blauwgrijs, Edelmanboor

-148
Zand, zeer fijn, kleïig, lenzen klei, geen olie-water reactie, blauwgrijs, Edelmanboor

-278
Zand, zeer fijn, matig siltig, lenzen klei, geen olie-water reactie, blauwgrijs, Edelmanboor

-378
Zand, zeer fijn, matig siltig, lenzen klei, geen olie-water reactie, blauwgrijs, Zuigerboor

-478
Klei, sterk zandig, lenzen zand, lenzen klei, geen olie-water reactie, neutraalgrijs, Pulsboor

-678
Zand, zeer fijn, matig siltig, lenzen klei, geen olie-water reactie, neutraalgrijs, Zuigerboor

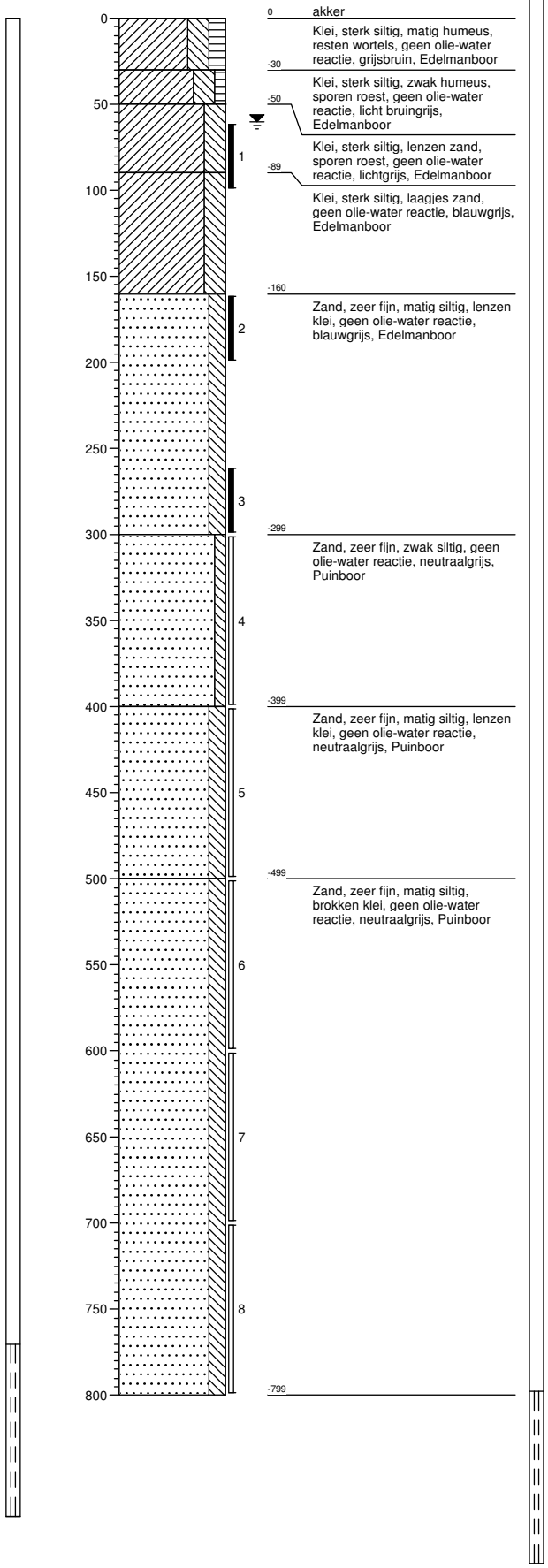
-738
Klei, sterk zandig, lenzen zand, lenzen klei, geen olie-water reactie, neutraalgrijs, Zuigerboor

-778

Projectcode: C050420002430100

Boring: B007

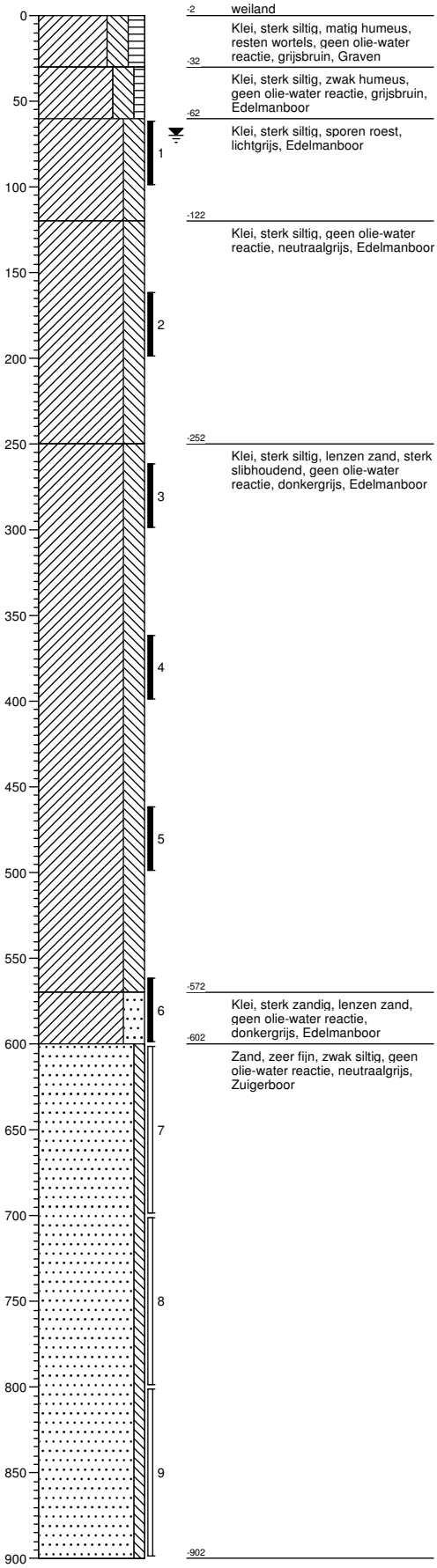
Datum: 11-05-2016
GWS: 60
GHG: 40
GLG: 90



0 akker
Klei, sterk siltig, matig humeus, resten wortels, geen olie-water reactie, grijsbruin, Edelmanboor
-30
Klei, sterk siltig, zwak humeus, sporen roest, geen olie-water reactie, licht bruingrijs, Edelmanboor
-50
Klei, sterk siltig, lenzen zand, sporen roest, geen olie-water reactie, lichtgrijs, Edelmanboor
-89
Klei, sterk siltig, laagjes zand, geen olie-water reactie, blauwgrijs, Edelmanboor
-160
Zand, zeer fijn, matig siltig, lenzen klei, geen olie-water reactie, blauwgrijs, Edelmanboor
-299
Zand, zeer fijn, zwak siltig, geen olie-water reactie, neutraalgrijs, Puinboor
-399
Zand, zeer fijn, matig siltig, lenzen klei, geen olie-water reactie, neutraalgrijs, Puinboor
-499
Zand, zeer fijn, matig siltig, brokken klei, geen olie-water reactie, neutraalgrijs, Puinboor
-799

Boring: B008

Datum: 11-05-2016
GWS: 70
GHG: 50
GLG: 120

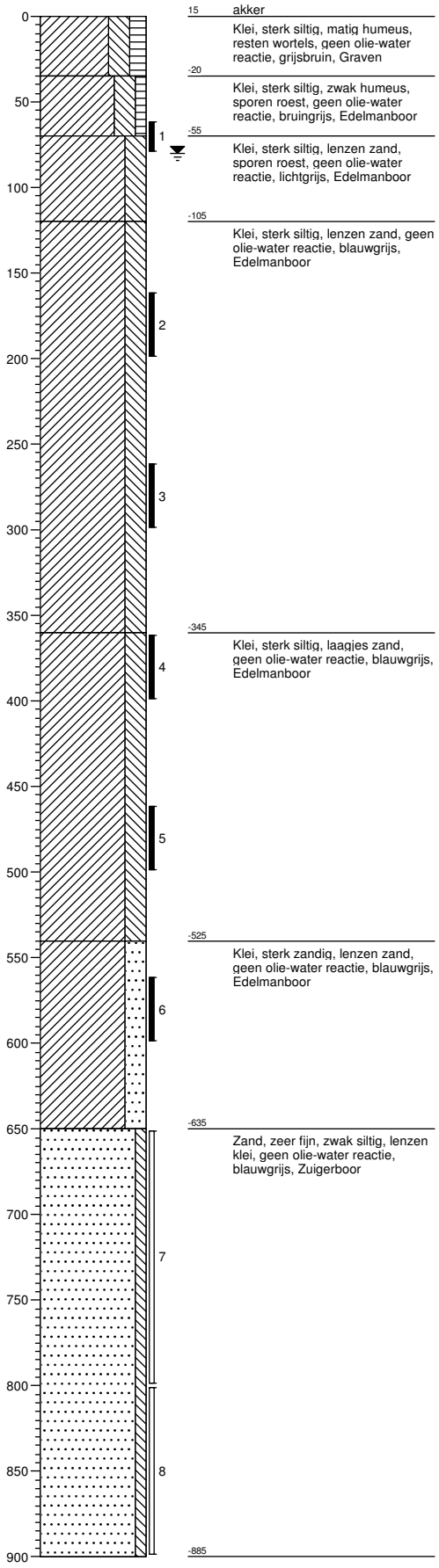


-2 weiland
Klei, sterk siltig, matig humeus, resten wortels, geen olie-water reactie, grijsbruin, Graven
-32
Klei, sterk siltig, zwak humeus, geen olie-water reactie, grijsbruin, Edelmanboor
-62
Klei, sterk siltig, sporen roest, lichtgrijs, Edelmanboor
-122
Klei, sterk siltig, geen olie-water reactie, neutraalgrijs, Edelmanboor
-252
Klei, sterk siltig, lenzen zand, sterk slibhoudend, geen olie-water reactie, donkergrijs, Edelmanboor
-572
Klei, sterk zandig, lenzen zand, geen olie-water reactie, donkergrijs, Edelmanboor
-602
Zand, zeer fijn, zwak siltig, geen olie-water reactie, neutraalgrijs, Zuigerboor
-902

Projectcode: C050420002430100

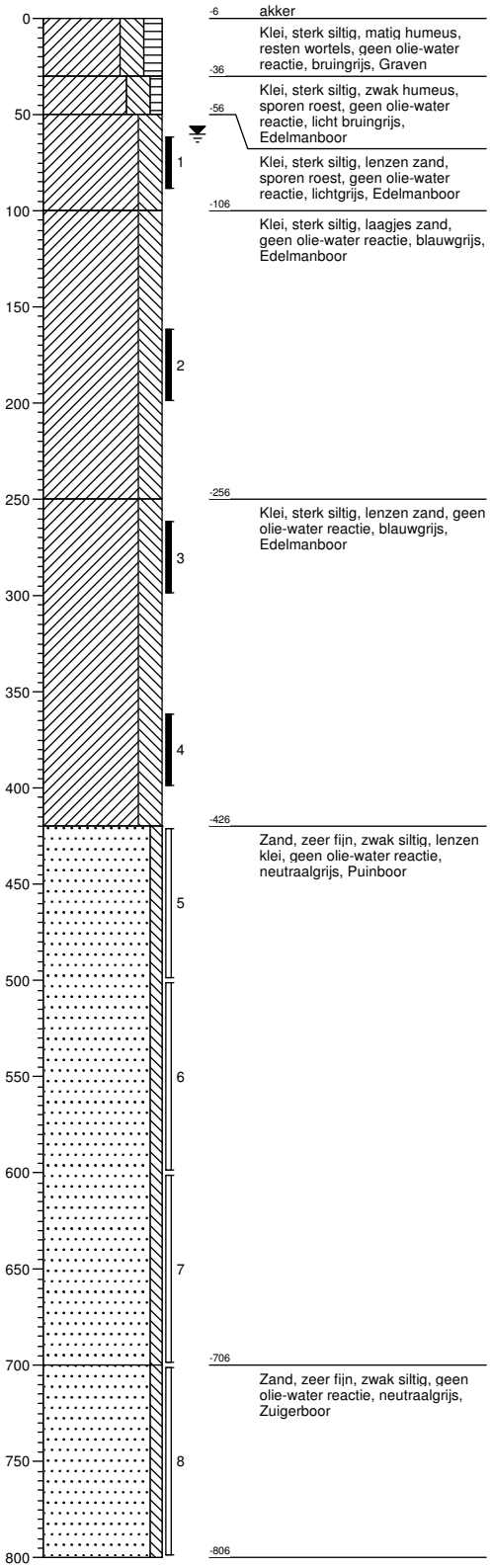
Boring: B009

Datum: 12-05-2016
GWS: 80
GHG: 50
GLG: 130



Boring: B010

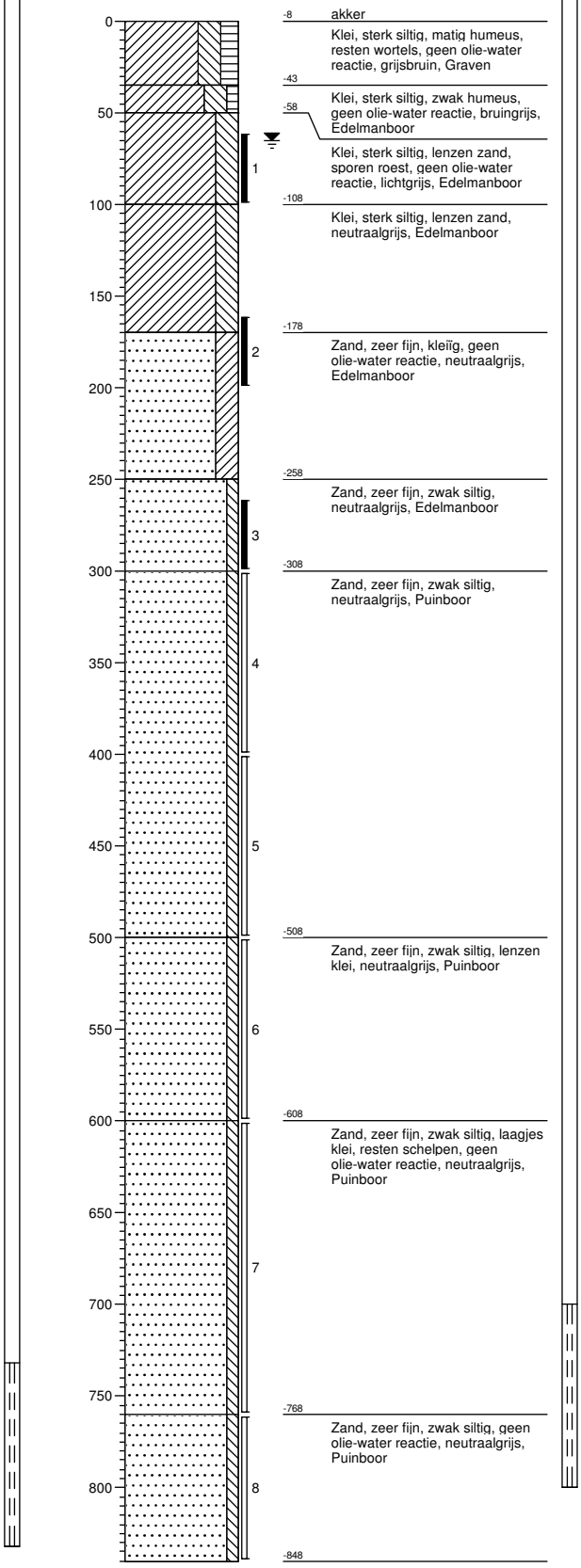
Datum: 12-05-2016
GWS: 60
GHG: 40
GLG: 100



Projectcode: C050420002430100

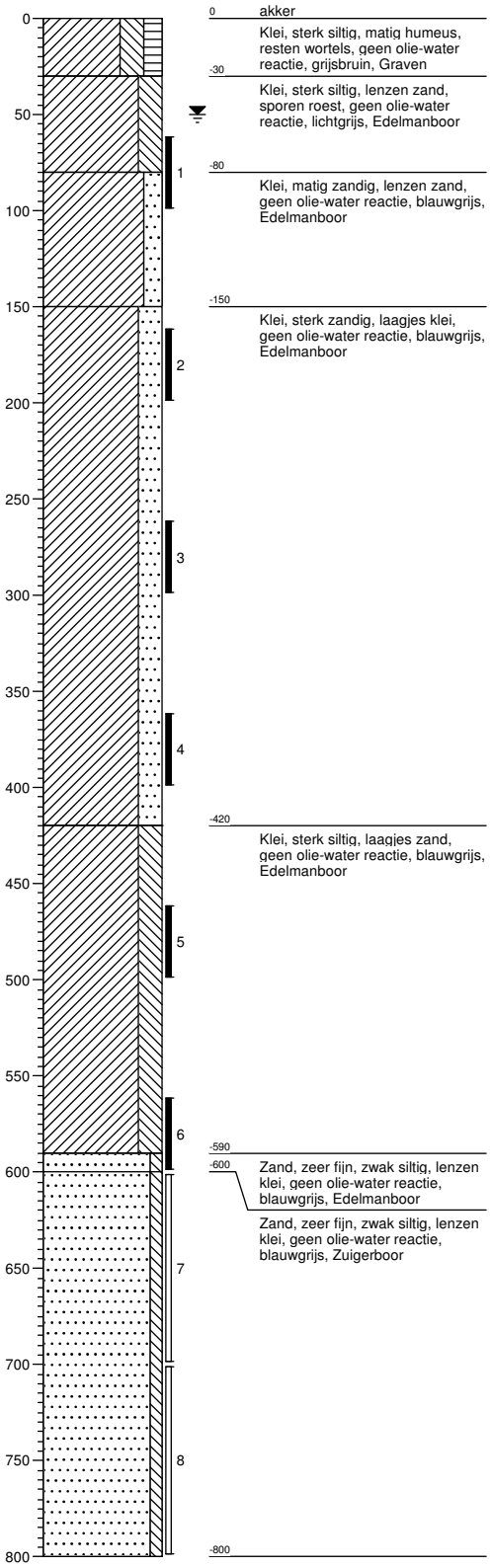
Boring: B011

Datum: 12-05-2016
GWS: 65
GHG: 50
GLG: 100



Boring: B013

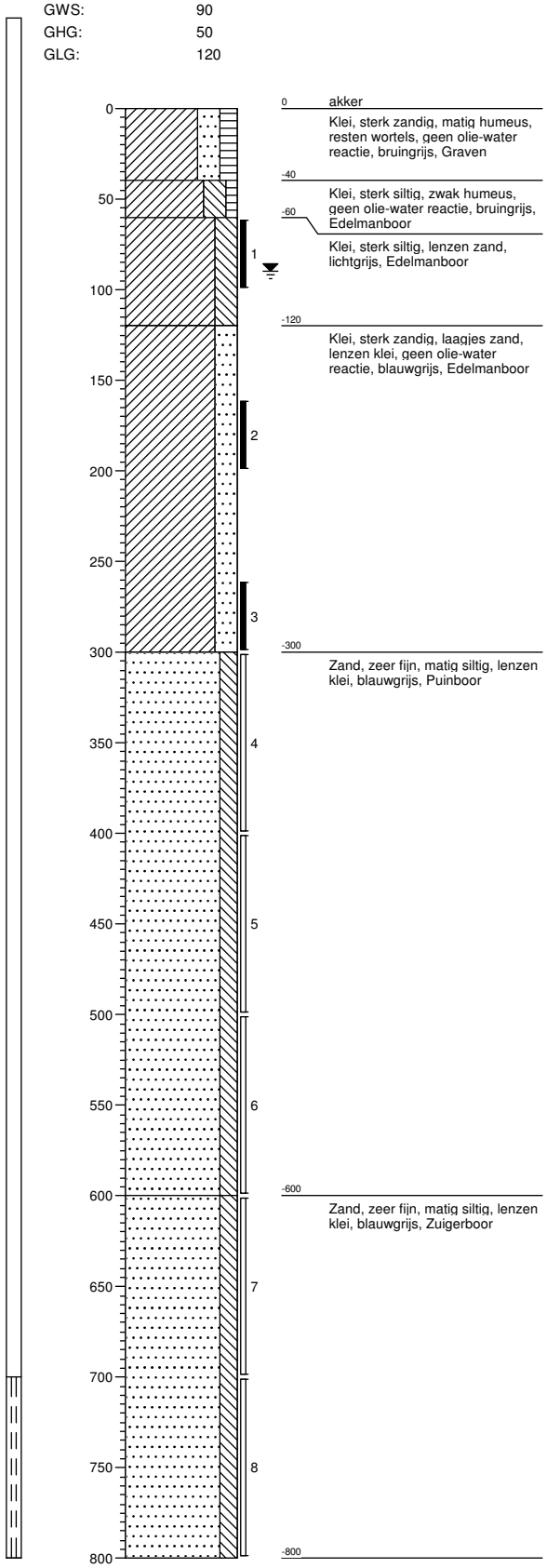
Datum: 13-05-2016
GWS: 50
GHG: 30
GLG: 80



Projectcode: C050420002430100

Boring: B016

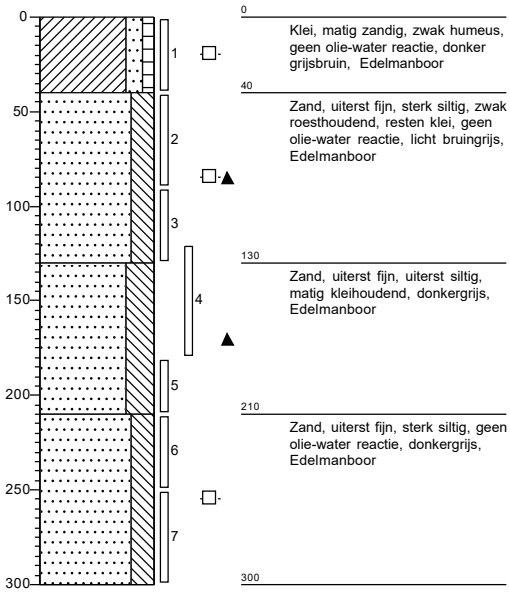
Datum: 13-05-2016
GWS: 90
GHG: 50
GLG: 120



Projectcode: C050420002430100

Boring: B01

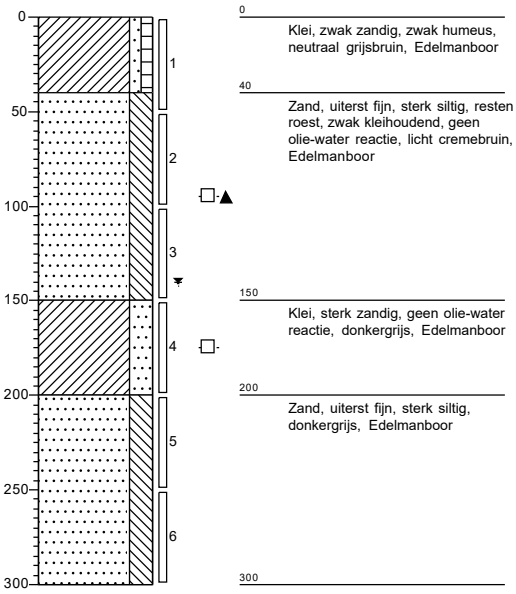
Datum: 9-11-2020
Boormeester: Rob Aukema
X coördinaat: 198054,09
Y coördinaat: 600305,81



Boring: B02

Datum: 9-11-2020
Boormeester: Henk Mulder

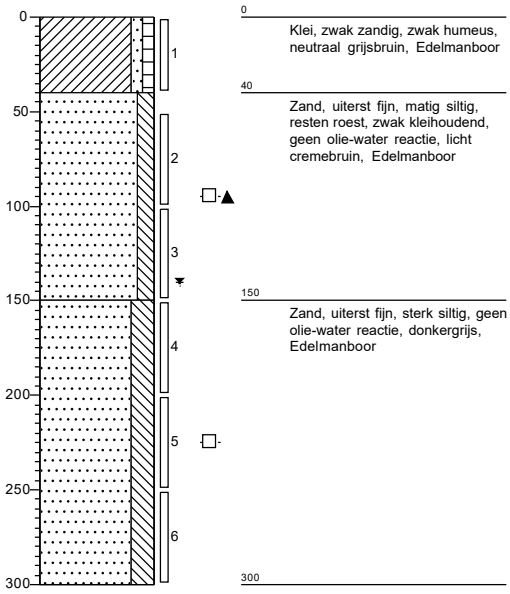
GWS: 140



Boring: B03

Datum: 9-11-2020
Boormeester: Henk Mulder
X coördinaat: 198139,70
Y coördinaat: 600282,74

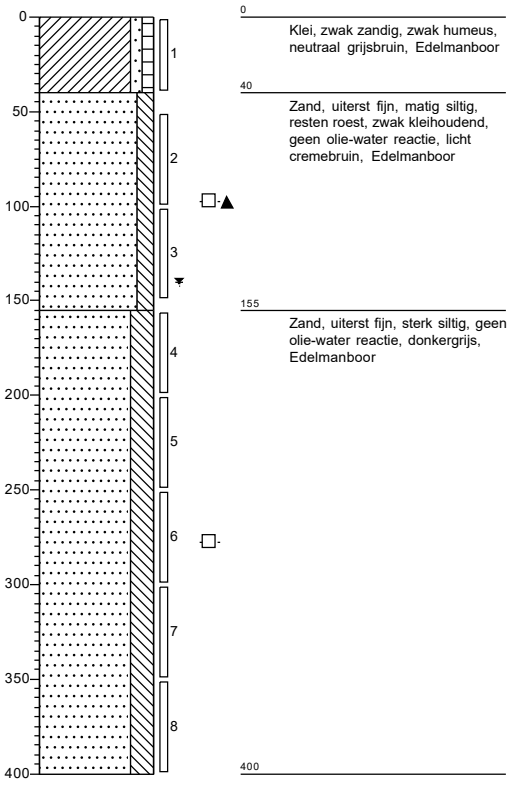
GWS: 140



Boring: B04

Datum: 9-11-2020
Boormeester: Henk Mulder

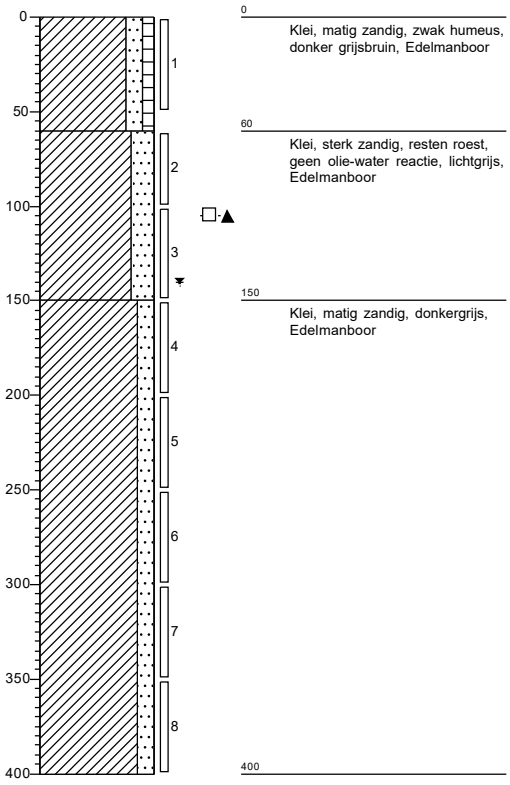
GWS: 140



Boring: B06

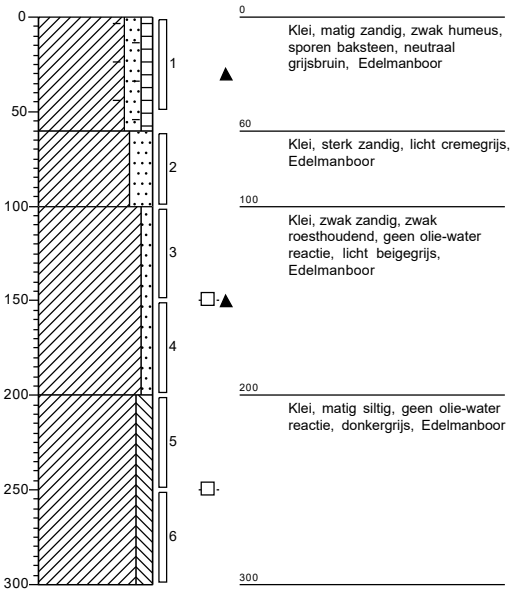
Datum: 9-11-2020
Boormeester: Henk Mulder
X coördinaat: 198244,70
Y coördinaat: 600352,01

GWS: 140



Boring: B07

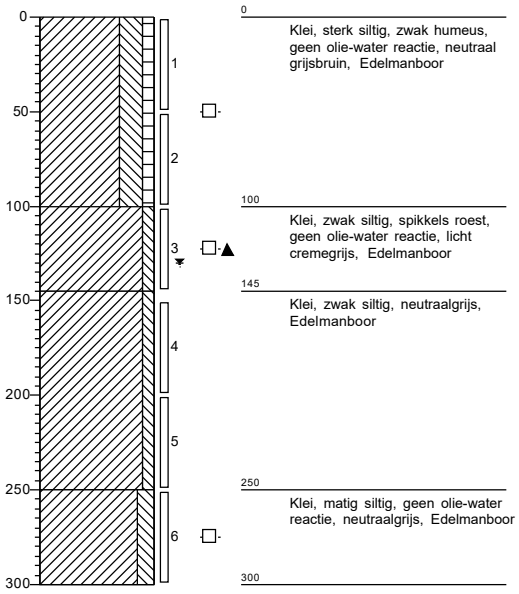
Datum: 9-11-2020
Boormeester: Henk Mulder
X coördinaat: 198307,26
Y coördinaat: 600379,42



Boring: B08

Datum: 9-11-2020
Boormeester: Henk Mulder
X coördinaat: 198351,11
Y coördinaat: 600398,34

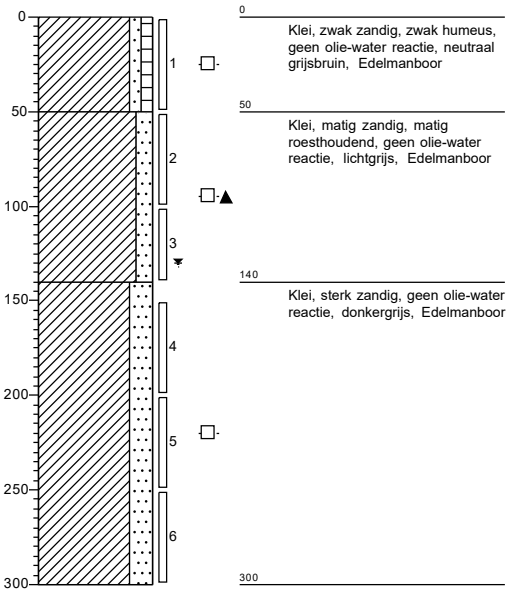
GWS: 130



Boring: B09

Datum: 9-11-2020
Boormeester: Henk Mulder
X coördinaat: 198398,76
Y coördinaat: 600418,36

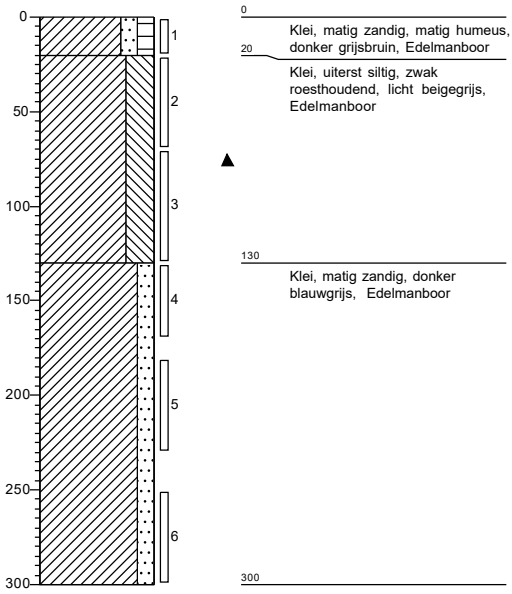
GWS: 130



Boring: B010

Datum: 19-11-2020

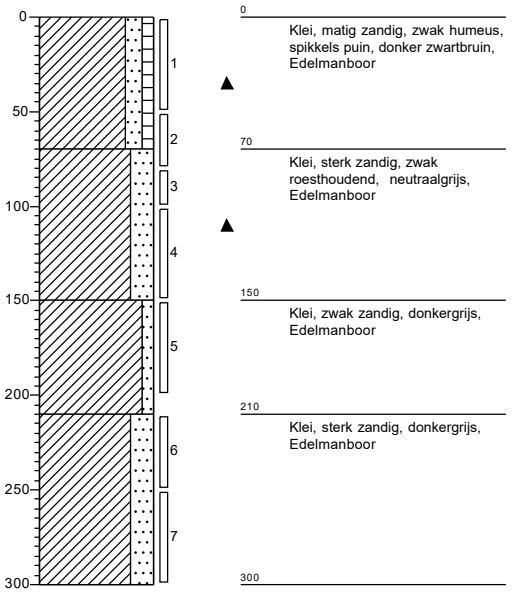
X coördinaat: 198448,96
Y coördinaat: 600440,10



Boring: B011

Datum: 19-11-2020

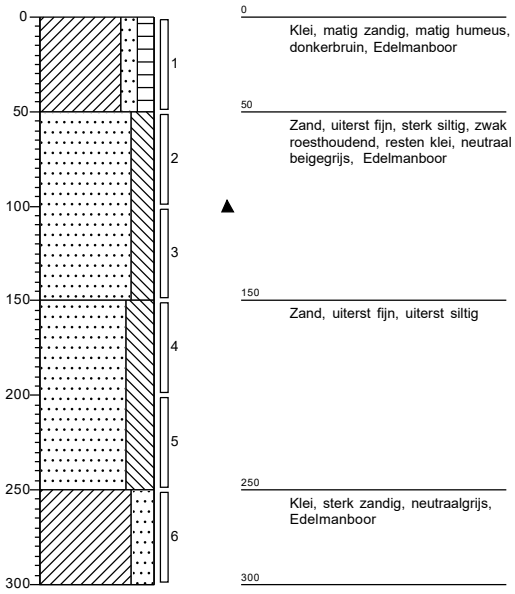
X coördinaat: 198498,08
Y coördinaat: 600461,23



Boring: B012

Datum: 19-11-2020

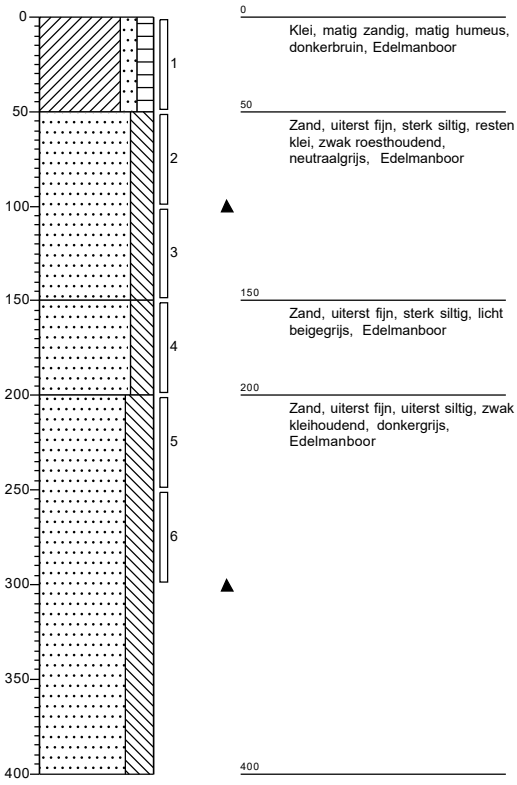
X coördinaat: 198546,24
Y coördinaat: 600481,83



Boring: B014

Datum: 19-11-2020

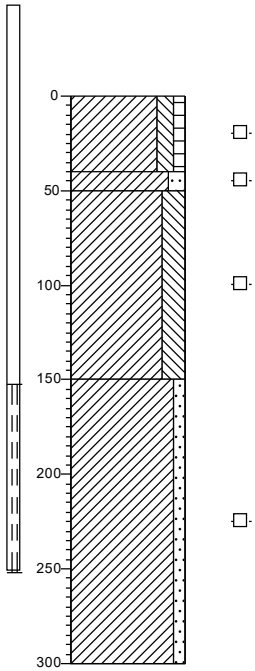
X coördinaat: 198641,23
Y coördinaat: 600523,58



Boring: Kr0701

Datum: 4-11-2020

X coördinaat: 198009,71
Y coördinaat: 600301,78
Maaiveld m+NAP: -0,094



0 Klei, matig siltig, zwak humeus, geen olie-water reactie, donker grijsbruin, Edelmanboor

40 Klei, matig zandig, geen olie-water reactie, lichtgrijs, Edelmanboor

50 Klei, sterk siltig, geen olie-water reactie, neutraalgrijs, Edelmanboor

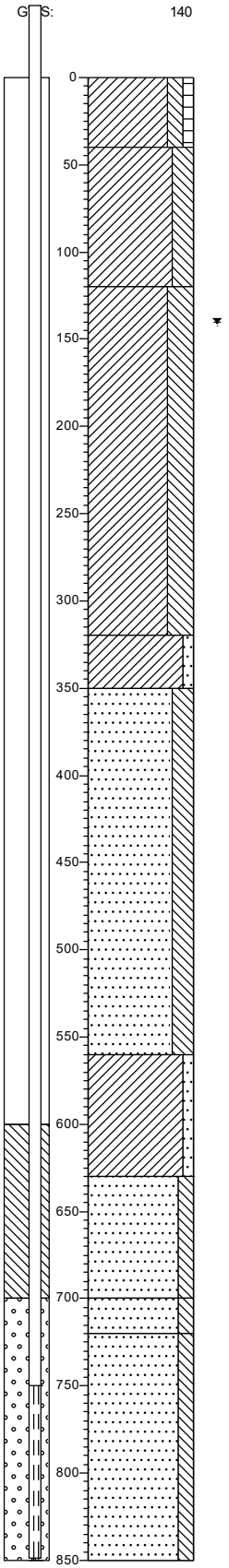
150 Klei, zwak zandig, geen olie-water reactie, neutraalgrijs, Edelmanboor

300

Boring: Kr0702

Datum: 4-11-2020
Boormeester: Henk Mulder
X coördinaat: 198015,70
Y coördinaat: 600302,70
Maaiveld m+NAP: -0,119

GPS: 140



0 braak

Klei, matig siltig, zwak humeus, donkergrijs, Edelmanboor

40 Klei, sterk siltig, zwak zandhoudend, zwak ijzerhoudend, grijsbeige, Edelmanboor, Op

120 Klei, uiterst siltig, zwak zandhoudend, grijs, Edelmanboor

320 Klei, zwak zandig, grijs, Edelmanboor

350 Zand, zeer fijn, sterk siltig, donkergrijs, Pulsboor

560 Klei, zwak zandig, laagjes klei, donkergrijs, Pulsboor

630 Zand, zeer fijn, matig siltig, donkergrijs, Pulsboor

700 Zand, zeer fijn, matig siltig, laagjes klei, donker, Pulsboor

720 Zand, zeer fijn, matig siltig, Pulsboor

850

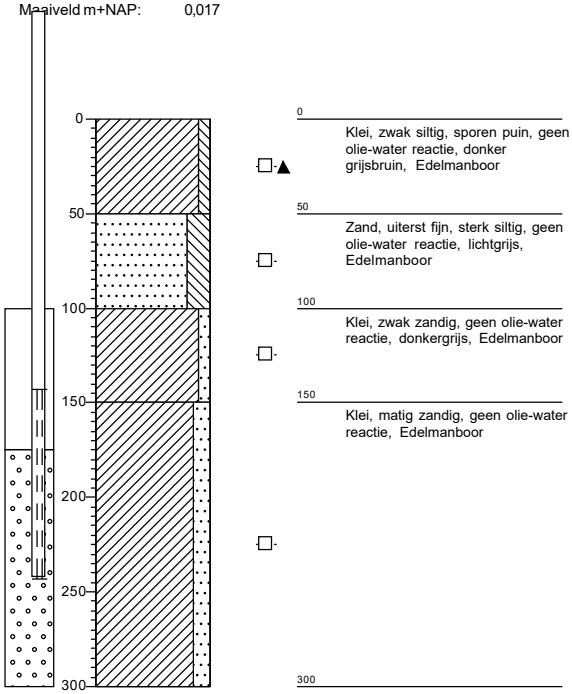
Projectnaam: Ternaard - Moddergat
Projectcode: C05058.000189.0300

ARCADIS Design & Consultancy for natural and built assets

Boring: Kr0703

Datum: 5-11-2020

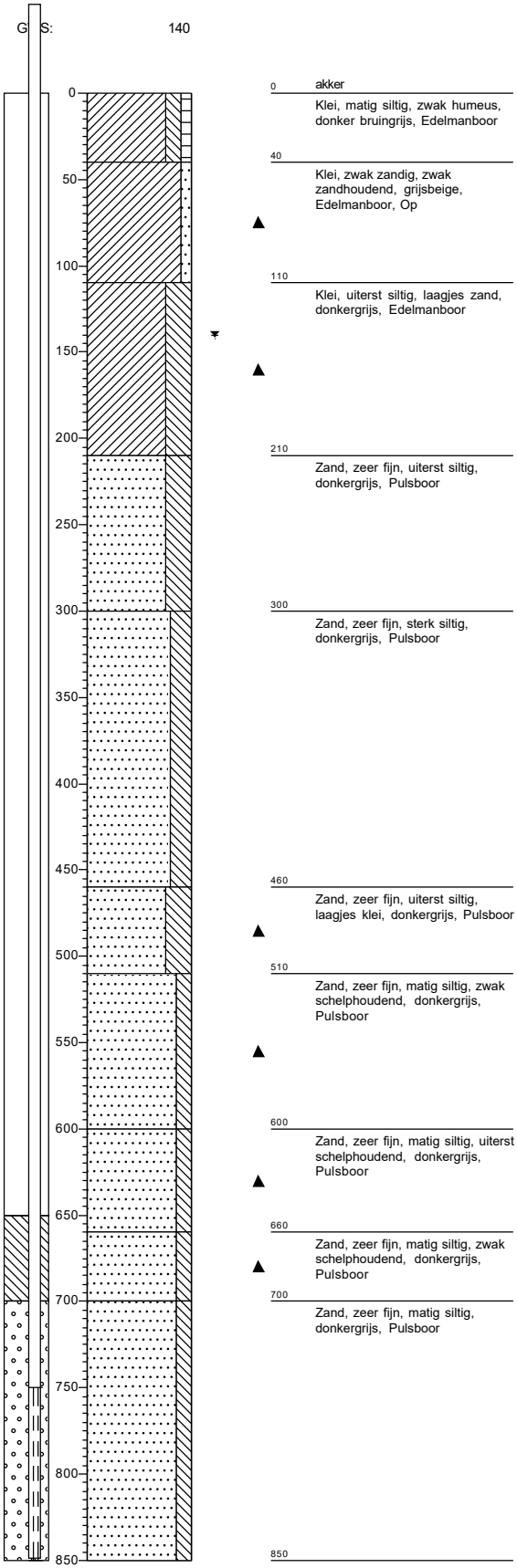
X coördinaat: 198040,78
Y coördinaat: 600311,18
Maaiveld m+NAP: 0,017



Boring: Kr0704

Datum: 5-11-2020
Boormeester: Henk Mulder
X coördinaat: 198046,13
Y coördinaat: 600311,36
Maaiveld m+NAP: -0,035

G S: 140



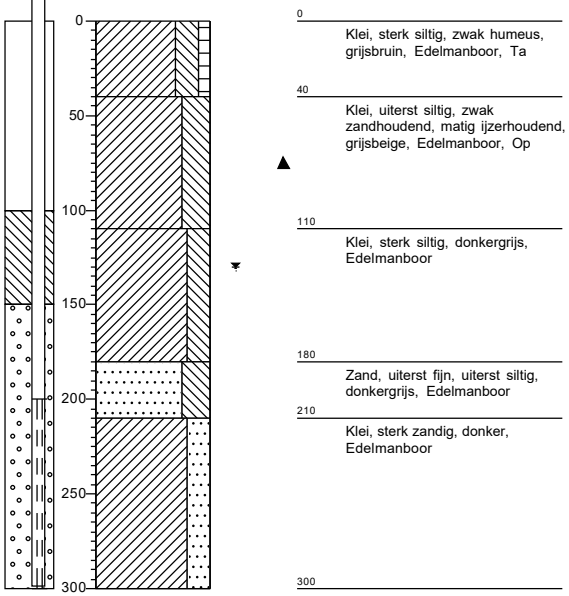
Projectnaam: Ternaard - Moddergat
Projectcode: C05058.000189.0300

ARCADIS Design & Consultancy for natural and built assets

Boring: Kr0801

Datum: 11-11-2020
Boormeester: Henk Mulder
X coördinaat: 198419,04
Y coördinaat: 600433,54
Maaiveld m+NAP: 0,072

GPS: 130

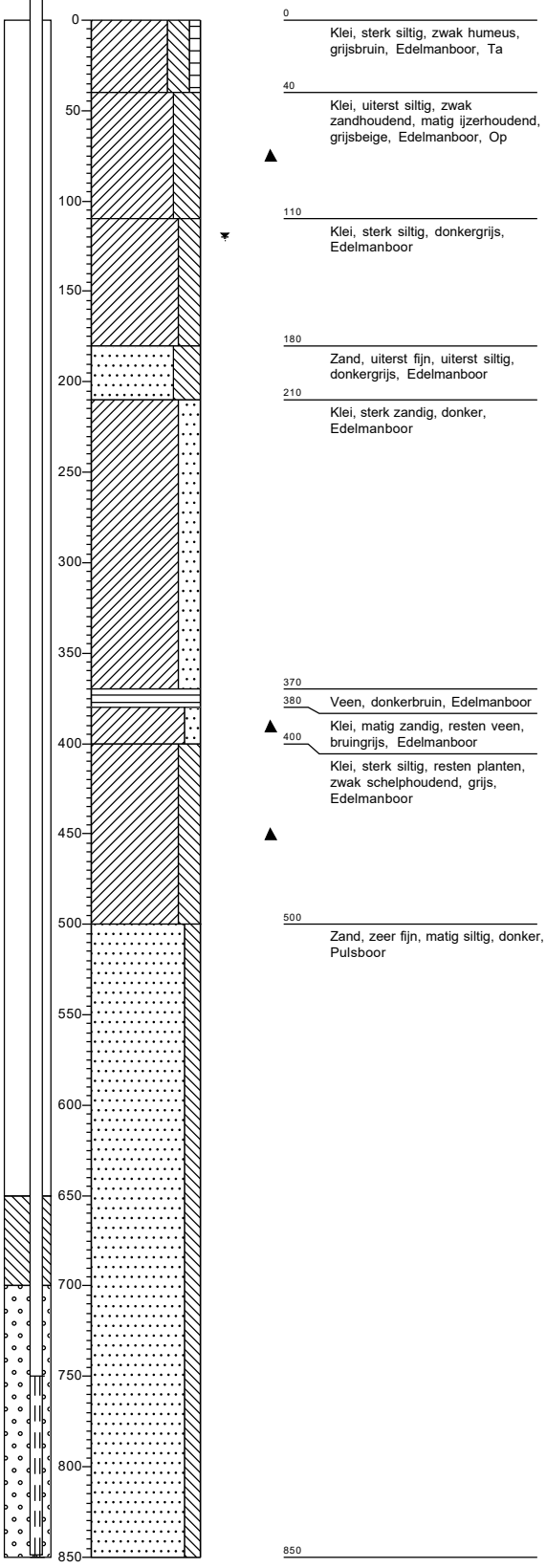


0 Klei, sterk siltig, zwak humeus, grijsbruin, Edelmanboor, Ta
40 Klei, uiterst siltig, zwak zandhoudend, matig ijzerhoudend, grijsbeige, Edelmanboor, Op
110 Klei, sterk siltig, donkergrijs, Edelmanboor
180 Zand, uiterst fijn, uiterst siltig, donkergrijs, Edelmanboor
210 Klei, sterk zandig, donker, Edelmanboor
300

Boring: Kr0802

Datum: 11-11-2020
Boormeester: Henk Mulder
X coördinaat: 198424,80
Y coördinaat: 600436,18
Maaiveld m+NAP: 0,202

GPS: 120

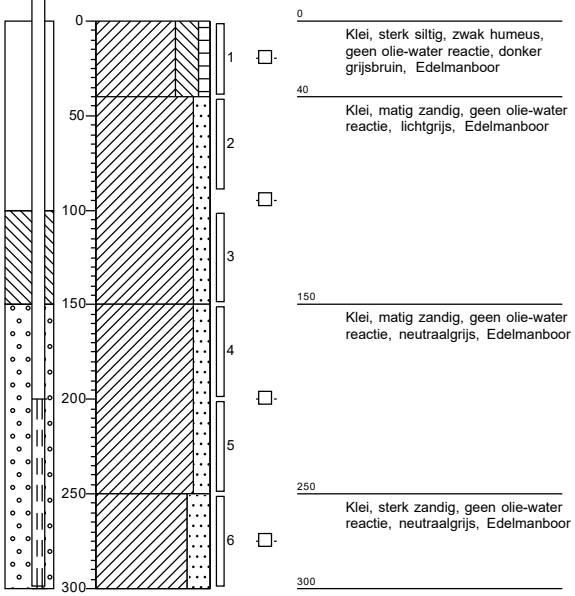


0 Klei, sterk siltig, zwak humeus, grijsbruin, Edelmanboor, Ta
40 Klei, uiterst siltig, zwak zandhoudend, matig ijzerhoudend, grijsbeige, Edelmanboor, Op
110 Klei, sterk siltig, donkergrijs, Edelmanboor
180 Zand, uiterst fijn, uiterst siltig, donkergrijs, Edelmanboor
210 Klei, sterk zandig, donker, Edelmanboor
370
380 Veen, donkerbruin, Edelmanboor
400 Klei, matig zandig, resten veen, bruingrijs, Edelmanboor
Klei, sterk siltig, resten planten, zwak schelphoudend, grijs, Edelmanboor
500 Zand, zeer fijn, matig siltig, donker, Pulsboor
850

ARCADIS Design & Consultancy for natural and built assets

Boring: Pb05

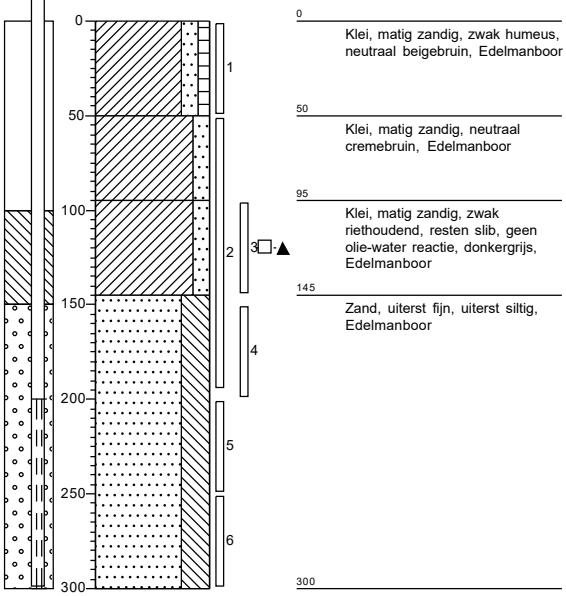
Datum: 9-11-2020
Boormeester: Henk Mulder
X coördinaat: 198203,70
Y coördinaat: 600336,35
Maaiveld m+NAP: -0,001



Boring: Pb013

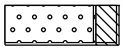
Datum: 19-11-2020

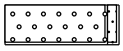
X coördinaat: 198593,79
Y coördinaat: 600502,30
Maaiveld m+NAP: 0,489

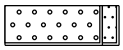


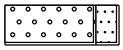
Legenda (conform NEN 5104)

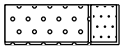
grind


Grind, siltig

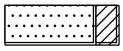

Grind, zwak zandig

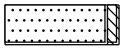

Grind, matig zandig

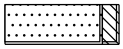

Grind, sterk zandig

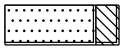

Grind, uiterst zandig

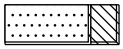
zand


Zand, kleïg


Zand, zwak siltig


Zand, matig siltig

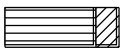

Zand, sterk siltig


Zand, uiterst siltig

veen

Veen, mineraalarm

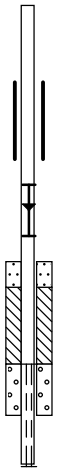
Veen, zwak kleïg


Veen, sterk kleïg

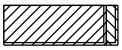
Veen, zwak zandig

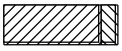
Veen, sterk zandig

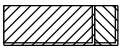
peilbuis

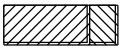


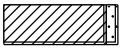
klei

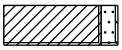

Klei, zwak siltig

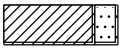

Klei, matig siltig


Klei, sterk siltig

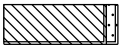

Klei, uiterst siltig

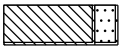

Klei, zwak zandig


Klei, matig zandig

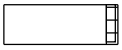

Klei, sterk zandig

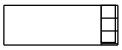
leem


Leem, zwak zandig

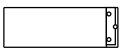

Leem, sterk zandig

overige toevoegingen


zwak humeus


matig humeus

sterk humeus


zwak grindig

matig grindig

sterk grindig

geur

- geen geur
- zwakke geur
- matige geur
- sterke geur
- uiterste geur

olie

- geen olie-water reactie
- zwakke olie-water reactie
- matige olie-water reactie
- sterke olie-water reactie
- uiterste olie-water reactie

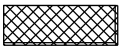
p.i.d.-waarde

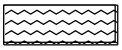
- >0
- >1
- >10
- >100
- >1000
- >10000

monsters

overig

- bijzonder bestanddeel
- Gemiddeld hoogste grondwaterstand
- grondwaterstand
- Gemiddeld laagste grondwaterstand


slib


water

Projectnaam: Ternaard - Moddergat
Projectcode: C05058.000189.0300

ARCADIS Design & Consultancy for natural and built assets

BIJLAGE D BEMALINGSGEGEVENS

GASTRANSPORTLEIDING VAN TERNAARD NAAR MODDERGAT

ONDERDEEL		HOEVEELHEID/OMSCHRIJVING		EENHEID
Vergunningverlener onttrekking en lozing		Wetterskip Fryslân		
Routekaart nummer		4		
Strekkings- of kruisingsnummer		S6		
Lengte strekking of kruising (inclusief toegangs- en ontvangstkuip)		571,23		m
Uitgangspunten				
Ontwateringsniveau		2,90		m-mv
Dikte deklaag		3,39		m
Dikte watervoerend pakket		16,50		m
k-waarde slechtdoorlatende deklaag		0,59		m/dag
k-waarde watervoerend pakket		10,00		m/dag
Gemiddeld hoogste grondwaterstand deklaag (GHG)		0,40		m -mv
Gemiddeld laagste grondwaterstand deklaag (GLG)		1,00		m -mv
Stijghoogte watervoerend pakket		0		m +NAP
Grondwaterstanddaling tov GHG		2,50		m
Grondwaterstanddaling tov GLG		1,90		m
Verlaging stijghoogte watervoerend pakket		2,00		m
Bemalingsduur		7,00		d
Rekenmethode		Edelman (freatisch), model (spanningsbemaling)		
Bronneringdebiet GHG		1,2		$m^3/m/d$
Bronneringdebiet GLG		0,9		$m^3/m/d$
Waterbezwaar GHG		4.798		m^3
Waterbezwaar GLG		3.599		m^3
Debiet spanningsbemaling (d.m.v. filters tot in wvp)		9,00		$m^3/m/d$
Waterbezwaar spanningsbemaling (d.m.v. filters tot in wvp)		35.987,49		m^3
Invloedsgebied deklaag		GHG	GLG	
	Verlaging 1 m	2,00	2,00	m
	Verlaging 0,5 m	5,00	5,00	m
	Verlaging 0,05 m	150,00	130,00	m
Invloedsgebied watervoerend pakket		Stijghoogte		
	Verlaging 1 m	70,00		m
	Verlaging 0,5 m	150,00		m
	Verlaging 0,05 m	370,00		m

Waterkwaliteit	**Deklaag**		**Wat.voer. pakket**		**Opp. Water**	
	MIN	MAX	MIN	MAX		
IJzer	0,11	31,00	geen meting	geen meting	geen meting	mg/l
Cl	3.400,00	7.400,00	geen meting	geen meting	geen meting	mg/l

GASTRANSPORTLEIDING VAN TERNAARD NAAR MODDERGAT

ONDERDEEL		HOEVEELHEID/OMSCHRIJVING		EENHEID
Vergunningverlener onttrekking en lozing		Wetterskip Fryslân		
Routekaart nummer		5		
Strekkings- of kruisingsnummer		S7		
Lengte strekking of kruising (inclusief toegangs- en ontvangstkuip)		441,56		m
Uitgangspunten				
Ontwateringsniveau		2,90		m-mv
Dikte deklaag		9,03		m
Dikte watervoerend pakket		nvt		m
k-waarde slechtdoorlatende deklaag		0,67		m/dag
k-waarde watervoerend pakket		nvt		m/dag
Gemiddeld hoogste grondwaterstand deklaag (GHG)		0,40		m -mv
Gemiddeld laagste grondwaterstand deklaag (GLG)		1,00		m -mv
Stijghoogte watervoerend pakket		0		m +NAP
Grondwaterstanddaling tov GHG		2,50		m
Grondwaterstanddaling tov GLG		1,90		m
Verlaging stijghoogte watervoerend pakket		0,00		m
Bemalingsduur		7,00		d
Rekenmethode		Edelman (freatisch), model (spanningsbemaling)		
Bronneringdebiet GHG		2,2		$m^3/m/d$
Bronneringdebiet GLG		1,7		$m^3/m/d$
Waterbezwaar GHG		6.800		m^3
Waterbezwaar GLG		5.255		m^3
Debiet spanningsbemaling (d.m.v. filters tot in wvp)		geen meting		$m^3/m/d$
Waterbezwaar spanningsbemaling (d.m.v. filters tot in wvp)		geen meting		m^3
Invloedsgebied deklaag		GHG	GLG	
	Verlaging 1 m	10,00	10,00	m
	Verlaging 0,5 m	15,00	15,00	m
	Verlaging 0,05 m	70,00	60,00	m
Invloedsgebied watervoerend pakket		Stijghoogte		
	Verlaging 1 m	nvt		m
	Verlaging 0,5 m	nvt		m
	Verlaging 0,05 m	nvt		m

Waterkwaliteit	**Deklaag**		**Wat.voer. pakket**		**Opp. Water**	
	MIN	MAX	MIN	MAX		
IJzer	0,20	22,00	0,11	0,25	0,26	mg/l
Cl	35,00	6.500,00	3.300,00	4.000,00	250,00	mg/l

GASTRANSPORTLEIDING VAN TERNAARD NAAR MODDERGAT

ONDERDEEL		HOEVEELHEID/OMSCHRIJVING		EENHEID
Vergunningverlener onttrekking en lozing		Wetterskip Fryslân		
Routekaart nummer		5		
Strekkings- of kruisingsnummer		K4		
Lengte strekking of kruising (inclusief toegangs- en ontvangstkuip)		70,00		m
Uitgangspunten				
Ontwateringsniveau		2,90		m-mv
Dikte deklaag		9,03		m
Dikte watervoerend pakket		nvt		m
k-waarde slechtdoorlatende deklaag		0,48		m/dag
k-waarde watervoerend pakket		nvt		m/dag
Gemiddeld hoogste grondwaterstand deklaag (GHG)		0,40		m -mv
Gemiddeld laagste grondwaterstand deklaag (GLG)		1,00		m -mv
Stijghoogte watervoerend pakket		0		m +NAP
Grondwaterstanddaling tov GHG		2,50		m
Grondwaterstanddaling tov GLG		1,90		m
Verlaging stijghoogte watervoerend pakket		0,00		m
Bemalingsduur		15,00		d
Rekenmethode		Edelman (freatisch), model (spanningsbemaling)		
Bronneringdebiet GHG		1,9		$m^3/m/d$
Bronneringdebiet GLG		1,4		$m^3/m/d$
Waterbezwaar GHG		1.995		m^3
Waterbezwaar GLG		1.470		m^3
Debiet spanningsbemaling (d.m.v. filters tot in wvp)		geen meting		$m^3/m/d$
Waterbezwaar spanningsbemaling (d.m.v. filters tot in wvp)		geen meting		m^3
Invloedsgebied deklaag		GHG	GLG	
	Verlaging 1 m	10,00	10,00	m
	Verlaging 0,5 m	15,00	15,00	m
	Verlaging 0,05 m	70,00	60,00	m
Invloedsgebied watervoerend pakket		Stijghoogte		
	Verlaging 1 m	nvt		m
	Verlaging 0,5 m	nvt		m
	Verlaging 0,05 m	nvt		m

Waterkwaliteit	**Deklaag**		**Wat.voer. pakket**		**Opp. Water**	
	MIN	MAX	MIN	MAX		
IJzer	0,20	22,00	0,11	0,25	0,26	mg/l
Cl	35,00	6.500,00	3.300,00	4.000,00	250,00	mg/l

GASTRANSPORTLEIDING VAN TERNAARD NAAR MODDERGAT

ONDERDEEL		HOEVEELHEID/OMSCHRIJVING		EENHEID
Vergunningverlener onttrekking en lozing		Wetterskip Fryslân		
Routekaart nummer		6		
Strekkings- of kruisingsnummer		S8		
Lengte strekking of kruising (inclusief toegangs- en ontvangstkuip)		981,39		m
Uitgangspunten				
Ontwateringsniveau		2,90		m-mv
Dikte deklaag		9,03		m
Dikte watervoerend pakket		nvt		m
k-waarde slechtdoorlatende deklaag		0,67		m/dag
k-waarde watervoerend pakket		nvt		m/dag
Gemiddeld hoogste grondwaterstand deklaag (GHG)		0,40		m -mv
Gemiddeld laagste grondwaterstand deklaag (GLG)		0,90		m -mv
Stijghoogte watervoerend pakket		0		m +NAP
Grondwaterstanddaling tov GHG		2,50		m
Grondwaterstanddaling tov GLG		2,00		m
Verlaging stijghoogte watervoerend pakket		0,00		m
Bemalingsduur		7,00		d
Rekenmethode		Edelman (freatisch), model (spanningsbemaling)		
Bronneringdebiet GHG		2,2		$m^3/m/d$
Bronneringdebiet GLG		1,8		$m^3/m/d$
Waterbezwaar GHG		15.113		m^3
Waterbezwaar GLG		12.366		m^3
Debiet spanningsbemaling (d.m.v. filters tot in wvp)		geen meting		$m^3/m/d$
Waterbezwaar spanningsbemaling (d.m.v. filters tot in wvp)		geen meting		m^3
Invloedsgebied deklaag		GHG	GLG	
	Verlaging 1 m	10,00	10,00	m
	Verlaging 0,5 m	15,00	15,00	m
	Verlaging 0,05 m	70,00	60,00	m
Invloedsgebied watervoerend pakket		Stijghoogte		
	Verlaging 1 m	nvt		m
	Verlaging 0,5 m	nvt		m
	Verlaging 0,05 m	nvt		m

Waterkwaliteit	**Deklaag**		**Wat.voer. pakket**		**Opp. Water**	
	MIN	MAX	MIN	MAX		
IJzer	0,24	1,00	geen meting	geen meting	geen meting	mg/l
Cl	1.100,00	9.100,00	geen meting	geen meting	geen meting	mg/l

GASTRANSPORTLEIDING VAN TERNAARD NAAR MODDERGAT

ONDERDEEL		HOEVEELHEID/OMSCHRIJVING		EENHEID
Vergunningverlener onttrekking en lozing		Wetterskip Fryslân		
Routekaart nummer		7		
Strekkings- of kruisingsnummer		K5		
Lengte strekking of kruising (inclusief toegangs- en ontvangstkuip)		80,00		m
Uitgangspunten				
Ontwateringsniveau		3,80		m-mv
Dikte deklaag		15,35		m
Dikte watervoerend pakket		nvt		m
k-waarde slechtdoorlatende deklaag		0,55		m/dag
k-waarde watervoerend pakket		nvt		m/dag
Gemiddeld hoogste grondwaterstand deklaag (GHG)		0,40		m -mv
Gemiddeld laagste grondwaterstand deklaag (GLG)		1,10		m -mv
Stijghoogte watervoerend pakket		0		m +NAP
Grondwaterstanddaling tov GHG		3,40		m
Grondwaterstanddaling tov GLG		2,70		m
Verlaging stijghoogte watervoerend pakket		0,00		m
Bemalingsduur		15,00		d
Rekenmethode		Edelman (freatisch), model (spanningsbemaling)		
Bronneringdebiet GHG		3,5		$m^3/m/d$
Bronneringdebiet GLG		2,8		$m^3/m/d$
Waterbezwaar GHG		4.200		m^3
Waterbezwaar GLG		3.360		m^3
Debiet spanningsbemaling (d.m.v. filters tot in wvp)		geen meting		$m^3/m/d$
Waterbezwaar spanningsbemaling (d.m.v. filters tot in wvp)		geen meting		m^3
Invloedsgebied deklaag		GHG	GLG	
	Verlaging 1 m	20,00	20,00	m
	Verlaging 0,5 m	35,00	30,00	m
	Verlaging 0,05 m	80,00	70,00	m
Invloedsgebied watervoerend pakket		Stijghoogte		
	Verlaging 1 m	nvt		m
	Verlaging 0,5 m	nvt		m
	Verlaging 0,05 m	nvt		m

Waterkwaliteit	**Deklaag**		**Wat.voer. pakket**		**Opp. Water**	
	MIN	MAX	MIN	MAX		
IJzer	0,04	0,67	0,31	3,60	0,24	mg/l
Cl	600,00	1.400,00	9.900,00	13.000,00	750,00	mg/l

GASTRANSPORTLEIDING VAN TERNAARD NAAR MODDERGAT

ONDERDEEL		HOEVEELHEID/OMSCHRIJVING		EENHEID
Vergunningverlener onttrekking en lozing		Wetterskip Fryslân		
Routekaart nummer		7		
Strekkings- of kruisingsnummer		S9		
Lengte strekking of kruising (inclusief toegangs- en ontvangstkuip)		200,98		m
Uitgangspunten				
Ontwateringsniveau		2,90		m-mv
Dikte deklaag		15,35		m
Dikte watervoerend pakket		nvt		m
k-waarde slechtdoorlatende deklaag		0,71		m/dag
k-waarde watervoerend pakket		nvt		m/dag
Gemiddeld hoogste grondwaterstand deklaag (GHG)		0,40		m -mv
Gemiddeld laagste grondwaterstand deklaag (GLG)		1,10		m -mv
Stijghoogte watervoerend pakket		0		m +NAP
Grondwaterstanddaling tov GHG		2,50		m
Grondwaterstanddaling tov GLG		1,80		m
Verlaging stijghoogte watervoerend pakket		0,00		m
Bemalingsduur		7,00		d
Rekenmethode		Edelman (freatisch), model (spanningsbemaling)		
Bronneringdebiet GHG		3,0		$m^3/m/d$
Bronneringdebiet GLG		2,1		$m^3/m/d$
Waterbezwaar GHG		4.221		m^3
Waterbezwaar GLG		2.954		m^3
Debiet spanningsbemaling (d.m.v. filters tot in wvp)		geen meting		$m^3/m/d$
Waterbezwaar spanningsbemaling (d.m.v. filters tot in wvp)		geen meting		m^3
Invloedsgebied deklaag		GHG	GLG	
	Verlaging 1 m	10,00	10,00	m
	Verlaging 0,5 m	20,00	20,00	m
	Verlaging 0,05 m	60,00	70,00	m
Invloedsgebied watervoerend pakket		Stijghoogte		
	Verlaging 1 m	nvt		m
	Verlaging 0,5 m	nvt		m
	Verlaging 0,05 m	nvt		m

Waterkwaliteit	**Deklaag**		**Wat.voer. pakket**		**Opp. Water**	
	MIN	MAX	MIN	MAX		
IJzer	0,04	0,67	0,31	3,60	0,24	mg/l
Cl	600,00	1.400,00	9.900,00	13.000,00	750,00	mg/l

GASTRANSPORTLEIDING VAN TERNAARD NAAR MODDERGAT

ONDERDEEL		HOEVEELHEID/OMSCHRIJVING		EENHEID
Vergunningverlener onttrekking en lozing		Wetterskip Fryslân		
Routekaart nummer		7		
Strekkings- of kruisingsnummer		K6		
Lengte strekking of kruising (inclusief toegangs- en ontvangstkuip)		105,00		m
Uitgangspunten				
Ontwateringsniveau		2,90		m-mv
Dikte deklaag		15,35		m
Dikte watervoerend pakket		nvt		m
k-waarde slechtdoorlatende deklaag		0,59		m/dag
k-waarde watervoerend pakket		nvt		m/dag
Gemiddeld hoogste grondwaterstand deklaag (GHG)		0,40		m -mv
Gemiddeld laagste grondwaterstand deklaag (GLG)		1,10		m -mv
Stijghoogte watervoerend pakket		0		m +NAP
Grondwaterstanddaling tov GHG		2,50		m
Grondwaterstanddaling tov GLG		1,80		m
Verlaging stijghoogte watervoerend pakket		0,00		m
Bemalingsduur		15,00		d
Rekenmethode		Edelman (freatisch), model (spanningsbemaling)		
Bronneringdebiet GHG		2,7		$m^3/m/d$
Bronneringdebiet GLG		2,0		$m^3/m/d$
Waterbezwaar GHG		4.253		m^3
Waterbezwaar GLG		3.150		m^3
Debiet spanningsbemaling (d.m.v. filters tot in wvp)		geen meting		$m^3/m/d$
Waterbezwaar spanningsbemaling (d.m.v. filters tot in wvp)		geen meting		m^3
Invloedsgebied deklaag		GHG	GLG	
	Verlaging 1 m	20,00	20,00	m
	Verlaging 0,5 m	30,00	30,00	m
	Verlaging 0,05 m	80,00	70,00	m
Invloedsgebied watervoerend pakket		Stijghoogte		
	Verlaging 1 m	nvt		m
	Verlaging 0,5 m	nvt		m
	Verlaging 0,05 m	nvt		m

Waterkwaliteit	**Deklaag**		**Wat.voer. pakket**		**Opp. Water**	
	MIN	MAX	MIN	MAX		
IJzer	0,04	0,67	0,31	3,60	0,24	mg/l
Cl	600,00	1.400,00	9.900,00	13.000,00	750,00	mg/l

GASTRANSPORTLEIDING VAN TERNAARD NAAR MODDERGAT

ONDERDEEL		HOEVEELHEID/OMSCHRIJVING		EENHEID
Vergunningverlener onttrekking en lozing		Wetterskip Fryslân		
Routekaart nummer		8		
Strekkings- of kruisingsnummer		S10		
Lengte strekking of kruising (inclusief toegangs- en ontvangstkuip)		417.7		m
Uitgangspunten				
Ontwateringsniveau		2,9		m-mv
Dikte deklaag		6,56		m
Dikte watervoerend pakket		14		m
k-waarde slechtdoorlatende deklaag		1,526		m/dag
k-waarde watervoerend pakket		10		m/dag
Gemiddeld hoogste grondwaterstand deklaag (GHG)		0,3		m -mv
Gemiddeld laagste grondwaterstand deklaag (GLG)		0,7		m -mv
Stijghoogte watervoerend pakket		0		m +NAP
Grondwaterstanddaling tov GHG		2,6		m
Grondwaterstanddaling tov GLG		2,2		m
Verlaging stijghoogte watervoerend pakket		0,0		m
Bemalingsduur		7		d
Rekenmethode		Edelman (freatisch), model (spanningsbemaling)		
Bronneringdebiet GHG		3,0		$m^3/m/d$
Bronneringdebiet GLG		2,5		$m^3/m/d$
Waterbezwaar GHG		8.771		m^3
Waterbezwaar GLG		7.309		m^3
Debiet spanningsbemaling (d.m.v. filters tot in wvp)		Geen meting		$m^3/m/d$
Waterbezwaar spanningsbemaling (d.m.v. filters tot in wvp)		Geen meting		m^3
Invloedsgebied deklaag		GHG	GLG	
	Verlaging 1 m	10	10	m
	Verlaging 0,5 m	20	20	m
	Verlaging 0,05 m	130	115	m
Invloedsgebied watervoerend pakket		Stijghoogte		
	Verlaging 1 m	Nvt		m
	Verlaging 0,5 m	Nvt		m
	Verlaging 0,05 m	Nvt		m

Waterkwaliteit	**Deklaag**		**Wat.voer. pakket**		**Opp. Water**		
	MIN	MAX	MIN	MAX			
IJzer	0,05	14,00	5,10	15,00	0,16		mg/l
Cl	190	11.000	10.000	10.000	710		mg/l

GASTRANSPORTLEIDING VAN TERNAARD NAAR MODDERGAT

ONDERDEEL		HOEVEELHEID/OMSCHRIJVING		EENHEID
Vergunningverlener onttrekking en lozing		Wetterskip Fryslân		
Routekaart nummer		8		
Strekkings- of kruisingsnummer		K7		
Lengte strekking of kruising (inclusief toegangs- en ontvangstkuip)		70		m
Uitgangspunten				
Ontwateringsniveau		2,9		m-mv
Dikte deklaag		7,03		m
Dikte watervoerend pakket		13,00		m
k-waarde slechtdoorlatende deklaag		1,557		m/dag
k-waarde watervoerend pakket		10		m/dag
Gemiddeld hoogste grondwaterstand deklaag (GHG)		0,3		m -mv
Gemiddeld laagste grondwaterstand deklaag (GLG)		0,7		m -mv
Stijghoogte watervoerend pakket		0		m +NAP
Grondwaterstanddaling tov GHG		2,6		m
Grondwaterstanddaling tov GLG		2,2		m
Verlaging stijghoogte watervoerend pakket				m
Bemalingsduur		15		d
Rekenmethode		Edelman (freatisch), model (spanningsbemaling)		
Bronneringdebiet GHG		3,1		$m^3/m/d$
Bronneringdebiet GLG		2,6		$m^3/m/d$
Waterbezwaar GHG		3.255		m^3
Waterbezwaar GLG		2.730		m^3
Debiet spanningsbemaling (d.m.v. filters tot in wvp)		Geen meting		$m^3/m/d$
Waterbezwaar spanningsbemaling (d.m.v. filters tot in wvp)		Geen meting		m^3
Invloedsgebied deklaag		GHG	GLG	
	Verlaging 1 m	15	10	m
	Verlaging 0,5 m	25	20	m
	Verlaging 0,05 m	115	105	m
Invloedsgebied watervoerend pakket		Stijghoogte		
	Verlaging 1 m	Nvt		m
	Verlaging 0,5 m	Nvt		m
	Verlaging 0,05 m	Nvt		m

Waterkwaliteit	**Deklaag**		**Wat.voer. pakket**		**Opp. Water**		
	MIN	MAX	MIN	MAX			
IJzer	0,05	14,00	5,10	15,00	0,16		mg/l
Cl	190	11.000	10.000	10.000	710		mg/l

GASTRANSPORTLEIDING VAN TERNAARD NAAR MODDERGAT

ONDERDEEL		HOEVEELHEID/OMSCHRIJVING		EENHEID
Vergunningverlener onttrekking en lozing		Wetterskip Fryslân		
Routekaart nummer		8		
Strekkings- of kruisingsnummer		S11		
Lengte strekking of kruising (inclusief toegangs- en ontvangstkuip)		232		m
Uitgangspunten				
Ontwateringsniveau		2,9		m-mv
Dikte deklaag		7,03		m
Dikte watervoerend pakket		13,00		m
k-waarde slechtdoorlatende deklaag		1,557		m/dag
k-waarde watervoerend pakket		10		m/dag
Gemiddeld hoogste grondwaterstand deklaag (GHG)		0,3		m -mv
Gemiddeld laagste grondwaterstand deklaag (GLG)		0,7		m -mv
Stijghoogte watervoerend pakket		0		m +NAP
Grondwaterstanddaling tov GHG		2,6		m
Grondwaterstanddaling tov GLG		2,2		m
Verlaging stijghoogte watervoerend pakket				m
Bemalingsduur		7		d
Rekenmethode		Edelman (freatisch), model (spanningsbemaling)		
Bronneringdebiet GHG		3,10		$m^3/m/d$
Bronneringdebiet GLG		2,60		$m^3/m/d$
Waterbezwaar GHG		5.024		m^3
Waterbezwaar GLG		4.213		m^3
Debiet spanningsbemaling (d.m.v. filters tot in wvp)		Geen meting		$m^3/m/d$
Waterbezwaar spanningsbemaling (d.m.v. filters tot in wvp)		Geen meting		m^3
Invloedsgebied deklaag		GHG	GLG	
	Verlaging 1 m	10	10	m
	Verlaging 0,5 m	20	20	m
	Verlaging 0,05 m	115	105	m
Invloedsgebied watervoerend pakket		Stijghoogte		
	Verlaging 1 m	Nvt		m
	Verlaging 0,5 m	Nvt		m
	Verlaging 0,05 m	Nvt		m

Waterkwaliteit	**Deklaag**		**Wat.voer. pakket**		**Opp. Water**		
	MIN	MAX	MIN	MAX			
IJzer	0,05	14,00	5,10	15,00	0,16		mg/l
Cl	190	11.000	10.000	10.000	710		mg/l

GASTRANSPORTLEIDING VAN TERNAARD NAAR MODDERGAT

ONDERDEEL		HOEVEELHEID/OMSCHRIJVING		EENHEID
Vergunningverlener onttrekking en lozing		Wetterskip Fryslân		
Routekaart nummer		8		
Strekkings- of kruisingsnummer		S12		
Lengte strekking of kruising (inclusief toegangs- en ontvangstkuip)		257		m
Uitgangspunten				
Ontwateringsniveau		2,9		m-mv
Dikte deklaag		4,81		m
Dikte watervoerend pakket		15		m
k-waarde slechtdoorlatende deklaag		1,614		m/dag
k-waarde watervoerend pakket		10		m/dag
Gemiddeld hoogste grondwaterstand deklaag (GHG)		0,3		m -mv
Gemiddeld laagste grondwaterstand deklaag (GLG)		0,7		m -mv
Stijghoogte watervoerend pakket		0		m +NAP
Grondwaterstanddaling tov GHG		2,6		m
Grondwaterstanddaling tov GLG		2,2		m
Verlaging stijghoogte watervoerend pakket				m
Bemalingsduur		7		d
Rekenmethode		Edelman (freatisch), model (spanningsbemaling)		
Bronneringdebiet GHG		2,6		$m^3/m/d$
Bronneringdebiet GLG		2,2		$m^3/m/d$
Waterbezwaar GHG		4.686		m^3
Waterbezwaar GLG		3.965		m^3
Debiet spanningsbemaling (d.m.v. filters tot in wvp)		Geen meting		$m^3/m/d$
Waterbezwaar spanningsbemaling (d.m.v. filters tot in wvp)		Geen meting		m^3
Invloedsgebied deklaag		GHG	GLG	
	Verlaging 1 m	5	5	m
	Verlaging 0,5 m	15	15	m
	Verlaging 0,05 m	115	105	m
Invloedsgebied watervoerend pakket		Stijghoogte		
	Verlaging 1 m	Nvt		m
	Verlaging 0,5 m	Nvt		m
	Verlaging 0,05 m	Nvt		m

Waterkwaliteit	**Deklaag**		**Wat.voer. pakket**		**Opp. Water**		
	MIN	MAX	MIN	MAX			
IJzer	0,05	14,00	5,10	15,00	0,16		mg/l
Cl	190	11.000	10.000	10.000	710		mg/l

GASTRANSPORTLEIDING VAN TERNAARD NAAR MODDERGAT

ONDERDEEL		HOEVEELHEID/OMSCHRIJVING		EENHEID
Vergunningverlener onttrekking en lozing		Wetterskip Fryslân		
Routekaart nummer		9		
Strekkings- of kruisingsnummer		K8		
Lengte strekking of kruising (inclusief toegangs- en ontvangstkuip)		85		m
Uitgangspunten				
Ontwateringsniveau		3,6		m-mv
Dikte deklaag		5,68		m
Dikte watervoerend pakket		14		m
k-waarde slechtdoorlatende deklaag		1,07		m/dag
k-waarde watervoerend pakket		10		m/dag
Gemiddeld hoogste grondwaterstand deklaag (GHG)		0,4		m -mv
Gemiddeld laagste grondwaterstand deklaag (GLG)		0,9		m -mv
Stijghoogte watervoerend pakket		3,00		m +NAP
Grondwaterstanddaling tov GHG		3,1		m
Grondwaterstanddaling tov GLG		2,7		m
Verlaging stijghoogte watervoerend pakket				m
Bemalingsduur		15		d
Rekenmethode		Edelman (freatisch), model (spanningsbemaling)		
Bronneringdebiet GHG		3,1		$m^3/m/d$
Bronneringdebiet GLG		2,7		$m^3/m/d$
Waterbezwaar GHG		3.953		m^3
Waterbezwaar GLG		3.443		m^3
Debiet spanningsbemaling (d.m.v. filters tot in wvp)		14,0		$m^3/m/d$
Waterbezwaar spanningsbemaling (d.m.v. filters tot in wvp)		17.918		m^3
Invloedsgebied deklaag		GHG	GLG	
	Verlaging 1 m	10	10	m
	Verlaging 0,5 m	20	20	m
	Verlaging 0,05 m	130	120	m
Invloedsgebied watervoerend pakket		Stijghoogte		
	Verlaging 1 m	120		m
	Verlaging 0,5 m	270		m
	Verlaging 0,05 m	500		m

Waterkwaliteit	**Deklaag**		**Wat.voer. pakket**		**Opp. Water**		
	MIN	MAX	MIN	MAX			
IJzer	35,00	35,00	27,00	27,00	geen meting		mg/l
Cl	480,00	480,00	7.200	7.200	Geen meting		mg/l

GASTRANSPORTLEIDING VAN TERNAARD NAAR MODDERGAT

ONDERDEEL		HOEVEELHEID/OMSCHRIJVING		EENHEID
Vergunningverlener onttrekking en lozing		Wetterskip Fryslân		
Routekaart nummer		9		
Strekkings- of kruisingsnummer		S13		
Lengte strekking of kruising (inclusief toegangs- en ontvangstkuip)		467		m
Uitgangspunten				
Ontwateringsniveau		2,9		m-mv
Dikte deklaag		5,68		m
Dikte watervoerend pakket		14,00		m
k-waarde slechtdoorlatende deklaag		2,036		m/dag
k-waarde watervoerend pakket		10		m/dag
Gemiddeld hoogste grondwaterstand deklaag (GHG)		0,4		m -mv
Gemiddeld laagste grondwaterstand deklaag (GLG)		0,9		m -mv
Stijghoogte watervoerend pakket		0		m +NAP
Grondwaterstanddaling tov GHG		2,5		m
Grondwaterstanddaling tov GLG		2,0		m
Verlaging stijghoogte watervoerend pakket				m
Bemalingsduur		7		d
Rekenmethode		Edelman (freatisch), model (spanningsbemaling)		
Bronneringdebiet GHG		3,1		$m^3/m/d$
Bronneringdebiet GLG		2,5		$m^3/m/d$
Waterbezwaar GHG		10.134		m^3
Waterbezwaar GLG		8.172		m^3
Debiet spanningsbemaling (d.m.v. filters tot in wvp)		Geen meting		$m^3/m/d$
Waterbezwaar spanningsbemaling (d.m.v. filters tot in wvp)		Geen meting		m^3
Invloedsgebied deklaag		GHG	GLG	
	Verlaging 1 m	10	5	m
	Verlaging 0,5 m	20	15	m
	Verlaging 0,05 m	140	125	m
Invloedsgebied watervoerend pakket		Stijghoogte		
	Verlaging 1 m	Nvt		m
	Verlaging 0,5 m	Nvt		m
	Verlaging 0,05 m	Nvt		m

Waterkwaliteit	**Deklaag**		**Wat.voer. pakket**		**Opp. Water**		
	MIN	MAX	MIN	MAX			
IJzer	35,00	35,00	27,00	27,00	geen meting		mg/l
Cl	480,00	480,00	7.200	7.200	Geen meting		mg/l

GASTRANSPORTLEIDING VAN TERNAARD NAAR MODDERGAT

ONDERDEEL		HOEVEELHEID/OMSCHRIJVING		EENHEID
Vergunningverlener onttrekking en lozing		Wetterskip Fryslân		
Routekaart nummer		10		
Strekkings- of kruisingsnummer		S14		
Lengte strekking of kruising (inclusief toegangs- en ontvangstkuip)		533		m
Uitgangspunten				
Ontwateringsniveau		2,9		m-mv
Dikte deklaag		3,17		m
Dikte watervoerend pakket		17		m
k-waarde slechtdoorlatende deklaag		0,366		m/dag
k-waarde watervoerend pakket		10		m/dag
Gemiddeld hoogste grondwaterstand deklaag (GHG)		0,4		m -mv
Gemiddeld laagste grondwaterstand deklaag (GLG)		1,0		m -mv
Stijghoogte watervoerend pakket		0		m +NAP
Grondwaterstanddaling tov GHG		2,5		m
Grondwaterstanddaling tov GLG		1,9		m
Verlaging stijghoogte watervoerend pakket		2,5		m
Bemalingsduur		7		d
Rekenmethode		Edelman (freatisch), model (spanningsbemaling)		
Bronneringdebiet GHG		1,0		$m^3/m/d$
Bronneringdebiet GLG		0,8		$m^3/m/d$
Waterbezwaar GHG		3.732		m^3
Waterbezwaar GLG		2.986		m^3
Debiet spanningsbemaling (d.m.v. filters tot in wvp)		8,0		$m^3/m/d$
Waterbezwaar spanningsbemaling (d.m.v. filters tot in wvp)		29.588		m^3
Invloedsgebied deklaag		GHG	GLG	
	Verlaging 1 m	1	1	m
	Verlaging 0,5 m	2	2	m
	Verlaging 0,05 m	55	50	m
Invloedsgebied watervoerend pakket		Stijghoogte		
	Verlaging 1 m	130		m
	Verlaging 0,5 m	280		m
	Verlaging 0,05 m	350		m

Waterkwaliteit	**Deklaag**		**Wat.voer. pakket**		**Opp. Water**		
	MIN	MAX	MIN	MAX			
IJzer	<0,04	0,61	Geen meting	Geen meting	Geen meting		mg/l
Cl	190,00	1.600	Geen meting	Geen meting	Geen meting		mg/l

GASTRANSPORTLEIDING VAN TERNAARD NAAR MODDERGAT

ONDERDEEL		HOEVEELHEID/OMSCHRIJVING		EENHEID
Vergunningverlener onttrekking en lozing		Wetterskip Fryslân		
Routekaart nummer		11		
Strekkings- of kruisingsnummer		K9		
Lengte strekking of kruising (inclusief toegangs- en ontvangstkuip)		70,00		m
Uitgangspunten				
Ontwateringsniveau		2,90		m-mv
Dikte deklaag		8,43		m
Dikte watervoerend pakket		nvt		m
k-waarde slechtdoorlatende deklaag		0,94		m/dag
k-waarde watervoerend pakket		nvt		m/dag
Gemiddeld hoogste grondwaterstand deklaag (GHG)		0,40		m -mv
Gemiddeld laagste grondwaterstand deklaag (GLG)		1,20		m -mv
Stijghoogte watervoerend pakket		0		m +NAP
Grondwaterstanddaling tov GHG		2,50		m
Grondwaterstanddaling tov GLG		1,70		m
Verlaging stijghoogte watervoerend pakket		nvt		m
Bemalingsduur		15,00		d
Rekenmethode		Edelman (freatisch), model (spanningsbemaling)		
Bronneringdebiet GHG		2,5		$m^3/m/d$
Bronneringdebiet GLG		1,7		$m^3/m/d$
Waterbezwaar GHG		2.625		m^3
Waterbezwaar GLG		1.785		m^3
Debiet spanningsbemaling (d.m.v. filters tot in wvp)		geen meting		$m^3/m/d$
Waterbezwaar spanningsbemaling (d.m.v. filters tot in wvp)		geen meting		m^3
Invloedsgebied deklaag		GHG	GLG	
	Verlaging 1 m	10,00	10,00	m
	Verlaging 0,5 m	15,00	15,00	m
	Verlaging 0,05 m	70,00	60,00	m
Invloedsgebied watervoerend pakket		Stijghoogte		
	Verlaging 1 m	nvt		m
	Verlaging 0,5 m	nvt		m
	Verlaging 0,05 m	nvt		m

Waterkwaliteit	**Deklaag**		**Wat.voer. pakket**		**Opp. Water**	
	MIN	MAX	MIN	MAX		
IJzer	<0.04	0,57	0,80	7,70	0,48	mg/l
Cl	69,00	190,00	1.400,00	4.500,00	100,00	mg/l

GASTRANSPORTLEIDING VAN TERNAARD NAAR MODDERGAT

ONDERDEEL		HOEVEELHEID/OMSCHRIJVING		EENHEID
Vergunningverlener onttrekking en lozing		Wetterskip Fryslân		
Routekaart nummer		11		
Strekkings- of kruisingsnummer		S15		
Lengte strekking of kruising (inclusief toegangs- en ontvangstkuip)		299,27		m
Uitgangspunten				
Ontwateringsniveau		2,90		m-mv
Dikte deklaag		8,43		m
Dikte watervoerend pakket		nvt		m
k-waarde slechtdoorlatende deklaag		1,40		m/dag
k-waarde watervoerend pakket		nvt		m/dag
Gemiddeld hoogste grondwaterstand deklaag (GHG)		0,40		m -mv
Gemiddeld laagste grondwaterstand deklaag (GLG)		1,20		m -mv
Stijghoogte watervoerend pakket		0		m +NAP
Grondwaterstanddaling tov GHG		2,50		m
Grondwaterstanddaling tov GLG		1,70		m
Verlaging stijghoogte watervoerend pakket		nvt		m
Bemalingsduur		7,00		d
Rekenmethode		Edelman (freatisch), model (spanningsbemaling)		
Bronneringdebiet GHG		3,0		$m^3/m/d$
Bronneringdebiet GLG		2,1		$m^3/m/d$
Waterbezwaar GHG		6.285		m^3
Waterbezwaar GLG		4.399		m^3
Debiet spanningsbemaling (d.m.v. filters tot in wvp)		geen meting		$m^3/m/d$
Waterbezwaar spanningsbemaling (d.m.v. filters tot in wvp)		geen meting		m^3
Invloedsgebied deklaag		GHG	GLG	
	Verlaging 1 m	15,00	15,00	m
	Verlaging 0,5 m	30,00	30,00	m
	Verlaging 0,05 m	105,00	90,00	m
Invloedsgebied watervoerend pakket		Stijghoogte		
	Verlaging 1 m	nvt		m
	Verlaging 0,5 m	nvt		m
	Verlaging 0,05 m	nvt		m

Waterkwaliteit	**Deklaag**		**Wat.voer. pakket**		**Opp. Water**	
	MIN	MAX	MIN	MAX		
IJzer	<0.04	0,57	0,80	7,70	0,48	mg/l
Cl	69,00	190,00	1.400,00	4.500,00	100,00	mg/l

GASTRANSPORTLEIDING VAN TERNAARD NAAR MODDERGAT

ONDERDEEL		HOEVEELHEID/OMSCHRIJVING		EENHEID
Vergunningverlener onttrekking en lozing		Wetterskip Fryslân		
Routekaart nummer		11		
Strekkings- of kruisingsnummer		S16		
Lengte strekking of kruising (inclusief toegangs- en ontvangstkuip)		207,02		m
Uitgangspunten				
Ontwateringsniveau		2,90		m-mv
Dikte deklaag		10,38		m
Dikte watervoerend pakket		nvt		m
k-waarde slechtdoorlatende deklaag		1,39		m/dag
k-waarde watervoerend pakket		nvt		m/dag
Gemiddeld hoogste grondwaterstand deklaag (GHG)		0,40		m -mv
Gemiddeld laagste grondwaterstand deklaag (GLG)		1,20		m -mv
Stijghoogte watervoerend pakket		0		m +NAP
Grondwaterstanddaling tov GHG		2,50		m
Grondwaterstanddaling tov GLG		1,70		m
Verlaging stijghoogte watervoerend pakket		nvt		m
Bemalingsduur		7,00		d
Rekenmethode		Edelman (freatisch), model (spanningsbemaling)		
Bronneringdebiet GHG		3,4		$m^3/m/d$
Bronneringdebiet GLG		2,3		$m^3/m/d$
Waterbezwaar GHG		4.927		m^3
Waterbezwaar GLG		3.333		m^3
Debiet spanningsbemaling (d.m.v. filters tot in wvp)		geen meting		$m^3/m/d$
Waterbezwaar spanningsbemaling (d.m.v. filters tot in wvp)		geen meting		m^3
Invloedsgebied deklaag		GHG	GLG	
	Verlaging 1 m	20,00	20,00	m
	Verlaging 0,5 m	30,00	30,00	m
	Verlaging 0,05 m	110,00	100,00	m
Invloedsgebied watervoerend pakket		Stijghoogte		
	Verlaging 1 m	nvt		m
	Verlaging 0,5 m	nvt		m
	Verlaging 0,05 m	nvt		m

Waterkwaliteit	**Deklaag**		**Wat.voer. pakket**		**Opp. Water**	
	MIN	MAX	MIN	MAX		
IJzer	<0.04	0,57	0,80	7,70	0,48	mg/l
Cl	69,00	190,00	1.400,00	4.500,00	100,00	mg/l

GASTRANSPORTLEIDING VAN TERNAARD NAAR MODDERGAT

ONDERDEEL		HOEVEELHEID/OMSCHRIJVING		EENHEID
Vergunningverlener onttrekking en lozing		Wetterskip Fryslân		
Routekaart nummer		11		
Strekkings- of kruisingsnummer		K10		
Lengte strekking of kruising (inclusief toegangs- en ontvangstkuip)		65,00		m
Uitgangspunten				
Ontwateringsniveau		2,90		m-mv
Dikte deklaag		10,38		m
Dikte watervoerend pakket		nvt		m
k-waarde slechtdoorlatende deklaag		1,02		m/dag
k-waarde watervoerend pakket		nvt		m/dag
Gemiddeld hoogste grondwaterstand deklaag (GHG)		0,40		m -mv
Gemiddeld laagste grondwaterstand deklaag (GLG)		1,20		m -mv
Stijghoogte watervoerend pakket		0		m +NAP
Grondwaterstanddaling tov GHG		2,50		m
Grondwaterstanddaling tov GLG		1,70		m
Verlaging stijghoogte watervoerend pakket		nvt		m
Bemalingsduur		15,00		d
Rekenmethode		Edelman (freatisch), model (spanningsbemaling)		
Bronneringdebiet GHG		2,9		$m^3/m/d$
Bronneringdebiet GLG		2,0		$m^3/m/d$
Waterbezwaar GHG		2.828		m^3
Waterbezwaar GLG		1.950		m^3
Debiet spanningsbemaling (d.m.v. filters tot in wvp)		geen meting		$m^3/m/d$
Waterbezwaar spanningsbemaling (d.m.v. filters tot in wvp)		geen meting		m^3
Invloedsgebied deklaag		GHG	GLG	
	Verlaging 1 m	10,00	10,00	m
	Verlaging 0,5 m	15,00	15,00	m
	Verlaging 0,05 m	70,00	60,00	m
Invloedsgebied watervoerend pakket		Stijghoogte		
	Verlaging 1 m	nvt		m
	Verlaging 0,5 m	nvt		m
	Verlaging 0,05 m	nvt		m

Waterkwaliteit	**Deklaag**		**Wat.voer. pakket**		**Opp. Water**	
	MIN	MAX	MIN	MAX		
IJzer	<0.04	0,57	0,80	7,70	0,48	mg/l
Cl	69,00	190,00	1.400,00	4.500,00	100,00	mg/l

GASTRANSPORTLEIDING VAN TERNAARD NAAR MODDERGAT

ONDERDEEL		HOEVEELHEID/OMSCHRIJVING		EENHEID
Vergunningverlener onttrekking en lozing		Wetterskip Fryslân		
Routekaart nummer		12		
Strekkings- of kruisingsnummer		S17		
Lengte strekking of kruising (inclusief toegangs- en ontvangstkuip)		575,64		m
Uitgangspunten				
Ontwateringsniveau		2,90		m-mv
Dikte deklaag		4,95		m
Dikte watervoerend pakket		15,50		m
k-waarde slechtdoorlatende deklaag		0,87		m/dag
k-waarde watervoerend pakket		10,00		m/dag
Gemiddeld hoogste grondwaterstand deklaag (GHG)		0,30		m -mv
Gemiddeld laagste grondwaterstand deklaag (GLG)		1,00		m -mv
Stijghoogte watervoerend pakket		0		m +NAP
Grondwaterstanddaling tov GHG		2,60		m
Grondwaterstanddaling tov GLG		1,90		m
Verlaging stijghoogte watervoerend pakket		0,60		m
Bemalingsduur		7,00		d
Rekenmethode		Edelman (freatisch), model (spanningsbemaling)		
Bronneringdebiet GHG		1,9		$m^3/m/d$
Bronneringdebiet GLG		1,4		$m^3/m/d$
Waterbezwaar GHG		7.656		m^3
Waterbezwaar GLG		5.641		m^3
Debiet spanningsbemaling (d.m.v. filters tot in wvp)		3,00		$m^3/m/d$
Waterbezwaar spanningsbemaling (d.m.v. filters tot in wvp)		12.088,40		m^3
Invloedsgebied deklaag		GHG	GLG	
	Verlaging 1 m	5,00	5,00	m
	Verlaging 0,5 m	80,00	70,00	m
	Verlaging 0,05 m	130,00	110,00	m
Invloedsgebied watervoerend pakket		Stijghoogte		
	Verlaging 1 m	0,00		m
	Verlaging 0,5 m	65,00		m
	Verlaging 0,05 m	260,00		m

Waterkwaliteit	**Deklaag**		**Wat.voer. pakket**		**Opp. Water**	
	MIN	MAX	MIN	MAX		
IJzer	<0.04	0,11	geen meting	geen meting	geen meting	mg/l
Cl	58,00	7.900,00	geen meting	geen meting	geen meting	mg/l

GASTRANSPORTLEIDING VAN TERNAARD NAAR MODDERGAT

ONDERDEEL		HOEVEELHEID/OMSCHRIJVING		EENHEID
Vergunningverlener onttrekking en lozing		Wetterskip Fryslân		
Routekaart nummer		13		
Strekkings- of kruisingsnummer		S18		
Lengte strekking of kruising (inclusief toegangs- en ontvangstkuip)		515,39		m
Uitgangspunten				
Ontwateringsniveau		2,90		m-mv
Dikte deklaag		3,89		m
Dikte watervoerend pakket		15,50		m
k-waarde slechtdoorlatende deklaag		1,65		m/dag
k-waarde watervoerend pakket		10,00		m/dag
Gemiddeld hoogste grondwaterstand deklaag (GHG)		0,40		m -mv
Gemiddeld laagste grondwaterstand deklaag (GLG)		0,90		m -mv
Stijghoogte watervoerend pakket		0		m +NAP
Grondwaterstanddaling tov GHG		2,50		m
Grondwaterstanddaling tov GLG		2,00		m
Verlaging stijghoogte watervoerend pakket		0,60		m
Bemalingsduur		7,00		d
Rekenmethode		Edelman (freatisch), model (spanningsbemaling)		
Bronneringdebiet GHG		2,2		$m^3/m/d$
Bronneringdebiet GLG		1,8		$m^3/m/d$
Waterbezwaar GHG		7.937		m^3
Waterbezwaar GLG		6.494		m^3
Debiet spanningsbemaling (d.m.v. filters tot in wvp)		4,00		$m^3/m/d$
Waterbezwaar spanningsbemaling (d.m.v. filters tot in wvp)		14.430,90		m^3
Invloedsgebied deklaag		GHG	GLG	
	Verlaging 1 m	5,00	5,00	m
	Verlaging 0,5 m	10,00	10,00	m
	Verlaging 0,05 m	150,00	130,00	m
Invloedsgebied watervoerend pakket		Stijghoogte		
	Verlaging 1 m	45,00		m
	Verlaging 0,5 m	65,00		m
	Verlaging 0,05 m	260,00		m

Waterkwaliteit	**Deklaag**		**Wat.voer. pakket**		**Opp. Water**	
	MIN	MAX	MIN	MAX		
IJzer	0,39	1,70	1,10	1,10	geen meting	mg/l
Cl	300,00	6.800,00	10.000,00	10.000,00	geen meting	mg/l

GASTRANSPORTLEIDING VAN TERNAARD NAAR MODDERGAT

ONDERDEEL		HOEVEELHEID/OMSCHRIJVING		EENHEID
Vergunningverlener onttrekking en lozing		Wetterskip Fryslân		
Routekaart nummer		13		
Strekkings- of kruisingsnummer		K11		
Lengte strekking of kruising (inclusief toegangs- en ontvangstkuip)		55,00		m
Uitgangspunten				
Ontwateringsniveau		2,90		m-mv
Dikte deklaag		3,89		m
Dikte watervoerend pakket		5,80		m
k-waarde slechtdoorlatende deklaag		0,48		m/dag
k-waarde watervoerend pakket		5,00		m/dag
Gemiddeld hoogste grondwaterstand deklaag (GHG)		0,40		m -mv
Gemiddeld laagste grondwaterstand deklaag (GLG)		0,90		m -mv
Stijghoogte watervoerend pakket		0		m +NAP
Grondwaterstanddaling tov GHG		2,50		m
Grondwaterstanddaling tov GLG		2,00		m
Verlaging stijghoogte watervoerend pakket		1,40		m
Bemalingsduur		15,00		d
Rekenmethode		Edelman (freatisch), model (spanningsbemaling)		
Bronneringdebiet GHG		1,2		$m^3/m/d$
Bronneringdebiet GLG		1,0		$m^3/m/d$
Waterbezwaar GHG		990		m^3
Waterbezwaar GLG		825		m^3
Debiet spanningsbemaling (d.m.v. filters tot in wvp)		6,00		$m^3/m/d$
Waterbezwaar spanningsbemaling (d.m.v. filters tot in wvp)		4.950,00		m^3
Invloedsgebied deklaag		GHG	GLG	
	Verlaging 1 m	10,00	5,00	m
	Verlaging 0,5 m	40,00	35,00	m
	Verlaging 0,05 m	140,00	120,00	m
Invloedsgebied watervoerend pakket		Stijghoogte		
	Verlaging 1 m	40,00		m
	Verlaging 0,5 m	60,00		m
	Verlaging 0,05 m	140,00		m

Waterkwaliteit	**Deklaag**		**Wat.voer. pakket**		**Opp. Water**	
	MIN	MAX	MIN	MAX		
IJzer	0,39	1,70	1,10	1,10	geen meting	mg/l
Cl	300,00	6.800,00	10.000,00	10.000,00	geen meting	mg/l

BIJLAGE E WATERINFORMATIEKAART

Legenda

- Kruising met nr
- Peilbuis diep met nr en analyseresultaten
- Peilbuis ondiep met nr en analyseresultaten
- Middelpunt Strekking met kaart nr

Leidingtracé

- (Leidingnr + kaartblad)
- Bestaande leiding
- Leiding derden

Verlagingscontour strekking

- Verlaging GHG tot 0,05 m
- Verlaging GHG tot 0,5 m

Verlagingscontour spanningsbemaling strekking

- Verlaging tot 0,05 m
- Verlaging tot 0,5 m

Verlagingscontouren kruisingen

- Verlaging tov GHG tot 0,05 m
- Verlaging tov GHG groter dan 0,5 m

Verlagingscontouren spanningsbemaling kruisingen

- Verlaging tot 0,05 m
- Verlaging tot 0,5 m

Verklaring kleuren labels

- Analyseresultaten grondwater strekking
- Analyseresultaten grondwater Kruising
- Analyseresultaten oppervlakte-water
- 007009c– Volgnummer peilbuis / Kaartblad

Verklaring analyseresultaten:

Cl	:Chloride (in mg/l)
Fe	:IJzer (in mg/l)
CZV	:Chemisch zuurstof verbruik (in mg O_2 /l)
KjN	:Stikstof volgens Kjeldahl (in mg/l)
DR	:Droogrest onopgeloste bestanddelen (in mg/l)
BZV	:Biochemisch zuurstofverbruik (in mg O_2 /l)
pH	:Zuurgraad
EC	:Elektrische geleidbaarheid (µS/cm)

N

004009-1-2 4.6 - 5.6
Cl: 6100
KjN: 13.2
Fe: 3.6
BZV: 62
CZV: 330
DR: 600
EC: 15130
pH: 7.29

005002-1-2 4.5 - 5.5
Cl: 5300
KjN: 24.1
Fe: 2.9
BZV: 51
CZV: 360
DR: 160
EC: 16200
pH: 7.39

005005-1-2 4.5 - 5.5
Cl: 6500
KjN: 29.6
Fe: 22
BZV: 10
CZV: 220
DR: 1900
EC: 16960
pH: 7.36

005012-1-2 2.7 - 3.7
Cl: 560
KjN: 5
Fe: 0.2
BZV: 2
CZV: 41
DR: 36
EC: 3110
pH: 7.04

B006-1-1 7.7 - 8.7
Cl: 3300
KjN: 26.7
Fe: 0.25
BZV: 19
CZV: 150
DR: 1300
EC: 12180
pH: 7.17

OW3-1-1 -
Cl: 250
KjN: 1.9
Fe: 0.26
BZV: 5
CZV: 53
DR: 30
EC: 1740
pH: 8.26

006003-1-2 4.7 - 5.7
Cl: 8800
KjN: 23.8
Fe: 1
BZV: 11
CZV: 250
DR: 4000
EC: 20000
pH: 7.20

006008-1-2 4.5 - 5.5
Cl: 6000
KjN: 11.8
Fe: 0.33
BZV: 18
CZV: 81
DR: 360
EC: 16500
pH: 7.34

006012-1-2 5.0 - 6.0
Cl: 1100
KjN: 14.5
Fe: 0.39
BZV: 2
CZV: 130
DR: 2700
EC: 4480
pH: 7.34

B008-1-1 8.5 - 9.5
Cl: 9900
KjN: 54.8
Fe: 1.6
BZV: <1
CZV: 55
DR: 200
EC: 20000
pH: 6.92

007007-1-2 2.8 - 3.8
Cl: 600
KjN: 2.4
Fe: 0.08
BZV: 1
CZV: 33
DR: 15
EC: 2970
pH: 7.06

004012-1-2 4.8 - 5.8
Cl: 3400
KjN: 32.1
Fe: 31
BZV: 35
CZV: 360
DR: 1600
EC: 16600
pH: 7.22

005011-1-2 2.5 - 3.5
Cl: 35
KjN: <1
Fe: 3
BZV: <1
CZV: 37
DR: 400
EC: 1310
pH: 7.10

K004
GHG
GHG: 0,4
Debiet: 1,8
Volume: 1.890
GLG
GLG: 1
Debiet: 1,4
Volume: 1.470
SB
Debiet: nvt
Volume: nvt

B007-1-1 7.7 - 8.7
Cl: 4000
KjN: 27
Fe: 0.11
BZV: 18
CZV: 140
DR: 470
EC: 13610
pH: 7.05

006005-1-2 4.5 - 5.5
Cl: 9100
KjN: 23.6
Fe: 0.24
BZV: 28
CZV: 130
DR: 810
EC: 20000
pH: 7.30

K005
GHG
GHG: 0,4
Debiet: 3,5
Volume: 4.200
GLG
GLG: 1,1
Debiet: 2,8
Volume: 3.360
SB
Debiet: nvt
Volume: nvt

007008-1-2 2.8 - 3.8
Cl: 890
KjN: 9.1
Fe: 0.39
BZV: 1
CZV: 79
DR: 490
EC: 2760
pH: 6.20

Ternaard

0 100 200 400 Meters

Document Path: C:\Projecten\20180823_NAM_Kaarten\C05042.000243\NamGasPijpMX

ARCADIS Design & Consultancy for natural and built assets

Opdrachtgever	: Nederlandse Aardolie Maatschappij B.V.
Project	: Aanleg 12" gasleiding van Ternaard naar Moddergat
Onderwerp	: Waterinformatiekaart
Ontwerpfase	: Definitief

Getekend	: W.J. Olthof	Goedgekeurd	: A. Nijenhuis
Datum	: 23 / 8 / 2016	Datum	: 24 / 8 / 2016
Tekeningnummer:	01	Projectleider	: A. Nijenhuis
Schaal	: 1 : 5.000	Vestiging	: Assen
Bladformaat	: (A1)	ArcGIS project	: zie onder
Projectnummer	: C05042.000247	Layoutnaam	: -
		Versie	: 0.1

Legenda

- Kruising met nr
- Peilbuis diep met nr en analyseresultaten
- Peilbuis ondiep met nr en analyseresultaten
- Middelpunt Strekking met kaart nr

Leidingtracé

- (Leidingnr + kaartblad)
- Bestaande leiding
- Leiding derden

Verlagingscontour strekking

- Verlaging GHG tot 0,05 m
- Verlaging GHG tot 0,5 m

Verlagingscontour spanningsbemaling strekking

- Verlaging tot 0,05 m
- Verlaging tot 0,5 m

Verlagingscontouren kruisingen

- Verlaging tov GHG tot 0,05 m
- Verlaging tov GHG groter dan 0,5 m

Verlagingscontouren spanningsbemaling kruisingen

- Verlaging tot 0,05 m
- Verlaging tot 0,5 m

Verklaring kleuren labels

- Analyseresultaten grondwater strekking
- Analyseresultaten grondwater Kruising
- Analyseresultaten oppervlakte-water
- 007009c — Volgnummer peilbuis / Kaartblad

Verklaring analyseresultaten:

Cl :Chloride (in mg/l)
Fe :IJzer (in mg/l)
CZV :Chemisch zuurstof verbruik (in mg O_2 /l)
KjN :Stikstof volgens Kjeldahl (in mg/l)
DR :Droogrest onopgeloste bestanddelen (in mg/l)
BZV :Biochemisch zuurstofverbruik (in mg O_2 /l)
pH :Zuurgraad
EC :Elektrische geleidbaarheid (µS/cm)

N

007013-1-2 3.0 - 4.0	
Cl:	1400
KjN:	7.4
Fe:	0.67
BZV:	11
CZV:	40
DR:	4000
EC:	5080
pH:	6.83

B008-1-1 8.5 - 9.5	
Cl:	9900
KjN:	54.8
Fe:	1.6
BZV:	<1
CZV:	55
DR:	200
EC:	20000
pH:	6.92

B010-1-1 7.7 - 8.7	
Cl:	13000
KjN:	129
Fe:	3.1
BZV:	<1
CZV:	120
DR:	220
EC:	20000
pH:	6.80

B009-1-1 8.7 - 9.7	
Cl:	11000
KjN:	84.8
Fe:	3.6
BZV:	1
CZV:	56
DR:	340
EC:	20000
pH:	7.09

000002-1-2 4.5 - 5.5	
Cl:	10000
KjN:	79.8
Fe:	0.05
BZV:	<1
CZV:	250
DR:	4300
EC:	20000
pH:	6.95

OW5-1-1 -	
Cl:	710
KjN:	4.1
Fe:	0.16
BZV:	10
CZV:	81
DR:	18
EC:	3100
pH:	8.68

B013-1-1 7.5 - 8.5	
Cl:	10000
KjN:	85.1
Fe:	5.1
BZV:	<1
CZV:	110
DR:	1400
EC:	20000
pH:	6.94

008011-1-2 4.5 - 5.5	
Cl:	210
KjN:	6.1
Fe:	0.97
BZV:	<1
CZV:	29
DR:	65
EC:	1800
pH:	7.18

009007-1-2 2.7 - 3.7	
Cl:	480
KjN:	6.4
Fe:	35
BZV:	8
CZV:	150
DR:	2600
EC:	2940
pH:	7.30

010004-1-2 4.7 - 5.7	
Cl:	1600
KjN:	12.5
Fe:	0.61
BZV:	<1
CZV:	100
DR:	18000
EC:	10160
pH:	7.70

010011-1-2 4.5 - 5.5	
Cl:	190
KjN:	3.7
Fe:	<0.04
BZV:	<1
CZV:	18
DR:	45
EC:	20000
pH:	7.24

011002-1-2 2.5 - 3.5	
Cl:	69
KjN:	<1
Fe:	0.48
BZV:	<1
CZV:	12
DR:	110
EC:	1400
pH:	6.88

B017-1-1 7.5 - 8.5	
Cl:	4500
KjN:	19.7
Fe:	0.8
BZV:	<1
CZV:	110
DR:	5100
EC:	14400
pH:	7.05

OW6-1-1 -	
Cl:	100
KjN:	<1
Fe:	0.48
BZV:	1
CZV:	23
DR:	9.5
EC:	1650
pH:	7.83

011009-1-2 5.0 - 6.0	
Cl:	190
KjN:	4.1
Fe:	<0.04
BZV:	<1
CZV:	16
DR:	120
EC:	16500
pH:	7.20

012003-1-2 3.0 - 4.0	
Cl:	58
KjN:	<1
Fe:	0.11
BZV:	<1
CZV:	17
DR:	700
EC:	1220
pH:	7.47

B010-1-1 7.7 - 8.7	
Cl:	2600
KjN:	23.6
Fe:	7.7
BZV:	15
CZV:	130
DR:	140
EC:	10130
pH:	7.13

012005-1-2 5.2 - 6.2	
Cl:	7900
KjN:	23.7
Fe:	<0.04
BZV:	61
CZV:	220
DR:	14
EC:	20000
pH:	7.24

OW7-1-1 -	
Cl:	280
KjN:	2.1
Fe:	2.6
BZV:	6
CZV:	50
DR:	68
EC:	1720
pH:	7.72

B020-1-1 7.4 - 8.4	
Cl:	10000
KjN:	22.7
Fe:	1.1
BZV:	56
CZV:	580
DR:	620
EC:	20000
pH:	6.64

013012-1-2 2.0 - 3.0	
Cl:	300
KjN:	3
Fe:	1.7
BZV:	<1
CZV:	31
DR:	49
EC:	2270
pH:	7.56

013008-1-2 4.5 - 5.5	
Cl:	6800
KjN:	18
Fe:	0.39
BZV:	54
CZV:	160
DR:	190
EC:	18330
pH:	7.33

Cl:	
KjN:	
Fe:	
BZV:	
CZV:	
DR:	
EC:	
pH:	

B018-1-1 5.8 - 6.8	
Cl:	1400
KjN:	17.1
Fe:	7.7
BZV:	1
CZV:	79
DR:	3100
EC:	6200
pH:	7.30

006012-1-2 5.0 - 6.0	
Cl:	1100
KjN:	14.5
Fe:	0.39
BZV:	2
CZV:	130
DR:	2700
EC:	4480
pH:	7.34

007007-1-2 2.8 - 3.8	
Cl:	600
KjN:	2.4
Fe:	0.08
BZV:	1
CZV:	33
DR:	15
EC:	2970
pH:	7.06

008009-1-2 2.5 - 3.5	
Cl:	190
KjN:	1.3
Fe:	9.8
BZV:	<1
CZV:	47
DR:	2700
EC:	2030
pH:	7.55

008012-1-2 4.5 - 5.5	
Cl:	3500
KjN:	59.4
Fe:	14
BZV:	<1
CZV:	120
DR:	110
EC:	11880
pH:	6.09

007008-1-2 2.8 - 3.8	
Cl:	890
KjN:	9.1
Fe:	0.39
BZV:	1
CZV:	79
DR:	490
EC:	2760
pH:	6.20

OW4-1-1 -	
Cl:	750
KjN:	1.5
Fe:	0.24
BZV:	8
CZV:	63
DR:	30
EC:	3470
pH:	8.51

007012-1-2 2.7 - 3.7	
Cl:	980
KjN:	2.6
Fe:	0.04
BZV:	<1
CZV:	44
DR:	49
EC:	4240
pH:	7.38

B011-1-1 7.7 - 8.7	
Cl:	12000
KjN:	99.4
Fe:	0.31
BZV:	<1
CZV:	90
DR:	90
EC:	20000
pH:	6.97

008007-1-2 4.5 - 5.5	
Cl:	11000
KjN:	88.9
Fe:	13
BZV:	<1
CZV:	210
DR:	13000
EC:	20000
pH:	6.85

008010-1-2 2.5 - 3.5	
Cl:	590
KjN:	6.4
Fe:	0.21
BZV:	5
CZV:	25
DR:	27
EC:	3650
pH:	7.60

B012-1-1 7.5 - 8.5	
Cl:	10000
KjN:	102
Fe:	15
BZV:	<1
CZV:	120
DR:	3400
EC:	20000
pH:	6.90

B015-1-1 7.5 - 8.5	
Cl:	7200
KjN:	22.6
Fe:	27
BZV:	110
CZV:	540
DR:	14000
EC:	20000
pH:	7.14

010009-1-2 4.5 - 5.5	
Cl:	720
KjN:	14.1
Fe:	0.43
BZV:	<1
CZV:	140
DR:	2800
EC:	3670
pH:	7.62

B016-1-1 7.5 - 8.5	
Cl:	2100
KjN:	14.6
Fe:	6.8
BZV:	1
CZV:	70
DR:	3000
EC:	7880
pH:	7.00

011003-1-2 2.5 - 3.5	
Cl:	70
KjN:	2.3
Fe:	0.31
BZV:	4
CZV:	28
DR:	68
EC:	1800
pH:	6.82

011013-1-2 2.2 - 3.2	
Cl:	75
KjN:	1.6
Fe:	0.57
BZV:	<1
CZV:	23
DR:	58
EC:	1630
pH:	7.36

Oosternijkerk
(Easternijtsjerk)

Wie

0 100 200 400 Meters

ARCADIS Design & Consultancy for natural and built assets

Opdrachtgever	: Nederlandse Aardolie Maatschappij B.V.
Project	: Aanleg 12" gasleiding van Ternaard naar Moddergat
Onderwerp	: Waterinformatiekaart
Ontwerpfase	: Definitief
Getekend	: E. Aldershof
Datum	: 18 / 9 / 2016
Tekeningnummer	: 02
Schaal	: 1 : 5.000
Bladformaat	: (A1)
Projectnummer	: C05042.000247
Goedgekeurd	: A. Nijenhuis
Datum	: 18 / 9 / 2016
Projectleider	: A. Nijenhuis
Vestiging	: Assen
ArcGIS project	: zie onder
Layoutnaam	: -
Versie	: 0.1

Document Path: C:\Users\oglivier8542\Documents\Projecten_2020\201110_Ternaard\03_

BIJLAGE F ARCHEOLOGIE

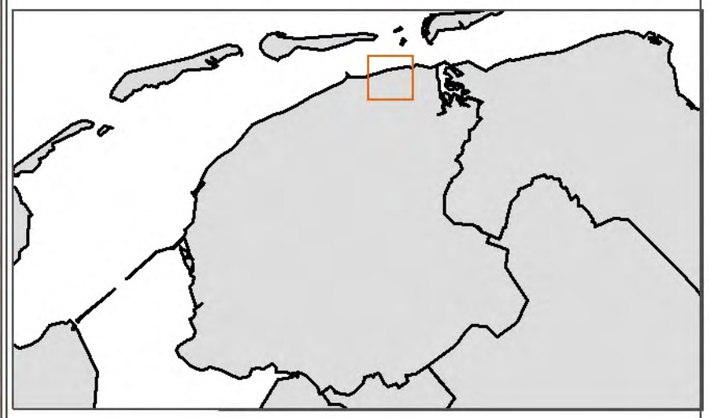
NAM Ternaard

Legenda

- Terrein van hoge archeologische waarde
- Terrein van zeer hoge archeologische waarde
- Terrein van zeer hoge archeologische waarde, beschermd

CHK_FAMKE (archeologie)

- geen onderzoek noodzakelijk
- karterend onderzoek 1 (middeleeuwen)
- karterend onderzoek 2 (middeleeuwen)
- karterend onderzoek 3 (middeleeuwen)
- streven naar behoud
- streven naar behoud - beschermd
- waarderend onderzoek (terpen)
- water
- Tracé



opdrachtgever: NAM

ARCADIS Design & Consultancy for natural and built assets

datum: 10-9-2018

schaal (A3): 1:31.312

<projectnummer>

0 0,6 1,2 1,8 2,4 3 km

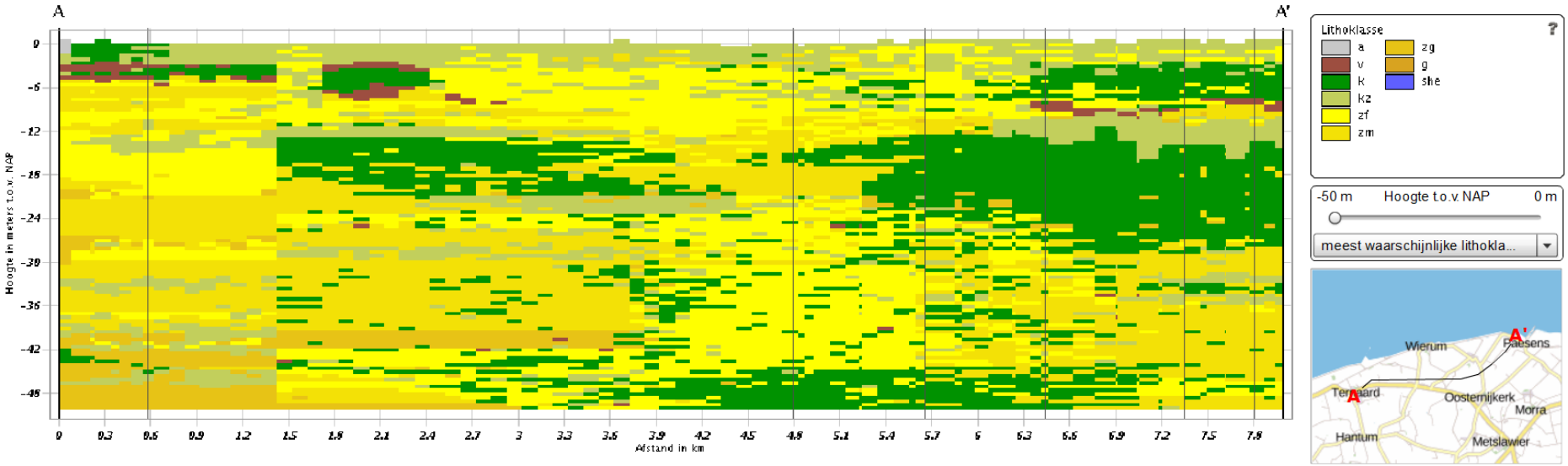
GvW

Esri Nederland, Jan Willem van Aalst - www.imergis.nl

BIJLAGE G GEOLOGIE

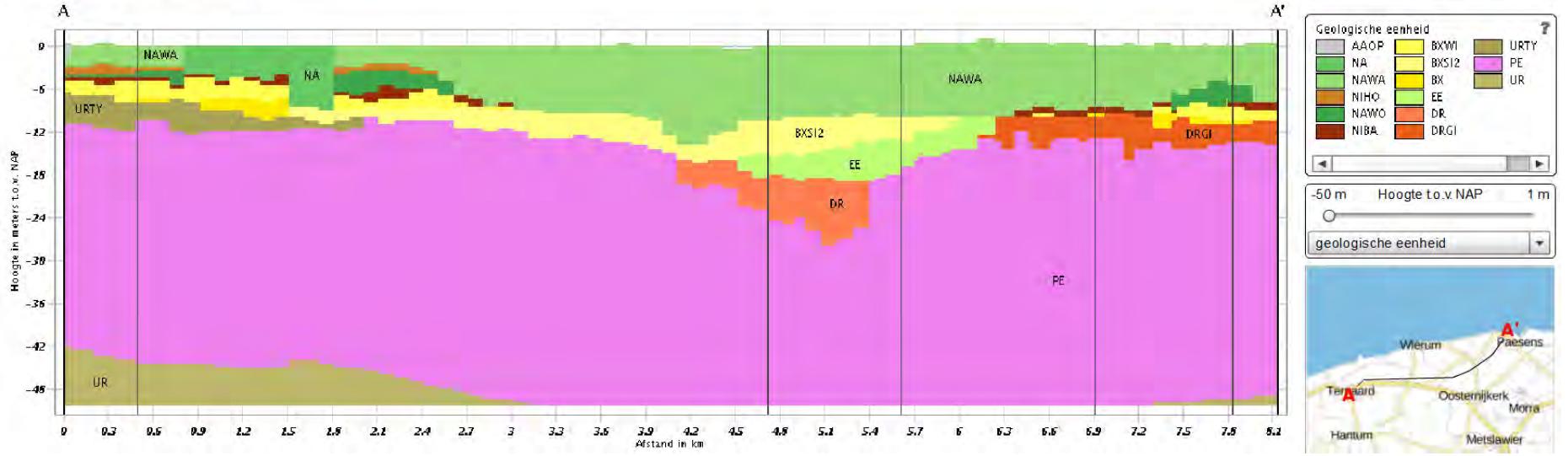
Verticale Doorsnede GeoTOP v1.3

Opslaan als PDF ✕



Verticale Doorsnede GeoTOP v1.3

Opslaan als PDF ✕



Legenda Lithoklasse

a	antropogeen
v	veen
k	klei
kz	kleiig zand, zandige klei
zf	fijn zand
zm	middelgrof zand
zg	grof zand
g	grind

Legenda Geologische eenheid

AAOP	Antropogene afzettingen
NA	Formatie van Naaldwijk
NAWA	Formatie van Naaldwijk, laagpakket van Walcheren
NIHO	Formatie van Nieuwkoop, Hollandveen laagpakket
NAWO	Formatie van Naaldwijk, Laagpakket van Wormer
NIBA	Formatie van Nieuwkoop, Basisveen laag
BXWI	Formatie van Boxtel, Laagpakket van Wierden
BXSI2	Formatie van Boxtel, Laagpakket van Singraven, onderste deel
BX	Formatie van Boxtel
EE	Eem Formatie
DR	Formatie van Drente
DRGI	Formatie van Drente, Laagpakket van Gieten
PE	Formatie van Peelo
UR	Formatie van Urk

COLOFON

AANLEG GASLEIDING TERNAARD-200 - MODDERGAT
GEOHYDROLOGISCH RAPPORT

AUTEUR
Reinout Ogilvie

PROJECTNUMMER
C05058.000189

ONZE REFERENTIE
D10020068:8

DATUM
30 november 2020

STATUS
Definitief

GECONTROLEERD DOOR

Sebastian Huizer
Specialist Geohydrologie

Arcadis Nederland B.V.

Postbus 33
6800 LE Arnhem
Nederland
+31 (0)88 4261 261

www.arcadis.com

datum 22-11-2018
dossiercode 20181122-2-19281

Project: Inpassingsplan Gaswinning Ternaard
Gemeente: Dongeradeel
Aanvrager: Marloes Timmers
Organisatie: BRO

Geachte heer/mevrouw Marloes Timmers,

Voor het plan Inpassingsplan Gaswinning Ternaard heeft u een watertoets aangevraagd waaruit blijkt dat de normale watertoetsprocedure van toepassing is. Dit houdt in dat de aanwezige wateraspecten van invloed zijn op het plan.

Werkwijze watertoetsprocedure 2018
Vanaf 2018 worden alle aanvragen uit de digitale watertoets digitaal afgehandeld. Dit betekent dat Wetterskip Fryslân voor de normale procedure standaard geen wateradvies meer op stelt maar verwijst naar de uitgangsnotitie.

Waterparagraaf
Deze uitgangsnotitie geeft u handvatten om de uitkomsten en aandachtspunten van de watertoetsaanvraag mee te nemen in het opstellen van het ruimtelijke plan of besluit. Het is de bedoeling dat u op basis van dit document het plan uitwerkt. Uit de waterparagraaf moet duidelijk blijken wat voor wateraspecten van toepassing zijn en hoe u hier in het plan rekening mee houdt. Indien nodig verzoeken wij u om de wateraspecten te borgen op de Verbeelding en in de Regels van het plan.

Ruimtelijke plannen hebben soms een lange doorlooptijd. Tegelijkertijd ontstaan er soms veranderende inzichten in het beleid ten aanzien van de waterketen, waterkeringen en het watersysteem. Om te garanderen dat de juiste uitgangspunten worden toegepast in de planvorming hanteert het waterschap een uiterste houdbaarheidsdatum van maximaal 1 jaar. Wanneer deze termijn verstreken is kunt u contact opnemen met het waterschap voor een eventuele verlenging van nogmaals 1 jaar.

Watertoets en wateradvies
De watertoets is een belangrijk instrument bij het klimaatbestendig en waterrobuust inrichten van de ruimte. De watertoets zorgt ervoor dat in alle ruimtelijke plannen aandacht wordt besteed aan veiligheid, kwaliteit én kwantiteit van water. Als richtlijn bij het beoordelen van ruimtelijke plannen werkt Wetterskip Fryslân met de Leidraad Watertoets. Hierin staat voor alle wateraspecten uitgangspunten omschreven waarmee u rekening moet houden en is informatie te vinden over de te nemen maatregelen. De leidraad is de te vinden via deze link:
www.wetterskipfryslan.nl/vergunningen-wetten-en-regels/online-watertoets-voor-nieuwe-plannen

Wateraspecten en aandachtspunten
Hieronder staan de eventuele wateraspecten die van invloed zijn op het plan en aandachtspunten om mee rekening te houden.

Hoofdwateren
Het plangebied ligt binnen de beschermingszone van een hoofdwater. De locaties van de hoofdwateren kunt u vinden op onze website:
www.wetterskipfryslan.nl/leggerkaart
Rioolwaterpersleiding
Wij verzoeken u om bij het opstellen van het plan rekening te houden met de beperkingen zoals die van toepassing zijn op rioolwaterpersleidingen.

Toename verharding
Door ruimtelijke ontwikkelingen neemt de hoeveelheid verhard oppervlak toe met als gevolg een versnelde afvoer van hemelwater. Het is nodig om deze versnelde afvoer te compenseren om de waterberging in een gebied in stand te houden. De meest voorkomende manier van compenseren is het graven van extra oppervlaktewater. Uiteraard is het toepassen van alternatieve maatregelen in het plan ook mogelijk. In de waterparagraaf, regels en/of plankaart dient duidelijk aan te worden gegeven wat voor maatregelen er worden genomen om de versnelde afvoer als gevolg van de toename verharding te compenseren. Voor de compensatie van toename verhard oppervlak is onderstaande tabel van toepassing.

Gebied	Stedelijk (>200 m²)	Landelijk (>1.500 m²)
Boezem	5%	5%
Polder	10%	10%
Vrij afstromend	Maatwerk mogelijk	Maatwerk mogelijk

Toelichting tabel
5% heeft alleen betrekking op de Friese boezem;
de algemene regels keur zijn in de onderstaande tabel verwerkt;
maatwerk kan bestaan uit bijvoorbeeld infiltratie of berging van het overtollig hemelwater.

Demping van oppervlaktewater
Voor het dempen van oppervlaktewater is het beleid van Wetterskip Fryslân dat dit voor 100% gecompenseerd moet worden in hetzelfde peilgebied. Voor de demping heeft u een watervergunning nodig. Voor meer informatie verwijzen we u graag door naar het onderdeel Waterwet in deze uitgangsnotitie.

Relatie tussen Water en Ruimte
Het veiligheidsbeleid van het waterschap en de ruimtelijke ordening ontmoeten elkaar op verschillende momenten. Dit gebeurt bijvoorbeeld bij het bestemmen van reserveringszones achter primaire waterkeringen en bij het bestemmen van regionale voormalige zeedijken tot waterkering in de bestemmingsplannen. Als in bestemmingsplannen nieuwbouw plaatsvindt op locaties boven 'maatgevend boezempeil, gemiddelde waterstand tijdens maatgevende omstandigheden' die eenmaal per 100 of 300 jaar kunnen optreden, wordt een toename van de gevolgschade bij een overstroming vanuit de Friese boezem voorkomen. Voor het bepalen van de hoogteligging van het plangebied verwijzen wij u graag door naar http://www.ahn.nl/index.html

Ruimtelijke adaptatie
Om ook in de toekomst prettig te kunnen wonen, werken en recreëren moeten steden en dorpen ingericht worden met het oog op de toekomst. Het is belangrijk kansen te benutten om het gebied klimaat robuust in te richten. Zo is het mogelijk om het bebouwd gebied beter bestand te maken tegen hevige regenbuien, periodes van droogte en hitte en de gevolgen van een mogelijke overstroming. Voor veel maatregelen geldt bovendien dat ze kosteneffectief zijn, als ze maar in een vroeg stadium in het planvormingsproces worden meegenomen. Meer informatie hierover kunt u vinden op de website www.ruimtelijkeadaptatie.nl/

Convenant Erfafspoeling, agrarische bedrijven
Vanaf het erf mogen geen verontreinigende stoffen in het oppervlaktewater terecht komen. Door mest en perssappen uit de voeropslagen kan verontreiniging worden veroorzaakt als deze naar de bodem of het oppervlaktewater (af)stromen. Per 1 januari 2018 is de Maatlat Schoon Erf van kracht (www.maatlatschoonerf.nl). De maatlat is opgenomen in de MIA/Vamil regeling. Ook door afstromend regenwater dat in contact is geweest met een niet bezemschoon erf en een niet bezemschone voeropslag kan het oppervlaktewater verontreinigd worden. De initiatiefnemer dient deze erfafspoeling te allen tijde te voorkomen door bepaalde maatregelen te nemen. Voor informatie en advies over erfinrichting kunt u contact opnemen met cluster Handhaving van Wetterskip Fryslân.

Informatie waterobjecten
Voor meer informatie over bijvoorbeeld de ligging en de beheer- en onderhoudsstatus van waterobjecten in het plangebied verwijzen wij u door naar leggerkaart op onze website: www.wetterskipfryslan.nl/kaarten/leggerkaart

Beleid Wetterskip Fryslân
En wat doen we morgen met water? In het Waterbeheerplan 2016 2021 beschrijft Wetterskip Fryslân de doelen voor de komende jaren, voor meer informatie zie onze website www.wetterskipfryslan.nl/waterbeheerplan-2016-2021

Waterwet
Voor bepaalde werkzaamheden bij water of dijken heeft u een watervergunning nodig. Soms is het doen van een melding voldoende. Een watervergunning aanvragen is dan niet nodig. U kunt eerst checken wat u nodig heeft. Op onze website www.wetterskipfryslan.nl treft u meer informatie aan over de Waterwet en u kunt daar onder andere ook meldingsformulieren en het aanvraagformulier voor een watervergunning downloaden.

Afronding watertoetsprocedure
In de besluitvormingsfase, ten tijde van het toesturen van het voorontwerp bestemmingsplan of ontwerp omgevingsvergunning, controleert Wetterskip Fryslân of de waterbelangen voldoende zijn meegenomen en geborgd in het ruimtelijke plan of besluit.

Vragen
Mocht u nog vragen hebben over de uitgangspunten notitie of graag in gesprek gaan over de uitwerking van de waterbelangen in het plan dan gaan wij graag met u in gesprek. Wetterskip Fryslân denkt graag met u mee! U kunt contact met ons opnemen via de onderstaande contactgegevens.

Privacyverklaring
Wetterskip Fryslân verwerkt uw naam, adres, telefoonnummer, e-mailadres en kadastrale gegevens om uw aanvraag te behandelen. De grondslag van de verwerking van deze gegevens zijn taken in het algemeen belang die in het Besluit Ruimtelijke Ordening aan het waterschap zijn opgedragen. Wij hebben gegevens van u ontvangen en verdere gegevens zullen wij opvragen uit het kadaster en ons geografische informatie systeem. Uw gegevens worden 10 jaar na afronding van uw aanvraag gewist. U heeft recht op inzage, een kopie, rectificatie, wissing, beperking, bezwaar en het indienen van een klacht bij de Autoriteit Persoonsgegevens. Een verzoek daartoe kunt u doen via privacy@wetterskipfryslan.nl. Nadere informatie over de verwerking van uw gegevens en uw rechten vindt u op https://www.wetterskipfryslan.nl/over-de-site/privacyverklaring

Met vriendelijke groet,

Wetterskip Fryslân
Postbus 36
8900 AA Leeuwarden
T 058 292 2222
E info@wetterskipfryslan.nl

www.dewatertoets.nl

datum 22-11-2018
dossiercode 20181122-2-19281

Te volgen watertoetsprocedure
Normale procedure

Samenvatting van de gegevens voor de watertoets van
project: Inpassingsplan Gaswinning Ternaard
gemeente: Dongeradeel

Gegevens plan
Er wordt een inpassingsplan opgesteld om de boring naar gas , de winning van gas en de aan-leg van een transportleiding van Ternaard naar Moddergat te regelen. De gaswinning in Ter-naard levert een belangrijke bijdrage aan het doel uit het Energieakkoord om de gasproductie op peil te houden. Aardgas voorziet in ongeveer 40% van de energiebehoefte van Nederland. Hoewel stevig wordt ingezet op duurzame energie en het uitfaseren van aardgas, speelt gas als minst vervuilende fossiele brandstof nog een belangrijke rol in de energietransitie. Het aardgas wordt door middel van een nieuw aan te leggen gastransportleiding getransporteerd van de nieuw te realiseren productielocatie bij Ternaard naar de bestaande mijnbouwlocatie Moddergat. De Nederlandse Aardoliemaatschappij B.V. (hierna: NAM) zal als initiatiefnemer deze productie-locatie en verbinding realiseren.
oppervlak: 87070 m2 adres: Bestaande mijnbouwlocatie Mokselbankwei te Moddergat, Productielocatie nabij Nesserweg 11 te Ternaard, kadastraal adres:
tekening meegestuurd: survey_attachments/3196_Tekening compenserende maatregel water.pdf
opmerkingen:

Gegevens aanvrager
Marloes Timmers
BRO
Bosscheweg107
5282 WV Boxtel
T: 0411 850 400
E: marloes.timmers@bro.nl

Gegevens gemeente
gemeente: Dongeradeel
contactpersoon: Wynzen de Vries
T: 0519 298 888
E: info@ddfk.nl

Resultaat kaartenanalyse voor het plangebied
Heeft u een beperkingsgebied geraakt? ja

- Hoofdwateren
- Rioolwaterpersleiding

Welke gemeente omvat het grootste deel van het door u getekende plangebied? Dongeradeel

Uw antwoorden op onderstaande vragen

Gaat het plan uitsluitend over de functiewijziging van bestaande bebouwing zonder fysieke aanpassing van bebouwing en ruimte? Antwoord: nee

Is sprake van een toename van lozing van verontreinigd water op het oppervlaktewater? Antwoord: nee

Wordt het bestaande verharde oppervlak vergroot met meer dan 200 m^2 in stedelijk gebied of meer dan 1500 m^2 in landelijk gebied? Antwoord: ja

Neemt het verhard oppervlak in het stedelijk gebied toe? Antwoord: nee

Zo ja, met hoeveel m^2 neemt het verhard oppervlak in het stedelijk gebied toe? Antwoord:

Neemt het verhard oppervlak in landelijk gebied toe? Antwoord: ja
Zo ja, met hoeveel m^2 neemt het verhard oppervlak in het landelijk gebied toe? Antwoord: 11020

Wordt er oppervlaktewater gegraven en/of gedempt? Antwoord: nee
Dempen? nee
Graven? nee

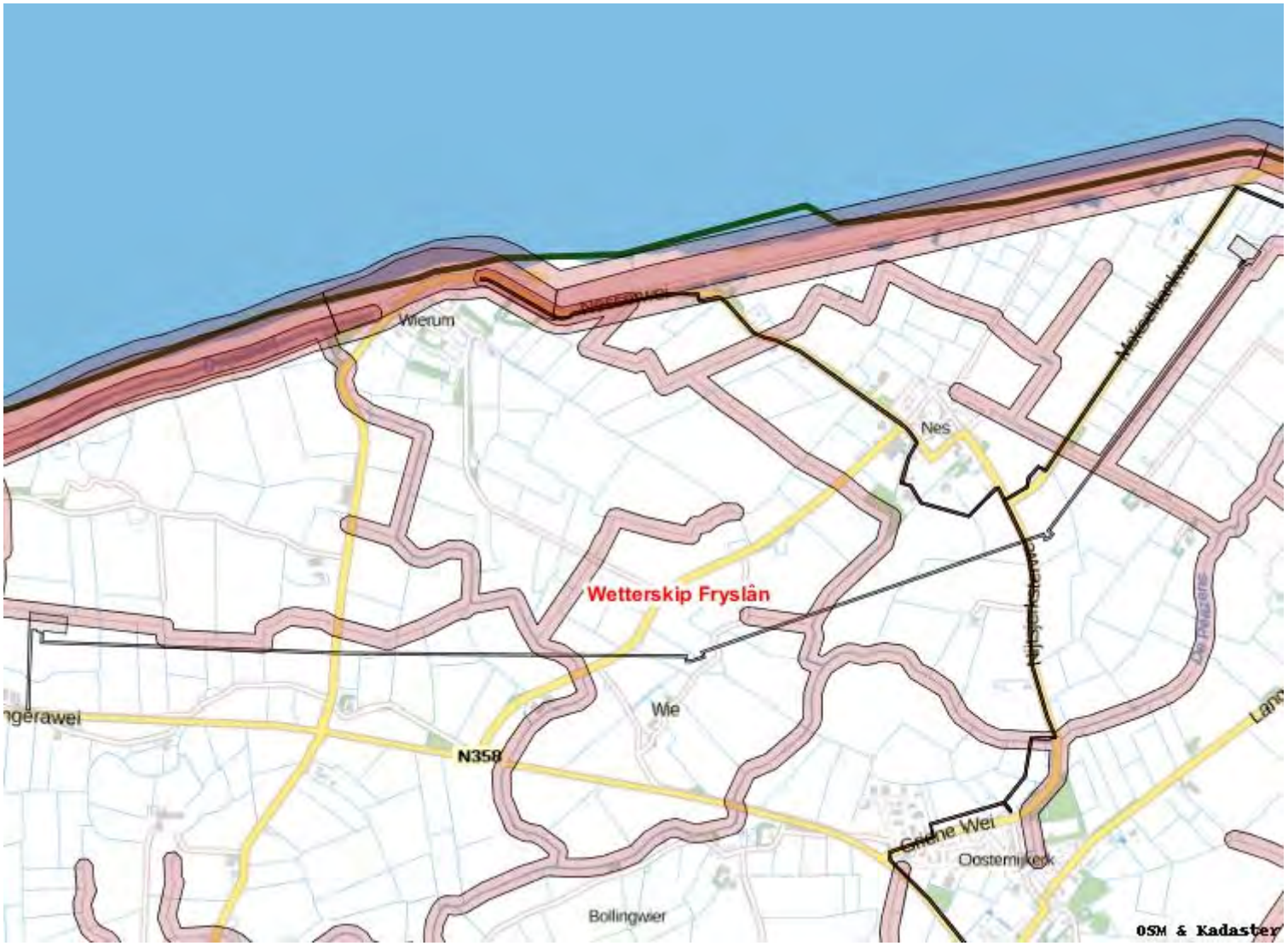
Wat voor compenserende maatregelen worden er in het plan genomen bij een toename verharding en/of demping van het oppervlaktewater? Antwoord: Er wordt een de nieuwe sloot gerealiseerd met een oppervlakte van 1042m2

Wil men voor het plan de waterpeilen wijzigen? Antwoord: nee

Het doel v.d. peilwijzing, het nieuwe peil en hoe de wijziging wordt doorgevoerd? Antwoord:

Wordt er een kelder of souterrain gerealiseerd? Antwoord: nee

Wordt er tijdelijk of permanent grondwater onttrokken? Antwoord: ja



Overzicht ingetekend gebied

www.dewatertoets.nl

Bijlage 6

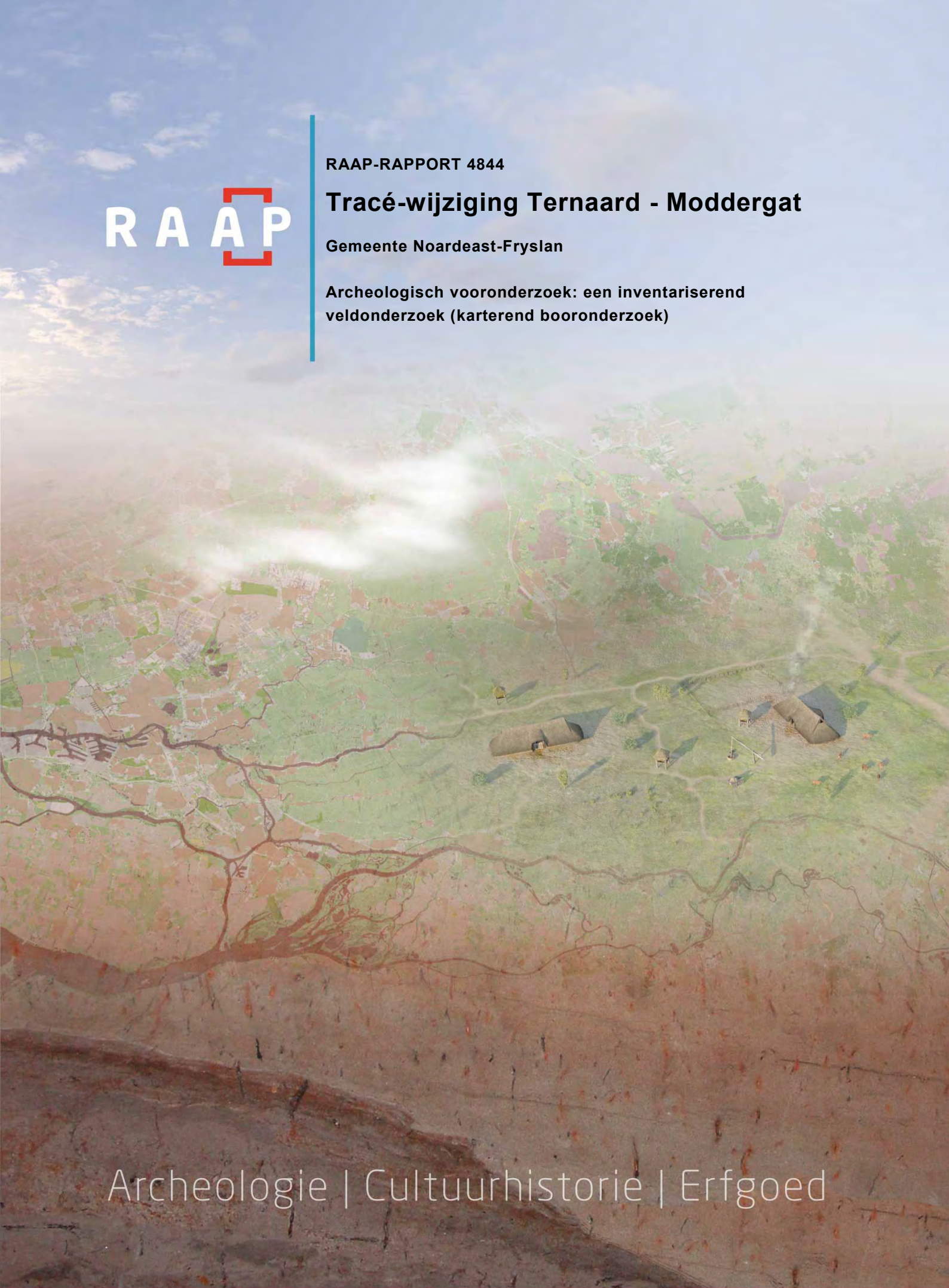
Archeologisch onderzoek

RAAP-RAPPORT 4844

Tracé-wijziging Ternaard - Moddergat

Gemeente Noardeast-Fryslan

Archeologisch vooronderzoek: een inventariserend veldonderzoek (karterend booronderzoek)



Archeologie | Cultuurhistorie | Erfgoed

Colofon

Titel: Tracé-wijziging Ternaard - Moddergat, gemeente Noardeast-Fryslan; archeologisch vooronderzoek: een inventariserend veldonderzoek (karterend booronderzoek)

Versie: 20-11-2020

Auteur: drs. J.L. van Beek

Projectcode: NFTEM

Bestandsnaam: RAAPrap_4844_NFTEM_

Autorisatie: drs. H.W. Veenstra

ISSN: 0925-6229

RAAP
Leeuwenveldseweg 5b
1382 LV Weesp
Postbus 5069
1380 GB Weesp

Telefoon: 0294-491 500
E-mail: raap@raap.nl
Website: www.raap.nl

© RAAP Archeologisch Adviesbureau B.V., 2020
RAAP Archeologisch Adviesbureau B.V. aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele schade voortvloeiend uit het gebruik van de resultaten van dit onderzoek of de toepassing van de adviezen.
Er is geen verklaring ontvangen van het bevoegd gezag omtrent goed- of afkeuring van het rapport.

Samenvatting

In opdracht van Arcadis N.V. heeft RAAP op 18 en 19 november 2020 een archeologisch vooronderzoek in de vorm van een inventariserend veldonderzoek (karterend booronderzoek) uitgevoerd voor een wjziging in het aardgastransportleidingtracé van Ternaard naar Moddergat in de gemeente Noardeast-Fryslan. Het gewijzigde tracé ligt ten noorden van Oosternijkerk, tussen Wie en Nes (figuur 1).

Het onderzoek vond plaats in het kader van een omgevingsvergunning.

De werkzaamheden zijn uitgevoerd onder certificaat BRL4000, conform artikel 5.4 van de Erfgoedwet. Het onderzoek is uitgevoerd volgens de normen van de archeologische beroepsgroep. De Kwaliteitsnorm Nederlandse Archeologie (KNA, versie 4.1), beheerd door de Stichting Infrastructuur Kwaliteitsborging Bodembeheer (SIKB; www.sikb.nl), is door de minister aangewezen als norm.

Op basis van het eerder uitgevoerde bureauonderzoek (Brouwer, 2016) wordt aan de top van de in het plangebied aanwezig kwelder(wal)afzettingen een hoge archeologische verwachting toegekend.

Uit het booronderzoek blijkt dat de top van deze kwelder(wal)afzettingen intact is. Er zijn echter geen aanwijzingen voor (grotere) archeologische vindplaatsen aangetroffen.

Op basis van de resultaten van dit onderzoek blijkt dat in het gewijzigde tracé geen archeologische resten bedreigd worden. Daarom wordt in het kader van de voorgenomen bodemingrepen geen vervolgstap uit het proces van de Archeologische Monumentenzorg (AMZ) noodzakelijk geacht.

Inhoud

Samenvatting 3
Inhoud 4
1 Inleiding 5
1.1 Kader 5
1.2 Administratieve gegevens 7
1.3 Doel- en vraagstelling 7
2 Bureauonderzoek 8
2.1 Methode 8
3 Veldonderzoek 10
3.1 Methode 10
3.2 Resultaten 12
3.3 Archeologische relevantie 12
4 Conclusies en advies 13
4.1 Conclusie 13
4.2 Advies 13
4.3 Tot slot 13
Literatuur 14
Overzicht van figuren, tabellen en bijlagen 15

1 Inleiding

1.1 Kader

Aanleiding

In opdracht van Arcadis N.V. heeft RAAP op 18 en 19 november 2020 een archeologisch vooronderzoek in de vorm van een inventariserend veldonderzoek (karterend booronderzoek) uitgevoerd voor een wjziging in het aardgastransportleidingtracé van Ternaard naar Moddergat in de gemeente Noardeast-Fryslan. Het gewijzigde tracé ligt ten noorden van Oosternijkerk, tussen Wie en Nes (figuur 1).

Het onderzoek vond plaats in het kader van een omgevingsvergunning.

Juridisch en beleidskader

Het uitgangspunt voor dit onderzoek wordt gevormd door het wettelijk en beleidsmatig kader voor de ruimtelijke ordening en monumentenzorg. De gemeente is de bevoegde overheid die een besluit zal nemen over hoe om te gaan met de eventueel aanwezige archeologische waarden.

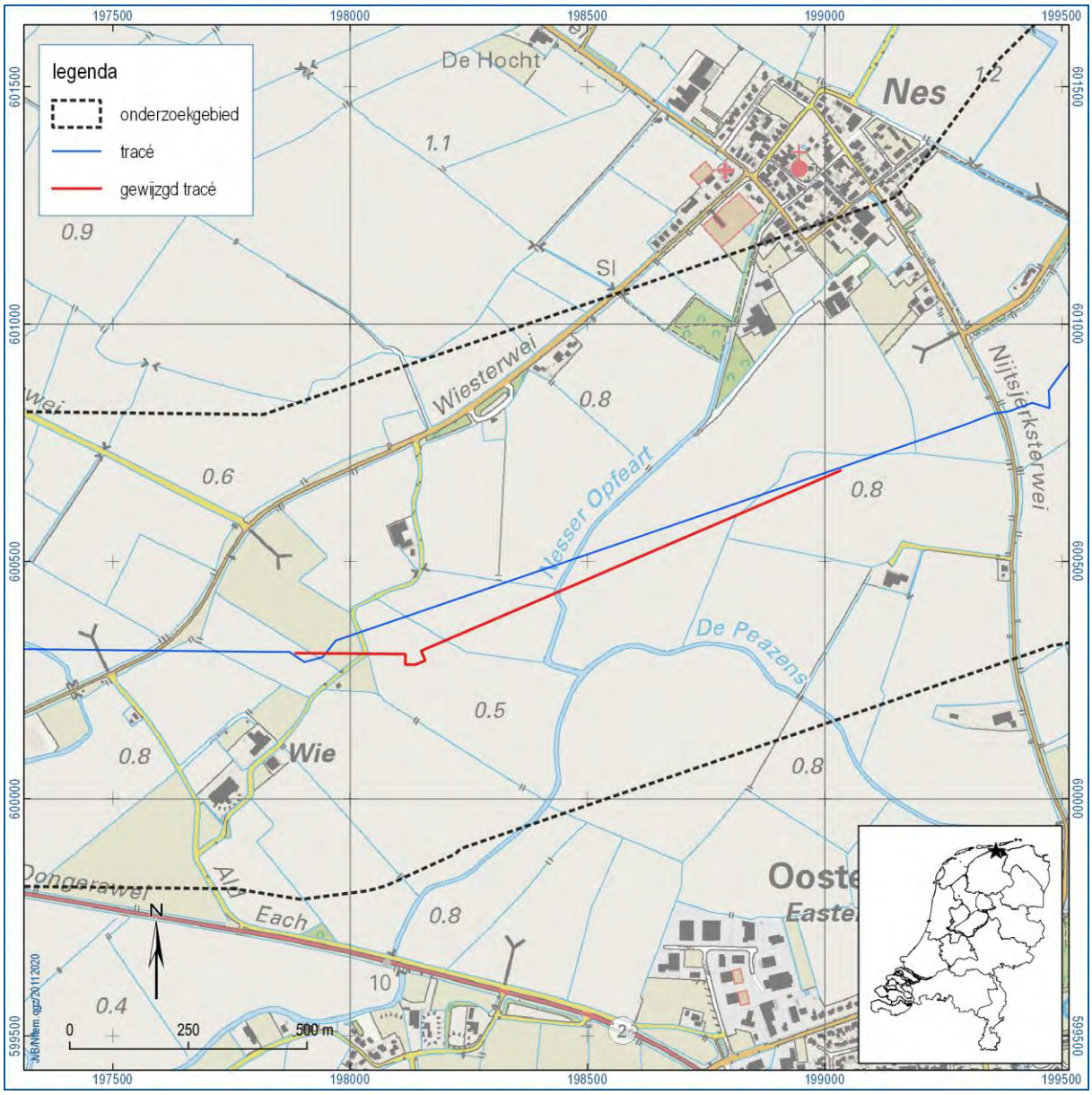
Op de archeologische beleidskaart van de gemeente Noardeast-Fryslân, de FAMKE, geldt voor het plangebied t.a.v. de periode steentijd-bronstijd een lage verwachting en voor de periode ijzertijd-middeleeuwen een middelhoge verwachting. Alleen voor deze laatstgenoemde periode is onderzoek nodig, waarbij om de 50 m een boring dient te worden uitgevoerd (FAMKE: karterend onderzoek 2).

Kwaliteitsborging

De werkzaamheden zijn uitgevoerd onder certificaat BRL4000, conform artikel 5.4 van de Erfgoedwet. Het onderzoek is uitgevoerd volgens de normen van de archeologische beroepsgroep. De Kwaliteitsnorm Nederlandse Archeologie (KNA, versie 4.1), beheerd door de Stichting Infrastructuur Kwaliteitsborging Bodembeheer (SIKB; www.sikb.nl), is door de minister aangewezen als norm.

RAAP is gecertificeerd voor de protocollen 4001 Programma van Eisen, 4002 Bureauonderzoek, 4003 Inventariserend veldonderzoek (landbodems), onderdelen proefsleuven en overig, alsmede 4004 Opgraven (landbodems).

Zie bijlage 1 voor de dateringen van de in dit rapport genoemde archeologische perioden.



Figuur 1. Ligging tracé met onderzoeksgebied en het gewijzigd tracé. Inzet: ligging in Nederland (ster).

1.2 Administratieve gegevens

Type onderzoek	Bureauonderzoek en inventariserend veldonderzoek (karterend booronderzoek)
Opdrachtgever	Arcadis N.V.
Bevoegde overheid	Gemeente Noardeast-Fryslan
Plaats	Ternaard - Moddergat
Gemeente	Noardeast-Fryslan
Provincie	Fryslân
Centrumcoördinaten (X/Y)	198.460/600.445
Toponiem	Ternaard - Moddergat
Lengte tracé	1280 m
Onderzoeksperiode	18-19 november 2020
Uitvoerder	RAAP Noord
Projectleider	drs. J.L. van Beek
Projectmedewerkers	drs. H.W. Veenstra & E.J.M. van der Zwet
RAAP-projectcode	NFTEM
ARCHIS-onderzoeksmeldingsnummer	4917124100
Beheer en plaats documentatie	RAAP regio Noord te Drachten en op termijn het provinciaal Depot, ARCHIS en E-Depot.

Tabel 1. Administratieve gegevens.

1.3 Doel- en vraagstelling

Het veldonderzoek (karterende fase) heeft als doel de geo(morfo)logische en/of bodemkundige opbouw in kaart te brengen evenals eventuele bodemverstoringen. Het onderzoek heeft niet tot doel eventuele archeologische vindplaatsen in kaart te brengen. Dit neemt niet weg dat er archeologische resten kunnen worden aangetroffen tijdens het veldwerk.

Onderzoeksvragen

- Zijn de archeologisch relevante niveaus intact?
- Heeft dat gevolgen voor de archeologische verwachting?
- Zijn er aanwijzingen voor (grotere) archeologische nederzettingen?
- Is archeologisch vervolgonderzoek noodzakelijk?

2 Bureauonderzoek

2.1 Methode

Ten behoeve van het tracé is reeds een bureau- en inventariserend onderzoek uitgevoerd (Brouwer, 2016). Deze tracéwijziging valt binnen het onderzoeksgebied van dit bureauonderzoek (zie figuur 1) en daarom is het niet opnieuw uitgevoerd. Hieronder zijn de conclusies en het verwachtingsmodel uit dat onderzoek beschreven. Voor een uitgebreid overzicht wordt verwezen naar Brouwer, 2016.

Aardkundige situatie

Het onderzoeksgebied ligt grotendeels op een brede kwelderrug. Nabij Ternaard bevindt het dekzand zich op een diepte van 3 tot 4,7 m -Mv. Oostelijker duikt dit dekzand weg tot meer dan 8,5 m -Mv. Op het dekzand bevindt zich meestal een dunne laag Basisveen. Aan het maaiveld liggen kleiige of zandige afzettingen. Onder de bouwvoor is vermoedelijk sprake van een gelaagdheid, waarbij zand- en kleilaagjes elkaar afwisselen. Dit is kenmerkend voor kwelderafzettingen. Mogelijk ook is sprake van (sterk) zandige klei onder de bouwvoor, bestaande uit van nabij geërodeerde kwelderafzettingen. Dit betreft typische kwelderrugafzettingen. Tussen de Ternaarderwei en de Nijtsjerksterwei liggen zandige afzettingen aan het maaiveld. Vermoedelijk gaat het hier om een kwelderwal die gevormd is in de onmiddellijke nabijheid van de zee.

Archeologische gegevens

Binnen het onderzoeksgebied bevinden zich zestien AMK-terreinen en zijn zeven waarnemingen geregistreerd. Het gasleidingtracé raakt geen van deze bekende waarden. Bij het gehucht Wie bevindt zich een rijksbeschermd terrein (monumentnummer: 45328), dat evenmin wordt bedreigd door het tracé of het gewijzigde tracé.

De AMK-terreinen betreffen hetzij dorpsterpen (met een mogelijke ouderdom vanaf de late ijzertijd/romeinse tijd) of huisterpen (opgeworpen gedurende de late middeleeuwen).

De waarnemingen zijn overwegend op of nabij de AMK-terreinen aangetroffen. Het betreft overwegend waarden uit de vroege en late middeleeuwen. In het eerder genoemde rijksbeschermde terrein zijn twee waarnemingen bekend: waarnemingsnr. 414011 (zaakid. 3239971100) en 413884 (zaakid. 3238415100). De laatste betreft een schijffibula uit de vroege middeleeuwen en de eerste een bronzen deel van een ring uit de romeinse tijd-nieuwe tijd.

Gespecificeerde archeologische verwachting

Het grootste deel van het plangebied ligt op een jonge kwelderrug. Deze is tussen 100 en 800 na Chr. gevormd. Bij Ternaard is de kwelderrug iets ouder en op basis van archeologische waarnemingen is het aannemelijk dat ook bij het gehucht Wie sprake is van een wat oudere kwelderwal. Vanaf de vroege middeleeuwen was het noodzakelijk terpen op te werpen tegen het zeewater dat incidenteel de kwelderwal overspoelde. Dit betekent dat resten van middeleeuwse bewoning op terpen zijn te verwachten. Rondom terpen kunnen nederzettingsgerelateerde waarden worden verwacht, zoals mestkuilen, afvalkuilen en waterputten. De kans dat daarbuiten bewoningsresten worden aangetroffen is klein.

Het gasleidingtracé doorsnijdt geen bekende terpen. Op het AHN en op de verkavelings- en wegenpatronen op de kadastrale kaart van 1832 zijn geen aanwijzingen dat het tracé nog onbekende terpen doorsnijdt.

Met name aan de top van de kwelder(wal)afzettingen zijn archeologische resten te verwachten. Het gaat daarbij met name om waarden vanaf de vroege middeleeuwen die voorkomen in of samenhangen met terplagen uit dezelfde periode. Nabij Ternaard en Wie zijn mogelijk ook resten vanaf de late ijzertijd te verwachten. Naar verwachting bevinden waarden uit deze periode zich onder latere terplagen, maar vlaknederzettingen zonder dat daar later een terp is opgeworpen kunnen ook voorkomen. Deze zijn vooral op de wat oudere delen van de kwelderrug te verwachten (bij Ternaard en Wie). De top van de kwelder(wal)afzettingen is het archeologisch relevante niveau.

3 Veldonderzoek

3.1 Methode

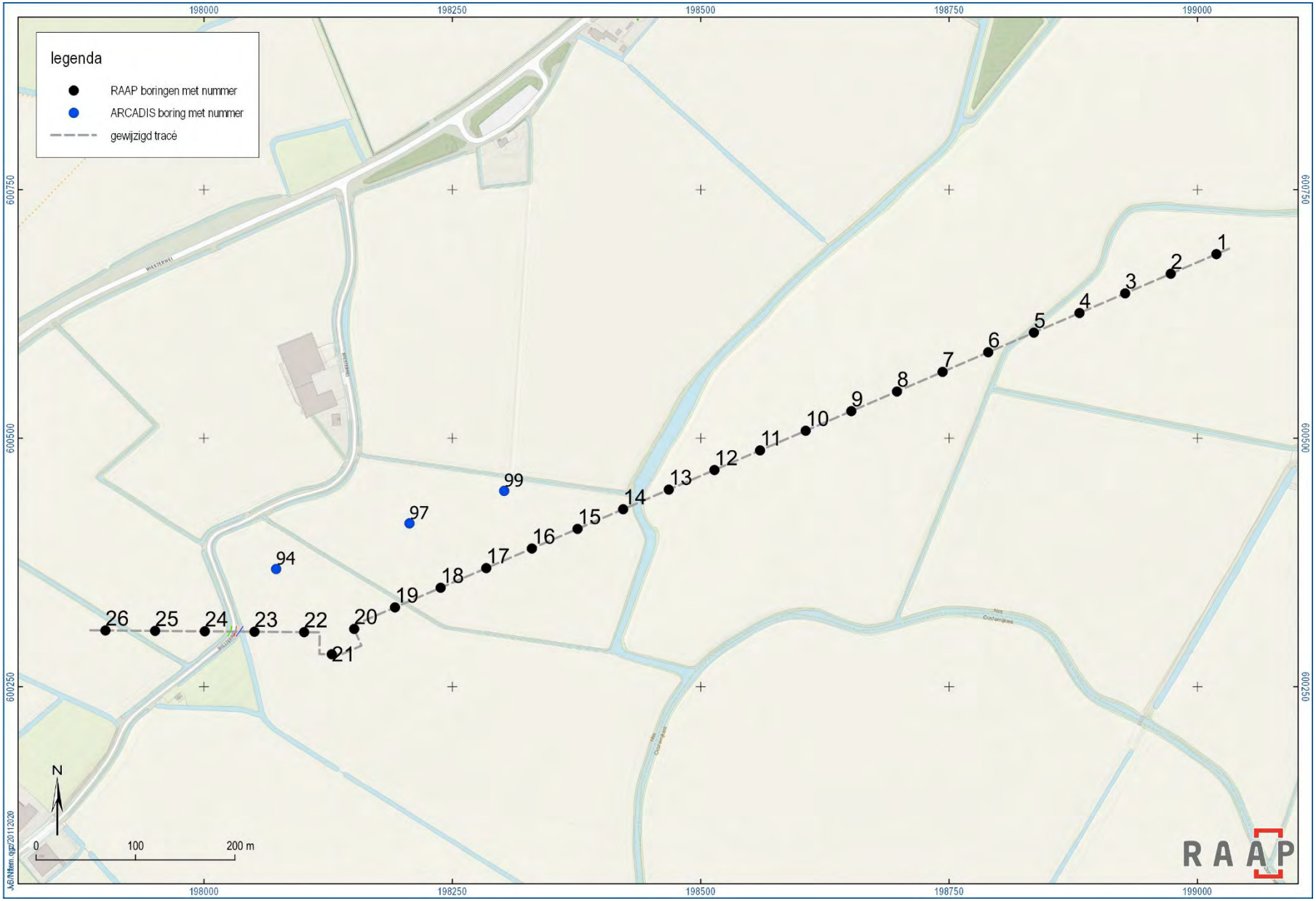
Het inventariserend veldonderzoek (IVO) bestond uit een karterend booronderzoek. De gevolgde onderzoeksmethode voor het veldwerk is bepaald op basis van de resultaten van het in 2016 uitgevoerde bureauonderzoek (Brouwer, 2016). Het veldonderzoek is uitgevoerd op 18 en 19 november 2020.

Het karterend veldonderzoek had tot doel het verkrijgen van inzicht in de bodemgesteldheid, de mate van bodemverstoring en de diepteligging van het verwachte archeologische niveau in het plangebied. Daarmee wordt de gespecificeerde archeologische verwachting getoetst en waar nodig aangepast en kunnen uitspraken worden gedaan over de gaafheid van archeologisch relevante niveaus.

In het gewijzgde tracé zijn 26 boringen verricht, waarbij in de hartlijn van het tracé, conform FAMKE, om de 50 m een boring is uitgevoerd (figuur 2).

Er is geboord tot maximaal 2,5 m -Mv met een gutsboor (diameter 3 cm). De boringen zijn tijdens het veldwerk lithologisch conform NEN 5104 (Nederlands Normalisatie-instituut, 1989) digitaal beschreven in het boorbeschrijvingssysteem van RAAP (Deborah3, zie bijlage 3). De x-,y- en z-coördinaten van de boringen zijn met behulp van RTK-GPS ingemeten.

Het opgeboorde materiaal is in het veld door middel van verbrokkeling en versnijding gecontroleerd op de aanwezigheid van archeologische indicatoren (zoals houtskool, aardewerk, metaal, bot, verbrande leem en fosfaatvlekken).



Figuur 2. Boorpuntenkaart, met in blauw de relevante boringen van Arcadis (Brouwer, 2016).

3.2 Resultaten

3.2.1 Veldwaarnemingen

Tijdens het veldwerk is waar mogelijk (zoals op akkerpercelen, slootkanten) een oppervlaktekartering uitgevoerd. Hierbij zijn geen archeologische vondsten gedaan of ander bijzonderheden waargenomen.

3.2.2 Geologie en bodem

De laagopeenvolging in het plangebied wordt van boven naar onder beschreven. De laagopeenvolging begint in alle boringen met een 0,3 m tot 0,53 m dikke bouwvoor (bruingrijze, sterk zandige, matig humeuze klei). Behalve in boring 23, bevinden zich in alle boringen onder de bouwvoor kwelderafzettingen (uiterst fijn, matig siltig zand met veel dunne kleilagen). Deze hebben een dikte van 0,14 tot 2,5 m. Daaronder bevinden zich in de boringen 1 t/m 7, 9 t/m 14, 20 t/m 22 en 25 wadafzettingen (uiterst fijn, matig siltig zand met schelpresten) die tot 2,3-2,5 m -Mv reiken (einde boring). In boring 23 bevinden de wadafzettingen zich direct onder de bouwvoor (vanaf 0,35 m -Mv).

3.2.3 Archeologische indicatoren

Tijdens het veldonderzoek zijn geen archeologische indicatoren aangetroffen.

3.3 Archeologische relevantie

De bodemopbouw in het onderzochte tracé bestaat uit een bouwvoor op kwelder- en/of wadafzettingen. De bodemopbouw is in overeenstemming met de archeologische verwachting. Archeologische lagen zijn niet waargenomen. Ook zijn geen grootschalige of diepgaande verstoringen geconstateerd. De bodem is dus intact, maar er zijn geen aanwijzingen voor archeologische vindplaatsen waargenomen.

Bij het in 2016 uitgevoerde onderzoek (Brouwer, 2016) zijn tijdens het booronderzoek zijn in (en bij) de boringen 94, 97 en 99 (zie figuur 2) archeologische bijzonderheden waargenomen en enkele vondsten gedaan. In boring 94 is op 0,4-0,6 m -Mv houtskool, puin en leem waargenomen. Hier zijn ook oppervlaktevondsten gedaan: een fragment onverbrand bot, twee fragmenten kogelpot, een fragment proto-steengoed en enkele puinbrokjes. In boring 99 is eveneens puin aangetroffen en in boring 97 is op 1,3 m -Mv fosfaat waargenomen. In geen van de door RAAP uitgevoerde boringen zijn dergelijke archeologische bijzonderheden aangetroffen.

4 Conclusies en advies

4.1 Conclusie

Op grond van de onderzoeksresultaten en onder verwijzing naar de doelstellingen, kunnen de volgende onderzoeksvragen als volgt worden beantwoord:

- *Zijn de archeologisch relevante niveaus intact?*
  De top van kwelder(wal)afzettingen, het relevante archeologische niveau, is intact.
- *Heeft dat gevolgen voor de archeologische verwachting?*
  Aangezien er geen aanwijzingen voor archeologische vindplaatsen zijn aangetroffen, kan de verwachting worden bijgesteld naar laag.
- *Zijn er aanwijzingen voor (grotere) archeologische nederzettingen?*
  Nee. Aangezien er geen archeologische lagen (terplagen, vuile lagen, e.d.) zijn waargenomen, is de kans hierop laag.
- *Is archeologisch vervolgonderzoek noodzakelijk?*
  Nee, zie ook par. 4.2.

4.2 Advies

Op basis van de resultaten van dit onderzoek blijkt dat in het gewijzigde tracé geen archeologische resten bedreigd worden. Daarom wordt in het kader van de voorgenomen bodemingrepen geen vervolgstap uit het proces van de Archeologische Monumentenzorg (AMZ) noodzakelijk geacht.

4.3 Tot slot

Dit rapport geeft (selectie)adviezen. Het is aan de bevoegde overheid, de gemeente Noardeast-Fryslan, deze al dan niet over te nemen in de vorm van een (selectie)besluit.

Literatuur

Brouwer, E.W., 2016. Bureau- en karterend onderzoek archeologie pijpleiding Ternaard-Moddergat. Arcadis-rapportnummer 92.

Nederlands Normalisatie-instituut, 1989. Nederlandse Norm NEN 5104, Classificatie van onverharde grondmonsters. Nederlands Normalisatie-instituut, Delft.

SIKB, 2016. Beoordelingsrichtlijn Archeologie. BRL SIKB 4000. SIKB, Gouda.

Overzicht van figuren, tabellen en bijlagen

Figuren:

Figuur 1. Ligging tracé met onderzoeksgebied en het gewijzigd tracé. Inzet: ligging in Nederland (ster). 6
Figuur 2. Boorpuntenkaart, met in blauw de relevante boringen van Arcadis (Brouwer, 2016). 11

Tabellen:

Tabel 1. Administratieve gegevens. 7

Bijlagen:

Bijlage 1. Tijdschaal
Bijlage 2. Boorbeschrijvingen

Bijlage 1. Tijdschaal

Archeologische perioden

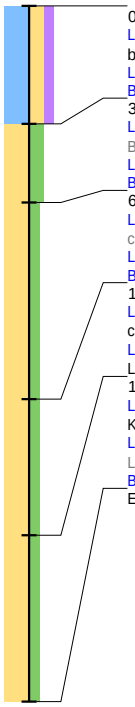
Tijdperk			Datering
Recente tijd			1945
Nieuwe tijd		C	1850
		B	1650
		A	1500
Middeleeuwen		Laat B	1250
		Laat A	1050
	Vroeg	D: Ottoonse tijd	900
	Vroeg	C: Karolingische tijd	725
	Vroeg	B: Merovingische tijd	525
	Vroeg	A: Volksverhuizingstijd	450
Romeinse tijd		Laat	270
		Midden	70 na Chr.
		Vroeg	15 voor Chr.
Prehistorie	**IJzertijd**	Laat	250
		Midden	500
		Vroeg	800
	Bronstijd	Laat	1100
		Midden	1800
		Vroeg	2000
	Neolithicum (Nieuwe Steentijd)	Laat	2850
		Midden	4200
		Vroeg	4900/5300
	Mesolithicum (Midden Steentijd)	Laat	6450
		Midden	8640
		Vroeg	9700
	Paleolithicum (Oude Steentijd)	Laat	12.500
		Jong B	16.000
		Jong A	35.000
		Midden	250.000
		Oud	

tabel1_standaard_Archeologisch_RAAP_2014

Bijlage 2. Boorbeschrijvingen

Boring: NFTEM_1

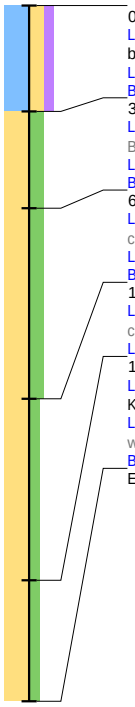
Kop algemeen: Projectcode: NFTEM, Boornummer: 1, Beschrijver(s): HV/EZ, Datum: 18-11-2020, Doel boring: archeologie - verkenning, Einddiepte boring in cm: 230
Coördinaten: X-coördinaat in meters: 199019.071, Y-coördinaat in meters: 600685.147, Precisie coördinaat: 1 dm, Coördinaatsysteem / epsg: Rijksdriehoeksmeting (NL), Hoogte maaiveld in meters: 0.85, Precisie hoogte: 1 cm, Referentievlak hoogte: Normaal Amsterdams Peil, Bepalingsmethode maaiveldhoogte: GPS
Plaats: Provincie: Groningen, Gemeente: Noardeast-Fryslân, Opdrachtgever: Arcadis BV, Uitvoerder: RAAP Noord



0 / 0.85
Laag algemeen: Bovengrens laag in cm: 0, Ondergrens laag in cm: 39, Aard ondergrens: abrupt (<0,3 cm), Boortype en diameter: guts-3 cm, Kleur: bruin-grijs
Lithologie: Grondsoort: klei, Bijmengsel: sterk zandig, Bijmengsel humus: matig humeus, Consistentie: matig stevig
Bodem: Bodemkundige interpretatie: bouwvoor
39 / 0.46
Laag algemeen: Bovengrens laag in cm: 39, Aard bovengrens: abrupt (<0,3 cm), Ondergrens laag in cm: 65, Aard ondergrens: geleidelijk (0,3-3 cm), Boortype en diameter: guts-3 cm, Kleur: licht-bruin-grijs
Lithologie: Grondsoort: zand, Bijmengsel: sterk siltig, Mediaanklasse: uiterst fijn, Lithogenese: kwelderafzettingen
Bodem: Ijzer/mangaan: enkele Fe-vlekken, Brokken en vlekken: humusvlekken
65 / 0.20
Laag algemeen: Bovengrens laag in cm: 65, Aard bovengrens: geleidelijk (0,3-3 cm), Ondergrens laag in cm: 130, Aard ondergrens: geleidelijk (0,3-3 cm), Boortype en diameter: guts-3 cm, Kleur: licht-grijs
Lithologie: Grondsoort: zand, Bijmengsel: matig siltig, Mediaanklasse: uiterst fijn, Sublagen1: kleilagen-enkele-dun, Lithogenese: kwelderafzettingen
Bodem: Ijzer/mangaan: enkele Fe-vlekken
130 / -0.45
Laag algemeen: Bovengrens laag in cm: 130, Aard bovengrens: geleidelijk (0,3-3 cm), Ondergrens laag in cm: 175, Aard ondergrens: diffuus (3-10 cm), Boortype en diameter: guts-3 cm, Kleur: licht-grijs
Lithologie: Grondsoort: zand, Bijmengsel: matig siltig, Mediaanklasse: uiterst fijn, Schelpresten: schelp (onbepaald)-fragment-spoor (<1%), Lithogenese: wadafzettingen
175 / -0.90
Laag algemeen: Bovengrens laag in cm: 175, Aard bovengrens: diffuus (3-10 cm), Ondergrens laag in cm: 230, Boortype en diameter: guts-3 cm, Kleur: blauw-grijs
Lithologie: Grondsoort: zand, Bijmengsel: matig siltig, Mediaanklasse: uiterst fijn, Schelpresten: schelp (onbepaald)-fragment-spoor (<1%), Lithogenese: wadafzettingen
Bodem: Brokken en vlekken: humusvlekken
Einde boring 230 / -1.45

Boring: NFTEM_2

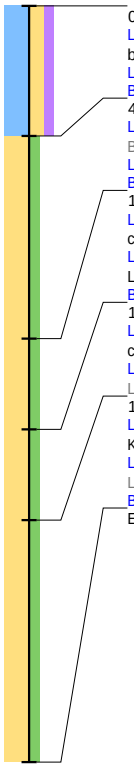
Kop algemeen: Projectcode: NFTEM, Boornummer: 2, Beschrijver(s): HV/EZ, Datum: 18-11-2020, Doel boring: archeologie - verkenning, Einddiepte boring in cm: 230
Coördinaten: X-coördinaat in meters: 198973.066, Y-coördinaat in meters: 600665.428, Precisie coördinaat: 1 dm, Coördinaatsysteem / epsg: Rijksdriehoeksmeting (NL), Hoogte maaiveld in meters: 0.693, Precisie hoogte: 1 cm, Referentievlak hoogte: Normaal Amsterdams Peil, Bepalingsmethode maaiveldhoogte: GPS
Plaats: Provincie: Groningen, Gemeente: Noardeast-Fryslân, Opdrachtgever: Arcadis BV, Uitvoerder: RAAP Noord



0 / 0.69
Laag algemeen: Bovengrens laag in cm: 0, Ondergrens laag in cm: 35, Aard ondergrens: abrupt (<0,3 cm), Boortype en diameter: guts-3 cm, Kleur: bruin-grijs
Lithologie: Grondsoort: klei, Bijmengsel: sterk zandig, Bijmengsel humus: matig humeus, Consistentie: matig stevig
Bodem: Bodemkundige interpretatie: bouwvoor
35 / 0.34
Laag algemeen: Bovengrens laag in cm: 35, Aard bovengrens: abrupt (<0,3 cm), Ondergrens laag in cm: 67, Aard ondergrens: geleidelijk (0,3-3 cm), Boortype en diameter: guts-3 cm, Kleur: licht-bruin-grijs
Lithologie: Grondsoort: zand, Bijmengsel: sterk siltig, Mediaanklasse: uiterst fijn, Sublagen1: kleilagen-enkele-dun, Lithogenese: kwelderafzettingen
Bodem: Ijzer/mangaan: enkele Fe-vlekken, Brokken en vlekken: humusvlekken
67 / 0.02
Laag algemeen: Bovengrens laag in cm: 67, Aard bovengrens: geleidelijk (0,3-3 cm), Ondergrens laag in cm: 130, Aard ondergrens: geleidelijk (0,3-3 cm), Boortype en diameter: guts-3 cm, Kleur: licht-grijs
Lithologie: Grondsoort: zand, Bijmengsel: sterk siltig, Mediaanklasse: uiterst fijn, Sublagen1: kleilagen-enkele-dik, Lithogenese: kwelderafzettingen
Bodem: Ijzer/mangaan: enkele Fe-vlekken
130 / -0.61
Laag algemeen: Bovengrens laag in cm: 130, Aard bovengrens: geleidelijk (0,3-3 cm), Ondergrens laag in cm: 190, Aard ondergrens: geleidelijk (0,3-3 cm), Boortype en diameter: guts-3 cm, Kleur: licht-grijs
Lithologie: Grondsoort: zand, Bijmengsel: matig siltig, Mediaanklasse: uiterst fijn, Lithogenese: wadafzettingen
190 / -1.21
Laag algemeen: Bovengrens laag in cm: 190, Aard bovengrens: geleidelijk (0,3-3 cm), Ondergrens laag in cm: 230, Boortype en diameter: guts-3 cm, Kleur: blauw-grijs
Lithologie: Grondsoort: zand, Bijmengsel: matig siltig, Mediaanklasse: uiterst fijn, Schelpresten: schelp (onbepaald)-gruis-weinig (1-10%), Lithogenese: wadafzettingen
Bodem: Brokken en vlekken: humusvlekken
Einde boring 230 / -1.61

Boring: NFTEM_3

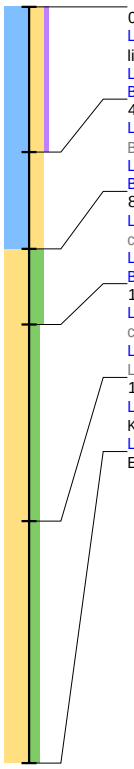
Kop algemeen: Projectcode: NFTEM, Boornummer: 3, Beschrijver(s): HV/EZ, Datum: 18-11-2020, Doel boring: archeologie - verkenning, Einddiepte boring in cm: 250
Coördinaten: X-coördinaat in meters: 198927.134, Y-coördinaat in meters: 600645.687, Precisie coördinaat: 1 dm, Coördinaatsysteem / epsg: Rijksdriehoeksmeting (NL), Hoogte maaiveld in meters: 0.661, Precisie hoogte: 1 cm, Referentievlak hoogte: Normaal Amsterdams Peil, Bepalingsmethode maaiveldhoogte: GPS
Plaats: Provincie: Groningen, Gemeente: Noardeast-Fryslân, Opdrachtgever: Arcadis BV, Uitvoerder: RAAP Noord



0 / 0.66
Laag algemeen: Bovengrens laag in cm: 0, Ondergrens laag in cm: 43, Aard ondergrens: abrupt (<0,3 cm), Boortype en diameter: guts-3 cm, Kleur: bruin-grijs
Lithologie: Grondsoort: klei, Bijmengsel: sterk zandig, Bijmengsel humus: matig humeus, Consistentie: matig stevig
Bodem: Bodemkundige interpretatie: bouwvoor
43 / 0.23
Laag algemeen: Bovengrens laag in cm: 43, Aard bovengrens: abrupt (<0,3 cm), Ondergrens laag in cm: 110, Aard ondergrens: geleidelijk (0,3-3 cm), Boortype en diameter: guts-3 cm, Kleur: licht-grijs
Lithologie: Grondsoort: zand, Bijmengsel: matig siltig, Mediaanklasse: uiterst fijn, Sublagen1: kleilagen-veel-dun, Lithogenese: kwelderafzettingen
Bodem: Ijzer/mangaan: enkele Fe-vlekken, Brokken en vlekken: humusvlekken
110 / -0.44
Laag algemeen: Bovengrens laag in cm: 110, Aard bovengrens: geleidelijk (0,3-3 cm), Ondergrens laag in cm: 140, Aard ondergrens: diffuus (3-10 cm), Boortype en diameter: guts-3 cm, Kleur: licht-grijs
Lithologie: Grondsoort: zand, Bijmengsel: matig siltig, Mediaanklasse: uiterst fijn, Schelpresten: schelp (onbepaald)-fragment-spoor (<1%), Lithogenese: wadafzettingen
Bodem: Ijzer/mangaan: enkele Fe-vlekken
140 / -0.74
Laag algemeen: Bovengrens laag in cm: 140, Aard bovengrens: diffuus (3-10 cm), Ondergrens laag in cm: 170, Aard ondergrens: geleidelijk (0,3-3 cm), Boortype en diameter: guts-3 cm, Kleur: licht-grijs
Lithologie: Grondsoort: zand, Bijmengsel: matig siltig, Mediaanklasse: uiterst fijn, Schelpresten: schelp (onbepaald)-fragment-spoor (<1%), Lithogenese: wadafzettingen
170 / -1.04
Laag algemeen: Bovengrens laag in cm: 170, Aard bovengrens: geleidelijk (0,3-3 cm), Ondergrens laag in cm: 250, Boortype en diameter: guts-3 cm, Kleur: blauw-grijs
Lithologie: Grondsoort: zand, Bijmengsel: matig siltig, Mediaanklasse: uiterst fijn, Schelpresten: schelp (onbepaald)-fragment-spoor (<1%), Lithogenese: wadafzettingen
Bodem: Brokken en vlekken: humusvlekken
Einde boring 250 / -1.84

Boring: NFTEM_4

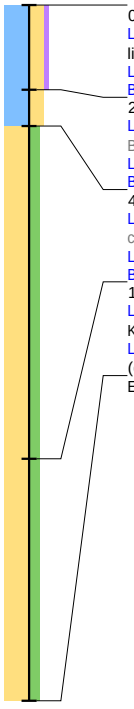
Kop algemeen: Projectcode: NFTEM, Boornummer: 4, Beschrijver(s): HV/EZ, Datum: 19-11-2020, Doel boring: archeologie - verkenning, Einddiepte boring in cm: 250
Coördinaten: X-coördinaat in meters: 198881.239, Y-coördinaat in meters: 600625.967, Precisie coördinaat: 1 dm, Coördinaatsysteem / epsg: Rijksdriehoeksmeting (NL), Hoogte maaiveld in meters: 0.575, Precisie hoogte: 1 cm, Referentievlak hoogte: Normaal Amsterdams Peil, Bepalingsmethode maaiveldhoogte: GPS
Plaats: Provincie: Groningen, Gemeente: Noardeast-Fryslân, Opdrachtgever: Arcadis BV, Uitvoerder: RAAP Noord



0 / 0.57
Laag algemeen: Bovengrens laag in cm: 0, Ondergrens laag in cm: 48, Aard ondergrens: abrupt (<0,3 cm), Boortype en diameter: guts-3 cm, Kleur: licht-bruin-grijs
Lithologie: Grondsoort: klei, Bijmengsel: sterk zandig, Bijmengsel humus: zwak humeus, Consistentie: matig stevig
Bodem: Bodemkundige interpretatie: bouwvoor
48 / 0.09
Laag algemeen: Bovengrens laag in cm: 48, Aard bovengrens: abrupt (<0,3 cm), Ondergrens laag in cm: 80, Aard ondergrens: geleidelijk (0,3-3 cm), Boortype en diameter: guts-3 cm, Kleur: licht-bruin-grijs
Lithologie: Grondsoort: klei, Bijmengsel: sterk zandig, Consistentie: matig stevig, Lithogenese: kwelderafzettingen
Bodem: Ijzer/mangaan: enkele Fe-vlekken, Brokken en vlekken: humusvlekken
80 / -0.23
Laag algemeen: Bovengrens laag in cm: 80, Aard bovengrens: geleidelijk (0,3-3 cm), Ondergrens laag in cm: 105, Aard ondergrens: geleidelijk (0,3-3 cm), Boortype en diameter: guts-3 cm, Kleur: licht-grijs
Lithologie: Grondsoort: zand, Bijmengsel: sterk siltig, Mediaanklasse: uiterst fijn, Lithogenese: wadafzettingen
Bodem: Ijzer/mangaan: enkele Fe-vlekken
105 / -0.48
Laag algemeen: Bovengrens laag in cm: 105, Aard bovengrens: geleidelijk (0,3-3 cm), Ondergrens laag in cm: 170, Aard ondergrens: geleidelijk (0,3-3 cm), Boortype en diameter: guts-3 cm, Kleur: licht-grijs
Lithologie: Grondsoort: zand, Bijmengsel: matig siltig, Mediaanklasse: uiterst fijn, Schelpresten: schelp (onbepaald)-fragment-spoor (<1%), Lithogenese: wadafzettingen
170 / -1.12
Laag algemeen: Bovengrens laag in cm: 170, Aard bovengrens: geleidelijk (0,3-3 cm), Ondergrens laag in cm: 250, Boortype en diameter: guts-3 cm, Kleur: licht-blauw-grijs
Lithologie: Grondsoort: zand, Bijmengsel: matig siltig, Mediaanklasse: uiterst fijn, Sublagen1: siltlagen-enkele-zeer dun, Lithogenese: wadafzettingen
Einde boring 250 / -1.93

Boring: NFTEM_5

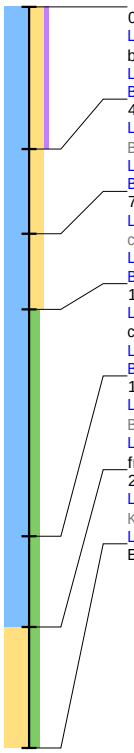
Kop algemeen: Projectcode: NFTEM, Boornummer: 5, Beschrijver(s): HV/EZ, Datum: 19-11-2020, Doel boring: archeologie - verkenning, Einddiepte boring in cm: 230
Coördinaten: X-coördinaat in meters: 198835.284, Y-coördinaat in meters: 600606.177, Precisie coördinaat: 1 dm, Coördinaatsysteem / epsg: Rijksdriehoeksmeting (NL), Hoogte maaiveld in meters: 0.119, Precisie hoogte: 1 cm, Referentievlak hoogte: Normaal Amsterdams Peil, Bepalingsmethode maaiveldhoogte: GPS
Plaats: Provincie: Groningen, Gemeente: Noardeast-Fryslân, Opdrachtgever: Arcadis BV, Uitvoerder: RAAP Noord



0 / 0.12
Laag algemeen: Bovengrens laag in cm: 0, Ondergrens laag in cm: 28, Aard ondergrens: abrupt (<0,3 cm), Boortype en diameter: guts-3 cm, Kleur: licht-bruin-grijs
Lithologie: Grondsoort: klei, Bijmengsel: sterk zandig, Bijmengsel humus: zwak humeus, Consistentie: matig stevig
Bodem: Bodemkundige interpretatie: bouwvoor
28 / -0.16
Laag algemeen: Bovengrens laag in cm: 28, Aard bovengrens: abrupt (<0,3 cm), Ondergrens laag in cm: 40, Aard ondergrens: geleidelijk (0,3-3 cm), Boortype en diameter: guts-3 cm, Kleur: licht-grijs
Lithologie: Grondsoort: klei, Bijmengsel: sterk zandig, Consistentie: matig stevig, Lithogenese: kwelderafzettingen
Bodem: Ijzer/mangaan: enkele Fe-vlekken
40 / -0.28
Laag algemeen: Bovengrens laag in cm: 40, Aard bovengrens: geleidelijk (0,3-3 cm), Ondergrens laag in cm: 150, Aard ondergrens: geleidelijk (0,3-3 cm), Boortype en diameter: guts-3 cm, Kleur: licht-grijs
Lithologie: Grondsoort: zand, Bijmengsel: matig siltig, Mediaanklasse: uiterst fijn, Lithogenese: wadafzettingen
Bodem: Ijzer/mangaan: enkele Fe-vlekken
150 / -1.38
Laag algemeen: Bovengrens laag in cm: 150, Aard bovengrens: geleidelijk (0,3-3 cm), Ondergrens laag in cm: 230, Boortype en diameter: guts-3 cm, Kleur: licht-blauw-grijs
Lithologie: Grondsoort: zand, Bijmengsel: matig siltig, Mediaanklasse: uiterst fijn, Sublagen1: siltlagen-enkele-zeer dun, Schelpresten: schelp (onbepaald)-fragment-spoor (<1%), Lithogenese: wadafzettingen
Einde boring 230 / -2.18

Boring: NFTEM_6

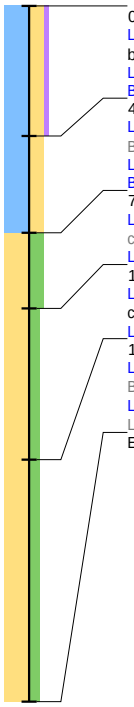
Kop algemeen: Projectcode: NFTEM, Boornummer: 6, Beschrijver(s): HV/EZ, Datum: 19-11-2020, Doel boring: archeologie - verkenning, Einddiepte boring in cm: 245
Coördinaten: X-coördinaat in meters: 198789.249, Y-coördinaat in meters: 600586.136, Precisie coördinaat: 1 dm, Coördinaatsysteem / epsg: Rijksdriehoeksmeting (NL), Hoogte maaiveld in meters: 0.426, Precisie hoogte: 1 cm, Referentievlak hoogte: Normaal Amsterdams Peil, Bepalingsmethode maaiveldhoogte: GPS
Plaats: Provincie: Groningen, Gemeente: Noardeast-Fryslân, Opdrachtgever: Arcadis BV, Uitvoerder: RAAP Noord



0 / 0.43
Laag algemeen: Bovengrens laag in cm: 0, Ondergrens laag in cm: 47, Aard ondergrens: abrupt (<0,3 cm), Boortype en diameter: guts-3 cm, Kleur: bruin-grijs
Lithologie: Grondsoort: klei, Bijmengsel: sterk zandig, Bijmengsel humus: zwak humeus, Consistentie: matig stevig
Bodem: Bodemkundige interpretatie: bouwvoor
47 / -0.04
Laag algemeen: Bovengrens laag in cm: 47, Aard bovengrens: abrupt (<0,3 cm), Ondergrens laag in cm: 75, Aard ondergrens: geleidelijk (0,3-3 cm), Boortype en diameter: guts-3 cm, Kleur: licht-bruin-grijs
Lithologie: Grondsoort: klei, Bijmengsel: sterk zandig, Sublagen1: zandlagen-enkele-dun, Consistentie: matig stevig, Lithogenese: kwelderafzettingen
Bodem: Ijzer/mangaan: enkele Fe-vlekken
75 / -0.32
Laag algemeen: Bovengrens laag in cm: 75, Aard bovengrens: geleidelijk (0,3-3 cm), Ondergrens laag in cm: 100, Aard ondergrens: geleidelijk (0,3-3 cm), Boortype en diameter: guts-3 cm, Kleur: licht-grijs
Lithologie: Grondsoort: klei, Bijmengsel: sterk zandig, Sublagen1: zandlagen-enkele-dun, Consistentie: matig stevig, Lithogenese: kwelderafzettingen
Bodem: Ijzer/mangaan: enkele Fe-vlekken
100 / -0.57
Laag algemeen: Bovengrens laag in cm: 100, Aard bovengrens: geleidelijk (0,3-3 cm), Ondergrens laag in cm: 175, Aard ondergrens: abrupt (<0,3 cm), Boortype en diameter: guts-3 cm, Kleur: licht-grijs
Lithologie: Grondsoort: klei, Bijmengsel: matig siltig, Consistentie: matig stevig, Lithogenese: getijden (geul)afzettingen
Bodem: Ijzer/mangaan: enkele Fe-vlekken
175 / -1.32
Laag algemeen: Bovengrens laag in cm: 175, Aard bovengrens: abrupt (<0,3 cm), Ondergrens laag in cm: 205, Aard ondergrens: abrupt (<0,3 cm), Boortype en diameter: guts-3 cm, Kleur: licht-blauw-grijs
Lithologie: Grondsoort: klei, Bijmengsel: matig siltig, Sublagen1: zandlagen-enkele-dun, Consistentie: matig slap, Schelpresten: schelp (onbepaald)-fragment-spoor (<1%), Lithogenese: getijden (geul)afzettingen
205 / -1.62
Laag algemeen: Bovengrens laag in cm: 205, Aard bovengrens: abrupt (<0,3 cm), Ondergrens laag in cm: 245, Boortype en diameter: guts-3 cm, Kleur: licht-blauw-grijs
Lithologie: Grondsoort: zand, Bijmengsel: matig siltig, Mediaanklasse: uiterst fijn, Sublagen1: kleilagen-enkele-dun, Lithogenese: wadafzettingen
Einde boring 245 / -2.02

Boring: NFTEM_7

Kop algemeen: Projectcode: NFTEM, Boornummer: 7, Beschrijver(s): HV/EZ, Datum: 19-11-2020, Doel boring: archeologie - verkenning, Einddiepte boring in cm: 230
Coördinaten: X-coördinaat in meters: 198743.351, Y-coördinaat in meters: 600566.634, Precisie coördinaat: 1 dm, Coördinaatsysteem / epsg: Rijksdriehoeksmeting (NL), Hoogte maaiveld in meters: 0.387, Precisie hoogte: 1 cm, Referentievlak hoogte: Normaal Amsterdams Peil, Bepalingsmethode maaiveldhoogte: GPS
Plaats: Provincie: Groningen, Gemeente: Noardeast-Fryslân, Opdrachtgever: Arcadis BV, Uitvoerder: RAAP Noord



0 / 0.39
Laag algemeen: Bovengrens laag in cm: 0, Ondergrens laag in cm: 43, Aard ondergrens: abrupt (<0,3 cm), Boortype en diameter: guts-3 cm, Kleur: bruin-grijs
Lithologie: Grondsoort: klei, Bijmengsel: sterk zandig, Bijmengsel humus: zwak humeus, Consistentie: matig stevig
Bodem: Bodemkundige interpretatie: bouwvoor
43 / -0.04
Laag algemeen: Bovengrens laag in cm: 43, Aard bovengrens: abrupt (<0,3 cm), Ondergrens laag in cm: 75, Aard ondergrens: geleidelijk (0,3-3 cm), Boortype en diameter: guts-3 cm, Kleur: licht-bruin-grijs
Lithologie: Grondsoort: klei, Bijmengsel: sterk zandig, Consistentie: matig stevig, Lithogenese: kwelderafzettingen
Bodem: Ijzer/mangaan: enkele Fe-vlekken, Brokken en vlekken: humusvlekken
75 / -0.36
Laag algemeen: Bovengrens laag in cm: 75, Aard bovengrens: geleidelijk (0,3-3 cm), Ondergrens laag in cm: 100, Aard ondergrens: geleidelijk (0,3-3 cm), Boortype en diameter: guts-3 cm, Kleur: licht-grijs
Lithologie: Grondsoort: zand, Bijmengsel: sterk siltig, Mediaanklasse: uiterst fijn, Sublagen1: kleilagen-enkele-dun, Lithogenese: kwelderafzettingen
100 / -0.61
Laag algemeen: Bovengrens laag in cm: 100, Aard bovengrens: geleidelijk (0,3-3 cm), Ondergrens laag in cm: 150, Aard ondergrens: diffuus (3-10 cm), Boortype en diameter: guts-3 cm, Kleur: licht-grijs
Lithologie: Grondsoort: zand, Bijmengsel: matig siltig, Mediaanklasse: uiterst fijn, Sublagen1: siltlagen-enkele-dun, Lithogenese: wadafzettingen
150 / -1.11
Laag algemeen: Bovengrens laag in cm: 150, Aard bovengrens: diffuus (3-10 cm), Ondergrens laag in cm: 230, Aard ondergrens: abrupt (<0,3 cm), Boortype en diameter: guts-3 cm, Kleur: grijs
Lithologie: Grondsoort: zand, Bijmengsel: matig siltig, Mediaanklasse: uiterst fijn, Schelpresten: schelp (onbepaald)-fragment-spoor (<1%), Lithogenese: wadafzettingen
Einde boring 230 / -1.91

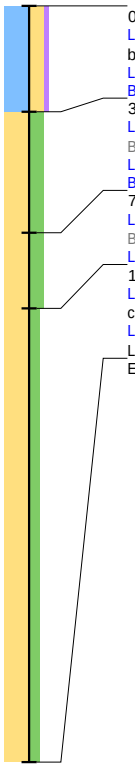
Boring: NFTEM_8

Kop algemeen: Projectcode: NFTEM, Boornummer: 8, Beschrijver(s): HV/EZ, Datum: 19-11-2020, Doel boring: archeologie - verkenning, Einddiepte boring in cm: 250
Coördinaten: X-coördinaat in meters: 198697.398, Y-coördinaat in meters: 600546.874, Precisie coördinaat: 1 dm, Coördinaatsysteem / epsg: Rijksdriehoeksmeting (NL), Hoogte maaiveld in meters: 0.573, Precisie hoogte: 1 cm, Referentievlak hoogte: Normaal Amsterdams Peil, Bepalingsmethode maaiveldhoogte: GPS
Plaats: Provincie: Groningen, Gemeente: Noardeast-Fryslân, Opdrachtgever: Arcadis BV, Uitvoerder: RAAP Noord

0 / 0.57
Laag algemeen: Bovengrens laag in cm: 0, Ondergrens laag in cm: 45, Aard ondergrens: abrupt (<0,3 cm), Boortype en diameter: guts-3 cm, Kleur: bruin-grijs
Lithologie: Grondsoort: klei, Bijmengsel: sterk zandig, Bijmengsel humus: zwak humeus, Consistentie: matig stevig
Bodem: Bodemkundige interpretatie: bouwvoor
45 / 0.12
Laag algemeen: Bovengrens laag in cm: 45, Aard bovengrens: abrupt (<0,3 cm), Ondergrens laag in cm: 90, Aard ondergrens: diffuus (3-10 cm), Boortype en diameter: guts-3 cm, Kleur: licht-bruin-grijs
Lithologie: Grondsoort: klei, Bijmengsel: sterk siltig, Sublagen1: zandlagen-veel-dun, Consistentie: matig stevig, Lithogenese: kwelderafzettingen
Bodem: Ijzer/mangaan: enkele Fe-vlekken
90 / -0.33
Laag algemeen: Bovengrens laag in cm: 90, Aard bovengrens: diffuus (3-10 cm), Ondergrens laag in cm: 150, Aard ondergrens: diffuus (3-10 cm), Boortype en diameter: guts-3 cm, Kleur: licht-grijs
Lithologie: Grondsoort: klei, Bijmengsel: matig siltig, Sublagen1: zandlagen-enkele-dun, Consistentie: matig stevig, Lithogenese: kwelderafzettingen
Bodem: Ijzer/mangaan: enkele Fe-vlekken
150 / -0.93
Laag algemeen: Bovengrens laag in cm: 150, Aard bovengrens: diffuus (3-10 cm), Ondergrens laag in cm: 180, Aard ondergrens: geleidelijk (0,3-3 cm), Boortype en diameter: guts-3 cm, Kleur: licht-grijs
Lithologie: Grondsoort: klei, Bijmengsel: matig siltig, Sublagen1: zandlagen-enkele-dun, Consistentie: matig slap, Lithogenese: kwelderafzettingen
180 / -1.23
Laag algemeen: Bovengrens laag in cm: 180, Aard bovengrens: geleidelijk (0,3-3 cm), Ondergrens laag in cm: 250, Boortype en diameter: guts-3 cm, Kleur: licht-blauw-grijs
Lithologie: Grondsoort: klei, Bijmengsel: matig siltig, Sublagen1: zandlagen-veel-dun, Consistentie: matig slap, Lithogenese: kwelderafzettingen
Bodem: Brokken en vlekken: humusvlekken
Einde boring 250 / -1.93

Boring: NFTEM_9

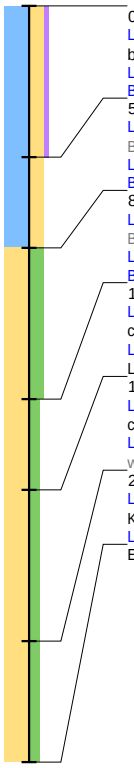
Kop algemeen: Projectcode: NFTEM, Boornummer: 9, Beschrijver(s): HV/EZ, Datum: 19-11-2020, Doel boring: archeologie - verkenning, Einddiepte boring in cm: 250
Coördinaten: X-coördinaat in meters: 198651.487, Y-coördinaat in meters: 600527.318, Precisie coördinaat: 1 dm, Coördinaatsysteem / epsg: Rijksdriehoeksmeting (NL), Hoogte maaiveld in meters: 0.755, Precisie hoogte: 1 cm, Referentievlak hoogte: Normaal Amsterdams Peil, Bepalingsmethode maaiveldhoogte: GPS
Plaats: Provincie: Groningen, Gemeente: Noardeast-Fryslân, Opdrachtgever: Arcadis BV, Uitvoerder: RAAP Noord



0 / 0.76
Laag algemeen: Bovengrens laag in cm: 0, Ondergrens laag in cm: 35, Aard ondergrens: abrupt (<0,3 cm), Boortype en diameter: guts-3 cm, Kleur: bruin-grijs
Lithologie: Grondsoort: klei, Bijmengsel: sterk zandig, Bijmengsel humus: zwak humeus, Consistentie: matig stevig
Bodem: Bodemkundige interpretatie: bouwvoor
35 / 0.41
Laag algemeen: Bovengrens laag in cm: 35, Aard bovengrens: abrupt (<0,3 cm), Ondergrens laag in cm: 75, Aard ondergrens: abrupt (<0,3 cm), Boortype en diameter: guts-3 cm, Kleur: licht-bruin-grijs
Lithologie: Grondsoort: zand, Bijmengsel: sterk siltig, Mediaanklasse: uiterst fijn, Lithogenese: kwelderafzettingen
Bodem: Ijzer/mangaan: enkele Fe-vlekken
75 / 0.01
Laag algemeen: Bovengrens laag in cm: 75, Aard bovengrens: abrupt (<0,3 cm), Ondergrens laag in cm: 100, Aard ondergrens: diffuus (3-10 cm), Boortype en diameter: guts-3 cm, Kleur: licht-grijs
Lithologie: Grondsoort: zand, Bijmengsel: sterk siltig, Mediaanklasse: uiterst fijn, Sublagen1: kleilagen-enkele-dun, Lithogenese: kwelderafzettingen
100 / -0.24
Laag algemeen: Bovengrens laag in cm: 100, Aard bovengrens: diffuus (3-10 cm), Ondergrens laag in cm: 250, Aard ondergrens: geleidelijk (0,3-3 cm), Boortype en diameter: guts-3 cm, Kleur: licht-grijs
Lithologie: Grondsoort: zand, Bijmengsel: matig siltig, Mediaanklasse: uiterst fijn, Schelpresten: schelp (onbepaald)-fragment-spoor (<1%), Lithogenese: wadafzettingen
Einde boring 250 / -1.75

Boring: NFTEM_10

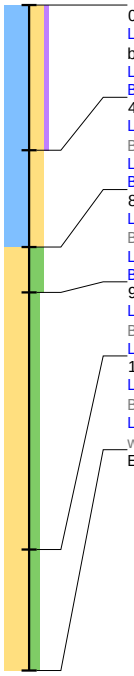
Kop algemeen: Projectcode: NFTEM, Boornummer: 10, Beschrijver(s): HV/EZ, Datum: 19-11-2020, Doel boring: archeologie - verkenning, Einddiepte boring in cm: 250
Coördinaten: X-coördinaat in meters: 198605.613, Y-coördinaat in meters: 600507.437, Precisie coördinaat: 1 dm, Coördinaatsysteem / epsg: Rijksdriehoeksmeting (NL), Hoogte maaiveld in meters: 0.561, Precisie hoogte: 1 cm, Referentievlak hoogte: Normaal Amsterdams Peil, Bepalingsmethode maaiveldhoogte: GPS
Plaats: Provincie: Groningen, Gemeente: Noardeast-Fryslân, Opdrachtgever: Arcadis BV, Uitvoerder: RAAP Noord



0 / 0.56
Laag algemeen: Bovengrens laag in cm: 0, Ondergrens laag in cm: 50, Aard ondergrens: abrupt (<0,3 cm), Boortype en diameter: guts-3 cm, Kleur: bruin-grijs
Lithologie: Grondsoort: klei, Bijmengsel: sterk zandig, Bijmengsel humus: zwak humeus, Consistentie: matig stevig
Bodem: Bodemkundige interpretatie: bouwvoor
50 / 0.06
Laag algemeen: Bovengrens laag in cm: 50, Aard bovengrens: abrupt (<0,3 cm), Ondergrens laag in cm: 80, Aard ondergrens: abrupt (<0,3 cm), Boortype en diameter: guts-3 cm, Kleur: licht-bruin-grijs
Lithologie: Grondsoort: klei, Bijmengsel: sterk zandig, Consistentie: matig stevig, Lithogenese: kwelderafzettingen
Bodem: Ijzer/mangaan: enkele Fe-vlekken, Brokken en vlekken: humusvlekken
80 / -0.24
Laag algemeen: Bovengrens laag in cm: 80, Aard bovengrens: abrupt (<0,3 cm), Ondergrens laag in cm: 130, Aard ondergrens: abrupt (<0,3 cm), Boortype en diameter: guts-3 cm, Kleur: licht-grijs
Lithologie: Grondsoort: zand, Bijmengsel: sterk siltig, Mediaanklasse: uiterst fijn, Sublagen1: kleilagen-enkele-dun, Lithogenese: kwelderafzettingen
Bodem: Ijzer/mangaan: enkele Fe-vlekken
130 / -0.74
Laag algemeen: Bovengrens laag in cm: 130, Aard bovengrens: abrupt (<0,3 cm), Ondergrens laag in cm: 160, Aard ondergrens: geleidelijk (0,3-3 cm), Boortype en diameter: guts-3 cm, Kleur: licht-grijs
Lithologie: Grondsoort: zand, Bijmengsel: matig siltig, Mediaanklasse: uiterst fijn, Schelpresten: schelp (onbepaald)-fragment-spoor (<1%), Lithogenese: wadafzettingen
160 / -1.04
Laag algemeen: Bovengrens laag in cm: 160, Aard bovengrens: geleidelijk (0,3-3 cm), Ondergrens laag in cm: 210, Aard ondergrens: abrupt (<0,3 cm), Boortype en diameter: guts-3 cm, Kleur: donker-grijs
Lithologie: Grondsoort: zand, Bijmengsel: matig siltig, Mediaanklasse: uiterst fijn, Schelpresten: schelp (onbepaald)-gruis-spoor (<1%), Lithogenese: wadafzettingen
210 / -1.54
Laag algemeen: Bovengrens laag in cm: 210, Aard bovengrens: abrupt (<0,3 cm), Ondergrens laag in cm: 250, Boortype en diameter: guts-3 cm, Kleur: licht-blauw-grijs
Lithologie: Grondsoort: zand, Bijmengsel: matig siltig, Mediaanklasse: uiterst fijn, Sublagen1: kleilagen-enkele-dun, Lithogenese: wadafzettingen
Einde boring 250 / -1.94

Boring: NFTEM_11

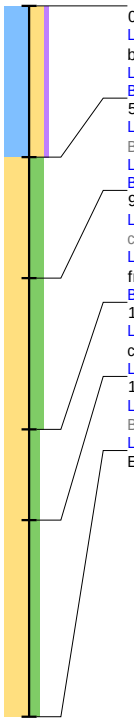
Kop algemeen: Projectcode: NFTEM, Boornummer: 11, Beschrijver(s): HV/EZ, Datum: 19-11-2020, Doel boring: archeologie - verkenning, Einddiepte boring in cm: 220
Coördinaten: X-coördinaat in meters: 198559.676, Y-coördinaat in meters: 600487.763, Precisie coördinaat: 1 dm, Coördinaatsysteem / epsg: Rijksdriehoeksmeting (NL), Hoogte maaiveld in meters: 0.381, Precisie hoogte: 1 cm, Referentievlak hoogte: Normaal Amsterdams Peil, Bepalingsmethode maaiveldhoogte: GPS
Plaats: Provincie: Groningen, Gemeente: Noardeast-Fryslân, Opdrachtgever: Arcadis BV, Uitvoerder: RAAP Noord



0 / 0.38
Laag algemeen: Bovengrens laag in cm: 0, Ondergrens laag in cm: 48, Aard ondergrens: abrupt (<0,3 cm), Boortype en diameter: guts-3 cm, Kleur: bruin-grijs
Lithologie: Grondsoort: klei, Bijmengsel: sterk zandig, Bijmengsel humus: zwak humeus, Consistentie: matig stevig
Bodem: Bodemkundige interpretatie: bouwvoor
48 / -0.10
Laag algemeen: Bovengrens laag in cm: 48, Aard bovengrens: abrupt (<0,3 cm), Ondergrens laag in cm: 80, Aard ondergrens: abrupt (<0,3 cm), Boortype en diameter: guts-3 cm, Kleur: licht-bruin-grijs
Lithologie: Grondsoort: klei, Bijmengsel: sterk zandig, Consistentie: matig stevig, Lithogenese: kwelderafzettingen
Bodem: Ijzer/mangaan: enkele Fe-vlekken, Brokken en vlekken: humusvlekken
80 / -0.42
Laag algemeen: Bovengrens laag in cm: 80, Aard bovengrens: abrupt (<0,3 cm), Ondergrens laag in cm: 95, Aard ondergrens: abrupt (<0,3 cm), Boortype en diameter: guts-3 cm, Kleur: licht-grijs
Lithologie: Grondsoort: zand, Bijmengsel: sterk siltig, Mediaanklasse: uiterst fijn, Sublagen1: kleilagen-veel-dun, Lithogenese: kwelderafzettingen
Bodem: Ijzer/mangaan: enkele Fe-vlekken
95 / -0.57
Laag algemeen: Bovengrens laag in cm: 95, Aard bovengrens: abrupt (<0,3 cm), Ondergrens laag in cm: 180, Aard ondergrens: diffuus (3-10 cm), Boortype en diameter: guts-3 cm, Kleur: licht-grijs
Lithologie: Grondsoort: zand, Bijmengsel: matig siltig, Mediaanklasse: uiterst fijn, Lithogenese: wadafzettingen
180 / -1.42
Laag algemeen: Bovengrens laag in cm: 180, Aard bovengrens: diffuus (3-10 cm), Ondergrens laag in cm: 220, Aard ondergrens: abrupt (<0,3 cm), Boortype en diameter: guts-3 cm, Kleur: grijs
Lithologie: Grondsoort: zand, Bijmengsel: matig siltig, Mediaanklasse: uiterst fijn, Schelpresten: schelp (onbepaald)-gruis-spoor (<1%), Lithogenese: wadafzettingen
Einde boring 220 / -1.82

Boring: NFTEM_12

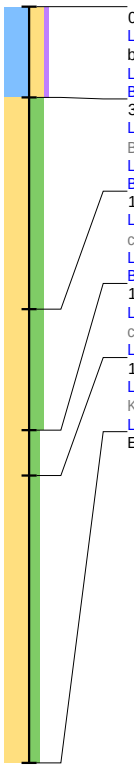
Kop algemeen: Projectcode: NFTEM, Boornummer: 12, Beschrijver(s): HV/EZ, Datum: 19-11-2020, Doel boring: archeologie - verkenning, Einddiepte boring in cm: 235
Coördinaten: X-coördinaat in meters: 198513.628, Y-coördinaat in meters: 600467.925, Precisie coördinaat: 1 dm, Coördinaatsysteem / epsg: Rijksdriehoeksmeting (NL), Hoogte maaiveld in meters: 0.383, Precisie hoogte: 1 cm, Referentievlak hoogte: Normaal Amsterdams Peil, Bepalingsmethode maaiveldhoogte: GPS
Plaats: Provincie: Groningen, Gemeente: Noardeast-Fryslân, Opdrachtgever: Arcadis BV, Uitvoerder: RAAP Noord



0 / 0.38
Laag algemeen: Bovengrens laag in cm: 0, Ondergrens laag in cm: 50, Aard ondergrens: abrupt (<0,3 cm), Boortype en diameter: guts-3 cm, Kleur: bruin-grijs
Lithologie: Grondsoort: klei, Bijmengsel: sterk zandig, Bijmengsel humus: zwak humeus, Consistentie: matig stevig
Bodem: Bodemkundige interpretatie: bouwvoor
50 / -0.12
Laag algemeen: Bovengrens laag in cm: 50, Aard bovengrens: abrupt (<0,3 cm), Ondergrens laag in cm: 90, Aard ondergrens: geleidelijk (0,3-3 cm), Boortype en diameter: guts-3 cm, Kleur: licht-grijs
Lithologie: Grondsoort: zand, Bijmengsel: sterk siltig, Mediaanklasse: uiterst fijn, Sublagen1: kleilagen-veel-dun, Lithogenese: kwelderafzettingen
Bodem: Ijzer/mangaan: enkele Fe-vlekken
90 / -0.52
Laag algemeen: Bovengrens laag in cm: 90, Aard bovengrens: geleidelijk (0,3-3 cm), Ondergrens laag in cm: 140, Aard ondergrens: geleidelijk (0,3-3 cm), Boortype en diameter: guts-3 cm, Kleur: licht-grijs
Lithologie: Grondsoort: zand, Bijmengsel: sterk siltig, Mediaanklasse: uiterst fijn, Sublagen1: kleilagen-enkele-dun, Schelpresten: schelp (onbepaald)-fragment-spoor (<1%), Lithogenese: kwelderafzettingen
Bodem: Ijzer/mangaan: enkele Fe-vlekken
140 / -1.02
Laag algemeen: Bovengrens laag in cm: 140, Aard bovengrens: geleidelijk (0,3-3 cm), Ondergrens laag in cm: 170, Aard ondergrens: abrupt (<0,3 cm), Boortype en diameter: guts-3 cm, Kleur: licht-grijs
Lithologie: Grondsoort: zand, Bijmengsel: matig siltig, Mediaanklasse: uiterst fijn, Lithogenese: wadafzettingen
170 / -1.32
Laag algemeen: Bovengrens laag in cm: 170, Aard bovengrens: abrupt (<0,3 cm), Ondergrens laag in cm: 235, Aard ondergrens: abrupt (<0,3 cm), Boortype en diameter: guts-3 cm, Kleur: grijs
Lithologie: Grondsoort: zand, Bijmengsel: matig siltig, Mediaanklasse: uiterst fijn, Lithogenese: wadafzettingen
Einde boring 235 / -1.97

Boring: NFTEM_13

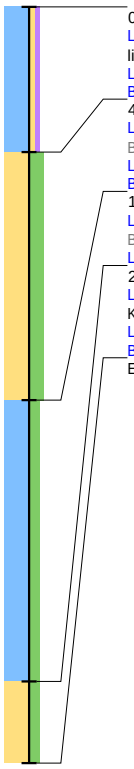
Kop algemeen: Projectcode: NFTEM, Boornummer: 13, Beschrijver(s): HV/EZ, Datum: 19-11-2020, Doel boring: archeologie - verkenning, Einddiepte boring in cm: 250
Coördinaten: X-coördinaat in meters: 198467.809, Y-coördinaat in meters: 600448.245, Precisie coördinaat: 1 dm, Coördinaatsysteem / epsg: Rijksdriehoeksmeting (NL), Hoogte maaiveld in meters: 0.356, Precisie hoogte: 1 cm, Referentievlak hoogte: Normaal Amsterdams Peil, Bepalingsmethode maaiveldhoogte: GPS
Plaats: Provincie: Groningen, Gemeente: Noardeast-Fryslân, Opdrachtgever: Arcadis BV, Uitvoerder: RAAP Noord



0 / 0.36
Laag algemeen: Bovengrens laag in cm: 0, Ondergrens laag in cm: 30, Aard ondergrens: abrupt (<0,3 cm), Boortype en diameter: guts-3 cm, Kleur: bruin-grijs
Lithologie: Grondsoort: klei, Bijmengsel: sterk zandig, Bijmengsel humus: zwak humeus, Consistentie: matig stevig
Bodem: Bodemkundige interpretatie: bouwvoor
30 / 0.06
Laag algemeen: Bovengrens laag in cm: 30, Aard bovengrens: abrupt (<0,3 cm), Ondergrens laag in cm: 100, Aard ondergrens: geleidelijk (0,3-3 cm), Boortype en diameter: guts-3 cm, Kleur: licht-grijs
Lithologie: Grondsoort: zand, Bijmengsel: sterk siltig, Mediaanklasse: uiterst fijn, Sublagen1: siltlagen-enkele-dun, Lithogenese: kwelderafzettingen
Bodem: Ijzer/mangaan: enkele Fe-vlekken
100 / -0.64
Laag algemeen: Bovengrens laag in cm: 100, Aard bovengrens: geleidelijk (0,3-3 cm), Ondergrens laag in cm: 140, Aard ondergrens: geleidelijk (0,3-3 cm), Boortype en diameter: guts-3 cm, Kleur: licht-grijs
Lithologie: Grondsoort: zand, Bijmengsel: sterk siltig, Mediaanklasse: uiterst fijn, Lithogenese: kwelderafzettingen
Bodem: Ijzer/mangaan: enkele Fe-vlekken
140 / -1.04
Laag algemeen: Bovengrens laag in cm: 140, Aard bovengrens: geleidelijk (0,3-3 cm), Ondergrens laag in cm: 155, Aard ondergrens: geleidelijk (0,3-3 cm), Boortype en diameter: guts-3 cm, Kleur: licht-blauw-grijs
Lithologie: Grondsoort: zand, Bijmengsel: matig siltig, Mediaanklasse: uiterst fijn, Sublagen1: kleilagen-veel-dun, Lithogenese: kwelderafzettingen
155 / -1.19
Laag algemeen: Bovengrens laag in cm: 155, Aard bovengrens: geleidelijk (0,3-3 cm), Ondergrens laag in cm: 250, Boortype en diameter: guts-3 cm, Kleur: licht-blauw-grijs
Lithologie: Grondsoort: zand, Bijmengsel: matig siltig, Mediaanklasse: uiterst fijn, Sublagen1: kleilagen-enkele-dun, Lithogenese: wadafzettingen
Einde boring 250 / -2.14

Boring: NFTEM_14

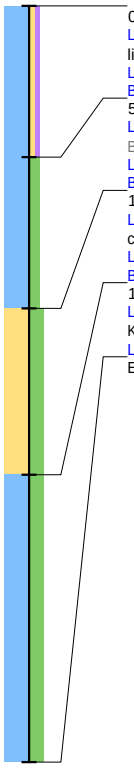
Kop algemeen: Projectcode: NFTEM, Boornummer: 14, Beschrijver(s): HV/EZ, Datum: 18-11-2020, Doel boring: archeologie - verkenning, Einddiepte boring in cm: 250
Coördinaten: X-coördinaat in meters: 198421.84, Y-coördinaat in meters: 600428.549, Precisie coördinaat: 1 dm, Coördinaatsysteem / epsg: Rijksdriehoeksmeting (NL), Hoogte maaiveld in meters: 0.221, Precisie hoogte: 1 cm, Referentievlak hoogte: Normaal Amsterdams Peil, Bepalingsmethode maaiveldhoogte: GPS
Plaats: Provincie: Groningen, Gemeente: Noardeast-Fryslân, Opdrachtgever: Arcadis BV, Uitvoerder: RAAP Noord



0 / 0.22
Laag algemeen: Bovengrens laag in cm: 0, Ondergrens laag in cm: 48, Aard ondergrens: abrupt (<0,3 cm), Boortype en diameter: guts-3 cm, Kleur: licht-bruin-grijs
Lithologie: Grondsoort: klei, Bijmengsel: zwak zandig, Bijmengsel humus: zwak humeus, Consistentie: matig stevig
Bodem: Bodemkundige interpretatie: bouwvoor
48 / -0.26
Laag algemeen: Bovengrens laag in cm: 48, Aard bovengrens: abrupt (<0,3 cm), Ondergrens laag in cm: 130, Aard ondergrens: abrupt (<0,3 cm), Boortype en diameter: guts-3 cm, Kleur: licht-grijs
Lithologie: Grondsoort: zand, Bijmengsel: sterk siltig, Mediaanklasse: uiterst fijn, Sublagen1: kleilagen-enkele-dun, Lithogenese: kwelderafzettingen
Bodem: Ijzer/mangaan: enkele Fe-vlekken
130 / -1.08
Laag algemeen: Bovengrens laag in cm: 130, Aard bovengrens: abrupt (<0,3 cm), Ondergrens laag in cm: 223, Aard ondergrens: abrupt (<0,3 cm), Boortype en diameter: guts-3 cm, Kleur: licht-blauw-grijs
Lithologie: Grondsoort: klei, Bijmengsel: matig siltig, Sublagen1: zandlagen-veel-dun, Consistentie: matig slap, Lithogenese: kwelderafzettingen
223 / -2.01
Laag algemeen: Bovengrens laag in cm: 223, Aard bovengrens: abrupt (<0,3 cm), Ondergrens laag in cm: 250, Boortype en diameter: guts-3 cm, Kleur: blauw-grijs
Lithologie: Grondsoort: zand, Bijmengsel: matig siltig, Mediaanklasse: uiterst fijn, Lithogenese: wadafzettingen
Bodem: Ijzer/mangaan: enkele Fe-vlekken
Einde boring 250 / -2.28

Boring: NFTEM_15

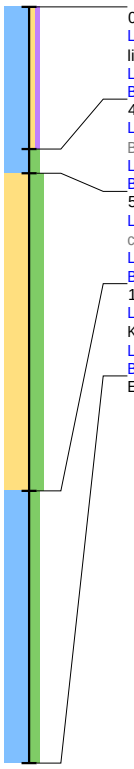
Kop algemeen: Projectcode: NFTEM, Boornummer: 15, Beschrijver(s): HV/EZ, Datum: 18-11-2020, Doel boring: archeologie - verkenning, Einddiepte boring in cm: 250
Coördinaten: X-coördinaat in meters: 198375.844, Y-coördinaat in meters: 600408.727, Precisie coördinaat: 1 dm, Coördinaatsysteem / epsg: Rijksdriehoeksmeting (NL), Hoogte maaiveld in meters: 0.357, Precisie hoogte: 1 cm, Referentievlak hoogte: Normaal Amsterdams Peil, Bepalingsmethode maaiveldhoogte: GPS
Plaats: Provincie: Groningen, Gemeente: Noardeast-Fryslân, Opdrachtgever: Arcadis BV, Uitvoerder: RAAP Noord



0 / 0.36
Laag algemeen: Bovengrens laag in cm: 0, Ondergrens laag in cm: 50, Aard ondergrens: abrupt (<0,3 cm), Boortype en diameter: guts-3 cm, Kleur: licht-bruin-grijs
Lithologie: Grondsoort: klei, Bijmengsel: zwak zandig, Bijmengsel humus: zwak humeus, Consistentie: matig stevig
Bodem: Bodemkundige interpretatie: bouwvoor
50 / -0.14
Laag algemeen: Bovengrens laag in cm: 50, Aard bovengrens: abrupt (<0,3 cm), Ondergrens laag in cm: 100, Aard ondergrens: geleidelijk (0,3-3 cm), Boortype en diameter: guts-3 cm, Kleur: licht-grijs
Lithologie: Grondsoort: klei, Bijmengsel: matig siltig, Sublagen1: zandlagen-veel-dun, Consistentie: matig stevig, Lithogenese: kwelderafzettingen
Bodem: Ijzer/mangaan: enkele Fe-vlekken
100 / -0.64
Laag algemeen: Bovengrens laag in cm: 100, Aard bovengrens: geleidelijk (0,3-3 cm), Ondergrens laag in cm: 155, Aard ondergrens: abrupt (<0,3 cm), Boortype en diameter: guts-3 cm, Kleur: licht-grijs
Lithologie: Grondsoort: zand, Bijmengsel: sterk siltig, Mediaanklasse: uiterst fijn, Sublagen1: kleilagen-enkele-dun, Lithogenese: kwelderafzettingen
Bodem: Ijzer/mangaan: enkele Fe-vlekken
155 / -1.19
Laag algemeen: Bovengrens laag in cm: 155, Aard bovengrens: abrupt (<0,3 cm), Ondergrens laag in cm: 250, Boortype en diameter: guts-3 cm, Kleur: blauw-grijs
Lithologie: Grondsoort: klei, Bijmengsel: sterk siltig, Sublagen1: zandlagen-enkele-dun, Consistentie: matig slap, Lithogenese: kwelderafzettingen
Einde boring 250 / -2.14

Boring: NFTEM_16

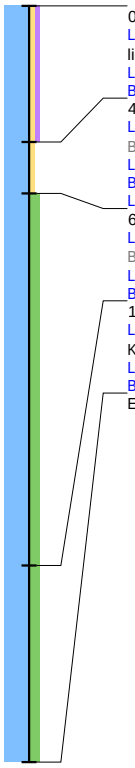
Kop algemeen: Projectcode: NFTEM, Boornummer: 16, Beschrijver(s): HV/EZ, Datum: 18-11-2020, Doel boring: archeologie - verkenning, Einddiepte boring in cm: 250
Coördinaten: X-coördinaat in meters: 198329.945, Y-coördinaat in meters: 600389.022, Precisie coördinaat: 1 dm, Coördinaatsysteem / epsg: Rijksdriehoeksmeting (NL), Hoogte maaiveld in meters: 0.376, Precisie hoogte: 1 cm, Referentievlak hoogte: Normaal Amsterdams Peil, Bepalingsmethode maaiveldhoogte: GPS
Plaats: Provincie: Groningen, Gemeente: Noardeast-Fryslân, Opdrachtgever: Arcadis BV, Uitvoerder: RAAP Noord



0 / 0.38
Laag algemeen: Bovengrens laag in cm: 0, Ondergrens laag in cm: 47, Aard ondergrens: abrupt (<0,3 cm), Boortype en diameter: guts-3 cm, Kleur: licht-bruin-grijs
Lithologie: Grondsoort: klei, Bijmengsel: zwak zandig, Bijmengsel humus: zwak humeus, Consistentie: matig stevig
Bodem: Bodemkundige interpretatie: bouwvoor
47 / -0.09
Laag algemeen: Bovengrens laag in cm: 47, Aard bovengrens: abrupt (<0,3 cm), Ondergrens laag in cm: 55, Aard ondergrens: geleidelijk (0,3-3 cm), Boortype en diameter: guts-3 cm, Kleur: licht-bruin-grijs
Lithologie: Grondsoort: klei, Bijmengsel: matig siltig, Sublagen1: zandlagen-veel-dun, Consistentie: matig stevig, Lithogenese: kwelderafzettingen
Bodem: Ijzer/mangaan: enkele Fe-vlekken
55 / -0.17
Laag algemeen: Bovengrens laag in cm: 55, Aard bovengrens: geleidelijk (0,3-3 cm), Ondergrens laag in cm: 160, Aard ondergrens: geleidelijk (0,3-3 cm), Boortype en diameter: guts-3 cm, Kleur: licht-grijs
Lithologie: Grondsoort: zand, Bijmengsel: sterk siltig, Mediaanklasse: uiterst fijn, Sublagen1: kleilagen-enkele-dun, Lithogenese: kwelderafzettingen
Bodem: Ijzer/mangaan: enkele Fe-vlekken
160 / -1.22
Laag algemeen: Bovengrens laag in cm: 160, Aard bovengrens: geleidelijk (0,3-3 cm), Ondergrens laag in cm: 250, Boortype en diameter: guts-3 cm, Kleur: blauw-grijs
Lithologie: Grondsoort: klei, Bijmengsel: matig siltig, Sublagen1: zandlagen-enkele-dun, Consistentie: matig slap, Lithogenese: kwelderafzettingen
Bodem: Brokken en vlekken: humusvlekken
Einde boring 250 / -2.12

Boring: NFTEM_17

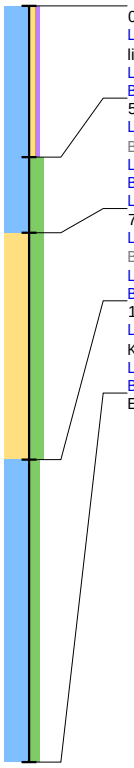
Kop algemeen: Projectcode: NFTEM, Boornummer: 17, Beschrijver(s): HV/EZ, Datum: 18-11-2020, Doel boring: archeologie - verkenning, Einddiepte boring in cm: 250
Coördinaten: X-coördinaat in meters: 198284.015, Y-coördinaat in meters: 600369.317, Precisie coördinaat: 1 dm, Coördinaatsysteem / epsg: Rijksdriehoeksmeting (NL), Hoogte maaiveld in meters: 0.458, Precisie hoogte: 1 cm, Referentievlak hoogte: Normaal Amsterdams Peil, Bepalingsmethode maaiveldhoogte: GPS
Plaats: Provincie: Groningen, Gemeente: Noardeast-Fryslân, Opdrachtgever: Arcadis BV, Uitvoerder: RAAP Noord



0 / 0.46
Laag algemeen: Bovengrens laag in cm: 0, Ondergrens laag in cm: 45, Aard ondergrens: abrupt (<0,3 cm), Boortype en diameter: guts-3 cm, Kleur: licht-bruin-grijs
Lithologie: Grondsoort: klei, Bijmengsel: zwak zandig, Bijmengsel humus: zwak humeus, Consistentie: matig stevig
Bodem: Bodemkundige interpretatie: bouwvoor
45 / 0.01
Laag algemeen: Bovengrens laag in cm: 45, Aard bovengrens: abrupt (<0,3 cm), Ondergrens laag in cm: 62, Aard ondergrens: abrupt (<0,3 cm), Boortype en diameter: guts-3 cm, Kleur: licht-bruin-grijs
Lithologie: Grondsoort: klei, Bijmengsel: zwak zandig, Consistentie: matig stevig, Lithogenese: kwelderafzettingen
Bodem: Ijzer/mangaan: enkele Fe-vlekken
Laag opmerking: Opmerking: z.vl.
62 / -0.16
Laag algemeen: Bovengrens laag in cm: 62, Aard bovengrens: abrupt (<0,3 cm), Ondergrens laag in cm: 185, Aard ondergrens: geleidelijk (0,3-3 cm), Boortype en diameter: guts-3 cm, Kleur: licht-grijs
Lithologie: Grondsoort: klei, Bijmengsel: matig siltig, Sublagen1: zandlagen-enkele-dun, Consistentie: matig stevig, Lithogenese: kwelderafzettingen
Bodem: Ijzer/mangaan: enkele Fe-vlekken
185 / -1.39
Laag algemeen: Bovengrens laag in cm: 185, Aard bovengrens: geleidelijk (0,3-3 cm), Ondergrens laag in cm: 250, Boortype en diameter: guts-3 cm, Kleur: blauw-grijs
Lithologie: Grondsoort: klei, Bijmengsel: matig siltig, Sublagen1: zandlagen-veel-dun, Consistentie: matig slap, Lithogenese: kwelderafzettingen
Bodem: Brokken en vlekken: humusvlekken
Einde boring 250 / -2.04

Boring: NFTEM_18

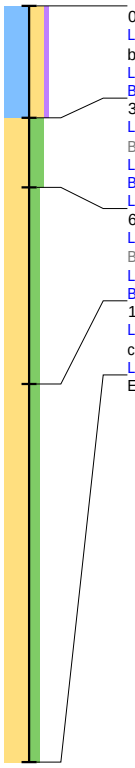
Kop algemeen: Projectcode: NFTEM, Boornummer: 18, Beschrijver(s): HV/EZ, Datum: 18-11-2020, Doel boring: archeologie - verkenning, Einddiepte boring in cm: 250
Coördinaten: X-coördinaat in meters: 198238.1, Y-coördinaat in meters: 600349.467, Precisie coördinaat: 1 dm, Coördinaatsysteem / epsg: Rijksdriehoeksmeting (NL), Hoogte maaiveld in meters: 0.203, Precisie hoogte: 1 cm, Referentievlak hoogte: Normaal Amsterdams Peil, Bepalingsmethode maaiveldhoogte: GPS
Plaats: Provincie: Groningen, Gemeente: Noardeast-Fryslân, Opdrachtgever: Arcadis BV, Uitvoerder: RAAP Noord



0 / 0.20
Laag algemeen: Bovengrens laag in cm: 0, Ondergrens laag in cm: 50, Aard ondergrens: abrupt (<0,3 cm), Boortype en diameter: guts-3 cm, Kleur: licht-bruin-grijs
Lithologie: Grondsoort: klei, Bijmengsel: zwak zandig, Bijmengsel humus: zwak humeus, Consistentie: matig stevig
Bodem: Bodemkundige interpretatie: bouwvoor
50 / -0.30
Laag algemeen: Bovengrens laag in cm: 50, Aard bovengrens: abrupt (<0,3 cm), Ondergrens laag in cm: 75, Aard ondergrens: abrupt (<0,3 cm), Boortype en diameter: guts-3 cm, Kleur: licht-bruin-grijs
Lithologie: Grondsoort: klei, Bijmengsel: sterk siltig, Sublagen1: zandlagen-enkele-dun, Consistentie: matig stevig, Lithogenese: kwelderafzettingen
Bodem: Ijzer/mangaan: enkele Fe-vlekken
Laag opmerking: Opmerking: z.vl.
75 / -0.55
Laag algemeen: Bovengrens laag in cm: 75, Aard bovengrens: abrupt (<0,3 cm), Ondergrens laag in cm: 150, Aard ondergrens: geleidelijk (0,3-3 cm), Boortype en diameter: guts-3 cm, Kleur: licht-grijs
Lithologie: Grondsoort: zand, Bijmengsel: sterk siltig, Mediaanklasse: uiterst fijn, Lithogenese: kwelderafzettingen
Bodem: Ijzer/mangaan: enkele Fe-vlekken
150 / -1.30
Laag algemeen: Bovengrens laag in cm: 150, Aard bovengrens: geleidelijk (0,3-3 cm), Ondergrens laag in cm: 250, Boortype en diameter: guts-3 cm, Kleur: blauw-grijs
Lithologie: Grondsoort: klei, Bijmengsel: matig siltig, Sublagen1: zandlagen-veel-dun, Consistentie: matig slap, Lithogenese: kwelderafzettingen
Bodem: Brokken en vlekken: humusvlekken
Einde boring 250 / -2.30

Boring: NFTEM_19

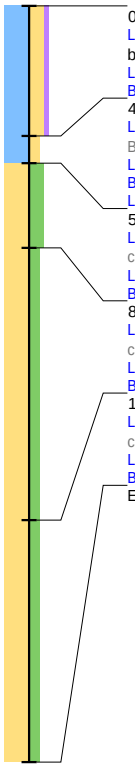
Kop algemeen: Projectcode: NFTEM, Boornummer: 19, Beschrijver(s): HV/EZ, Datum: 18-11-2020, Doel boring: archeologie - verkenning, Einddiepte boring in cm: 250
Coördinaten: X-coördinaat in meters: 198192.159, Y-coördinaat in meters: 600329.826, Precisie coördinaat: 1 dm, Coördinaatsysteem / epsg: Rijksdriehoeksmeting (NL), Hoogte maaiveld in meters: 0.123, Precisie hoogte: 1 cm, Referentievlak hoogte: Normaal Amsterdams Peil, Bepalingsmethode maaiveldhoogte: GPS
Plaats: Provincie: Groningen, Gemeente: Noardeast-Fryslân, Opdrachtgever: Arcadis BV, Uitvoerder: RAAP Noord



0 / 0.12
Laag algemeen: Bovengrens laag in cm: 0, Ondergrens laag in cm: 37, Aard ondergrens: abrupt (<0,3 cm), Boortype en diameter: guts-3 cm, Kleur: bruin-grijs
Lithologie: Grondsoort: klei, Bijmengsel: sterk zandig, Bijmengsel humus: zwak humeus, Consistentie: matig stevig
Bodem: Bodemkundige interpretatie: bouwvoor
37 / -0.25
Laag algemeen: Bovengrens laag in cm: 37, Aard bovengrens: abrupt (<0,3 cm), Ondergrens laag in cm: 60, Aard ondergrens: geleidelijk (0,3-3 cm), Boortype en diameter: guts-3 cm, Kleur: licht-grijs
Lithologie: Grondsoort: zand, Bijmengsel: sterk siltig, Mediaanklasse: uiterst fijn, Sublagen1: kleilagen-enkele-dun, Lithogenese: kwelderafzettingen
Bodem: Ijzer/mangaan: enkele Fe-vlekken
Laag opmerking: Opmerking: z.vl.
60 / -0.48
Laag algemeen: Bovengrens laag in cm: 60, Aard bovengrens: geleidelijk (0,3-3 cm), Ondergrens laag in cm: 125, Aard ondergrens: abrupt (<0,3 cm), Boortype en diameter: guts-3 cm, Kleur: licht-grijs
Lithologie: Grondsoort: zand, Bijmengsel: matig siltig, Mediaanklasse: uiterst fijn, Lithogenese: wadafzettingen
Bodem: Ijzer/mangaan: enkele Fe-vlekken
125 / -1.13
Laag algemeen: Bovengrens laag in cm: 125, Aard bovengrens: abrupt (<0,3 cm), Ondergrens laag in cm: 250, Aard ondergrens: geleidelijk (0,3-3 cm), Boortype en diameter: guts-3 cm, Kleur: blauw-grijs
Lithologie: Grondsoort: zand, Bijmengsel: matig siltig, Mediaanklasse: uiterst fijn, Sublagen1: kleilagen-veel-dun, Lithogenese: kwelderafzettingen
Einde boring 250 / -2.38

Boring: NFTEM_20

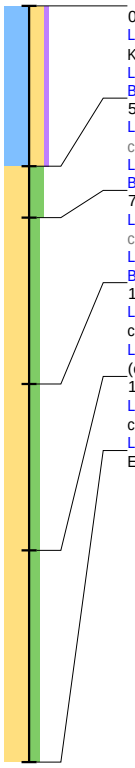
Kop algemeen: Projectcode: NFTEM, Boornummer: 20, Beschrijver(s): HV/EZ, Datum: 18-11-2020, Doel boring: archeologie - verkenning, Einddiepte boring in cm: 250
Coördinaten: X-coördinaat in meters: 198151.081, Y-coördinaat in meters: 600308.115, Precisie coördinaat: 1 dm, Coördinaatsysteem / epsg: Rijksdriehoeksmeting (NL), Hoogte maaiveld in meters: 0.437, Precisie hoogte: 1 cm, Referentievlak hoogte: Normaal Amsterdams Peil, Bepalingsmethode maaiveldhoogte: GPS
Plaats: Provincie: Groningen, Gemeente: Noardeast-Fryslân, Opdrachtgever: Arcadis BV, Uitvoerder: RAAP Noord



0 / 0.44
Laag algemeen: Bovengrens laag in cm: 0, Ondergrens laag in cm: 43, Aard ondergrens: abrupt (<0,3 cm), Boortype en diameter: guts-3 cm, Kleur: bruin-grijs
Lithologie: Grondsoort: klei, Bijmengsel: sterk zandig, Bijmengsel humus: zwak humeus, Consistentie: matig stevig
Bodem: Bodemkundige interpretatie: bouwvoor
43 / 0.01
Laag algemeen: Bovengrens laag in cm: 43, Aard bovengrens: abrupt (<0,3 cm), Ondergrens laag in cm: 52, Aard ondergrens: geleidelijk (0,3-3 cm), Boortype en diameter: guts-3 cm, Kleur: licht-grijs
Lithologie: Grondsoort: klei, Bijmengsel: matig zandig, Consistentie: matig stevig, Lithogenese: kwelderafzettingen
Bodem: Ijzer/mangaan: enkele Fe-vlekken
Laag opmerking: Opmerking: z.vl.
52 / -0.08
Laag algemeen: Bovengrens laag in cm: 52, Aard bovengrens: geleidelijk (0,3-3 cm), Ondergrens laag in cm: 80, Aard ondergrens: geleidelijk (0,3-3 cm), Boortype en diameter: guts-3 cm, Kleur: licht-grijs
Lithologie: Grondsoort: zand, Bijmengsel: sterk siltig, Mediaanklasse: uiterst fijn, Sublagen1: kleilagen-veel-dun, Lithogenese: kwelderafzettingen
Bodem: Ijzer/mangaan: enkele Fe-vlekken
80 / -0.36
Laag algemeen: Bovengrens laag in cm: 80, Aard bovengrens: geleidelijk (0,3-3 cm), Ondergrens laag in cm: 170, Aard ondergrens: geleidelijk (0,3-3 cm), Boortype en diameter: guts-3 cm, Kleur: licht-grijs
Lithologie: Grondsoort: zand, Bijmengsel: matig siltig, Mediaanklasse: uiterst fijn, Lithogenese: wadafzettingen
Bodem: Ijzer/mangaan: enkele Fe-vlekken
170 / -1.26
Laag algemeen: Bovengrens laag in cm: 170, Aard bovengrens: geleidelijk (0,3-3 cm), Ondergrens laag in cm: 250, Aard ondergrens: geleidelijk (0,3-3 cm), Boortype en diameter: guts-3 cm, Kleur: blauw-grijs
Lithologie: Grondsoort: zand, Bijmengsel: matig siltig, Mediaanklasse: uiterst fijn, Sublagen1: siltlagen-enkele-zeer dun, Lithogenese: wadafzettingen
Bodem: Brokken en vlekken: humusvlekken
Einde boring 250 / -2.06

Boring: NFTEM_21

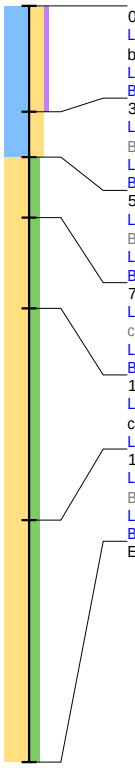
Kop algemeen: Projectcode: NFTEM, Boornummer: 21, Beschrijver(s): HV/EZ, Datum: 18-11-2020, Doel boring: archeologie - verkenning, Einddiepte boring in cm: 250
Coördinaten: X-coördinaat in meters: 198128.505, Y-coördinaat in meters: 600282.57, Precisie coördinaat: 1 dm, Coördinaatsysteem / epsg: Rijksdriehoeksmeting (NL), Hoogte maaiveld in meters: 0.386, Precisie hoogte: 1 cm, Referentievlak hoogte: Normaal Amsterdams Peil, Bepalingsmethode maaiveldhoogte: GPS
Plaats: Provincie: Groningen, Gemeente: Noardeast-Fryslân, Opdrachtgever: Arcadis BV, Uitvoerder: RAAP Noord



0 / 0.39
Laag algemeen: Bovengrens laag in cm: 0, Ondergrens laag in cm: 53, Aard ondergrens: geleidelijk (0,3-3 cm), Boortype en diameter: guts-3 cm, Kleur: bruin-grijs
Lithologie: Grondsoort: klei, Bijmengsel: sterk zandig, Bijmengsel humus: zwak humeus, Consistentie: matig stevig
Bodem: Bodemkundige interpretatie: bouwvoor
53 / -0.14
Laag algemeen: Bovengrens laag in cm: 53, Aard bovengrens: geleidelijk (0,3-3 cm), Ondergrens laag in cm: 70, Aard ondergrens: geleidelijk (0,3-3 cm), Boortype en diameter: guts-3 cm, Kleur: licht-grijs
Lithologie: Grondsoort: zand, Bijmengsel: sterk siltig, Mediaanklasse: uiterst fijn, Sublagen1: kleilagen-enkele-dun, Lithogenese: kwelderafzettingen
Bodem: Ijzer/mangaan: enkele Fe-vlekken
70 / -0.31
Laag algemeen: Bovengrens laag in cm: 70, Aard bovengrens: geleidelijk (0,3-3 cm), Ondergrens laag in cm: 125, Aard ondergrens: geleidelijk (0,3-3 cm), Boortype en diameter: guts-3 cm, Kleur: licht-grijs
Lithologie: Grondsoort: zand, Bijmengsel: matig siltig, Mediaanklasse: uiterst fijn, Lithogenese: wadafzettingen
Bodem: Ijzer/mangaan: enkele Fe-vlekken
125 / -0.86
Laag algemeen: Bovengrens laag in cm: 125, Aard bovengrens: geleidelijk (0,3-3 cm), Ondergrens laag in cm: 180, Aard ondergrens: abrupt (<0,3 cm), Boortype en diameter: guts-3 cm, Kleur: licht-grijs
Lithologie: Grondsoort: zand, Bijmengsel: matig siltig, Mediaanklasse: uiterst fijn, Sublagen1: siltlagen-enkele-zeer dun, Schelpresten: schelp (onbepaald)-fragment-spoor (<1%), Lithogenese: wadafzettingen
180 / -1.41
Laag algemeen: Bovengrens laag in cm: 180, Aard bovengrens: abrupt (<0,3 cm), Ondergrens laag in cm: 250, Aard ondergrens: geleidelijk (0,3-3 cm), Boortype en diameter: guts-3 cm, Kleur: blauw-grijs
Lithologie: Grondsoort: zand, Bijmengsel: matig siltig, Mediaanklasse: uiterst fijn, Sublagen1: kleilagen-enkele-dun, Lithogenese: wadafzettingen
Einde boring 250 / -2.11

Boring: NFTEM_22

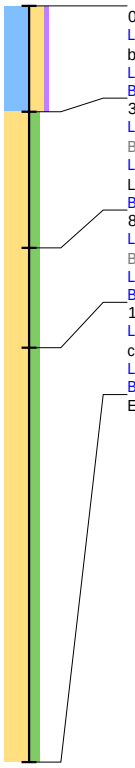
Kop algemeen: Projectcode: NFTEM, Boornummer: 22, Beschrijver(s): HV/EZ, Datum: 18-11-2020, Doel boring: archeologie - verkenning, Einddiepte boring in cm: 250
Coördinaten: X-coördinaat in meters: 198100.679, Y-coördinaat in meters: 600304.901, Precisie coördinaat: 1 dm, Coördinaatsysteem / epsg: Rijksdriehoeksmeting (NL), Hoogte maaiveld in meters: 0.463, Precisie hoogte: 1 cm, Referentievlak hoogte: Normaal Amsterdams Peil, Bepalingsmethode maaiveldhoogte: GPS
Plaats: Provincie: Groningen, Gemeente: Noardeast-Fryslân, Opdrachtgever: Arcadis BV, Uitvoerder: RAAP Noord



0 / 0.46
Laag algemeen: Bovengrens laag in cm: 0, Ondergrens laag in cm: 35, Aard ondergrens: abrupt (<0,3 cm), Boortype en diameter: guts-3 cm, Kleur: bruin-grijs
Lithologie: Grondsoort: klei, Bijmengsel: sterk zandig, Bijmengsel humus: zwak humeus, Consistentie: matig stevig
Bodem: Bodemkundige interpretatie: bouwvoor
35 / 0.11
Laag algemeen: Bovengrens laag in cm: 35, Aard bovengrens: abrupt (<0,3 cm), Ondergrens laag in cm: 50, Aard ondergrens: abrupt (<0,3 cm), Boortype en diameter: guts-3 cm, Kleur: licht-bruin-grijs
Lithologie: Grondsoort: klei, Bijmengsel: sterk zandig, Consistentie: matig stevig, Lithogenese: kwelderafzettingen
Bodem: Brokken en vlekken: humusvlekken
50 / -0.04
Laag algemeen: Bovengrens laag in cm: 50, Aard bovengrens: abrupt (<0,3 cm), Ondergrens laag in cm: 70, Aard ondergrens: geleidelijk (0,3-3 cm), Boortype en diameter: guts-3 cm, Kleur: licht-grijs
Lithologie: Grondsoort: zand, Bijmengsel: matig siltig, Mediaanklasse: uiterst fijn, Lithogenese: wadafzettingen
Bodem: Ijzer/mangaan: enkele Fe-vlekken
70 / -0.24
Laag algemeen: Bovengrens laag in cm: 70, Aard bovengrens: geleidelijk (0,3-3 cm), Ondergrens laag in cm: 100, Aard ondergrens: geleidelijk (0,3-3 cm), Boortype en diameter: guts-3 cm, Kleur: licht-grijs
Lithologie: Grondsoort: zand, Bijmengsel: matig siltig, Mediaanklasse: uiterst fijn, Sublagen1: siltlagen-enkele-zeer dun, Lithogenese: wadafzettingen
Bodem: Ijzer/mangaan: enkele Fe-vlekken
100 / -0.54
Laag algemeen: Bovengrens laag in cm: 100, Aard bovengrens: geleidelijk (0,3-3 cm), Ondergrens laag in cm: 170, Aard ondergrens: abrupt (<0,3 cm), Boortype en diameter: guts-3 cm, Kleur: licht-grijs
Lithologie: Grondsoort: zand, Bijmengsel: matig siltig, Mediaanklasse: uiterst fijn, Lithogenese: wadafzettingen
170 / -1.24
Laag algemeen: Bovengrens laag in cm: 170, Aard bovengrens: abrupt (<0,3 cm), Ondergrens laag in cm: 250, Aard ondergrens: abrupt (<0,3 cm), Boortype en diameter: guts-3 cm, Kleur: blauw-grijs
Lithologie: Grondsoort: zand, Bijmengsel: matig siltig, Mediaanklasse: uiterst fijn, Sublagen1: kleilagen-enkele-dun, Lithogenese: wadafzettingen
Bodem: Brokken en vlekken: humusvlekken
Einde boring 250 / -2.04

Boring: NFTEM_23

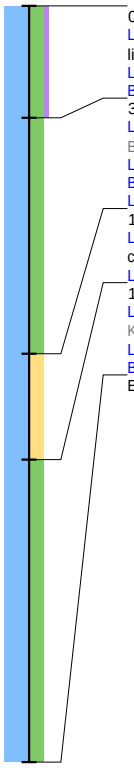
Kop algemeen: Projectcode: NFTEM, Boornummer: 23, Beschrijver(s): HV/EZ, Datum: 18-11-2020, Doel boring: archeologie - verkenning, Einddiepte boring in cm: 250
Coördinaten: X-coördinaat in meters: 198050.739, Y-coördinaat in meters: 600305.321, Precisie coördinaat: 1 dm, Coördinaatsysteem / epsg: Rijksdriehoeksmeting (NL), Hoogte maaiveld in meters: -0.045, Precisie hoogte: 1 cm, Referentievlak hoogte: Normaal Amsterdams Peil, Bepalingsmethode maaiveldhoogte: GPS
Plaats: Provincie: Groningen, Gemeente: Noardeast-Fryslân, Opdrachtgever: Arcadis BV, Uitvoerder: RAAP Noord



0 / -0.04
Laag algemeen: Bovengrens laag in cm: 0, Ondergrens laag in cm: 35, Aard ondergrens: abrupt (<0,3 cm), Boortype en diameter: guts-3 cm, Kleur: bruin-grijs
Lithologie: Grondsoort: klei, Bijmengsel: sterk zandig, Bijmengsel humus: zwak humeus, Consistentie: matig stevig
Bodem: Bodemkundige interpretatie: bouwvoor
35 / -0.40
Laag algemeen: Bovengrens laag in cm: 35, Aard bovengrens: abrupt (<0,3 cm), Ondergrens laag in cm: 80, Aard ondergrens: abrupt (<0,3 cm), Boortype en diameter: guts-3 cm, Kleur: licht-blauw-grijs
Lithologie: Grondsoort: zand, Bijmengsel: matig siltig, Mediaanklasse: uiterst fijn, Schelpresten: schelp (onbepaald)-fragment-spoor (<1%), Lithogenese: wadafzettingen
Bodem: Brokken en vlekken: humusvlekken
80 / -0.84
Laag algemeen: Bovengrens laag in cm: 80, Aard bovengrens: abrupt (<0,3 cm), Ondergrens laag in cm: 113, Aard ondergrens: geleidelijk (0,3-3 cm), Boortype en diameter: guts-3 cm, Kleur: licht-grijs
Lithologie: Grondsoort: zand, Bijmengsel: matig siltig, Mediaanklasse: uiterst fijn, Sublagen1: kleilagen-enkele-dun, Lithogenese: wadafzettingen
Bodem: Ijzer/mangaan: enkele Fe-vlekken
113 / -1.18
Laag algemeen: Bovengrens laag in cm: 113, Aard bovengrens: geleidelijk (0,3-3 cm), Ondergrens laag in cm: 250, Aard ondergrens: abrupt (<0,3 cm), Boortype en diameter: guts-3 cm, Kleur: blauw-grijs
Lithologie: Grondsoort: zand, Bijmengsel: matig siltig, Mediaanklasse: uiterst fijn, Sublagen1: kleilagen-enkele-dun, Lithogenese: wadafzettingen
Bodem: Brokken en vlekken: humusvlekken
Einde boring 250 / -2.54

Boring: NFTEM_24

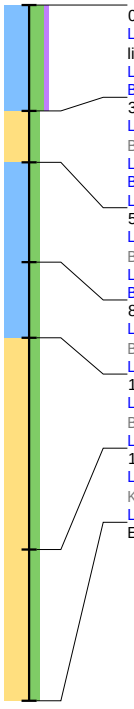
Kop algemeen: Projectcode: NFTEM, Boornummer: 24, Beschrijver(s): HV/EZ, Datum: 18-11-2020, Doel boring: archeologie - verkenning, Einddiepte boring in cm: 250
Coördinaten: X-coördinaat in meters: 198000.745, Y-coördinaat in meters: 600305.731, Precisie coördinaat: 1 dm, Coördinaatsysteem / epsg: Rijksdriehoeksmeting (NL), Hoogte maaiveld in meters: -0.07, Precisie hoogte: 1 cm, Referentievlak hoogte: Normaal Amsterdams Peil, Bepalingsmethode maaiveldhoogte: GPS
Plaats: Provincie: Groningen, Gemeente: Noardeast-Fryslân, Opdrachtgever: Arcadis BV, Uitvoerder: RAAP Noord



0 / -0.07
Laag algemeen: Bovengrens laag in cm: 0, Ondergrens laag in cm: 37, Aard ondergrens: abrupt (<0,3 cm), Boortype en diameter: guts-3 cm, Kleur: licht-bruin-grijs
Lithologie: Grondsoort: klei, Bijmengsel: sterk siltig, Bijmengsel humus: zwak humeus, Consistentie: matig stevig
Bodem: Bodemkundige interpretatie: bouwvoor
37 / -0.44
Laag algemeen: Bovengrens laag in cm: 37, Aard bovengrens: abrupt (<0,3 cm), Ondergrens laag in cm: 115, Aard ondergrens: diffuus (3-10 cm), Boortype en diameter: guts-3 cm, Kleur: licht-grijs
Lithologie: Grondsoort: klei, Bijmengsel: sterk siltig, Sublagen1: zandlagen-enkele-dun, Consistentie: matig stevig, Lithogenese: kwelderafzettingen
Bodem: Ijzer/mangaan: enkele Fe-vlekken
Laag opmerking: Opmerking: z.vl.
115 / -1.22
Laag algemeen: Bovengrens laag in cm: 115, Aard bovengrens: diffuus (3-10 cm), Ondergrens laag in cm: 150, Aard ondergrens: geleidelijk (0,3-3 cm), Boortype en diameter: guts-3 cm, Kleur: blauw-grijs
Lithologie: Grondsoort: klei, Bijmengsel: sterk zandig, Sublagen1: zandlagen-enkele-dun, Consistentie: matig slap, Lithogenese: kwelderafzettingen
150 / -1.57
Laag algemeen: Bovengrens laag in cm: 150, Aard bovengrens: geleidelijk (0,3-3 cm), Ondergrens laag in cm: 250, Boortype en diameter: guts-3 cm, Kleur: blauw-grijs
Lithologie: Grondsoort: klei, Bijmengsel: sterk siltig, Sublagen1: zandlagen-veel-dun, Consistentie: matig slap, Lithogenese: kwelderafzettingen
Bodem: Brokken en vlekken: humusvlekken
Einde boring 250 / -2.57

Boring: NFTEM_25

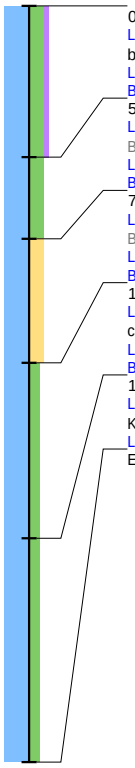
Kop algemeen: Projectcode: NFTEM, Boornummer: 25, Beschrijver(s): HV/EZ, Datum: 18-11-2020, Doel boring: archeologie - verkenning, Einddiepte boring in cm: 230
Coördinaten: X-coördinaat in meters: 197950.729, Y-coördinaat in meters: 600306.197, Precisie coördinaat: 1 dm, Coördinaatsysteem / epsg: Rijksdriehoeksmeting (NL), Hoogte maaiveld in meters: -0.042, Precisie hoogte: 1 cm, Referentievlak hoogte: Normaal Amsterdams Peil, Bepalingsmethode maaiveldhoogte: GPS
Plaats: Provincie: Groningen, Gemeente: Noardeast-Fryslân, Opdrachtgever: Arcadis BV, Uitvoerder: RAAP Noord



0 / -0.04
Laag algemeen: Bovengrens laag in cm: 0, Ondergrens laag in cm: 35, Aard ondergrens: abrupt (<0,3 cm), Boortype en diameter: guts-3 cm, Kleur: licht-bruin-grijs
Lithologie: Grondsoort: klei, Bijmengsel: sterk siltig, Bijmengsel humus: zwak humeus, Consistentie: matig stevig
Bodem: Bodemkundige interpretatie: bouwvoor
35 / -0.39
Laag algemeen: Bovengrens laag in cm: 35, Aard bovengrens: abrupt (<0,3 cm), Ondergrens laag in cm: 52, Aard ondergrens: abrupt (<0,3 cm), Boortype en diameter: guts-3 cm, Kleur: licht-grijs
Lithologie: Grondsoort: zand, Bijmengsel: matig siltig, Mediaanklasse: uiterst fijn, Sublagen1: kleilagen-enkele-dun, Lithogenese: kwelderafzettingen
Bodem: Ijzer/mangaan: enkele Fe-vlekken
Laag opmerking: Opmerking: z.vl.
52 / -0.56
Laag algemeen: Bovengrens laag in cm: 52, Aard bovengrens: abrupt (<0,3 cm), Ondergrens laag in cm: 85, Aard ondergrens: abrupt (<0,3 cm), Boortype en diameter: guts-3 cm, Kleur: licht-grijs
Lithologie: Grondsoort: klei, Bijmengsel: matig siltig, Sublagen1: zandlagen-enkele-dun, Consistentie: matig stevig, Lithogenese: kwelderafzettingen
Bodem: Ijzer/mangaan: enkele Fe-vlekken
85 / -0.89
Laag algemeen: Bovengrens laag in cm: 85, Aard bovengrens: abrupt (<0,3 cm), Ondergrens laag in cm: 110, Aard ondergrens: diffuus (3-10 cm), Boortype en diameter: guts-3 cm, Kleur: licht-grijs
Lithologie: Grondsoort: klei, Bijmengsel: matig siltig, Sublagen1: zandlagen-veel-dun, Consistentie: matig slap, Lithogenese: kwelderafzettingen
110 / -1.14
Laag algemeen: Bovengrens laag in cm: 110, Aard bovengrens: diffuus (3-10 cm), Ondergrens laag in cm: 180, Aard ondergrens: abrupt (<0,3 cm), Boortype en diameter: guts-3 cm, Kleur: blauw-grijs
Lithologie: Grondsoort: zand, Bijmengsel: matig siltig, Mediaanklasse: uiterst fijn, Sublagen1: kleilagen-veel-dun, Lithogenese: kwelderafzettingen
180 / -1.84
Laag algemeen: Bovengrens laag in cm: 180, Aard bovengrens: abrupt (<0,3 cm), Ondergrens laag in cm: 230, Boortype en diameter: guts-3 cm, Kleur: blauw-grijs
Lithologie: Grondsoort: zand, Bijmengsel: matig siltig, Mediaanklasse: uiterst fijn, Lithogenese: wadafzettingen
Einde boring 230 / -2.34

Boring: NFTEM_26

Kop algemeen: Projectcode: NFTEM, Boornummer: 26, Beschrijver(s): HV/EZ, Datum: 18-11-2020, Doel boring: archeologie - verkenning, Einddiepte boring in cm: 250
Coördinaten: X-coördinaat in meters: 197899.693, Y-coördinaat in meters: 600305.789, Precisie coördinaat: 1 dm, Coördinaatsysteem / epsg: Rijksdriehoeksmeting (NL), Hoogte maaiveld in meters: 0.149, Precisie hoogte: 1 cm, Referentievlak hoogte: Normaal Amsterdams Peil, Bepalingsmethode maaiveldhoogte: GPS
Plaats: Provincie: Groningen, Gemeente: Noardeast-Fryslân, Opdrachtgever: Arcadis BV, Uitvoerder: RAAP Noord

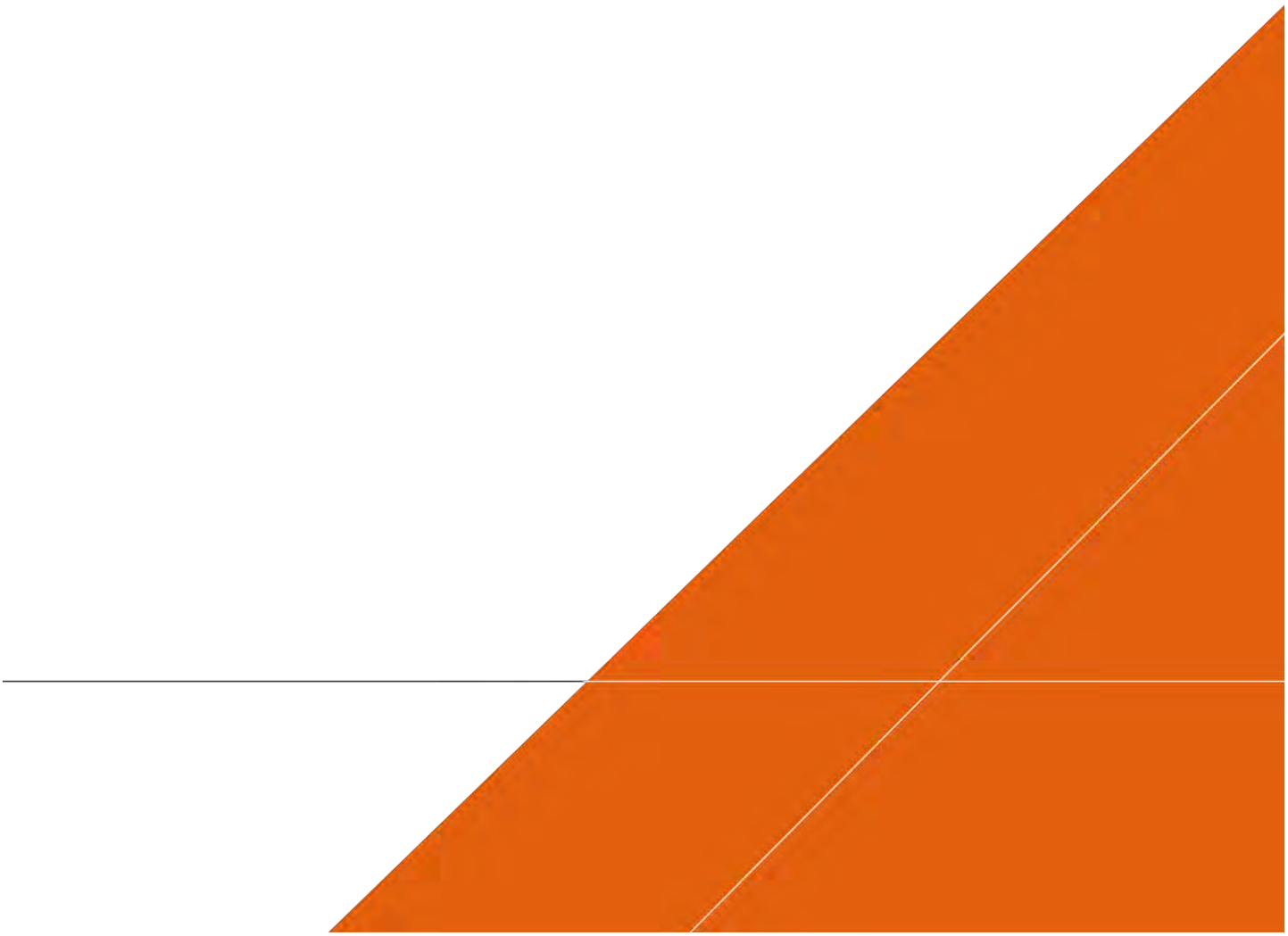


0 / 0.15
Laag algemeen: Bovengrens laag in cm: 0, Ondergrens laag in cm: 50, Aard ondergrens: abrupt (<0,3 cm), Boortype en diameter: guts-3 cm, Kleur: bruin-grijs
Lithologie: Grondsoort: klei, Bijmengsel: sterk siltig, Bijmengsel humus: zwak humeus, Consistentie: matig stevig
Bodem: Bodemkundige interpretatie: bouwvoor
50 / -0.35
Laag algemeen: Bovengrens laag in cm: 50, Aard bovengrens: abrupt (<0,3 cm), Ondergrens laag in cm: 77, Aard ondergrens: abrupt (<0,3 cm), Boortype en diameter: guts-3 cm, Kleur: licht-bruin-grijs
Lithologie: Grondsoort: klei, Bijmengsel: sterk siltig, Consistentie: matig stevig, Lithogenese: kwelderafzettingen
Bodem: Ijzer/mangaan: enkele Fe-vlekken
77 / -0.62
Laag algemeen: Bovengrens laag in cm: 77, Aard bovengrens: abrupt (<0,3 cm), Ondergrens laag in cm: 118, Aard ondergrens: geleidelijk (0,3-3 cm), Boortype en diameter: guts-3 cm, Kleur: licht-grijs
Lithologie: Grondsoort: klei, Bijmengsel: sterk zandig, Sublagen1: zandlagen-enkele-dun, Consistentie: matig slap, Lithogenese: kwelderafzettingen
Bodem: Ijzer/mangaan: enkele Fe-vlekken
118 / -1.03
Laag algemeen: Bovengrens laag in cm: 118, Aard bovengrens: geleidelijk (0,3-3 cm), Ondergrens laag in cm: 176, Aard ondergrens: diffuus (3-10 cm), Boortype en diameter: guts-3 cm, Kleur: licht-grijs
Lithologie: Grondsoort: klei, Bijmengsel: matig siltig, Sublagen1: siltlagen-enkele-zeer dun, Consistentie: matig slap, Lithogenese: kwelderafzettingen
Bodem: Ijzer/mangaan: enkele Fe-vlekken
176 / -1.61
Laag algemeen: Bovengrens laag in cm: 176, Aard bovengrens: diffuus (3-10 cm), Ondergrens laag in cm: 250, Boortype en diameter: guts-3 cm, Kleur: blauw-grijs
Lithologie: Grondsoort: klei, Bijmengsel: matig siltig, Consistentie: matig slap, Lithogenese: kwelderafzettingen
Einde boring 250 / -2.35

ARCADIS Design & Consultancy for natural and built assets

BUREAU- EN KARTEREND ONDERZOEK ARCHEOLOGIE PIJPLEIDING TERNAARD - MODDERGAT

14 JUNI 2016



Contactpersonen

INGRID E. BENJAMINS
Senior projectleider

M +31 650736827
E ingrid.benjamins@arcadis.com

Arcadis Nederland B.V.
Postbus 63
9400 AB Assen
Nederland

INHOUDSOPGAVE

1 INLEIDING 5
1.1 Inleiding en aanleiding onderzoek 5
1.2 Plangebied en onderzoeksgebied 5
1.3 Huidige en toekomstige situatie plangebied 5
1.4 Doel van het bureauonderzoek 6
1.5 Werkwijze 8
1.6 Juridisch- en beleidskader 8

2 LANDSCHAP 9
2.1 Inleiding 9
2.2 Paleogeografische ontwikkeling 9
2.3 Geomorfologie 12
2.4 Actueel Hoogtebestand Nederland (AHN 0,5) 12
2.5 Bodemkaart 13
2.6 DINO-loket 13

3 ARCHEOLOGIE 14
3.1 Bekende archeologische waarden 14
3.2 Friese Archeologische Monumentenkaart Extra (FAMKE) 16
3.3 Cultuurhistorische kaart provincie Fryslân 17

4 HISTORIE 18

5 SYNTHESE 21
5.1 Conclusies en verwachtingsmodel 21

6 VELDWERK 23
6.1 Opzet veldwerk 23
6.2 Doel en vraagstelling 23
6.3 Resultaten veldwerk 23
6.3.1 Archeologie 24
6.4 Beantwoording onderzoeksvragen 26

7 CONCLUSIES EN ADVIES 27
7.1 Conclusie 27
7.2 Selectieadvies 27
LITERATUUR 29
BIJLAGE 1 GEOMORFOLOGISCHE KAART 31
BIJLAGE 2 AHN 33
BIJLAGE 3 BODEMKAART 35
BIJLAGE 4 BOORSTATEN NITG-TNO (DINO-LOKET) 37
BIJLAGE 5 RAAIPROFIEL OP BASIS VAN NITG-TNO (DNO-LOKET) 39
BIJLAGE 6 BOORPUNTENKAART NITG-TNO (DINO-LOKET) 41
BIJLAGE 7 BOORSTATEN VELDWERK 43
BIJLAGE 8 BOORPUNTENKAART VELDWERK 45
BIJLAGE 9 RAAIPROFIELEN VELDWERK 46
BIJLAGE 10 VONDSTLOCATIES 48

1 INLEIDING

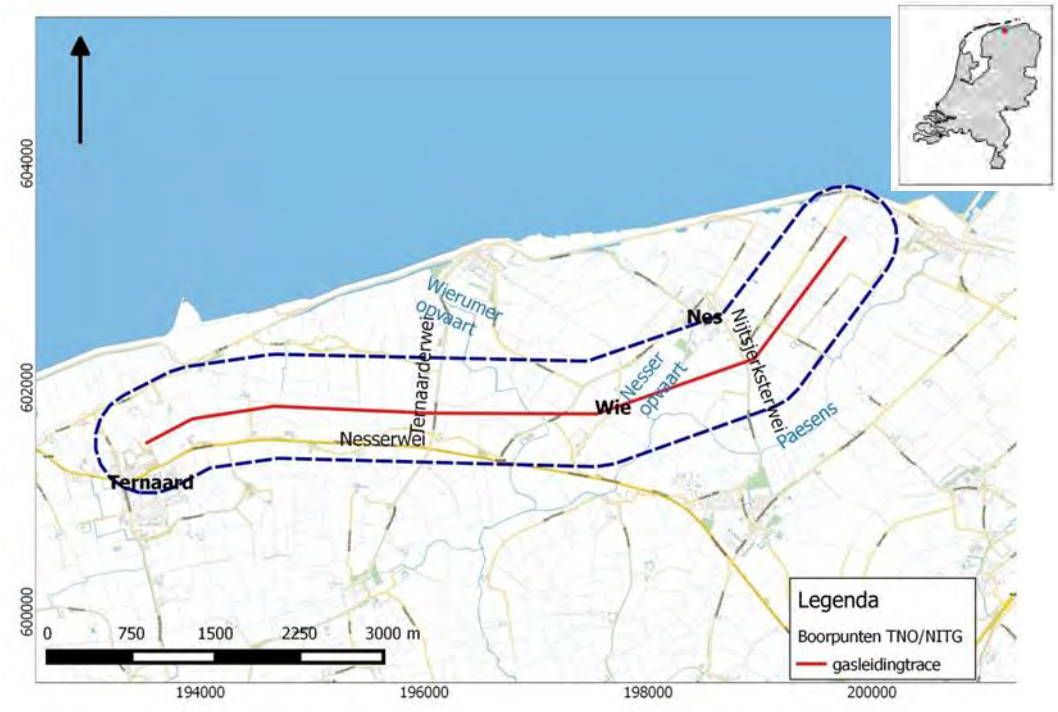
1.1 Inleiding en aanleiding onderzoek

Als onderdeel van de aanleg van een nieuwe gasleiding tussen Ternaard en Moddergat (gemeente Dongeradeel, Fryslân) zijn werkzaamheden gepland die gepaard gaan met bodemverstoring. Het tracé ligt in een zone waar archeologische waarden uit de periode IJzertijd – Middeleeuwen verwacht worden.

1.2 Plangebied en onderzoeksgebied

Het plangebied wordt gevormd door het tracé waar de gasleiding is gepland. Het onderzoeksgebied omvat een groter terrein rondom het plangebied. De introductie van een onderzoeksgebied heeft tot doel meer informatie omtrent bodemkundige, archeologische en historische informatie van een groter gebied te verzamelen, waardoor meer gefundeerde uitspraken over de archeologische potentie van het gebied kunnen worden gedaan. Gezien de omvang van het gasleidingtracé en de bodemkundige, historische en archeologische kenmerken van het gebied wordt een onderzoeksbuffer van 500 m voldoende geacht. Onderstaande kaart toont de locatie van het plangebied en onderzoeksgebied.

Afbeelding 1: Locatie plan- en onderzoeksgebied.



1.3 Huidige en toekomstige situatie plangebied

Het plangebied is onbebouwd en overwegend in gebruik als landbouwgebied (aardappelteelt) en grasland. Het plangebied wordt doorsneden door diverse watergangen en enkele verharde wegen.

De gasleiding wordt ondergronds aangelegd. Nadat de sleuven zijn gedicht, blijft de functie van het terrein in principe onveranderd.

Tabel 1: Administratieve gegevens.

Objectgegevens onderzoek	
Arcadis Projectnummer	C05042.000243.0100
Projectnaam	BO en IVO-verkennend archeologie pijpleiding Ternaard - Moddergat
Plaats	Ternaard - Moddergat
Gemeente	Dongeradeel
Provincie	Fryslân
Archeoregio	Fries-Gronings kleigebied
Coördinaten (X, Y) Oost West	 X = 200330 Y = 602040 X = 193540 Y = 600040
Lengte tracé	Ca. 7500 m
Kaartblad	06B, 01H, 02G
Onderzoeksmelding Archis3	3992745100
Uitvoerder	Arcadis Nederland B.V.
Contactpersoon	I.E. Benjamins, Arcadis Nederland B.V.
Auteur	E.W. Brouwer, Laagland Archeologie
Opdrachtgever	Nederlandse Aardolie Maatschappij BV
Bevoegd gezag	Gemeente Dongeradeel
Uitvoeringsperiode onderzoek	Maart – mei 2016
Beheerder en plaats documentatie	Arcadis Nederland B.V., locatie Assen
Arcadis rapportnummer	92

1.4 Doel van het bureauonderzoek

Het doel van het bureauonderzoek is het inventariseren van bekende gegevens in en nabij het plangebied en het opstellen van een specifiek advies voor eventueel vervolgonderzoek op locaties waar mogelijk archeologische resten worden verstoord.

1. Het bureauonderzoek heeft als doel inzicht te verschaffen in de archeologische waarden die zich mogelijk in het plangebied bevinden of verwacht worden.
2. Aan de hand van dit bureauonderzoek wordt een uitspraak gedaan over de noodzaak van eventueel archeologisch vervolgonderzoek.

De volgende onderzoeksvragen zijn leidend voor het bureauonderzoek[1]:

1 – Zijn er in of vlak langs het tracé archeologische vindplaatsen bekend? Zo ja, wat is de locatie, aard, datering en omvang hiervan?

[1] KNA Leidraad Beekdalen in Pleistoceen Nederland versie 1.0.

2 – Wat is er bekend over de ontginning, de indeling, de inrichting en het gebruik van het plangebied door de tijd heen?

3 – Wat is de bodemopbouw van het plangebied en wat kan worden gezegd over de positie van waterlopen en kwelders in vroeger tijden?

4 – Waar is sprake van locaties of zones van (mogelijk) grote archeologische waarde, bijvoorbeeld kwelderruggen of terpen?

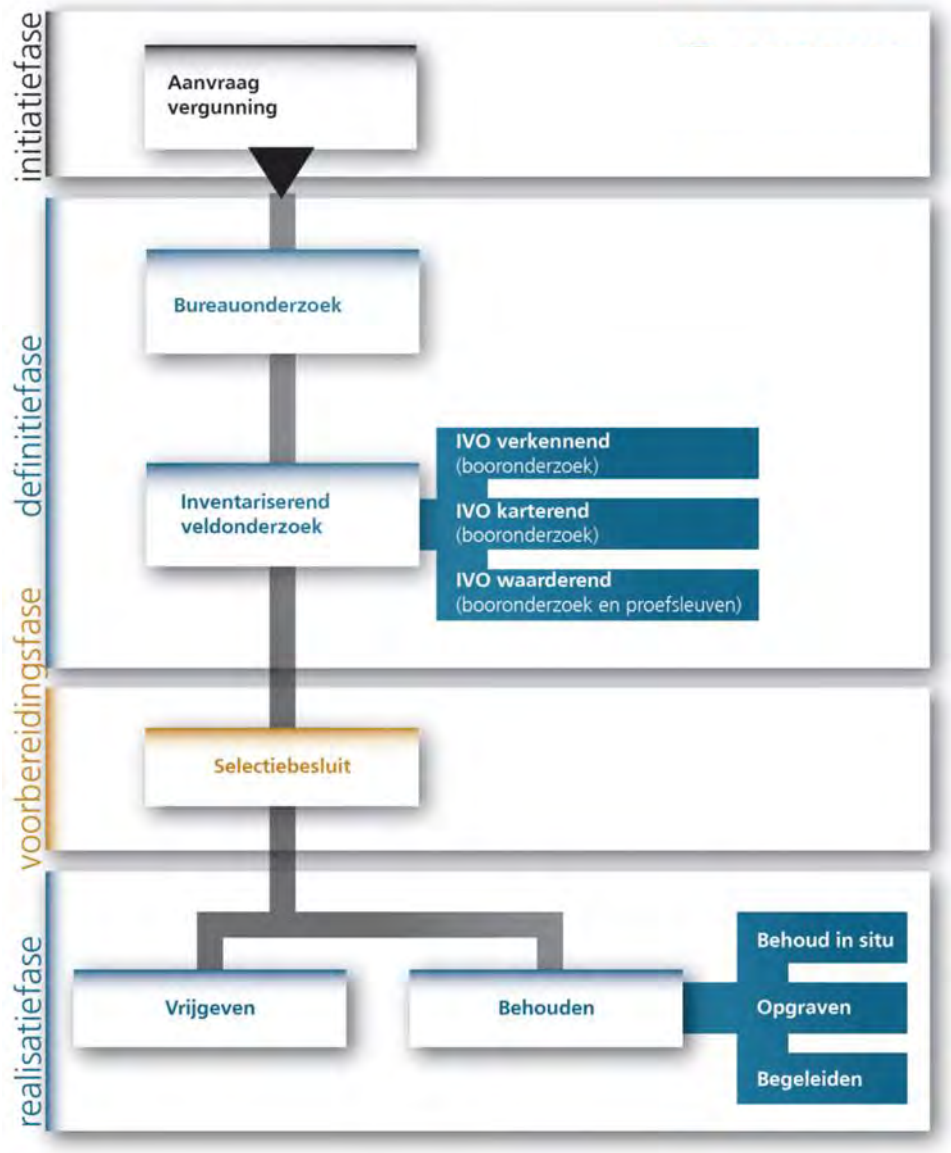
7 – Welke archeologische verwachting kan worden toegekend aan de bovenste 2,5 m van de bodem? In hoeverre is het mogelijk om deze verwachting te specificeren naar aard (type), datering en omvang van de vindplaats(en)?

8 – Welke methoden en technieken van veldonderzoek zijn er nodig om de gespecificeerde verwachting uit het bureauonderzoek te toetsen en aan te vullen?

Het bureauonderzoek maakt deel uit van de AMZ-cyclus, zoals weergegeven in Afbeelding 2.

De conclusies van onderhavig onderzoek zijn richtinggevend voor eventueel vervolgonderzoek. Op deze manier kunnen eventueel aanwezige archeologische waarden volwaardig worden meegenomen in de verdere ruimtelijke ontwikkeling.

Afbeelding 2: Schematische weergave van de AMZ-cyclus.



1.5 Werkwijze

De werkzaamheden bestaan uit het uitvoeren van een bureaustudie. Deze richt zich op archeologische bronnen als de FAMKE (Friese Archeologische Monumentenkaart Extra), de Archeologische Monumentenkaart (AMK), de archeologische database Archis van de Rijksdienst voor het Cultureel Erfgoed (RCE) en gegevens van relevante archeologische onderzoeken in de nabijheid van het plangebied. Ook wordt gebruik gemaakt van de topografische kaart, de geomorfologische kaart en de bodemkaart, het Algemeen Hoogtebestand Nederland (AHN2), ondergrondgegevens uit DINO-loket, paleogeografische kaarten en literatuur. Tenslotte is historisch kaartmateriaal gebruikt om de bestemming van het plangebied in het verleden vast te stellen.

1.6 Juridisch- en beleidskader

Monumentenwet 1988

De manier waarop met archeologisch erfgoed wordt omgegaan, is geregeld in de Monumentenwet 1988. Deze wet en de hierop gebaseerde regelgeving bevatten onder meer voorschriften met betrekking tot de opgravingsvergunning, het melden van archeologische vondsten en de archeologische rapportage. Op grond van artikel 38a van de Monumentenwet 1988 en op grond van de Wet ruimtelijke ordening (artikel 3.1.6 Besluit ruimtelijke ordening), zijn gemeenten gehouden de belangen van de archeologische monumentenzorg in hun bestemmingsplannen te verankeren. De verankering vindt plaats door het toekennen van de bestemming of dubbelbestemming ‘waarde archeologie’. In een gemeentelijke verordening en in het bestemmingsplan worden regels opgenomen met betrekking tot het gebruik van de grond. Aan deze regels kan een omgevingsvergunningstelsel voor onder meer het gebruik van de grond en voor werken en werkzaamheden worden gekoppeld. Op grond van artikel 2.22, derde lid onder d, van de Wet Algemene Bepalingen Omgevingsrecht kunnen in het belang van de archeologische monumentenzorg, voorschriften aan de omgevingsvergunning worden verbonden. Deze voorschriften kunnen inhouden dat de aanvrager van een omgevingsvergunning een rapport overlegd, waarin de archeologische waarde wordt vastgesteld van het terrein dat volgens de aanvraag wordt verstoord. In aanvulling op de bepalingen in de Monumentenwet 1988 en de Wabo, is in artikel 3 van de Ontgrondingenwet bepaald dat de provincie in het belang van de archeologische monumentenzorg, voorschriften kan verbinden aan een ontgrondingsvergunning.

Provinciaal beleid provincie Fryslân

In samenwerking met het rijk en de gemeenten is de FAMKE (Friese Archeologische Monumentenkaart Extra) opgesteld. De FAMKE is gebaseerd op twee bestaande landelijke kaarten: de Archeologische Monumentenkaart (AMK) en de Indicatieve Kaart Archeologische Waarden (IKAW). Daarnaast houdt de FAMKE rekening met de kans dat mogelijk aanwezige archeologische resten verstoord zijn. De Famke houdt ook rekening met de omvang van de bodemingreep. Hieruit ontstaan provincie dekkende kaarten voor de periode ijzertijd – middeleeuwen en laat-paleolithicum – bronstijd die aangeven hoe op meest optimale wijze met het bodemarchief kan worden omgegaan.

Gemeentelijk beleid gemeente Dongeradeel

De gemeente Dongeradeel beschikt, net als overigens de meeste Friese gemeenten, niet over een eigen archeologisch beleid. Meestal wordt teruggegrepen op het provinciale beleid.

2 LANDSCHAP

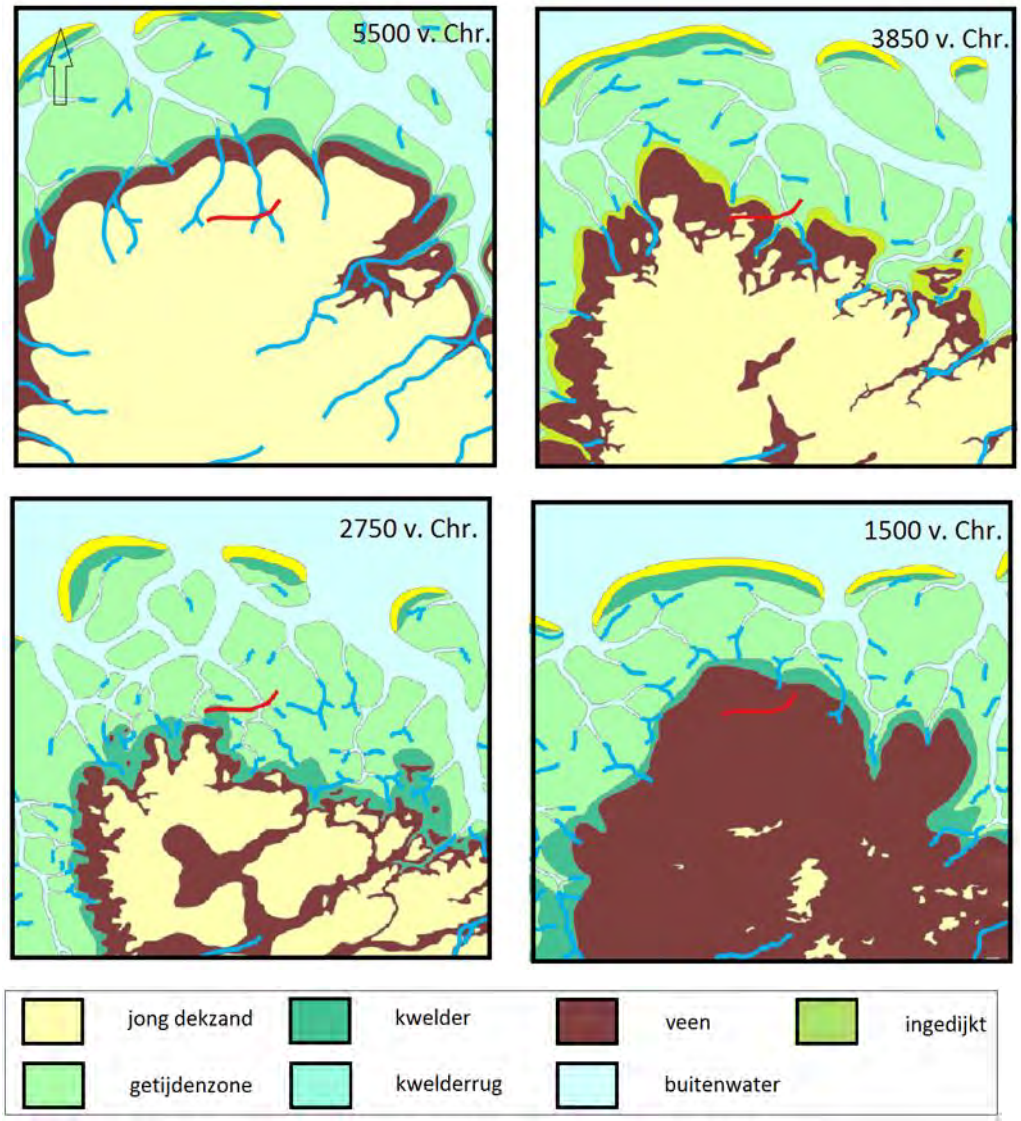
2.1 Inleiding

Het menselijke doen en laten werd en wordt in grote mate bepaald door de landschappelijke omgeving, en de mogelijkheden die daardoor geboden worden. De geologische, geomorfologische en bodemkundige situaties zijn daarom van belang voor een archeologisch onderzoek.

2.2 Paleogeografische ontwikkeling

De ontstaansgeschiedenis vanaf het vroege Holoceen wordt inzichtelijk gemaakt met behulp van een aantal paleogeografische kaarten (zie onderstaande afbeelding) en een aantal boringen uit het DINO-loket (NITG-TNO). De boorstaten van NITG-TNO zijn opgenomen in bijlage 4; de boorpuntenkaart is afgebeeld in bijlage 6.

Afbeelding 3: Paleogeografische ontwikkeling tussen 9000 en 1500 voor Chr. Het leidingtracé is aangeduid met een rode lijn.



Tegen het einde van de laatste ijstijd (het Weichselien) lag het plangebied in een uitgestrekt dekzandgebied. Doordat de zeespiegel vele tientallen meters lager stond dan tegenwoordig, had het zeewater nog geen enkele invloed op het plangebied. Dat veranderde toen de temperatuur opliep en de grote ijsmassa's

smolten. De zeespiegel steeg geleidelijk en schoof daarmee landinwaarts. Lang voordat de zee invloed op het gebied kreeg, ontstond veengroei onder invloed van lokale hydrologische omstandigheden. De vorming van dit basisveen is in Noordwest Fryslân gedateerd tussen het Preboreaal en midden Atlanticum.

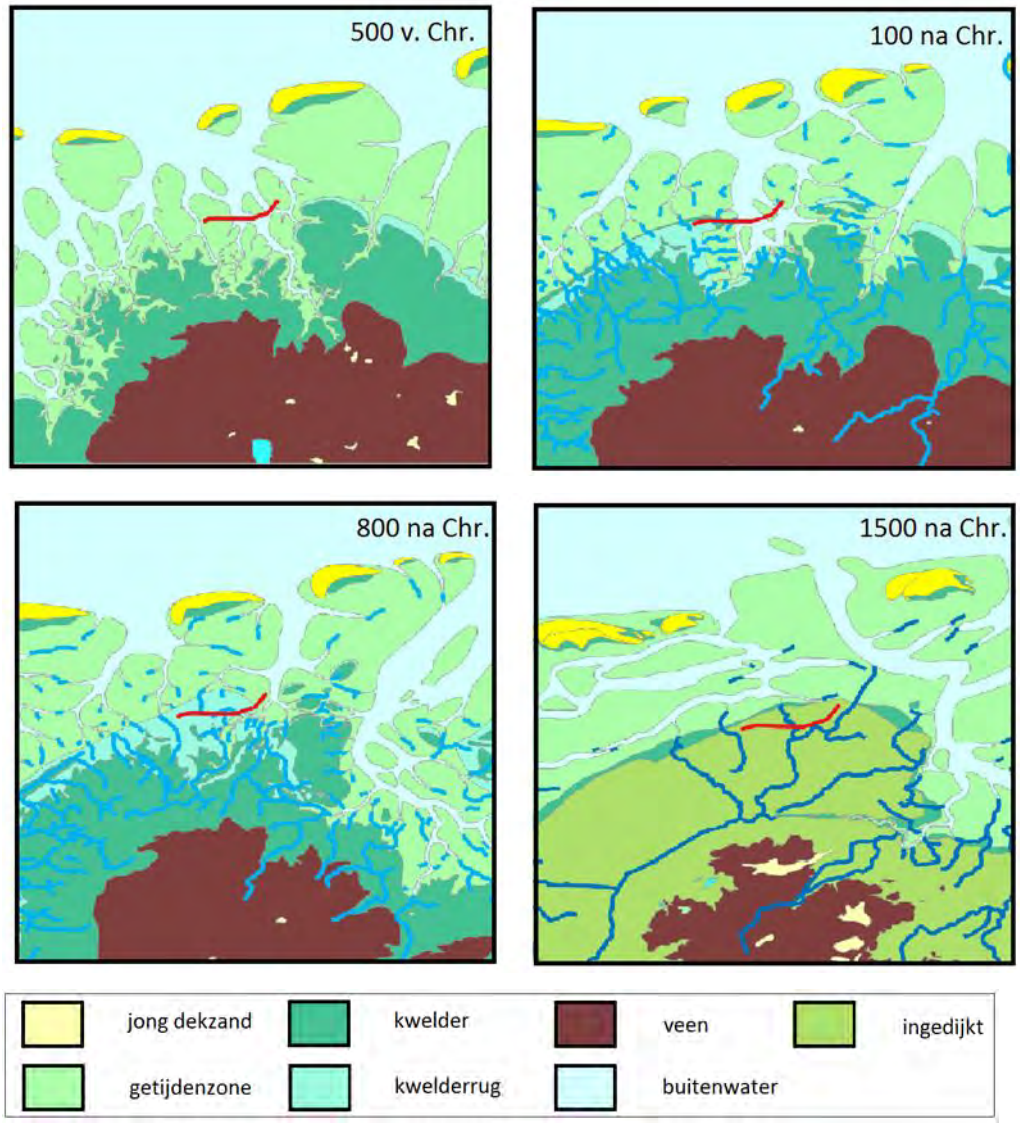
Op de grens tussen het dekzand en het kweldergebied ontstond een smalle veengordel (Basisveen), die zich onder invloed van de stijgende zee en de zich landinwaarts verplaatsende kustlijn, verder in zuidelijke richting verplaatste (Afbeelding 3, links en rechts boven). Uiteindelijk drong zeewater het plangebied binnen. In een tijdsbestek van ruwweg 3000 jaar veranderde dit deel van Noordwest Fryslân van een door rivieren doorsneden dekzandgebied in een getijdengebied waar klei, silt en zandige klei/kleiig zand werd afgezet. In het meest westelijke deel van het plangebied – ter hoogte van Ternaard – ontwikkelde zich een kweldergebied op de getijdenafzettingen.

Rond 2500 voor Chr. nam de invloed van de zee af en kon op uitgebreide schaal veengroei ontstaan (Afbeelding 3, rechtsonder). Ten noorden van het plangebied kon het mariene getijdengebied zich handhaven en ontstond een relatief smalle kweldergordel. De faciës van de daar aanwezige afzettingen wijzen erop dat deze werden gevormd in een ondiep, brak milieu waarin behalve sedimentatie van klastisch materiaal ook groei van riet optrad[2]. Het einde van de veengroei – en daarmee het begin van een periode waarin de zee opnieuw grip kreeg op het gebied – ligt rond 1090 voor Chr.[3]

Aanvankelijk verliep die overstroming rustig: het onderliggende veenoppervlak buiten de geulen is niet of slechts weinig geërodeerd[4]. De lage dynamiek is te verklaren door de relatief hoge ligging van het veengebied. Na deze laag dynamische fase klonk het veen in en ontwikkelde zich in het plangebied opnieuw een waddenmilieu met geulen en platen (Afbeelding 4, linksboven). Aan de landzijde ontwikkelden zich kwelders, die zich geleidelijk in noordelijke richting ontwikkelen. Op de kwelders ontstaan kwelderruggen (Afbeelding 4, rechtsboven). Het gebied ten oosten van ruwweg de huidige Ternaarderwei is nog een waddengebied en wordt nog doorsneden door een zeearm. Tussen 100 – 800 na Chr. slibt deze zeearm dicht. Tot aan (ongeveer) de huidige Meinsmawei bij Nes kon zich een (zeer brede) kwelderrug ontwikkelen. Het gebied ten oosten van de Meinsmawei vormde nog onderdeel van het waddengebied (Afbeelding 4, linksonder). Vanaf ongeveer 1000 na Chr. werd het gehele gebied ingedijkt.

[2] Griede, 1978: p. 86
[3] ibid., p. 88. Griede noemt hier een 14C-datering van de top van een veenlaag bij Ternaard van 2875 +/-110 BP (circa 1090 +/-148 jaar voor Chr.).
[4] ibid., p. 89

Afbeelding 4: Paleogeografische ontwikkeling tussen 500 voor Chr. en 1500 na Chr. Het leidingtracé is aangeduid met een rode lijn.



Toelichting op paleogeografische eenheden in het plangebied

Het westelijke deel van het plangebied bevindt zich op een zone die op de geomorfologische kaart is aangeduid als kwelderwal (Griede, 1978: p. 100). De kwelderwal is gevormd op kwelderafzettingen, die weer op wadafzettingen zijn gelegen.

Een *getijdengebied* is een overgangsgebied tussen de zee en het vasteland. Een getijdengebied staat direct onder invloed van zeewater en kent van nature een hoge dynamiek waarbij aangroei en afslag van land elkaar afwisselen. De lagere delen worden gevormd door slikken en platen. Slikken bevatten veel fijn sediment (klei, slib). Platen ontstaan naast de stroomgeulen. Door de hogere stroomsnelheden zijn platen veel zandiger. Wadplaten bestaan uit kleiig zand, overgaand in zandige klei. De lagere delen zijn onbegroeid, terwijl de hogere delen ijle begroeiing kennen. Doordat wadplaten rijk aan bodemdieren (wormen, schelpen) zijn, vindt veel omwoeling plaats. De oorspronkelijke gelaagdheid is daarom verdwenen.

Kwelders en kwelderruggen worden gevormd door de hogere, begroeide delen van het getijdengebied. De lagere delen worden bij elk hoogwater nog overstroomd, maar de hogere kwelders en kwelderruggen vaak alleen nog bij springtij of tijdens stormen. Op grond van genetische en beschrijvende criteria kan onderscheid worden gemaakt tussen een kwelder en een kwelderwal

Een *kwelder* ontstaat bij opslibbing van wadzandplaten in een regelmatig en ongestoord tempo. Hierdoor ontstaat een horizontale gelaagdheid van afwisselend zand (tijdens stormvloeden) en klei. Doordat bodemdieren veel minder voorkomen, is deze gelaagdheid vaak behouden. De hoogteverschillen zijn gering

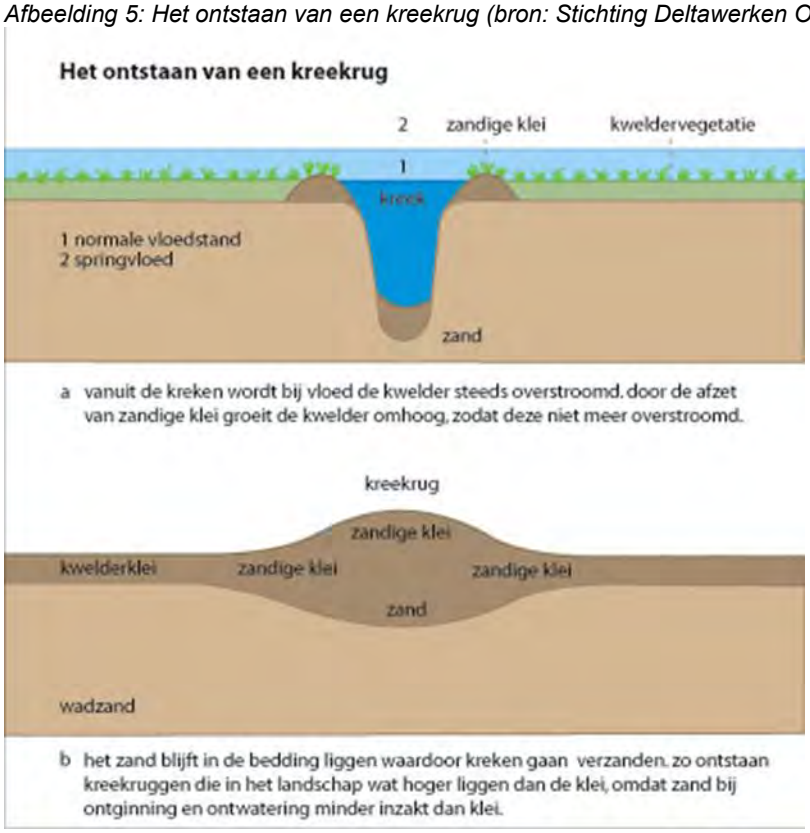
en meestal is de zeezijde van het kwelderlandschap iets hoger gelegen en uit zandiger materiaal opgebouwd dan de landzijde. Kwelders kennen een dichte begroeiing van zoutminnende planten.

Een *kwelderwal* ontstaat doordat aan de zeezijde van een in ontwikkeling zijnde kwelder erosie plaatsvindt. Dit losgemaakte materiaal werd verderop over de kwelder weer afgezet. Lichte zavel wordt direct op de rand van de kwelder gedeponeerd; zware zavel en klei komen verder landinwaarts tot sedimentatie.

2.3 Geomorfologie

Op de geomorfologische kaart ligt het plangebied op een kwelderwal (legenda-eenheid 3K31). Het eerste cijfer geeft een indicatie van het relatieve hoogteverschil (0,5-1,5 m) Tussen de Nijtsjerksterwei en de Meinsmawei bij Nes is sprake van een wat hogere kwelderwal (4K31). Hier is het relatieve hoogteverschil 1,5 – 5 m. Ter hoogte van het dorpje Wie wordt de kwelderwal doorsneden door een geul. Deze waterloop is nu nog in (gekanaliseerde vorm) aanwezig als de Wierumer opvaart. Ter hoogte van deze waterloop zijn zandige kleiafzettingen te verwachten (Afbeelding 5).

Afbeelding 5: Het ontstaan van een kreekrug (bron: Stichting Deltawerken Online.



2.4 Actueel Hoogtebestand Nederland (AHN 0,5)

Het AHN (bijlage 2) toont ten opzichte van de geomorfologische kaart geen bijzonderheden. De locaties met de hogere kwelderwallen zijn duidelijk waarneembaar. Voor het overige toont het terrein in en rond het plangebied nauwelijks reliëf, al zijn er enkele zones zichtbaar waar sprake is van een (geringe) verhoging (1 t/m 4). Ter hoogte van de oude geul bij Wie betreft dit mogelijk resten van getij-inversierug. Her en der langs het gasleidingtracé zijn kleine, geïsoleerde oranje/rode vlekjes te zien, altijd aangelegd op de van nature wat hoger gelegen delen. Dit zijn (huis)terpen, die hier in de loop van de middeleeuwen zijn opgeworpen. Het gasleidingtracé doorsnijdt geen van deze op het AHN waarneembare antropogene verhogingen.

Voor dit onderzoek is een nauwgezette analyse van het AHN uitgevoerd met als doel mogelijke terpen in en nabij het gasleidingtracé op te sporen. Deze analyse heeft niet tot nieuwe (mogelijke) terpen geleid.

2.5 Bodemkaart

Op de bodemkaart (bijlage 3) doorsnijdt het gasleidingtracé de volgende eenheden:

- Mn15C VI (kalkarme poldervaaggronden bestaande uit lichte zavel);
- Mn25C Vb (kalkarme poldervaaggronden bestaande uit zware zavel);
- Mn15A VI (kalkrijke poldervaaggronden bestaande uit lichte zavel).

De poldervaaggronden worden hier gevormd door mariene kleien. Poldervaaggronden zijn jonge bodems, waarin slechts weinig bodemvorming heeft plaatsgevonden. Ze hebben een dunne humushoudende bovengrond (A-horizont). In het plangebied zal deze bestaan uit een bouwvoor. Poldervaaggronden zijn vanaf het maaiveld roesthoudend. In dit gebied zijn de mariene afzettingen van origine sterk kalkhoudend. Indien ontkalking heeft plaatsgevonden, dan is dat meestal te wijten aan menselijk handelen. Vaak kenmerkt de bodem rondom een archeologische vindplaats zich dan ook door een lager kalkgehalte[5].

De coderingen VI en Vb refereren aan de grondwatertrap. Grondwatertrap VI impliceert een gemiddeld hoogste grondwaterstand (GHG) tussen 40-80 cm –mv. Grondwatertrap Vb houdt een GHG tussen 25-40 cm –mv en een gemiddeld laagste grondwaterstand (GLG) vanaf 120 cm –mv in.

2.6 DINO-loket

In het DINO-loket is in de nabijheid van het geplande gasleidingtracé een aantal boringen geregistreerd. De gegevens van deze boringen zijn verwerkt in het softwarepakket 'Boorstaten!' waarna een raaiprofiel is opgesteld. Bijlage 4 toont de boorstaten op basis van dinoloket.nl; het raaiprofiel is afgebeeld in bijlage 5 en de boorpuntenkaart in bijlage 6.

Uit het raaiprofiel blijkt dat het dekzand (Formatie van Boxtel, Laagpakket van Wierden) bij Ternaard zich op een diepte van ongeveer 4,7 m –NAP bevindt. In boring 119, vlakbij een boerderij ten noorden van de N358/Dongerawei duikt het dekzand op tot circa 3 m –mv, om vervolgens in oostelijke richting te duiken tot dieper dan ongeveer 8,5 m –mv. Op het dekzand bevindt zich meestal een dunne laag Basisveen. In oostelijke richting nemen de Holocene afzettingen (met name de klei en zand van het Laagpakket van Naaldwijk) sterk in dikte toe. Het Pleistocene zand is hier sterk geërodeerd als gevolg van mariene invloeden. Her en der bevindt zich Hollandveen in de klei- en zandafzettingen. Afzettingen die bovenop het Hollandveen liggen, worden gerekend tot het Laagpakket van Walcheren; afzettingen onder het Hollandveen wordt gerekend tot het Laagpakket van Wormer.

Opvallend zijn boringen 123 en 130 (tussen de Ternaarderwei en de Nijetsjerksterwei), waar zandige afzettingen de voornaamste factor vormen. De zandige component vormt mogelijk een aanwijzing dat dit deel voorheen dicht bij zee lag.

[5] Van Zijverden *et al.*, 2014: p. 180.

3 ARCHEOLOGIE

3.1 Bekende archeologische waarden

In deze paragraaf worden de bekende archeologische waarden benoemd. Daarbij wordt teruggegrepen op de Archeologische Monumentenkaart (AMK) en de waarnemingen zoals deze zijn vermeld in ArchisIII.

Onderstaande tabel geeft een opsomming van de AMK-terreinen in het onderzoeksgebied. Het gasleidingtracé doorsnijdt geen AMK-terreinen.

Tabel 2: AMK-terreinen binnen het onderzoeksgebied.

AMK-nr.	Waarde	Periode	Omschrijving
437	zeer hoog, beschermd	late IJzertijd – Nieuwe tijd	Stateterrein (Watthstate), gehucht 'Wie'. Terrein met een terp uit de late ijzertijd/vroeg-Romeinse tijd, gelegen op zandige klei op een kwelderrug. Archeologische sporen liggen direct onder de bouwvoor.
7440	zeer hoog	late Middeleeuwen	Terrein met drie gave ongebouwde huisterpen. De huisterpen liggen direct ten zuiden van een voormalige zeedijk.
7443	hoog	late Middeleeuwen	Terrein met een gave onbebouwde huisterp
7446	zeer hoog	late Middeleeuwen	Terrein met een gave onbebouwde huisterp. Tijdens booronderzoek in 2000 zijn kloostermoppen en kogelpotaardewerkfragmenten aangetroffen.
7447	zeer hoog	Middeleeuwen	dorpsterp van Nes met kerk. Ter plaatse van de kerk zijn in 2000 terplagen aangeboord.
7448	zeer hoog	late Middeleeuwen	terrein met gave onbebouwde huisterp
8972	zeer hoog	Middeleeuwen	terrein met een gave onbebouwde terp
8976	hoog	late Middeleeuwen – Nieuwe tijd	terrein met de resten van de stins Sibetsmastate (stinswier). Het terrein is nu bebouwd.
8977	hoog	late Middeleeuwen	terrein met deels afgegraven, bebouwde huisterp
9234	hoog	late Middeleeuwen	terrein met bebouwde huisterp
9243	hoog	late Middeleeuwen	terrein met bebouwde huisterp
15034	hoog	Middeleeuwen – Nieuwe tijd	terp met dorpskern van Ternaard
15049	hoog	Middeleeuwen – Nieuwe tijd	terp met dorpskern van Nes
15061	hoog	late Middeleeuwen	terrein met onbebouwde huisterp. Uit booronderzoek is gebleken dat het ophogingspakket maximaal ca. 1,4 m dik is.

AMK-nr.	Waarde	Periode	Omschrijving
15062	hoog	late Middeleeuwen	terrein met bebouwde huisterp. Uit booronderzoek is gebleken dat de ophoging maximaal ongeveer 2 m dik is.
15079	hoog	late Middeleeuwen	terrein met bebouwde huisterp. Uit booronderzoek is gebleken dat de ophoging maximaal ongeveer 1,8 m dik is.

Vrijwel alle AMK-terreinen binnen het onderzoeksgebied betreffen huisterpen uit de late middeleeuwen. Daarnaast komen enkele dorpsterpen voor die tot op heden bebouwd zijn geweest. Van AMK-terrein 437 is bekend dat deze zijn wortels in de late IJzertijd-vroeg-Romeinse tijd – vermoedelijk als vlaknederzetting - heeft. Mogelijk zijn ook de andere (dorps)terpen ouder dan tot nu toe wordt aangenomen. Voor zover bekend heeft hier nog geen gericht archeologisch onderzoek plaatsgevonden.

Daarnaast zijn diverse waarnemingen bekend binnen het onderzoeksgebied (Tabel 3).

Tabel 3: Waarnemingen in het onderzoeksgebied.

Waarneming	Periode	Omschrijving
32550	Middeleeuwen	ophoging
56230	Nieuwe tijd	2 fragmenten geglazuurd aardewerk
413884	Vroege Middeleeuwen	schijffibula met Maltezerkruis en verhoogd middenveld
413912	Late Middeleeuwen	munt op naam van Gijsbert van Bronckhorst (1367-1401)
414006	Romeinse tijd – Nieuwe tijd	bronzen onderdeel van bevestiging hengel van een emmer of iets dergelijks
414011	Romeinse tijd – Nieuwe tijd	bronzen deel van (mogelijk) een ring, met een portret van (mogelijk) een beertje
414029	Vroege Middeleeuwen	koperen schijffibula met email

Binnen het onderzoeksgebied hebben talloze archeologische onderzoeken plaatsgevonden. Onderstaande tabel benoemt deze.

Tabel 4: Onderzoeksmeldingen in het onderzoeksgebied. Bron: ArchisIII.

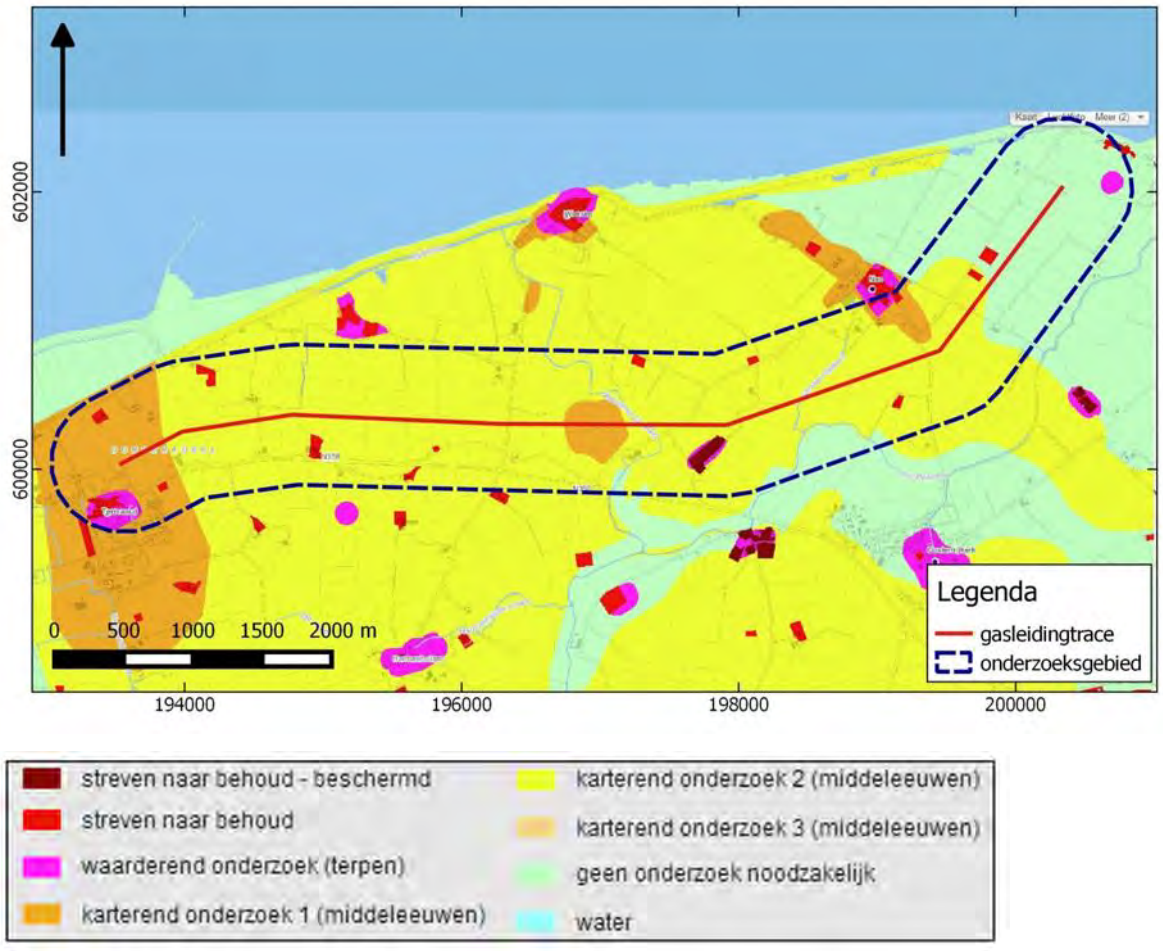
Onderzoeksnr.	Uitvoerder	Type onderzoek/resultaten/advies
8323	De Steekproef	Bureauonderzoek en booronderzoek. In enkele boringen zijn in een sterk zandige klei laag onder de bouwvoor fosfaten aangetroffen. Onder deze laag bevindt zich een meer kleiige laag met fosfaten. Op één locatie is op een diepte van 100 cm –mv een cultuurlaag aangetroffen, bestaande uit een zwarte, sterk organische matig zandige kleilaag met veel fosfaten en oud puin en wat aardewerk aangetroffen. Op basis van het aardewerk is deze laag te dateren na 1500 na Chr. Mogelijk is in enkele boringen (restant van) een huisterp aangetroffen. Geadviseerd

Onderzoeksnr.	Uitvoerder	Type onderzoek/resultaten/advies
		wordt in dit deel geen bodemverstorende werkzaamheden uit te voeren of anders nader archeologisch onderzoek.
14738	Oranjewoud	Bureauonderzoek met boringen op percelen grenzend aan bekende archeologische vindplaatsen (veldtoets). De kans op resten uit de periode steentijd – middeleeuwen wordt in het gehele traject laag geacht. Voor resten vanaf de late middeleeuwen wordt een wat hogere verwachting toegekend. De veldtoets heeft geen archeologische resten opgeleverd. Nader onderzoek wordt niet aanbevolen.
49564	MUG ingenieursbureau	Bureauonderzoek en verkennend booronderzoek. Het plangebied betreft mogelijk een voortzetting van een mogelijke nabije huisterp. In het plangebied was bebouwing vanaf 1811 aanwezig. Er is tijdens het booronderzoek een jonge, sterk puinhoudende ophooglaag waargenomen (geen terplaag). Geconcludeerd wordt dat ter plaatse van het onderzoeksgebied geen sprake is van een terp. Nader archeologisch onderzoek wordt niet aanbevolen.
54971	MUG ingenieursbureau	Bureauonderzoek en verkennend booronderzoek. Tijdens het booronderzoek zijn terplagen (dorpsterp van Ternaard) aangetroffen. Binnen deze cultuurlagen is zachtgebakken puin aangetroffen, dat is geïnterpreteerd als laat-middeleeuws-nieuwe tijd baksteen. De kans op resten uit de periode late middeleeuwen-nieuwe tijd wordt hoog geacht. Ter hoogte van de kansrijke zones wordt vervolgonderzoek in de vorm van een archeologische begeleiding aanbevolen.
26418	De Steekproef	Bureauonderzoek en verkennend booronderzoek. In een vegetatielaag is op een diepte van 3,27 m –mv (2,50 m –NAP) houtskoolstof aangetroffen. Er zijn geen indicatoren voor (prehistorische) bewoning aangetroffen. Het houtskool wordt geïnterpreteerd als brandlaag als gevolg van het wegbranden van de kweldervegetatie ten gunste van landbouw (ijzertijd). Advies: geen vervolgonderzoek

3.2 Friese Archeologische Monumentenkaart Extra (FAMKE)

Op de FAMKE ligt het gasleidingtracé in een zone met een lage archeologische verwachting voor wat betreft de periode Steentijd – Bronstijd. De FAMKE stelt voor wat betreft deze periode dat geen archeologisch onderzoek noodzakelijk is.

Voor de periode IJzertijd – Middeleeuwen ligt het gasleidingtracé overwegend ‘karterend onderzoek 2’ zone (geel). Op twee locaties – bij Ternaard en ten noorden van de Nesserwei – doorsnijdt het gasleidingtracé een zone ‘karterend onderzoek 1’ (oranje). Bij Nes grenst het gasleidingtracé aan een Karterend onderzoek 1 zone. Het meest oostelijk deel van het gasleidingtracé ligt in een zone waar geen archeologisch onderzoek noodzakelijk is (lichtgroen). Het tracé doorsnijdt geen bekende (huis)terpen.



Een Karterend onderzoek 1 zone heeft, op basis van landschappelijke kenmerken (hier een wat hogere landschappelijke ligging), een wat hogere verwachting op het aantreffen van archeologische resten dan een Karterend onderzoek 2 zone.

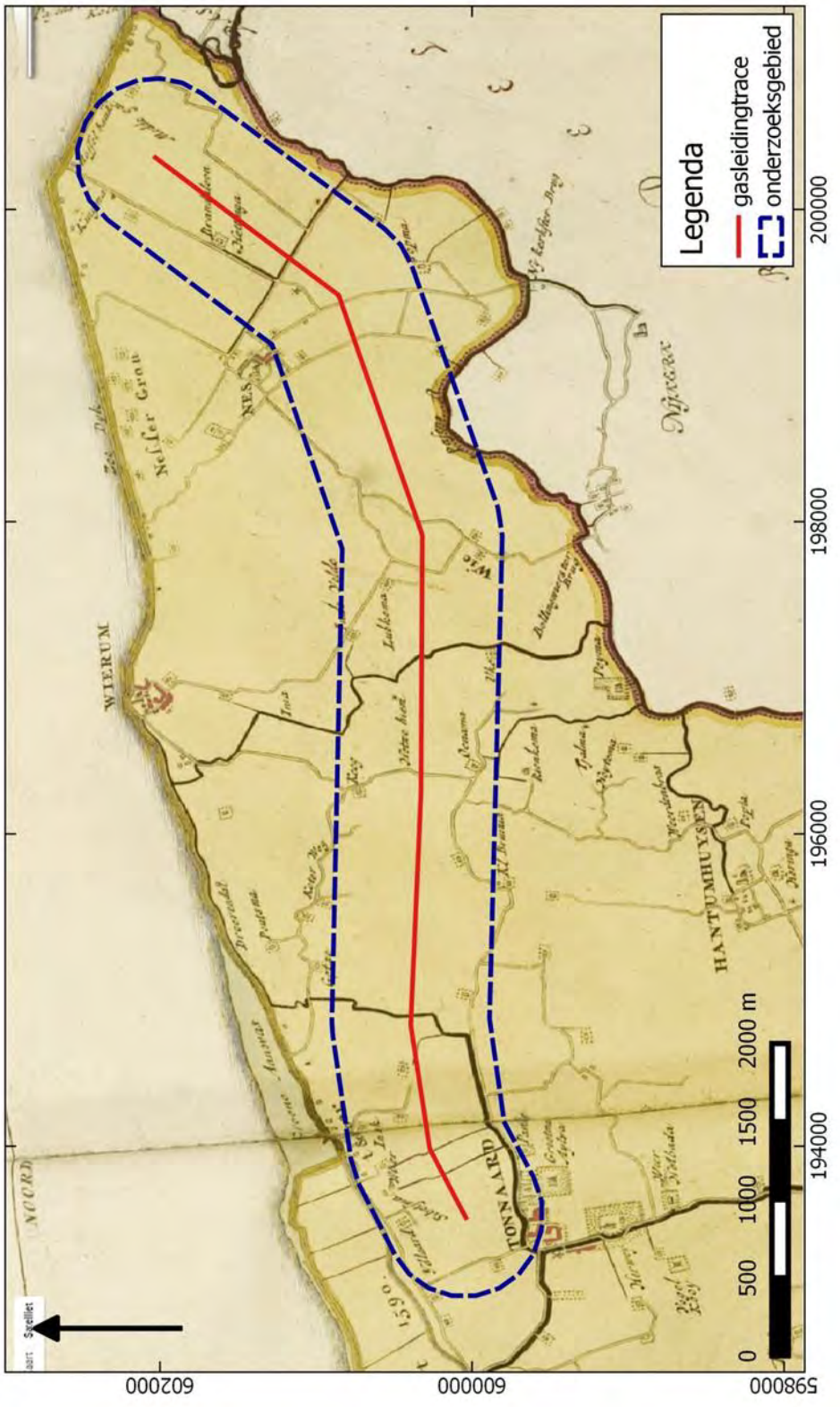
3.3 Cultuurhistorische kaart provincie Fryslân

Tot slot is de cultuurhistorische kaart geraadpleegd, met name om vast te stellen of zich in of nabij het gasleidingtracé of het onderzoeksgebied oude dijken bevinden. Dit blijkt niet het geval. Andere cultuurhistorische objecten (states/stinzen, boerderijen) worden niet doorsneden door het tracé.

4 HISTORIE

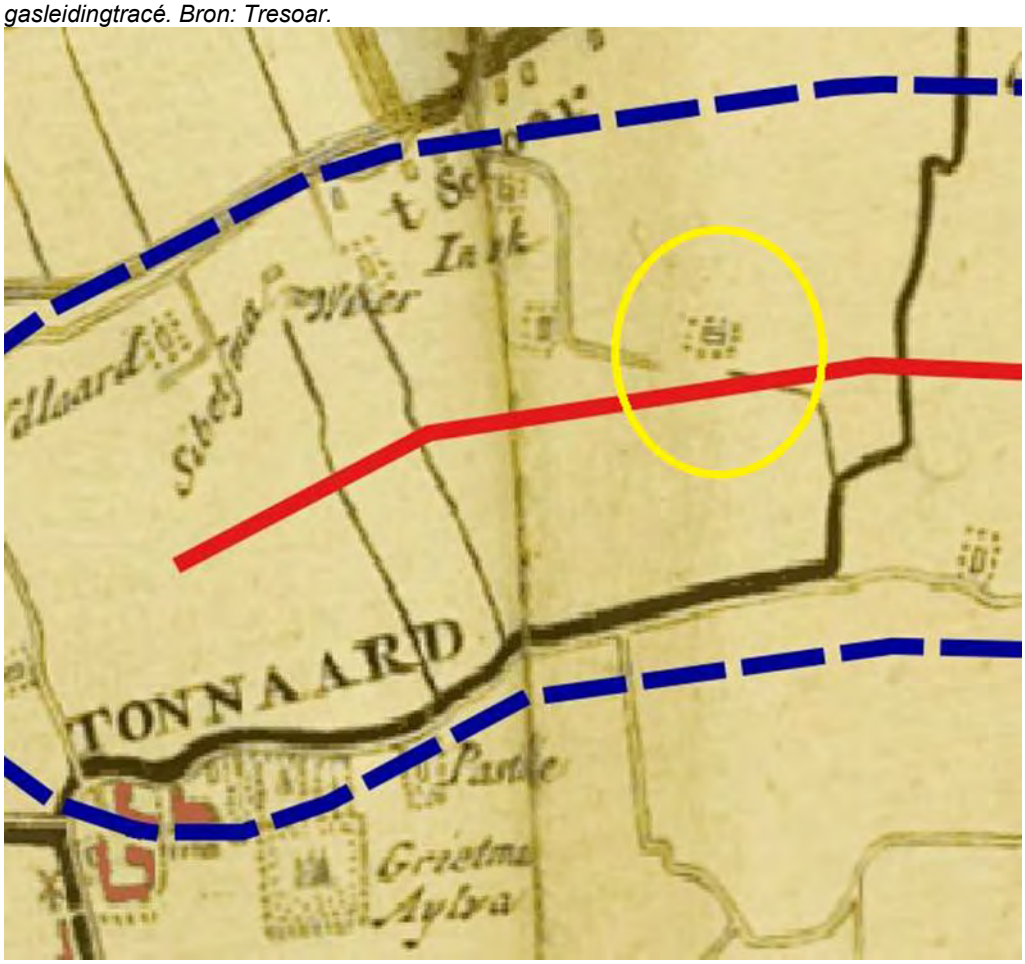
Voor dit onderzoek zijn twee oude kaarten bestudeerd. Op de kaart van Schotanus uit 1718 (zie onderstaande afbeelding) loopt het gasleidingtracé geheel door onbebouwd gebied.

Afbeelding 6: Uitsnede uit de atlas van Schotanus (1718). Bron: Tresoar.



Alleen ten oosten van Ternaard (*Tonnaard*, oudere benaming ook *Tonnawerd*[6]; *werd* = *wierde* = *terp*) loopt het tracé vlak langs een naamloos erf met bebouwing (zie onderstaande afbeelding).

Afbeelding 7: Uitsnede uit Atlas van Schotanus (1718). De gele cirkel markeert de locatie van een boerenerf vlakbij het gasleidingtracé. Bron: Tresoar.

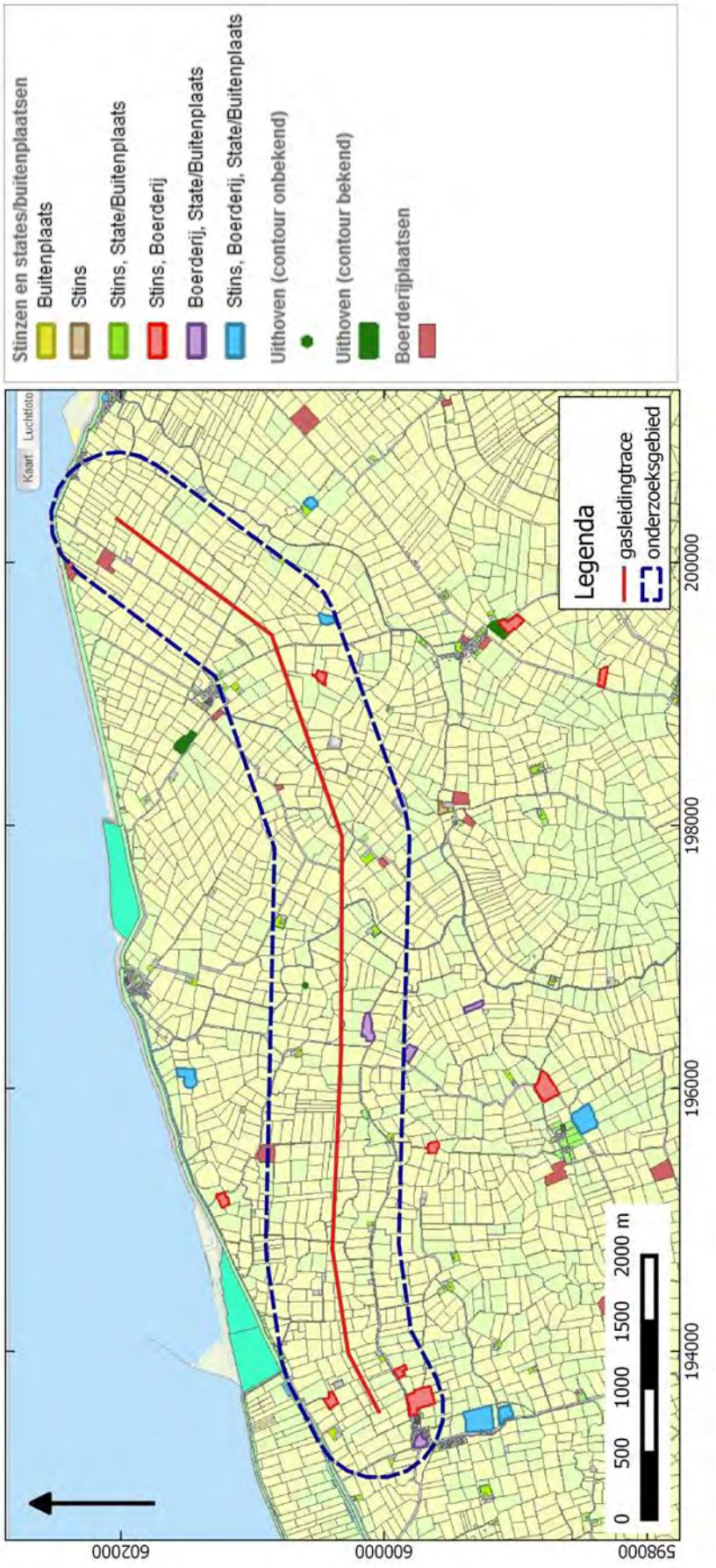


De betreffende locatie is niet geregistreerd als AMK-terrein en er zijn geen waarnemingen bekend. De tweede geraadpleegde kaart vormt de kadastrale kaart uit 1832 (onderstaande afbeelding). Op deze kaart zijn de locaties van de toenmalige buitenplaatsen, stinzen, boerderijen en uithoven met kleuren aangegeven. Ook hier raakt het gasleidingtraject geen bebouwing. Het bebouwde perceel nabij het tracé die eerder op de kaart van Schotanus was aangeduid is tot op de huidige dag bebouwd.

Op basis van het wegenpatroon en de percelering kunnen soms terpen opgespoord worden. Met name rondom de grotere dorpsterpen is het gebied vaak kransvormig verkaveld rondom de terp en soms zijn ook de kleinere huisterpen op deze wijze herkenbaar. Een analyse van de historische verkavelings- en wegenpatronen langs het gasleidingtracé heeft geen nieuwe potentiële terpen opgeleverd. Tijdens de ruilverkaveling in de jaren ’70 en ’80 van de afgelopen eeuw zijn de historische verkavelingspatronen voor een belangrijk deel gewijzigd.

[6] Van der Aa, 1848, p. 82.

Afbeelding 8: Uitsnede uit de kadastrale kaart uit 1832 (bewerkt). Bron: Cultuurhistorische atlas van Fryslân.



5 SYNTHESE

5.1 Conclusies en verwachtingsmodel

Aan de hand van de verzamelde informatie kunnen de onderzoeksvragen worden beantwoord:

- **Zijn er in of vlak langs het tracé archeologische vindplaatsen bekend? Zo ja, wat is de locatie, aard, datering en omvang hiervan?**

  Binnen het onderzoeksgebied (een zone van 500 m rondom het gasleidingtracé) bevinden zich zestien AMK-terreinen en zijn zeven waarnemingen geregistreerd. Het gasleidingtracé raakt geen van deze bekende waarden. Evenmin raakt het tracé opstallen of erven die op oude kaarten zijn aangegeven en mogelijk archeologische en/of cultuurhistorische waarde hebben.

  De AMK-terreinen betreffen hetzij dorpsterpen (met een mogelijke ouderdom vanaf de late IJzertijd/Romeinse tijd) of huisterpen (opgeworpen gedurende de late Middeleeuwen).

  De waarnemingen zijn overwegend in of nabij de AMK-terreinen aangetroffen. Het betreft overwegend waarden uit de vroege en late Middeleeuwen. Voorwerpen met een mogelijke datering in de Romeinse tijd-vroege Middeleeuwen clusteren vooral in AMK-terrein 437 (zeer hoge waarde, beschermd) en AMK-terrein 8976 (hoge waarde). De vondst van een schijffibula nabij dit laatste AMK-terrein (terrein met de resten van de stins Sibetsmastate) doet vermoeden dat de terp zijn wortels tenminste in de vroege Middeleeuwen heeft.

- **Wat is er bekend over de ontginning, de indeling, de inrichting en het gebruik van het plangebied door de tijd heen?**

  Delen van het terrein waren vanaf de late IJzertijd vermoedelijk in gebruik als akkerland. Aanwijzing hiervoor vormt een mogelijk brandlaagje dat bij Ternaard tijdens booronderzoek (onderzoeksmelding 26418) is aangetroffen op een diepte van 3,27 m –mv. in een kleilaag direct boven Hollandveen. Het brandlaagje kan samenhangen met het verbranden van de oorspronkelijke kweldervegetatie ten gunste van gewassen. Op basis van paleogeografische gegevens zijn deze brandlaagjes alleen in het meest westelijke deel van het gasleidingtracé – ter hoogte van Ternaard – te verwachten. Het resterende deel van het tracé werd in die periode overwegend gevormd door een geul al moet deze, gezien de aanwezigheid van een terp met resten uit de late IJzertijd/Romeinse tijd op de locatie waar rond 100 na Chr. de geul is aangeduid, anders hebben gelopen dan is aangegeven. Rond 800 na Chr. ligt het tracé grotendeels op een brede kwelderrug. Delen van deze rug, met name rondom de oudere terpen, zullen ongetwijfeld in gebruik zijn geweest als akker. Vanaf ongeveer 1000 na Chr. werd het gebied ingedijkt.

  De kadastrale kaart uit 1832 toont een gebied met overwegend kleinschalige, onregelmatige blokverkaveling, waarbij de vorm en begrenzing wordt bepaald door de aanwezige waterlopen. De kavels zijn in gebruik als akker of grasland. Samenvattend zijn delen van het onderzoeksgebied vermoedelijk vanaf de late IJzertijd/Romeinse tijd bewoond en in gebruik als akker. Vanaf de vroege, maar met name vanaf de late Middeleeuwen neemt het aantal huisplaatsen toe en wordt geleidelijk het gehele gebied in gebruik genomen als akker- en grasland.

- **Wat is de bodemopbouw van het plangebied en wat kan worden gezegd over de positie van waterlopen en kwelders in vroeger tijden?**

  Het onderzoeksgebied ligt grotendeels op een brede kwelderrug. Het meest oostelijke deel ligt in een voormalige getijdenzone. In het westelijke deel – bij Ternaard – bevindt zich dekzand op een diepte van 3 tot 4,7 -mv. Oostelijker duikt dit dekzand weg tot meer dan 8,5 m –mv. Op het dekzand bevindt zich meestal een dunne laag Basisveen. Aan het maaiveld liggen kleiige of zandige afzettingen. Onder de bouwvoor is vermoedelijk sprake van een gelaagdheid, waarbij zand- en kleilaagjes elkaar afwisselen. Dit is kenmerkend voor kwelderafzettingen. Mogelijk ook is sprake van (sterk)zandige klei onder de bouwvoor, bestaande uit van nabij geërodeerde kwelderafzettingen. Dit betreft typische kwelderrugafzettingen. Tussen de Ternaarderwei en de Nijetsjerksterwei liggen zandige afzettingen aan het maaiveld. Vermoedelijk gaat het hier om een kwelderwal die gevormd is in de onmiddellijke nabijheid van de zee.

- **Waar is sprake van locaties of zones van (mogelijk) grote archeologische waarde, bijvoorbeeld kwelderruggen of terpen?**

  Het grootste deel van het plangebied ligt op een jonge kwelderrug. Deze is tussen 100 en 800 na Chr. gevormd. Bij Ternaard is de kwelderrug iets ouder en op basis van archeologische waarnemingen is het aannemelijk dat ook bij het gehucht Wie sprake is van een wat oudere kwelderwal. Vanaf de vroege

Middeleeuwen was het noodzakelijk terpen op te werpen tegen het zeewater dat incidenteel de kwelderwal overspoelde. Dit betekent dat resten van middeleeuwse bewoning op terpen zijn te verwachten. Rondom terpen kunnen nederzettingsgerelateerde waarden worden verwacht, zoals mestkuilen, afvalkuilen en waterputten. De kans dat daarbuiten bewoningsresten worden aangetroffen is klein.

Het gasleidingtracé doorsnijdt geen bekende terpen. Op het AHN en op de verkavelings- en wegenpatronen op de kadastrale kaart van 1832 zijn geen aanwijzingen dat het tracé nog onbekende terpen doorsnijdt.

- **Welke archeologische verwachting kan worden toegekend aan de bovenste 2,5 m van de bodem? In hoeverre is het mogelijk om deze verwachting te specificeren naar aard (type), datering en omvang van de vindplaats(en)?**

  Met name aan de top van de kwelder(wal)afzettingen zijn archeologische resten te verwachten. Het gaat daarbij met name om waarden vanaf de vroege Middeleeuwen die voorkomen in of samenhangen met terplagen uit dezelfde periode. Nabij Ternaard en Wie zijn mogelijk ook resten vanaf de late IJzertijd te verwachten. Naar verwachting bevinden waarden uit deze periode zich onder latere terplagen, maar vlaknederzettingen zonder dat daar later een terp is opgeworpen kunnen ook voorkomen. Deze zijn vooral op de wat oudere delen van de kwelderrug te vinden (bij Ternaard en Wie). Elders in het tracé worden deze waarden niet verwacht.

  Waarden uit oudere perioden worden niet verwacht: tot na 500 voor Chr. bestond het onderzoeksgebied uit een waddengebied en was daarmee ongeschikt voor bewoning.

- **Welke methoden en technieken van veldonderzoek zijn er nodig om de gespecificeerde verwachting uit het bureauonderzoek te toetsen en aan te vullen?**

  In principe is een nauwgezette AHN-analyse (0,5 of hogere resolutie) de aangewezen methode om terpen te identificeren. Deze analyse is uitgevoerd en heeft geen nieuwe potentiële terpen opgeleverd. Aangezien de akkers vaak geploegd zijn, bestaat uiteraard de kans dat alleen eventuele terpen inmiddels vrijwel geheel geëgaliseerd zijn. In dat geval is booronderzoek de meest voor de hand liggende methode om terpresten/terpzolen op te sporen. Conform de voorschriften in de FAMKE wordt een boorfrequentie van 1 boring per 50 m voldoende geacht.

6 VELDWERK

6.1 Opzet veldwerk

Het veldwerk is uitgevoerd in de vorm van een karterend booronderzoek[7]. Het veldwerk is uitgevoerd in de periode van 9 maart – 19 april 2016 conform het daartoe opgestelde plan van aanpak.

Langs het gehele gasleidingtracé zijn boringen gezet. De onderlinge afstand van de boorpunten bedraagt circa 50 m. De boringen zijn in combinatie met milieukundig onderzoek gezet. De bovenste circa 120 cm is geboord met een edelmanboor met een boordiameter van 7 of 10 cm. De boringen zijn vervolgens doorgezet met behulp van een guts met een diameter van 2 cm.

De boringen zijn in principe tot een diepte van maximaal 250 cm –mv doorgezet. Een aantal boringen is tot een diepte van 6 m -mv geplaatst en beschreven. Dit betreft boringen waar peilbuizen geplaatst werden.

De boringen zijn beschreven en (ten dele) geplaatst door drs. E.W. Brouwer (KNA-archeoloog) en drs. L. Nijdam (senior-prospector). In verband met betredingstoestemming, conflicterende planning en de voorwaarden waaronder het veldwerk uitgevoerd moest worden, zijn boringen 103 – 111 en 117 -121 niet in aanwezigheid van een archeoloog of prospector gezet. De boorbeschrijvingen van deze boringen zijn overgenomen van het milieukundig onderzoek. Boringen 100 – 102 zijn niet gezet (betredingstoestemming).

De relevante lagen in de boorkernen zijn gebrokkeld/versneden (klei) of gezeefd op een zeef met een maaswijdte van 4 mm (zand) op archeologische vondsten. XYZ-waarden zijn ingemeten met gps (2 mm nauwkeurig).

De boringen zijn lithologisch beschreven met behulp van het softwarepakket ‘Boorstaten!’[8]. Van het gehele tracé zijn raaiprofielen vervaardigd. Aan de hand van de opgeboorde grond is beoordeeld of er sprake is van archeologisch relevante lagen. Daarbij is specifiek gekeken of voor dit gebied archeologisch relevante lagen (terplagen, ‘bewoningshorizonten’, brandlagen) en archeologische indicatoren aanwezig zijn.

6.2 Doel en vraagstelling

Het karterend onderzoek heeft tot doel het gespecificeerde verwachtingsmodel uit het bureauonderzoek te toetsen en aan te vullen. Voor het onderzoek zijn de volgende onderzoeksvragen geformuleerd:

- Hoe ziet de bodemopbouw eruit en is deze intact?
- Zijn er terplagen of lagen die wijzen op de aanwezigheid van een vlaknederzetting aanwezig?
- Zijn langs het tracé ‘brandlagen’ aangetroffen?
- Zijn archeologische indicatoren aanwezig? Zo ja, wat is de horizontale en verticale spreiding hiervan en wat is de aard en datering?
- Indien binnen het gebied een vindplaats aanwezig is, wat zijn dan de gevolgen van de voorgenomen bodemingreep op de vindplaats?

6.3 Resultaten veldwerk

De boorstaten zijn opgenomen in bijlage 7; de boorpuntenkaart is afgebeeld in bijlage 8. Bijlage 9 toont de raaiprofielen van de boringen.

Uit de boorprofielen komt een tamelijk eenduidig beeld naar voren, passend bij kwelderwalafzettingen: de top – circa de eerste 40 cm – is verstoord als gevolg van bodembewerking (ploegen). Daaronder wordt de bodemopbouw gevormd door alternerende lagen van sterk of uiterst siltige klei, zandige klei, kleiig zand of (sterk/uiterst) siltig zand. In het algemeen is er sprake van fining up, waarbij de fijnere sedimenten op de grovere zijn afgezet (zie bijlage 9).

Het is lastig gebleken op basis van de boorprofielen consequent onderscheid te kunnen maken tussen getijdenafzettingen, kwelderafzettingen en kwelderwalafzettingen. Dat is op zich niet verwonderlijk,

[7] Waar in dit hoofdstuk gesproken wordt van ‘karterend’, daar wordt duiding conform de FAMKE bedoeld.
[8] boorstaten.nl.

aangezien het moedermateriaal hetzelfde is en de afzettingen deels zijn opgebouwd uit elkaars geërodeerde en getransporteerde afzettingen.

Getijdenafzettingen zijn aangetroffen op diepten tussen ongeveer 150 en 200 cm –mv (bijvoorbeeld 60 (200 cm-mv), 61 (185 cm –mv), 63 (200 cm), 64 (180 cm), 65 (170 cm), 68 (210 cm)). Wadplaten zijn herkend in boringen 125 – 134 op een diepte vanaf ongeveer 150 cm –mv. Deze bestaan uit matig siltig, zeer fijn zand, dat sterk kalkhoudend is. In boring 135 is onder het wadzand veen (Hollandveen) aangetroffen op een diepte tussen 350 – 540 cm. Op de getijdenafzettingen liggen kwelderafzettingen en kwelderwallen, overwegend bestaande uit sterk/uiterst siltige klei op zandige klei of kleiig zand. De kwelderafzettingen zijn vaak herkenbaar door het voorkomen van veel en meestal zeer dunne klei of zandbandjes.

Zandige kwelderafzettingen zijn aangetroffen in het oostelijk deel van het tracé, vanaf boring 112. Vanaf het maaiveld wordt de bodemopbouw hier bepaald door sterk kleiig zand op uiterst siltig fijn zand. Vaak zijn de lagen sterk vermengd: zo komen zandige brokken voor in kleiige lagen en omgekeerd.

Vanaf boring 122 bestaat het bodemprofiel nog bijna uitsluitend uit matig en sterk siltig fijn zand. De zandafzettingen vormen een aanwijzing dat deze kwelderwal relatief dicht bij de zee is gevormd, aangezien de grovere deeltjes bij een overstroming het eerst sedimenteren. Daarentegen zijn in het westelijk deel van het plangebied verhoudingsgewijs vaker matig siltige kleilagen aan te treffen (bijvoorbeeld boringen 2, 4, 5, 6 en 7). Deze locatie was verder van de zee afgelegen.

Geulafzettingen zijn aangetroffen in boring 78 (locatie Wierumer Opvaart). In enkele boringen zijn resten van het Hollandveen aangetroffen (zie onderstaande tabel).

Tabel 5: Boringen waarin Hollandveen is aangetroffen.

Boring	diepte van - tot (in cm –NAP)
1	vanaf 190
7	320 - 340
41	vanaf 250
44	200-240
107	290-240
111	330-360
135	300-480

In de meeste boringen ligt het Hollandveen dieper dan 250 cm (geplande verstoringsdiepte).

6.3.1 Archeologie

Het booronderzoek heeft geen concrete terplagen opgeleverd, evenmin als lagen die konden worden herkend als terpzool of bewoningshorizont. In een aantal boringen zijn archeologische indicatoren aangetroffen. Onderstaande tabel vermeldt de betreffende boornummers, het type indicator en de laagdiepte waarop deze is aangetroffen. Op de kaart in bijlage 10 zijn de vondstlocaties aangegeven.

Tabel 6: Boorpunten met archeologische indicatoren.

Boornummer	Archeologische indicator	Laagdiepte (in cm –mv.)
4	baksteen	0-50 (bouwvoor)
4	baksteen, geelbakkend (industrieel)	50-100 (vermoedelijk verstoord)

Boornummer	Archeologische indicator	Laagdiepte (in cm –mv.)
15	baksteen	0-50 (bouwvoor)
34	baksteen	40-70 (verstoord)
35	baksteen	60-100 (verstoord)
35	baksteen (industrieel)	100-155 (vermoedelijk verstoord)
39	baksteen	0-40 (bouwvoor)
40	baksteen	25-40 (verstoord)
49	baksteen	0-40 (bouwvoor)
50	houtskool	0-50 (bouwvoor)
56	baksteen, verbrande leem	70-90 (slootvulling)
57	baksteen	0-55 (bouwvoor)
67	baksteen	30-40 (verstoord)
74	baksteen	0-40 (bouwvoor)
88	puin	40-65
90	puin	0-45 (bouwvoor)
94	2 fragmenten kogelpotaardewerk, fragment proto steengoed, onverbrand bot, puinbrokjes	maaiveld (oppervlaktekartering)
94	houtskool, puin en leem	40-60
97	fosfaat	130 cm
99	baksteen	30-60
123	puin	70-160 (verstoord)

De meeste vondsten bestaan uit baksteen, aangetroffen in de bouwvoor. De archeologische relevantie van deze categorie is zeer gering. Voor zover determineerbaar gaat het in alle gevallen om industrieel aardewerk. Relevant is boring 94. In deze boring is houtskool, puin en leem aangetroffen en in de onmiddellijke omgeving is onder andere (laat)middeleeuws aardewerk aangetroffen (kogelpotaardewerk en proto-steengoed). Deze indicatoren kunnen duiden op laatmiddeleeuwse bewoning in de onmiddellijke nabijheid. De Wiesterwei maakt op deze locatie een scherpe hoek. Mogelijk hangt de vondst van fosfaat vlekken (boring 97) en baksteen (boring 99) samen met deze mogelijke vindplaats.

De diepteligging van het veenpakket in boring 1 is opvallend hoger dan elders in het gasleidingtracé. Uit de (zeer diepe) boringen uit DINO-loket blijkt dat ook het Pleistocene dekzand in dit deel aanzienlijk hoger ligt. De top van het Hollandveen bij Ternaard dateert van ongeveer 1090 voor Chr., zodat geconcludeerd kan worden dat de afzettingen op het veenpakket jonger moeten zijn.

6.4 Beantwoording onderzoeksvragen

Voor het veldonderzoek is een aantal onderzoeksvragen geformuleerd. Deze worden hieronder beantwoord:

- **Hoe ziet de bodemopbouw eruit en is deze intact?**

  De bodemopbouw bestaat kwelderwalafzettingen op kwelderafzettingen. In een aantal boringen zijn hieronder wadafzettingen gevonden. De kwelder(wal)afzettingen bestaan over het algemeen uit sterk-uiterst siltige klei, zandige klei, kleiig zand en siltig zand. Vaak zijn kleiige of siltige laagjes te zien in het bodemprofiel. In oostelijke richting lijken de sedimenten wat grover te worden. In het westelijke deel van het gasleidingtracé bestaan de sedimenten bijna uitsluitend uit zandige afzettingen, wat erop wijst dat deze dicht tegen de toenmalige zeekust zijn afgezet. Dit beeld komt overeen met de paleogeografische geschiedenis van het gebied. Op enkele locaties zijn restanten van het Hollandveen aangetroffen. In het westelijk deel bevinden deze zich nog ondieper dan 250 cm, maar in oostelijke richting bevindt het Hollandveen zich steeds dieper dan de verstoringsdiepte. In de meeste gevallen is het bodemprofiel onder de bouwvoor intact. De bouwvoor heeft een gemiddelde dikte van ongeveer 40 cm. Het archeologische niveau – middeleeuwse bewoning voornamelijk te verwachten op terpen – bevindt zich op of vlak onder het maaiveld. Aangezien het gebied intensief geploegd wordt (aardappelteelt), is het middeleeuwse niveau vermoedelijk sterk aangetast.

- **Zijn er terplagen of lagen die wijzen op de aanwezigheid van een vlaknederzetting aanwezig?**

  Tijdens het veldwerk zijn geen terplagen, - zolen of sporen van een vlaknederzetting aangetroffen. Gezien de diepte van het niveau waar vlaknederzettingen uit de late IJzertijd/Romeinse tijd worden verwacht, vormen de geplande ingrepen alleen in het meest westelijke deel van het tracé een bedreiging voor deze categorie.

- **Zijn langs het tracé ‘brandlagen’ aangetroffen?**

  Het onderzoek heeft geen brandlagen opgeleverd. Uit het bureauonderzoek is gebleken dat deze in de kleilaag direct boven het Hollandveen is te verwachten. In slechts weinig boringen is veen aangetroffen. Behalve in het meest westelijke deel ligt het veen, voor zover nog aanwezig, steeds dieper dan de geplande verstoringsdiepte van 250 cm. Vermoedelijk is de veen-klei overgang door latere erosieve geulen grotendeels verdwenen.

- **Zijn archeologische indicatoren aanwezig? Zo ja, wat is de horizontale en verticale spreiding hiervan en wat is de aard en datering?**

  In enkele boringen zijn relevante archeologische indicatoren aangetroffen. Dit betreft boring 94, direct ten oosten van de Wiesterwei. Op een diepte van 40-60 cm –mv is hier houtskool, puin en leem aangetroffen. Op deze locatie maakt de Wiesterwei een scherpe knik, die ook op oude kaarten reeds is te zien. Mogelijk vormt dit een aanwijzing dat hier in het verleden bewoning was.

  In de omgeving zijn tijdens een veldkartering onder andere twee fragmenten kogelpotaardewerk en een fragment proto-steengoed gevonden. Wat verder naar het oosten (boring 97 en 99) is op een diepte van 130 cm –mv fosfaat respectievelijk baksteen (30-60 cm –mv) aangetroffen. Fosfaat duidt soms op de aanwezigheid van organisch rijke stoffen, zoals mest. Het baksteenfragment in boring 99 is mogelijk uit de bouwvoor afkomstig. Aangenomen wordt dat deze geen archeologische relevantie heeft. Datzelfde geldt voor de talloze baksteenfragmenten die in de bouwvoor of in een verstoorde laag zijn aangetroffen.

- **Indien binnen het gebied een vindplaats aanwezig is, wat zijn dan de gevolgen van de voorgenomen bodemingreep op de vindplaats?**

  Indien ter hoogte van boring 94 sprake is van een vindplaats, dan kan deze door de geplande sleuf worden aangetast.

7 CONCLUSIES EN ADVIES

7.1 Conclusie

De aangetroffen bodemopbouw komt grotendeels overeen met het verwachtingsmodel uit het bureauonderzoek. Het gehele traject ligt op een kwelderwal en in de ondergrond bevinden zich kwelderafzettingen op getijdenafzettingen. In het westelijk deel van het tracé bevindt Hollandveen zich relatief gezien ondiep onder het maaiveld. in het resterende deel van het tracé is dit veen of geërodeerd of ligt het dieper dan de geplande verstoringsdiepte. In het oostelijk deel van het tracé komen vooral zandige afzettingen voor, in het westen zijn de afzettingen vooral kleiig. Een en ander hangt samen met de nabijheid van de kustlijn in vroeger tijden.

Archeologisch relevante lagen zijn niet aangetroffen in de boringen. Wel is sprake van een mogelijke vindplaats ter hoogte van boring 94. Op basis van de hier aangetroffen archeologische indicatoren, de historische loop van de Wiesterwei, bekende archeologische vindplaatsen en bodemomstandigheden, is het aannemelijk dat hier een vindplaats ligt. Vermoedelijk gaat het om laatmiddeleeuwse bewoning. Mogelijk is een hier aanwezige terp gemist in het boorgrid of zijn terplagen opgenomen in de bouwvoor. In boring 97 is een archeologische indicator aangetroffen (fosfaat).

7.2 Selectieadvies

Ter hoogte van boring 94 wordt vervolgonderzoek aanbevolen. Dit onderzoek dient zich te richten vanaf de Wiesterwei tot ongeveer 25 m ten oosten van boring 94, over een tracélengte van circa 75 tot 100 meter. Gezien de aard van de ingreep, de aanleg van een brede, diepe sleuf, vormt een archeologische begeleiding van de geplande ontgraving een voor de hand liggende methode van vervolgonderzoek. De veldarcheoloog dient tijdens de ontgravingen voldoende gelegenheid te hebben eventuele archeologische resten te documenteren en veilig te stellen. Een archeologische begeleiding kan, bij het aantreffen van archeologische resten, vertragend werken. Om die reden kan ook gekozen worden voor het doen van een proefsleuvenonderzoek voorafgaand aan de geplande ontgraving.

Voor het overige deel van het tracé wordt geen vervolgonderzoek geadviseerd. De bakstenen die op diverse locaties in de bouwvoor of (verstoorde) lagen direct onder de bouwvoor zijn aangetroffen vormen geen reden tot vervolgonderzoek. De vondst van fosfaat in boring 97 vormt op zich een archeologische indicator, maar kan ook door natuurlijke oorzaak hier terecht zijn gekomen. De geïsoleerde vondst vormt onvoldoende aanleiding hier vervolgonderzoek te adviseren.

De implementatie van dit advies is afhankelijk van het oordeel van de bevoegde overheid, de gemeente Dongeradeel. Voor het uitvoeren van een archeologische begeleiding of een proefsleuvenonderzoek is een door het bevoegd gezag goedgekeurd Programma van Eisen nodig.

Voor het gehele plangebied geldt dat indien tijdens de uitvoer van de civieltechnische werkzaamheden onverhoopt archeologische resten worden aangetroffen, dient onmiddellijk contact te worden opgenomen met de gemeente.

LITERATUUR

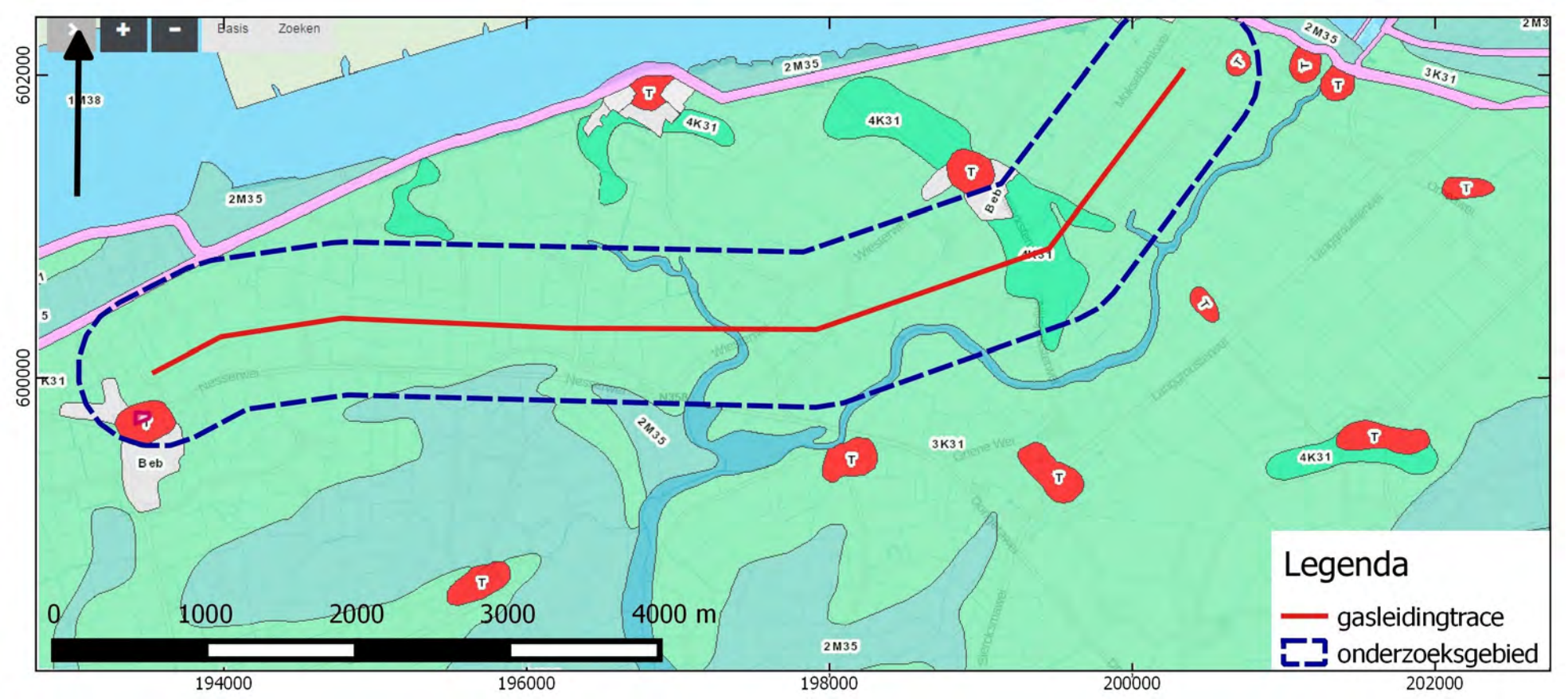
Archeologische kaarten en databastanden

- Actueel Hoogtebestand Nederland (AHN 0,5)
- Archeologisch informatie Systeem (Archis), Rijksdienst voor het Cultureel Erfgoed (RCE), Amersfoort, 2009.
- Bodemkaart Nederland (1:50:000); Alterra.
- DINO-loket (NITG-TNO)
- Friese Archeologische Monumentenkaart Extra (FAMKE)
- Geomorfologische Kaart (1:50:000); Alterra.
- Minuutplan 1832
- Schotanus – Halma Atlas 1718
- Topografische kaart.
- Vos, P. & S. de Vries 2013: 2e generatie palaeogeografische kaarten van Nederland (versie 2.0). Deltares, Utrecht. Op 15 mei 2015 gedownload van www.archeologieinnederland.nl.

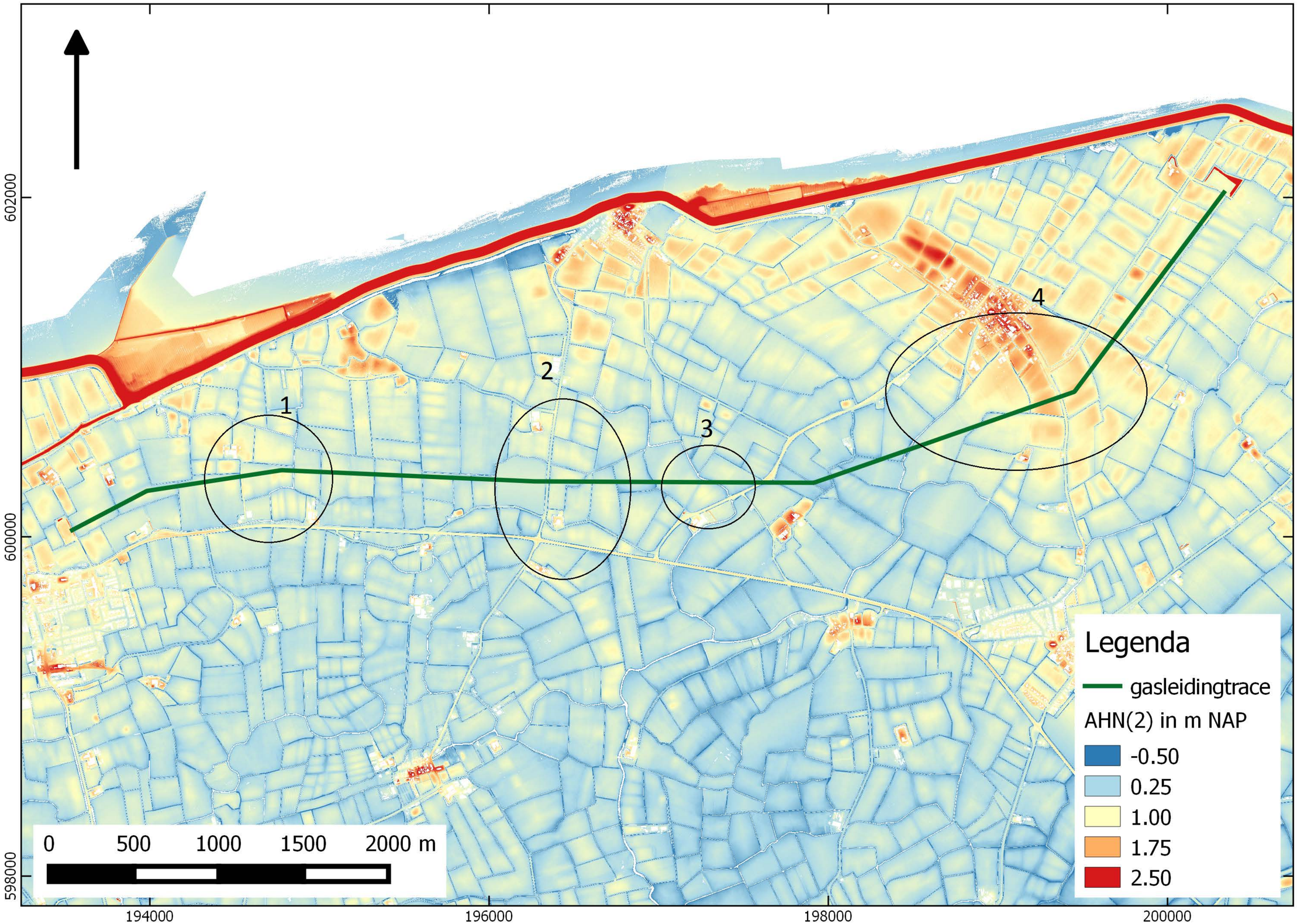
Overige bronnen

- Aa, A.J. van der, 1848. Aardrijkskundig woordenboek der Nederlanden, elfde deel, Gorinchem.
- Berendsen, H.J.A., 1997: Landschappelijk Nederland. Fysische geografie van Nederland. Assen.
- Berendsen, H.J.A., 2004. De vorming van het land, Inleiding in de geologie en de geomorfologie, Assen.
- Bongers, J.M.G., 2008. Ternaard: Nesserwei (Fr.). Een Inventariserend Archeologisch Veldonderzoek. Steekproefrapport 2008-01/13
- De Bosatlas van Fryslân, Noordhoff Atlas Producties 2009. Groningen.
- Griede, J.W., 1978. Het ontstaan van Frieslands Noordhoek (Thesis). Amsterdam.
- Marinelli, M., 2005. Archeologisch rapport. Bureauonderzoek en veldtoets ten behoeve van de gasleidingtracées Anjum – Moddergat en Anjum – Lauwersoog, provincie Fryslân. Assen.
- Spoelstra, A. 2013. Archeologisch bureau- en booronderzoek ten behoeve van het plangebied ‘N358 Kom Ternaard’ te Ternaard, gemeente Dongeradeel (Fr.). Leek.
- Zijverden, W.K. van en J. de Moor, 2014. Het Groot Profielenboek. Leiden.

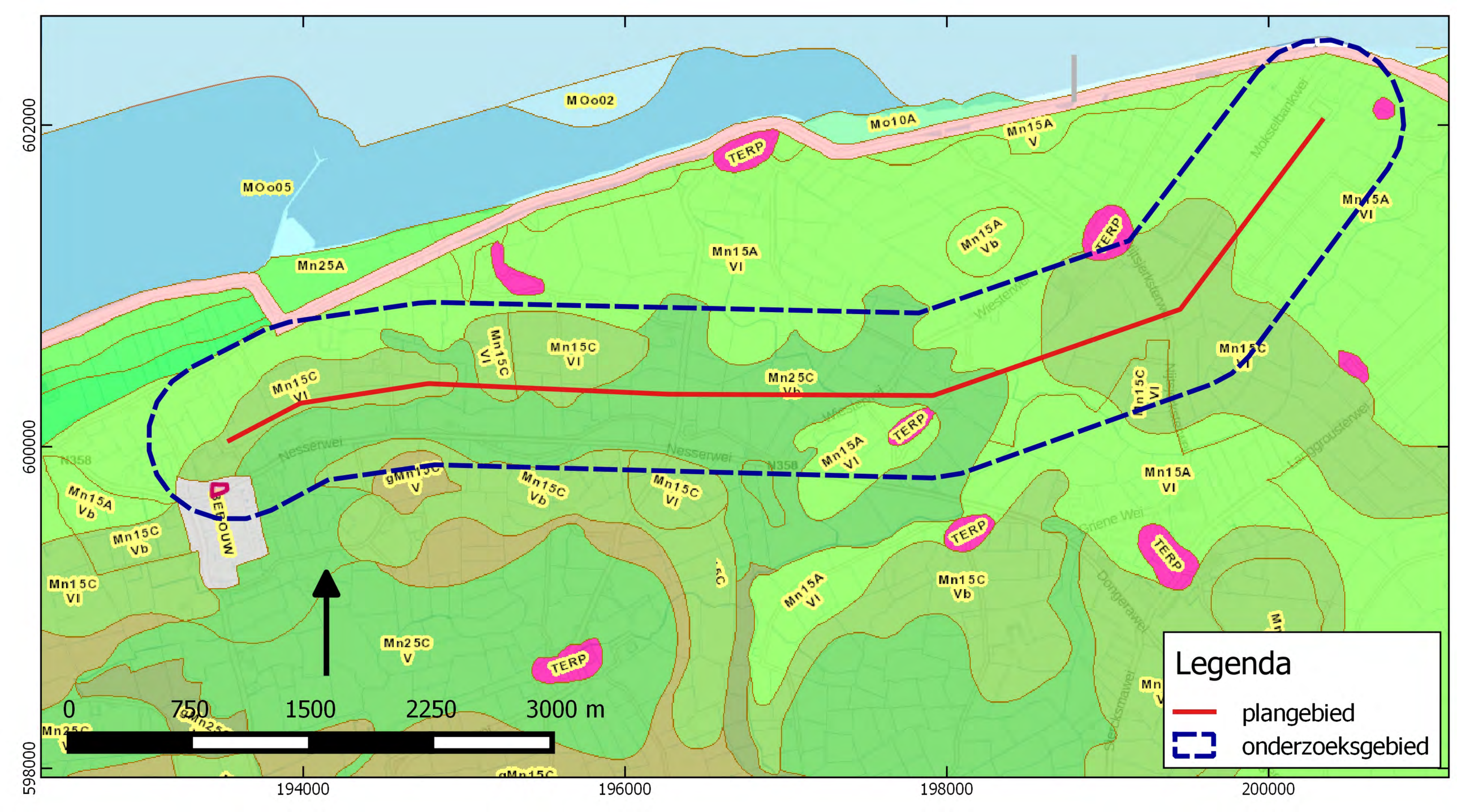
BIJLAGE 1 GEOMORFOLOGISCHE KAART


Basis
Zoeken
602000
600000
194000
196000
198000
200000
202000
2M35
4K31
3K31
Beb
T
0
1000
2000
3000
4000 m
Legenda
gasleidingtrace
onderzoeksgebied

BIJLAGE 2 AHN


602000
600000
598000
194000
196000
198000
200000
1
2
3
4
0
500
1000
1500
2000 m
Legenda
gasleidingtrace
AHN(2) in m NAP
-0.50
0.25
1.00
1.75
2.50

BIJLAGE 3 BODEMKAART

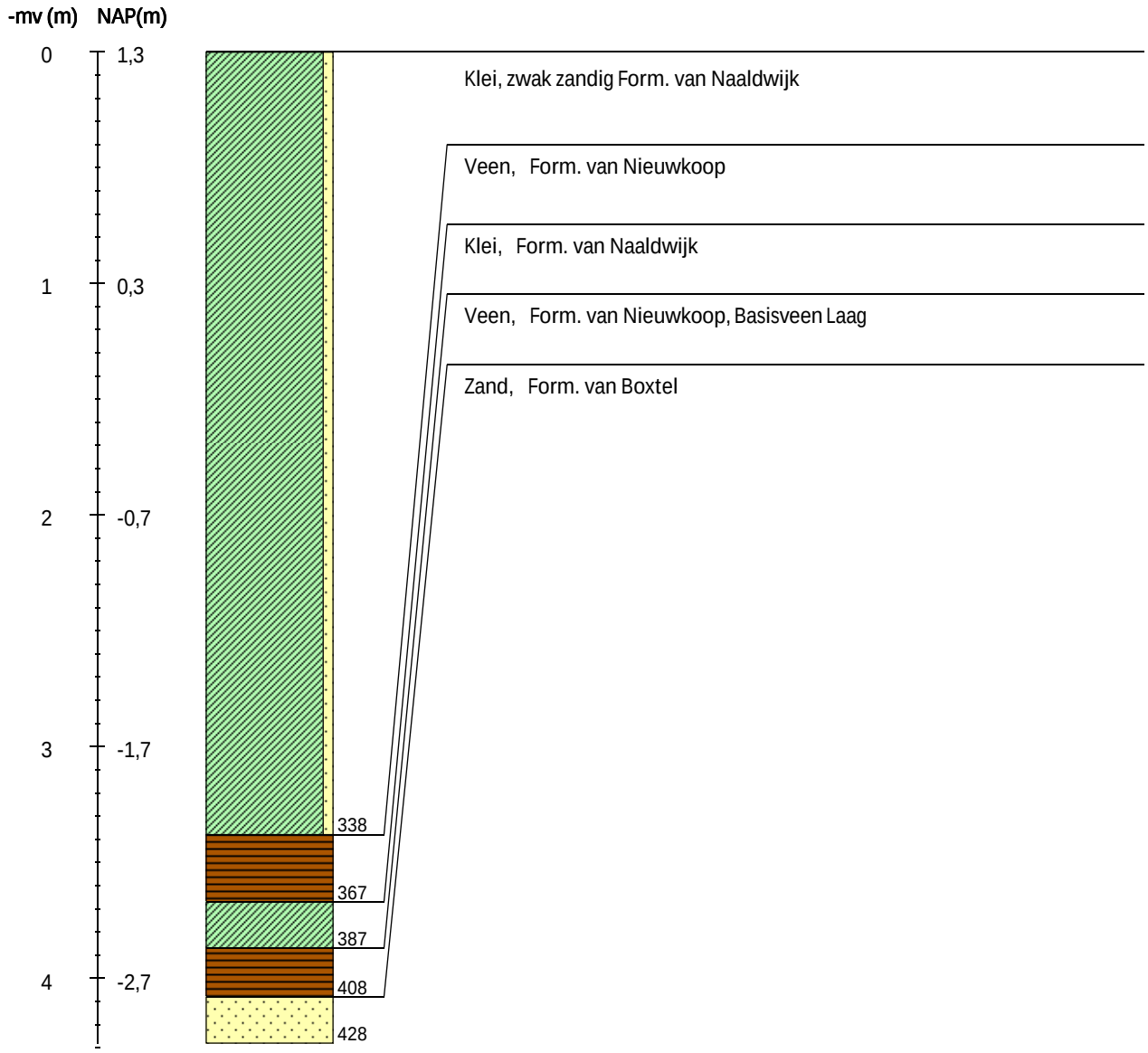


Legenda
plangebied
onderzoeksgebied
0
750
1500
2250
3000 m
602000
600000
598000
194000
196000
198000
200000
MOo02
MOo05
Mo10A
Mn15A V
Mn25A
Mn15A VI
Mn15A Vb
Mn15C VI
Mn25C Vb
Mn15C Vb
Mn25C V
TERP
BEBOUW
Nesserwei
Wiesterwei
Griene Wei
Dongerawei
Mokselbankwei
N358

BIJLAGE 4 BOORSTATEN NITG-TNO (DINO-LOKET)

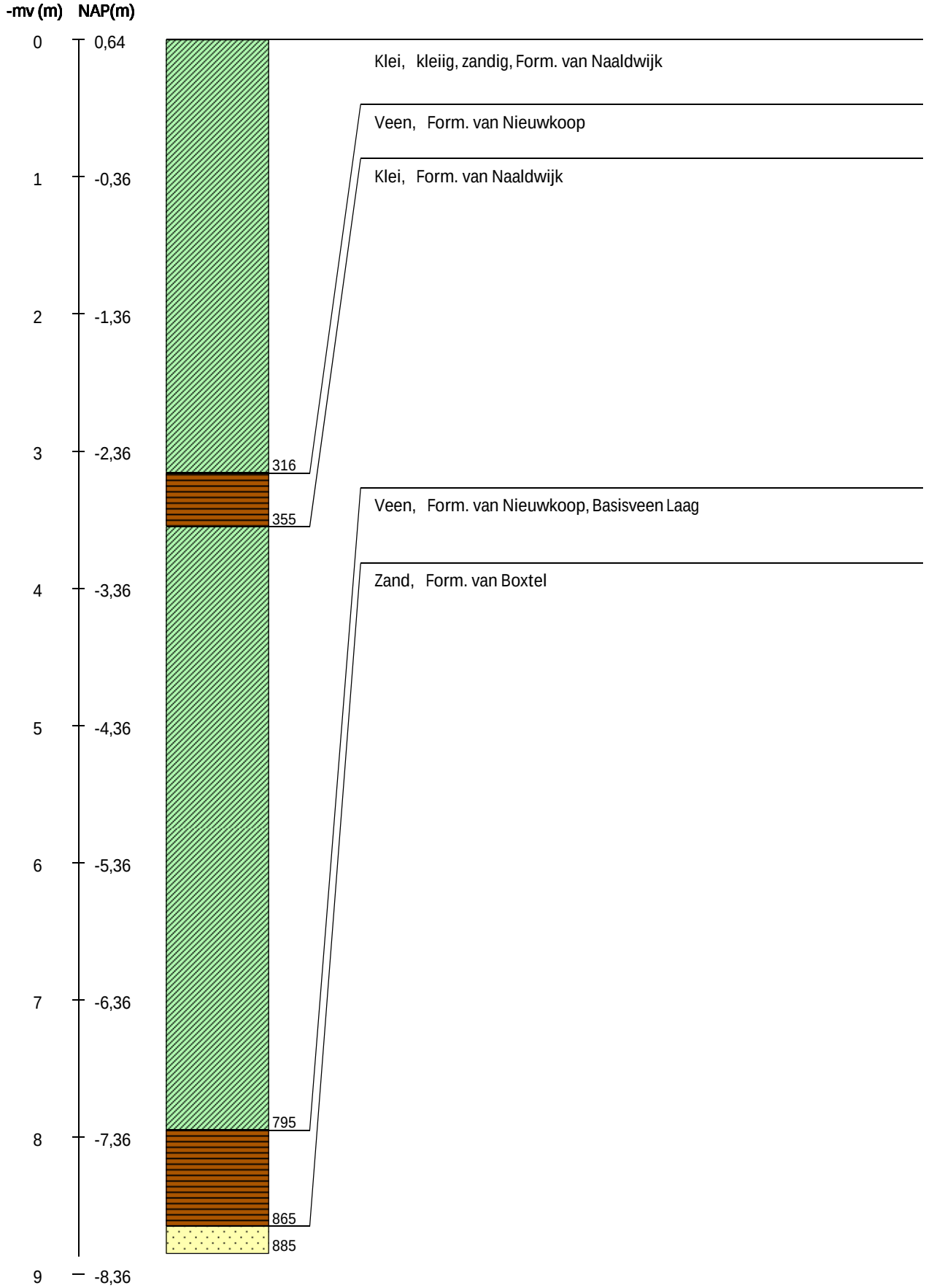
Boorstaten TNO/NITG

Boring 119 RD-coördinaten: 194560/600470



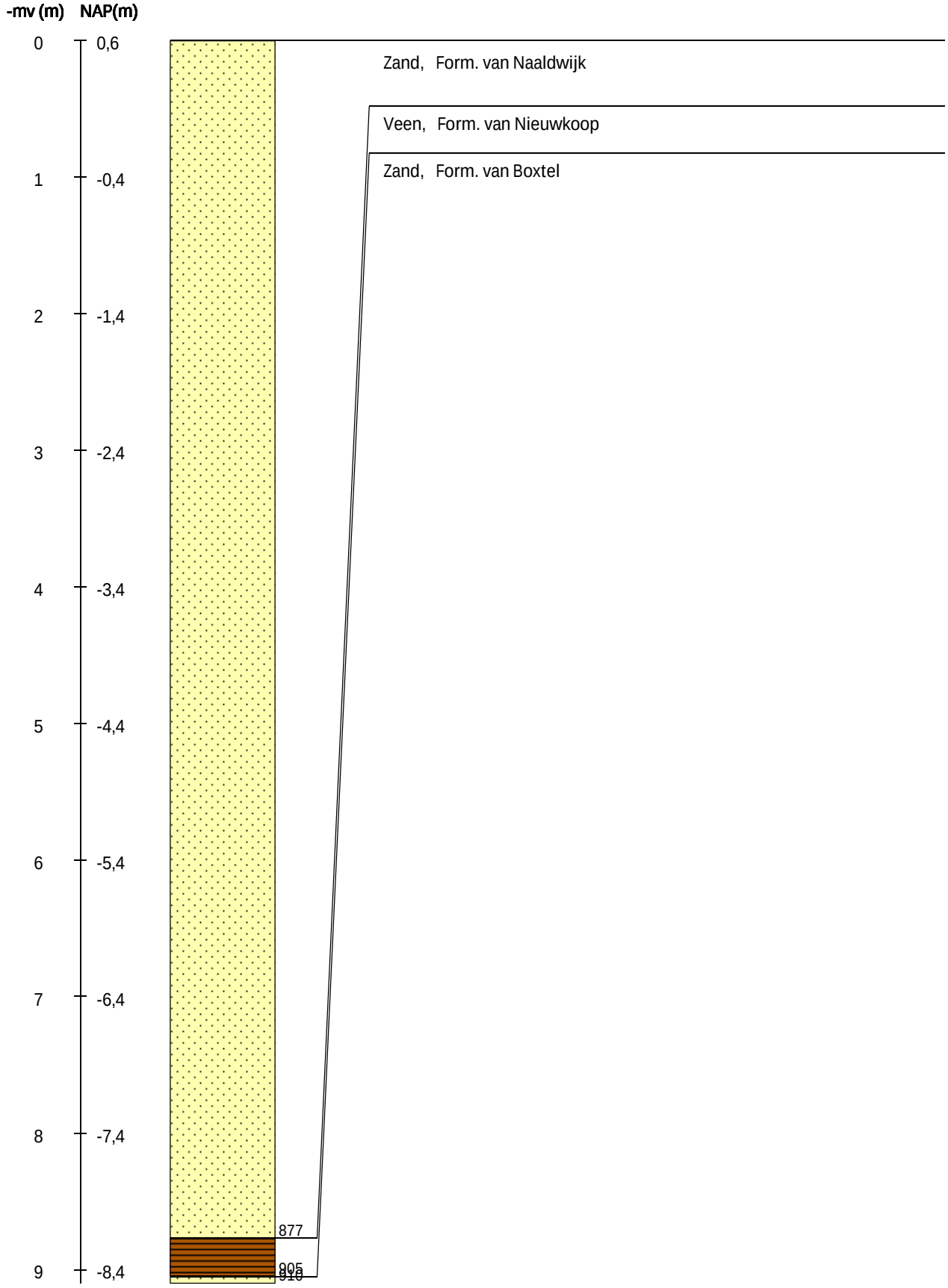
Boorstaten TNO/NITG

Boring 121 RD-coördinaten: 195560/600540

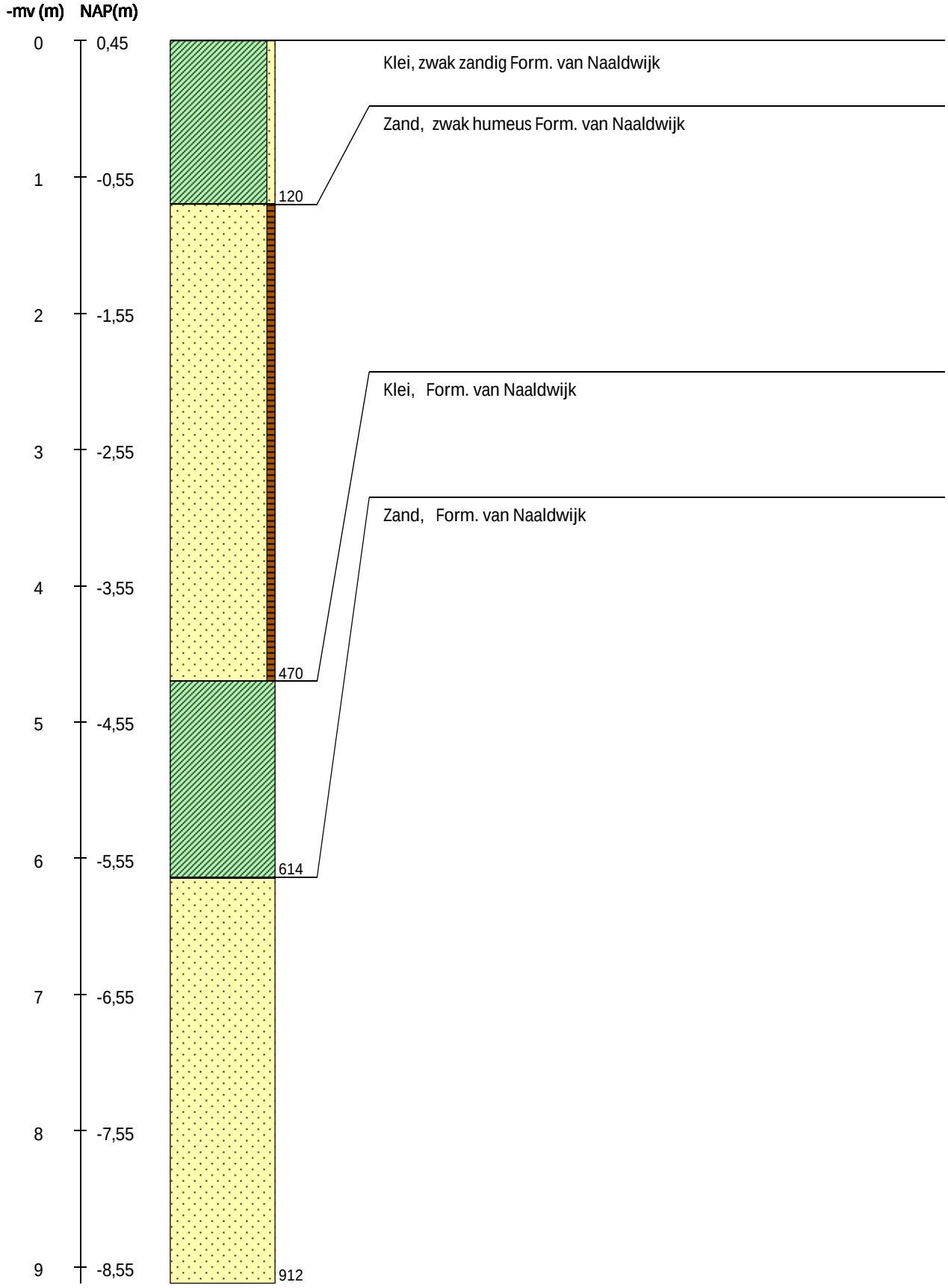


Boorstaten TNO/NITG

Boring 123 RD-coördinaten: 196380/600410

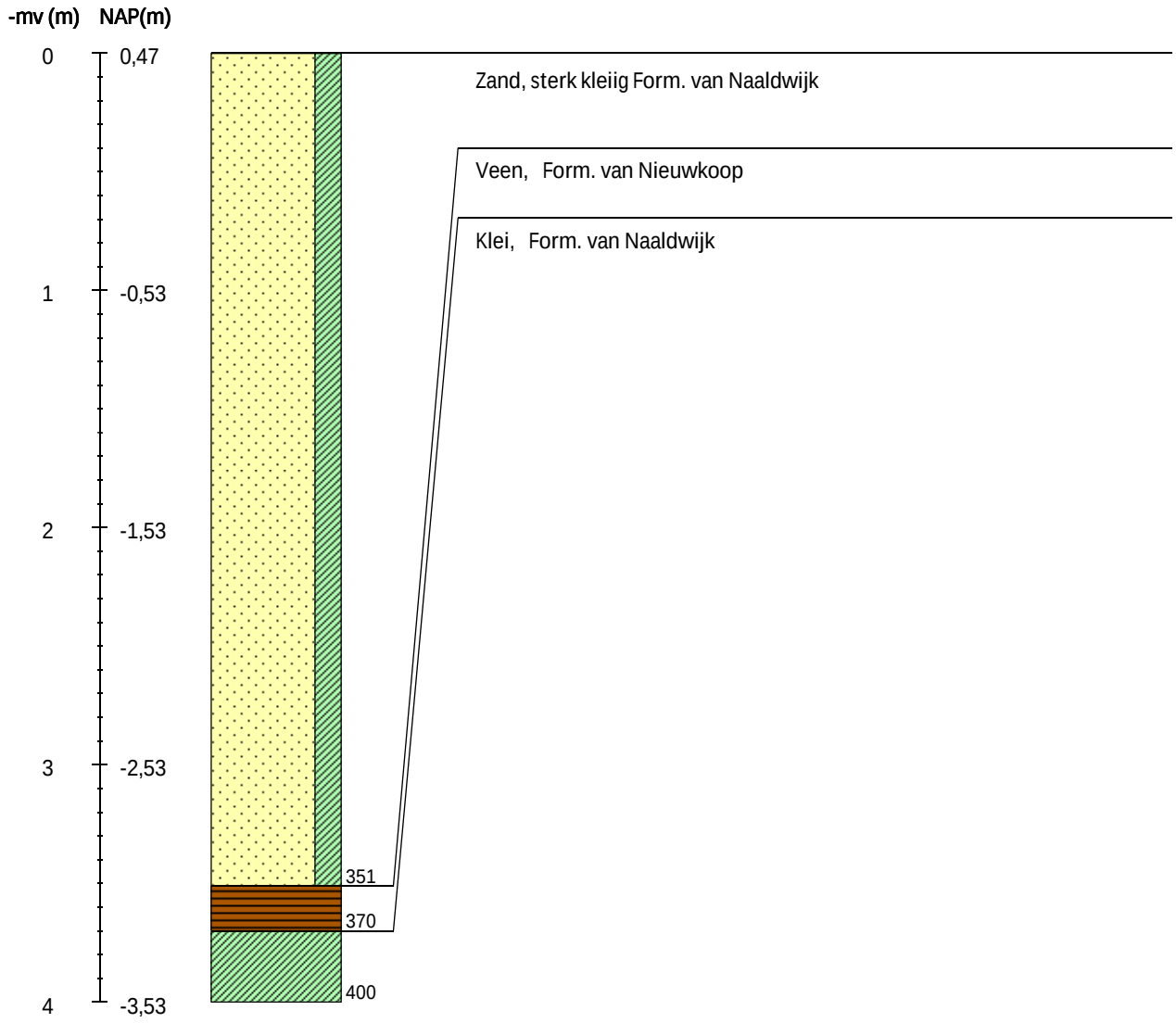


Boring 124 RD-coördinaten: 197510/600180



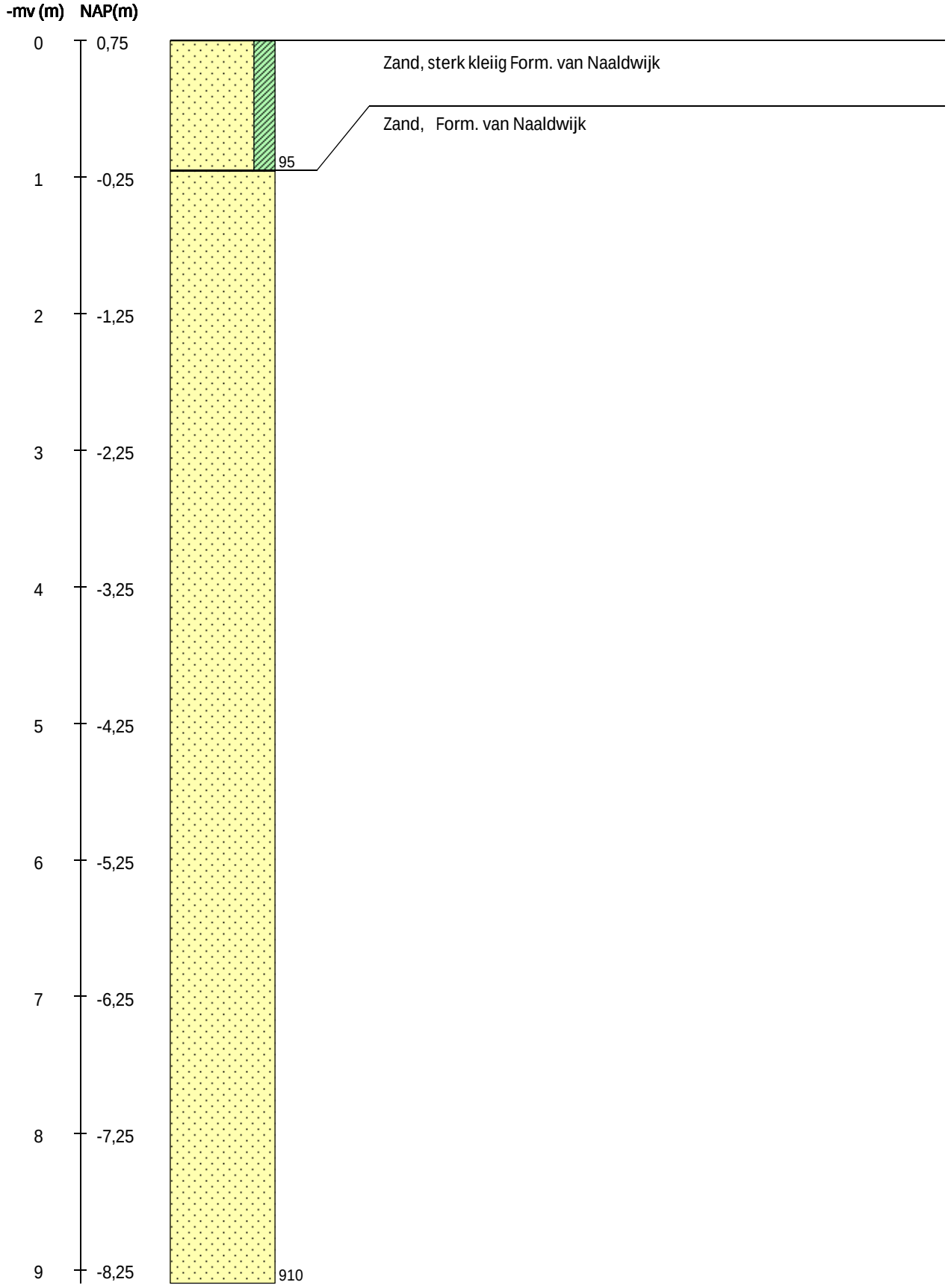
Boorstaten TNO/NITG

Boring 129 RD-coördinaten: 198970/600730



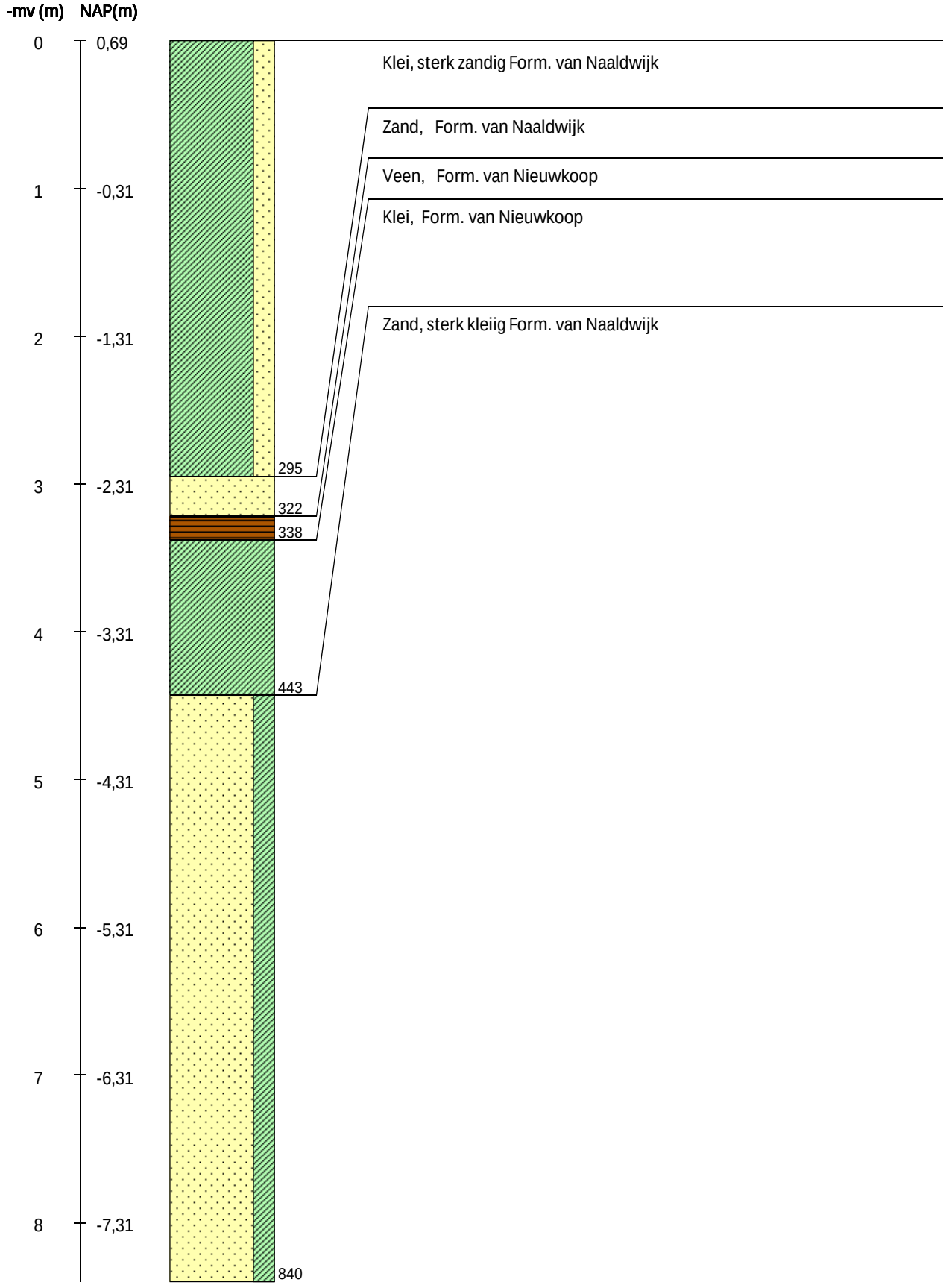
Boorstaten TNO/NITG

Boring 130 RD-coördinaten: 199410/600520



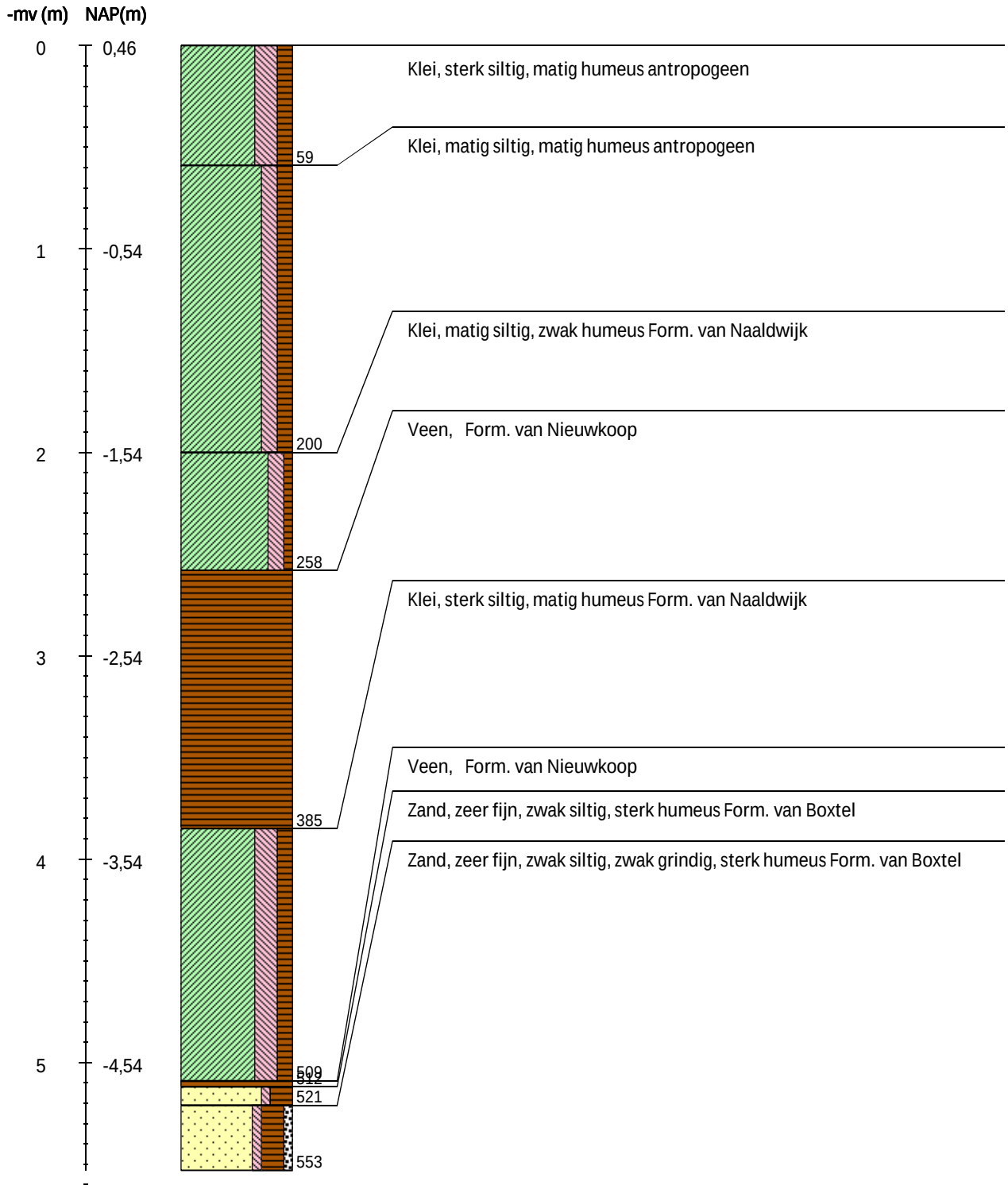
Boorstaten TNO/NITG

Boring 139 RD-coördinaten: 199660/601460



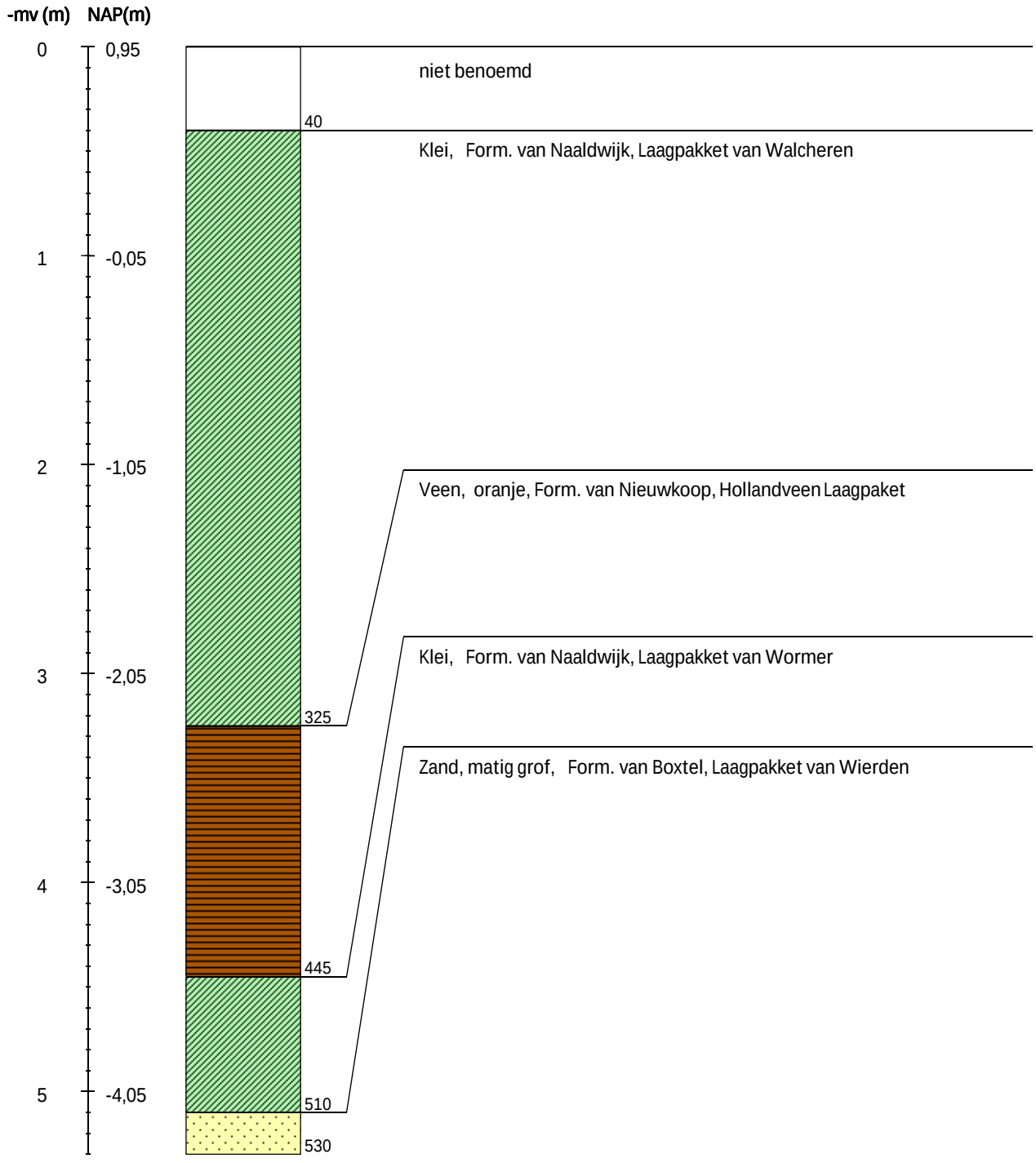
Boorstaten TNO/NITG

Boring 245 RD-coördinaten: 193633/599837

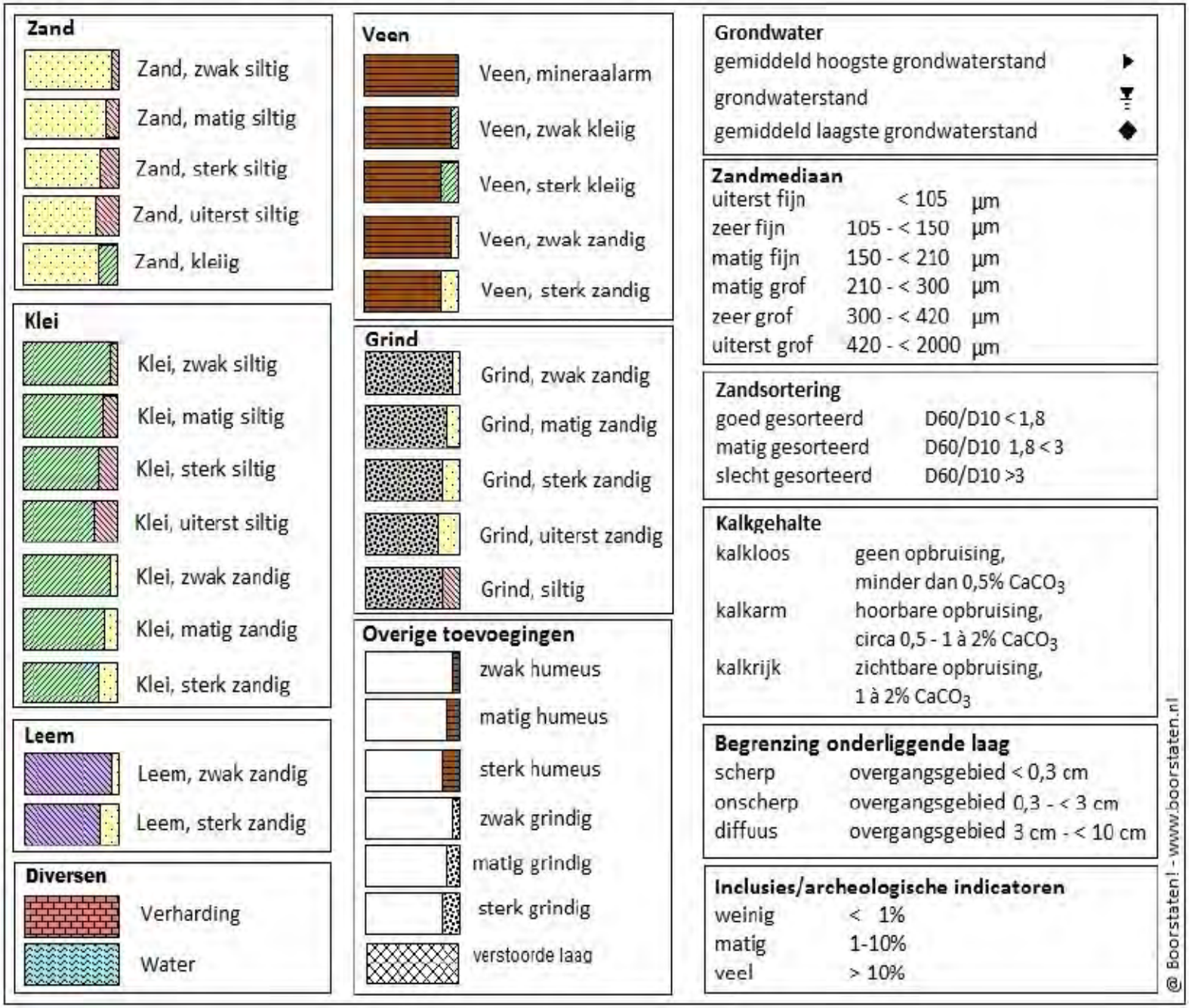


Boorstaten TNO/NITG

Boring 1002 RD-coördinaten: 194000/599950

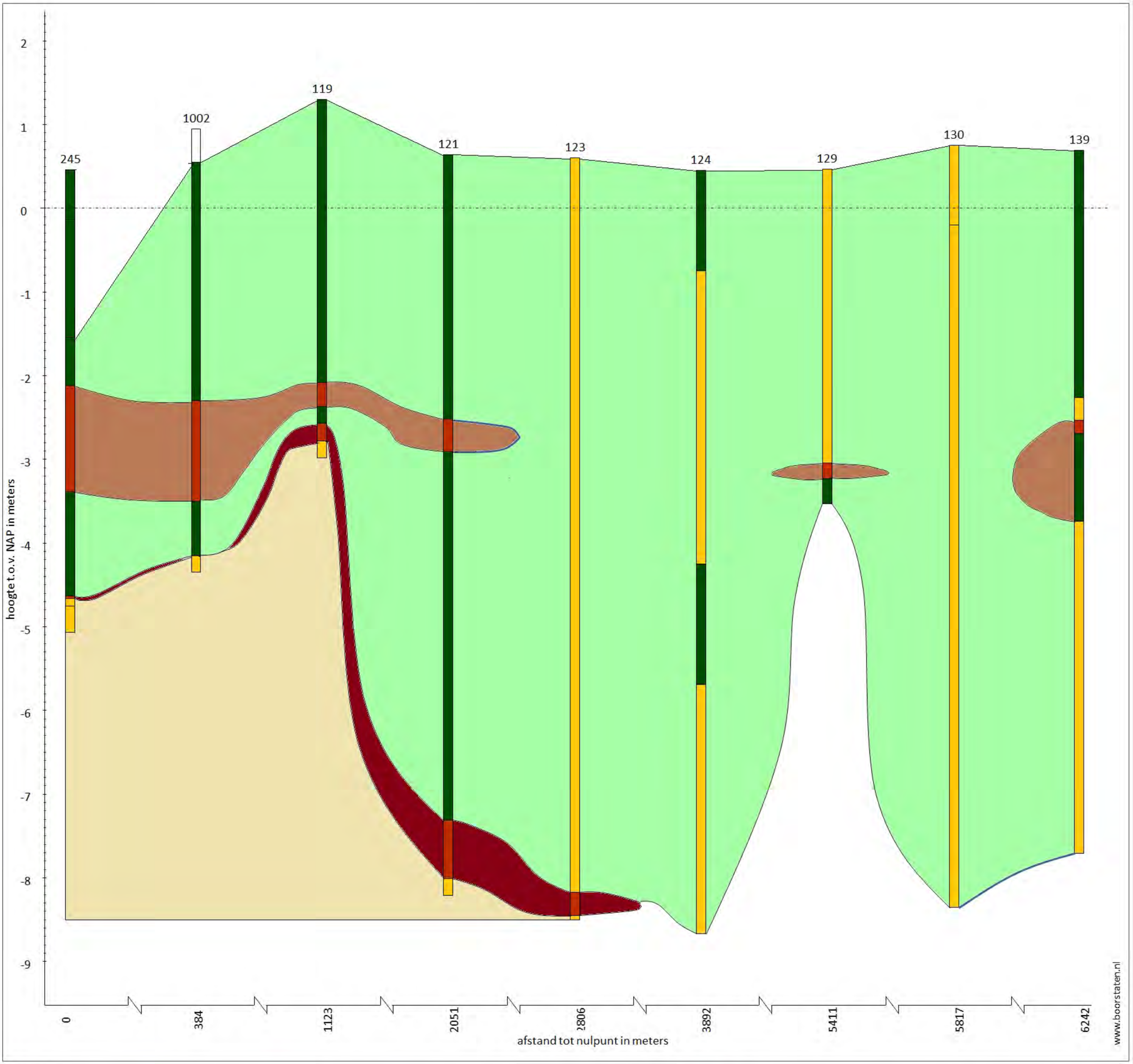


Legenda (conform NEN 5104, boorbeschrijvingsnorm van NITG-TNO en ASB)



Boorstaten TNO/NITG

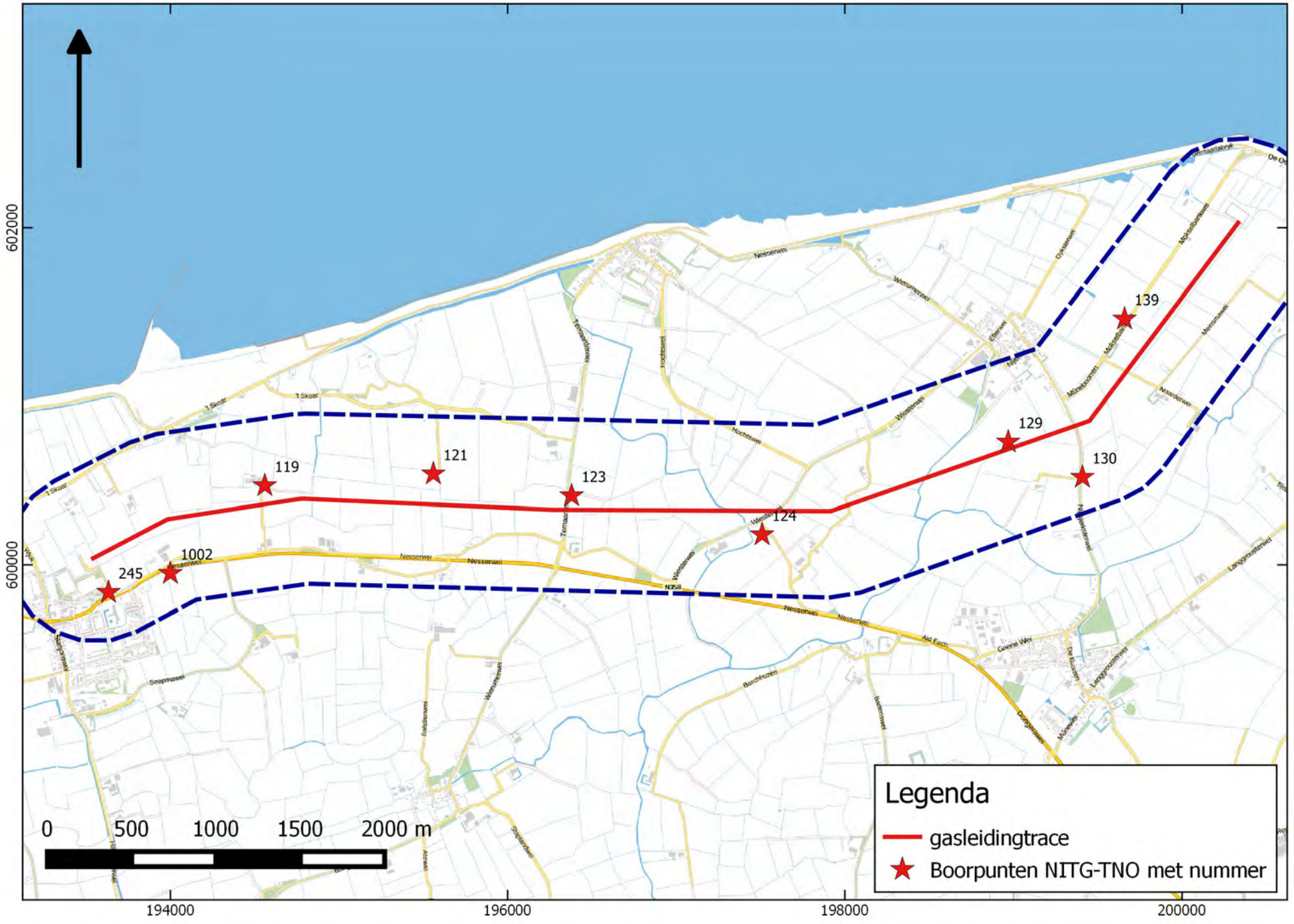
BIJLAGE 5 RAAIPROFIEL OP BASIS VAN NITG-TNO (DNO-LOKET)



Legenda

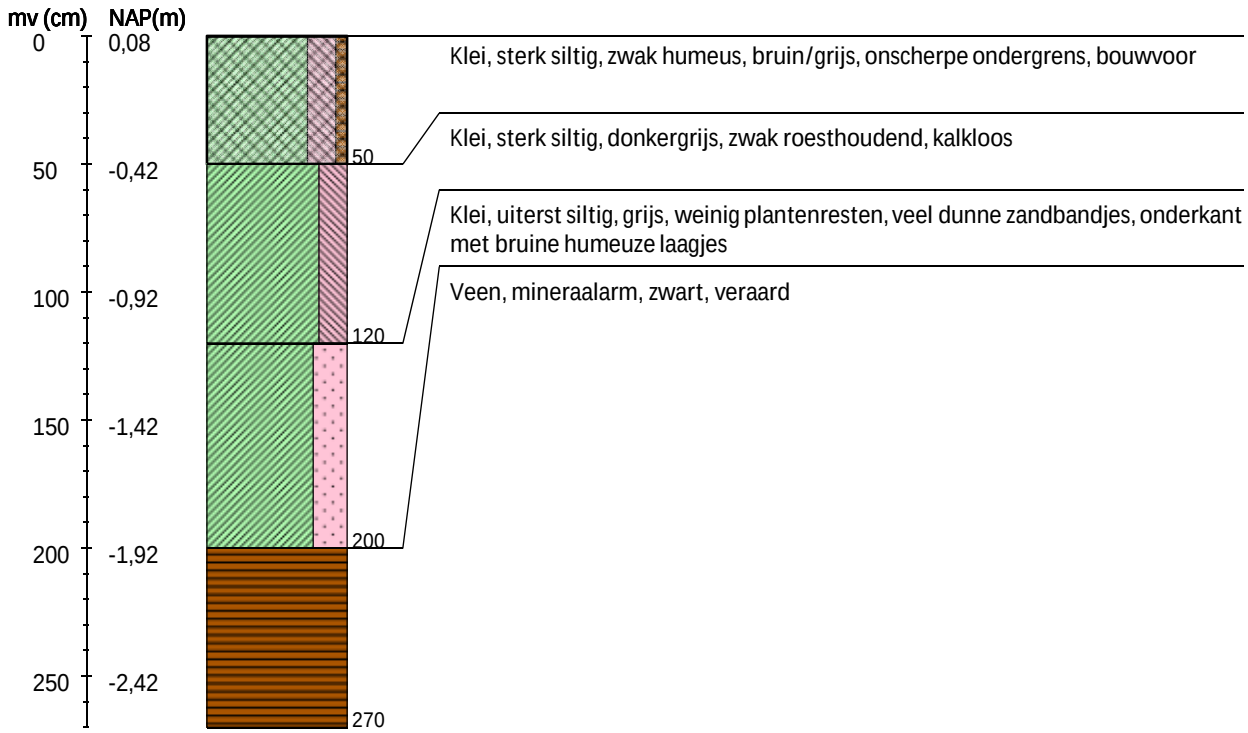
- Klei
- Zand
- Veen
- Formatie van Boxtel
- Formatie van Naaldwijk
- Basisveen Laag
- Hollandveen Laag

BIJLAGE 6 BOORPUNTENKAART NITG-TNO (DINO-LOKET)

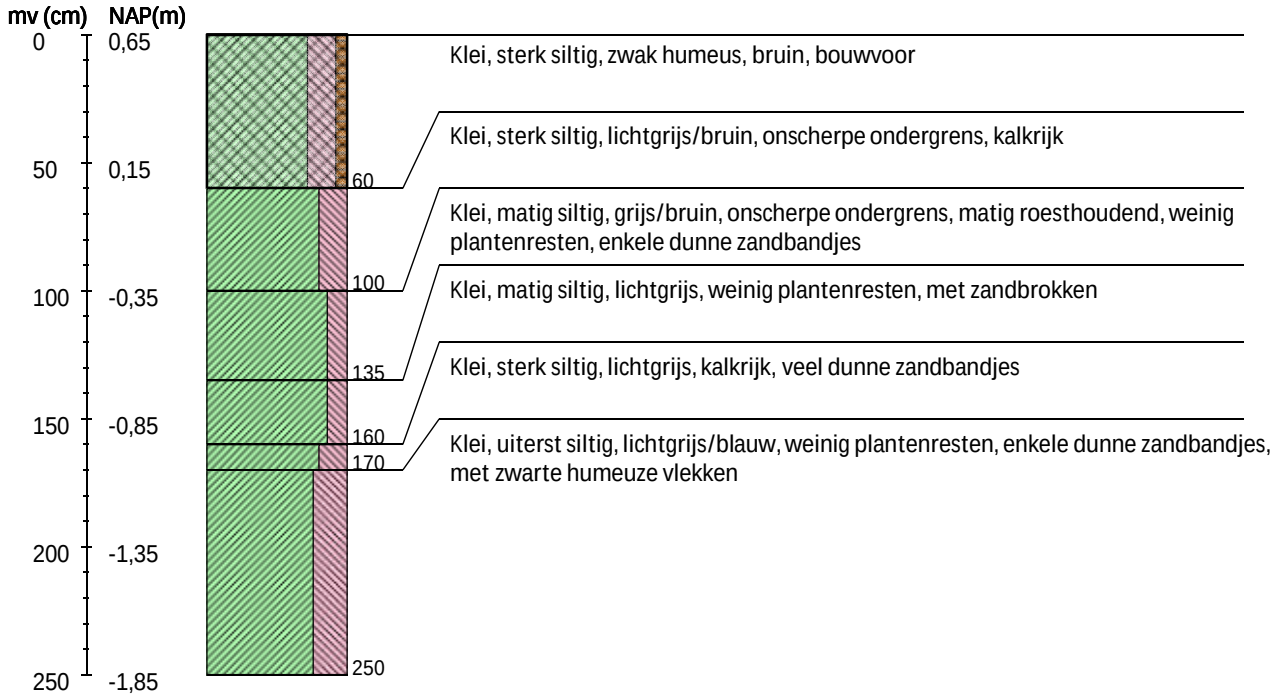

602000
600000
194000
196000
198000
200000
119
121
123
124
129
130
139
245
1002
0
500
1000
1500
2000 m
Legenda
gasleidingtrace
Boorpunten NITG-TNO met nummer

BIJLAGE 7 BOORSTATEN VELDWERK

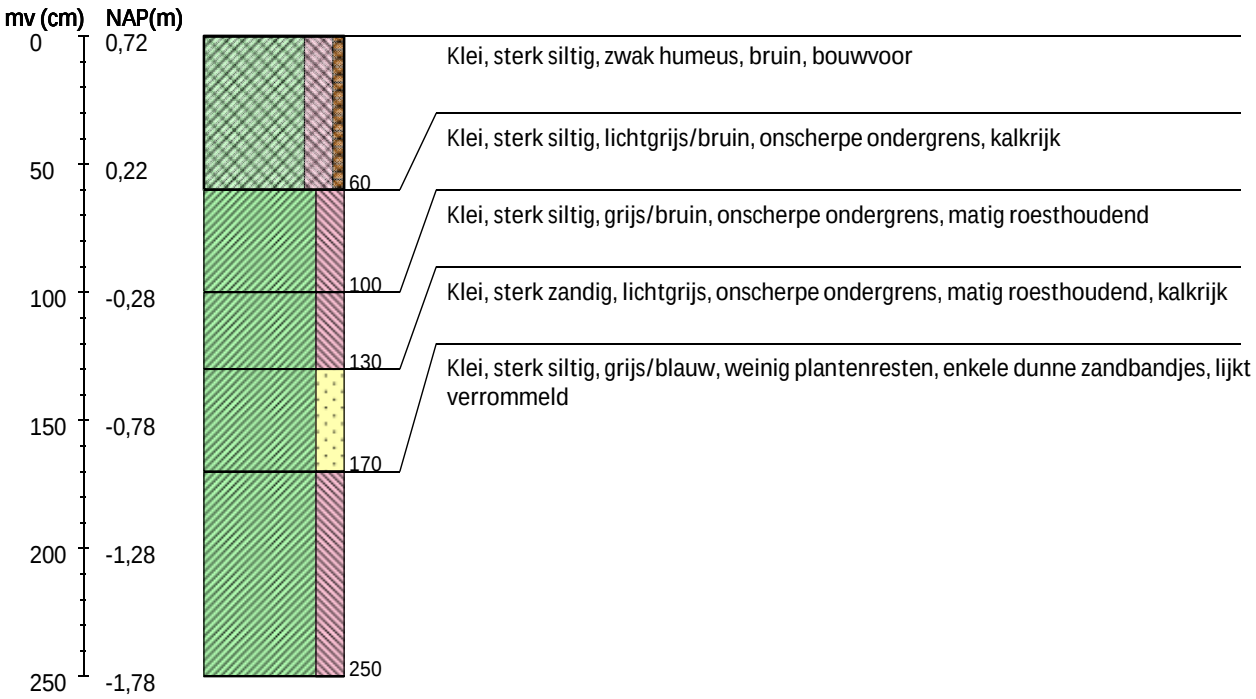
Boring 1 RD-coördinaten: 193549/600054



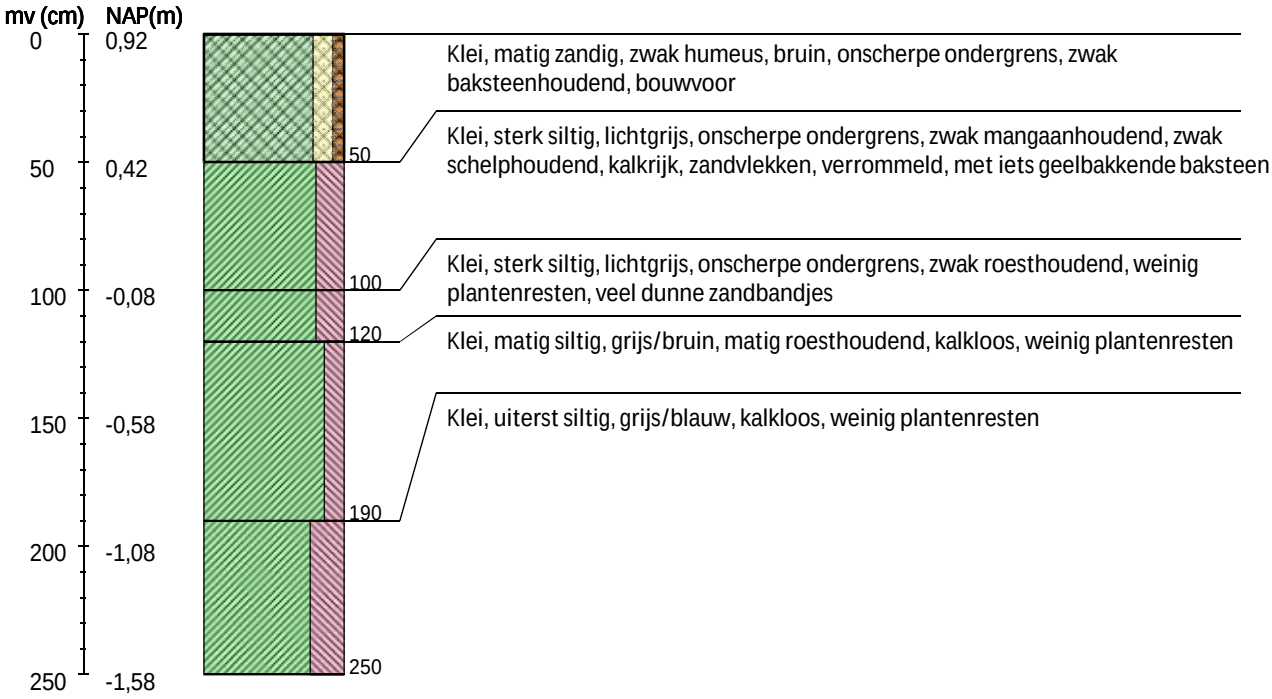
Boring 2 RD-coördinaten: 193584/600048



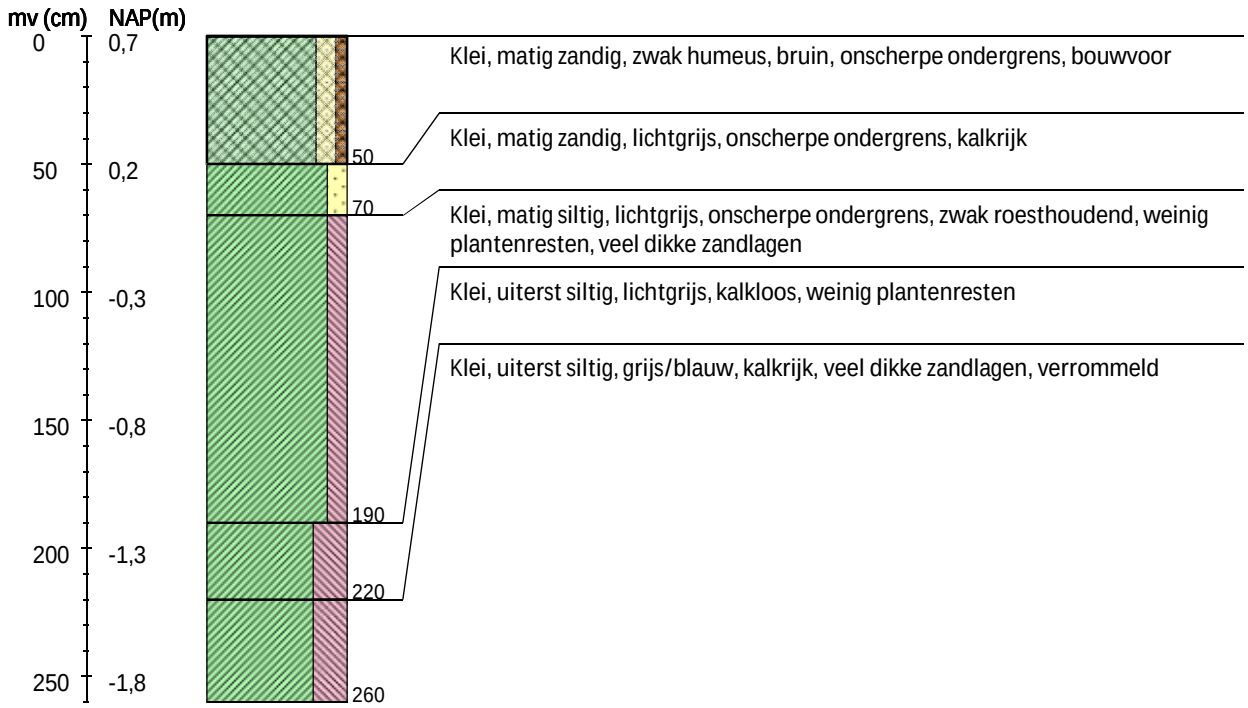
Boring 3 RD-coördinaten: 193628/600071



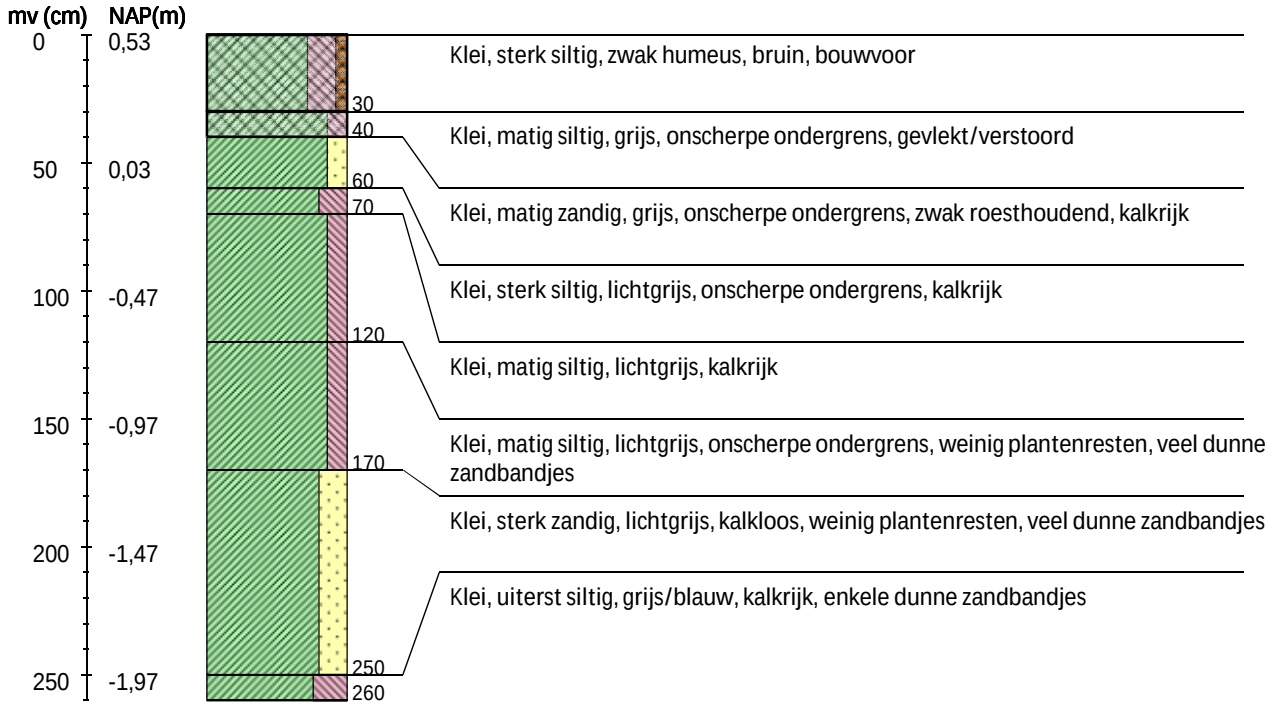
Boring 4 RD-coördinaten: 193672/600095



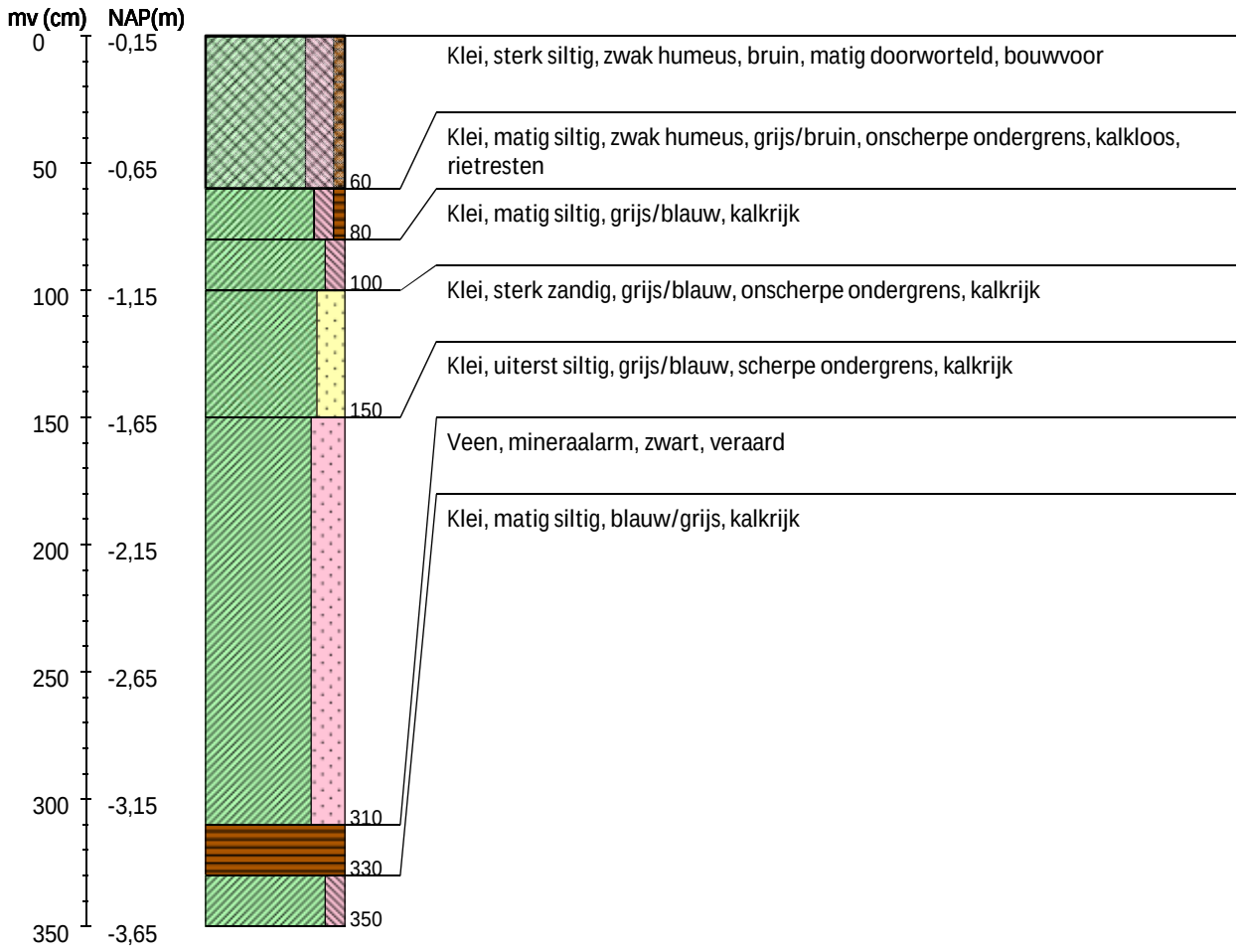
Boring 5 RD-coördinaten: 193717/600118



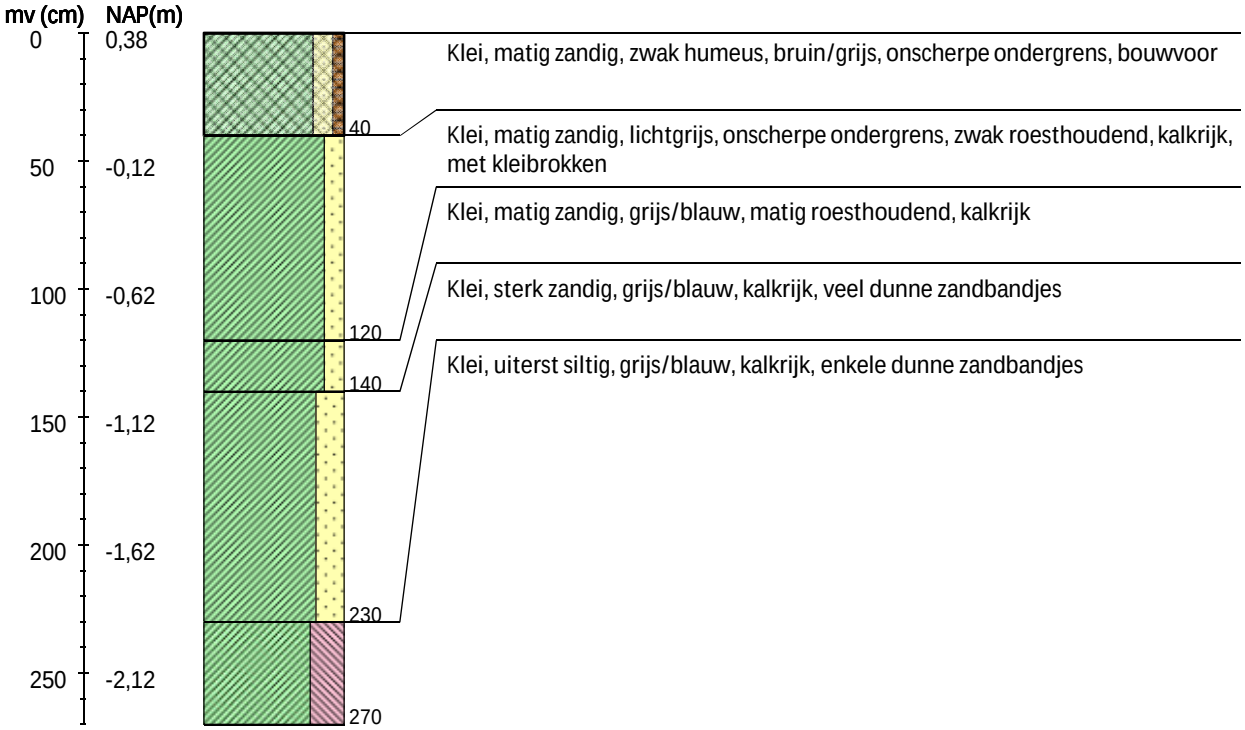
Boring 6 RD-coördinaten: 193761/600142



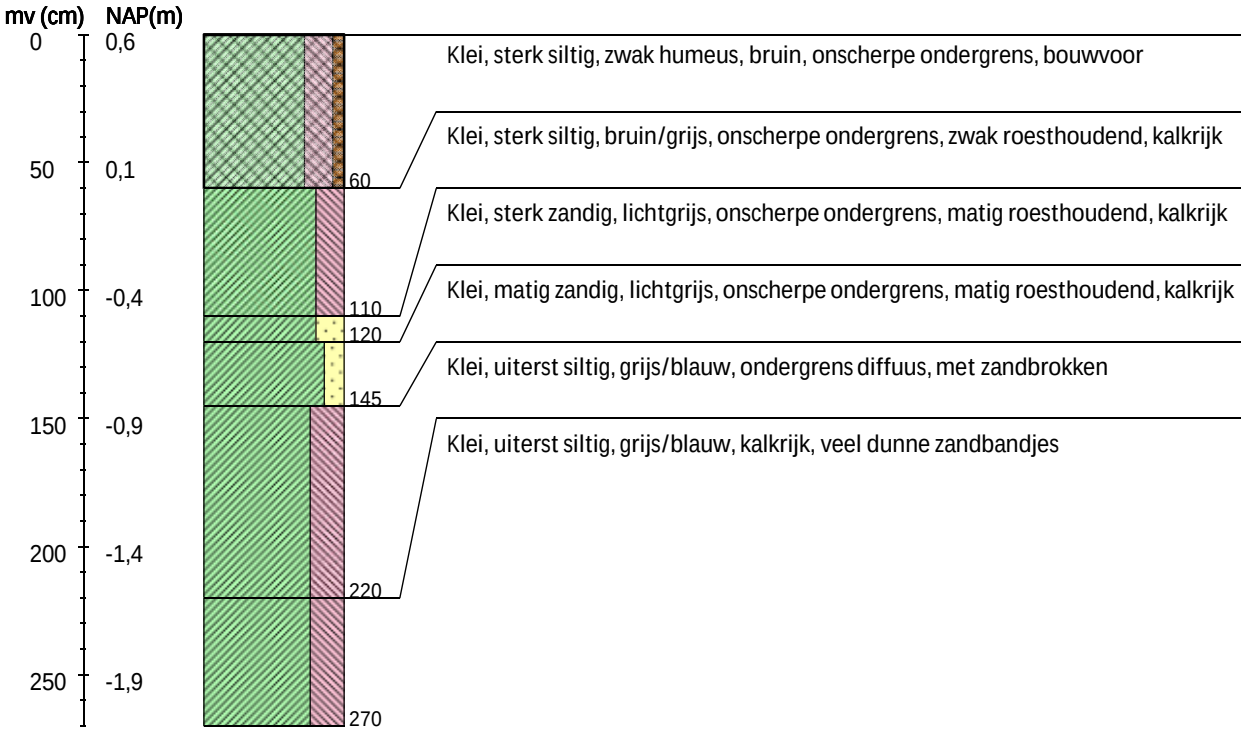
Boring 7 RD-coördinaten: 193807/600165



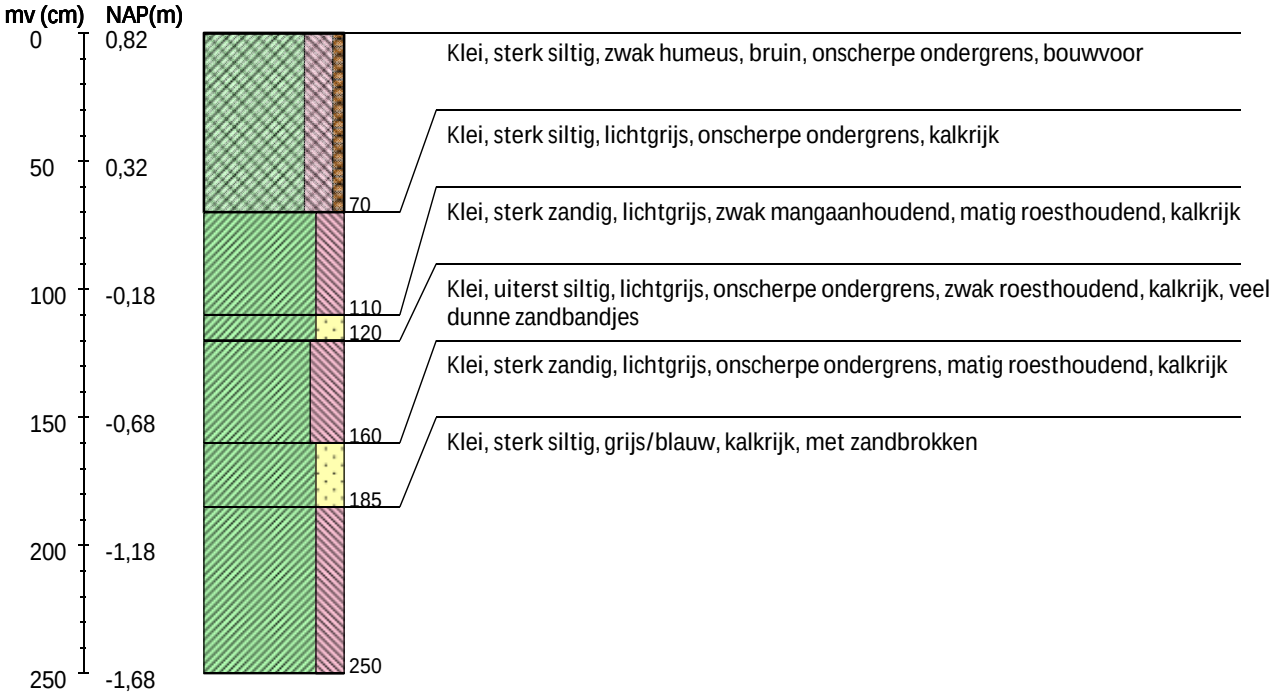
Boring 8 RD-coördinaten: 193849/600188



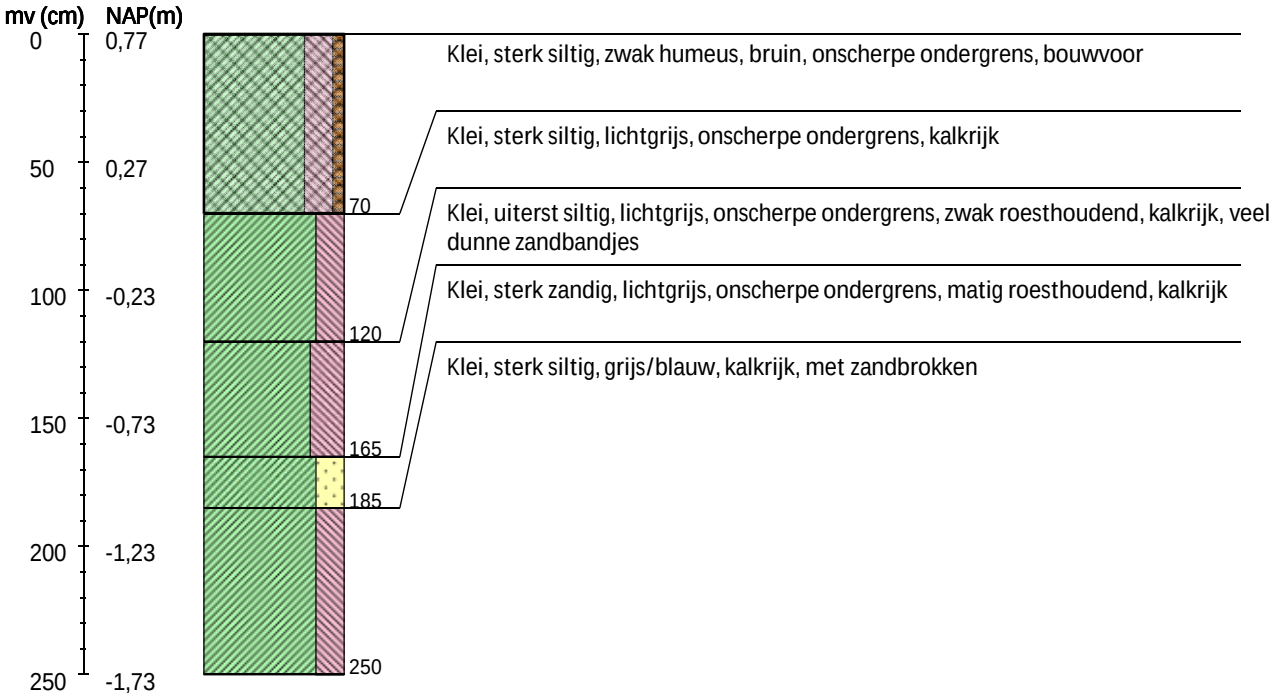
Boring 9 RD-coördinaten: 193893/600212



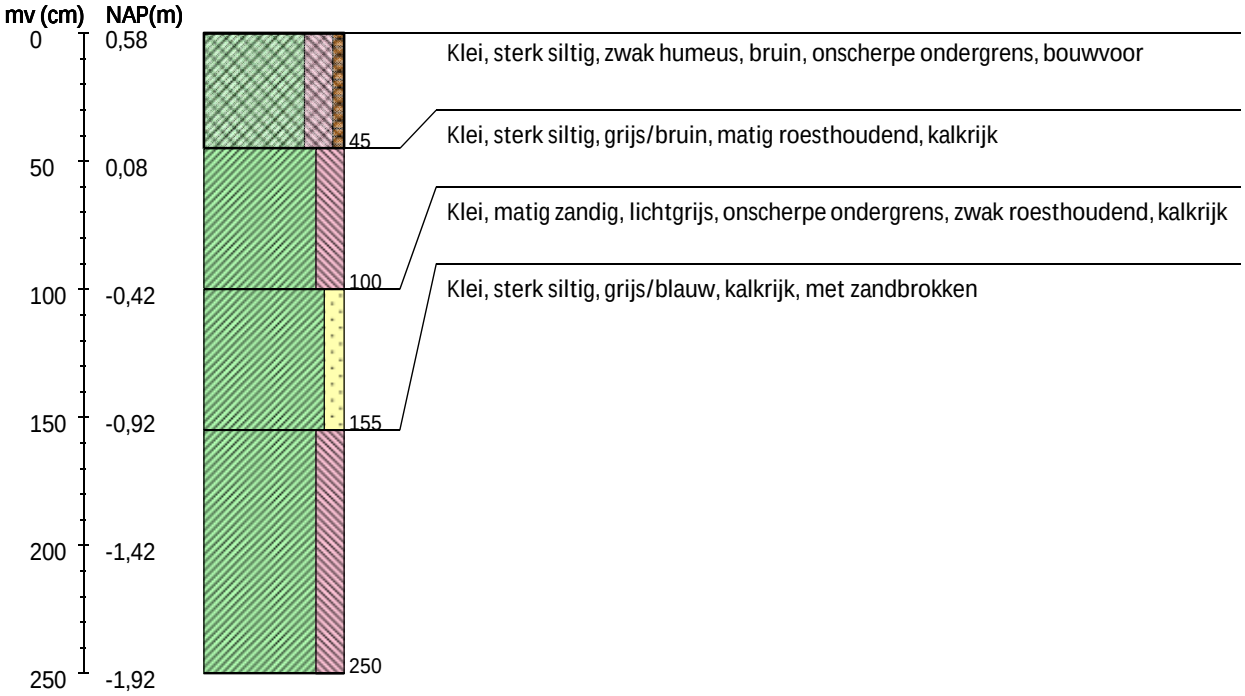
Boring 10 RD-coördinaten: 193937/600235



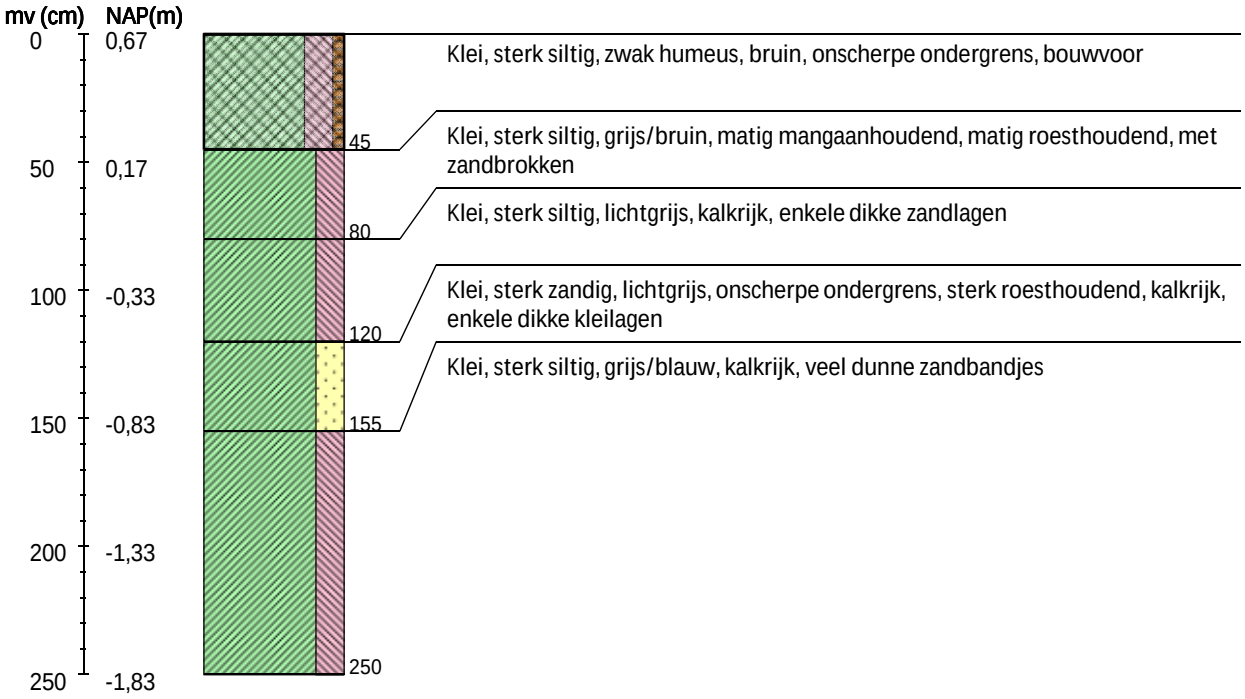
Boring 11 RD-coördinaten: 193984/600253



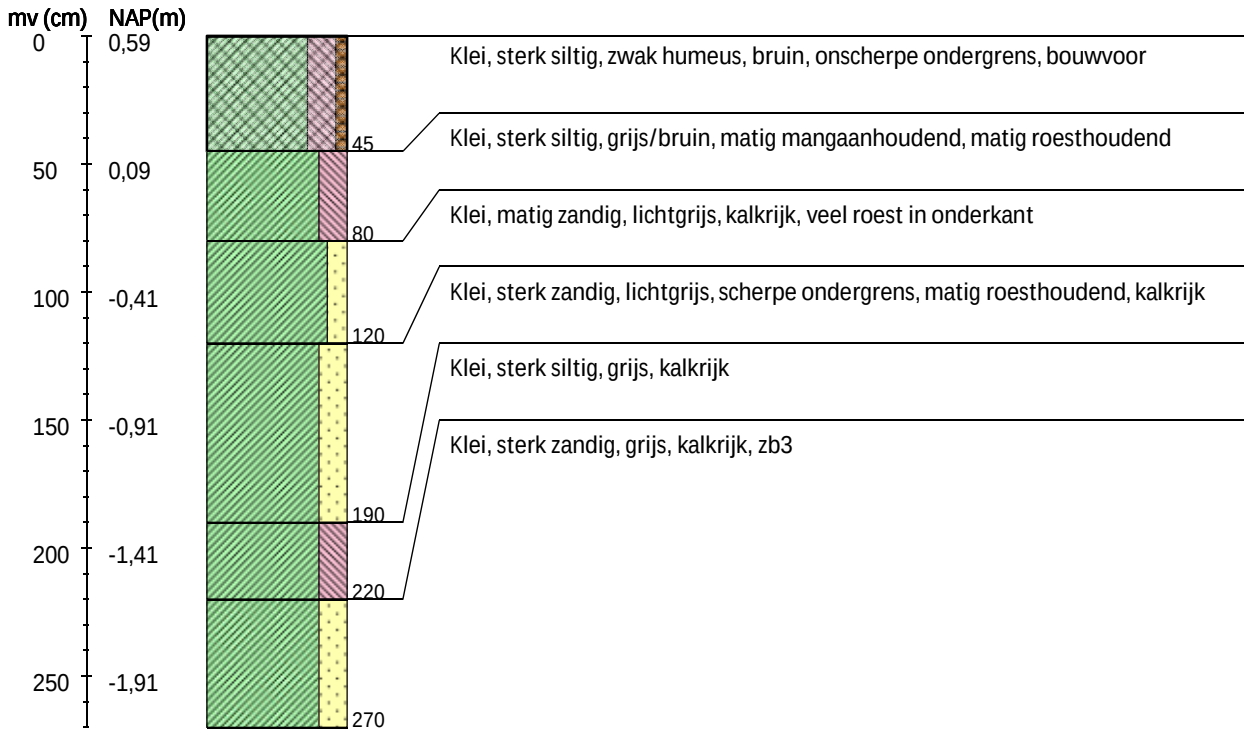
Boring 12 RD-coördinaten: 194032/600265



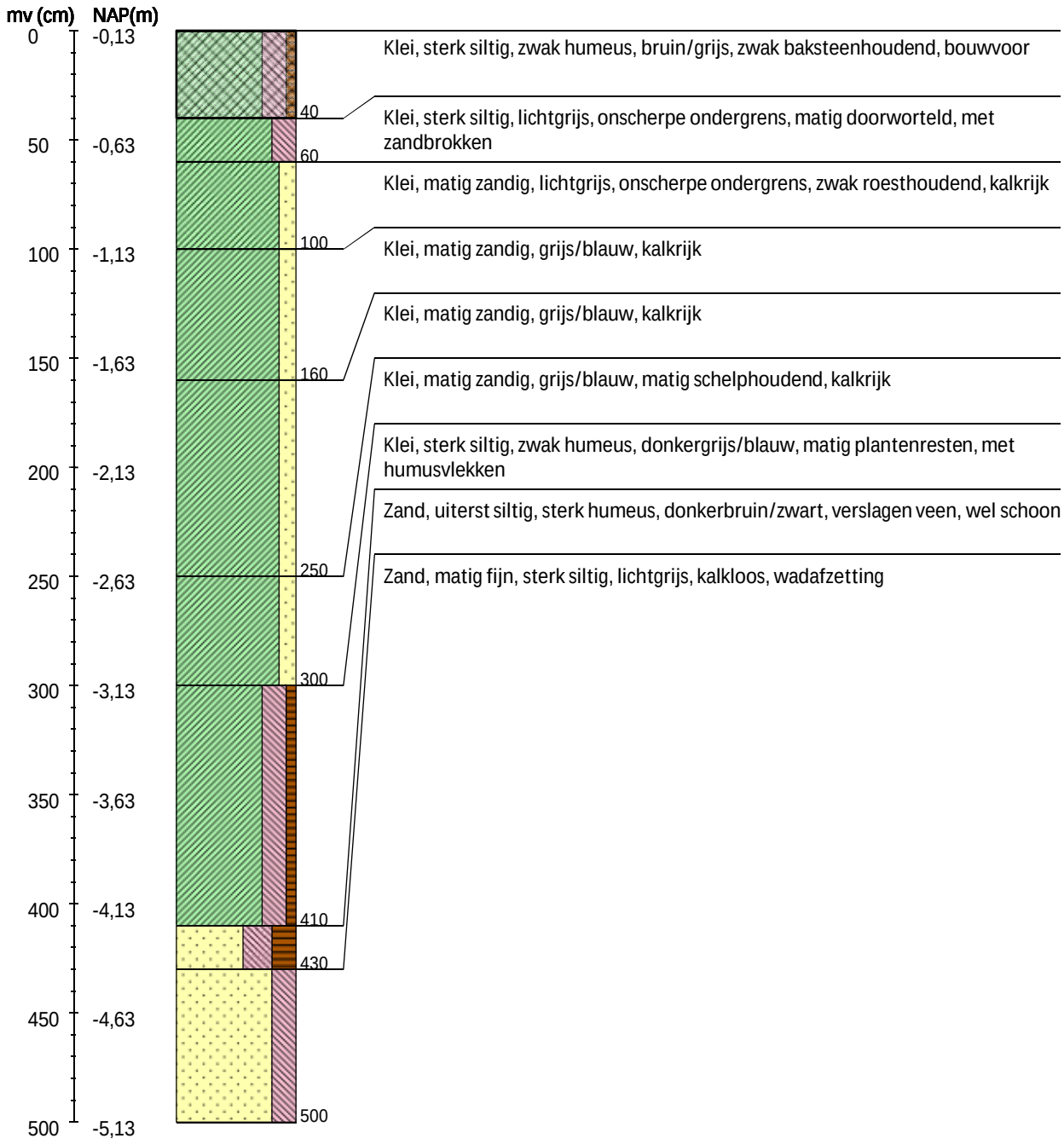
Boring 13 RD-coördinaten: 194082/600273



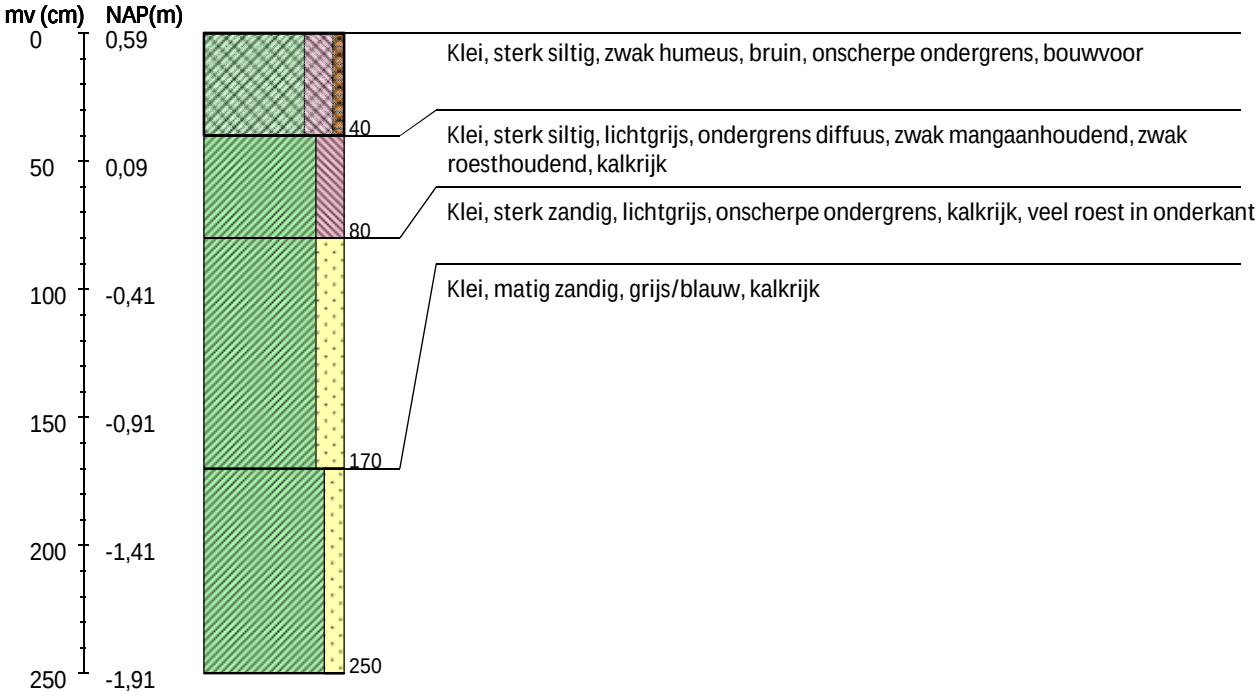
Boring 14 RD-coördinaten: 194131/600281



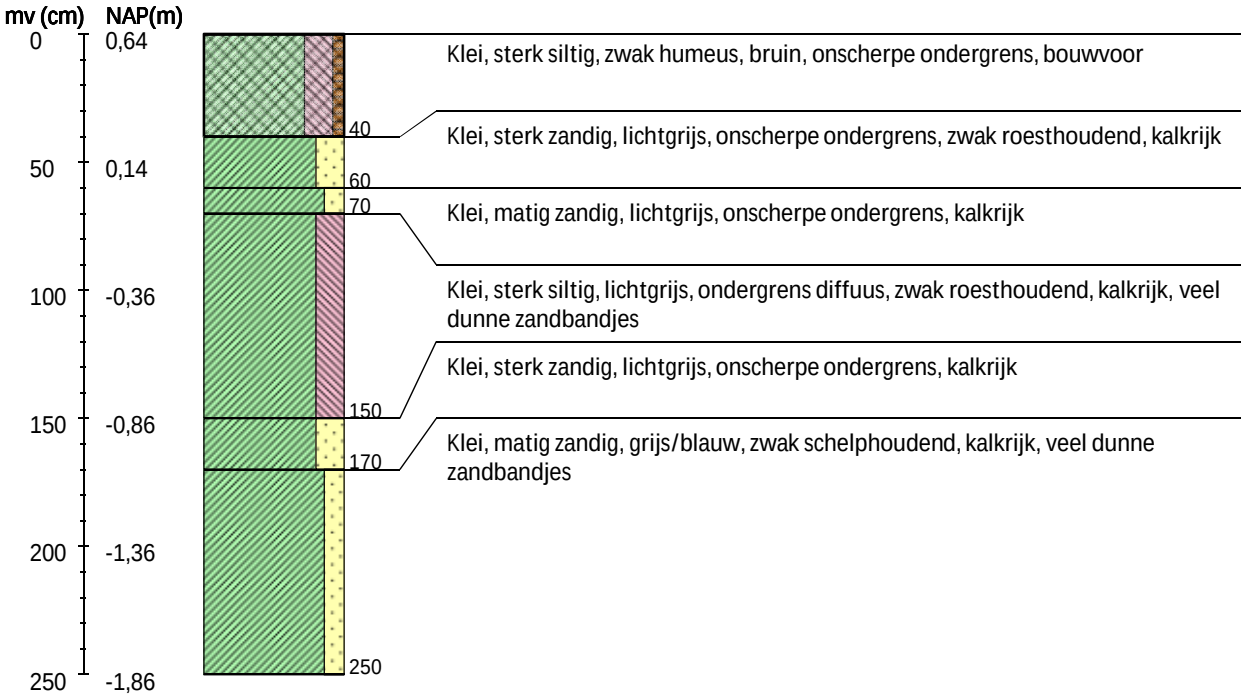
Boring 15 RD-coördinaten: 194164/600287



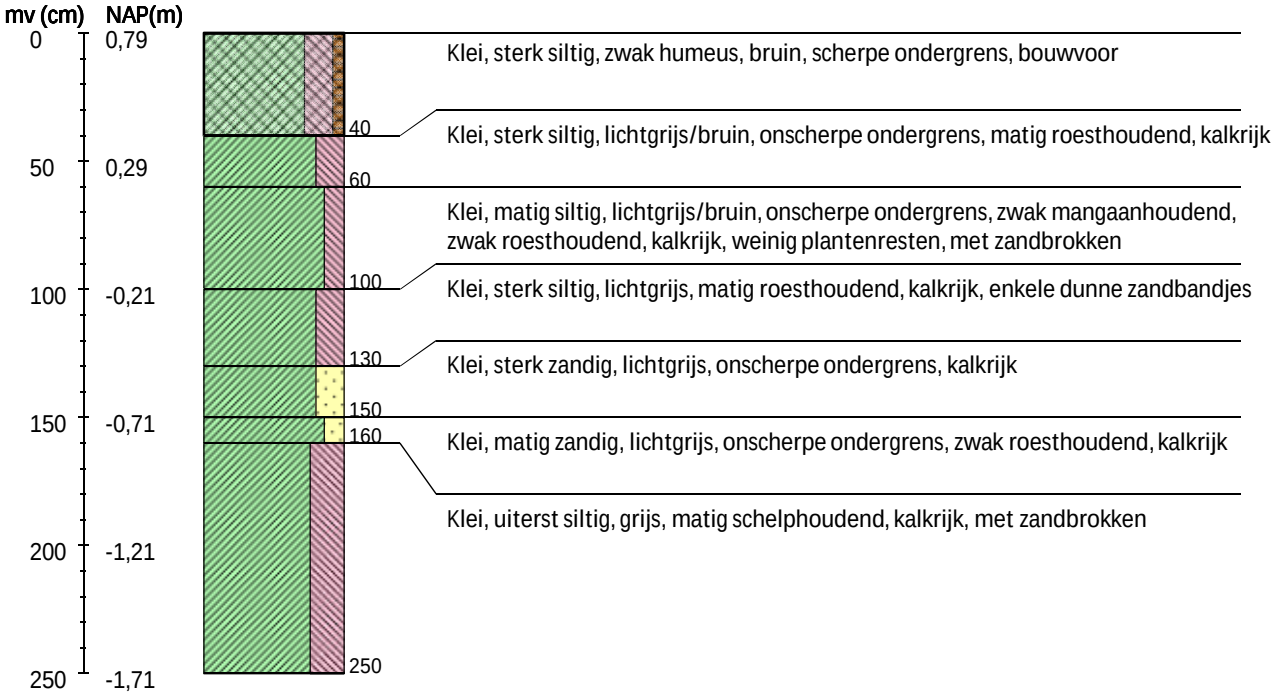
Boring 16 RD-coördinaten: 194230/600296



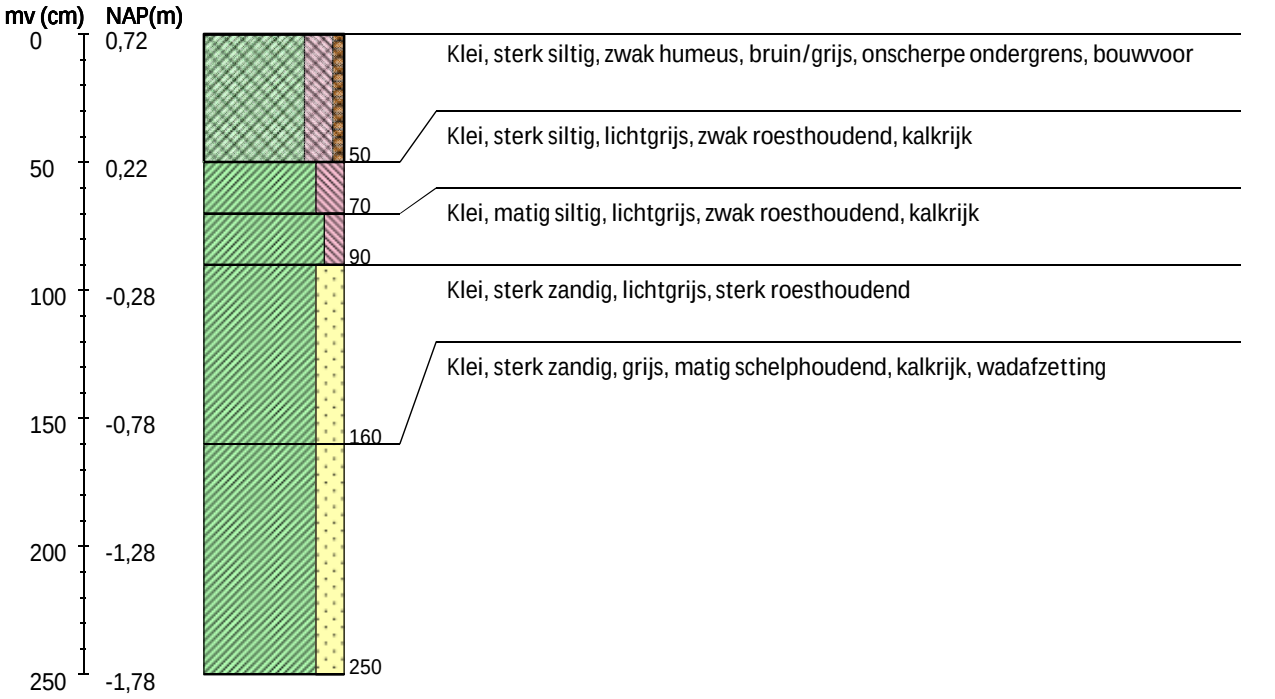
Boring 17 RD-coördinaten: 194280/600303



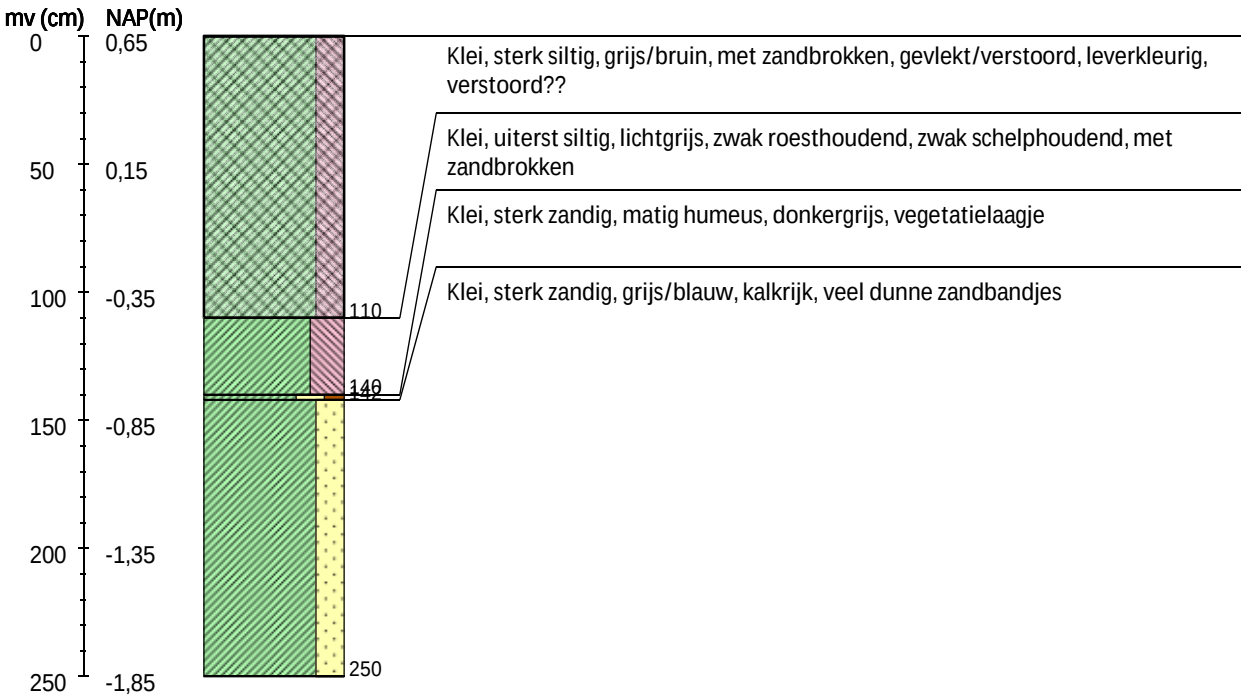
Boring 18 RD-coördinaten: 194329/600310



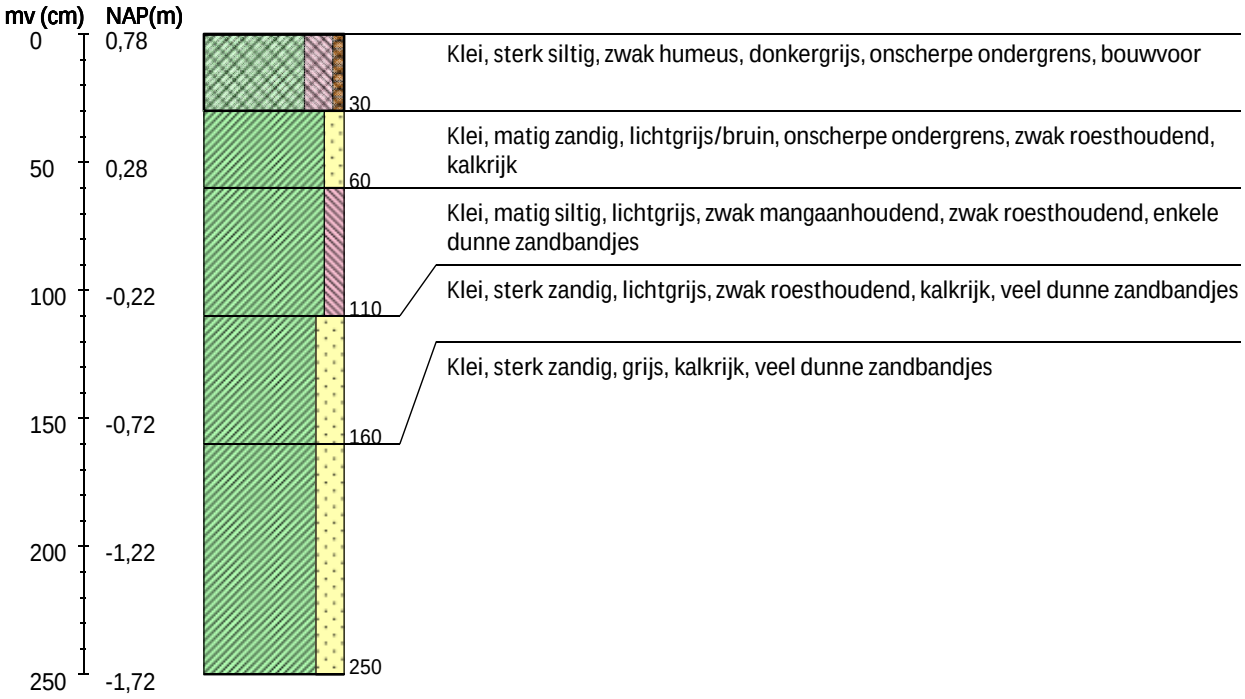
Boring 19 RD-coördinaten: 194378/600318



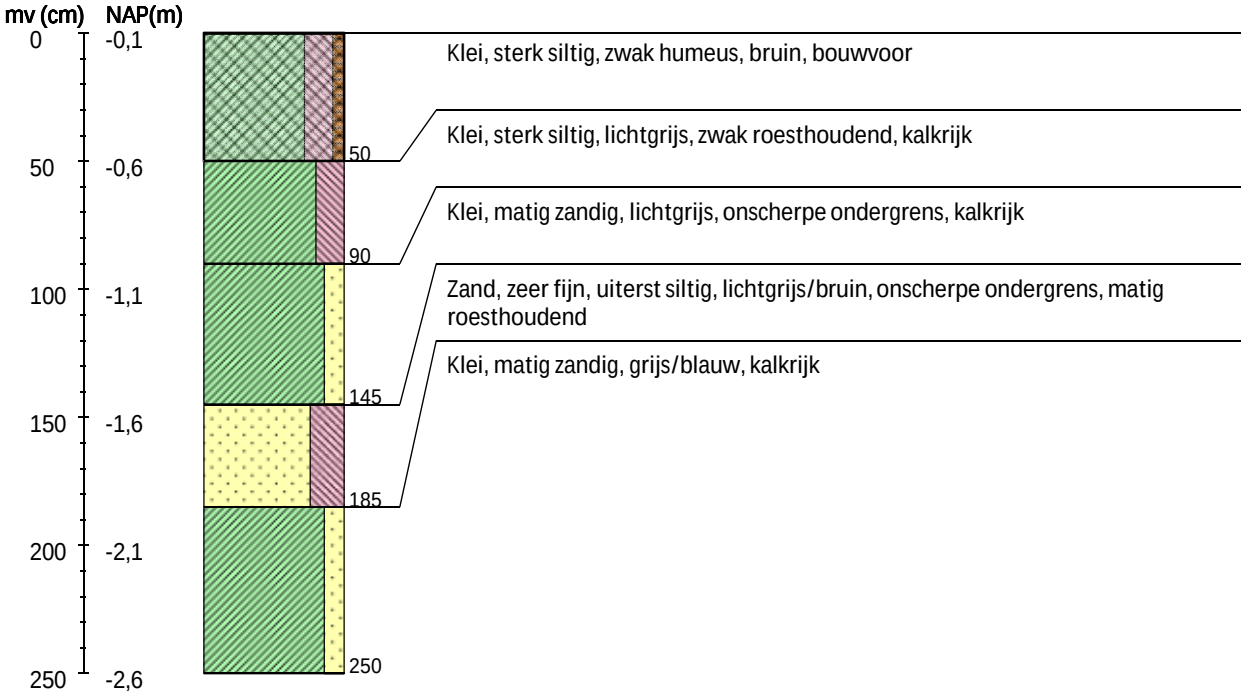
Boring 20 RD-coördinaten: 194427/600326



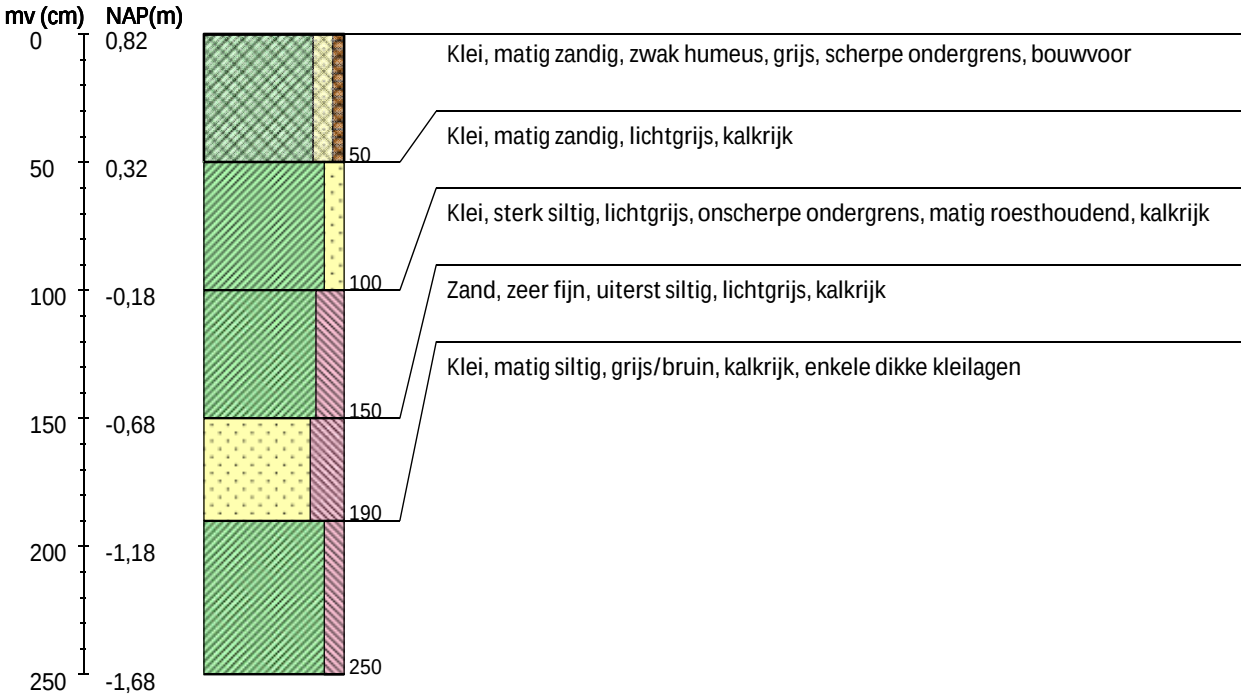
Boring 21 RD-coördinaten: 194477/600333



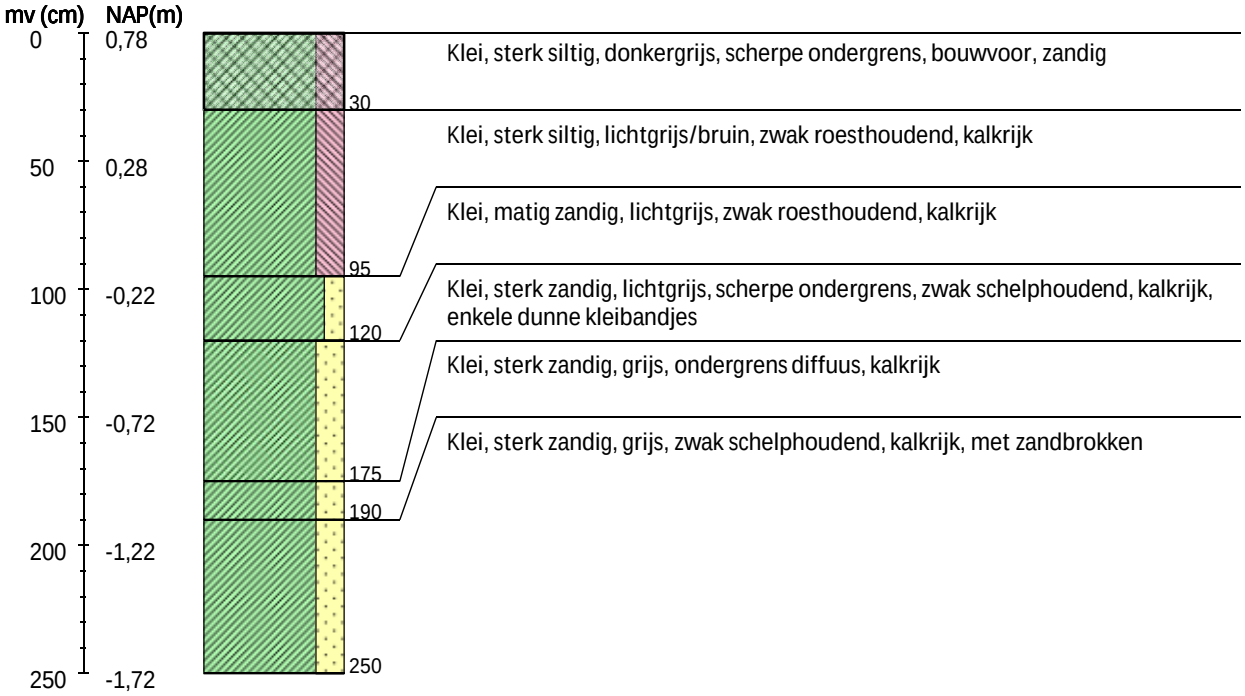
Boring 22 RD-coördinaten: 194531/600341



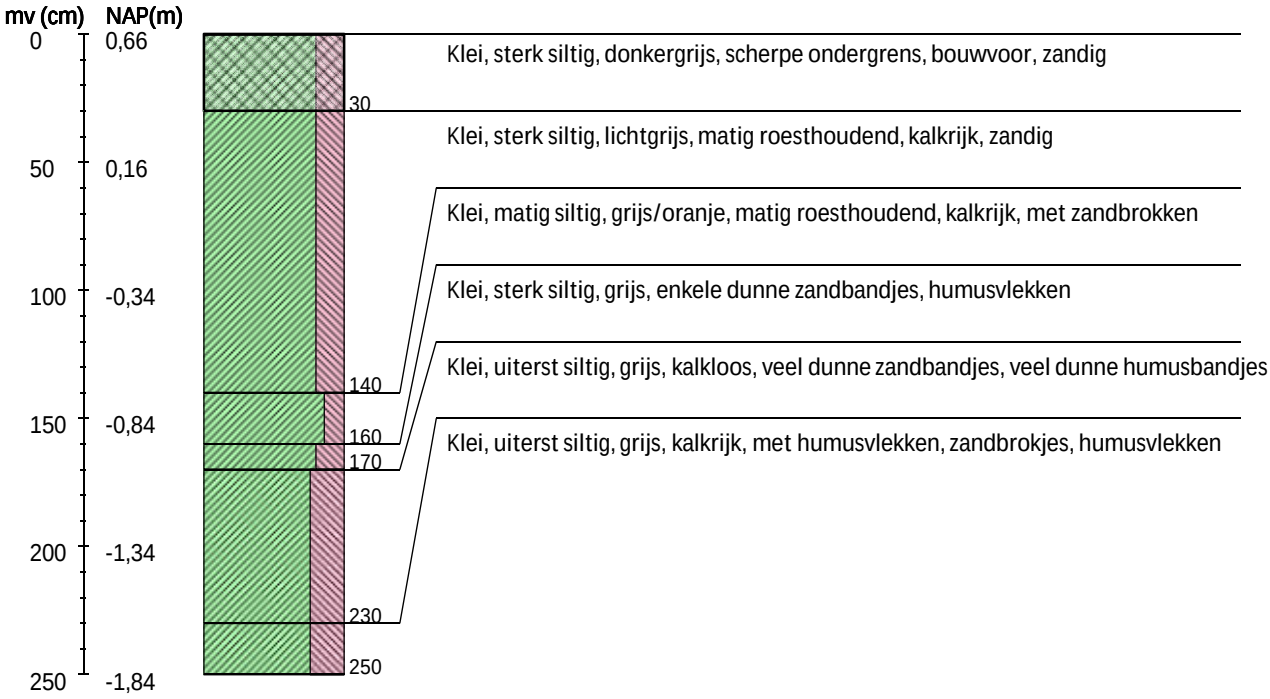
Boring 23 RD-coördinaten: 194576/600347



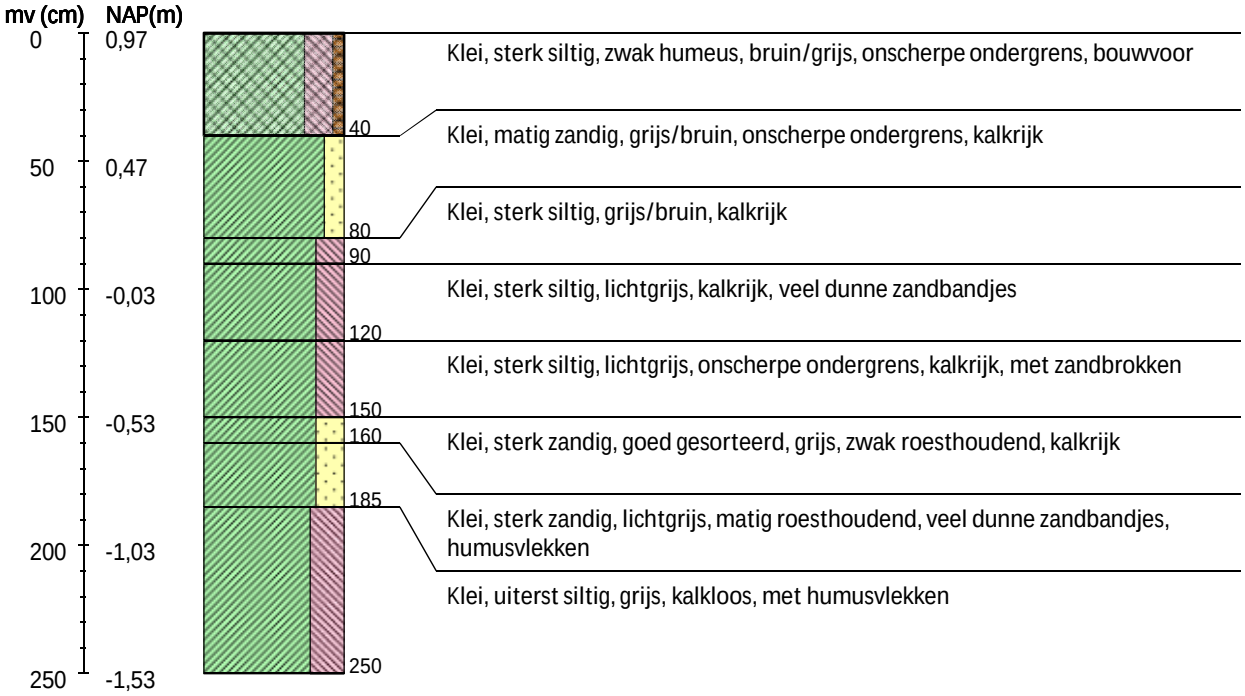
Boring 24 RD-coördinaten: 194625/600355



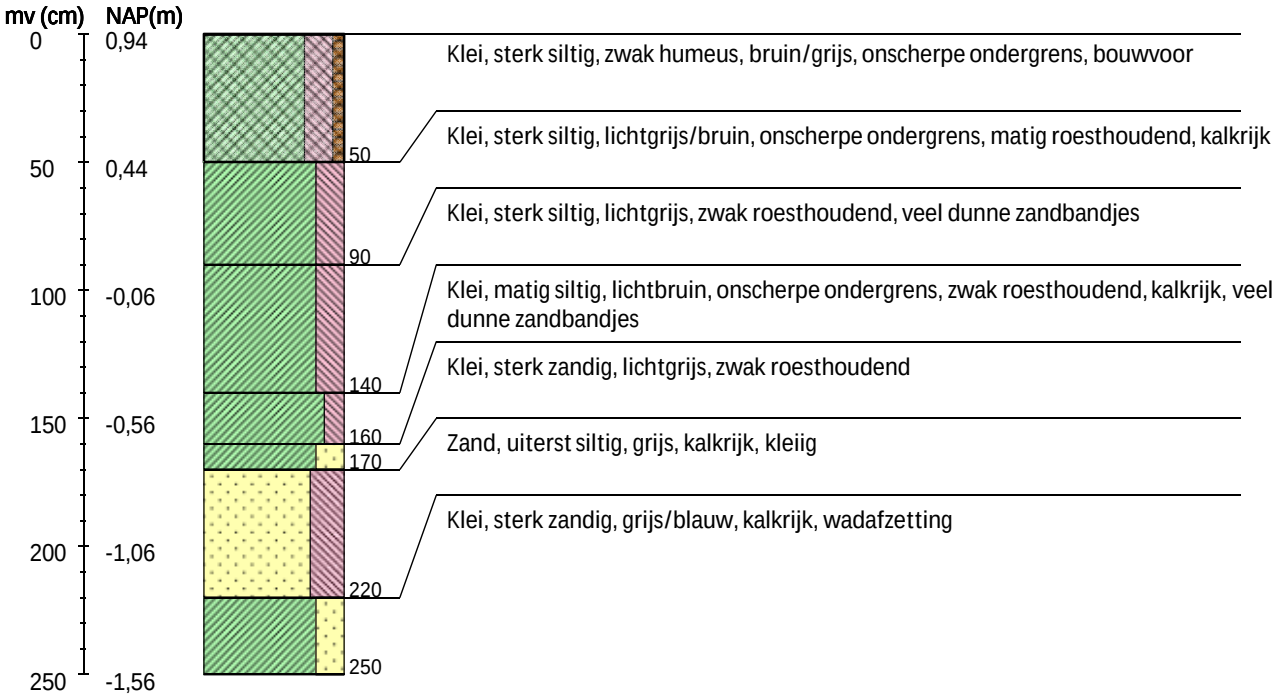
Boring 25 RD-coördinaten: 194675/600363



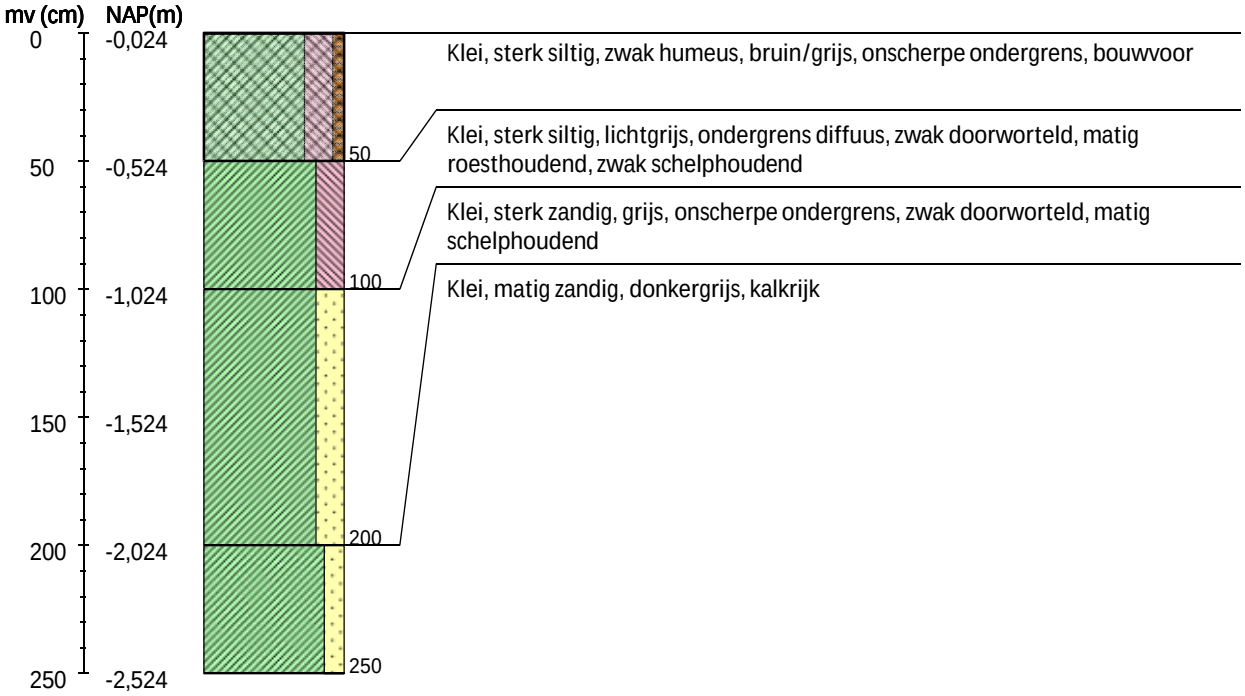
Boring 26 RD-coördinaten: 194724/600370



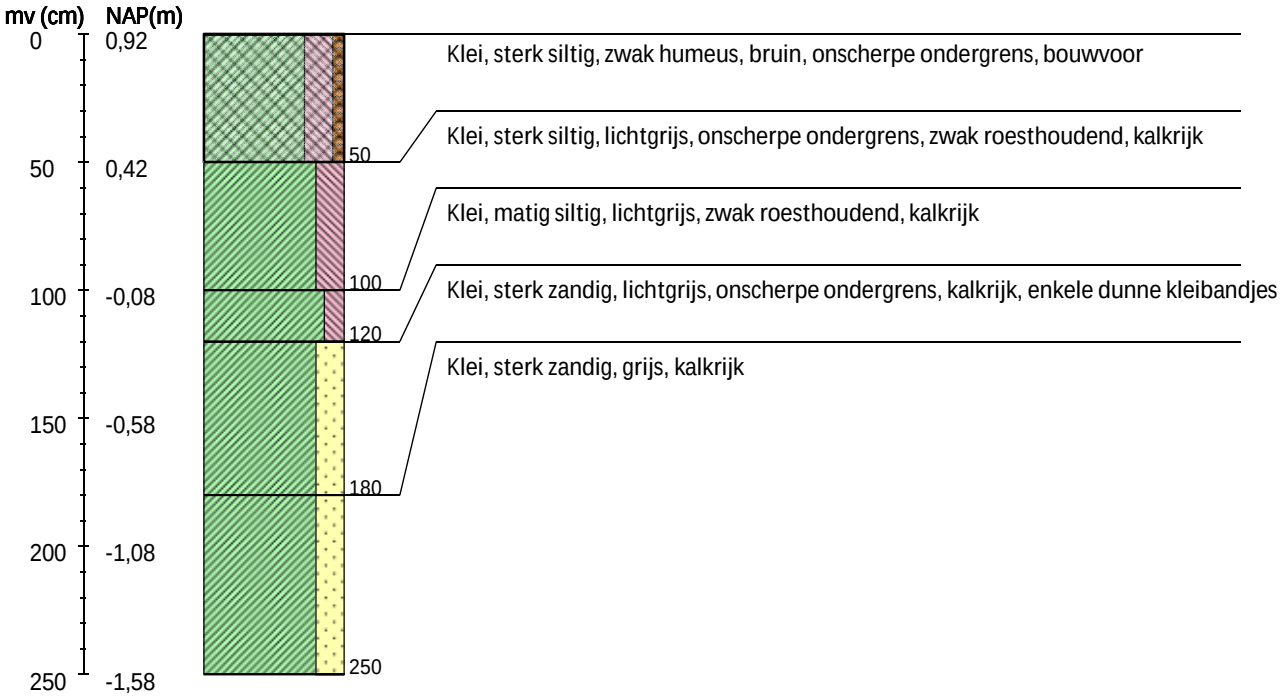
Boring 27 RD-coördinaten: 194774/600376



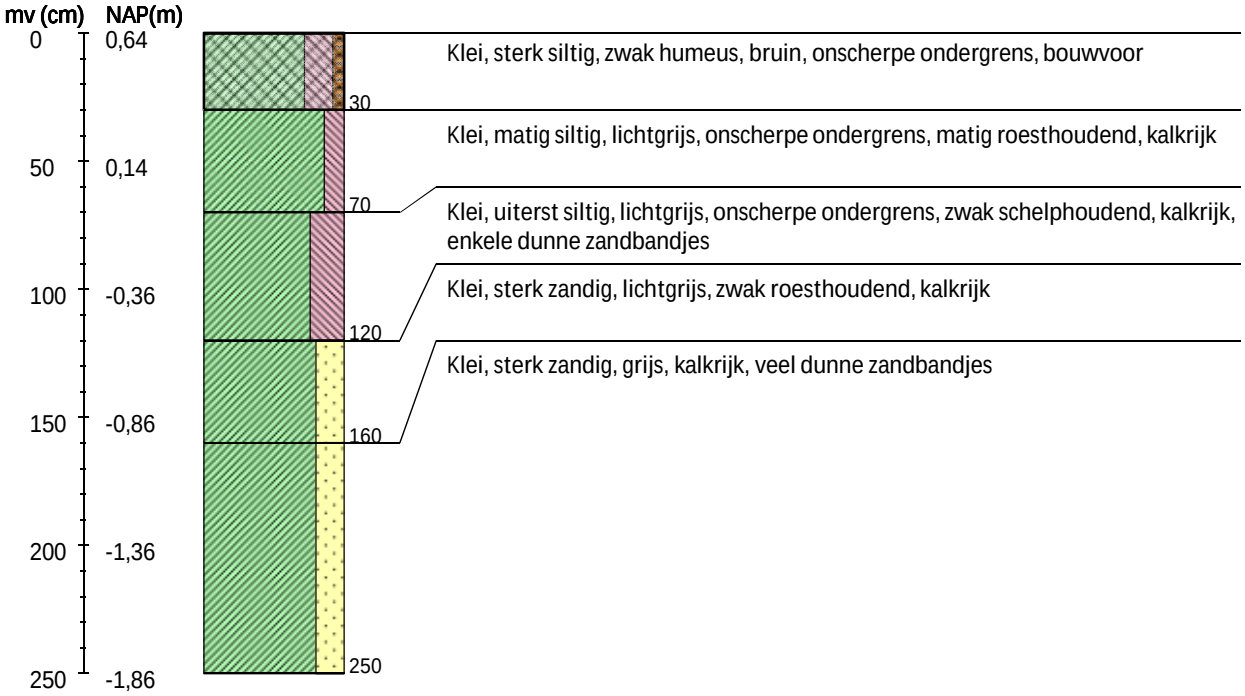
Boring 29 RD-coördinaten: 194849/600374



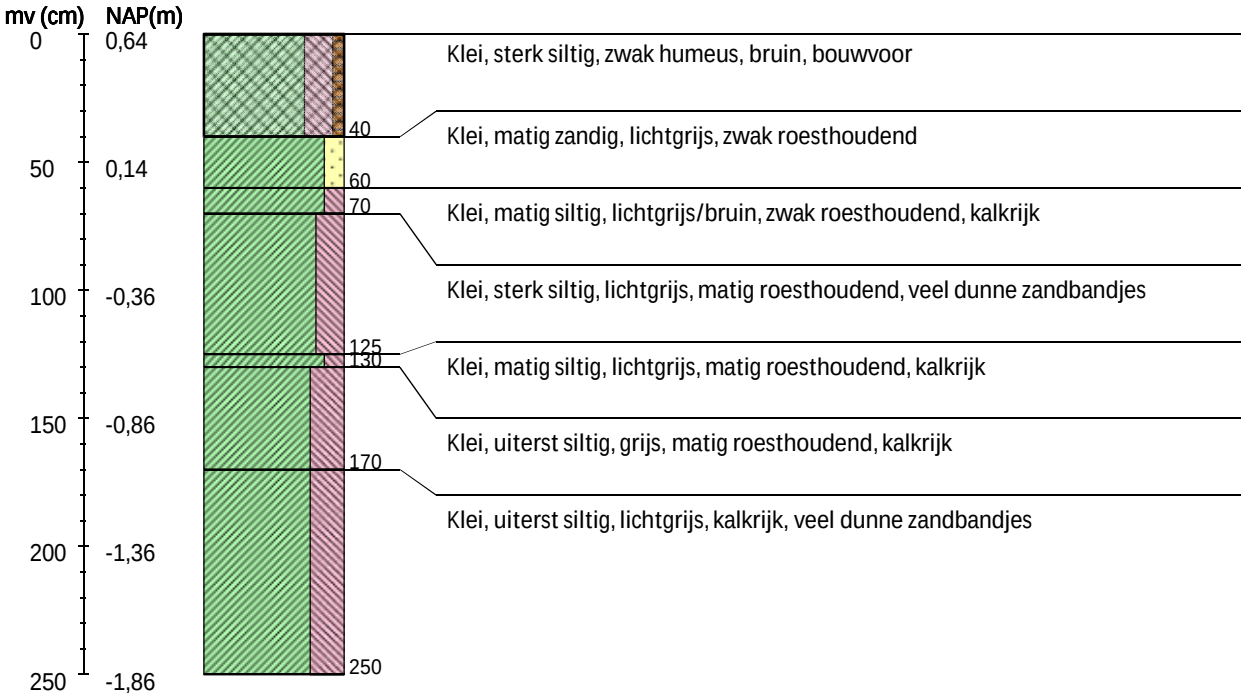
Boring 30 RD-coördinaten: 194924/600373



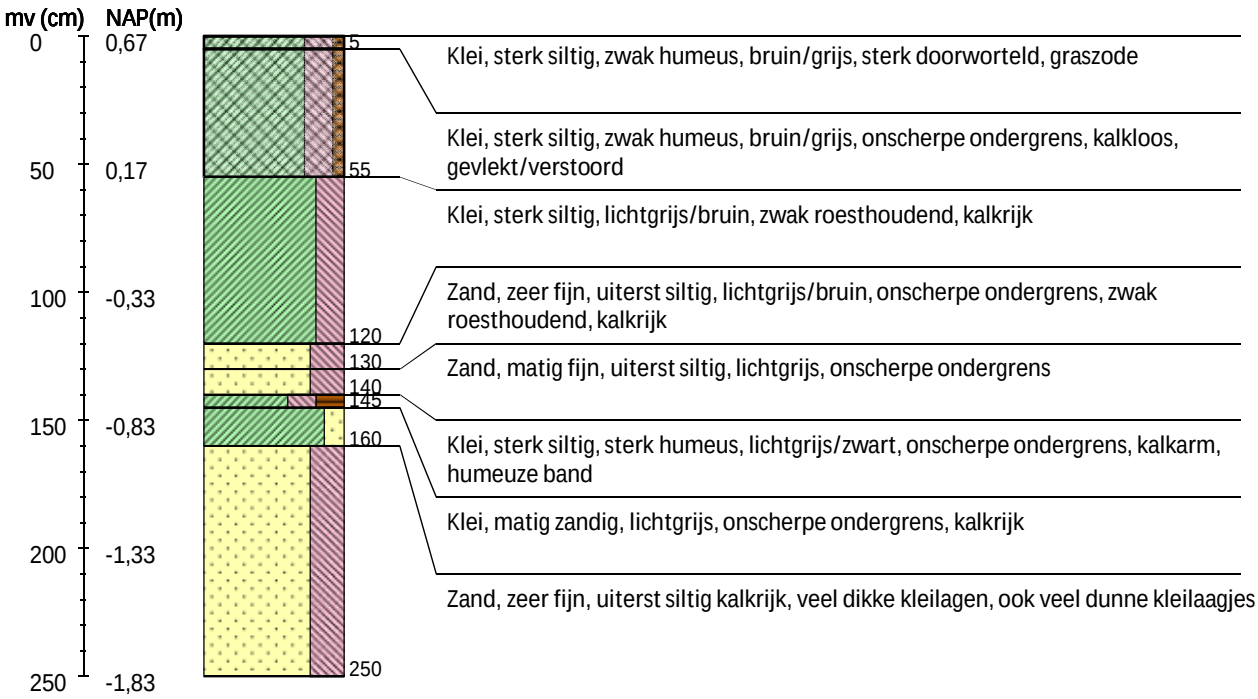
Boring 31 RD-coördinaten: 194974/600371



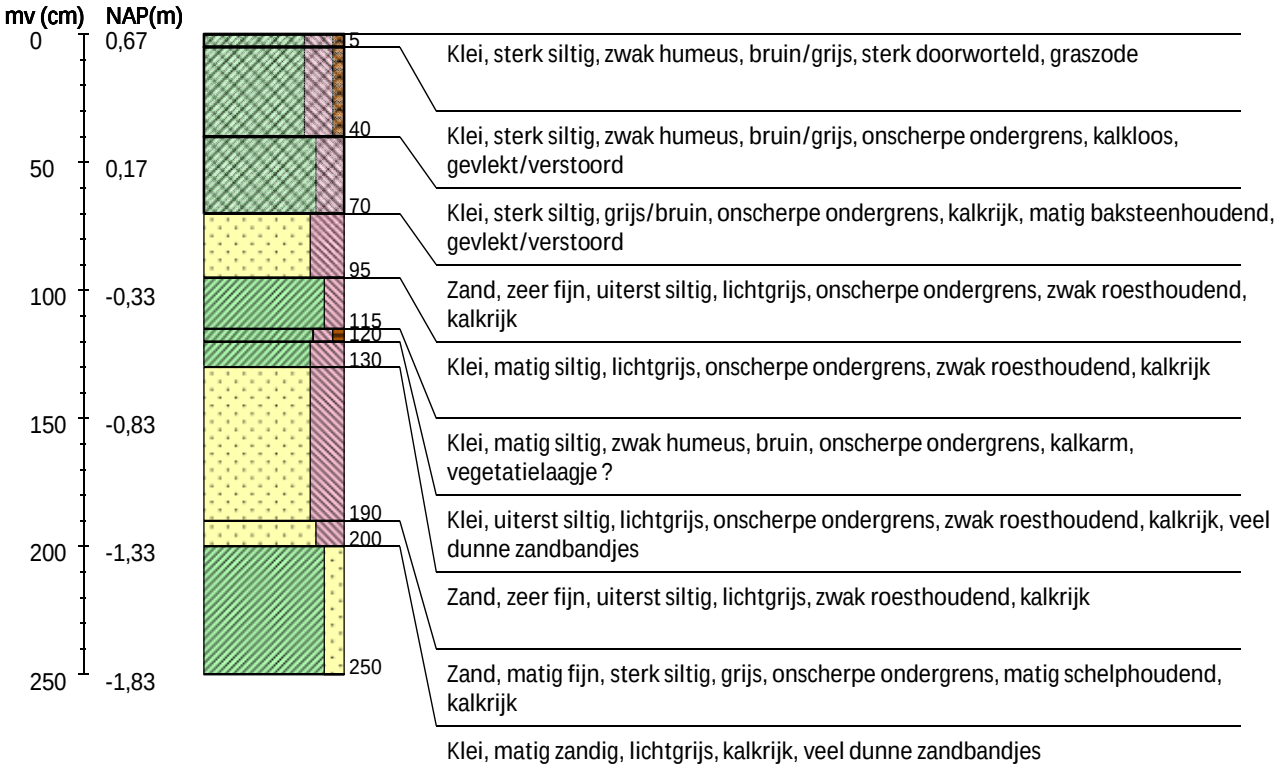
Boring 32 RD-coördinaten: 195014/600370



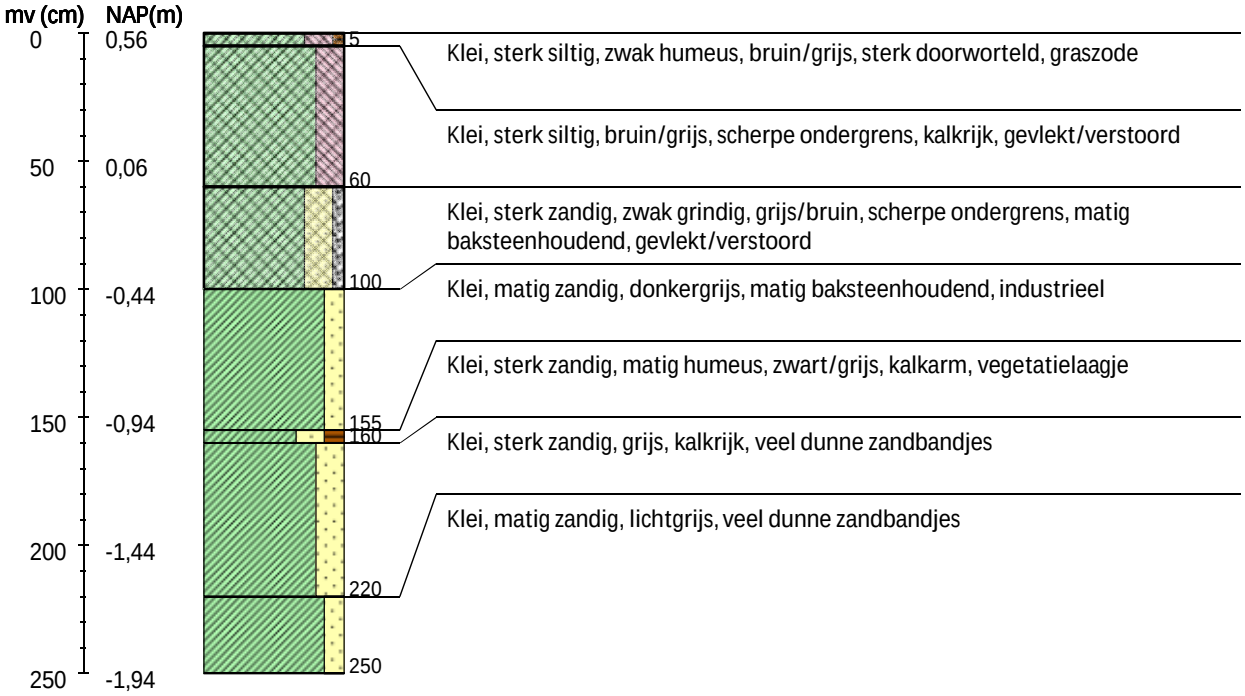
Boring 33 RD-coördinaten: 195074/600368



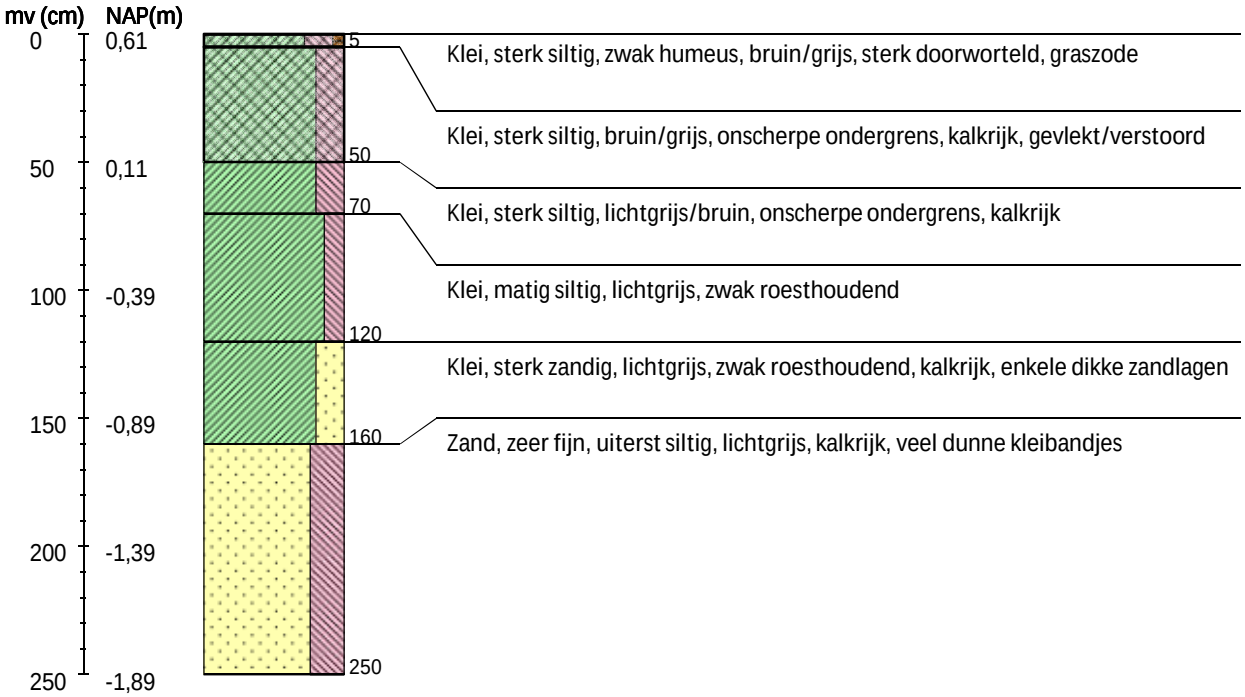
Boring 34 RD-coördinaten: 195124/600366



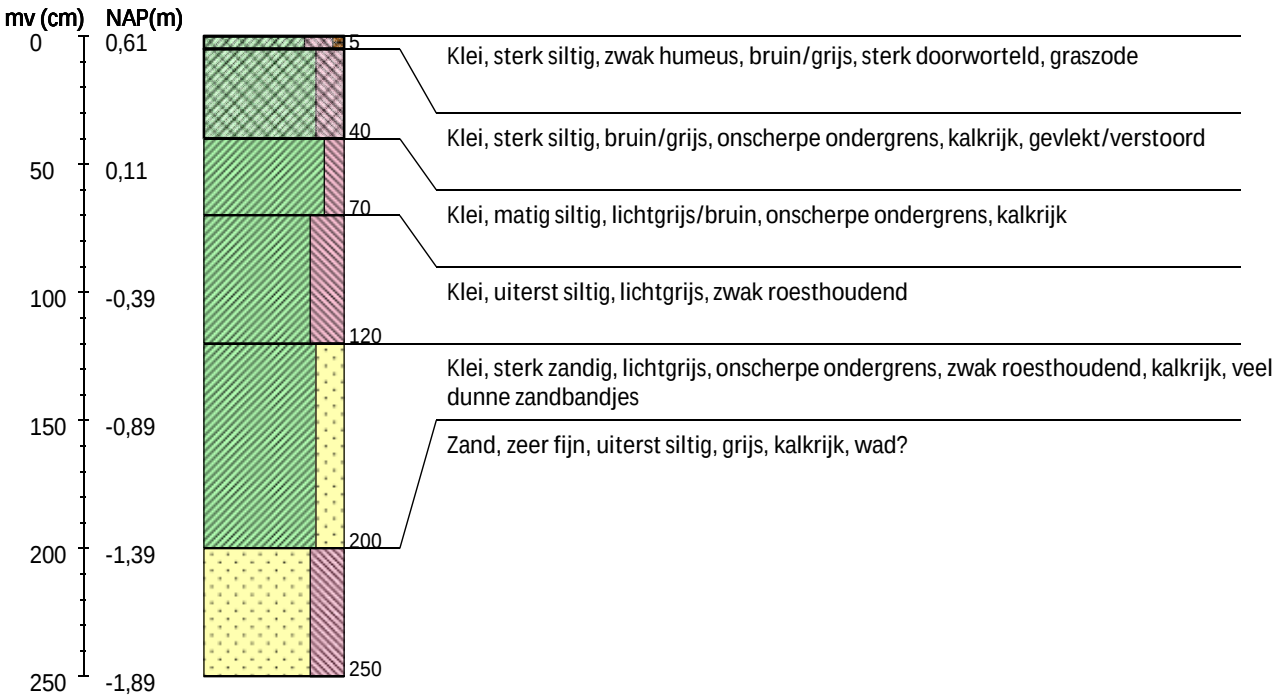
Boring 35 RD-coördinaten: 195174/600364



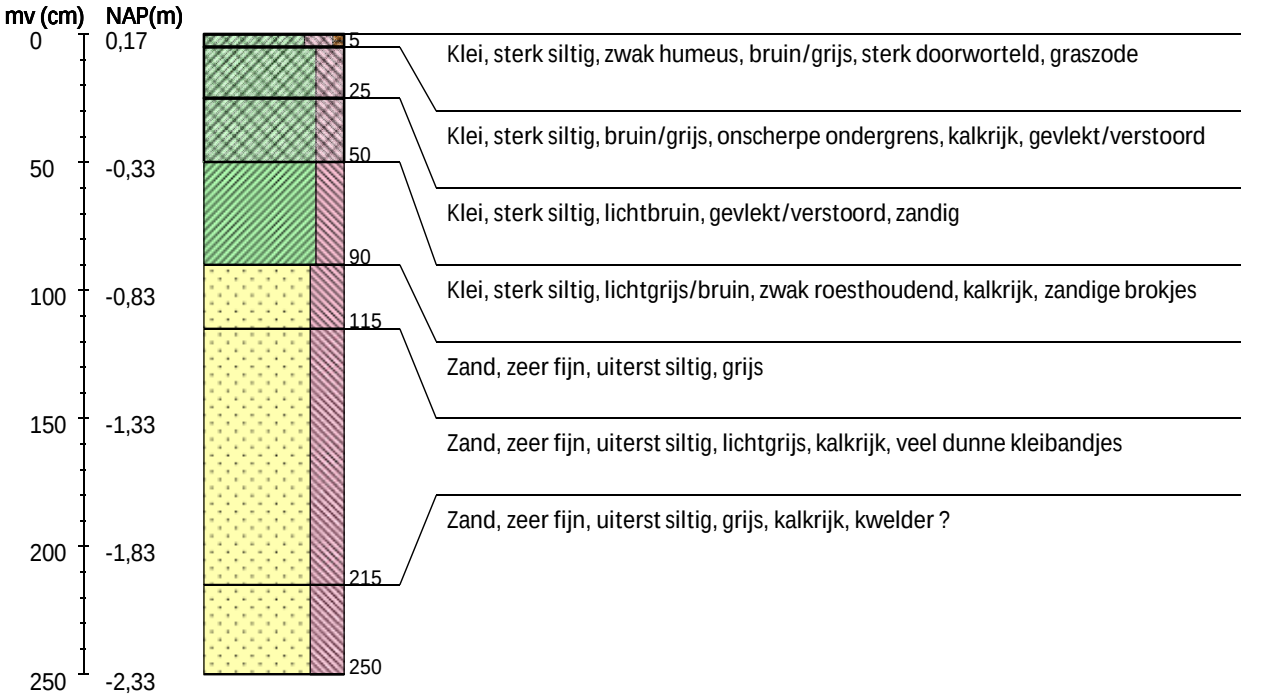
Boring 36 RD-coördinaten: 195224/600362



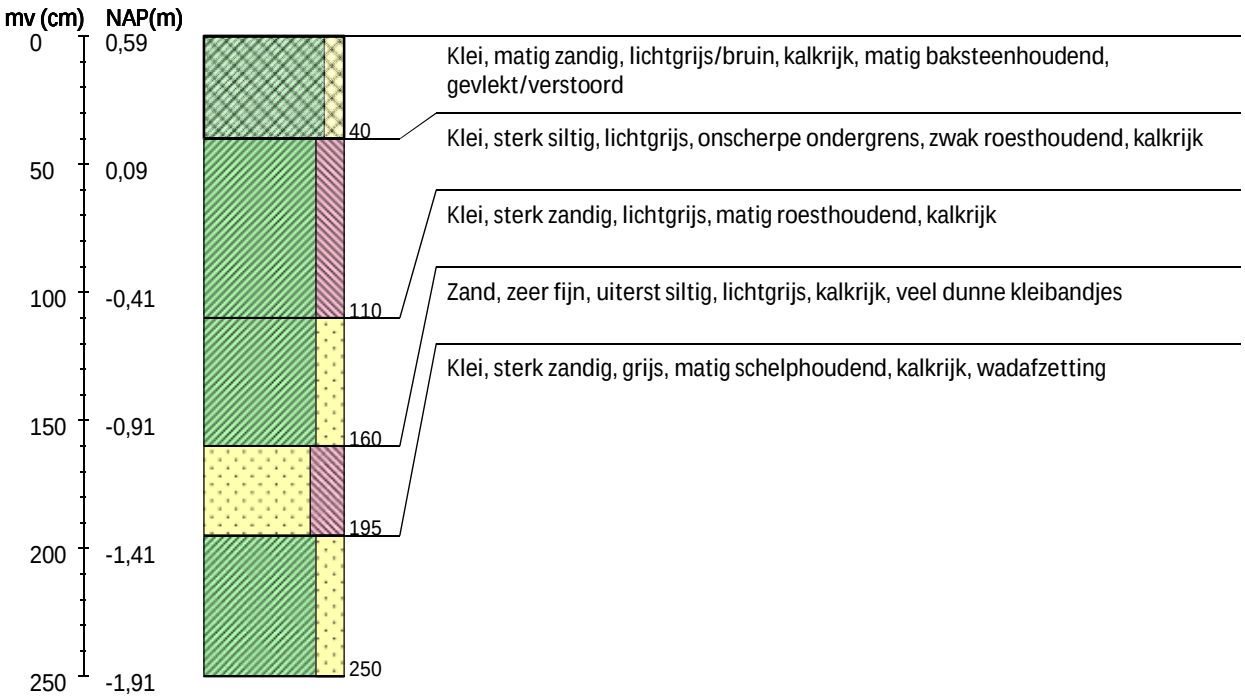
Boring 37 RD-coördinaten: 195274/600360



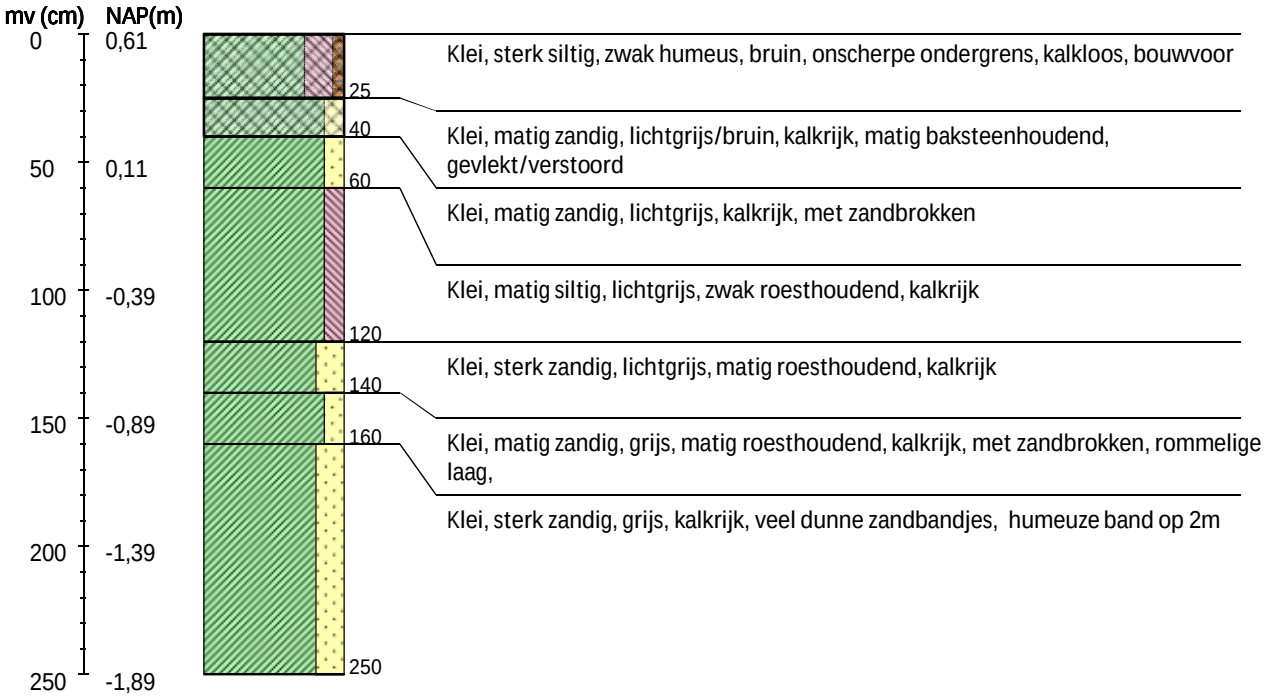
Boring 38 RD-coördinaten: 195322/600359



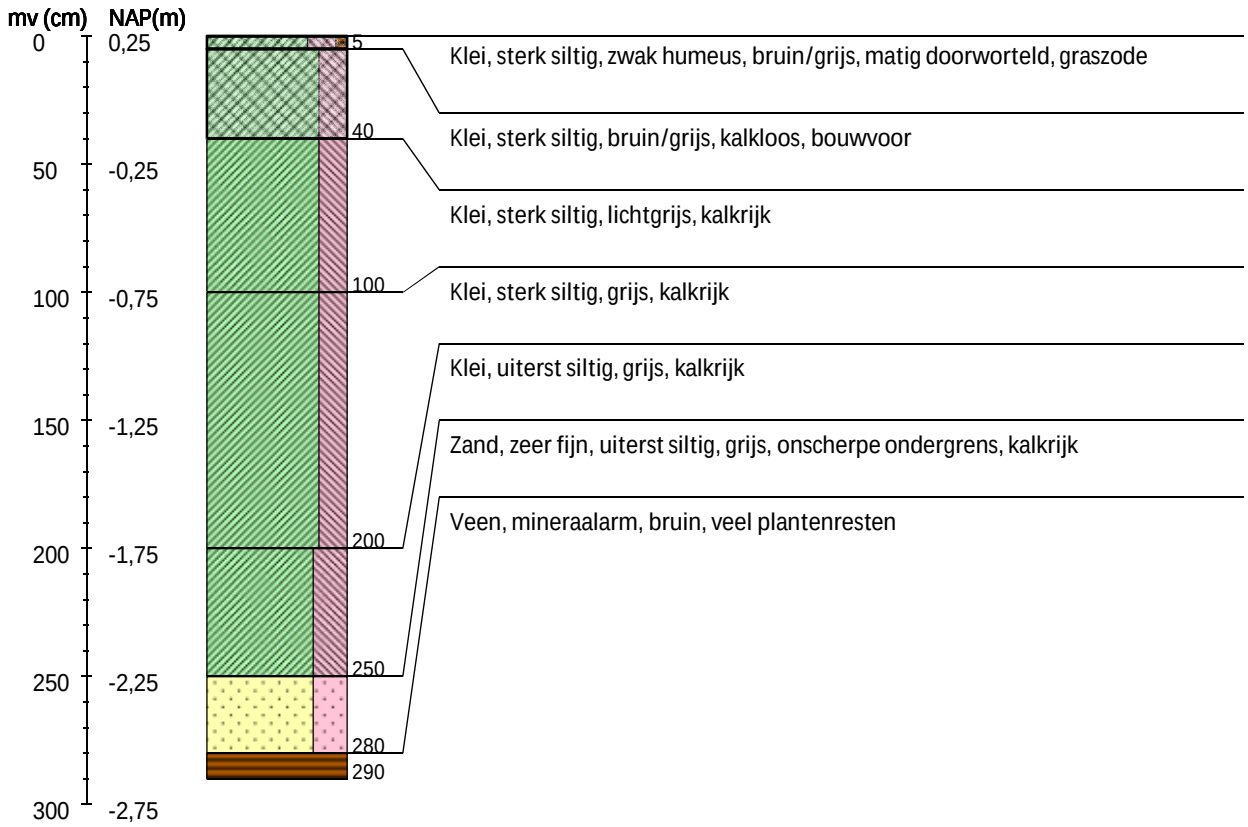
Boring 39 RD-coördinaten: 195373/600357



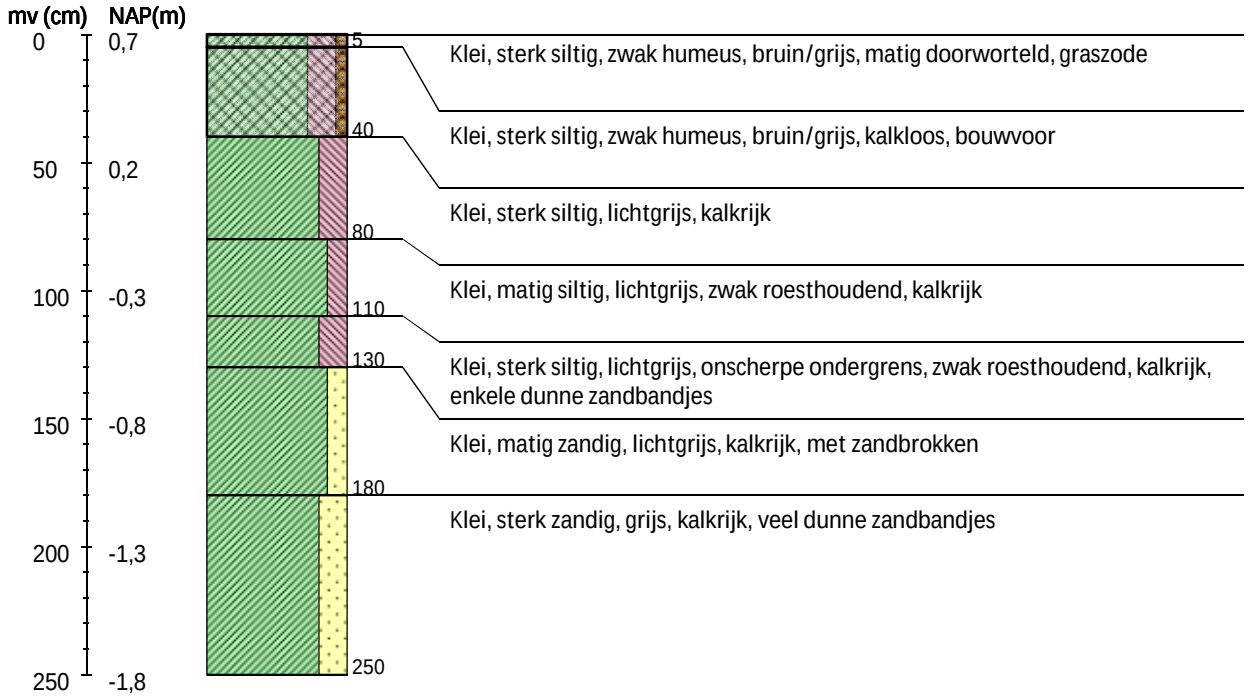
Boring 40 RD-coördinaten: 195424/600355



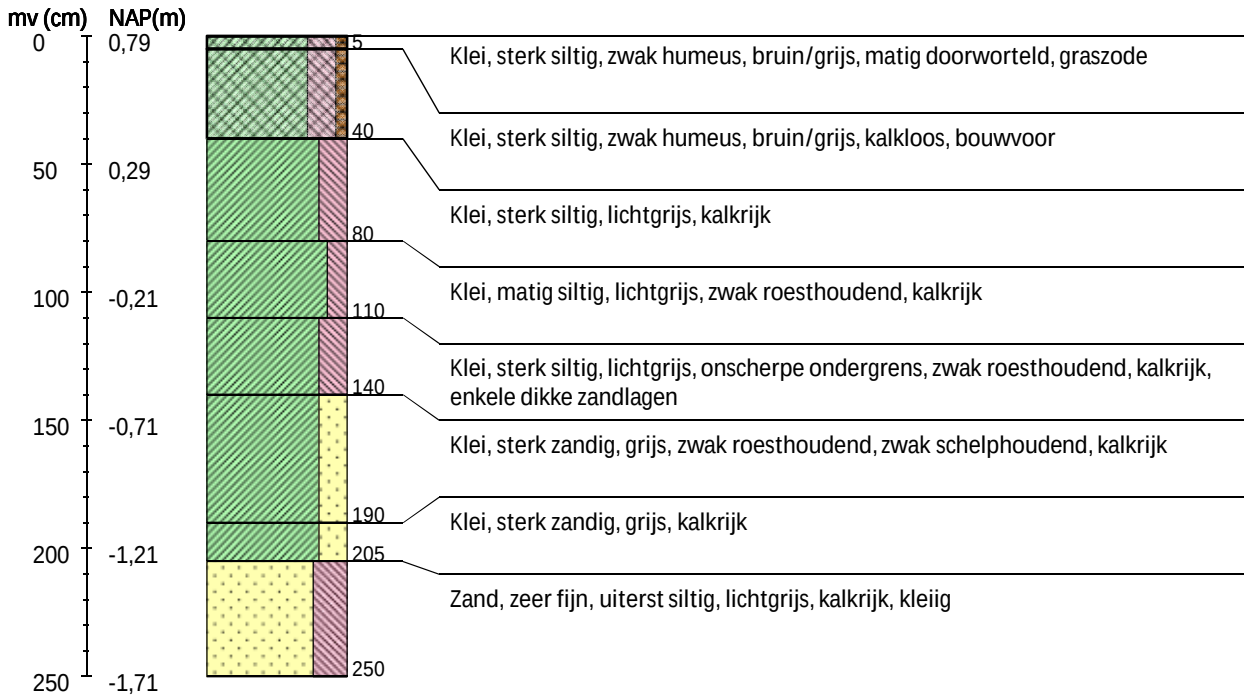
Boring 41 RD-coördinaten: 195490/600353



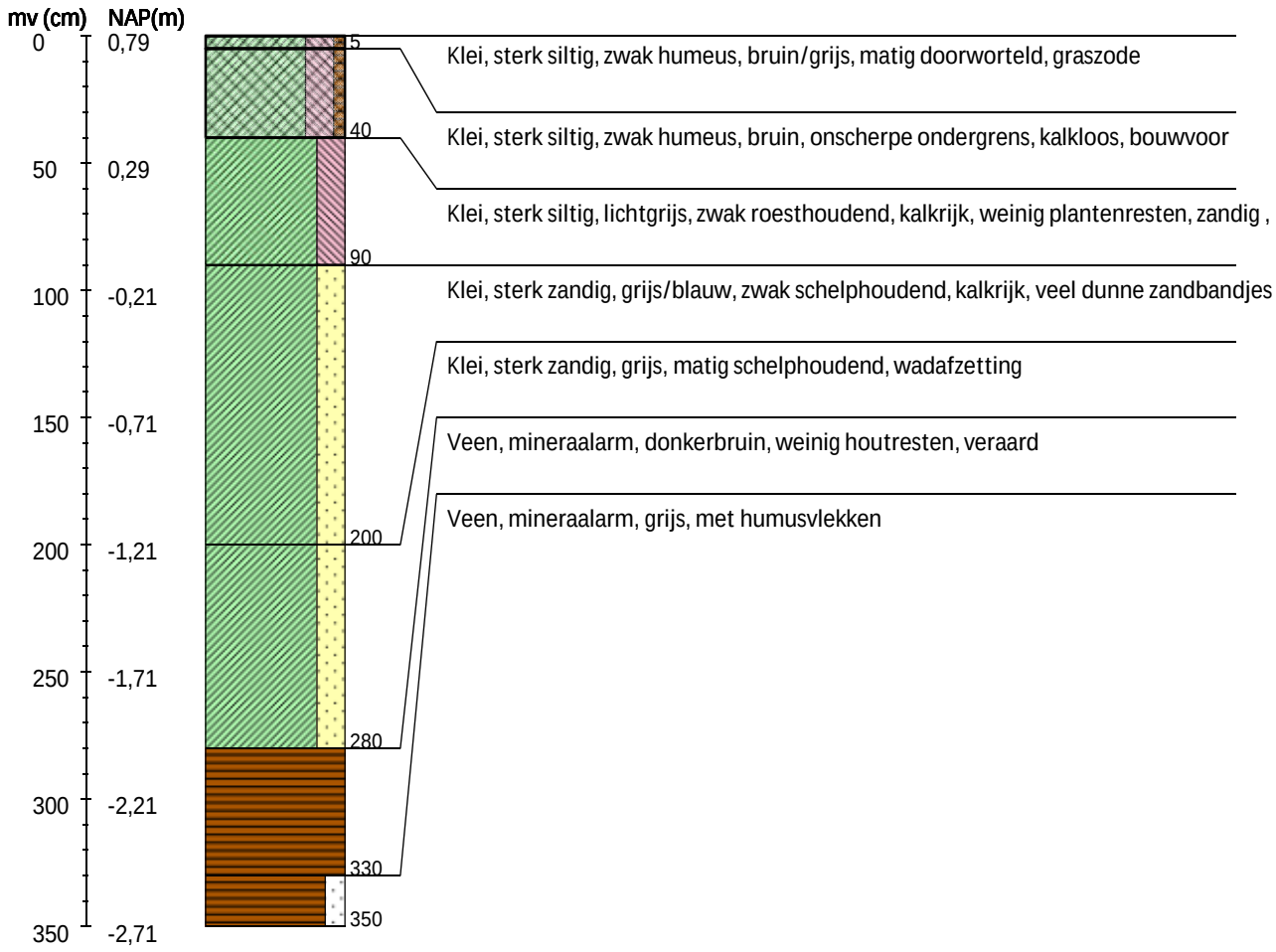
Boring 42 RD-coördinaten: 195523/600352



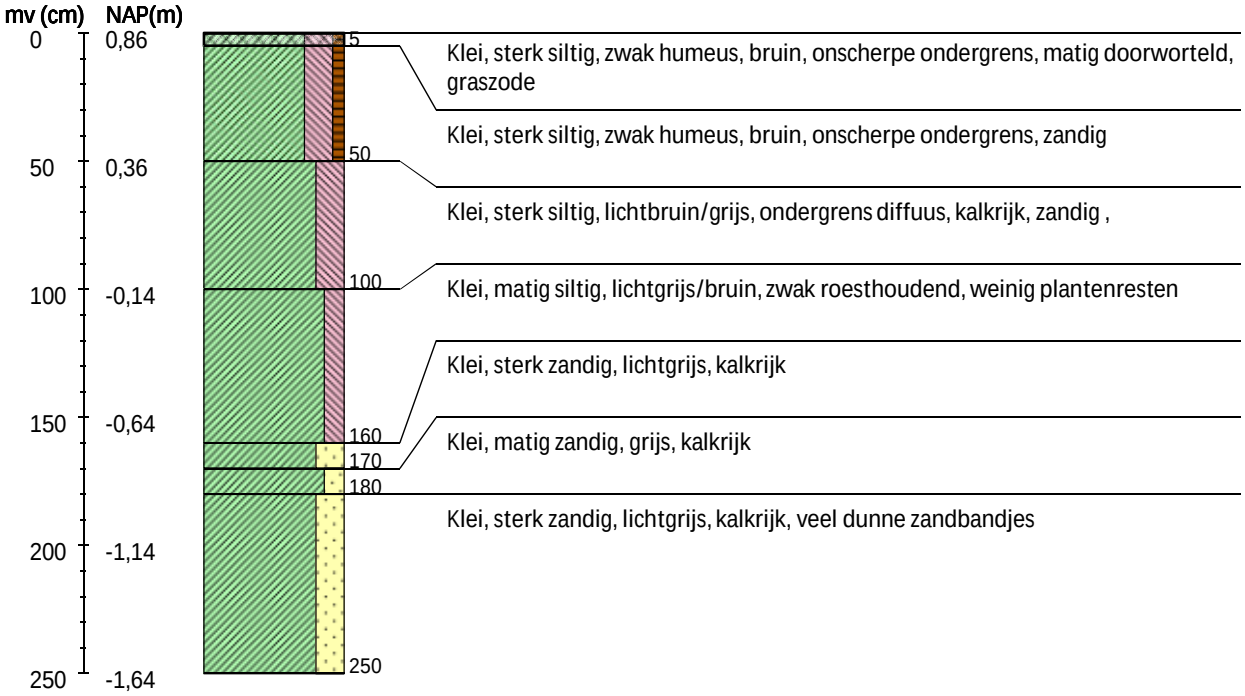
Boring 43 RD-coördinaten: 195573/600350



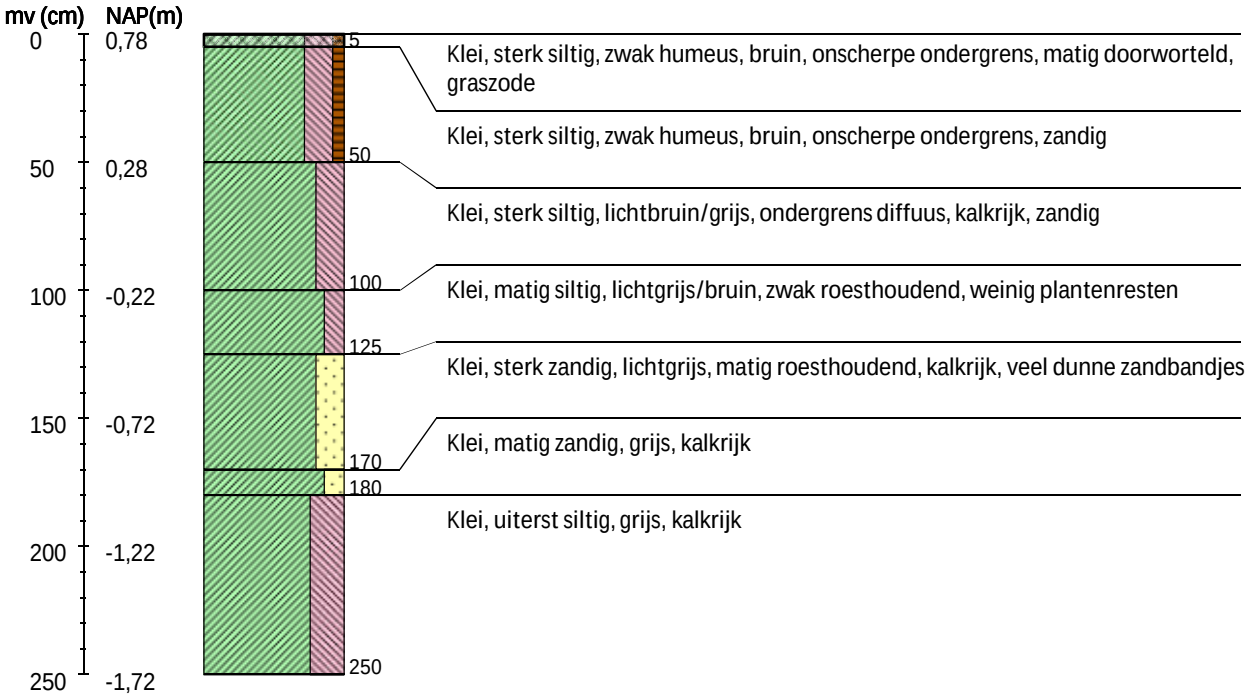
Boring 44 RD-coördinaten: 195609/600349



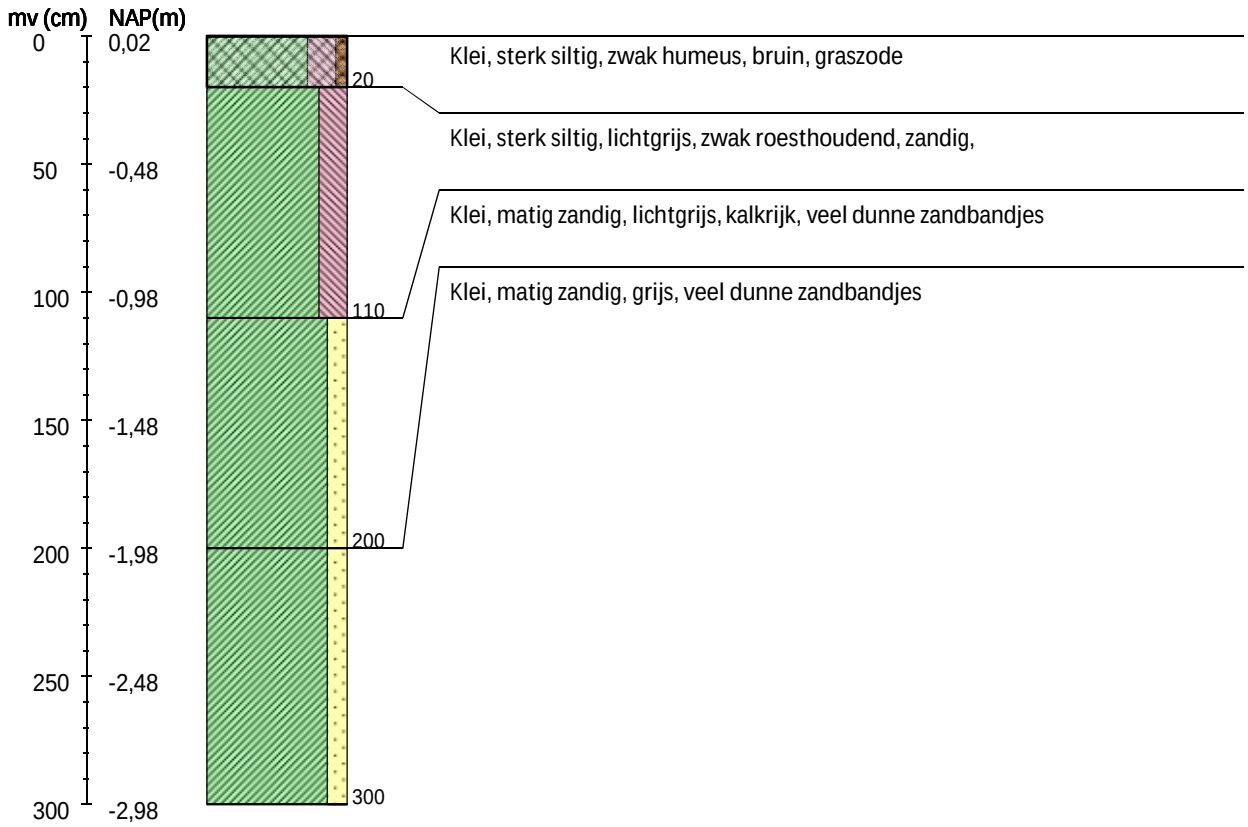
Boring 45 RD-coördinaten: 195673/600346



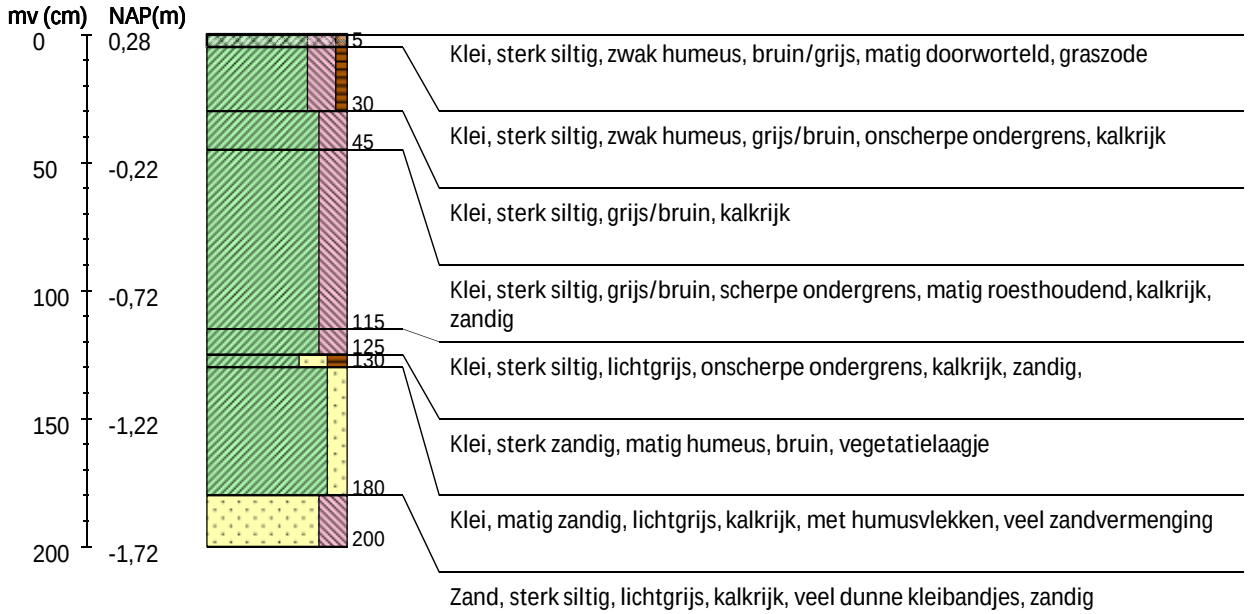
Boring 46 RD-coördinaten: 195723/600345



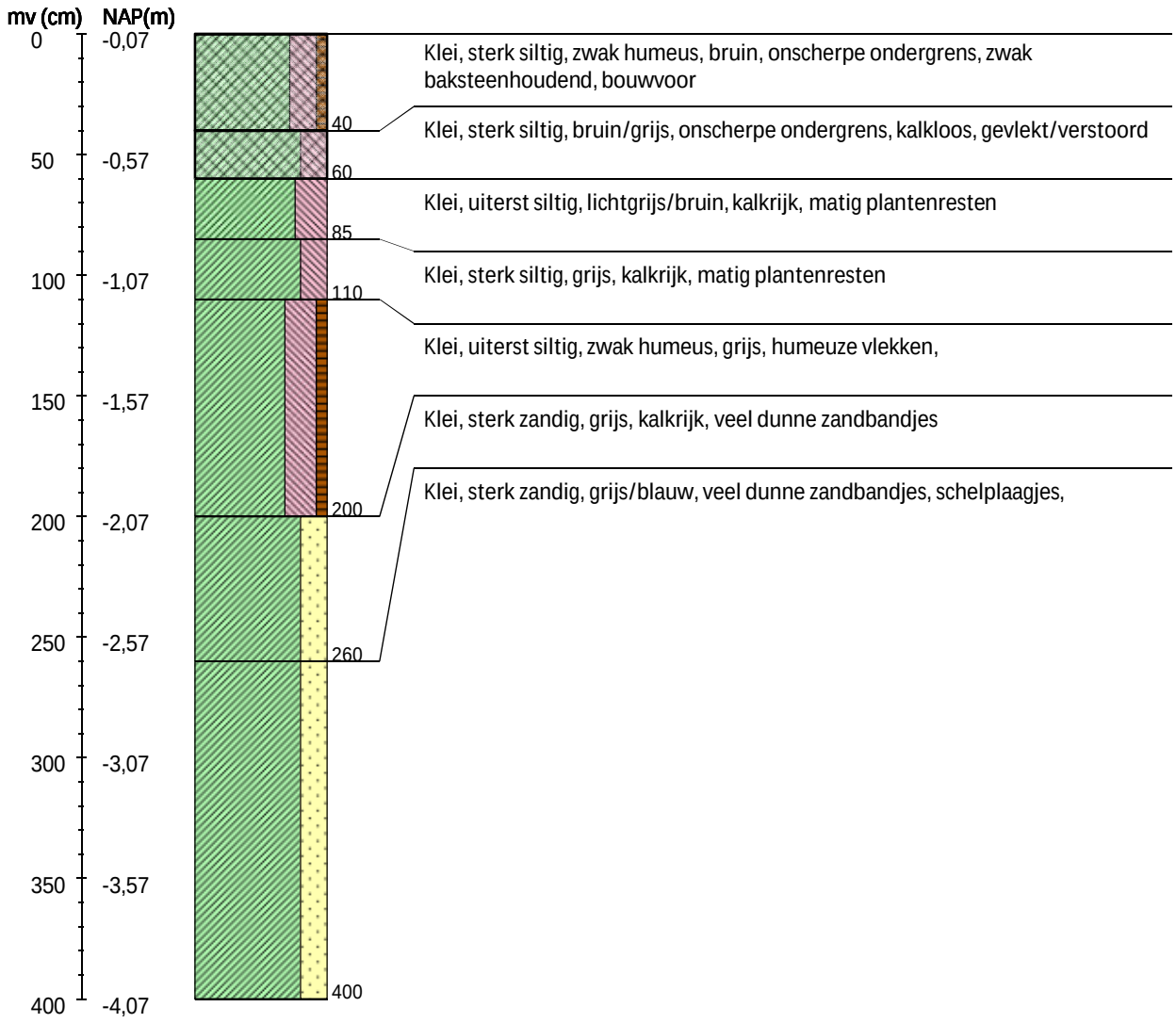
Boring 47 RD-coördinaten: 195784/600341



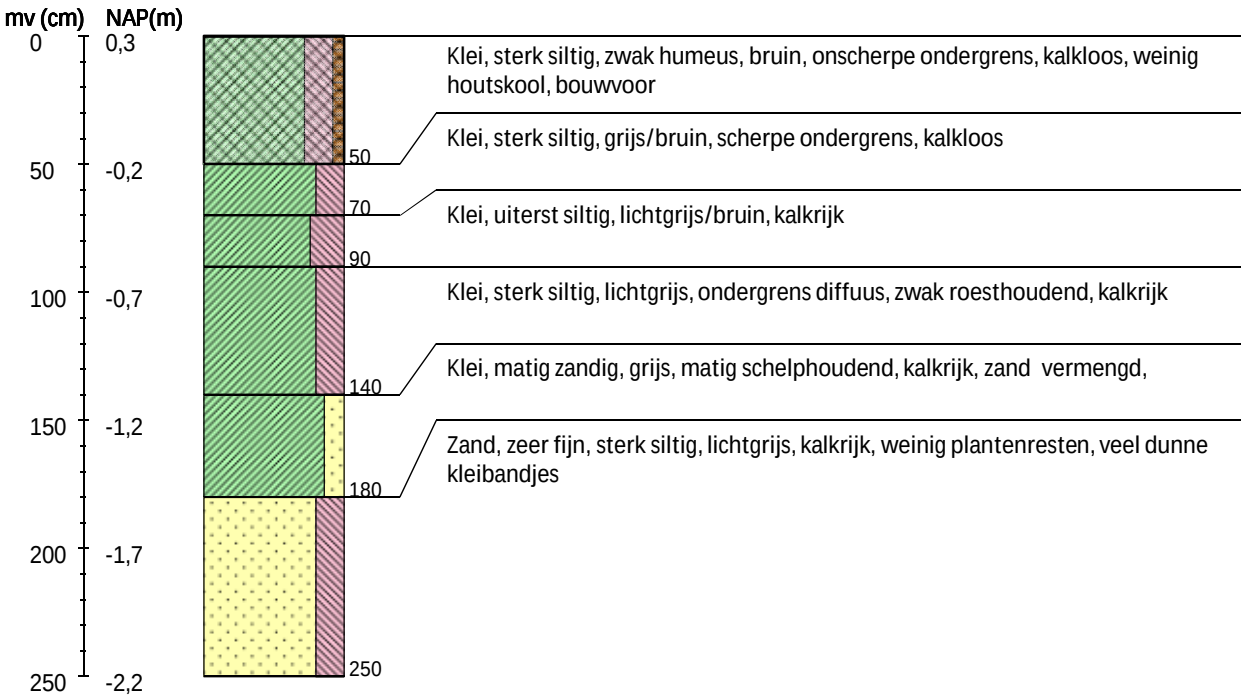
Boring 48 RD-coördinaten: 195831/600340



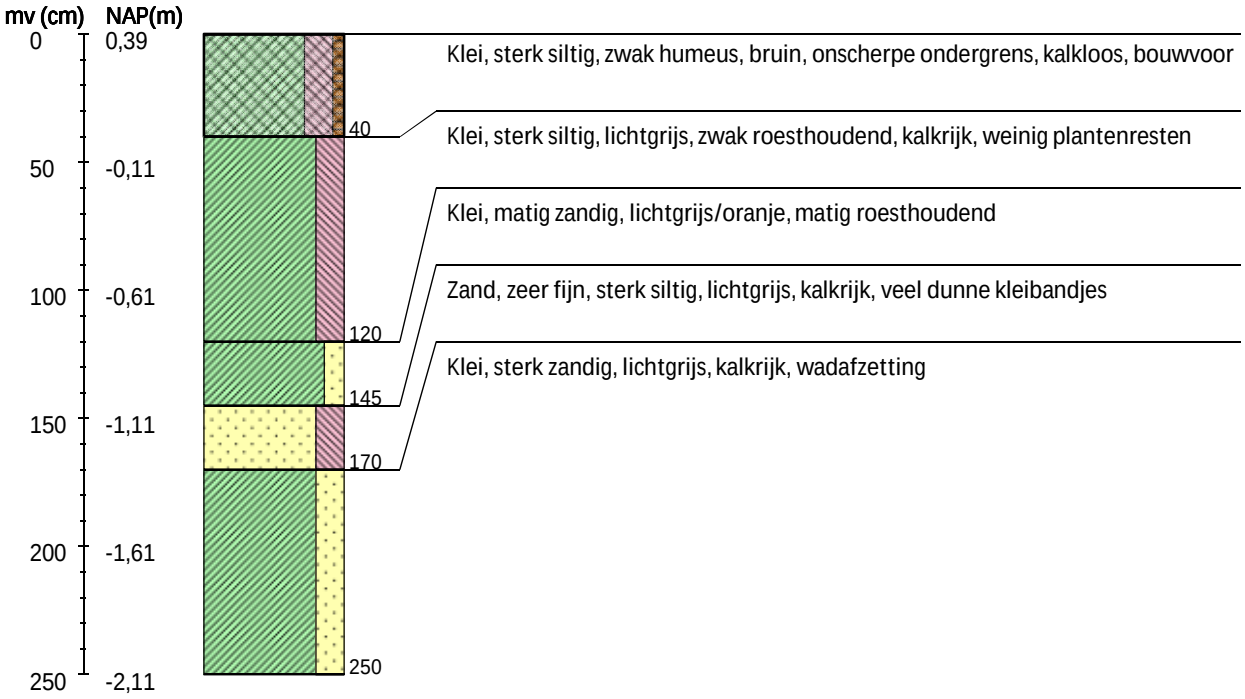
Boring 49 RD-coördinaten: 195893/600339



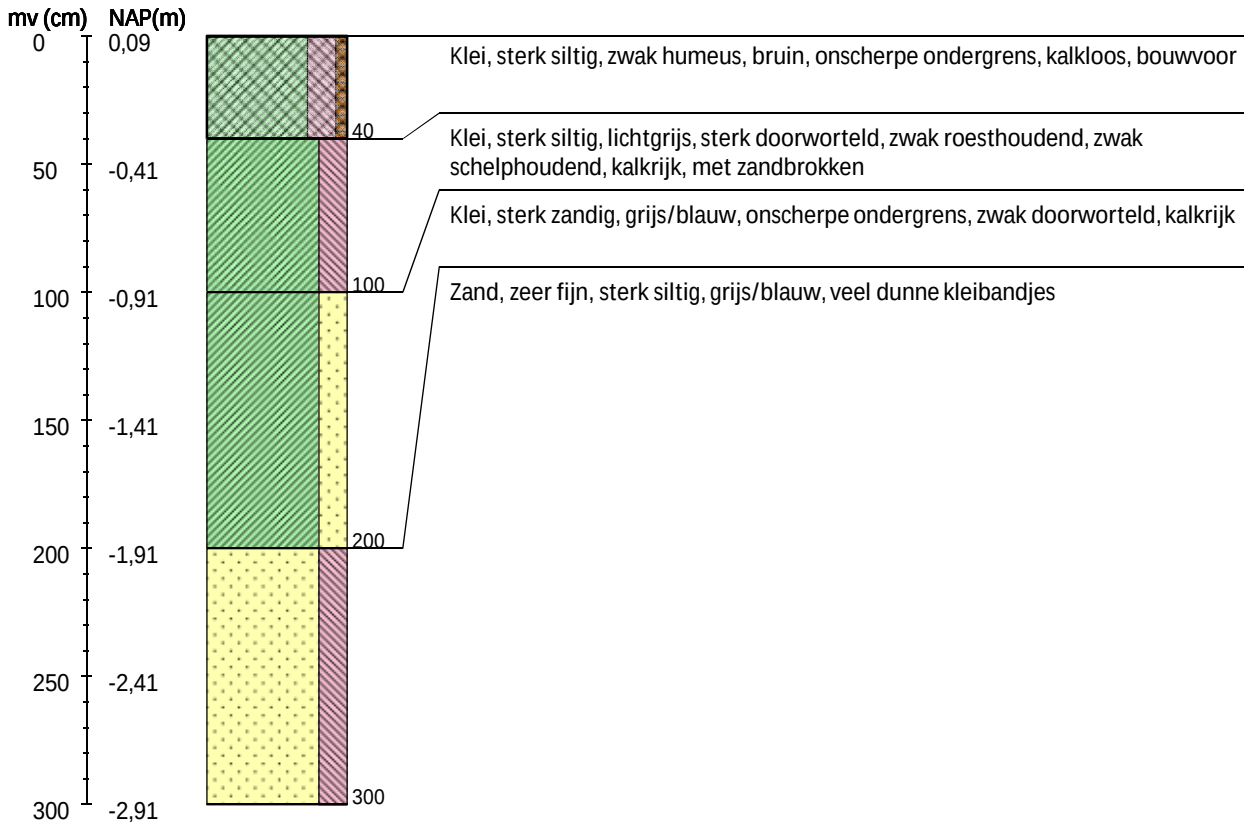
Boring 50 RD-coördinaten: 195929/600336



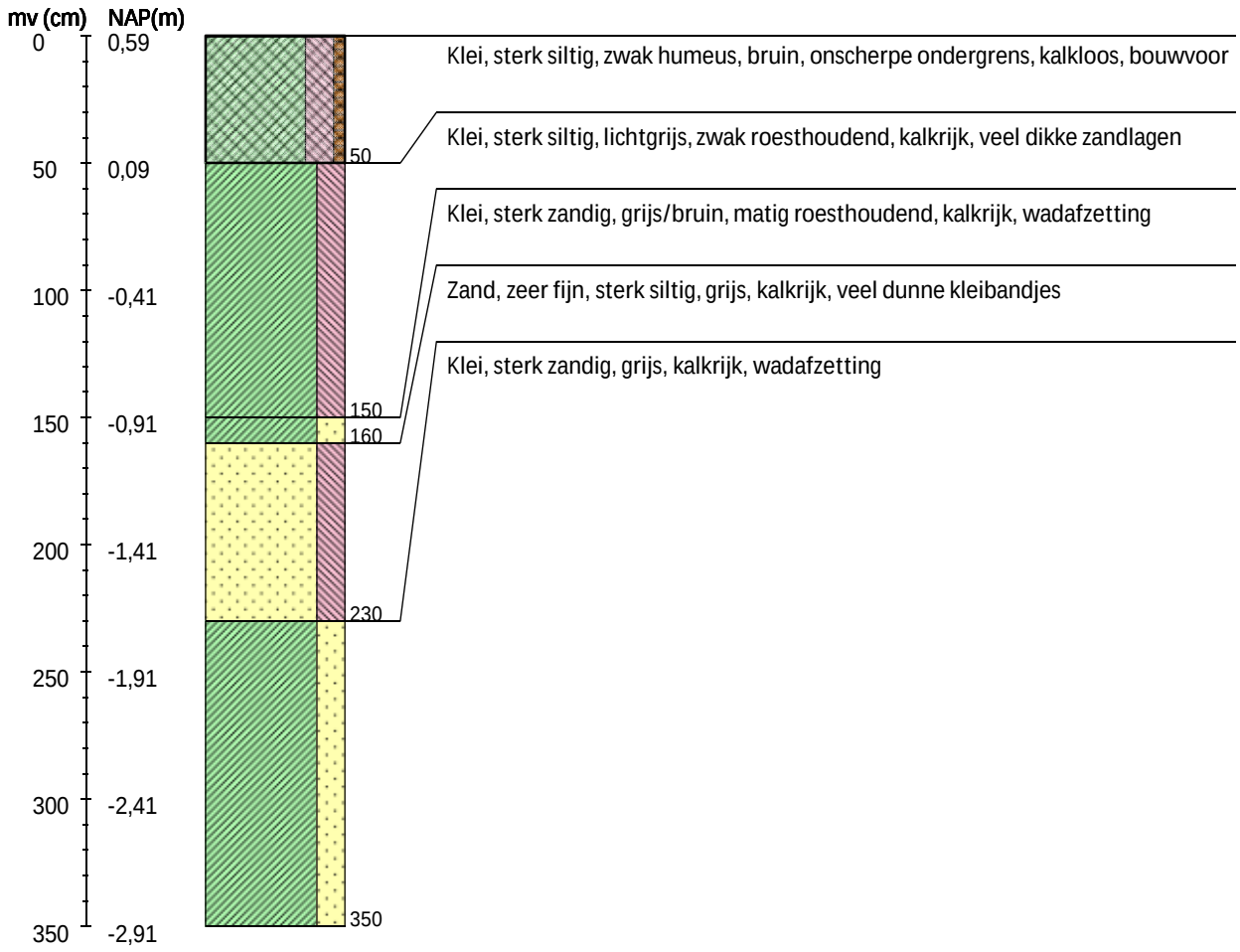
Boring 51 RD-coördinaten: 195985/600335



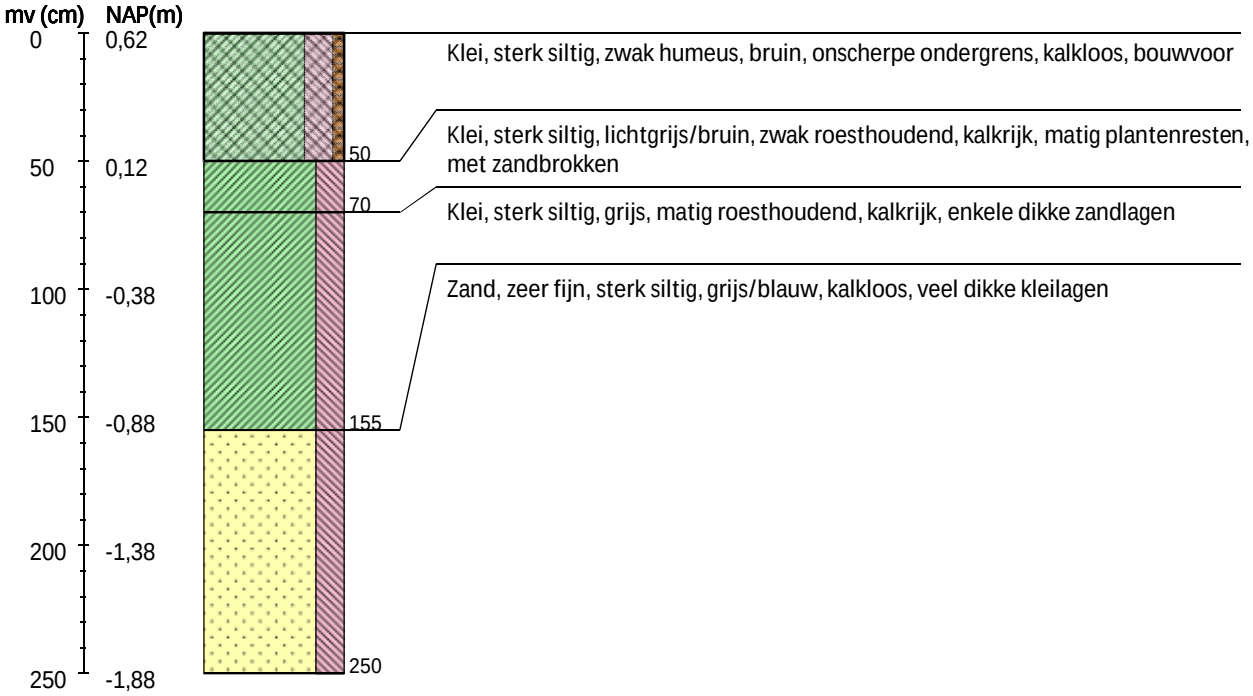
Boring 52 RD-coördinaten: 196037/600332



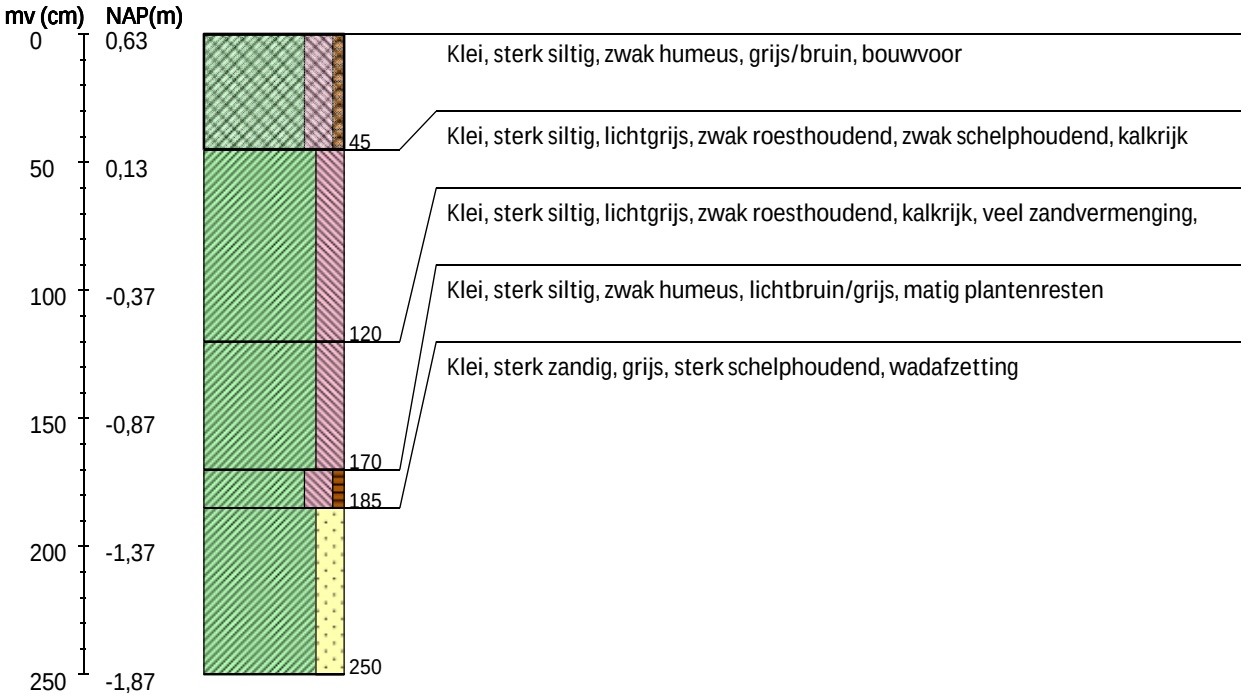
Boring 53 RD-coördinaten: 196080/600331



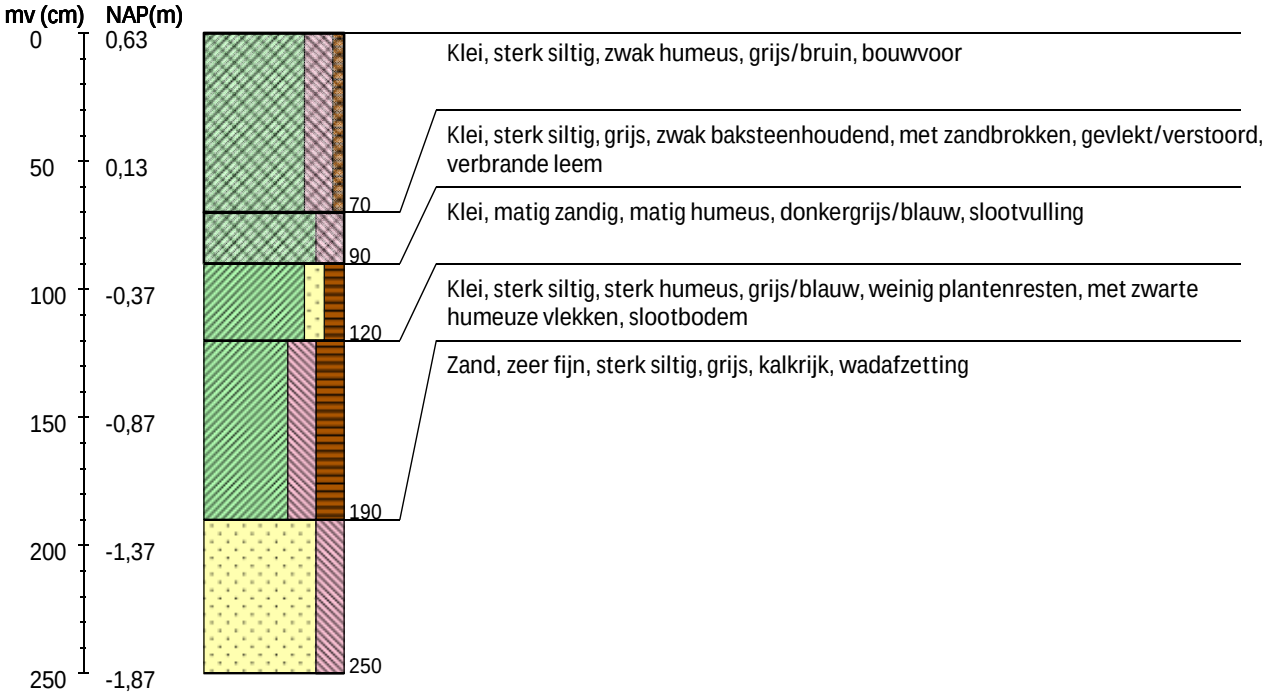
Boring 54 RD-coördinaten: 196134/600330



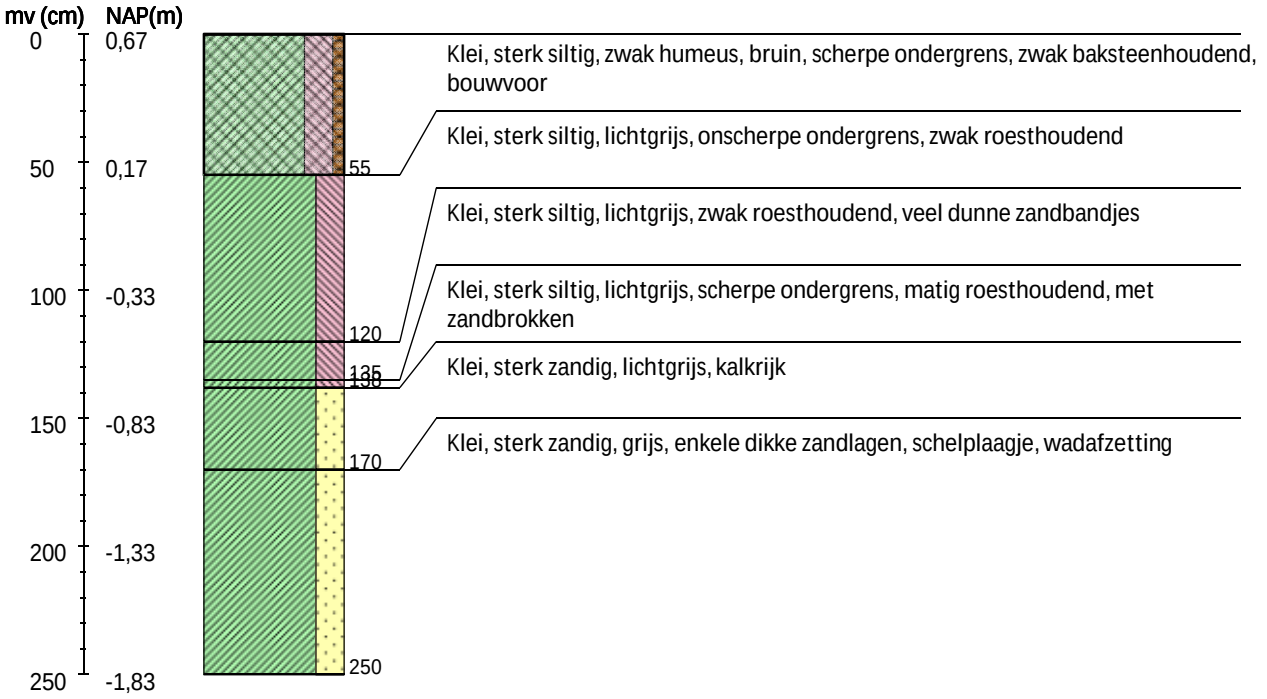
Boring 55 RD-coördinaten: 196190/600327



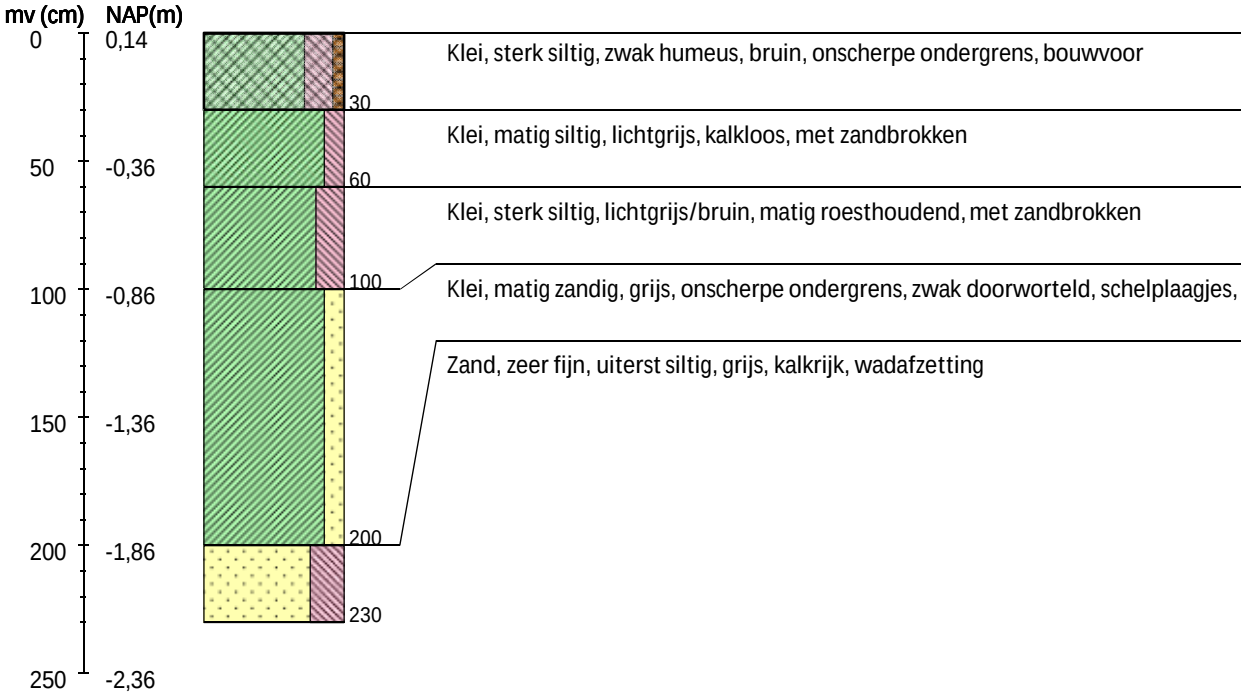
Boring 56 RD-coördinaten: 196234/600326



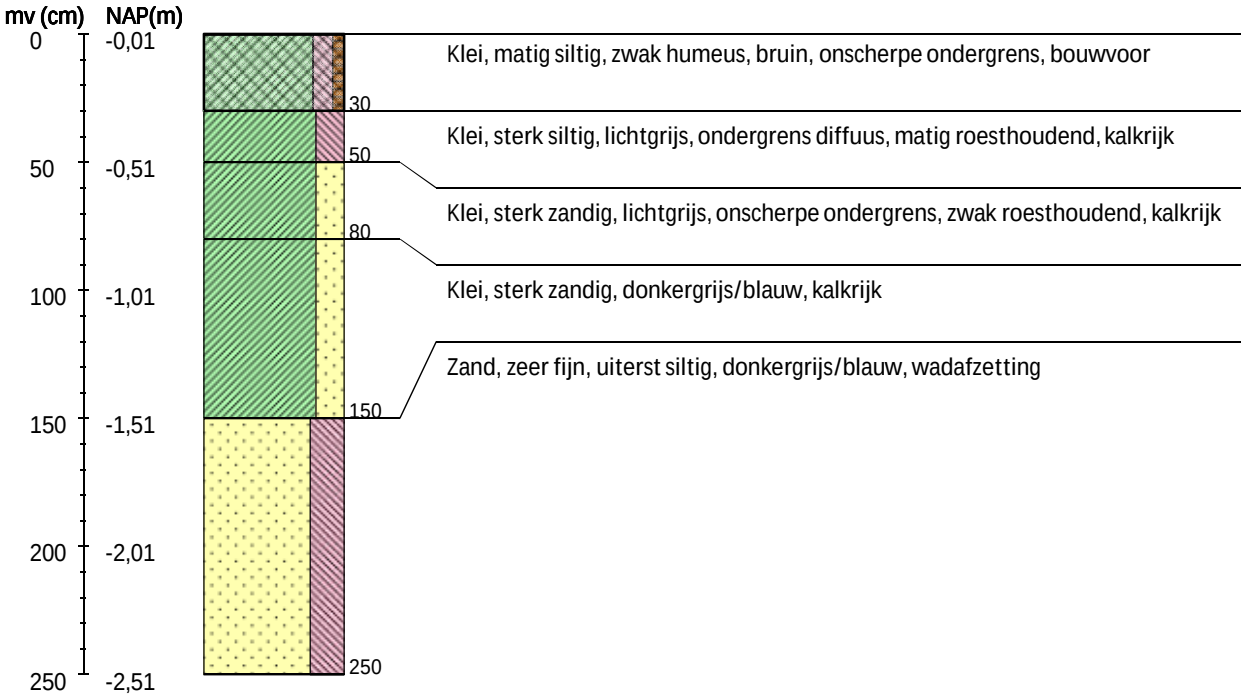
Boring 57 RD-coördinaten: 196286/600324



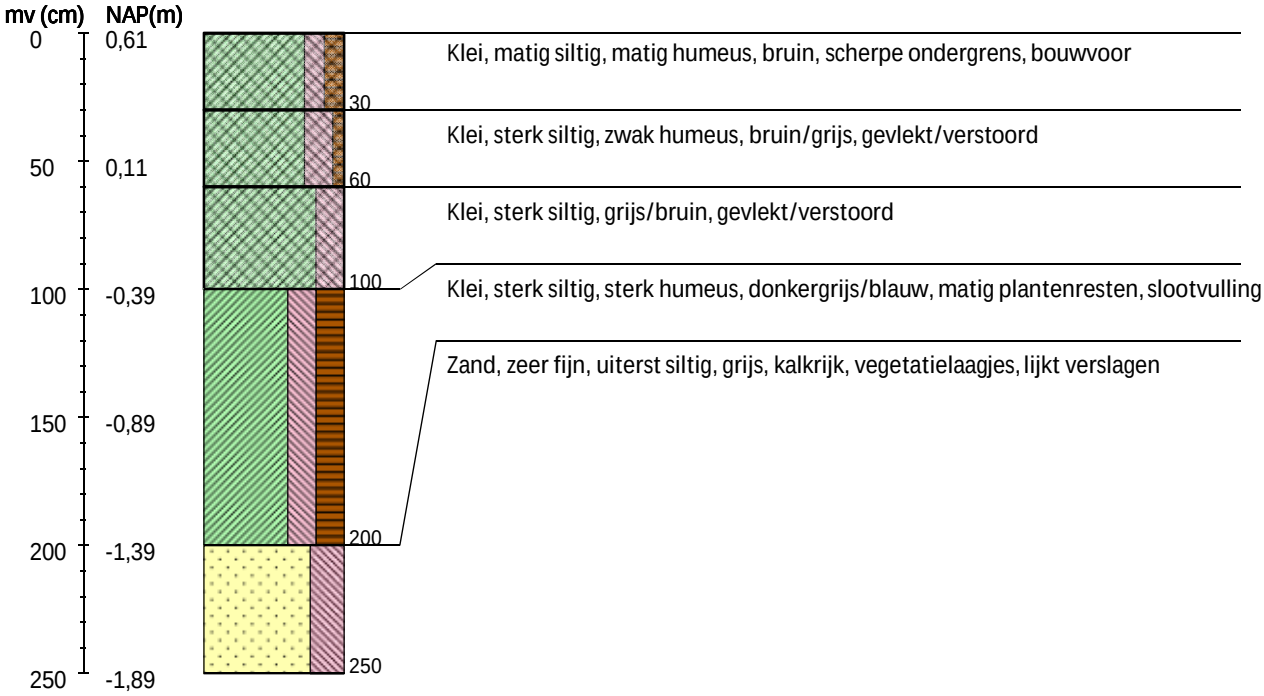
Boring 58 RD-coördinaten: 196335/600321



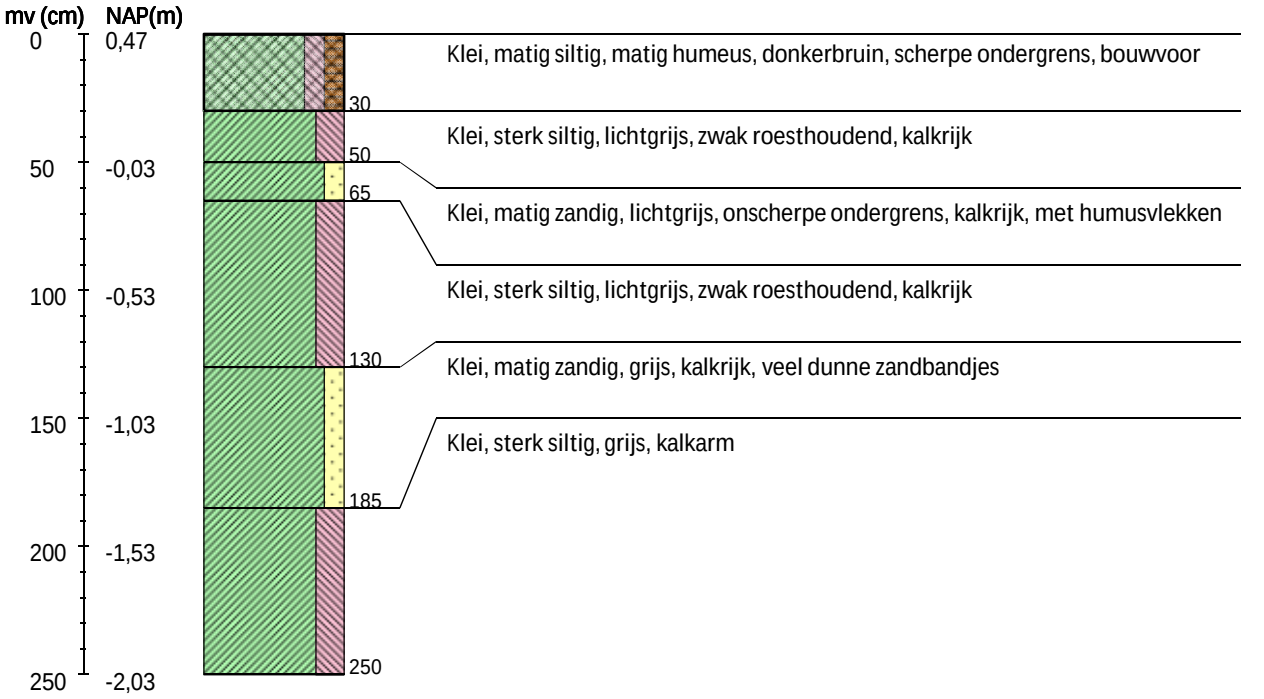
Boring 59 RD-coördinaten: 196359/600325



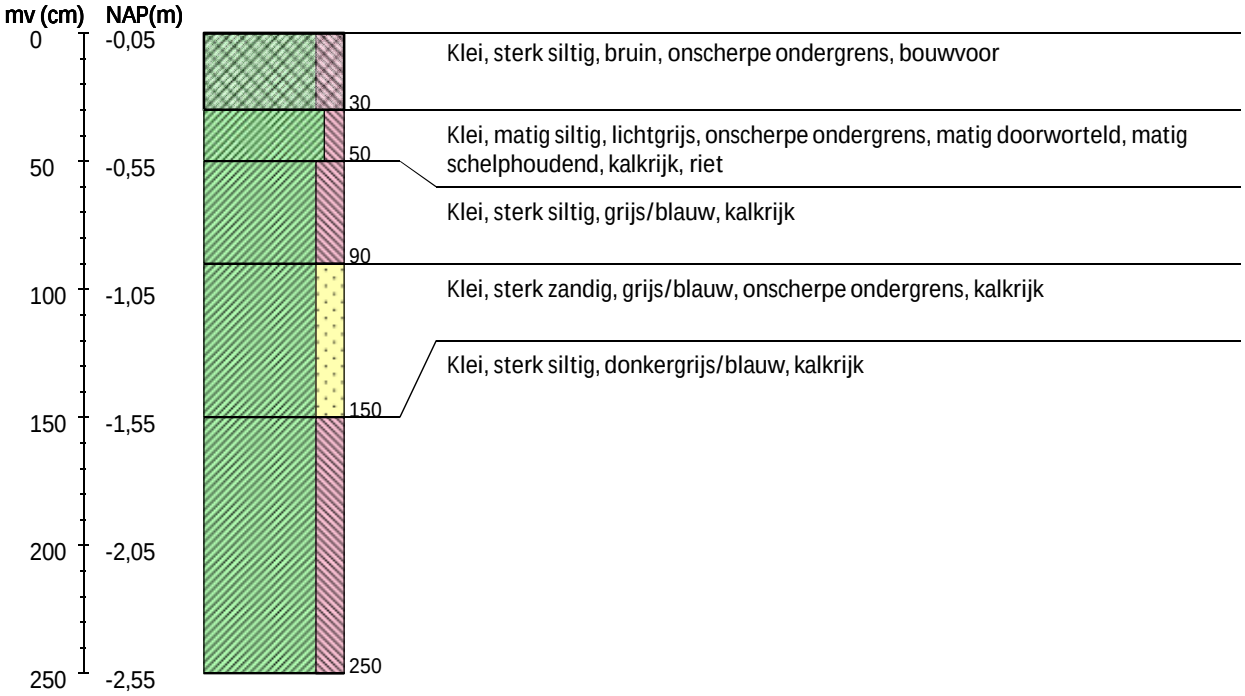
Boring 60 RD-coördinaten: 196424/600319



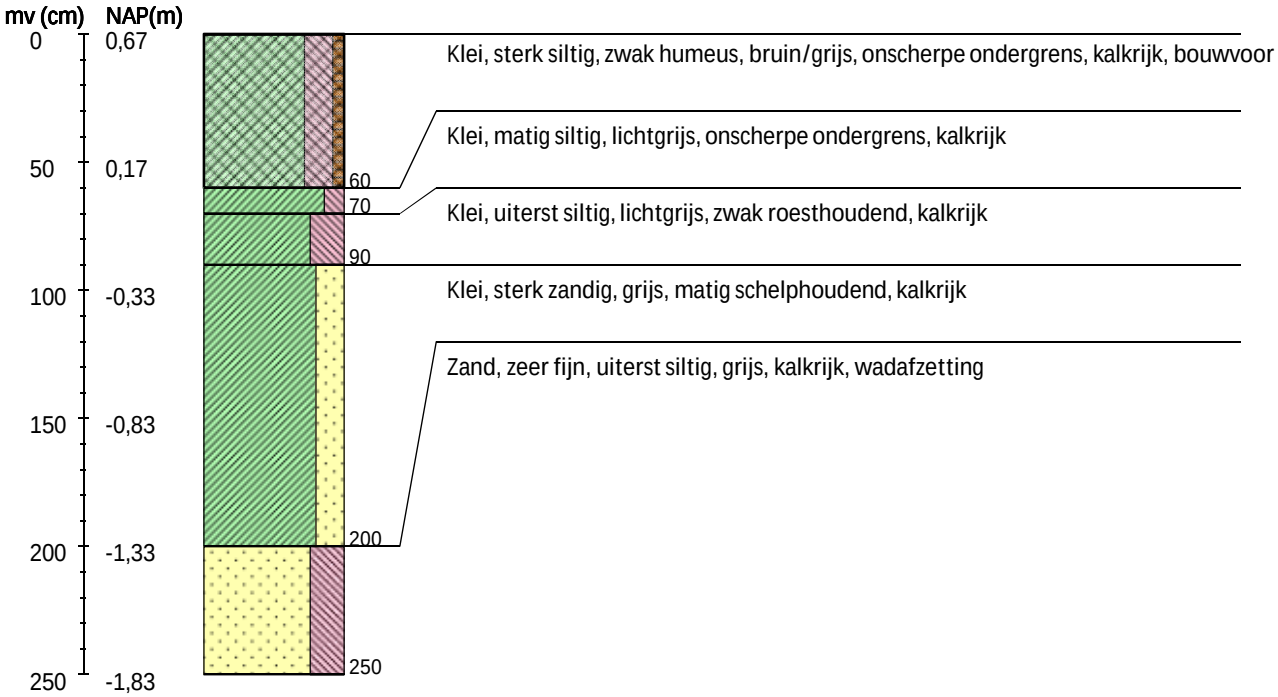
Boring 61 RD-coördinaten: 196483/600319



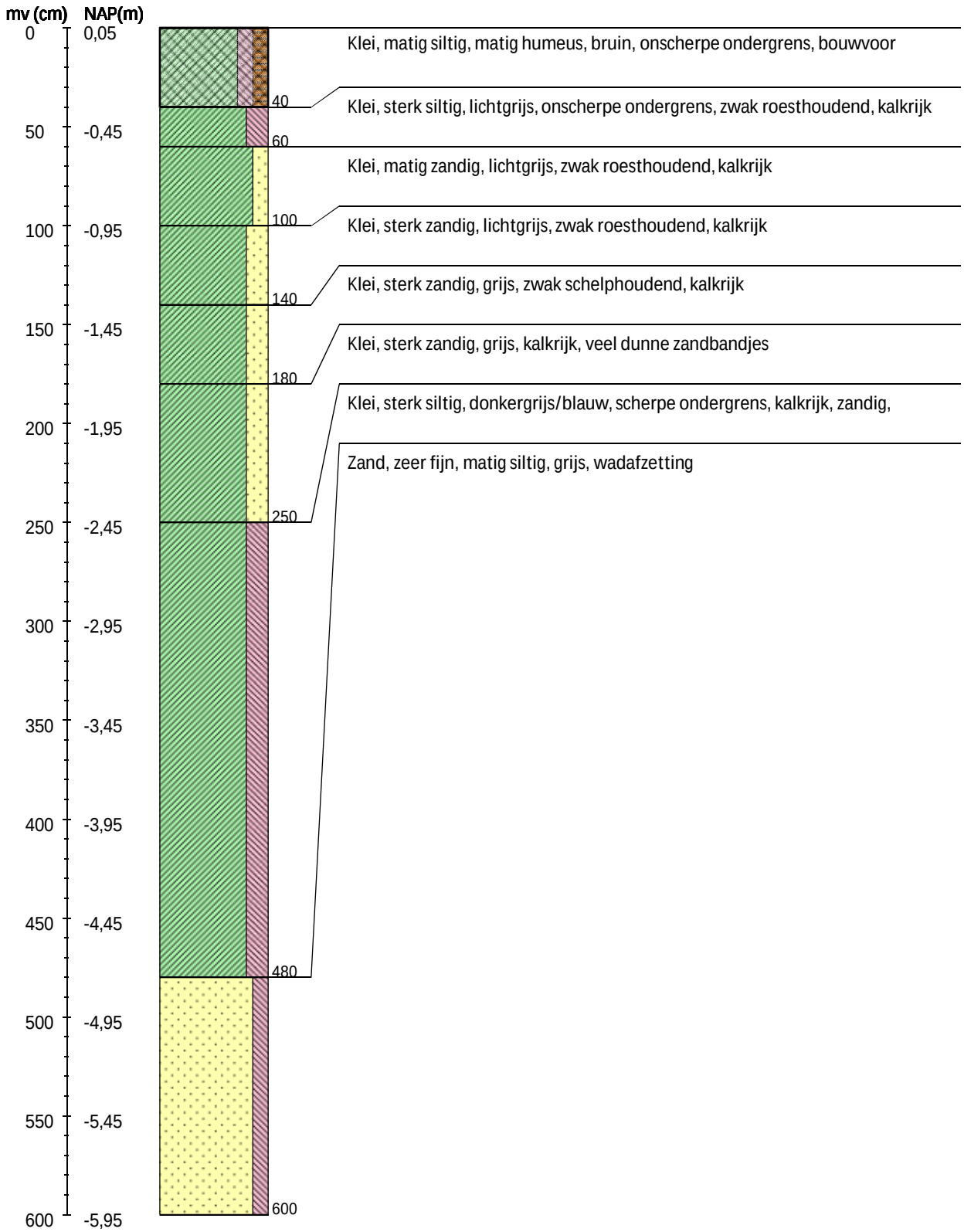
Boring 62 RD-coördinaten: 196544/600317



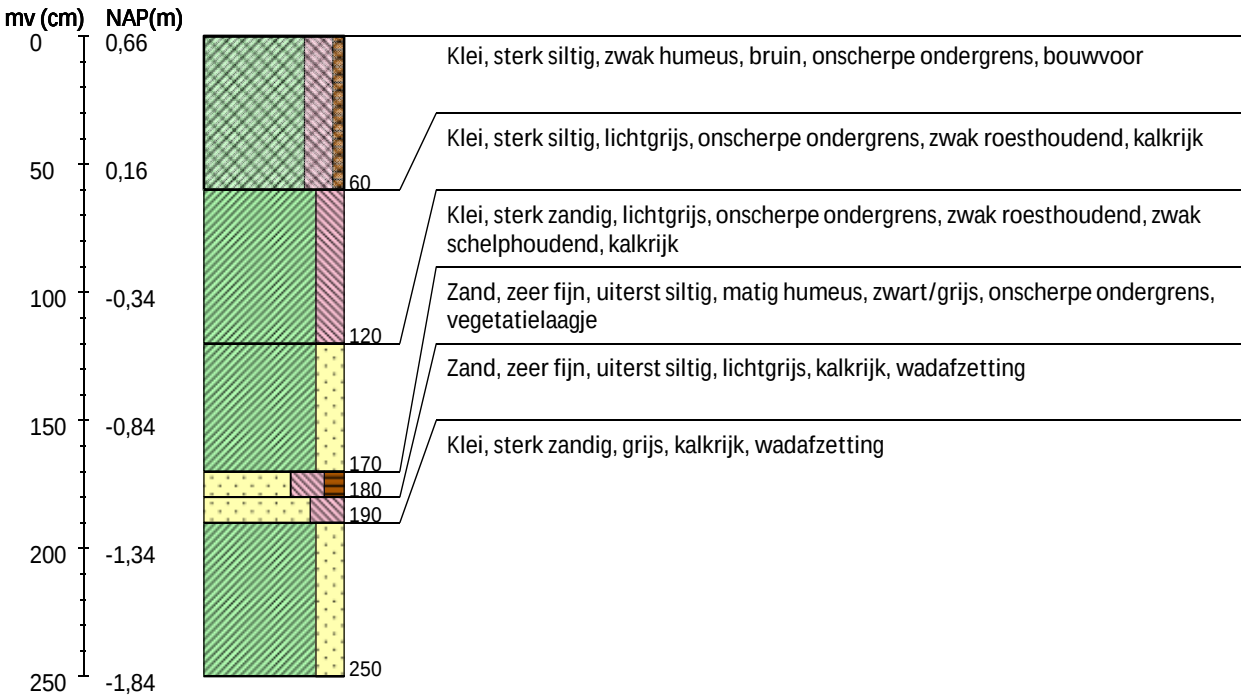
Boring 63 RD-coördinaten: 196580/600318



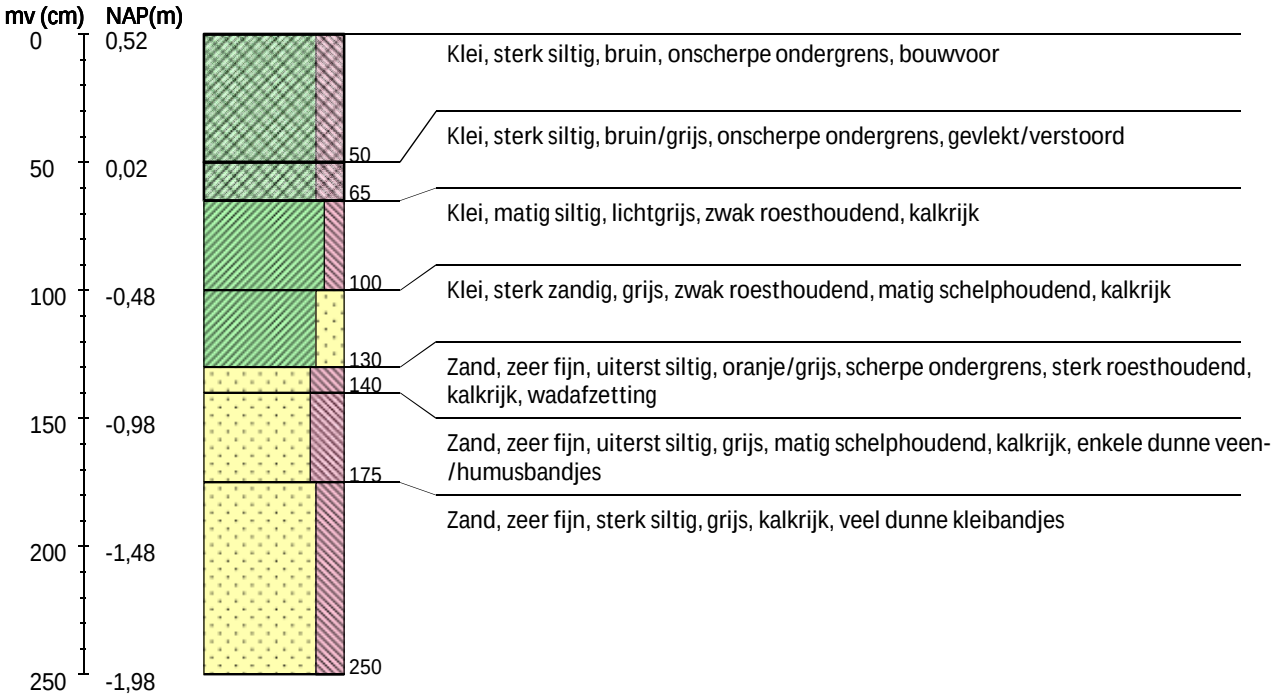
Boring 64 RD-coördinaten: 196610/600318



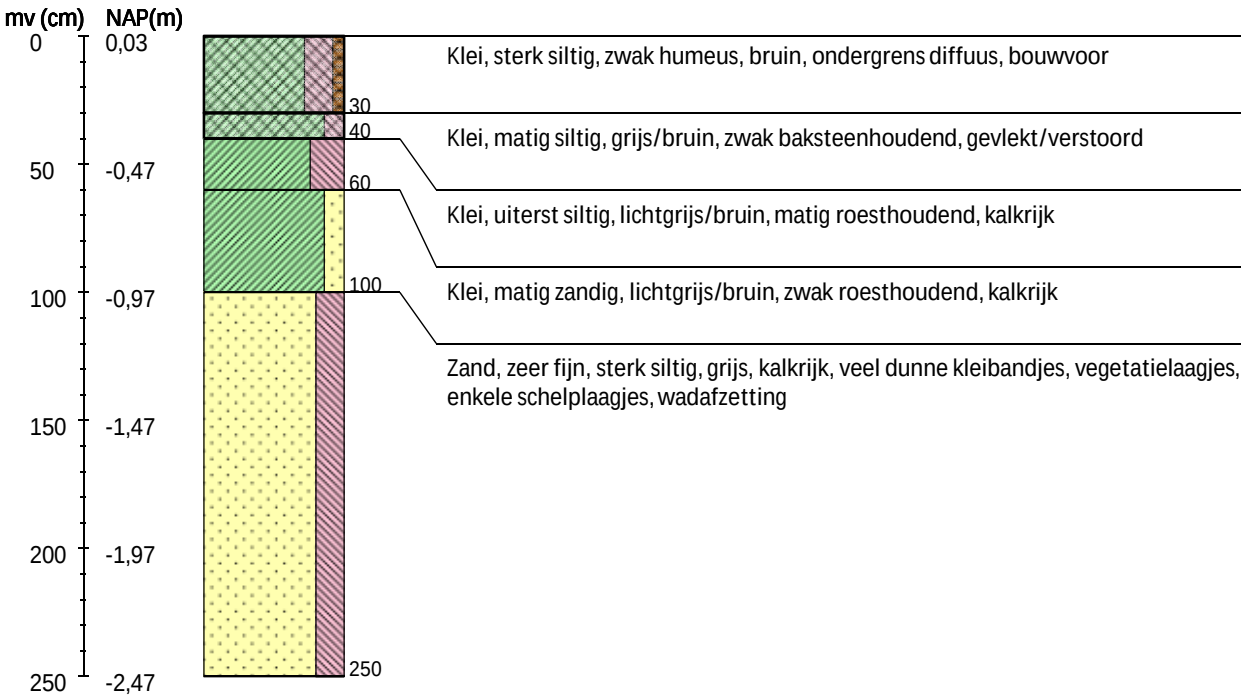
Boring 65 RD-coördinaten: 196673/600317



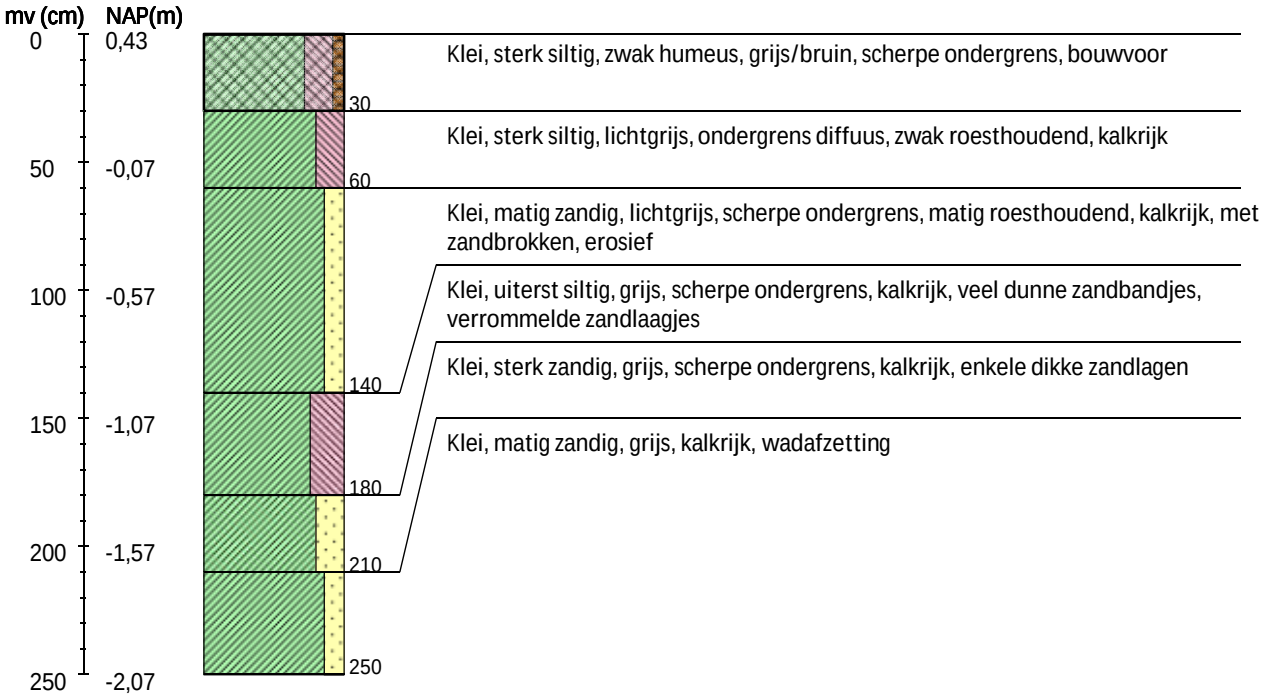
Boring 66 RD-coördinaten: 196723/600317



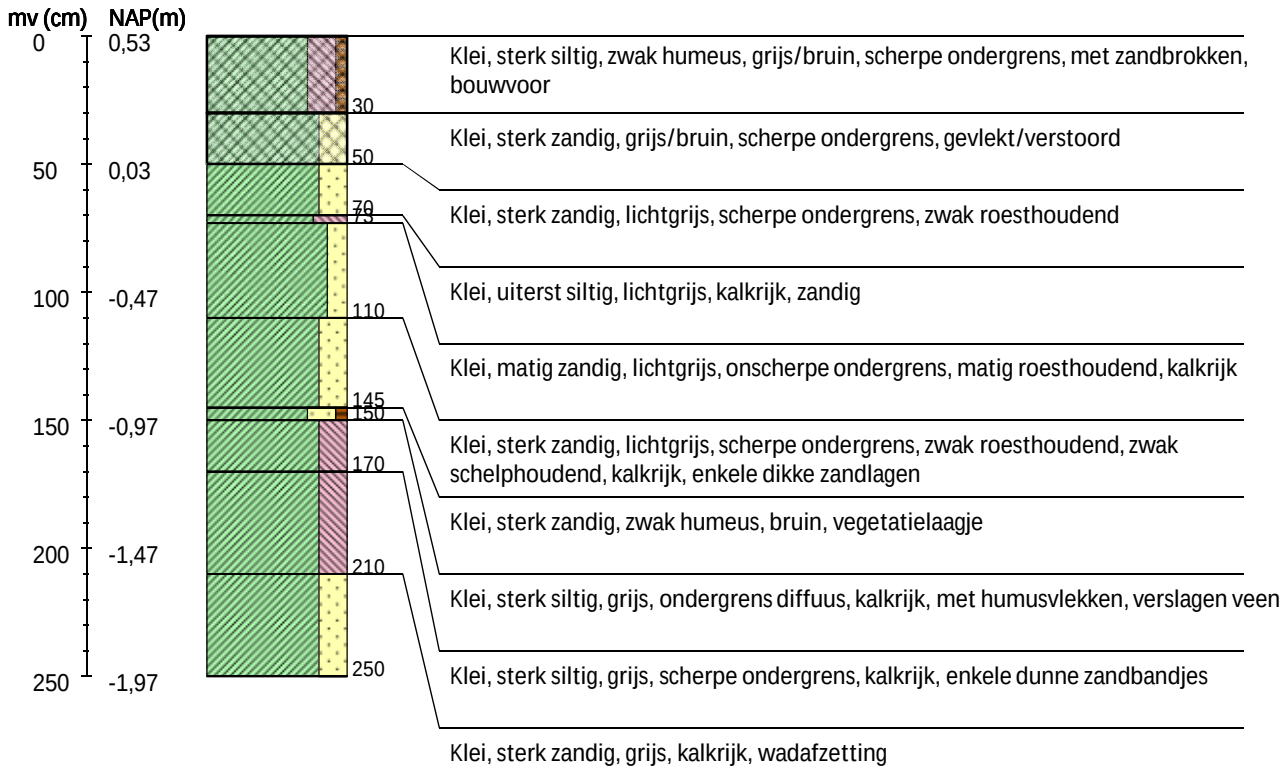
Boring 67 RD-coördinaten: 196748/600315



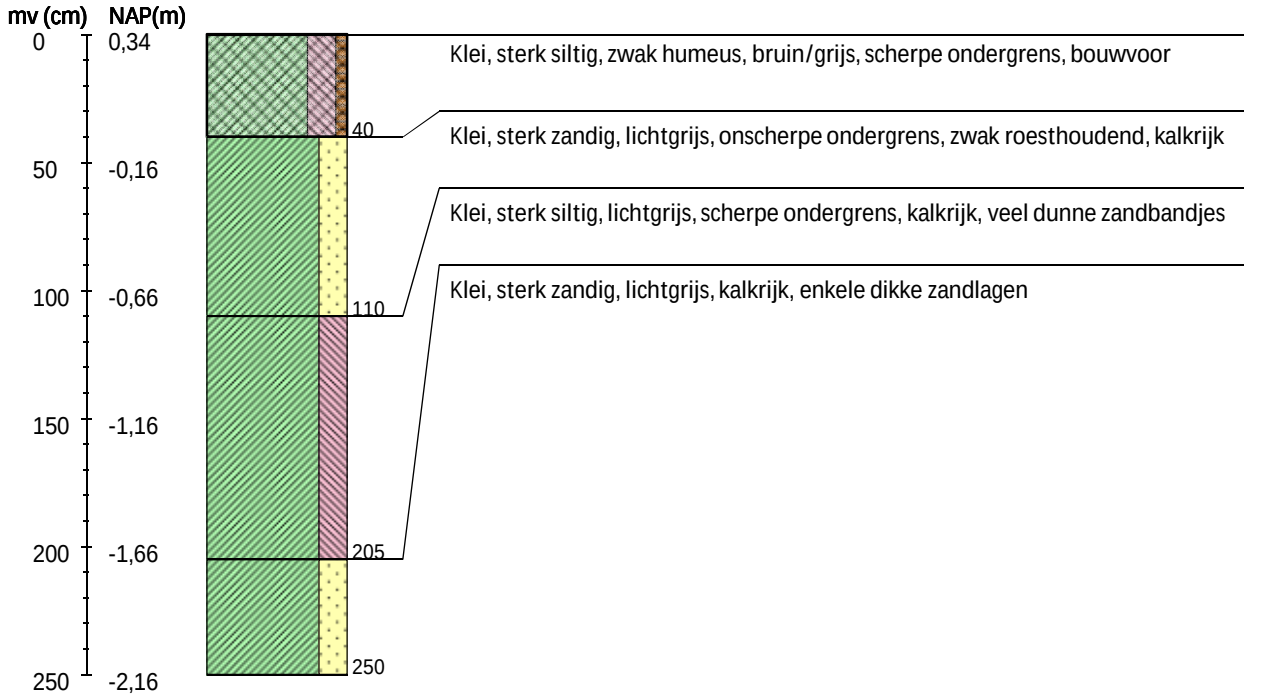
Boring 68 RD-coördinaten: 196815/600315



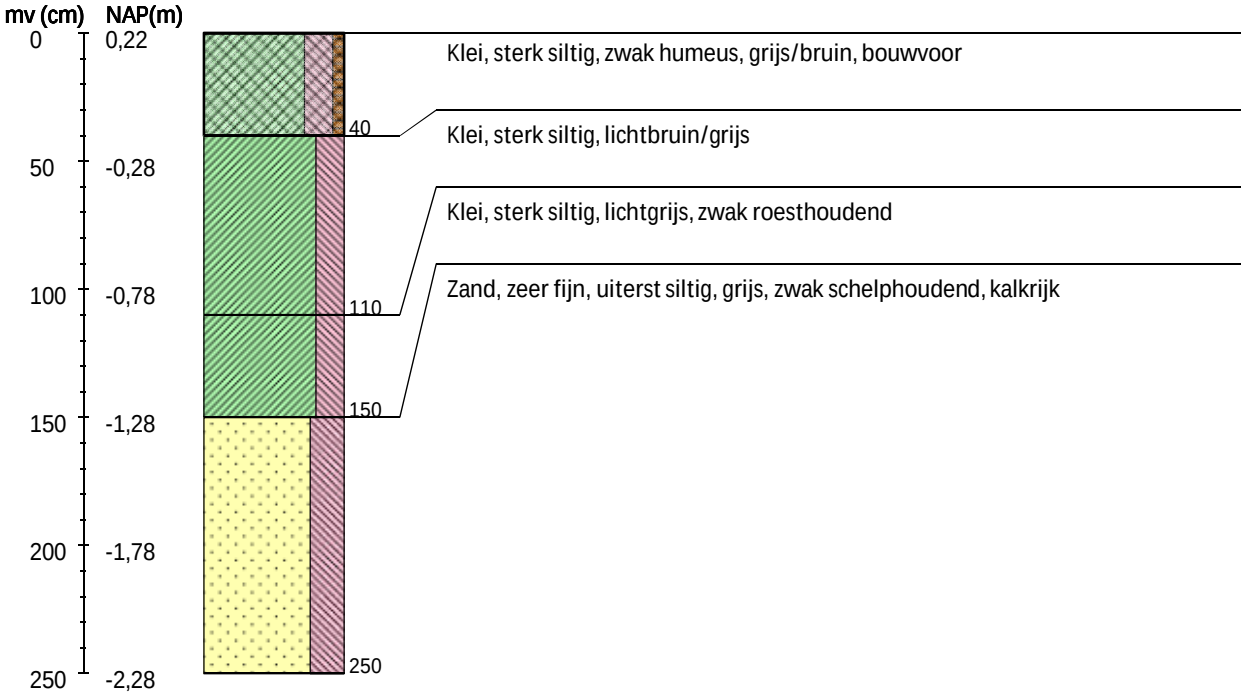
Boring 69 RD-coördinaten: 196871/600315



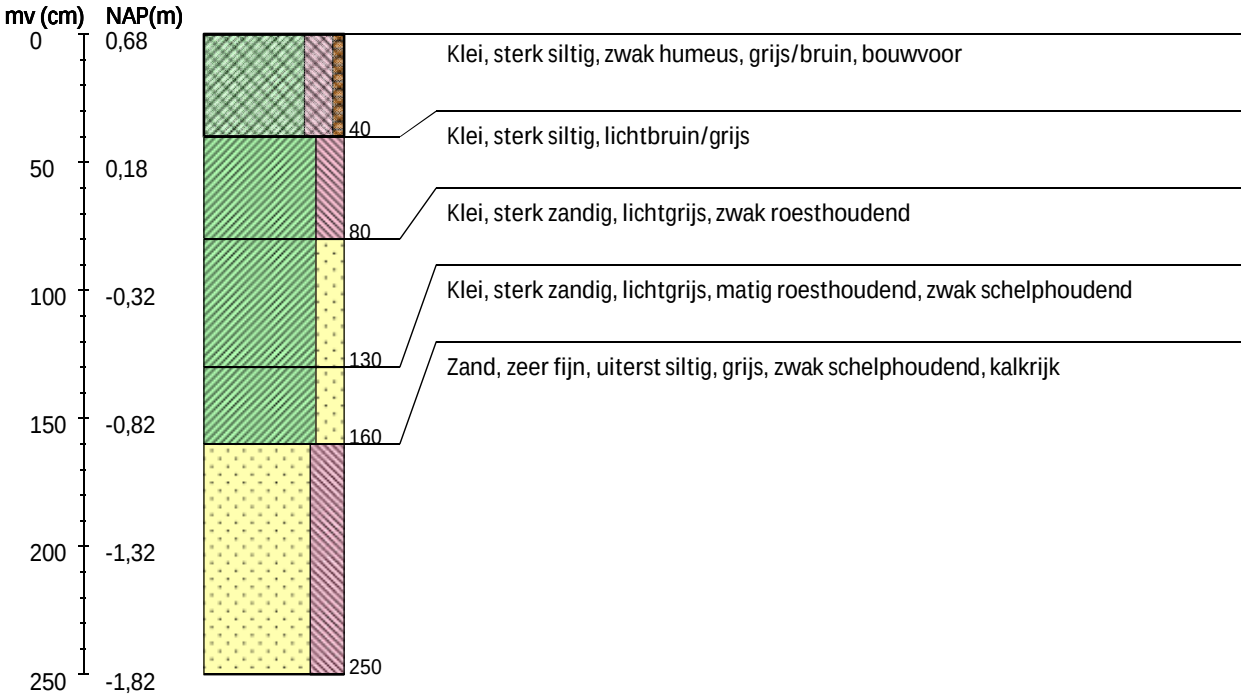
Boring 70 RD-coördinaten: 196923/600315



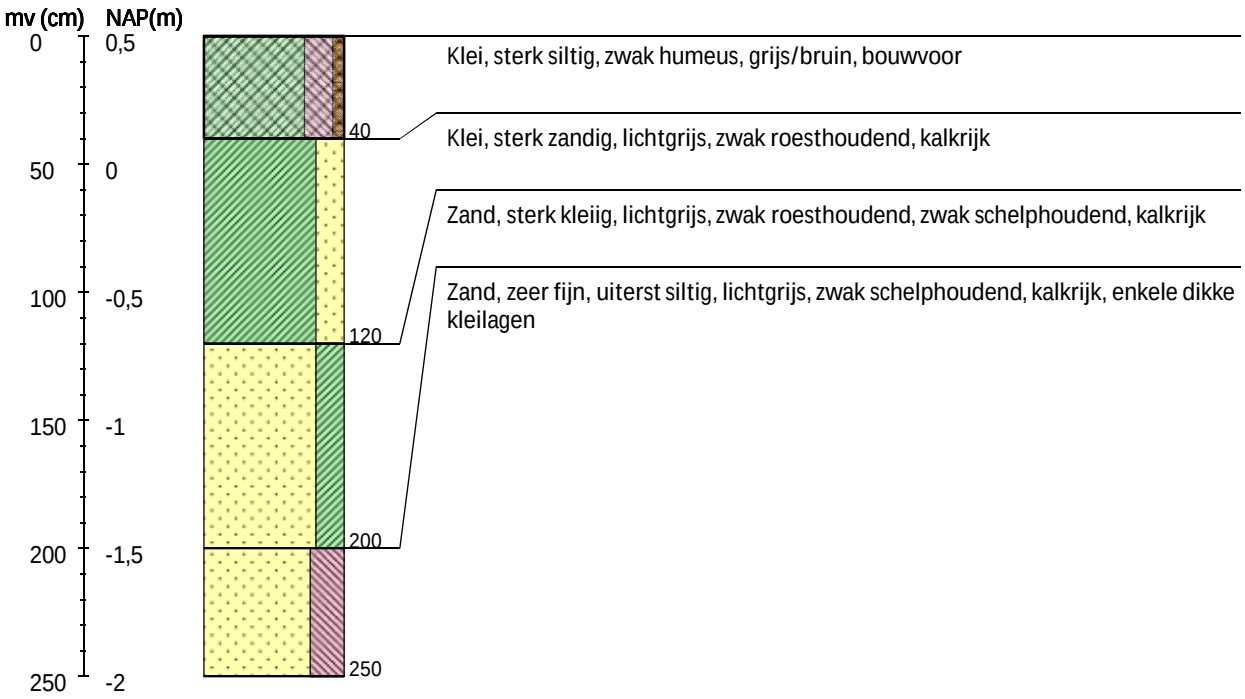
Boring 71 RD-coördinaten: 196987/600315



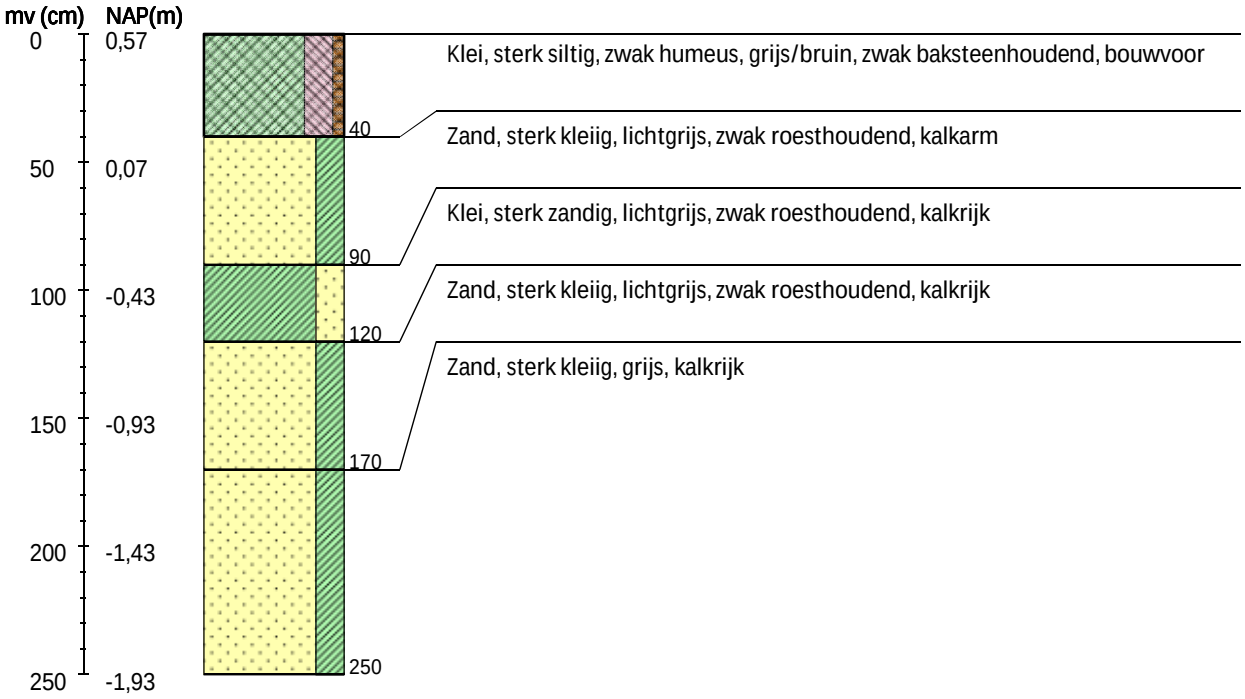
Boring 72 RD-coördinaten: 197027/600314



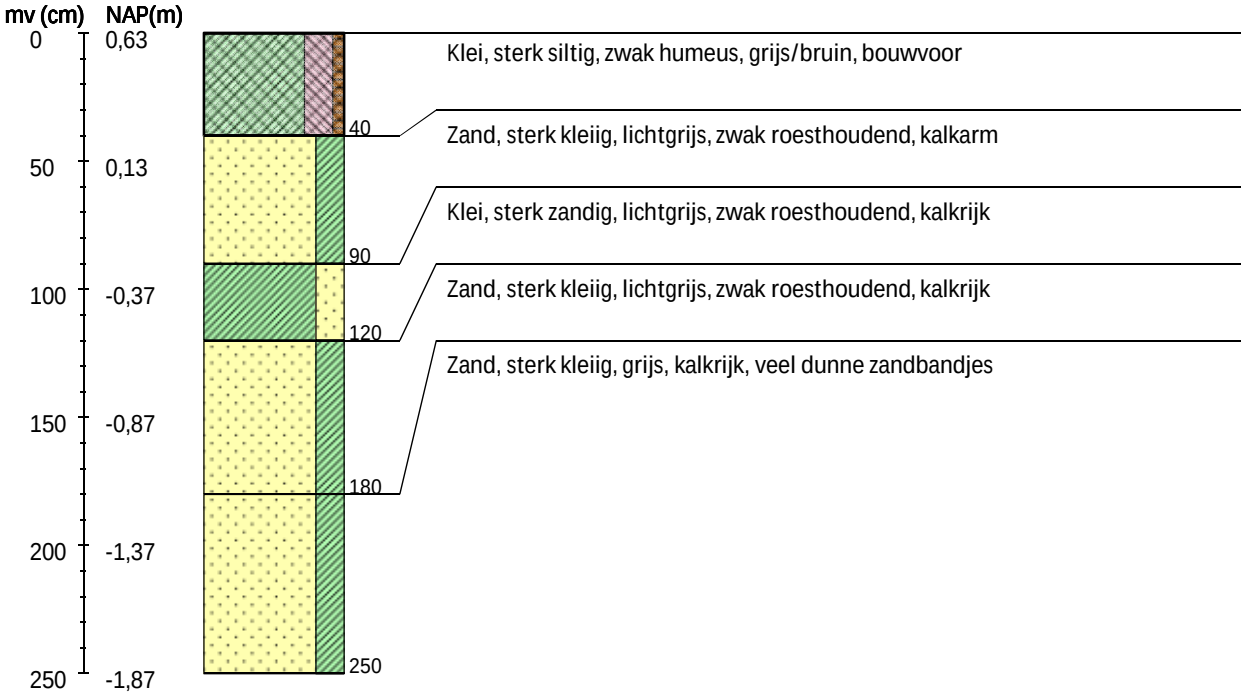
Boring 73 RD-coördinaten: 197073/600314



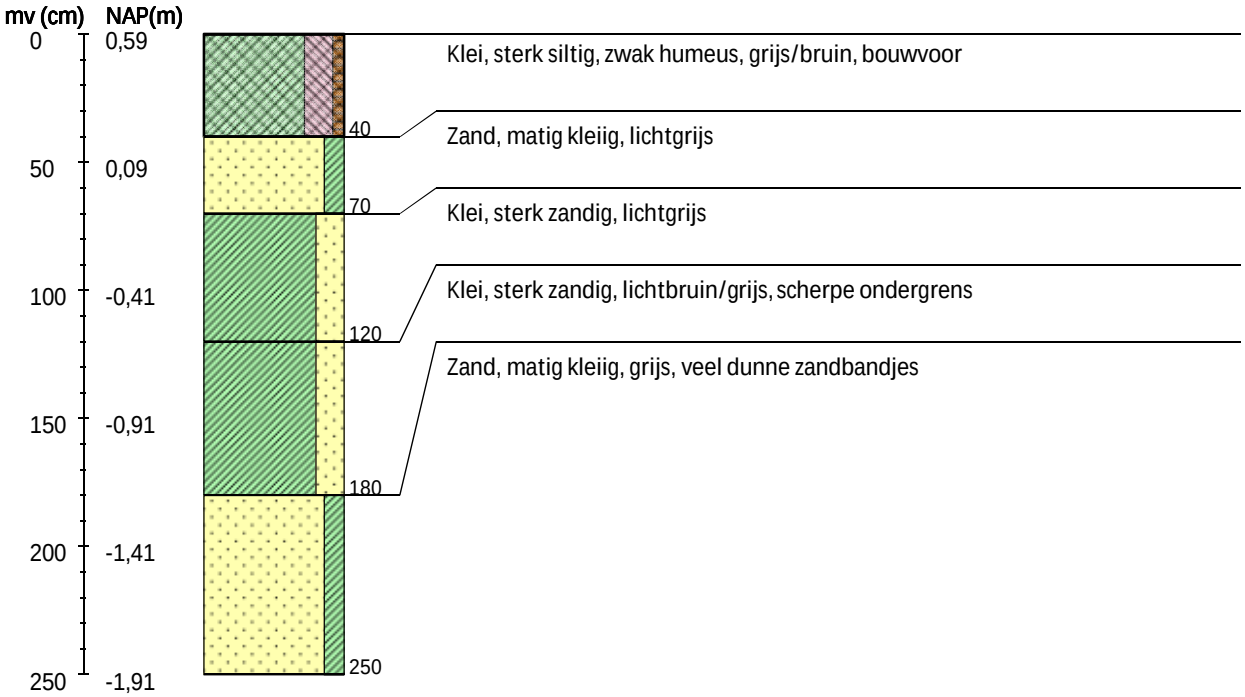
Boring 74 RD-coördinaten: 197123/600313



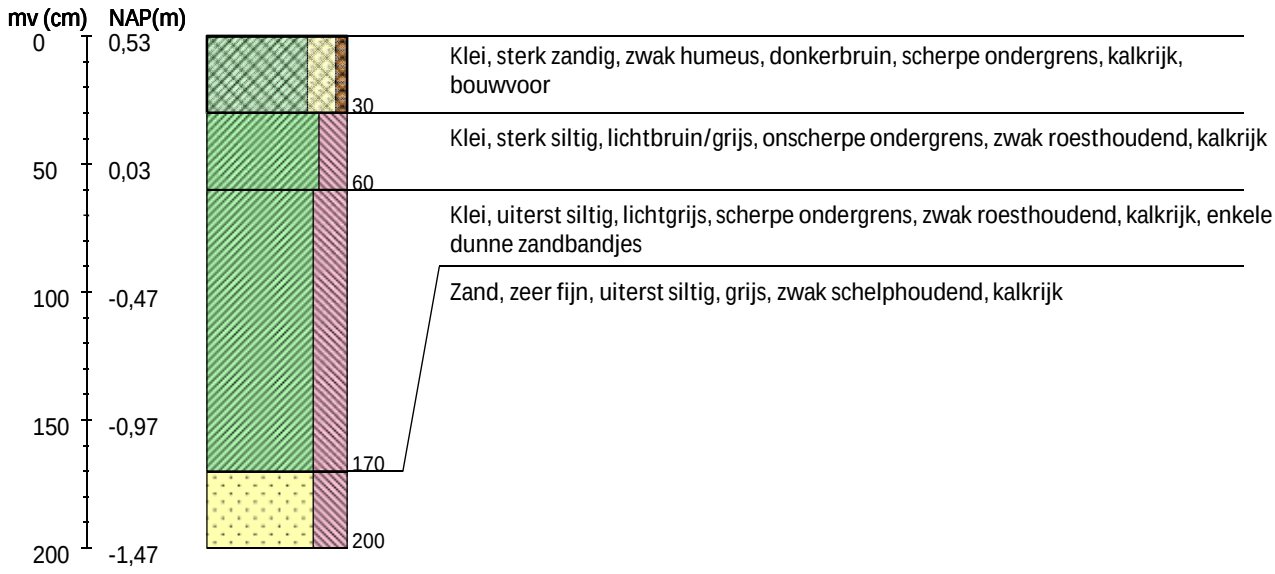
Boring 75 RD-coördinaten: 197173/600313



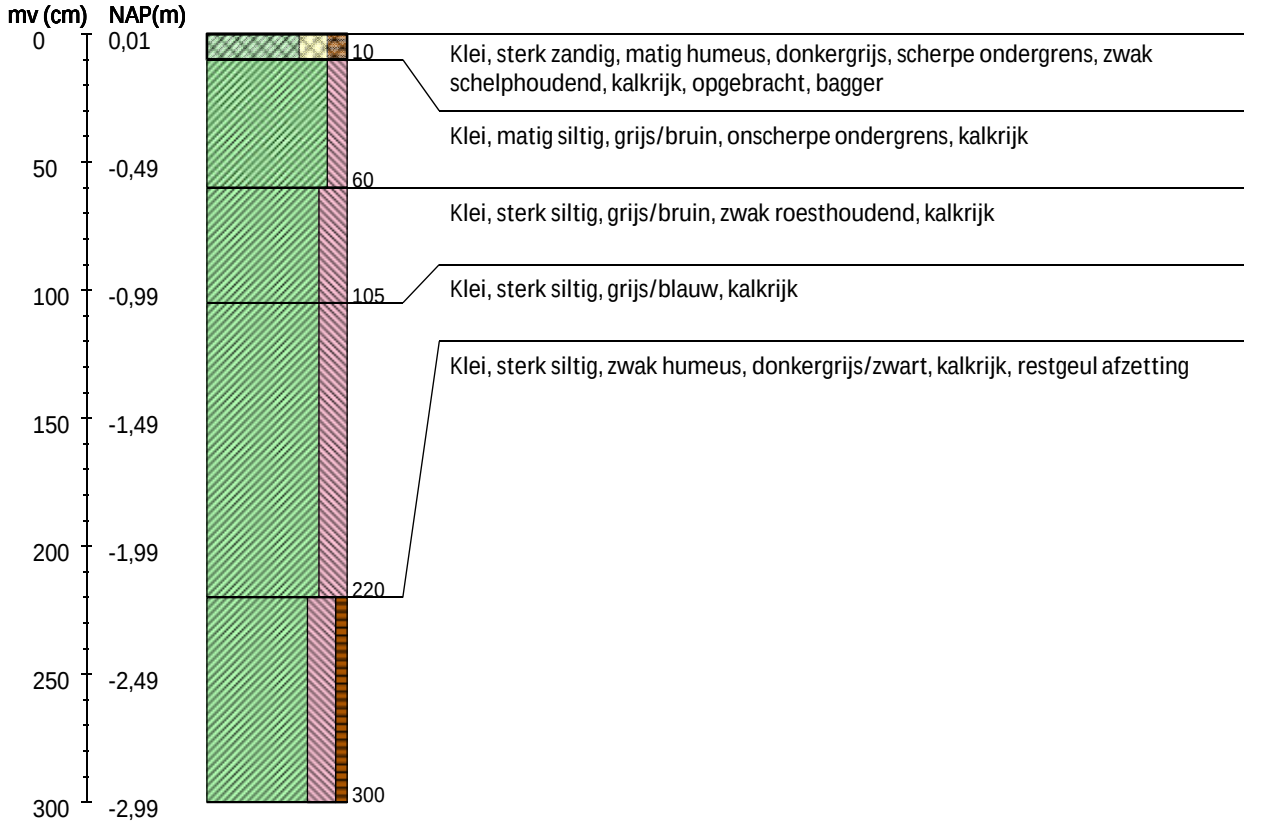
Boring 76 RD-coördinaten: 197223/600312



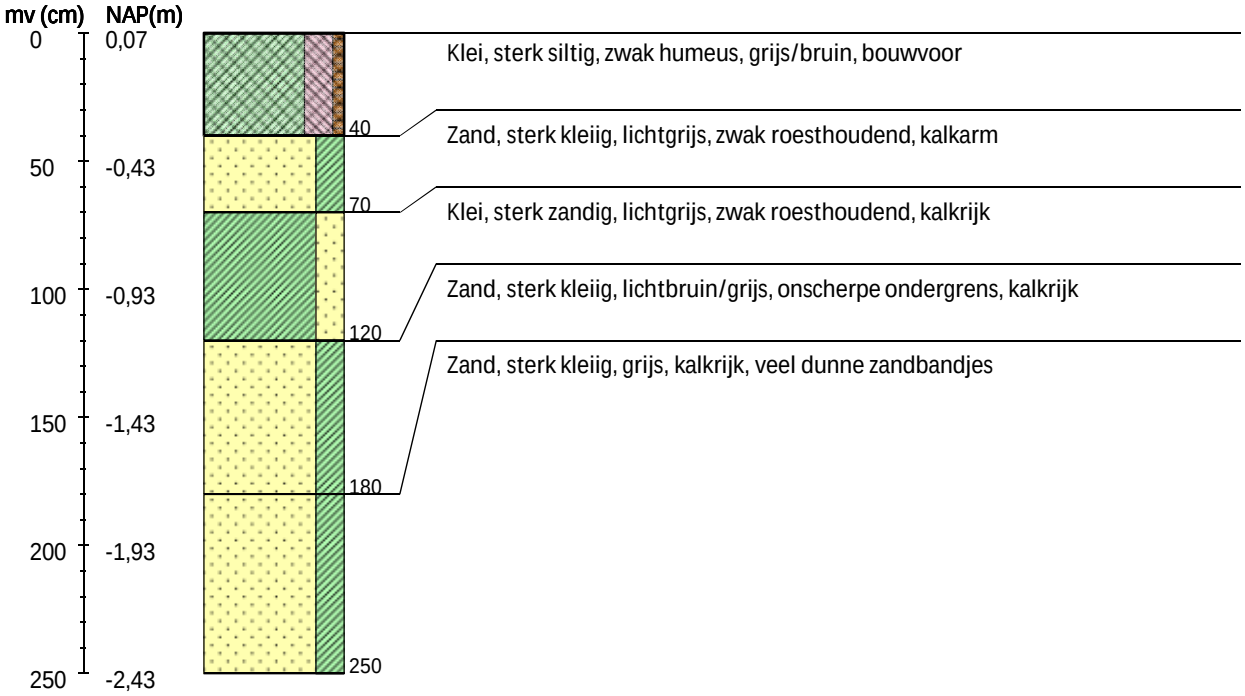
Boring 77 RD-coördinaten: 197273/600312



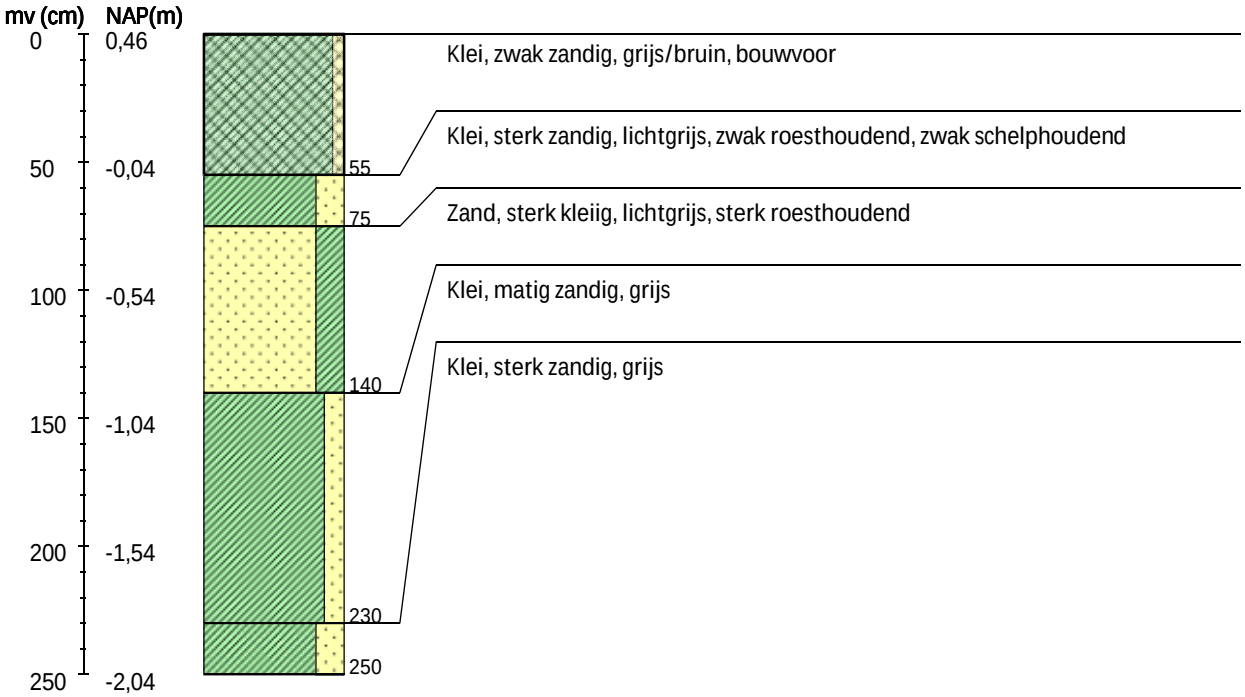
Boring 78 RD-coördinaten: 197337/600313



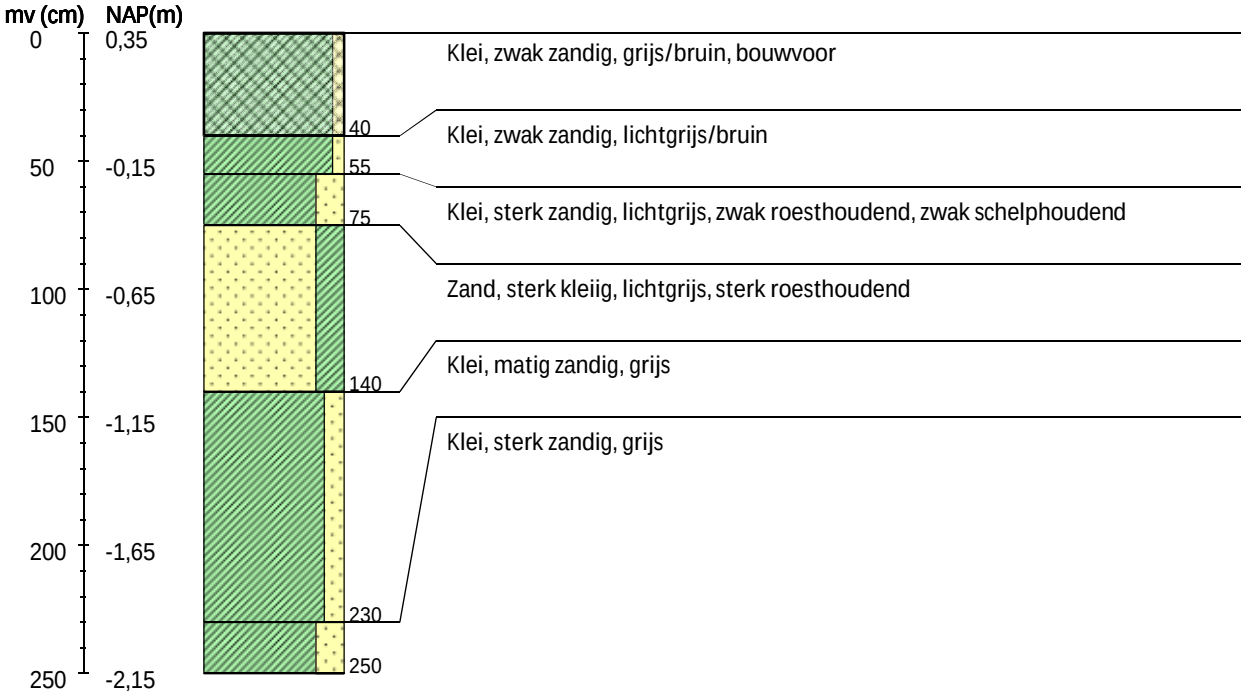
Boring 79 RD-coördinaten: 197371/600307



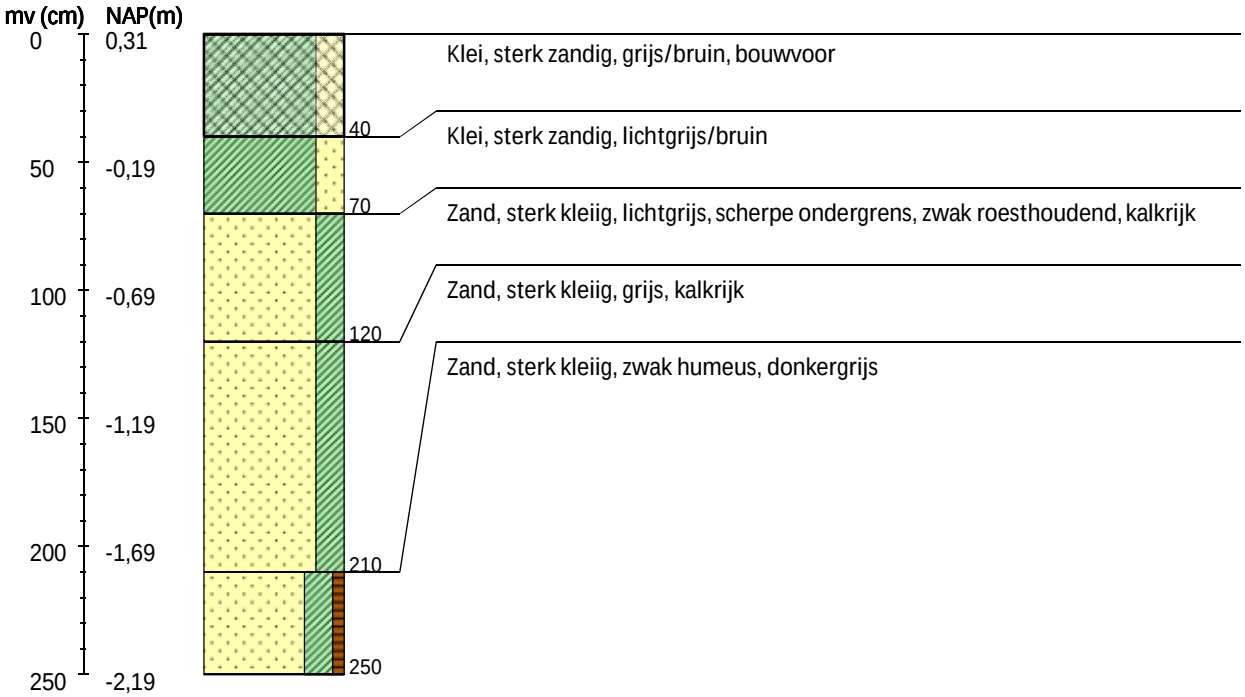
Boring 80 RD-coördinaten: 197423/600311



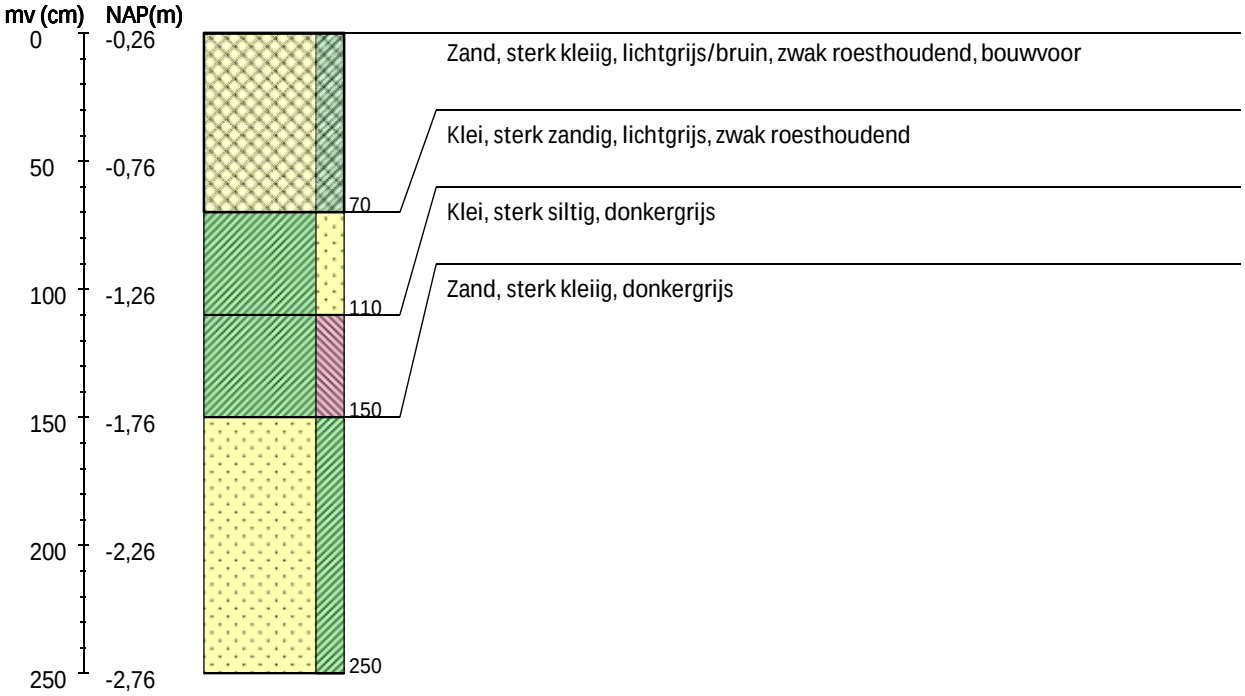
Boring 81 RD-coördinaten: 197473/600310



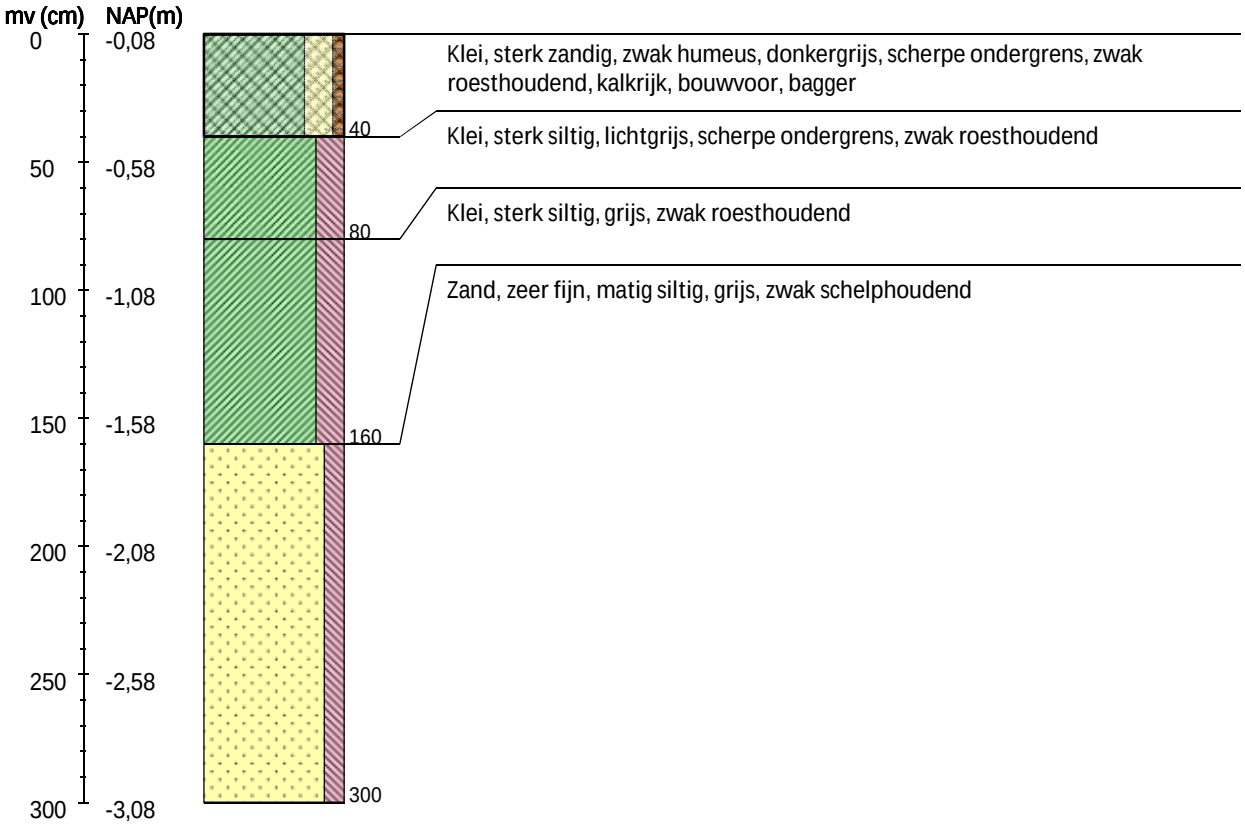
Boring 82 RD-coördinaten: 197523/600310



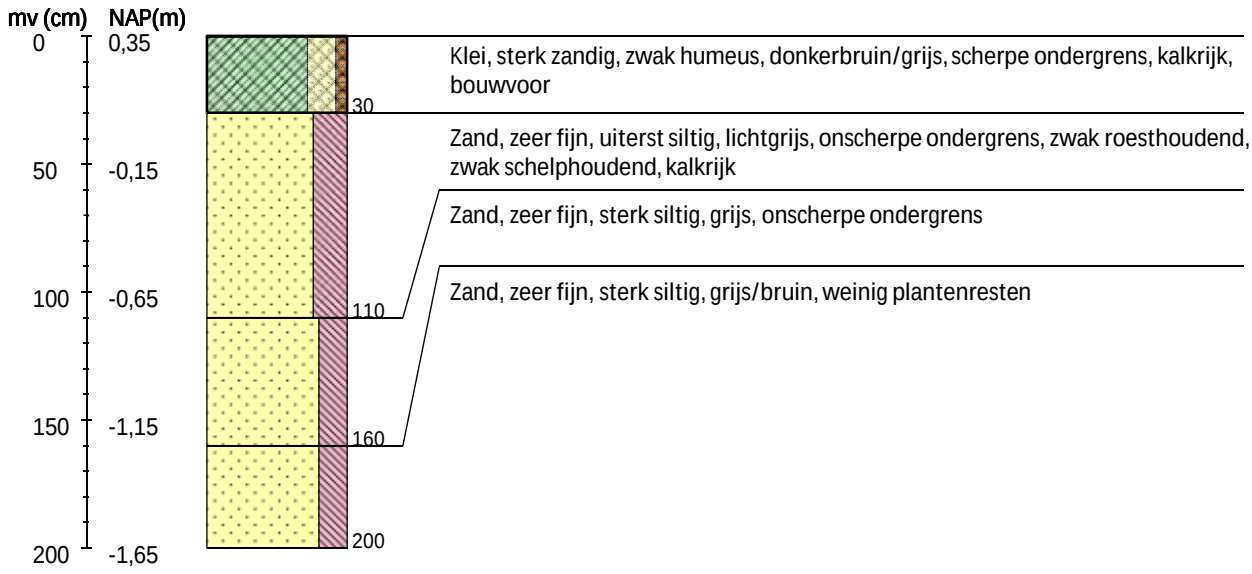
Boring 83 RD-coördinaten: 197563/600310



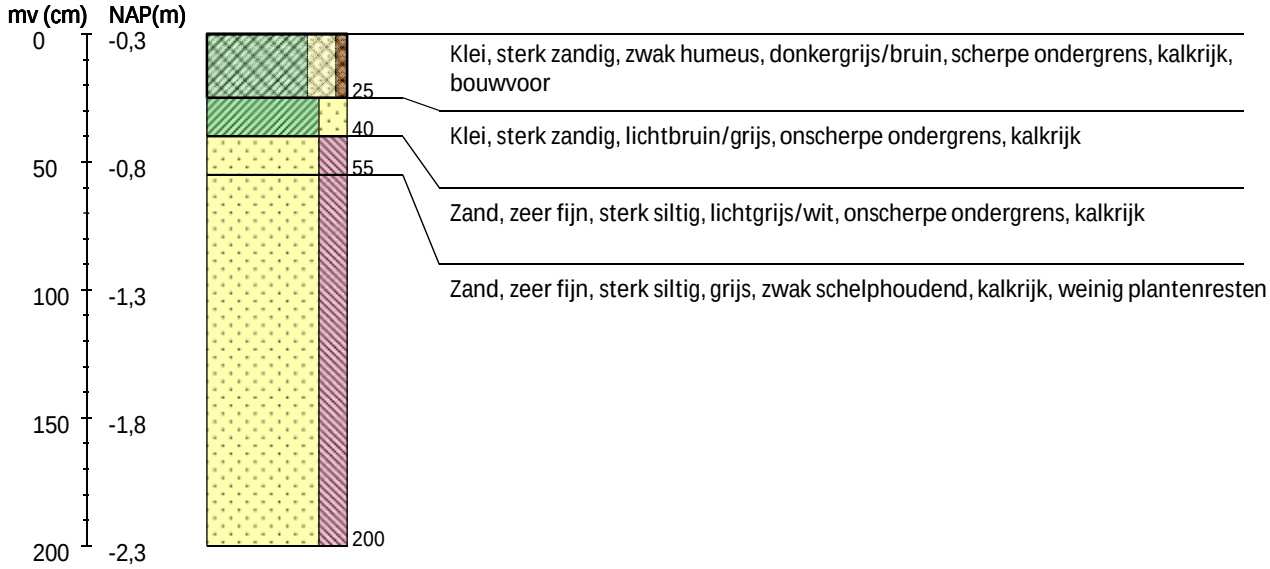
Boring 84 RD-coördinaten: 197614/600309



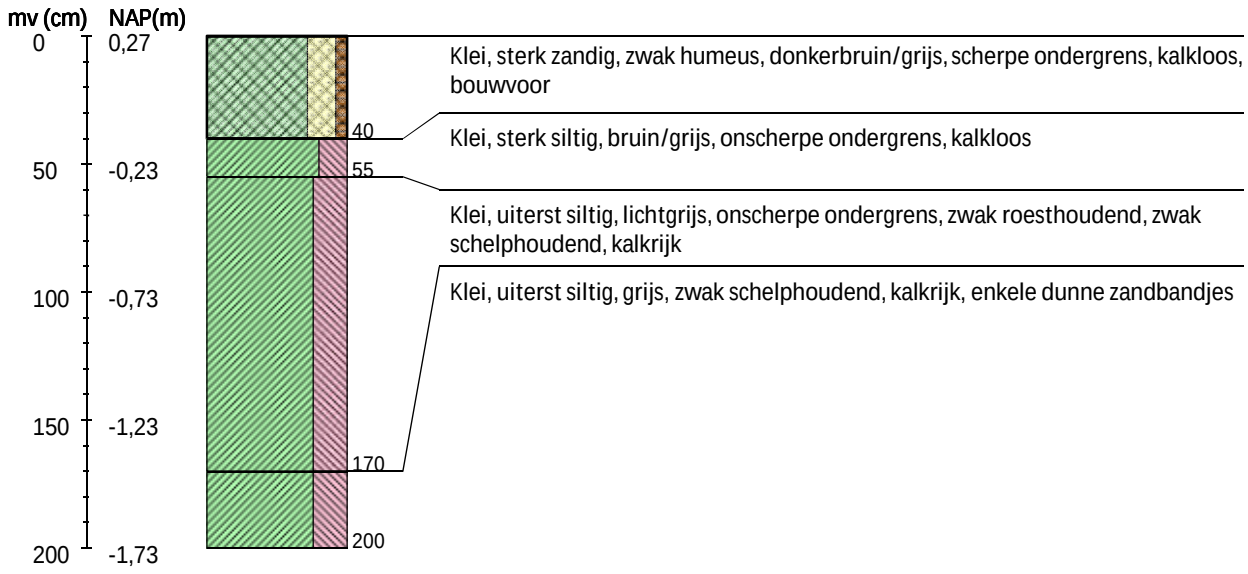
Boring 85 RD-coördinaten: 197673/600308



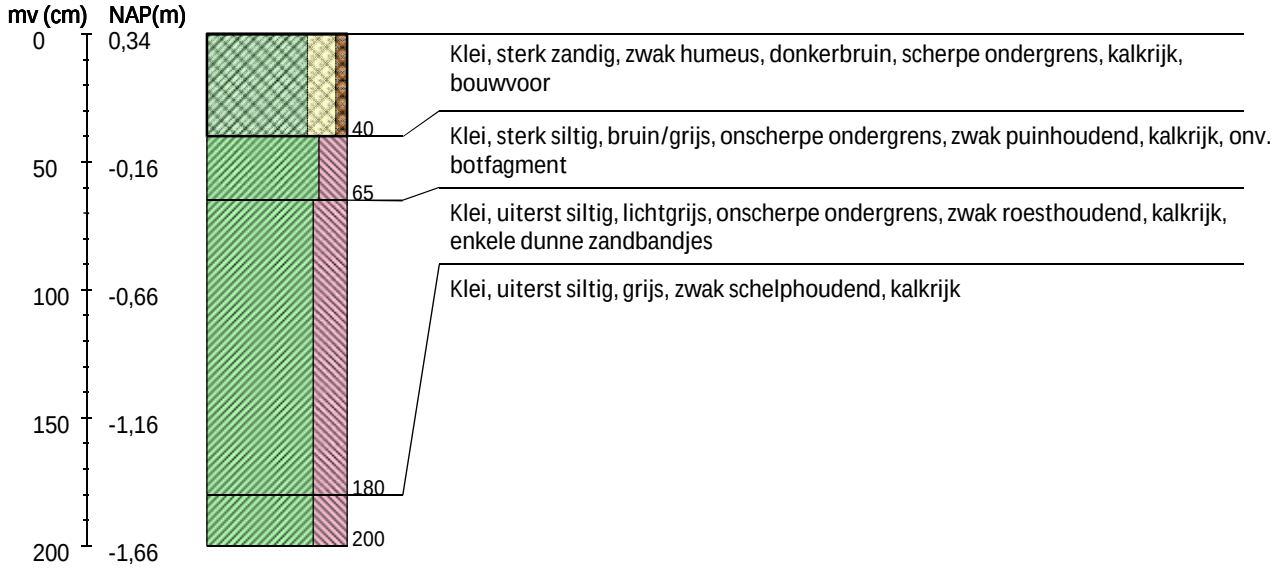
Boring 86 RD-coördinaten: 197727/600306



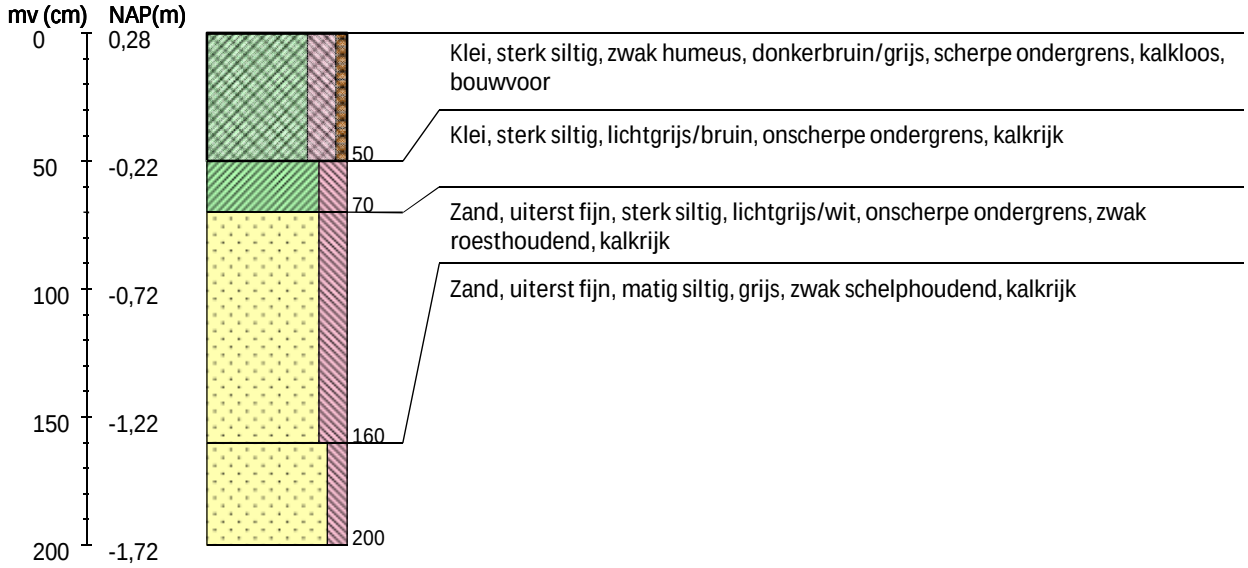
Boring 87 RD-coördinaten: 197773/600308



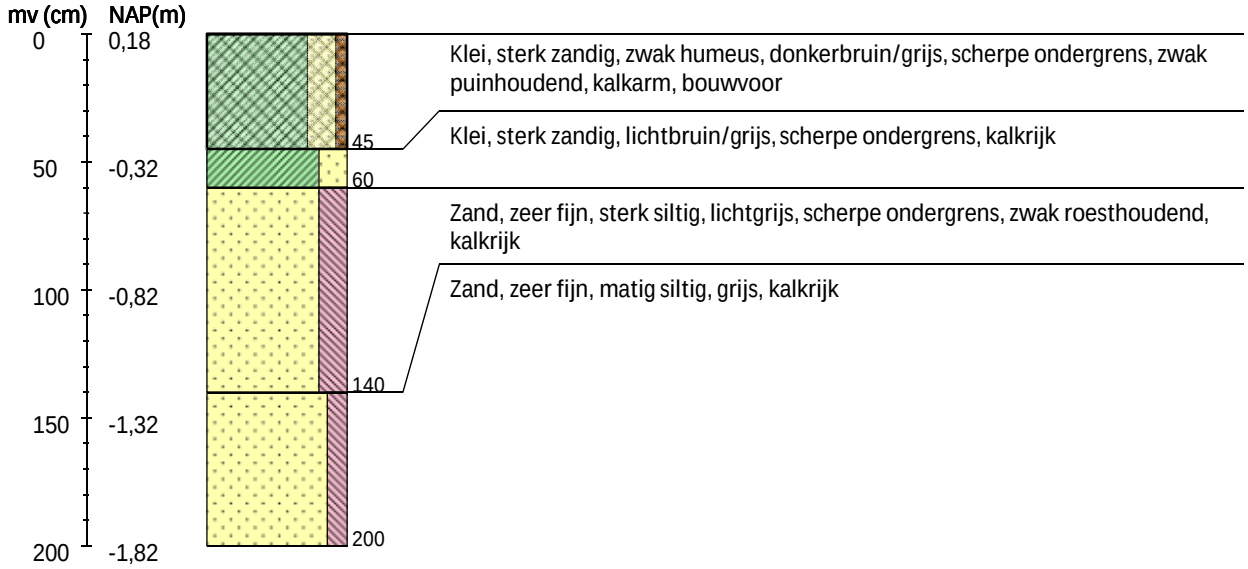
Boring 88 RD-coördinaten: 197822/600307



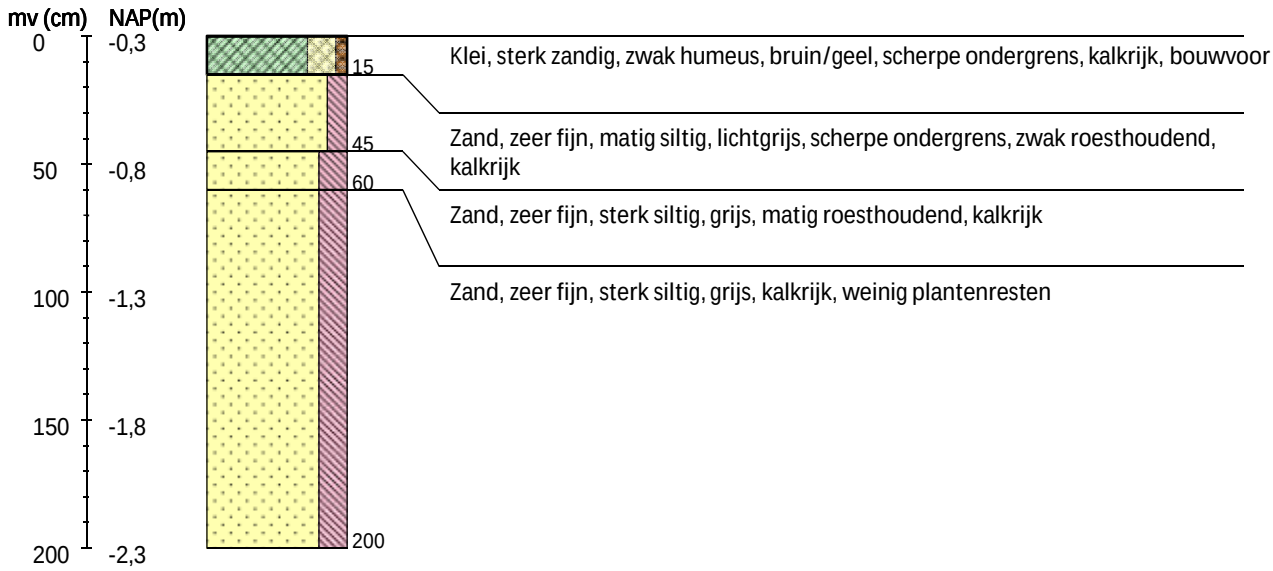
Boring 89 RD-coördinaten: 197873/600307



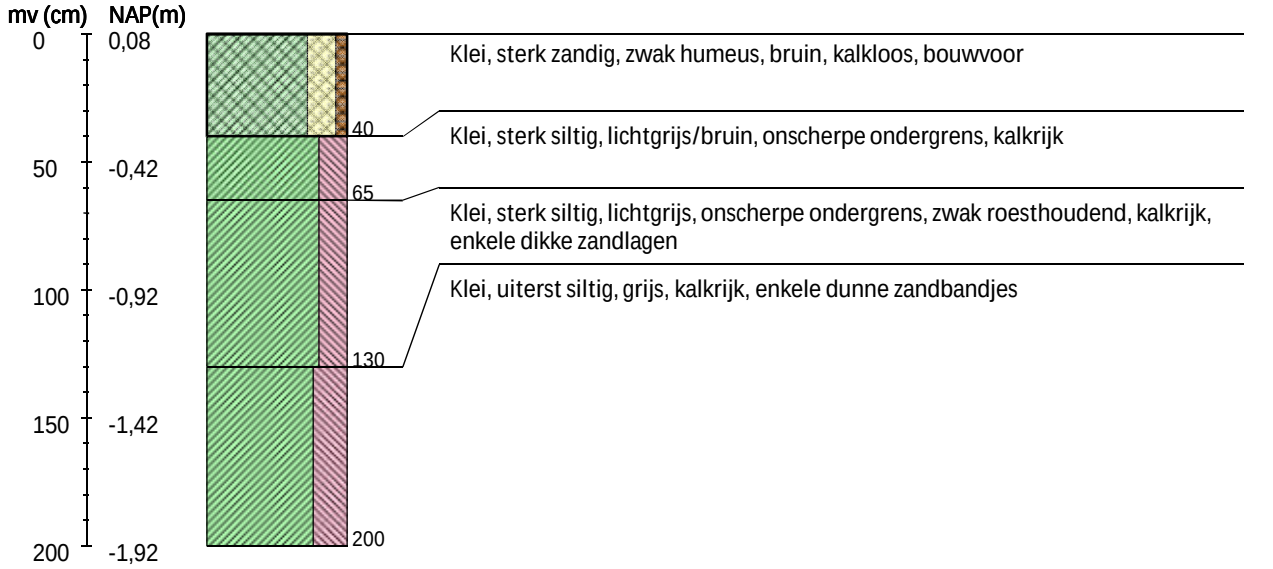
Boring 90 RD-coördinaten: 197905/600285



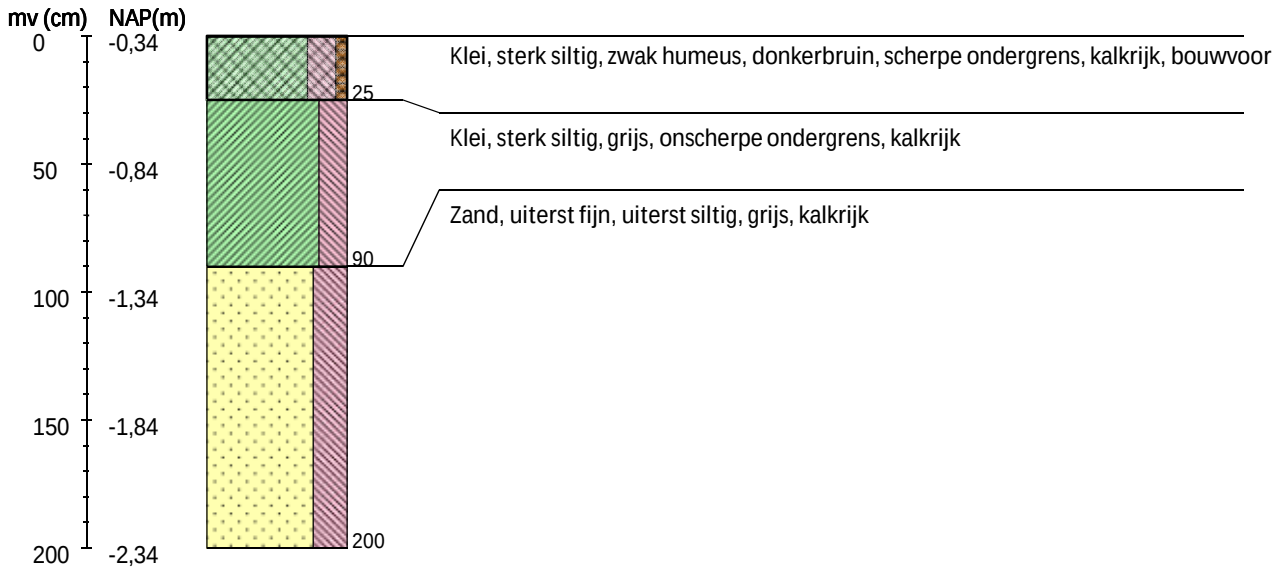
Boring 91 RD-coördinaten: 197944/600296



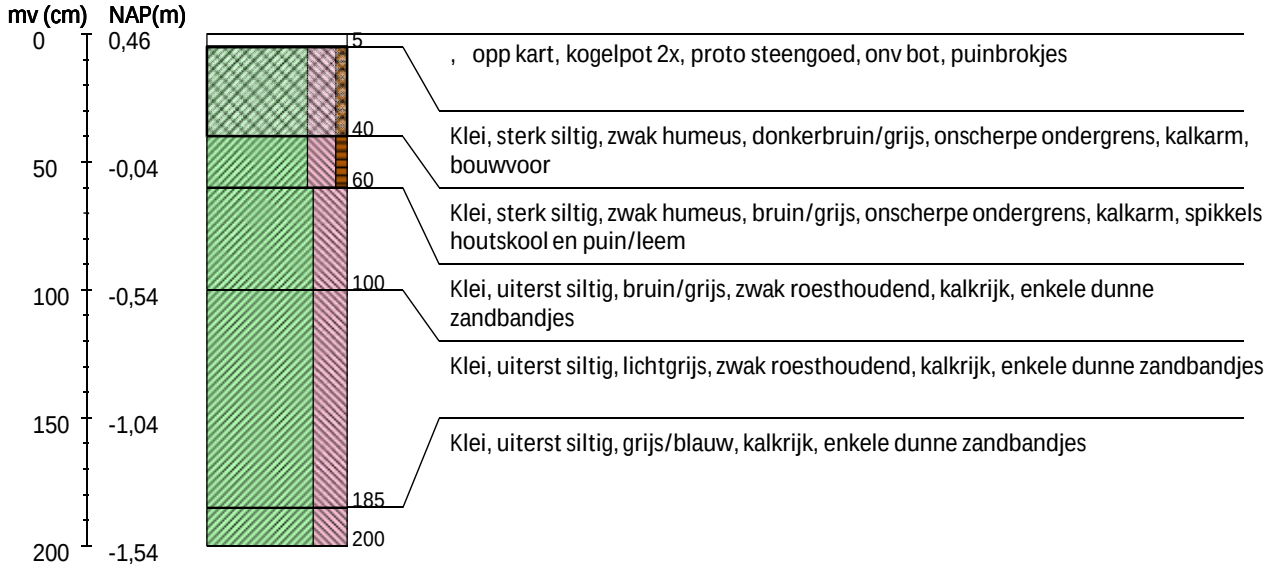
Boring 92 RD-coördinaten: 197971/600330



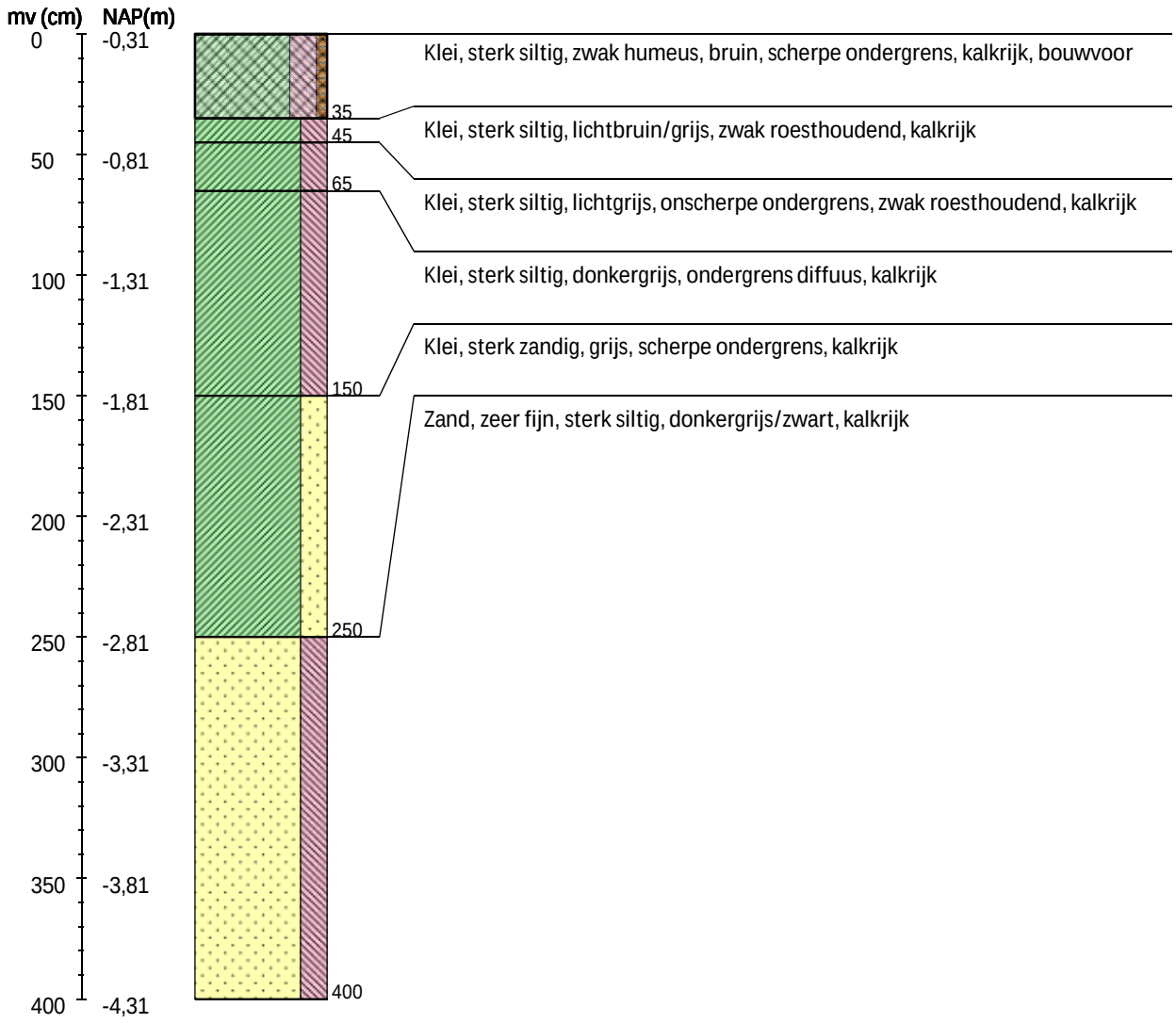
Boring 93 RD-coördinaten: 198026/600348



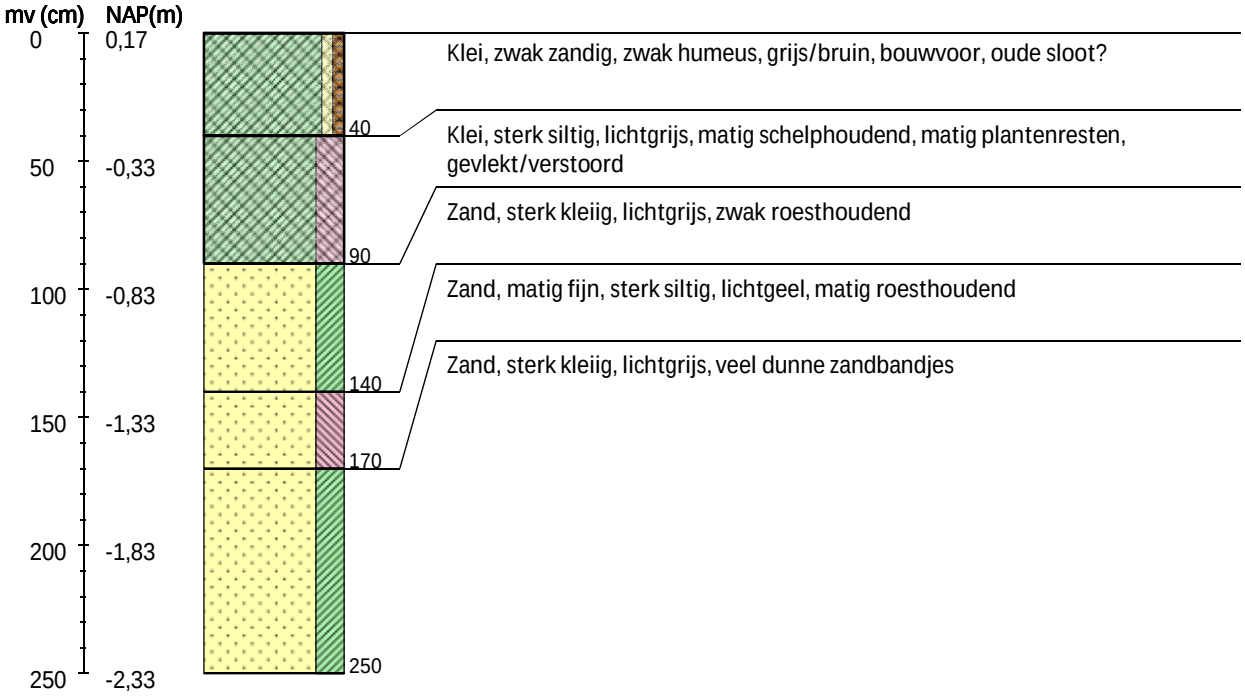
Boring 94 RD-coördinaten: 198074/600366



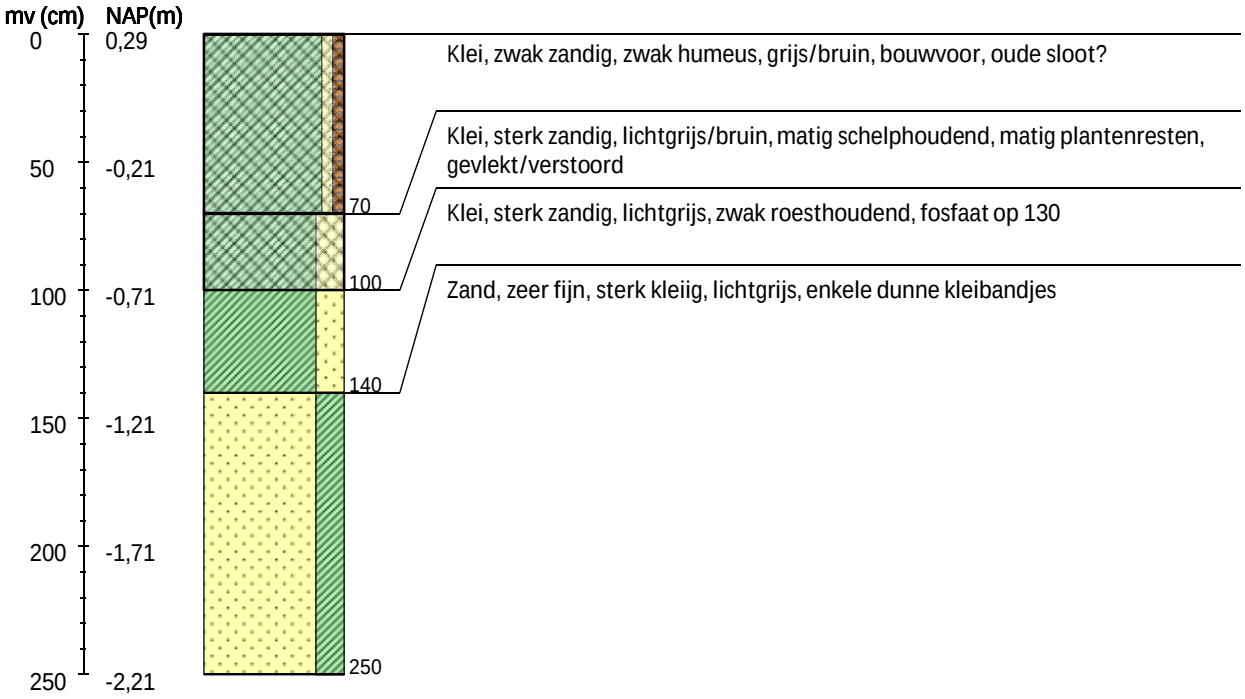
Boring 95 RD-coördinaten: 198120/600381



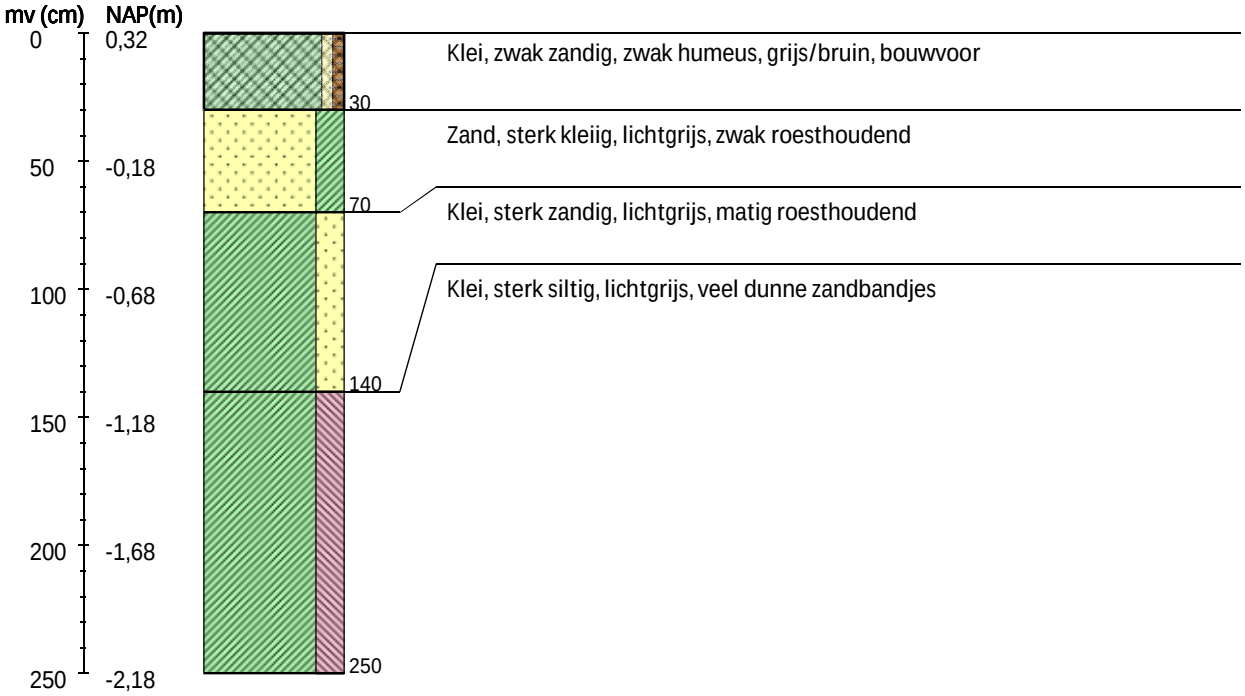
Boring 96 RD-coördinaten: 198161/600396



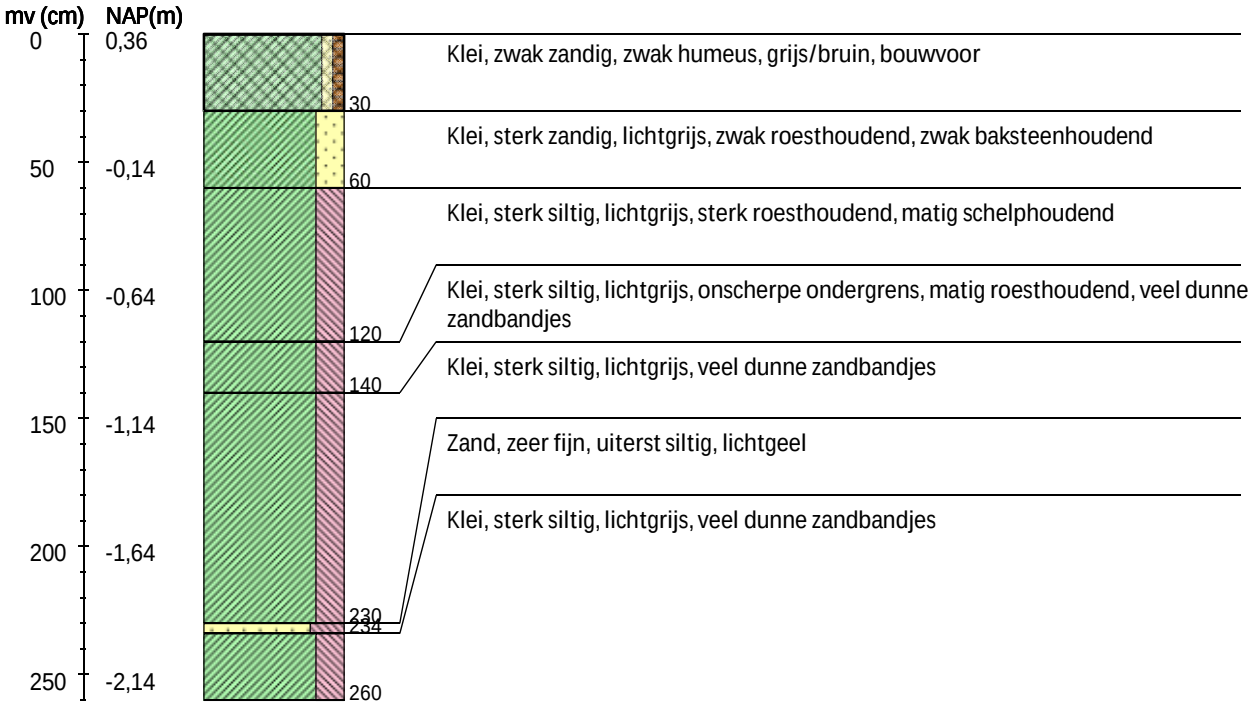
Boring 97 RD-coördinaten: 198209/600412



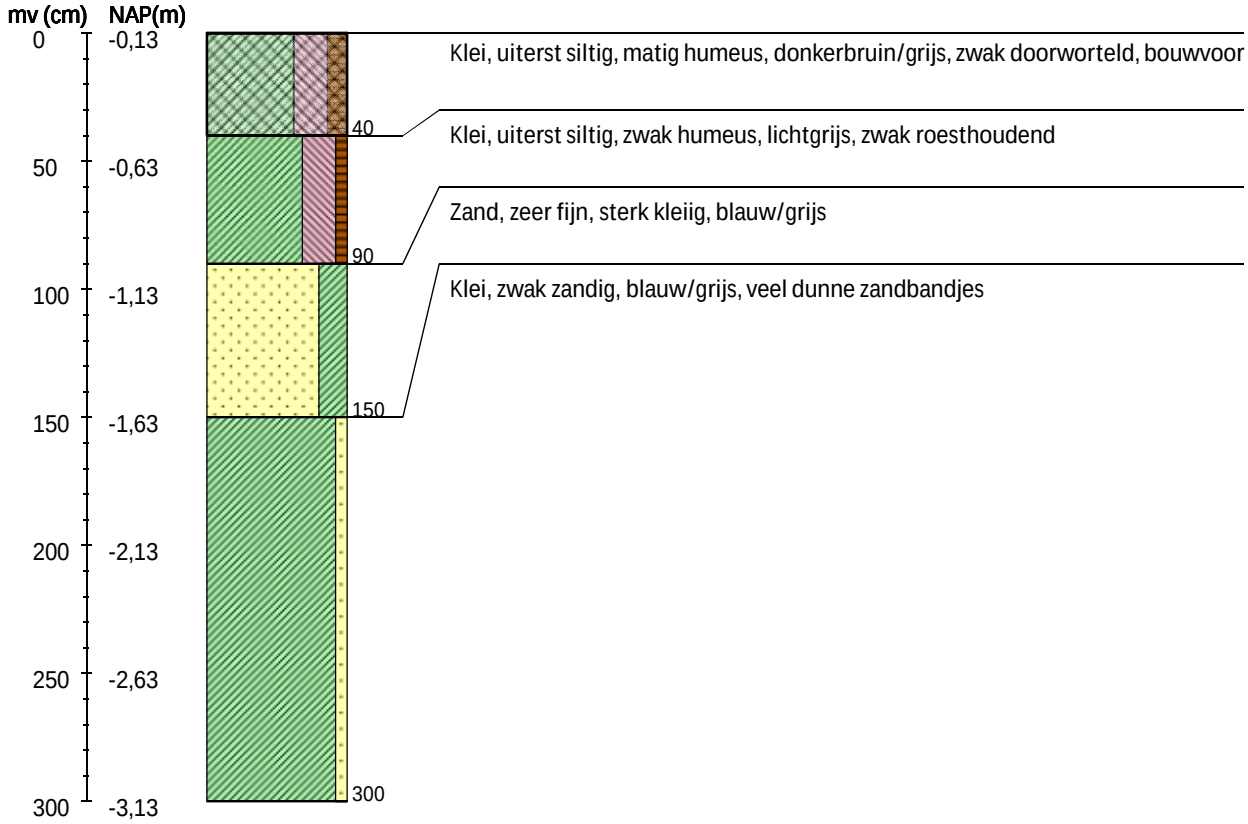
Boring 98 RD-coördinaten: 198256/600428



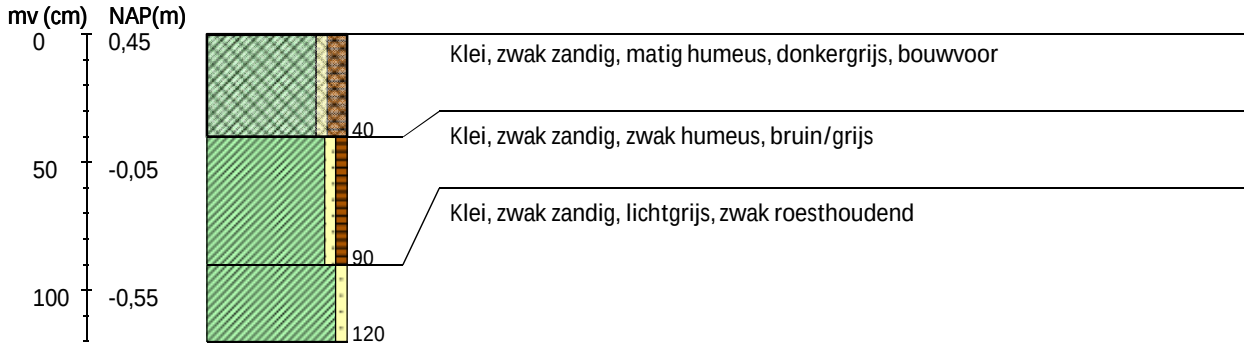
Boring 99 RD-coördinaten: 198303/600445



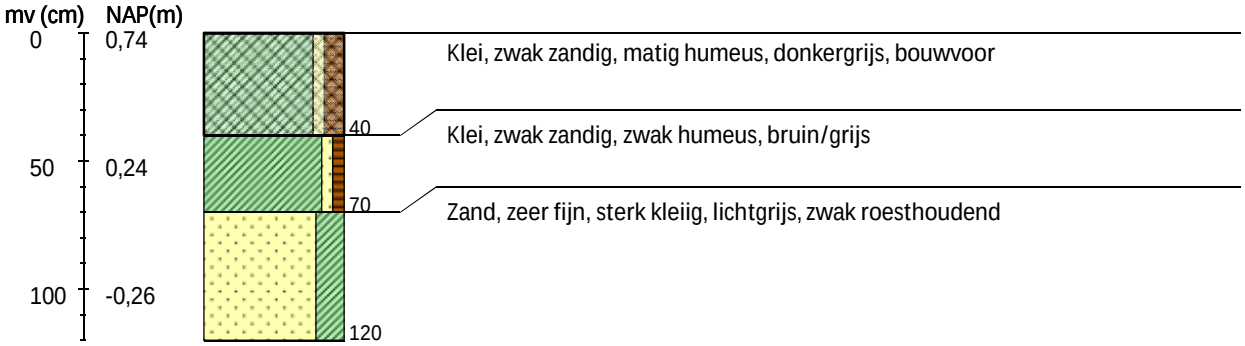
Boring 103 RD-coördinaten: 198483/600510



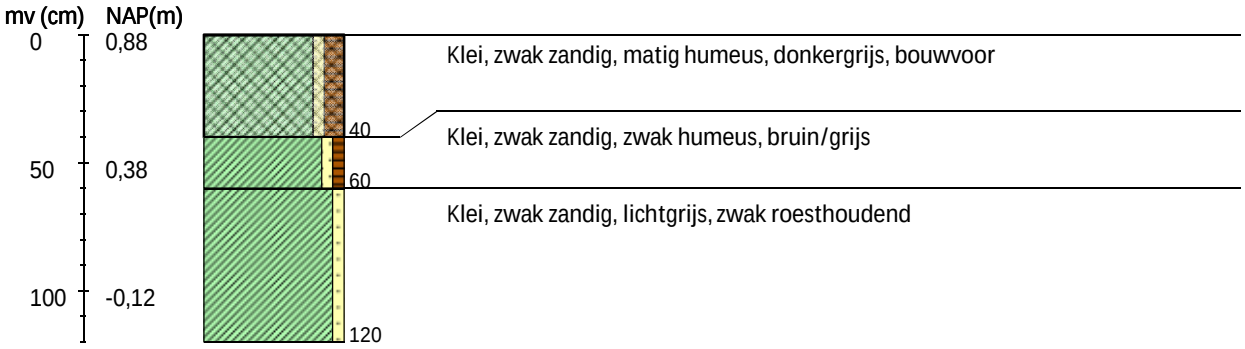
Boring 104 RD-coördinaten: 198539/600526



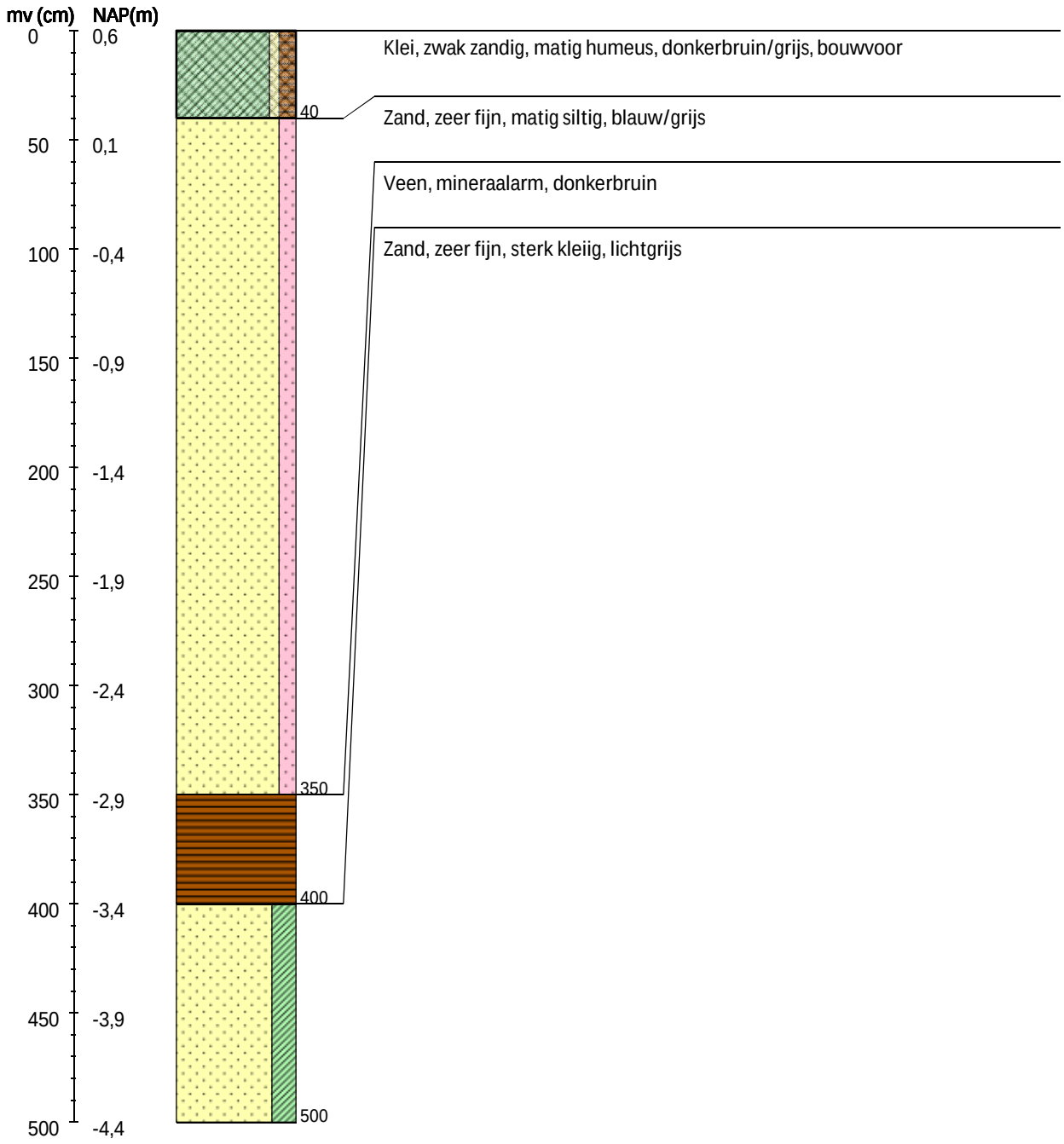
Boring 105 RD-coördinaten: 198586/600542



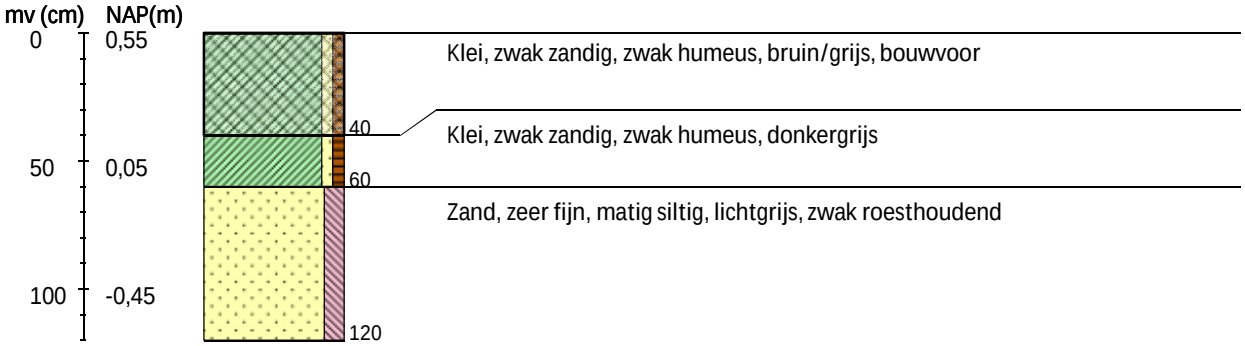
Boring 106 RD-coördinaten: 198634/600559



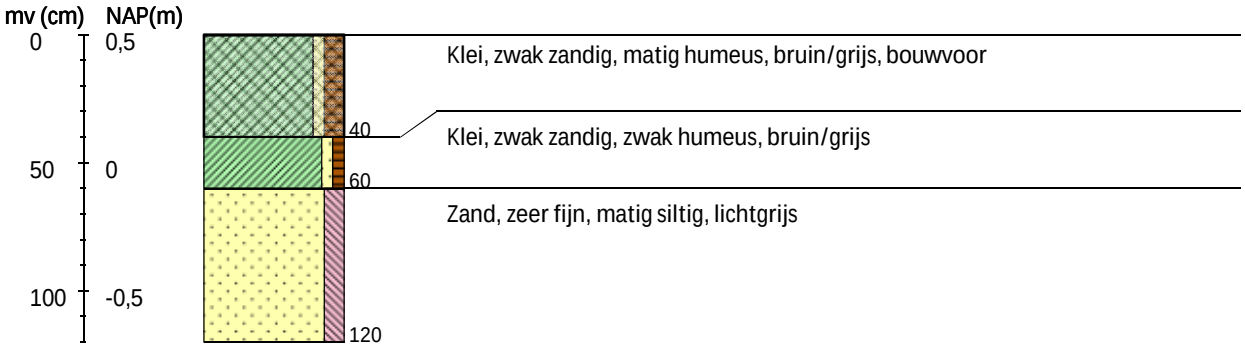
Boring 107 RD-coördinaten: 198681/600575



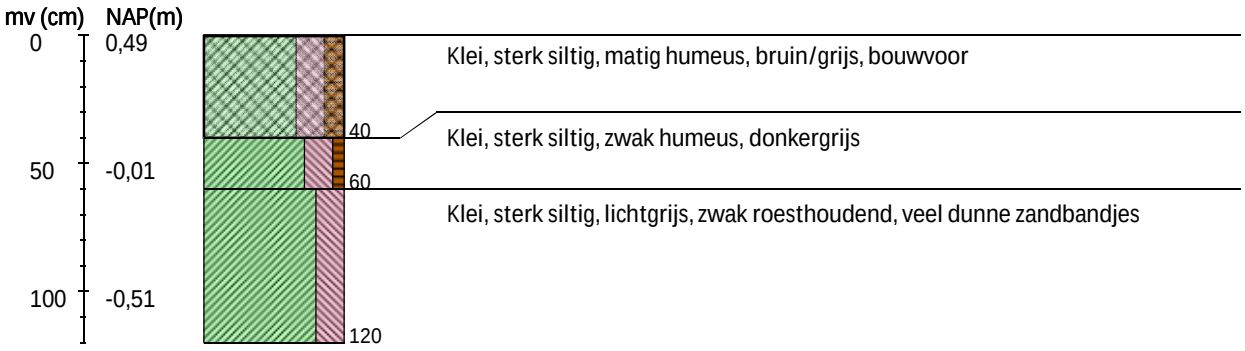
Boring 108 RD-coördinaten: 198728/600591



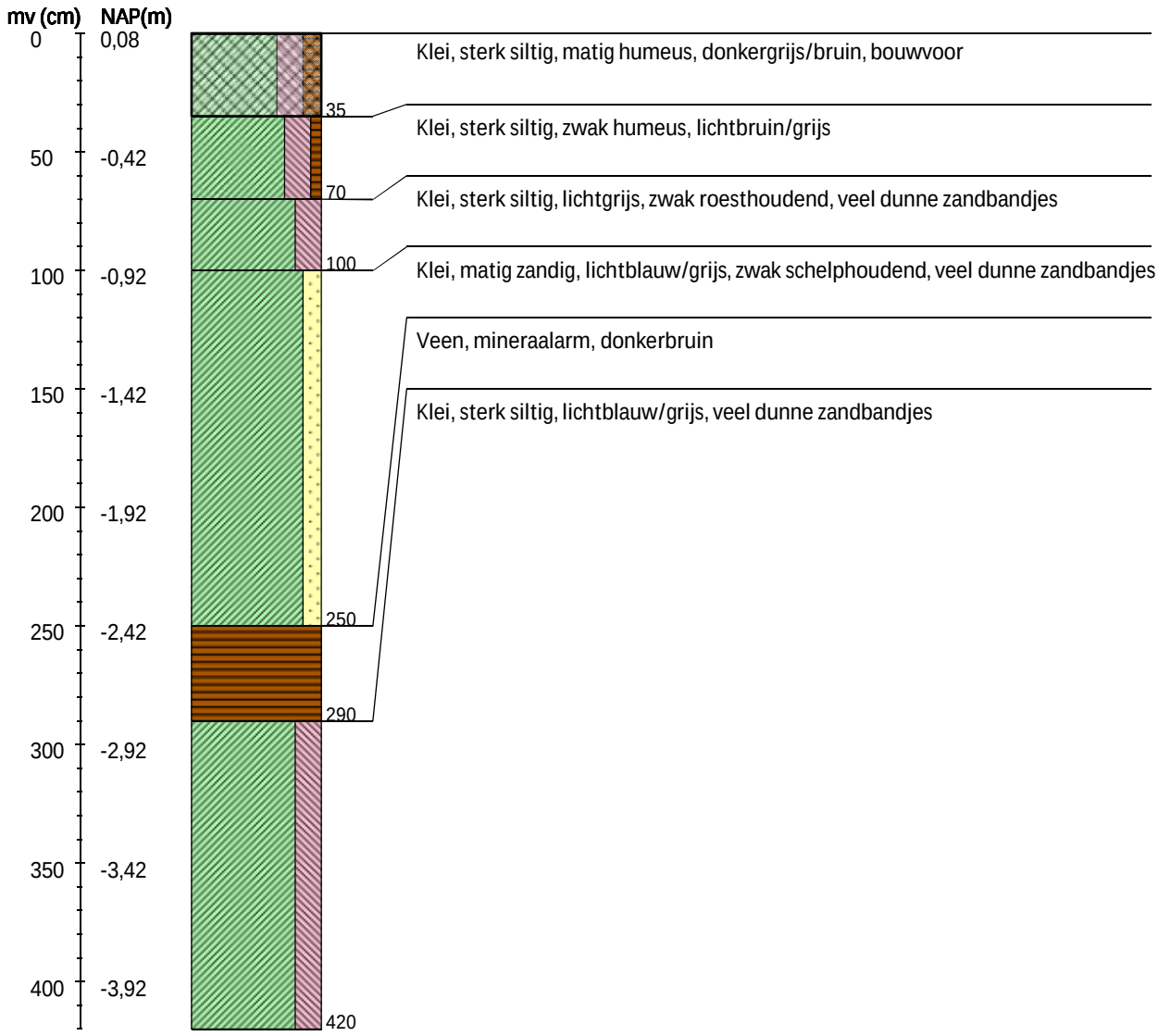
Boring 109 RD-coördinaten: 198775/600608



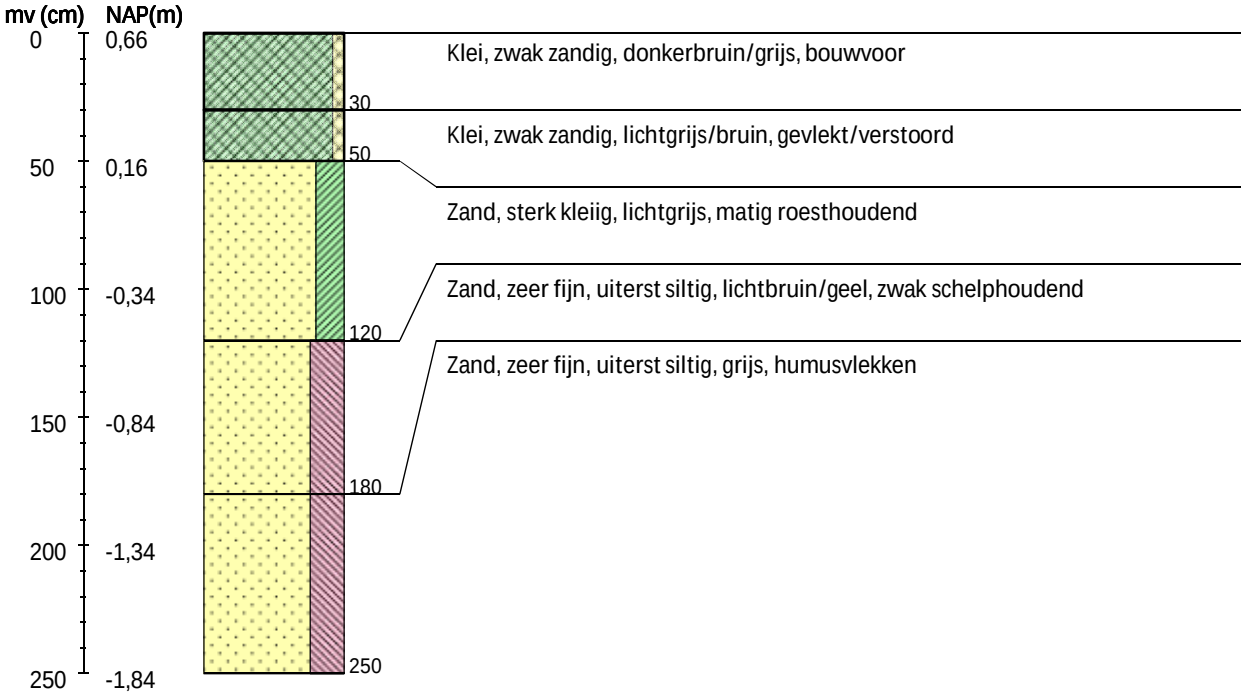
Boring 110 RD-coördinaten: 198822/600624



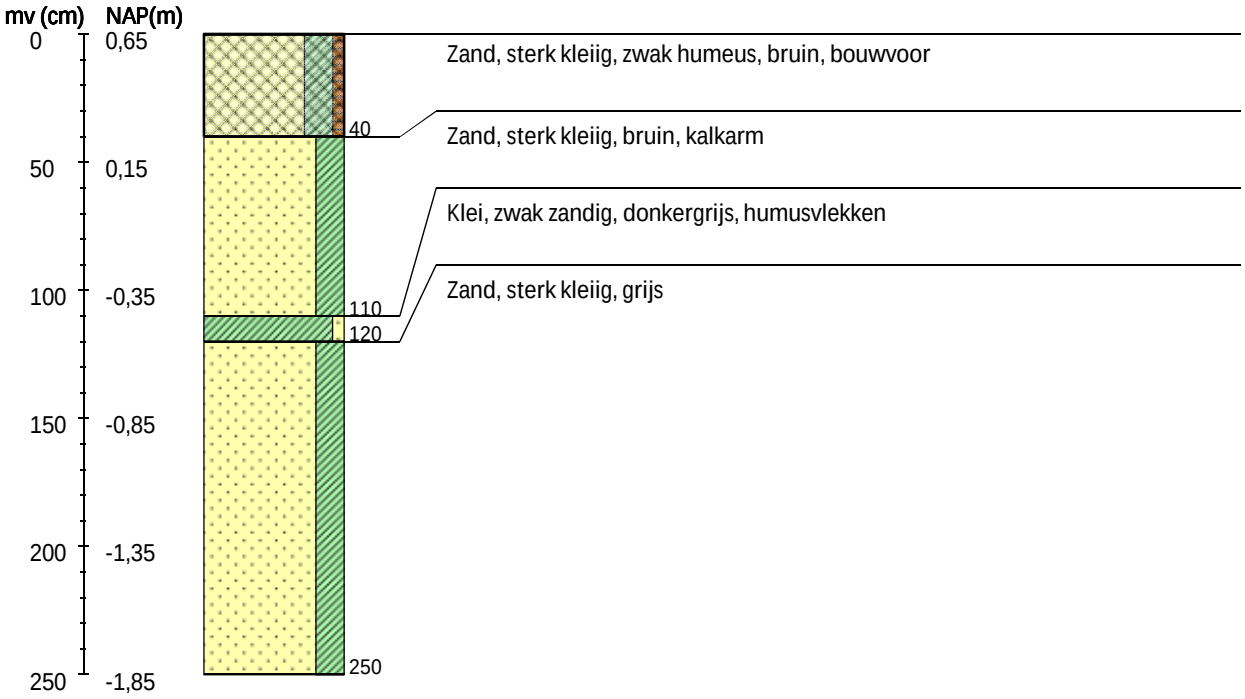
Boring 111 RD-coördinaten: 198869/600636



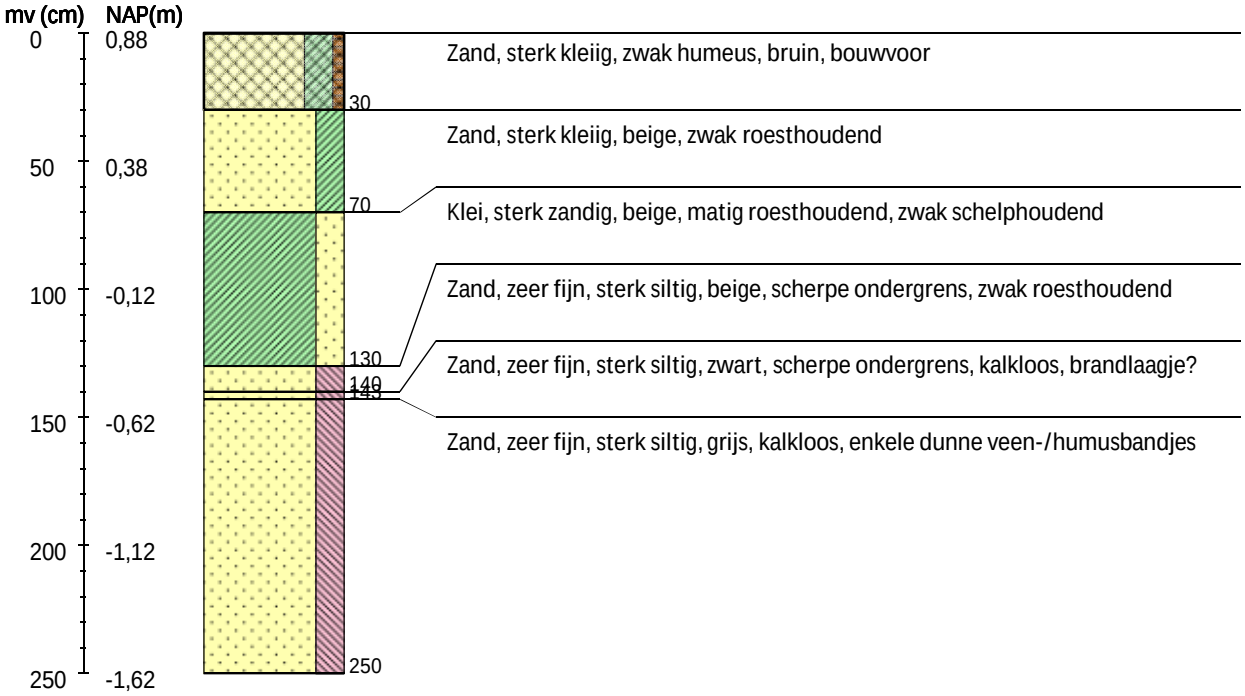
Boring 112 RD-coördinaten: 198917/600656



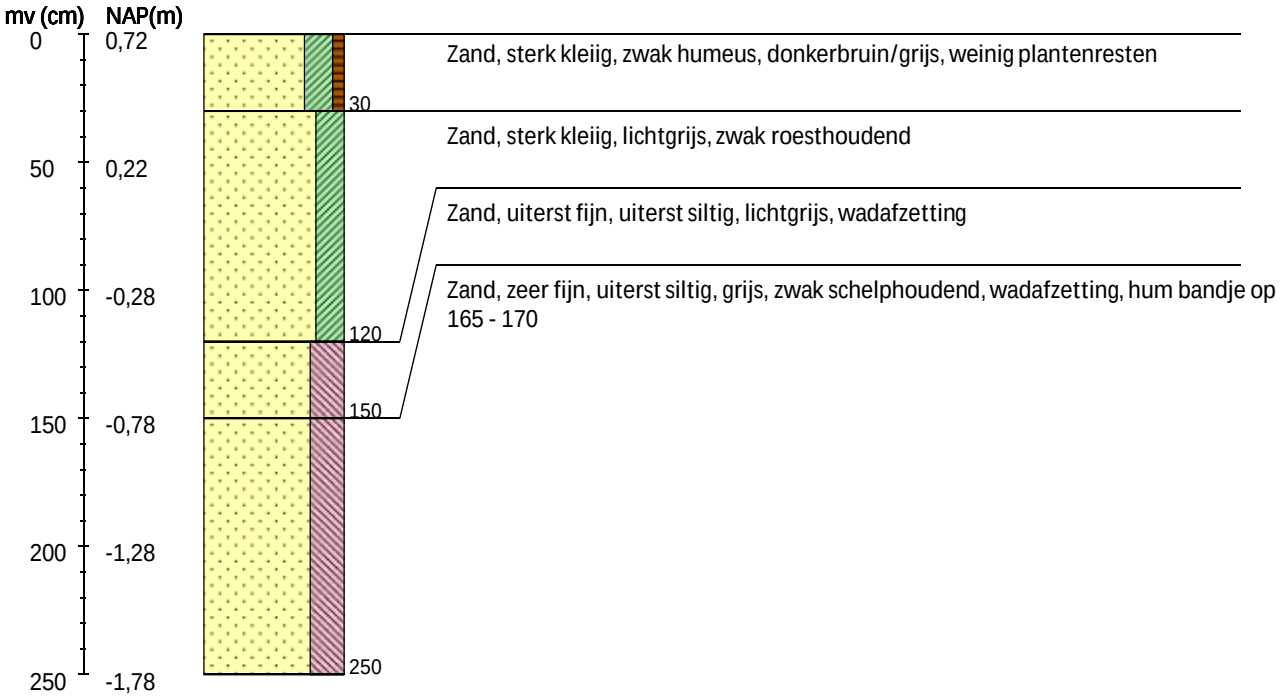
Boring 113 RD-coördinaten: 198964/600673



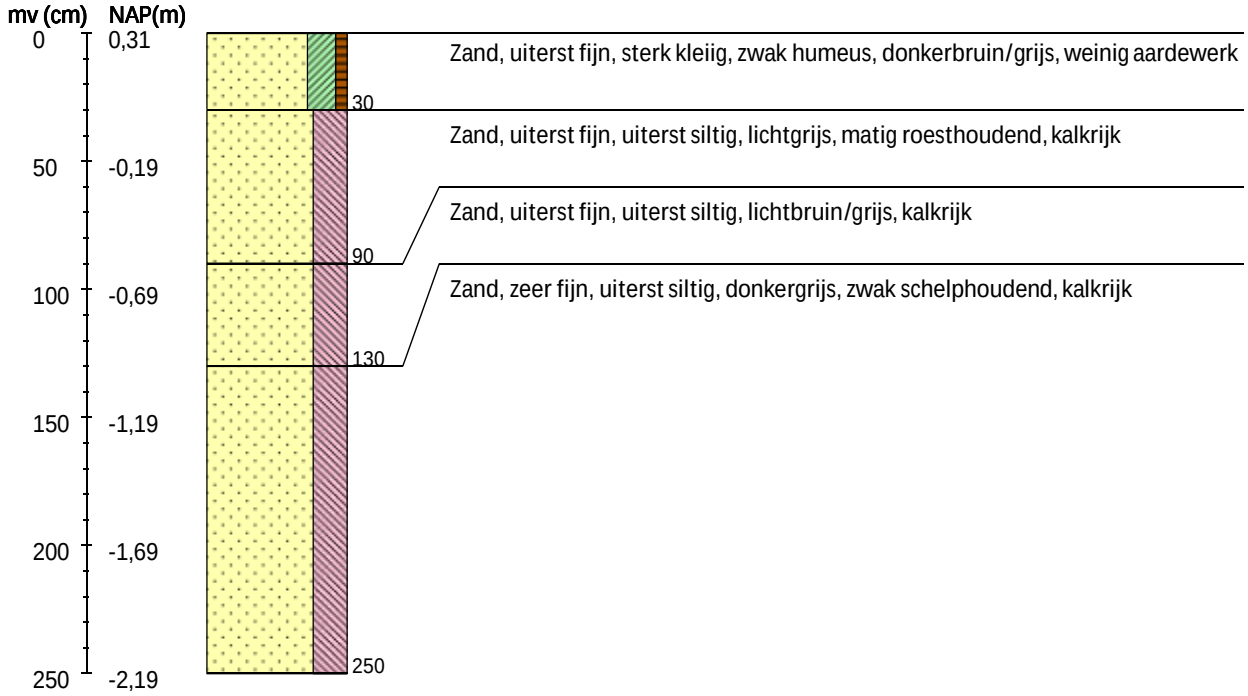
Boring 114 RD-coördinaten: 199012/600689



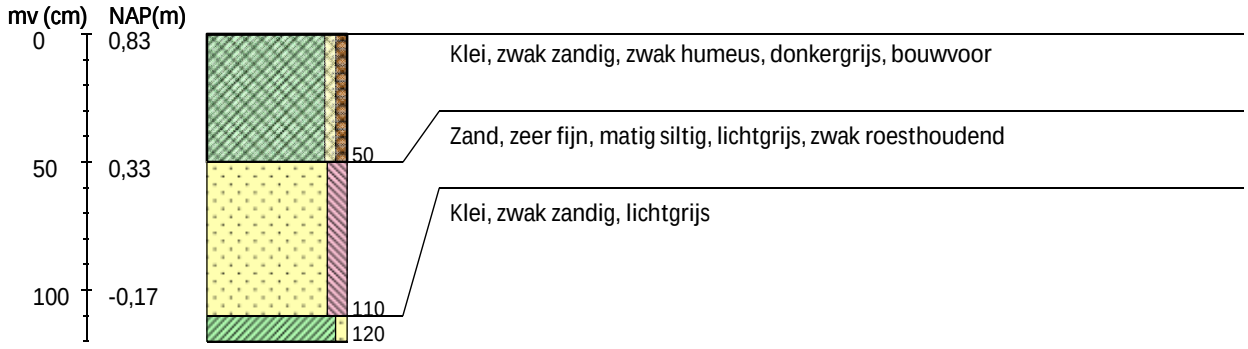
Boring 115 RD-coördinaten: 199059/600706



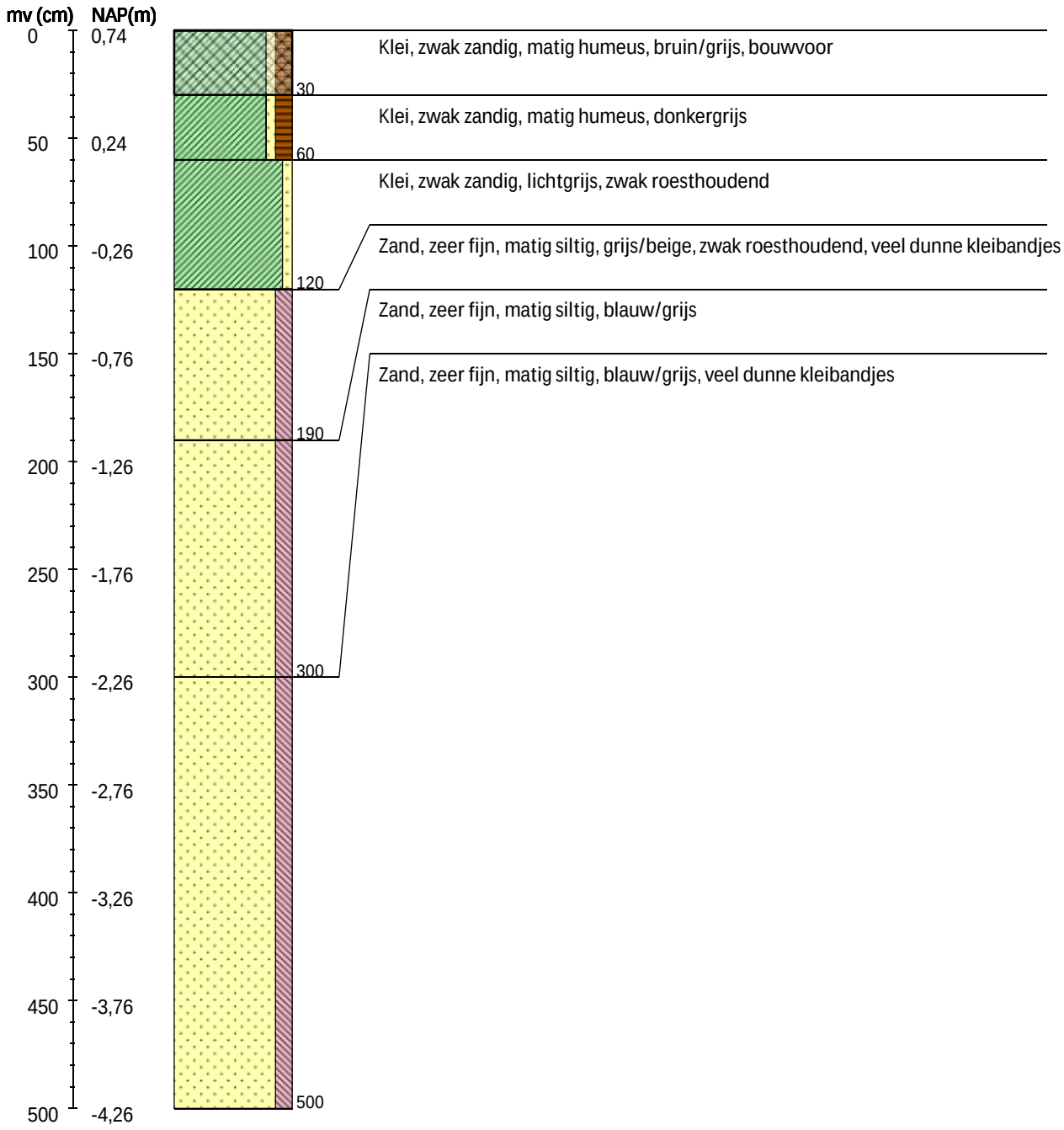
Boring 116 RD-coördinaten: 199104/600723



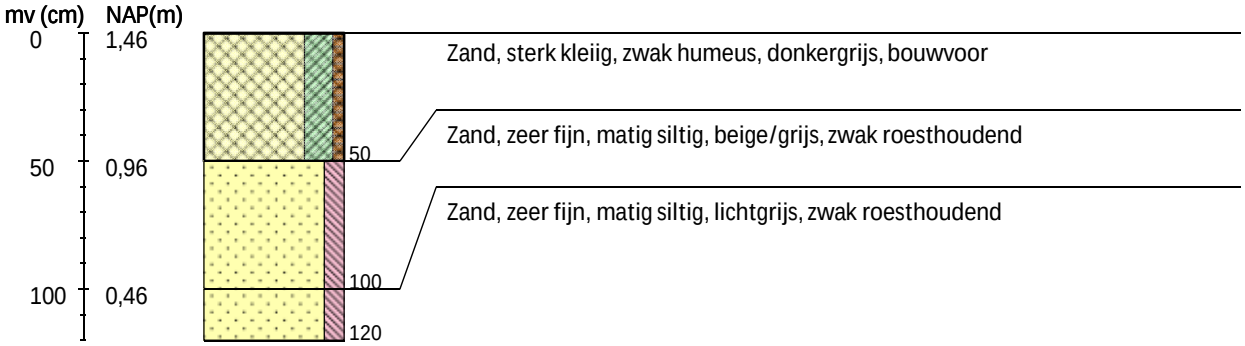
Boring 117 RD-coördinaten: 199153/600738



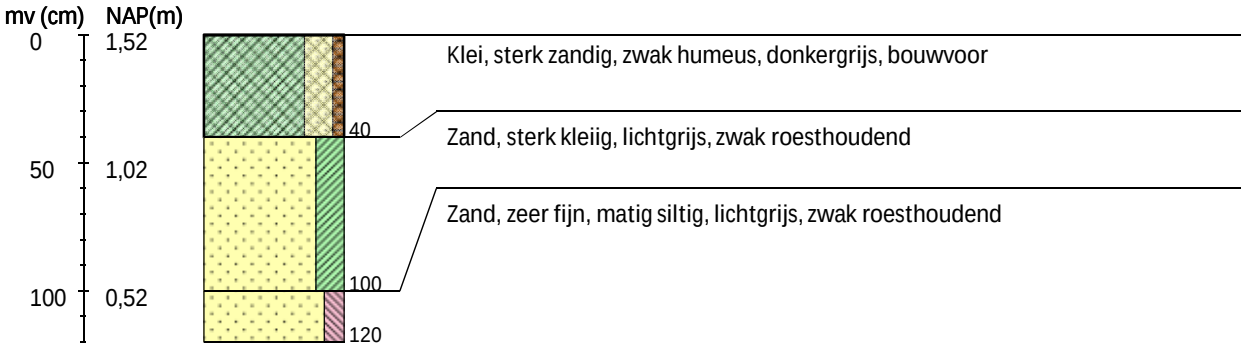
Boring 118 RD-coördinaten: 199193/600752



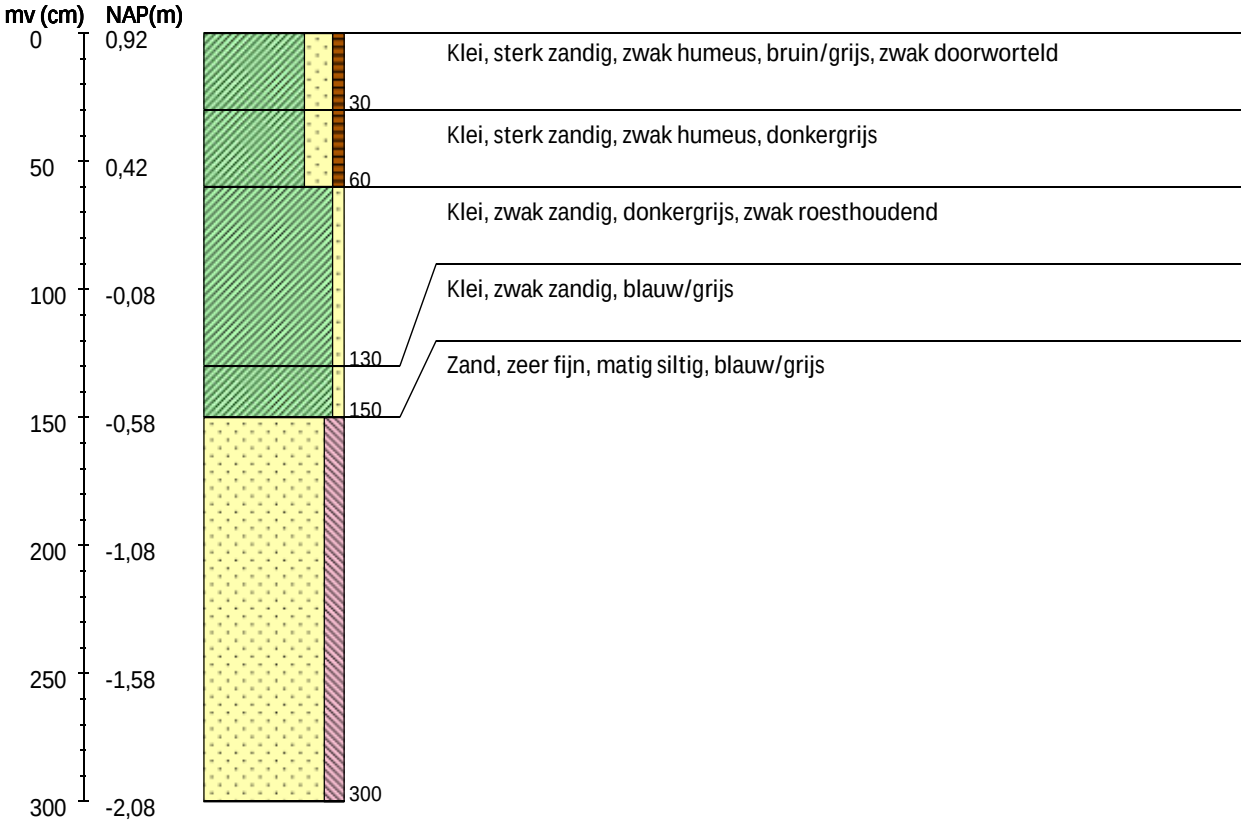
Boring 119 RD-coördinaten: 199248/600771



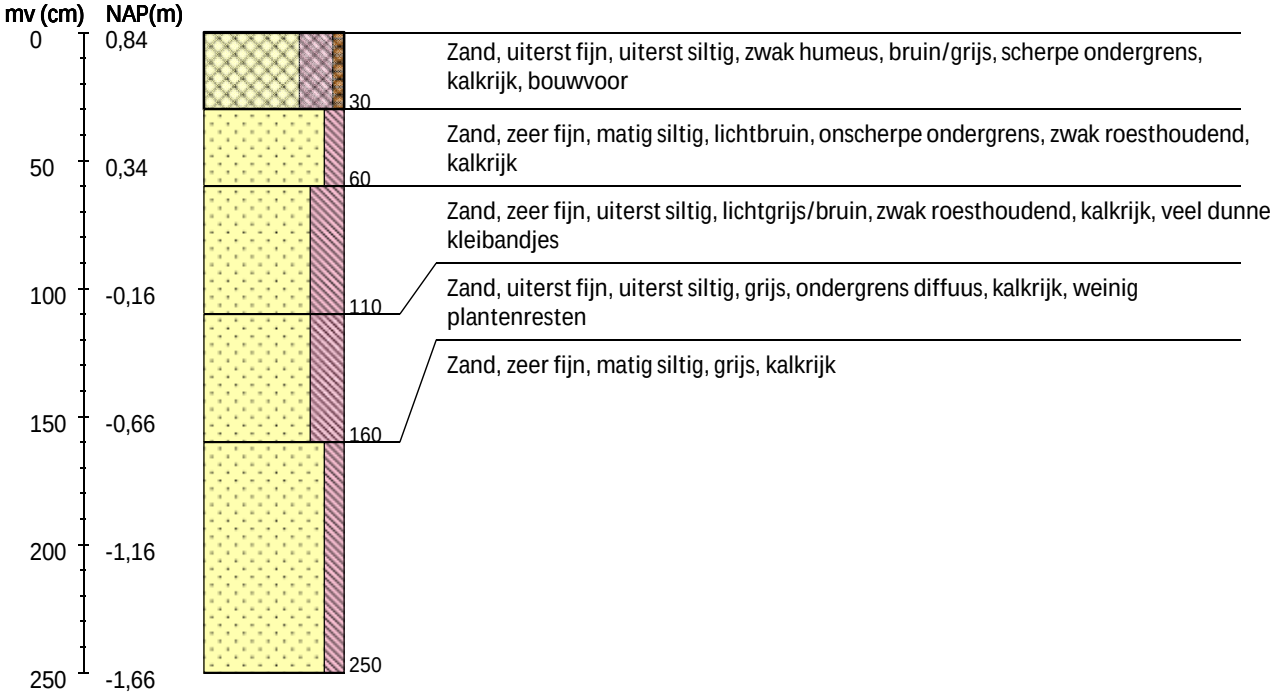
Boring 120 RD-coördinaten: 199295/600787



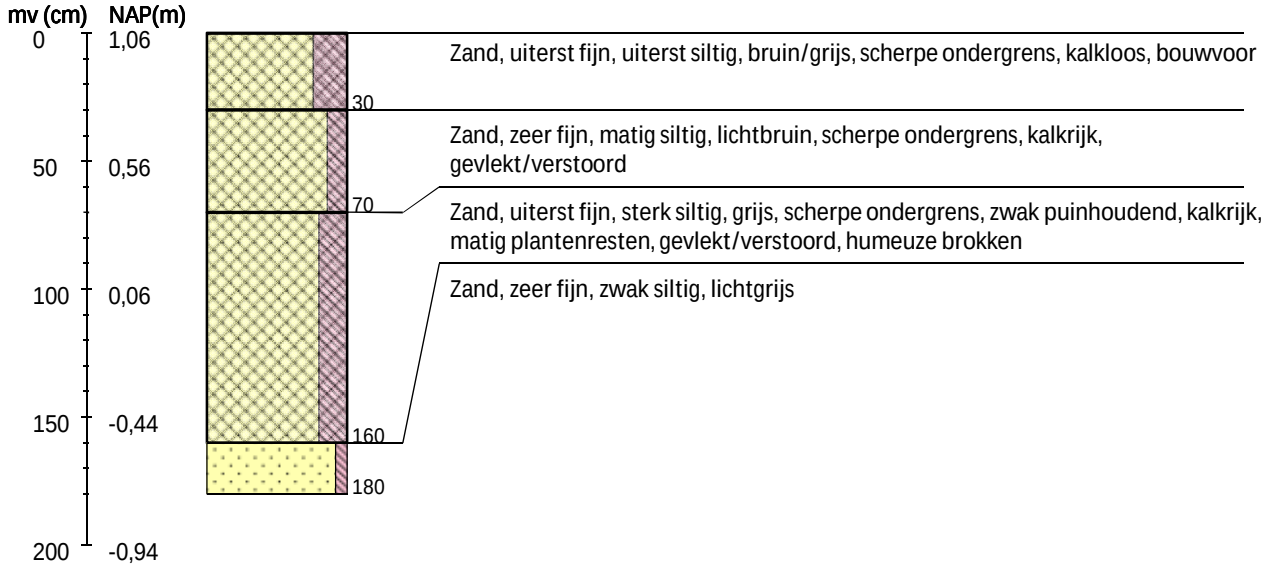
Boring 121 RD-coördinaten: 199358/600812



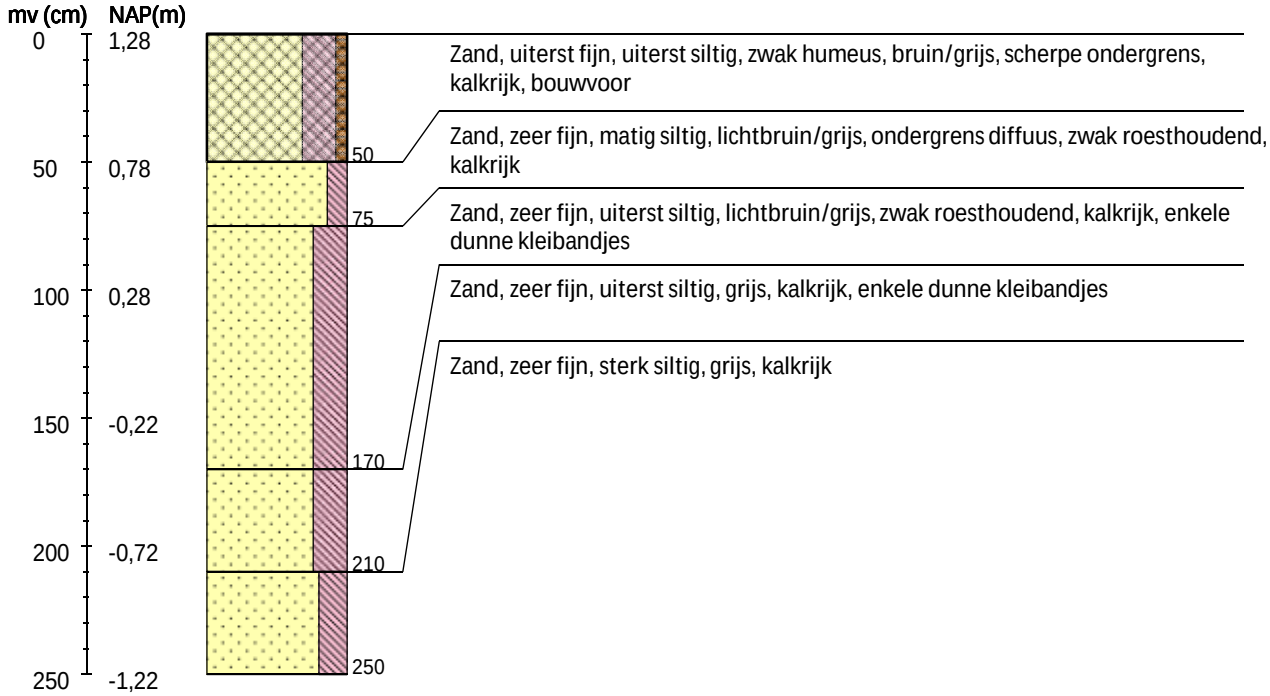
Boring 122 RD-coördinaten: 199392/600818



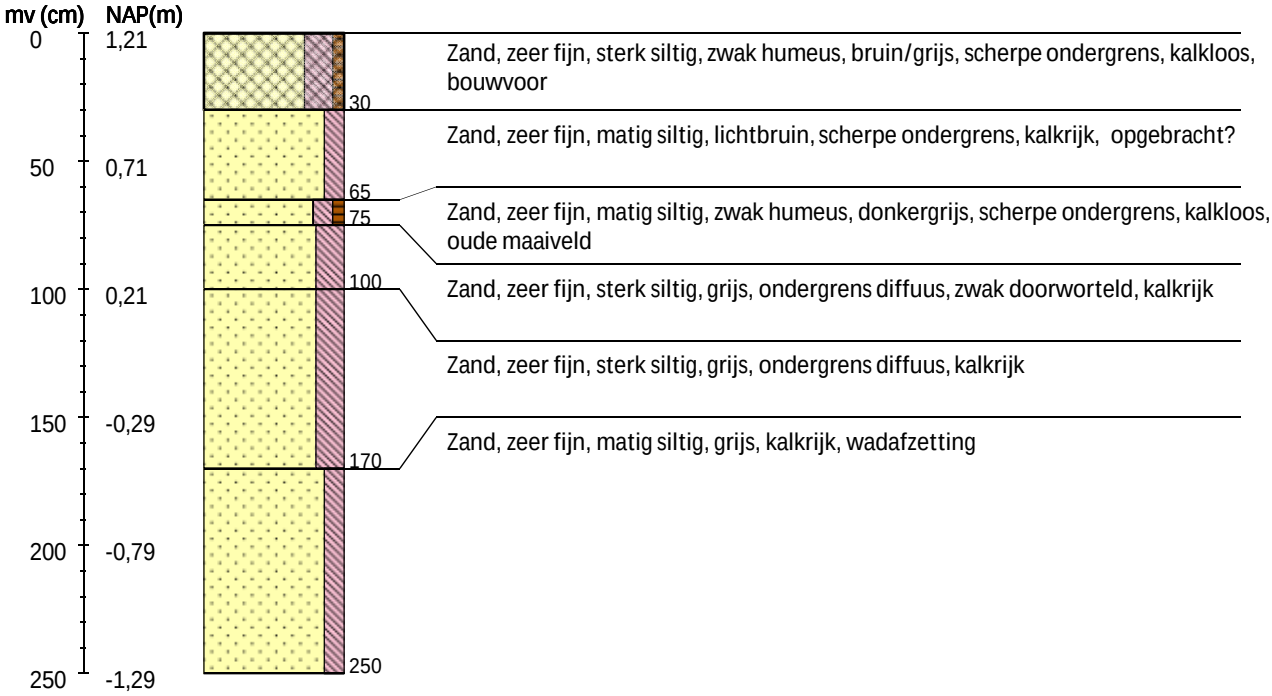
Boring 123 RD-coördinaten: 199439/600836



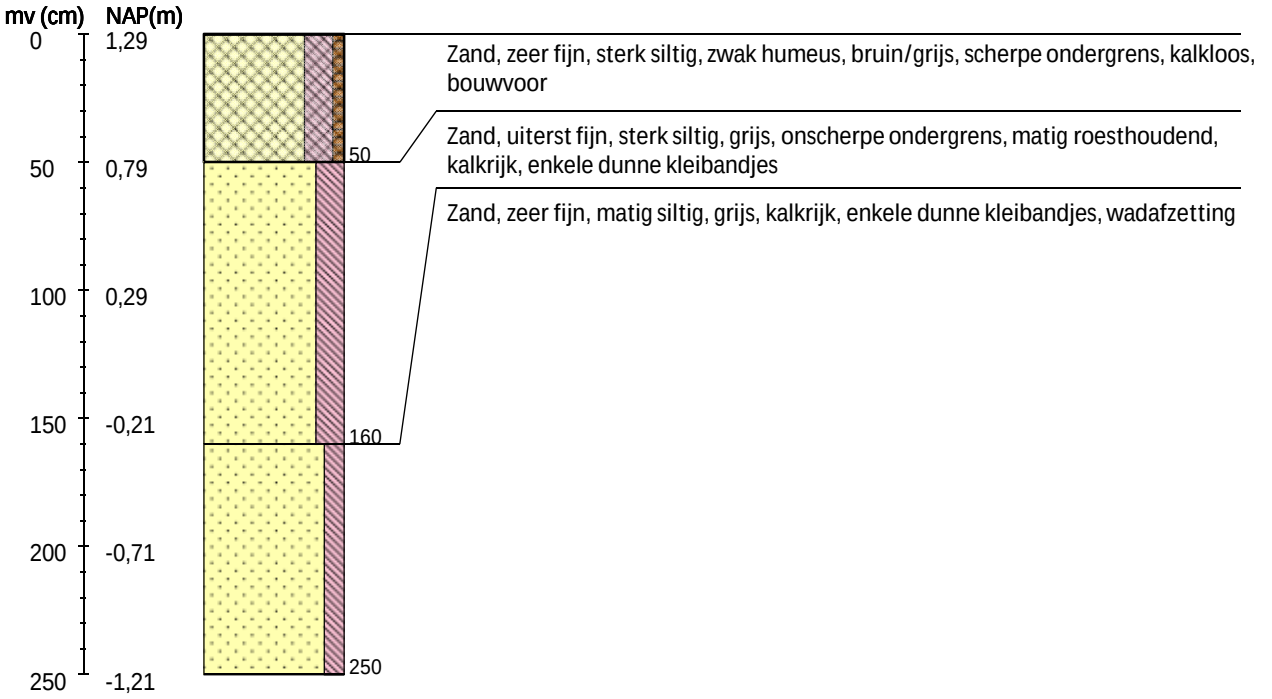
Boring 124 RD-coördinaten: 199476/600825



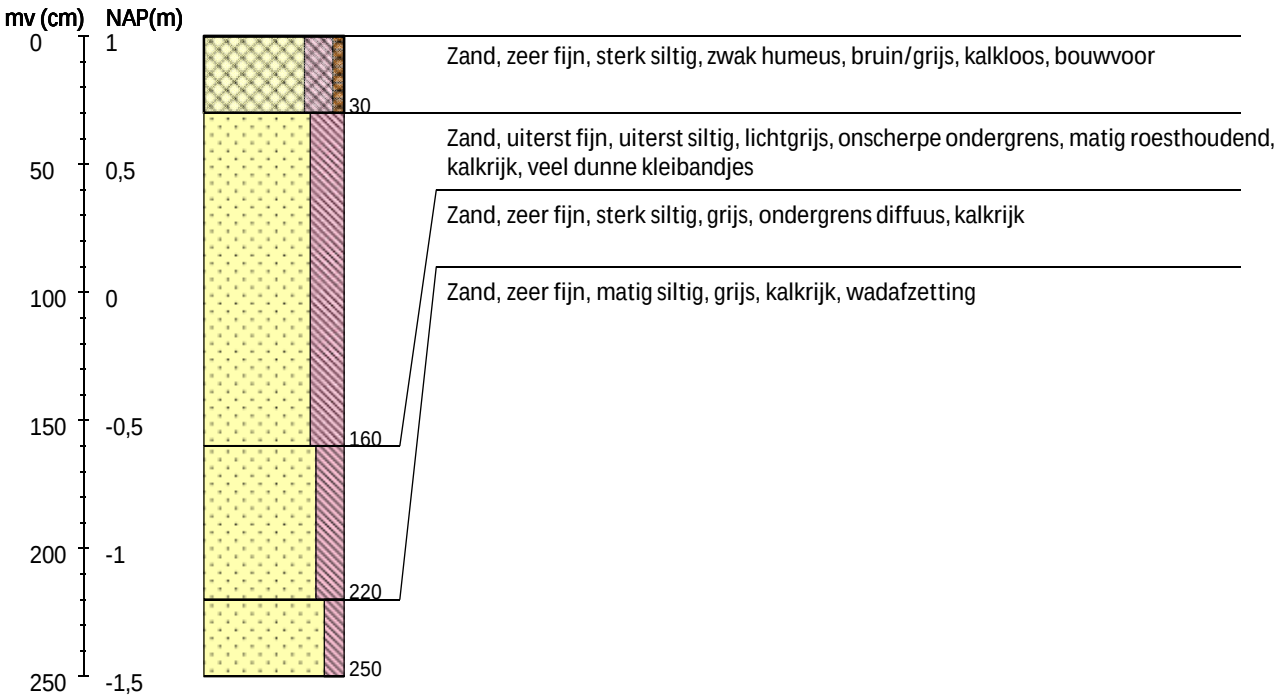
Boring 125 RD-coördinaten: 199475/600862



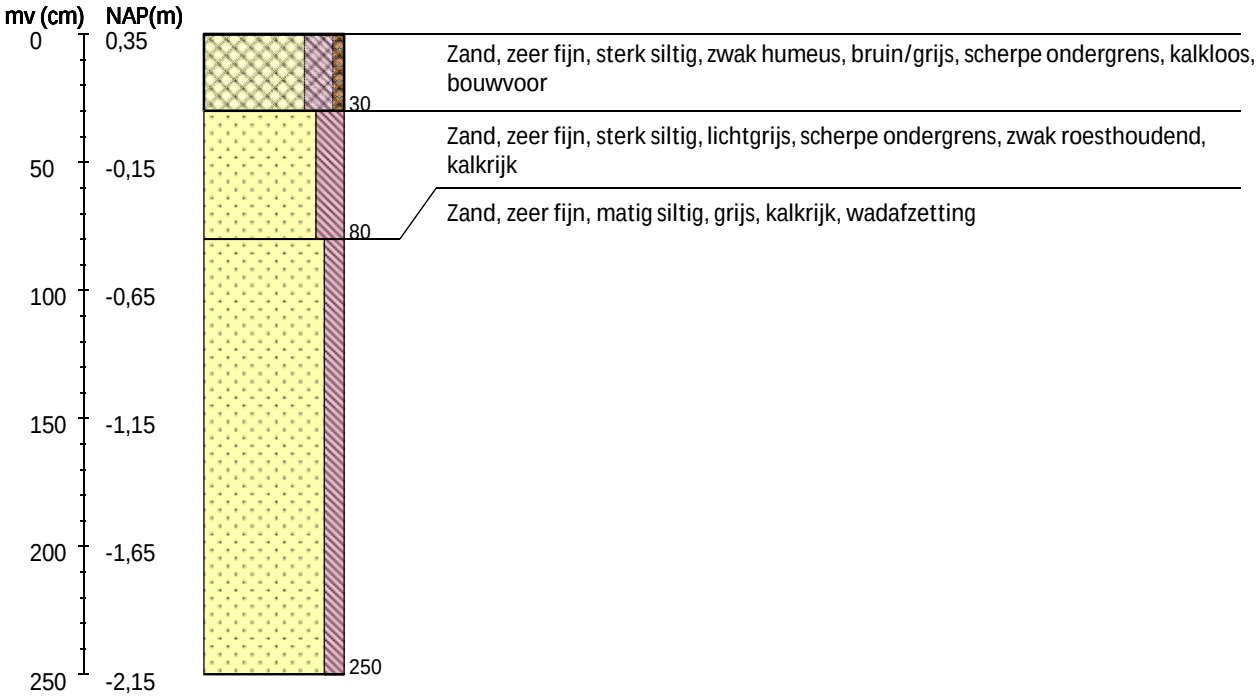
Boring 126 RD-coördinaten: 199505/600902



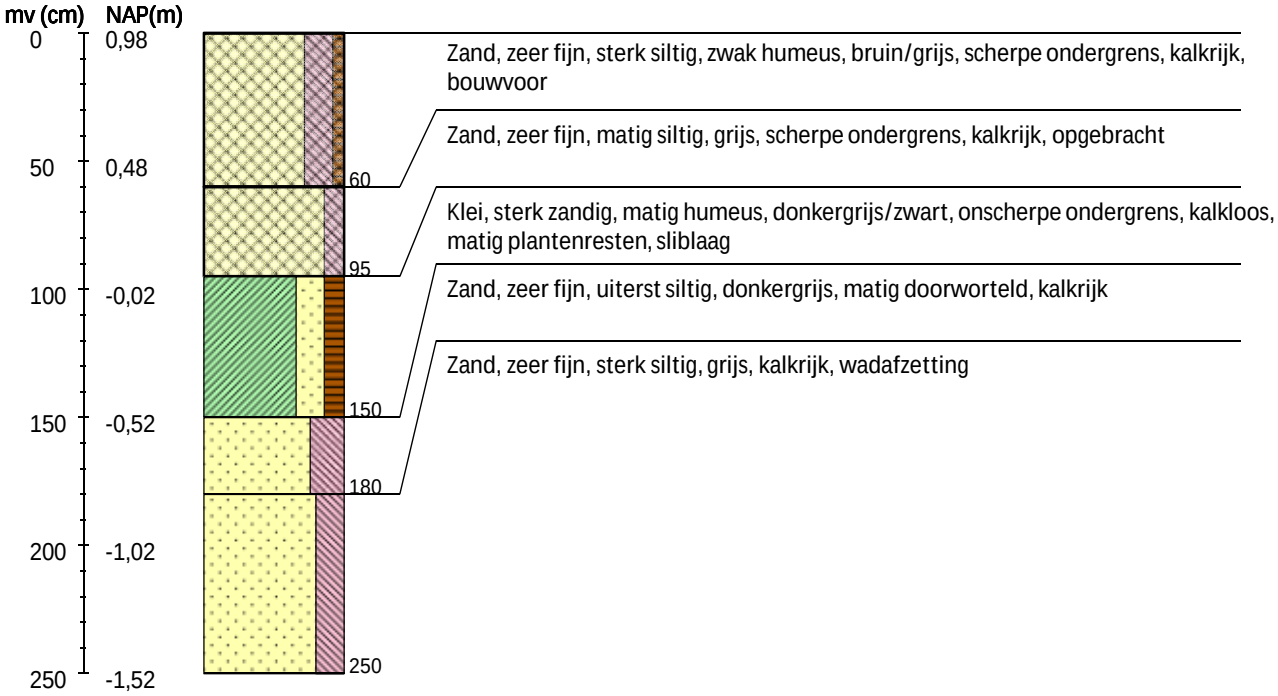
Boring 127 RD-coördinaten: 199535/600942



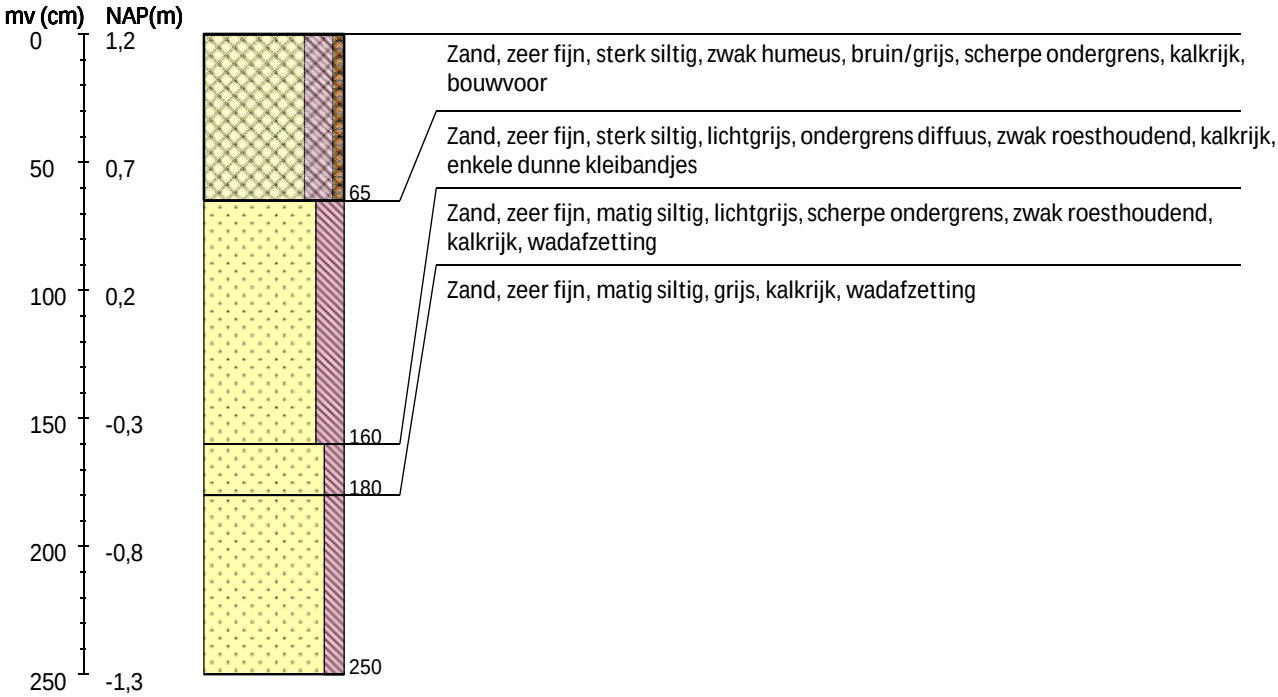
Boring 128 RD-coördinaten: 199558/600974



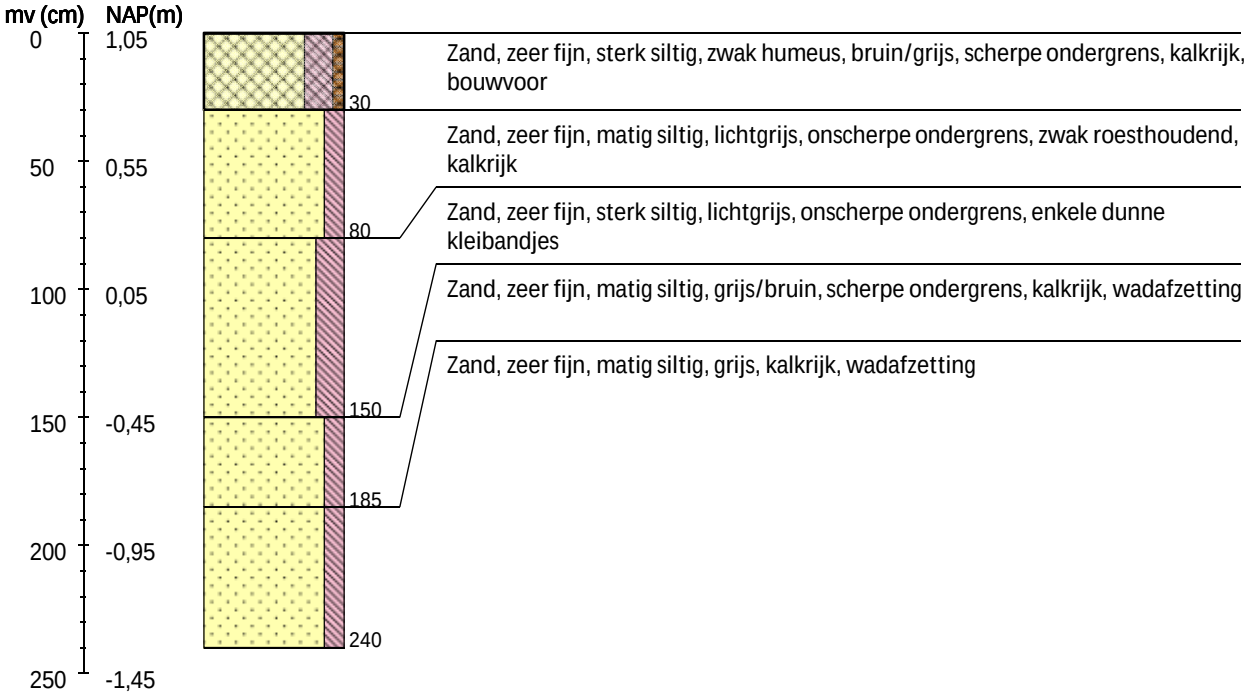
Boring 129 RD-coördinaten: 199594/601022



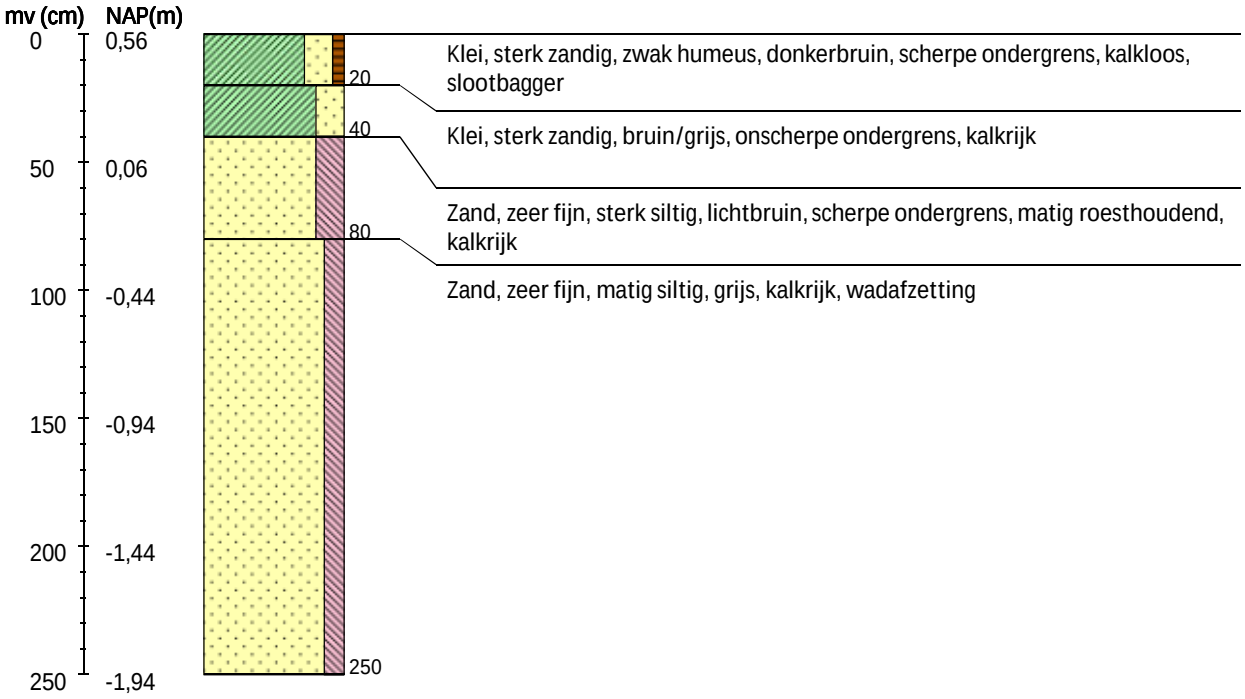
Boring 130 RD-coördinaten: 199624/601062



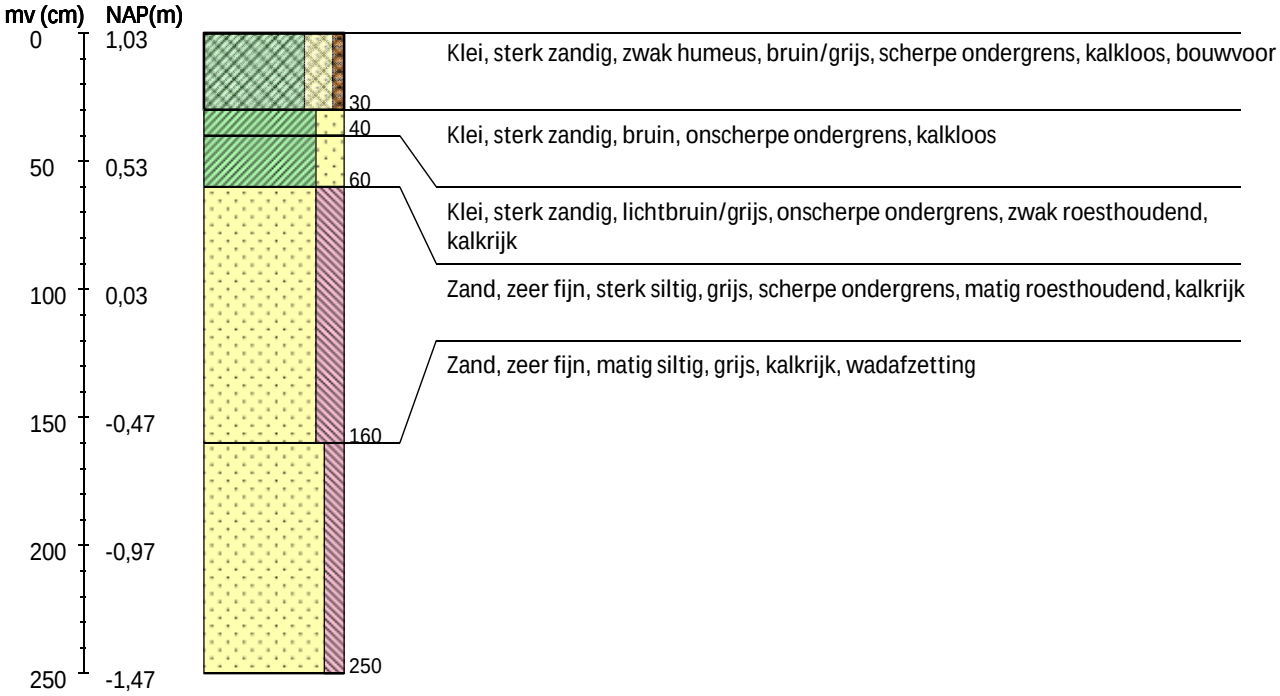
Boring 131 RD-coördinaten: 199654/601102



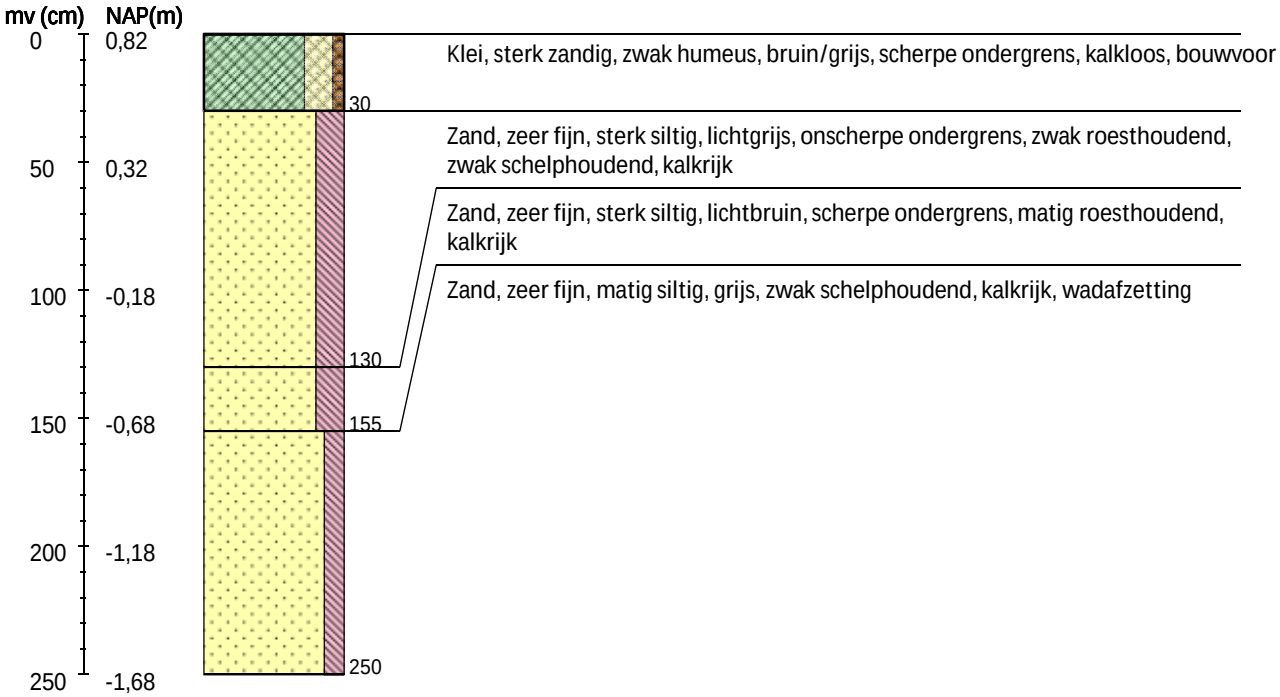
Boring 132 RD-coördinaten: 199674/601133



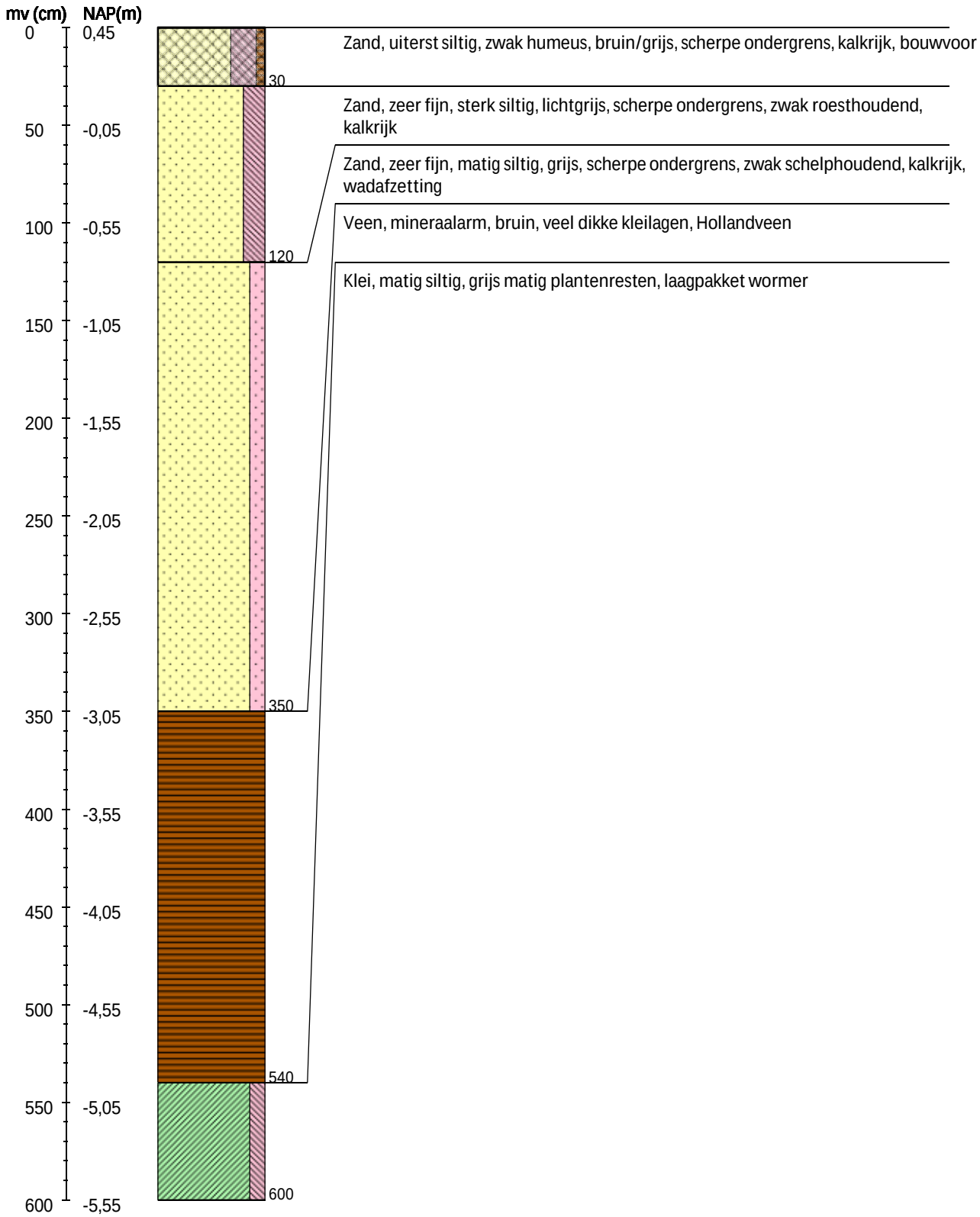
Boring 133 RD-coördinaten: 199717/601188



Boring 134 RD-coördinaten: 199744/601223

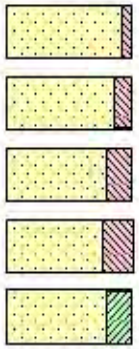


Boring 135 RD-coördinaten: 199772/601262



Legenda (conform NEN 5104, boorbeschrijvingsnorm van NITG-TNO en ASB)

Zand

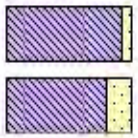


- Zand, zwak siltig
- Zand, matig siltig
- Zand, sterk siltig
- Zand, uiterst siltig
- Zand, kleiig

Klei

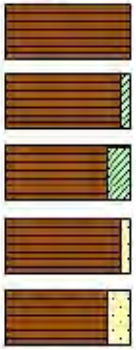
- Klei, zwak siltig
- Klei, matig siltig
- Klei, sterk siltig
- Klei, uiterst siltig
- Klei, zwak zandig
- Klei, matig zandig
- Klei, sterk zandig

Leem



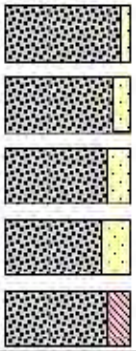
- Leem, zwak zandig
- Leem, sterk zandig

Veen



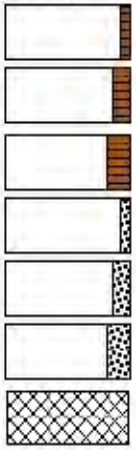
- Veen, mineraalarm
- Veen, zwak kleiig
- Veen, sterk kleiig
- Veen, zwak zandig
- Veen, sterk zandig

Grind



- Grind, zwak zandig
- Grind, matig zandig
- Grind, sterk zandig
- Grind, uiterst zandig
- Grind, siltig

Overige toevoegingen



- zwak humeus
- matig humeus
- sterk humeus
- zwak grindig
- matig grindig
- sterk grindig
- verstoorde laag

Diversen

- Verharding
- Water

Zandmediaan

uiterst fijn	< 105	µm
zeer fijn	105 - < 150	µm
matig fijn	150 - < 210	µm
matig grof	210 - < 300	µm
zeer grof	300 - < 420	µm
uiterst grof	420 - < 2000	µm

Zandsortering

goed gesorteerd	D60/D10 < 1,8
matig gesorteerd	D60/D10 1,8 < 3
slecht gesorteerd	D60/D10 > 3

Kalkgehalte

kalkloos	geen opbruising minder dan 0,5% $CaCO_3$
kalkarm	hoorbare opbruising, circa 0,5 - 1à 2 % $CaCO_3$
kalkrijk	zichtbare opbruising, 1 à 2% $CaCO_3$

Begrenzing onderliggende laag

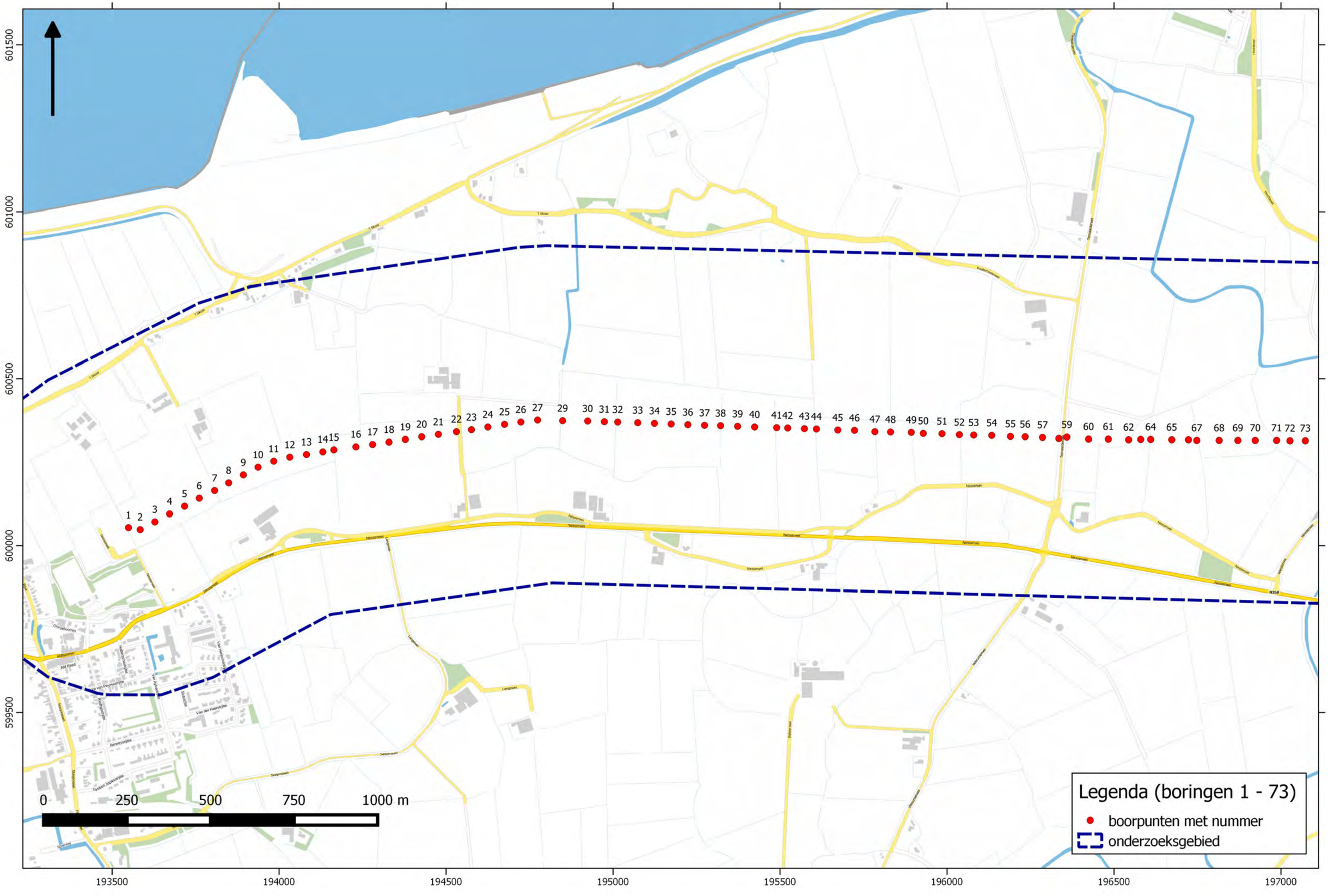
scherp	overgangsgebied < 0,3 cm
onscherp	overgangsgebied 0,3 - < 3 cm
diffuus	overgangsgebied 3 cm - < 10 cm

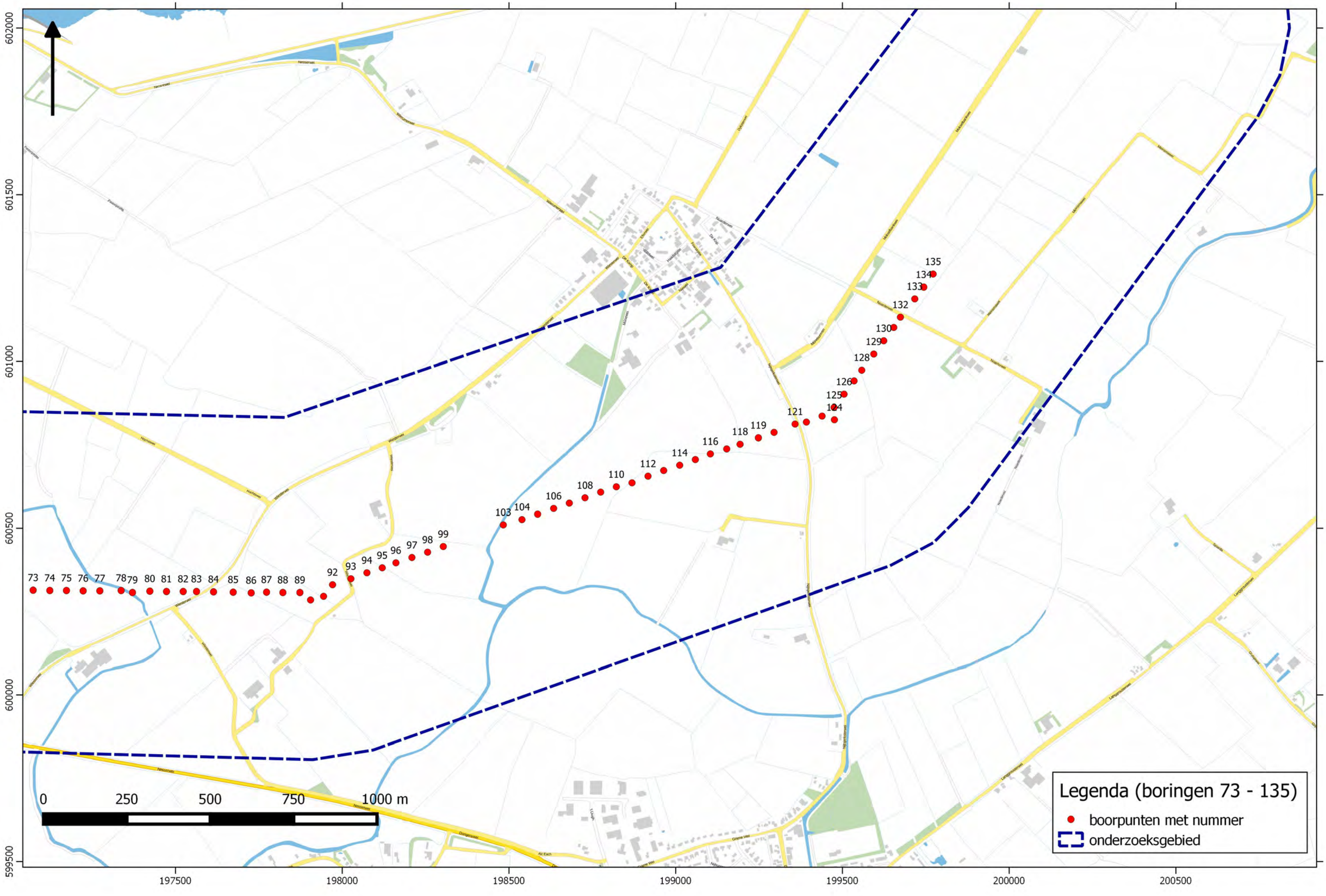
Inclusies/archeologische indicatoren

weinig	< 1%
matig	1-10%
veel	> 10%

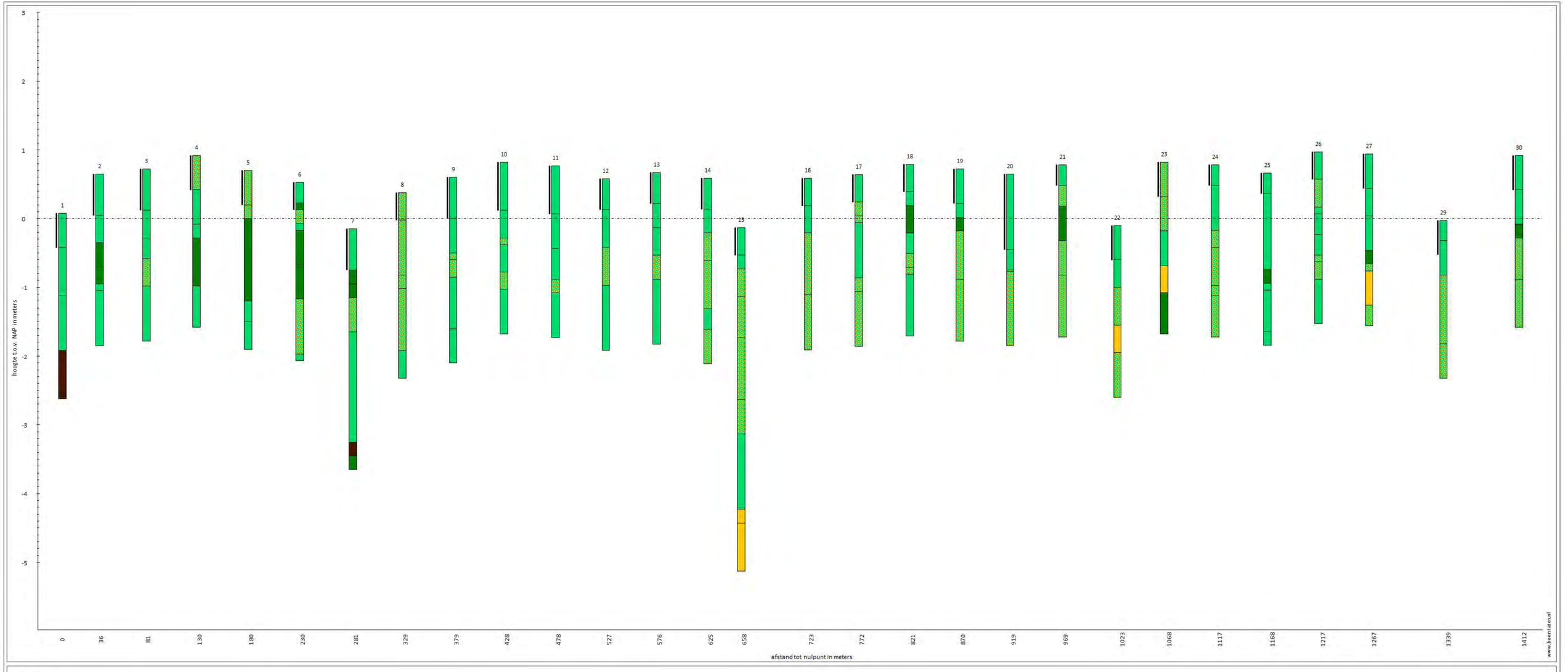
@ Boorstaten! - www.boorstaten.nl

BIJLAGE 8 BOORPUNTENKAART VELDWERK


601500
601000
600500
600000
599500
193500
194000
194500
195000
195500
196000
196500
197000
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49 50 51 52 53 54 55 56 57 59 60 61 62 64 65 67 68 69 70 71 72 73
0 250 500 750 1000 m
Legenda (boringen 1 - 73)
boorpunten met nummer
onderzoeksgebied
N358

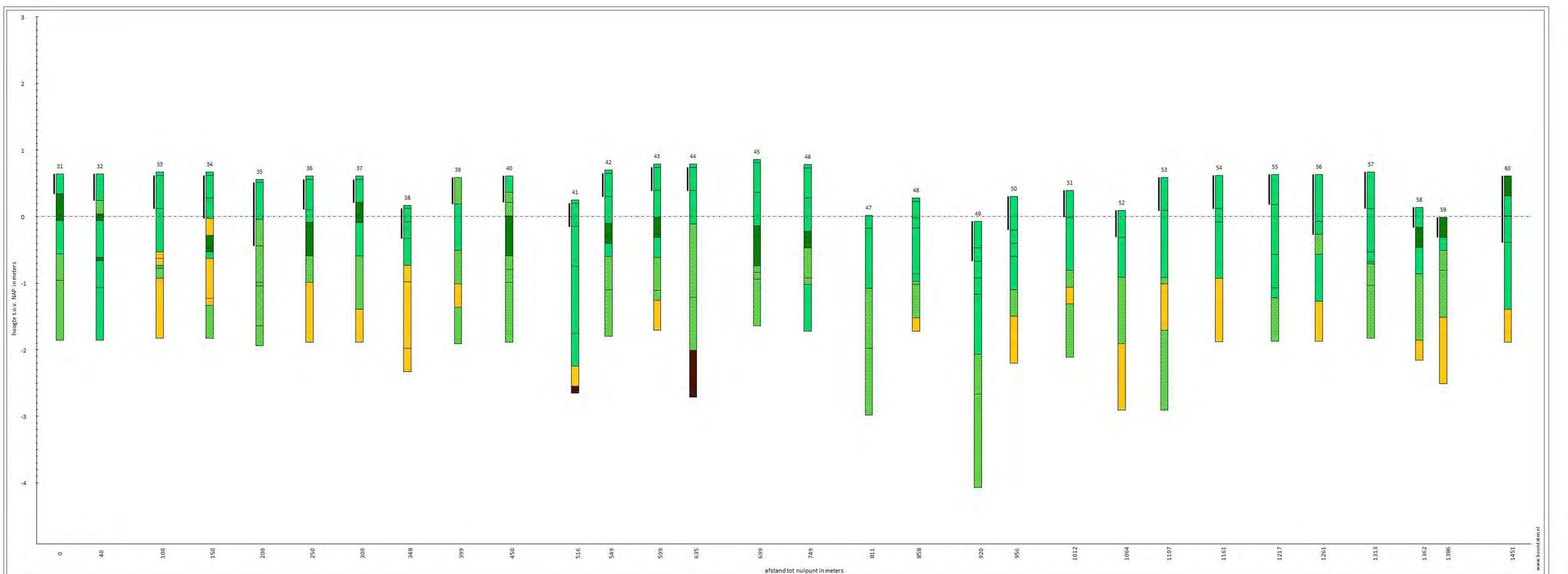

602000
601500
601000
600500
600000
599500
197500
198000
198500
199000
199500
200000
200500
73 74 75 76 77 78 79 80 81 82 83 84 85 86 87 88 89 92 93 94 95 96 97 98 99
103 104 106 108 110 112 114 116 118 119 121 124 125 126 128 129 130 132 133 134 135
0 250 500 750 1000 m
Legenda (boringen 73 - 135)
boorpunten met nummer
onderzoeksgebied

BIJLAGE 9 RAAIPROFIELEN VELDWERK



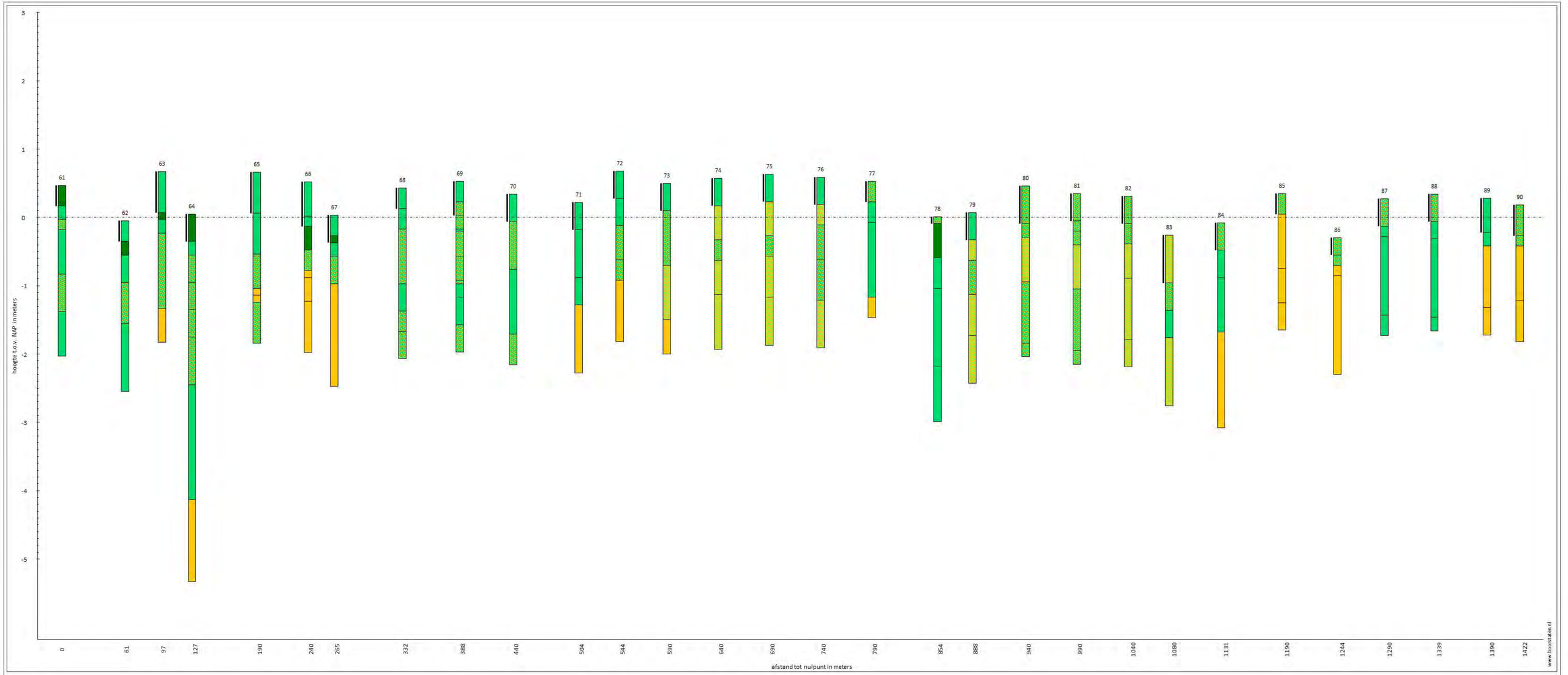
Legenda

- Klei, zwak-matig siltig
- Klei, sterk-uiterst siltig
- Zandige klei
- Zand
- Veen
- verstoord



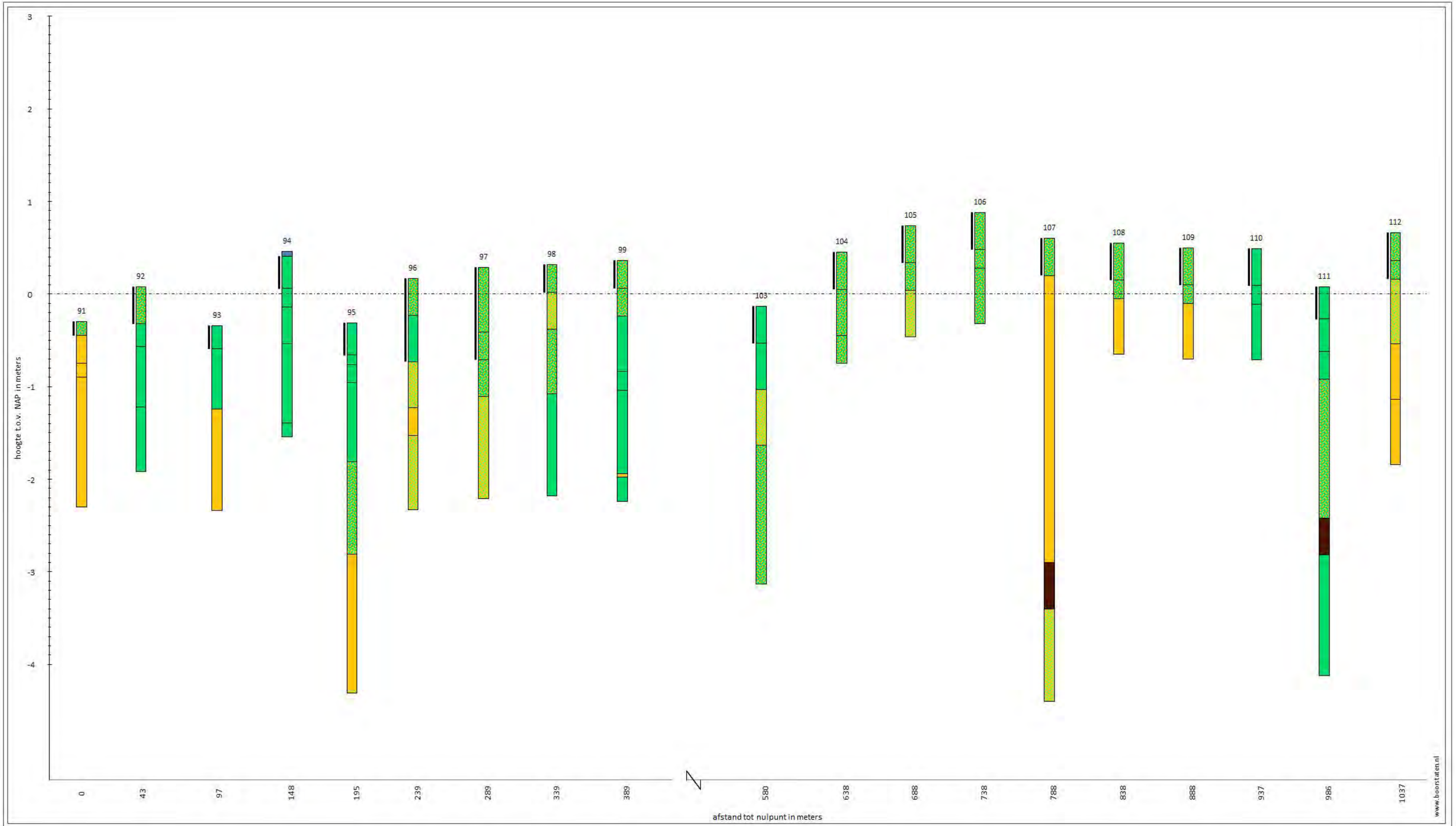
Legenda

- Klei, zwak-matig siltig
- Klei, sterk-uiterst siltig
- Zandige klei
- Zand
- Veen
- verstoord



Legenda

- Klei, zwak-matig siltig
- Klei, sterk-uiterst siltig
- Zandige klei
- Kleiig zand
- Zand
- verstoord



Legenda

Klei, sterk-uiterst siltig

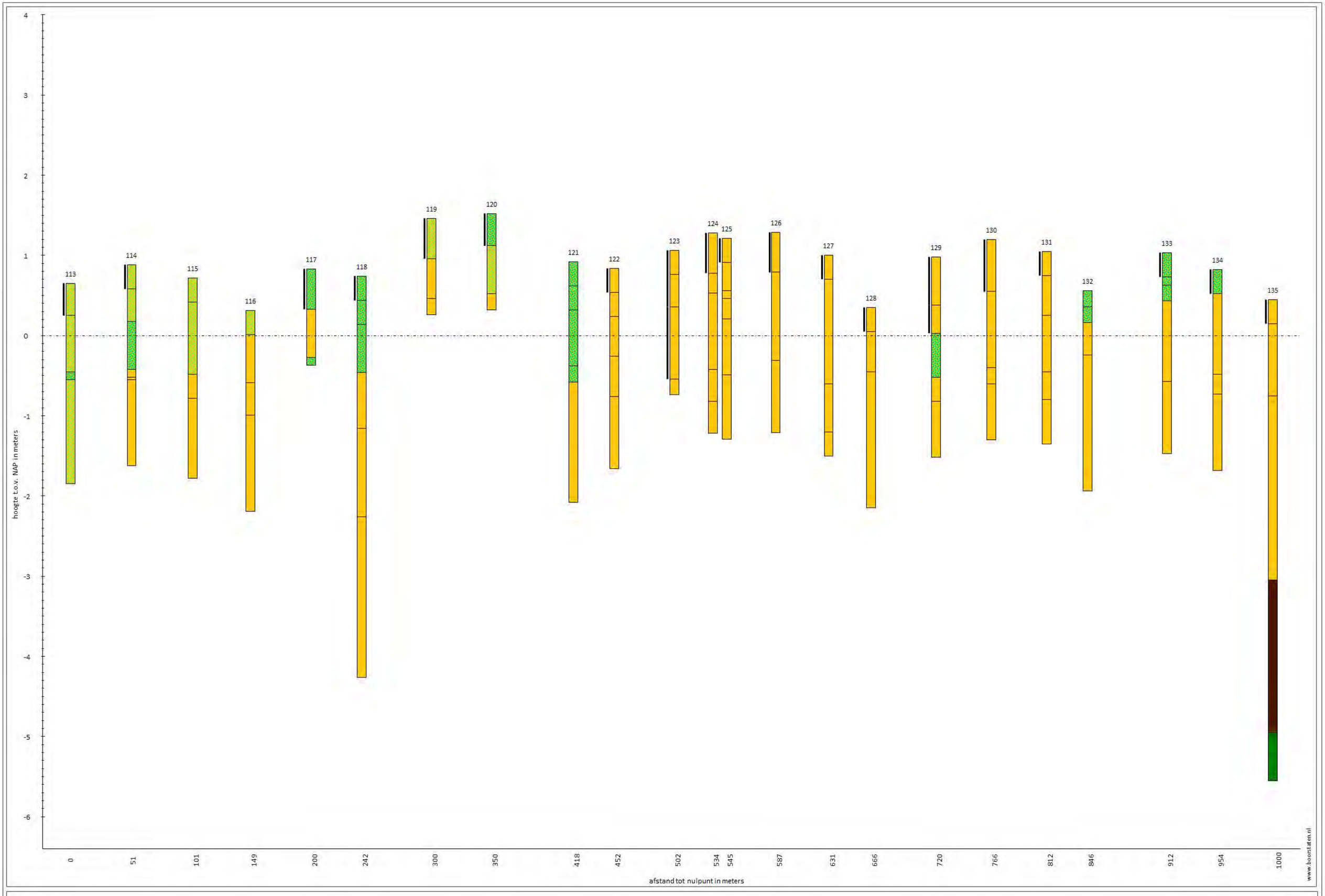
Zandige klei

Kleiig zand

Zand

Veen

verstoord



Legenda

Klei, zwak-matig siltig | Zandige klei | Kleiig zand | Zand | Veen | verstoord

BIJLAGE 10 VONDSTLOCATIES

601000
600000
599000
194000
195000
196000
197000
0
250
500
750
1000 m
4
baksteen (bouwvoor, verstoorde laag)
15
baksteen (bouwvoor)
34 35
baksteen (verstoorde lagen)
39 40
baksteen (bouwvoor)
4950
baksteen (bouwvoor)
56 57
baksteen, verbrande leem (slootvulling)
67
baksteen (verstoorde laag)
74
baksteen (bouwvoor)
Legenda
onderzoeksgebied
boorpunt met indicator

602000
601000
600000
197000
198000
199000
200000
201000
123
puin (verstoorde laag)
74
baksteen (bouwvoor)
88
puin (40-65 cm)
90
puin (bouwvoor)
94
kogelpotaardewerk, proto-steengoed, onverbrand bot, puinbrokjes (oppervlaktekartering)
97
fosfaat (130 cm)
99
baksteen (30-60 cm)
0
250
500
750
1000 m
Legenda
onderzoeksgebied
boorpunt met indicator

Arcadis Nederland B.V.

Postbus 63

9400 AB Assen

Nederland

+31 (0)88 4261 261

www.arcadis.com

Projectnummer: C05042.000243.0120

Onze referentie: 078937564 B

ARCADIS Design & Consultancy for natural and built assets

ACTUALISATIE BUREAUONDERZOEK ARCHEOLOGIE LEIDINGTRACÉ TERNAARD - MODDERGAT

Arcadis Archeologische Rapporten [112]

3 JULI 2017

Contactpersonen

KOOS MOL
Adviseur archeologie & cultuurhistorie

koos.mol@arcadis.com

WOUTER YTSMA
Senior KNA archeoloog

wouter.ytsma@arcadis.com

Arcadis Nederland B.V.
Postbus 220
3800 AE Amersfoort
Nederland

INHOUDSOPGAVE

1 INLEIDING 5

1.1 Aanleiding voor het onderzoek 5
1.2 Plangebied en onderzoeksgebied 5
1.3 Huidige en toekomstige situatie plangebied 6
1.4 Doel van het bureauonderzoek 6
1.5 Werkwijze 6
1.6 Juridisch- en beleidskader 6
1.6.1 Verdrag van Malta (1992) 6
1.6.2 Erfgoedwet (2016) en Monumentenwet (1988) 7
1.6.3 Kwaliteitsnorm Nederlandse Archeologie (KNA versie 4.0) 7
1.6.4 Provinciaal beleid provincie Fryslân 7
1.6.5 Gemeentelijk beleid gemeente Dongeradeel 7

2 LANDSCHAP 8

2.1 Inleiding 8
2.2 Paleogeografische ontwikkeling 8
2.3 Geomorfologie 10
2.4 Actueel Hoogtebestand Nederland (AHN) 12
2.5 Bodemkaart 12

3 ARCHEOLOGIE 14

3.1 Bekende archeologische waarden 14
3.2 Friese Archeologische Monumentenkaart Extra (FAMKE) 19
3.3 Cultuurhistorische kaart provincie Fryslân 20

4 HISTORIE 22

5 SYNTHESE 24

5.1 Conclusies en verwachtingsmodel 24

6 VELDWERK 26

6.1 Opzet veldwerk 26

6.2 Doel en vraagstelling veldwerk 26
6.3 Resultaten veldwerk 26
6.3.1 Archeologie 27
6.4 Beantwoording onderzoeksvragen 28

7 CONCLUSIES EN ADVIES 30
7.1 Conclusies bureauonderzoek 30
7.2 Conclusies verkennend booronderzoek 30
7.3 Advies 30

BRONNEN 31

BIJLAGE 1 BOORPUNTENKAART 32

BIJLAGE 3 BOORPUNTENKAART MET INDICATOREN 33

BIJLAGE 3 RAAIPROFIELEN 34

BIJLAGE 4 BOORSTATEN 39

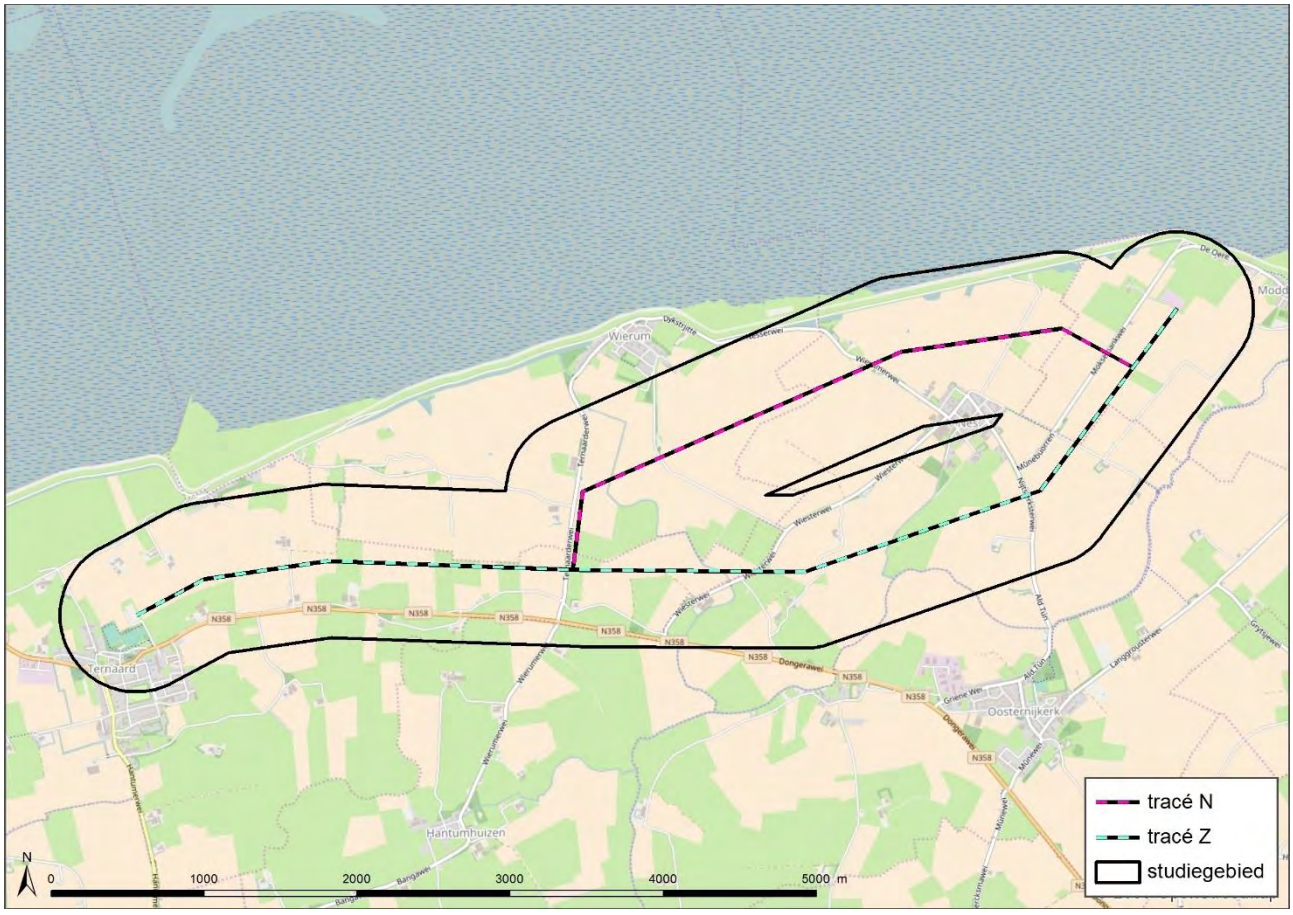
1 INLEIDING

1.1 Aanleiding voor het onderzoek

Als onderdeel van de aanleg van een nieuwe gasleiding tussen Ternaard en Moddergat (gemeente Dongeradeel, Fryslân) zijn werkzaamheden gepland die gepaard gaan met bodemverstoring. Er zijn verschillende opties voor de locatie van het tracé. In dit bureauonderzoek wordt alleen gekeken naar optie 2 (tracé Noord) en optie 3 (tracé Zuid). De tracés liggen in een zone waar archeologische waarden uit de periode ijzertijd – middeleeuwen verwacht worden. Dit bureauonderzoek betreft een actualisatie van een eerder uitgevoerd bureau- en inventariserend veldonderzoek (BO + IVO). Het eerder uitgevoerde bureauonderzoek concentreerde zich op optie 3 (tracé Zuid) (Brouwer 2016). Deze optie is daarnaast al onderzocht door middel van archeologische booronderzoek. De actualisatie wordt uitgevoerd omdat op dit moment ook optie 2 (tracé Noord) overwogen wordt (Figuur 1).

1.2 Plangebied en onderzoeksgebied

Het plangebied wordt gevormd door de locaties van de mogelijke tracés waar de gasleiding is gepland. Het onderzoeksgebied omvat een groter terrein rondom het plangebied. De introductie van een onderzoeksgebied heeft tot doel meer informatie omtrent bodemkundige, archeologische en historische informatie van een groter gebied te verzamelen, waardoor meer gefundeerde uitspraken over de archeologische potentie van het gebied kunnen worden gedaan. Gezien de omvang van het gasleidingtracé en de bodemkundige, historische en archeologische kenmerken van het gebied wordt een onderzoeksbuffer van 500 m voldoende geacht. Onderstaande kaart toont de locatie van het plangebied en onderzoeksgebied.



Figuur 1 Plangebied met de verschillende opties en het onderzoeksgebied

1.3 Huidige en toekomstige situatie plangebied

Het plangebied is onbebouwd en overwegend in gebruik als landbouwgebied (aardappelteelt) en grasland. Het plangebied wordt doorsneden door diverse watergangen, dijken en enkele verharde wegen. De gasleiding wordt ondergronds aangelegd. Nadat de sleuven zijn gedicht, blijft de functie van het terrein onveranderd.

1.4 Doel van het bureauonderzoek

Het doel van het bureauonderzoek is het inventariseren van bekende gegevens in en nabij het plangebied en het opstellen van een specifiek advies voor eventueel vervolgonderzoek op locaties waar mogelijk archeologische resten worden verstoord.

1. Het bureauonderzoek heeft als doel inzicht te verschaffen in de archeologische waarden die zich mogelijk in het plangebied bevinden of verwacht worden.
2. Aan de hand van dit bureauonderzoek wordt een uitspraak gedaan over de noodzaak van eventueel archeologisch vervolgonderzoek.
3. Voor een deel is het tracé al onderzocht door middel van veldonderzoek (zie hoofdstuk 6)

Het bureauonderzoek maakt deel uit van de AMZ-cyclus. De conclusies van onderhavig onderzoek zijn richtinggevend voor eventueel vervolgonderzoek. Op deze manier kunnen eventueel aanwezige archeologische waarden volwaardig worden meegenomen in de verdere ruimtelijke ontwikkeling.

1.5 Werkwijze

De werkzaamheden bestaan uit het uitvoeren van een bureaustudie. Deze richt zich op archeologische bronnen als de FAMKE (Friese Archeologische Monumentenkaart Extra), de Archeologische Monumentenkaart (AMK), de archeologische database Archis van de Rijksdienst voor het Cultureel Erfgoed (RCE) en gegevens van relevante archeologische onderzoeken in de nabijheid van het plangebied. Ook wordt gebruik gemaakt van de topografische kaart, de geomorfologische kaart en de bodemkaart, het Algemeen Hoogtebestand Nederland (AHN2), ondergrondgegevens uit DINO-loket, paleogeografische kaarten en literatuur. Tenslotte is historisch kaartmateriaal gebruikt om de inrichting van het plangebied in het verleden vast te stellen.

1.6 Juridisch- en beleidskader

Er zijn verschillende wetten die een rol spelen bij de totstandkoming van het huidige beleid op archeologische monumentenzorg. Van belang is de Erfgoedwet 2016, de Monumentenwet 1988, het Verdrag van Malta 1992, de Kwaliteitsnorm Nederlandse Archeologie (KNA versie 4.0) en het gemeentelijk beleid. Deze kaders worden hieronder verder belicht.

1.6.1 Verdrag van Malta (1992)

Op 16 januari 1992 is door de Raad van Europa het Europese verdrag van Malta - ook wel bekend als de Conventie van Malta of het Verdrag van Valletta - gesloten. Aanleiding was de toenemende druk op het archeologisch erfgoed in Europa, onder meer door ruimtelijke ontwikkelingen, waardoor bodemarchief ongezien verloren dreigde te gaan. Het verdrag beoogt het cultureel erfgoed dat zich in de bodem bevindt beter te beschermen. Grondslag van het verdrag is dat dit archeologische erfgoed integrale bescherming nodig heeft en krijgt. In het verdrag zijn drie uitgangspunten ten aanzien van de omgang met archeologie geïntroduceerd:

- Het streven naar het behouden van archeologie in de bodem, het zogenaamde "behoud in situ" (artikel 4, tweede lid). Opgraven is het (gedocumenteerd) vernietigen van het bodemarchief en is in principe niet het eerste streven. De gedachte daarachter is dat er bodemarchief voor toekomstige generaties bewaard moet blijven. Zij hebben immers betere onderzoekstechnieken en stellen andere onderzoeksvragen.

- Tijdig rekening houden in de ruimtelijke ordening met de mogelijkheid of aanwezigheid van archeologische waarden, zodat er nog ruimte is voor archeologievriendelijke alternatieven (artikel 5). Zo wordt voorgesteld om steeds vooraf onderzoek te laten doen naar de mogelijke aanwezigheid van archeologische waarden om het bodemarchief beter te beschermen en om onzekerheden tijdens de bouw van bijvoorbeeld nieuwe wijken te beperken. Op deze manier kan daar bij de ontwikkeling van de plannen zoveel mogelijk rekening mee worden gehouden. Door er vooraf rekening mee te houden, wordt vertraging in bouwprocessen voorkomen.
- Het ‘de verstoorder betaalt’-principe. De ontwikkelaar is verantwoordelijk voor de kosten van het archeologisch onderzoek en de uitwerking van de resultaten (artikel 6). Dit principe is geïntroduceerd als een stimulans om locaties voor ruimtelijke ontwikkeling te zoeken waarbij de archeologische verwachtingswaarden minder hoog zijn.

1.6.2 Erfgoedwet (2016) en Monumentenwet (1988)

Sinds 1 juli 2016 geldt de nieuwe Erfgoedwet. Deze wet harmoniseert de bestaande wet- en regelgeving omtrent roerend en onroerend erfgoed en vormt één integrale Erfgoedwet voor het beheer en behoud van cultureel erfgoed. Ook de Monumentenwet 1988 is opgenomen in de Erfgoedwet. Een belangrijke wijziging voor archeologie is dat in de Erfgoedwet de regels voor de archeologische monumentenzorg aan de orde komen, terwijl de omgang met archeologie in de fysieke leefomgeving onderdeel wordt van de Omgevingswet die in januari 2019 in werking zal treden. Tot dat de Omgevingswet ingaat blijven de artikelen uit de Monumentenwet 1988 die niet terugkomen in de Erfgoedwet van kracht, waaronder regelingen omtrent omgevingsvergunningen en bestemmingsplannen. Op grond van artikel 38a van de Monumentenwet 1988 en op grond van de Wet ruimtelijke ordening (artikel 3.1.6 Besluit ruimtelijke ordening), zijn gemeenten verplicht de belangen van de archeologische monumentenzorg in hun bestemmingsplannen te verankeren. De verankering vindt plaats door het toekennen van de bestemming of dubbelbestemming ‘Waarde – Archeologie’. In een gemeentelijke verordening en in het bestemmingsplan worden regels opgenomen met betrekking tot het gebruik van de grond. Aan deze regels kan een omgevingsvergunningstelsel voor onder meer het gebruik van de grond en voor werken en werkzaamheden worden gekoppeld. Op grond van artikel 2.22, derde lid onder d, van de Wet Algemene Bepalingen Omgevingsrecht kunnen in het belang van de archeologische monumentenzorg, voorschriften aan de Omgevingsvergunning worden verbonden. Deze voorschriften kunnen inhouden dat de aanvrager van een Omgevingsvergunning een rapport overlegd, waarin de archeologische waarde wordt vastgesteld van het terrein dat volgens de aanvraag wordt verstoord.

1.6.3 Kwaliteitsnorm Nederlandse Archeologie (KNA versie 4.0)

Het bureauonderzoek voldoet aan de eisen die worden gesteld aan een bureauonderzoek in de Kwaliteitsnorm Nederlandse Archeologie (KNA 4.0). De werkzaamheden zijn uitgevoerd conform KNA protocol 4002, standaardrapport bureauonderzoek met een gespecificeerde archeologische verwachting en een advies. Op basis van het bureauonderzoek kan het bevoegd gezag (in dit geval de gemeente Berkelland) een beslissing nemen over het al dan niet laten uitvoeren van vervolgonderzoek.

1.6.4 Provinciaal beleid provincie Fryslân

In samenwerking met het rijk en de gemeenten is de FAMKE (Friese Archeologische Monumentenkaart Extra) opgesteld. De FAMKE is gebaseerd op twee bestaande landelijke kaarten: de Archeologische Monumentenkaart (AMK) en de Indicatieve Kaart Archeologische Waarden (IKAW). Daarnaast houdt de FAMKE rekening met de kans dat mogelijk aanwezige archeologische resten verstoord zijn. De Famke houdt ook rekening met de omvang van de bodemingreep. Hieruit ontstaat provinciedekkende kaarten: een voor de periode ijzertijd tot middeleeuwen en een voor de periode laat-paleolithicum tot bronstijd. De kaarten geven aan hoe men op de meest optimale wijze met het bodemarchief kan omgegaan.

.

1.6.5 Gemeentelijk beleid gemeente Dongeradeel

De gemeente Dongeradeel beschikt, net als overigens de meeste Friese gemeenten, niet over een eigen archeologisch beleid. Meestal wordt teruggegrepen op het provinciale beleid.

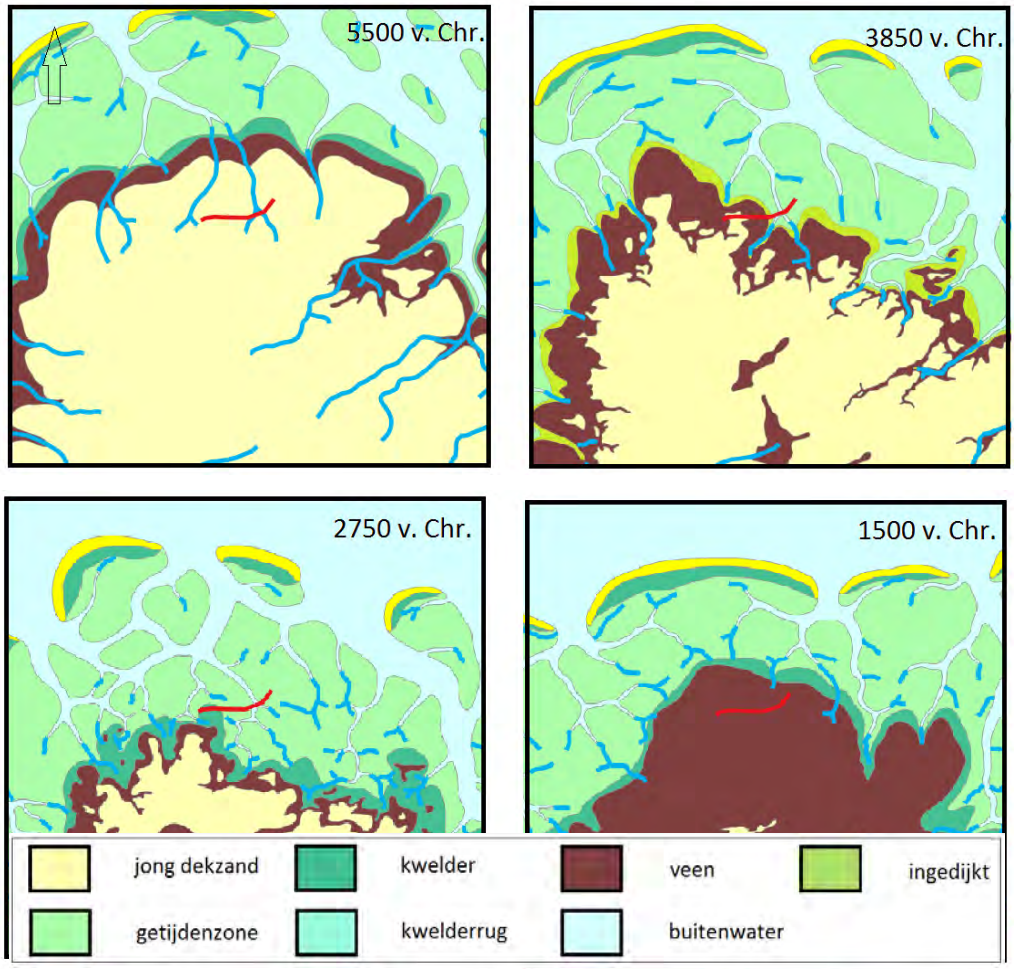
2 LANDSCHAP

2.1 Inleiding

Het menselijke doen en laten werd en wordt in grote mate bepaald door de landschappelijke omgeving, en de mogelijkheden die daardoor geboden worden. De geologische, geomorfologische en bodemkundige situaties zijn daarom van belang voor een archeologisch onderzoek.

2.2 Paleogeografische ontwikkeling

De ontstaansgeschiedenis vanaf het vroege Holoceen wordt inzichtelijk gemaakt met behulp van een aantal paleogeografische kaarten (Figuur 2) en een aantal boringen uit het DINO-loket (NITG-TNO).



Figuur 2 Paleogeografische ontwikkeling tussen 9000 en 1500 voor Chr. Optie 3 is aangeduid met een rode lijn.

Tegen het einde van de laatste ijstijd (het Weichselien) lag het plangebied in een uitgestrekt dekzandgebied. Doordat de zeespiegel vele tientallen meters lager stond dan tegenwoordig, had het zeewater nog geen enkele invloed op het plangebied. Dat veranderde toen de temperatuur opliep en de grote ijsmassa's smolten. De zeespiegel steeg geleidelijk en schoof daarmee landinwaarts. Lang voordat de zee invloed op het gebied kreeg, ontstond veengroei onder invloed van lokale hydrologische omstandigheden. De vorming van dit basisveen is in Noordwest Fryslân gedateerd tussen het Preboreaal en midden Atlanticum.[1]

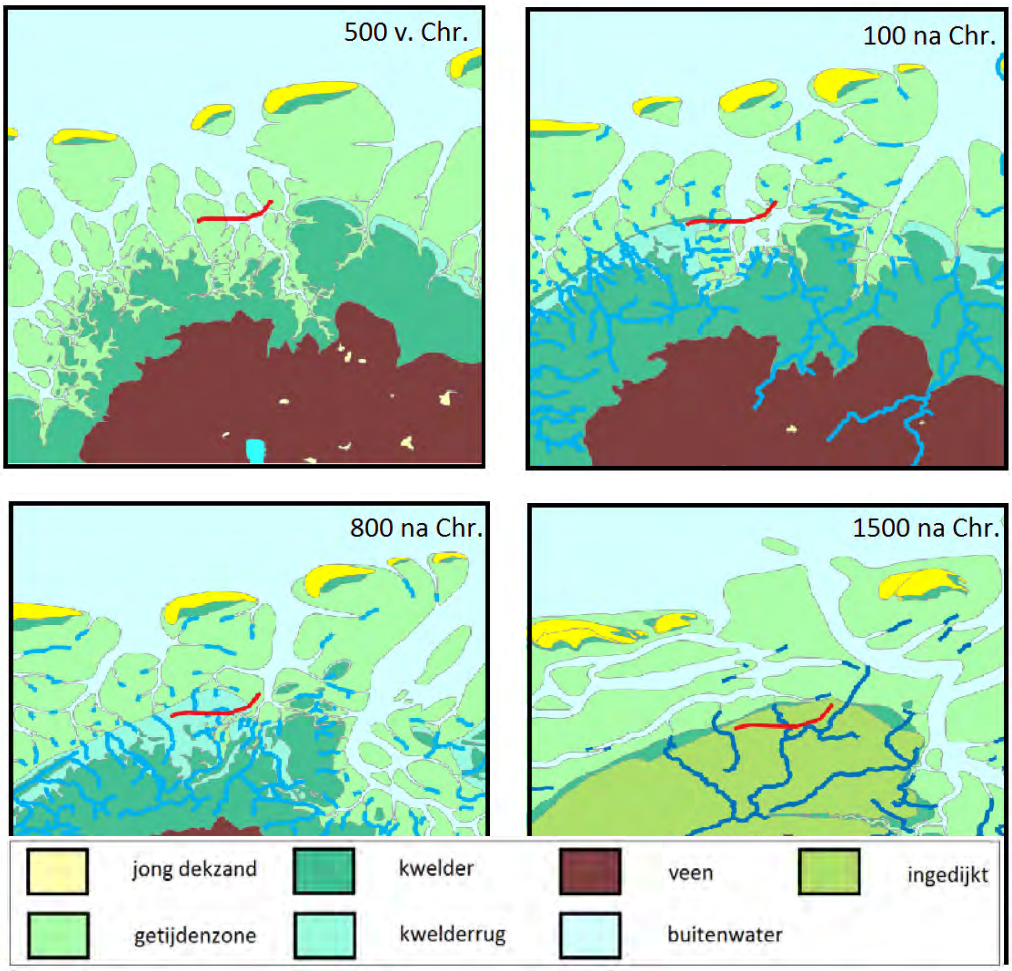
Op de grens tussen het dekzand en het kweldergebied ontstond een smalle veengordel (Basisveen), die zich onder invloed van de stijgende zee en de zich landinwaarts verplaatsende kustlijn, verder in zuidelijke richting verplaatste (Figuur 2, links en rechts boven). Uiteindelijk drong zeewater het plangebied binnen. In een tijdsbestek van ruwweg 3000 jaar veranderde dit deel van Noordwest Fryslân van een door rivieren

[1] KNA Leidraad Beekdalen in Pleistoceen Nederland versie 1.0.

doorsneden dekzandgebied in een getijdengebied waar klei, silt en zandige klei/kleiig zand werd afgezet. In het meest westelijke deel van het plangebied – ter hoogte van Ternaard – ontwikkelde zich een kweldergebied op de getijdenafzettingen.

Rond 2500 voor Chr. nam de invloed van de zee af en kon op uitgebreide schaal veengroei ontstaan (Figuur 2, rechtsonder). Ten noorden van het plangebied kon het mariene getijdengebied zich handhaven en ontstond een relatief smalle kweldergordel. De faciës van de daar aanwezige afzettingen wijzen erop dat deze werden gevormd in een ondiep, brak milieu waarin behalve sedimentatie van klastisch materiaal ook groei van riet optrad.[2] Het einde van de veengroei – en daarmee het begin van een periode waarin de zee opnieuw grip kreeg op het gebied – ligt rond 1090 voor Chr.[3]

Aanvankelijk verliep die overstroming rustig: het onderliggende veenoppervlak buiten de geulen is niet of slechts weinig geërodeerd.[4] De lage dynamiek is te verklaren door de relatief hoge ligging van het veengebied. Na deze laagdynamische fase klonk het veen in en ontwikkelde zich in het plangebied opnieuw een waddenmilieu met geulen en platen (Figuur 3, linksboven). Aan de landzijde ontwikkelden zich kwelders, die zich geleidelijk in noordelijke richting ontwikkelen. Op de kwelders ontstaan kwelderruggen (Figuur 3, rechtsboven). Het gebied ten oosten van ruwweg de huidige Ternaarderweg is nog een waddengebied en wordt nog doorsneden door een zeearm. Tussen 100 – 800 na Chr. slibt deze zeearm dicht. Tot aan (ongeveer) de huidige Meinsmawei bij Nes kon zich een (zeer brede) kwelderrug ontwikkelen. Het gebied ten oosten van de Meinsmawei vormde nog onderdeel van het waddengebied (Figuur 3, linksonder). Vanaf ongeveer 1000 na Chr. werd het gehele gebied ingedijkt.



Figuur 3 Paleogeografische ontwikkeling tussen 500 voor Chr. en 1500 na Chr. Optie 3 is aangeduid met een rode lijn.

[2] Griede, 1978: p. 86.
[3] ibid., p. 88. Griede noemt hier een ^{14}C-datering van de top van een veenlaag bij Ternaard van 2875 +/-110 BP (circa 1090 +/-148 jaar voor Chr.).
[4] ibid., p. 89

Toelichting op paleogeografische eenheden in het plangebied

Het westelijke deel van het plangebied bevindt zich op een zone die op de geomorfologische kaart is aangeduid als kwelderwal (Griede, 1978: p. 100). De kwelderwal is gevormd op kwelderafzettingen, die weer op wadafzettingen zijn gelegen.

Een *getijdengebied* is een overgangsgebied tussen de zee en het vasteland. Een getijdengebied staat direct onder invloed van zeewater en kent van nature een hoge dynamiek waarbij aangroei en afslag van land elkaar afwisselen. De lagere delen worden gevormd door slikken en platen. Slikken bevatten veel fijn sediment (klei, slib). Platen ontstaan naast de stroomgeulen. Door de hogere stroomsnelheden zijn platen veel zandiger. Wadplaten bestaan uit kleiig zand, overgaand in zandige klei. De lagere delen zijn onbegroeid, terwijl de hogere delen ijle begroeiing kennen. Doordat wadplaten rijk aan bodemdieren (wormen, schelpen) zijn, vindt veel omwoeling plaats. De oorspronkelijke gelaagdheid is daarom verdwenen.

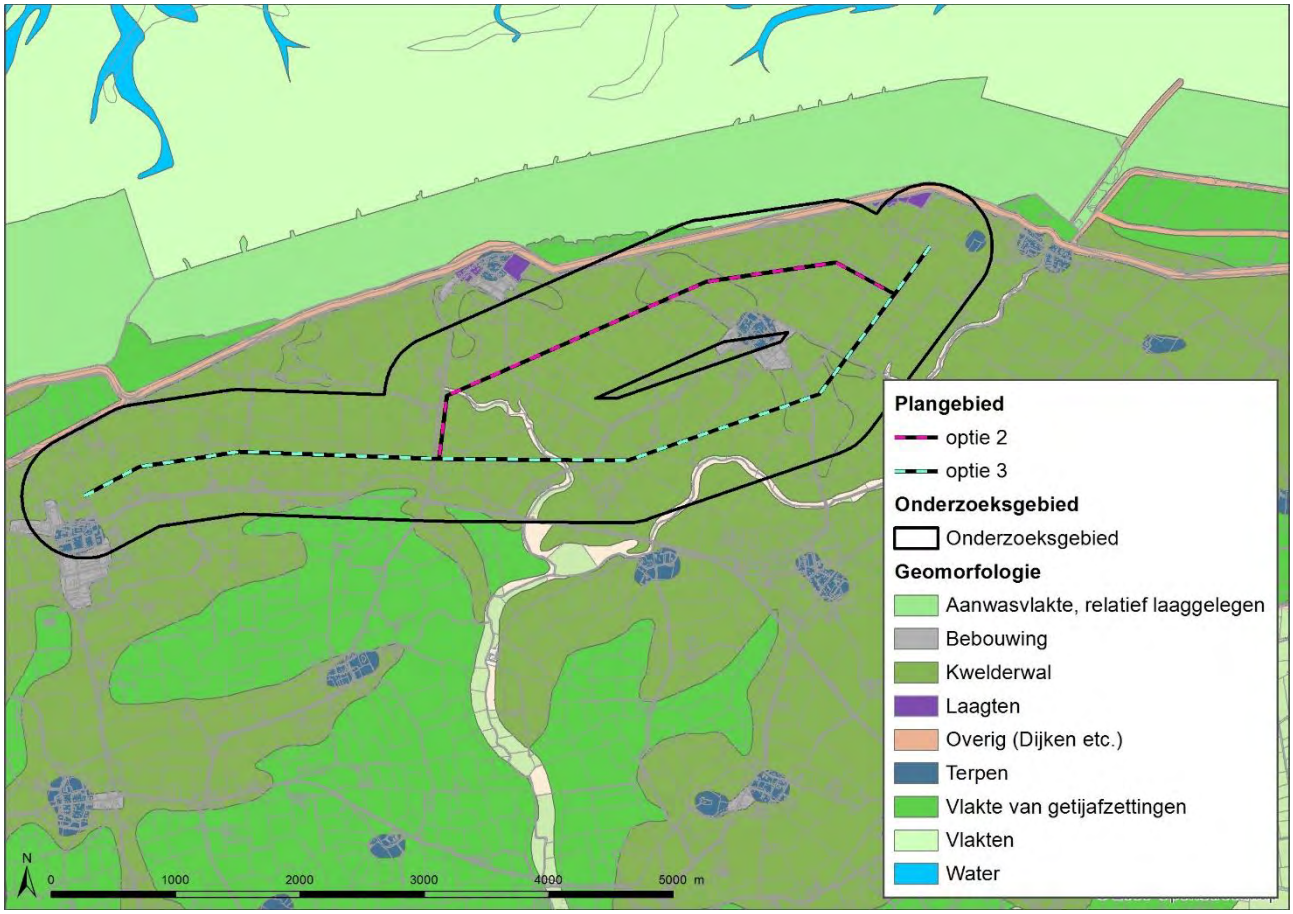
Kwelders en kwelderruggen worden gevormd door de hogere, begroeide delen van het getijdengebied. De lagere delen worden bij elk hoogwater nog overstroomd, maar de hogere kwelders en kwelderruggen vaak alleen nog bij springtij of tijdens stormen. Op grond van genetische en beschrijvende criteria kan onderscheid worden gemaakt tussen een kwelder en een kwelderwal

Een *kwelder* ontstaat bij opslibbing van wadzandplaten in een regelmatig en ongestoord tempo. Hierdoor ontstaat een horizontale gelaagdheid van afwisselend zand (tijdens stormvloeden) en klei. Doordat bodemdieren veel minder voorkomen, is deze gelaagdheid vaak behouden. De hoogteverschillen zijn gering en meestal is de zeezijde van het kwelderlandschap iets hoger gelegen en uit zandiger materiaal opgebouwd dan de landzijde. Kwelders kennen een dichte begroeiing van zoutminnende planten.

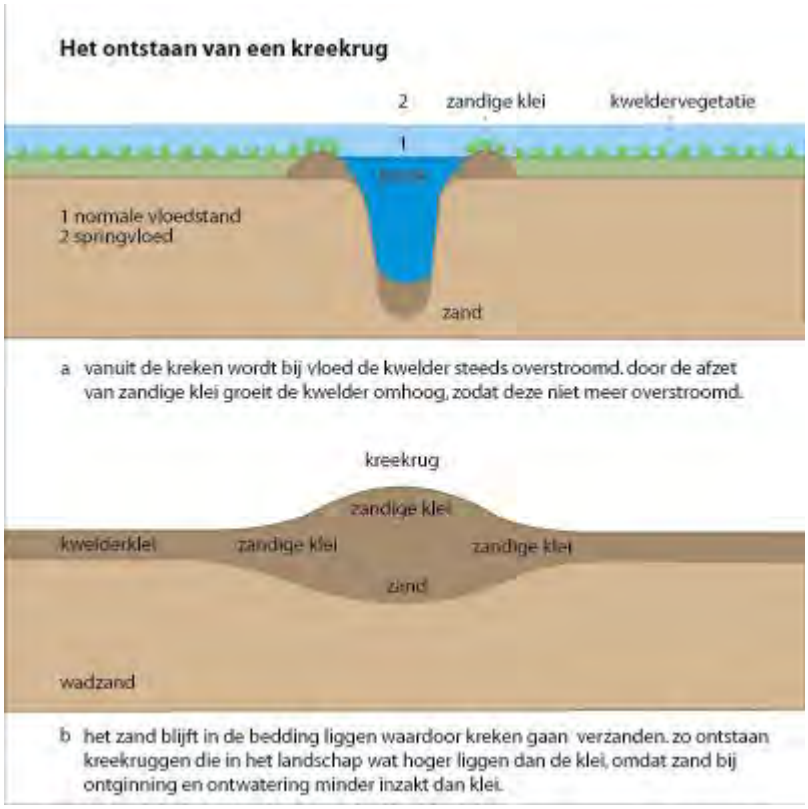
Een *kwelderwal* ontstaat doordat aan de zeezijde van een in ontwikkeling zijnde kwelder erosie plaatsvind. Dit losgemaakte materiaal werd verderop over de kwelder weer afgezet. Lichte zavel wordt direct op de rand van de kwelder gedeponeerd; zware zavel en klei komen verder landinwaarts tot sedimentatie.

2.3 Geomorfologie

Op de geomorfologische kaart ligt het plangebied op een kwelderwal (3K31). Het eerste cijfer geeft een indicatie van het relatieve hoogteverschil (0,5-1,5 m). Tussen de Nijtsjerksterwei en de Meinsmawei bij Nes is sprake van een wat hogere kwelderwal (4K31). Hier is het relatieve hoogteverschil 1,5 – 5 m. Ter hoogte van het dorpje Wie wordt de kwelderwal doorsneden door een geul (Figuur 4). Deze waterloop is nu nog in (gekanaliseerde vorm) aanwezig als de Wierumer opvaart. Ter hoogte van deze waterloop zijn zandige kleiafzettingen te verwachten (Figuur 5).



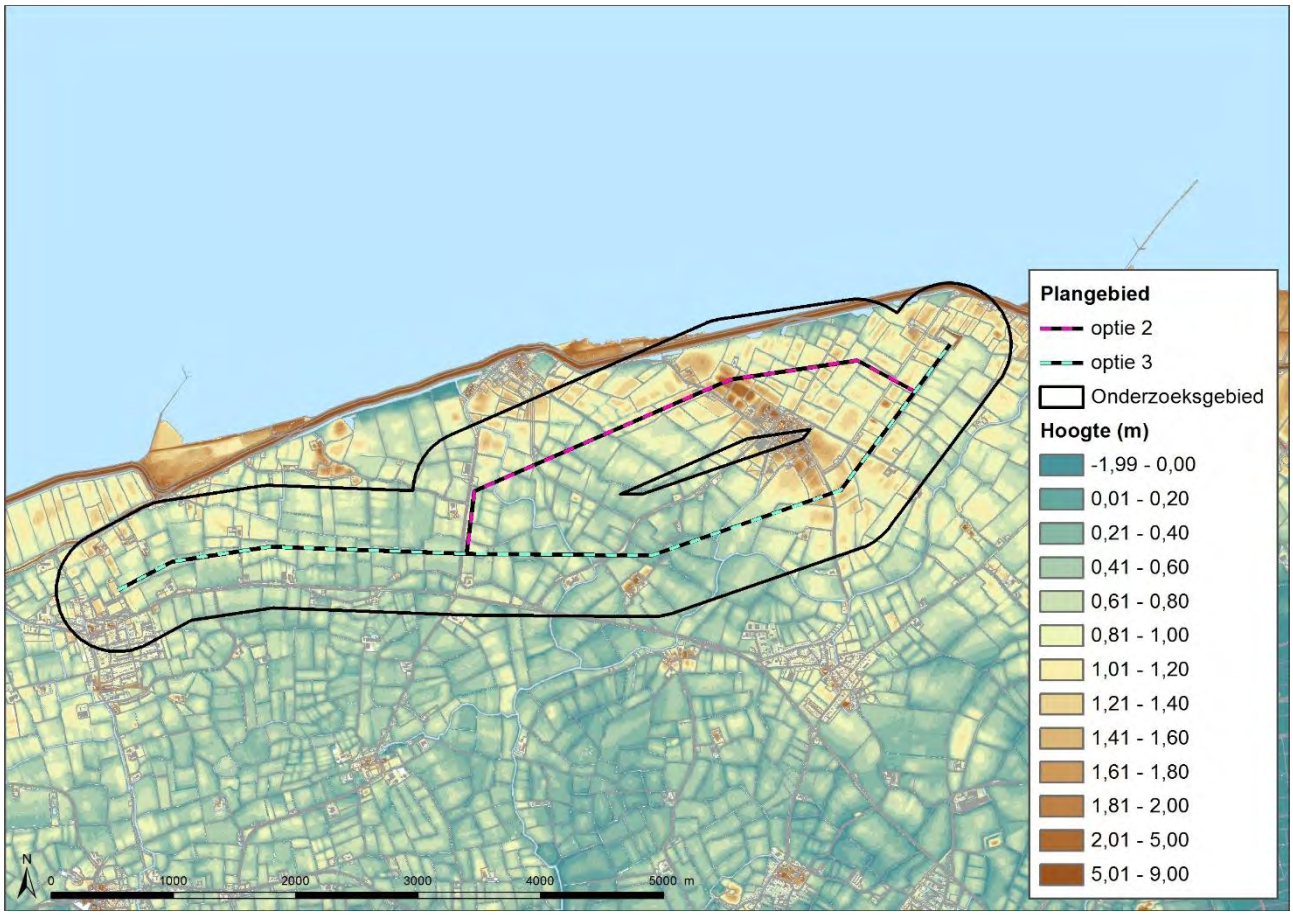
Figuur 4 Geomorfologische kaart van het onderzoeksgebied



Figuur 5 het ontstaan van een kreekrug (bron: Stichting Deltawerken Online).

2.4 Actueel Hoogtebestand Nederland (AHN)

Het AHN (Figuur 6) toont ten opzichte van de geomorfologische kaart geen bijzonderheden. De locaties met de hogere kwelderwallen zijn waarneembaar als lichte verkleuringen. Voor het overige toont het terrein in en rond het plangebied nauwelijks reliëf, al zijn er enkele zones zichtbaar waar sprake is van een (geringe) verhoging. Ter hoogte van de oude geul bij Wie betreft dit mogelijk resten van getij-inversierug. Her en der langs het gasleidingtracé zijn kleine, geïsoleerde oranje/rode vlekjes te zien, altijd aangelegd op de van nature wat hoger gelegen delen. Dit zijn (huis)terpen, die hier in de loop van de middeleeuwen zijn opgeworpen. Het gasleidingtracé doorsnijdt geen van deze op het AHN waarneembare antropogene verhogingen. Voor dit onderzoek is een analyse van het AHN uitgevoerd met als doel mogelijke terpen in en nabij het gasleidingtracé op te sporen. Deze analyse heeft niet tot nieuwe (mogelijke) terpen geleid. Wel gaat optie twee over een verhoging op de kwelderwal, waar het dorpje Nes ligt. Mogelijk is deze verhoging door mensen aangelegd, zoals de bekende terpen. De grootte en de vorm suggereren echter dat het een natuurlijke verhoging is, waarschijnlijk een kreekrug (getij inversierug).



Figuur 6 Hoogtekaart van het plangebied

2.5 Bodemkaart

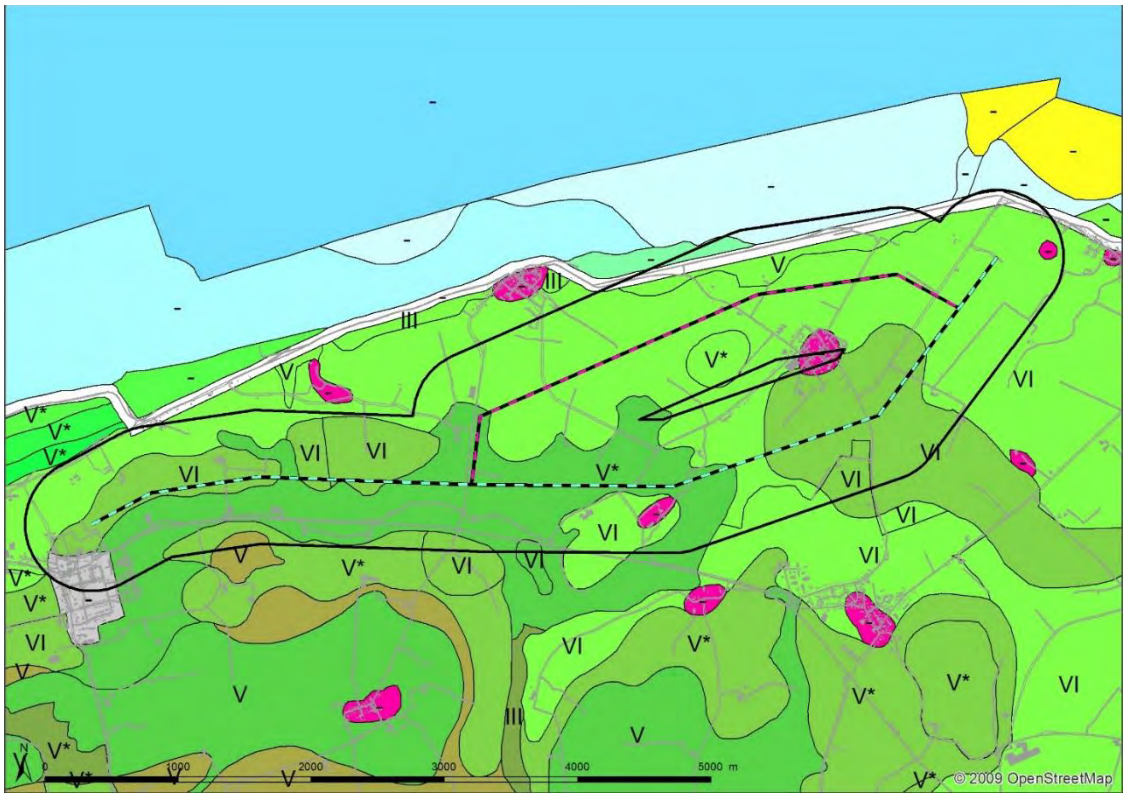
Op de bodemkaart (Figuur 7 en Figuur 8) doorsnijdt het gasleidingtracé de volgende eenheden:

- Mn15C VI (kalkarme poldervaaggronden bestaande uit lichte zavel);
- Mn25C Vb (kalkarme poldervaaggronden bestaande uit zware zavel);
- Mn15A VI (kalkrijke poldervaaggronden bestaande uit lichte zavel).

De poldervaaggronden worden hier gevormd door mariene kleien. Poldervaaggronden zijn jonge bodems, waarin slechts weinig bodemvorming heeft plaatsgevonden. Ze hebben een dunne humushoudende bovengrond (A-horizont). In het plangebied zal deze bestaan uit een bouwvoor. Poldervaaggronden zijn vanaf het maaiveld roesthoudend. In dit gebied zijn de mariene afzettingen van origine sterk kalkhoudend. Indien ontkalking heeft plaatsgevonden, dan is dat meestal te wijten aan menselijk handelen. Vaak kenmerkt

de bodem rondom een archeologische vindplaats zich dan ook door een lager kalkgehalte (Van Zijverden *et al*. 2014,180).

De coderingen VI en Vb refereren aan de grondwatertrap. Grondwatertrap VI impliceert een gemiddeld hoogste grondwaterstand (GHG) tussen 40-80 cm –mv. Grondwatertrap Vb houdt een GHG tussen 25-40 cm –mv en een gemiddeld laagste grondwaterstand (GLG) vanaf 120 cm –mv in.



Figuur 7 Bodemkaart met grondwatertrap van het onderzoeksgebied

Figuur 8 Legenda van de bodemkaart

3 ARCHEOLOGIE

3.1 Bekende archeologische waarden

In deze paragraaf worden de bekende archeologische waarden benoemd. Daarbij wordt teruggegrepen op de Archeologische Monumentenkaart (AMK) en de vondstlocaties zoals deze zijn vermeld in Archis III (Figuur 9).

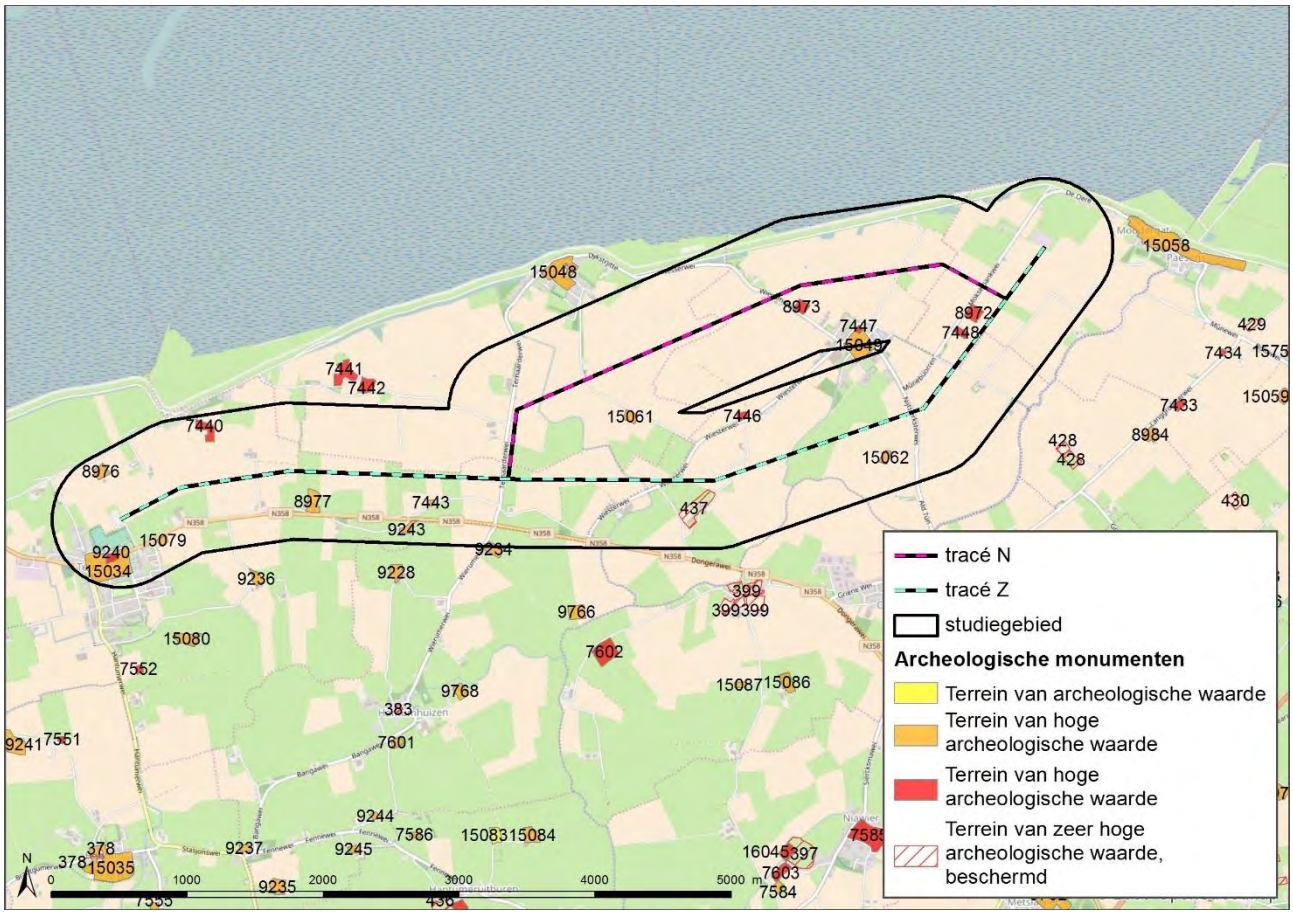
Onderstaande tabel geeft een opsomming van de AMK-terreinen in het onderzoeksgebied. De verschillende opties voor het gasleidingtracé doorsnijden geen AMK-terreinen.

Tabel 1 Overzicht AMK-terreinen in het onderzoeksgebied. Bron: Archis III.

AMK-nr.	Waarde	Periode	Omschrijving
437	zeer hoog, beschermd	late ijzertijd – nieuwe tijd	Stateterrein (Watthstate), gehucht 'Wie'. Terrein met een terp uit de late ijzertijd/vroeg-Romeinse tijd, gelegen op zandige klei op een kwelderrug. Archeologische sporen liggen direct onder de bouwvoor.
7440	zeer hoog	late middeleeuwen	Terrein met drie gave ongebouwde huisterpen. De huisterpen liggen direct ten zuiden van een voormalige zeedijk.
7443	hoog	late middeleeuwen	Terrein met een gave onbebouwde huisterp
7446	zeer hoog	late middeleeuwen	Terrein met een gave onbebouwde huisterp. Tijdens booronderzoek in 2000 zijn klooster-moppen en kogelpotaardewerkfragmenten aangetroffen.
7447	zeer hoog	middeleeuwen	dorpsterp van Nes met kerk. Ter plaatse van de kerk zijn in 2000 terplagen aangeboord.
7448	zeer hoog	late middeleeuwen	terrein met gave onbebouwde huisterp
8972	zeer hoog	middeleeuwen	terrein met een gave onbebouwde terp
8976	hoog	late middeleeuwen – nieuwe tijd	terrein met de resten van de stins Sibetsmastate (stinswier). Het terrein is nu bebouwd.
8977	hoog	late middeleeuwen	terrein met deels afgegraven, bebouwde huisterp
9234	hoog	late middeleeuwen	terrein met bebouwde huisterp
9243	hoog	late middeleeuwen	terrein met bebouwde huisterp
15034	hoog	middeleeuwen – nieuwe tijd	terp met dorpskern van Ternaard
15049	hoog	middeleeuwen – nieuwe tijd	terp met dorpskern van Nes
15061	hoog	late middeleeuwen	terrein met onbebouwde huisterp. Uit booronderzoek is gebleken dat het ophogingspakket maximaal ca. 1,4 m dik is.
15062	hoog	late middeleeuwen	terrein met bebouwde huisterp. Uit booronderzoek is gebleken dat de ophoging maximaal ongeveer 2 m dik is.
15079	hoog	late middeleeuwen	terrein met bebouwde huisterp. Uit booronderzoek is gebleken dat de ophoging maximaal ongeveer 1,8 m dik is.
8973	zeer hoog	onbekend	terrein met een duidelijk zichtbare, onbebouwde verhoging. Uit booronderzoek is gebleken dat het terrein in het centrum circa 1.4 meter archeologische lagen bevat.

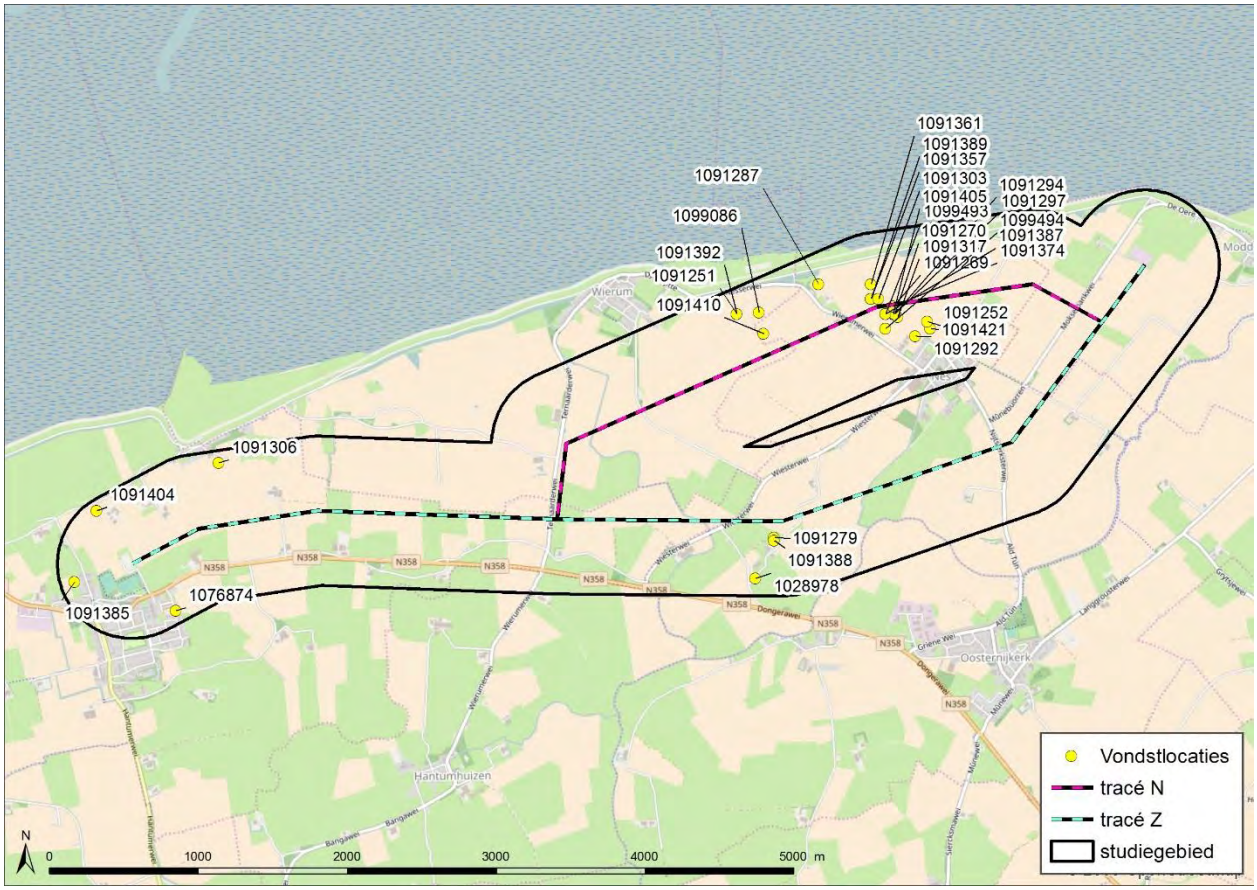
384	hoog	vroege middeleeuwen	terrein met het restant van de dorpsterp van Wierum. Uit booronderzoek is gebleken dat ter plaatse van het monument geen intacte terplagen aanwezig waren. De opbouw van de bodem bestond uit een opgebrachte laag donkerbruin-grijs kleiig zand (gemiddeld circa 1 meter dik) die direct op de natuurlijke kwelder lag.

Vrijwel alle AMK-terreinen binnen het onderzoeksgebied betreffen huisterpen uit de late middeleeuwen. Daarnaast komen enkele dorpsterpen voor die tot op heden bebouwd zijn geweest. Van AMK-terrein 437 is bekend dat deze zijn wortels in de late ijzertijd-vroeg-Romeinse tijd – vermoedelijk als vlaknederzetting - heeft. Mogelijk zijn ook de andere (dorps)terpen ouder dan tot nu toe wordt aangenomen. Voor zover bekend heeft hier nog geen gericht archeologisch onderzoek plaatsgevonden.

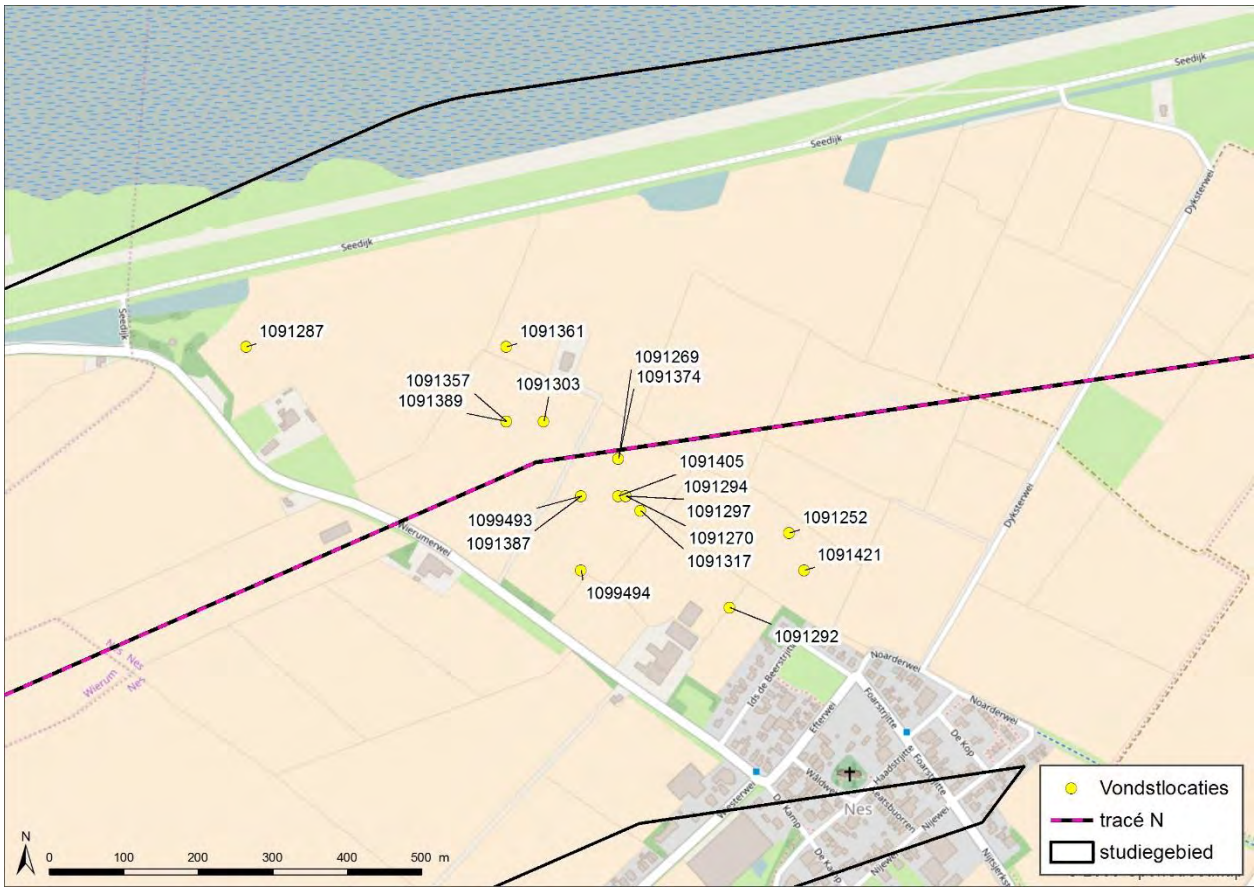


Figuur 9 De Archeologische Monumentenkaart en het onderzoeksgebied

Daarnaast zijn diverse vondstlocaties bekend binnen het onderzoeksgebied (Figuur 10; Figuur 11; **Error! Reference source not found.**). Een groot deel van deze vondsten is gedaan door particulieren met behulp van een metaaldetector. Dit is de tevens de reden dat het bij bijna alle vondstmeldingen om metalen voorwerpen gaat.



Figuur 10 Vondstlocaties in het onderzoeksgebied.



Figuur 11 Vondstlocaties, uitsnede nabij Nes.

Tabel 2 Vondstlocaties (nummer Archis II en Archis III) in het onderzoeksgebied. Bron: Archis III.

Nummer	Periode	Omschrijving
32550 1028978	middeleeuwen	Terp; kunstmatige ophoging
56230 10006855	nieuwe tijd	2 fragmenten geglazuurd aardewerk
413884 1091279	vroege middeleeuwen	Schijffibula met Maltezerkruis en verhoogd middenveld
413912 1091306	late middeleeuwen	Munt op naam van Gijsbert van Bronckhorst (1367-1401)
414006 1091385	Romeinse tijd – nieuwe tijd	Bronzen onderdeel van bevestiging hengel van een emmer of iets dergelijks
414011 1091388	Romeinse tijd – nieuwe tijd	Bronzen deel van (mogelijk) een ring, met een portret van (mogelijk) een beertje
414029 1091404	vroege middeleeuwen	Koperen schijffibula met email
414035 1091410	vroege middeleeuwen	Bronzen bloemvormige schijffibula
437056 1099086	vroege middeleeuwen	Bronzen schijffibula
413916 1091251	vroege middeleeuwen	Geëmailleerde schijffibula
414015 1091392	vroege middeleeuwen	Bronzen schijffibula
413892 1091287	vroege middeleeuwen	Zilveren munt, een sceatta
413979 1091361	vroege middeleeuwen	Loden gewicht
414012 1091389	vroege – late middeleeuwen	Metalen weefgewicht
413975 1091357	late middeleeuwen	Twee fragmenten van een koperen gesp
413908 1091303	vroege middeleeuwen	Onbekend bronzen voorwerp
413994 1091374	vroege middeleeuwen	Bronzen schijffibula
413873 1091269	vroege middeleeuwen	Bronzen schijffibula
414008 1091387	vroege middeleeuwen	Bronzen weefgewicht
438055 1099493	late middeleeuwen	Zilveren munt

Nummer	Periode	Omschrijving
438057 1099494	late middeleeuwen	Zilveren munt, “helft van een Adelaars groot muntheer onbekend”
414030 1091405	vroege middeleeuwen	Bronzen bloemvormige schijffibula
413899 1091294	late middeleeuwen	Zilveren munt, penning Otto II (1229-1271)
413902 1091297	late middeleeuwen	Zilveren munt, penning (13de eeuws)
413875 1091270	late middeleeuwen	Bronzen schijffibula
413933 1091317	late middeleeuwen	Bronzen schijffibula
413897 1091292	vroege middeleeuwen	Bronzen schijffibula
413917 1091252	vroege middeleeuwen	Metalen schijffibula
414041 1091421	vroege middeleeuwen	Bronzen schijffibula

Binnen het onderzoeksgebied hebben talloze archeologische onderzoeken plaatsgevonden. Onderstaande tabel benoemt deze (**Error! Reference source not found.**).

Tabel 3 Onderzoeksmeldingen in het onderzoeksgebied. Bron: Archis III.

Nummer	Uitvoerder	Type onderzoek/Resultaten/advies
8323	De Steekproef	Bureauonderzoek en booronderzoek. In enkele boringen zijn in een sterk zandige kleilaag onder de bouwvoor fosfaten aangetroffen. Onder deze laag bevindt zich een meer kleiige laag met fosfaten. Op één locatie is op een diepte van 100 cm –mv een cultuurlaag aangetroffen, bestaande uit een zwarte, sterk organische matig zandige kleilaag met veel fosfaten en oud puin en wat aardewerk aangetroffen. Op basis van het aardewerk is deze laag te dateren na 1500 na Chr. Mogelijk is in enkele boringen (restant van) een huisterp aangetroffen. Geadviseerd wordt in dit deel geen bodemverstorende werkzaamheden uit te voeren of anders nader archeologisch onderzoek.
14738	Oranjewoud	Bureauonderzoek met boringen op percelen grenzend aan bekende archeologische vindplaatsen (veldtoets). De kans op resten uit de periode steentijd – middeleeuwen wordt in het gehele traject laag geacht. Voor resten vanaf de late middeleeuwen wordt een wat hogere verwachting toegekend. De veldtoets heeft geen archeologische resten opgeleverd. Nader onderzoek wordt niet aanbevolen.
49564	MUG ingenieursbureau	Bureauonderzoek en verkennend booronderzoek. Het plangebied betreft mogelijk een voortzetting van een mogelijke nabije huisterp. In het plangebied was bebouwing vanaf 1811 aanwezig. Er is tijdens het booronderzoek een jonge, sterk puinhoudende ophooglaag waargenomen (geen terplaag). Geconcludeerd wordt dat ter plaatse van het onderzoeksgebied geen sprake is van een terp. Nader archeologisch onderzoek wordt niet aanbevolen.
54971	MUG ingenieursbureau	Bureauonderzoek en verkennend booronderzoek. Tijdens het booronderzoek zijn terplagen (dorpsterp van Ternaard) aangetroffen. Binnen deze cultuurlagen is

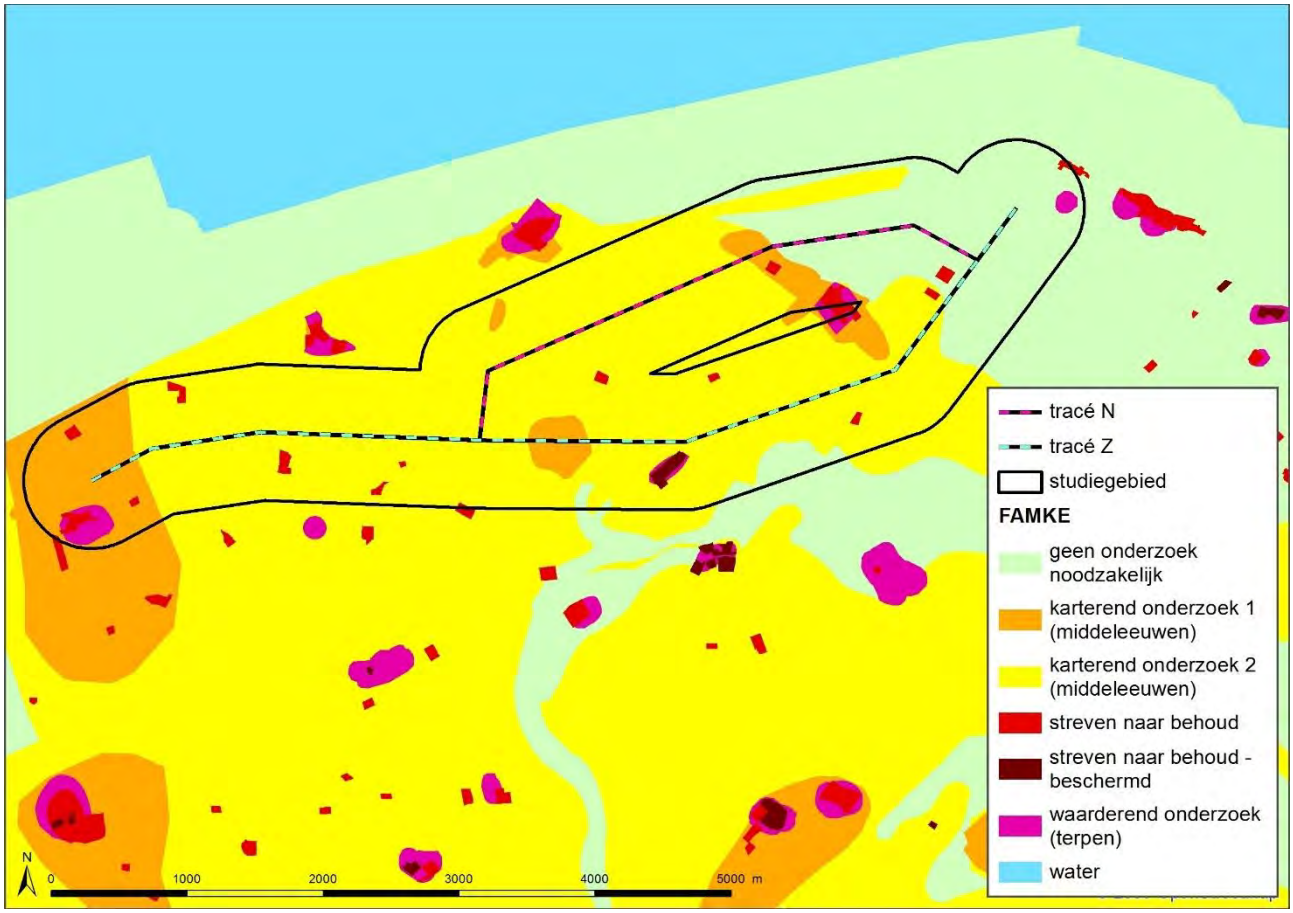
Nummer	Uitvoerder	Type onderzoek/Resultaten/advies
		zachtgebakken puin aangetroffen, dat is geïnterpreteerd als laat-middeleeuws-nieuwe tijd baksteen. De kans op resten uit de periode late middeleeuwen-nieuwe tijd wordt hoog geacht. Ter hoogte van de kansrijke zones wordt vervolgonderzoek in de vorm van een archeologische begeleiding aanbevolen.
26418	De Steekproef	Bureauonderzoek en verkennend booronderzoek. In een vegetatielaag is op een diepte van 3,27 m –mv (2,50 m –NAP) houtskoolstof aangetroffen. Er zijn geen indicatoren voor (prehistorische) bewoning aangetroffen. Het houtskool wordt geïnterpreteerd als brandlaag als gevolg van het wegbranden van de kweldervegetatie ten gunste van landbouw (ijzertijd). Advies: geen vervolgonderzoek

De eerder uitgevoerde onderzoeken zijn relevant voor dit onderzoek in die zin dat ze de verwachting uit de bureaustudies kunnen toetsen. Echter, slechts in een geval is vervolgonderzoek aanbevolen in de zin van een archeologische begeleiding. Hieruit blijkt dat bovenstaande archeologische verwachtingen, niet altijd tot een vindplaats leidt.

3.2 Friese Archeologische Monumentenkaart Extra (FAMKE)

Op de FAMKE liggen de opties voor het gasleidingtracé in een zone met een lage archeologische verwachting voor wat betreft de periode steentijd – bronstijd. De FAMKE stelt voor wat betreft deze periode dat geen archeologisch onderzoek noodzakelijk is. Voor de periode ijzertijd – middeleeuwen liggen de opties overwegend op een ‘karterend onderzoek 2’ zone (geel). Op drie locaties doorsnijden de opties een zone ‘karterend onderzoek 1’ (oranje): bij Ternaard, ten noorden van de Nesserwei en ten zuiden van Wierum. In het oosten liggen de opties op terrein waar geen onderzoek noodzakelijk is (Figuur 12).

Een zone met ‘Karterend onderzoek 1 (middeleeuwen)’ heeft op basis van landschappelijke kenmerken (hier een wat hogere landschappelijke ligging), een wat hogere verwachting op het aantreffen van archeologische resten dan zones met ‘Karterend onderzoek 2 (middeleeuwen). De FAMKE stelt ook ondergrenzen bij deze zones. Zo geldt bij zone 1 dat bij ingrepen van meer dan 500m² een karterend archeologisch onderzoek moet plaats vinden, dat moet bestaan uit minimaal zes boringen per hectare, met een minimum van zes boringen per plan. Bij zone 2 gelden dezelfde richtlijnen, alleen gaat dit pas bij een verstoring van meer dan 2500m².

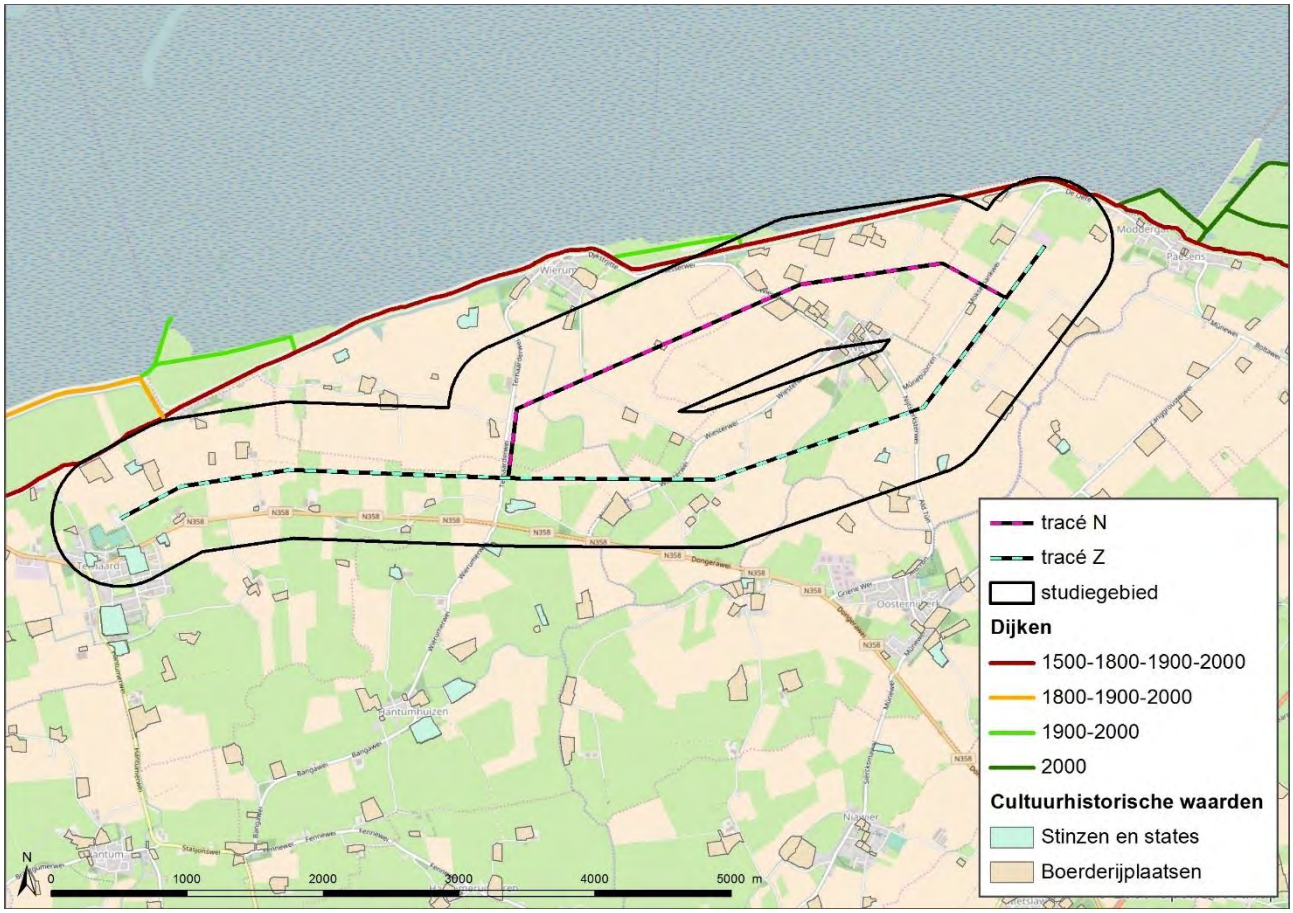


Figuur 12 Het onderzoeksgebied op de FAMKE.

3.3 Cultuurhistorische kaart provincie Fryslân

Voor dit onderzoek is de cultuurhistorische kaart geraadpleegd, met name om vast te stellen of zich in of nabij de opties voor het gasleidingtracé of in het onderzoeksgebied oude dijken bevinden. De dijken bevinden zich in het noorden langs de kust, beide opties doorsnijden daardoor geen dijklichaam (Figuur 13).

Op de cultuurhistorische kaart staan naast dijken andere waarden waaronder boerderijplaatsen, stinzen en staten. Deze worden als culthistorische objecten beschouwd en als zodanig beschermd. Bij de termen stinzen en staten gaat het om Friese varianten van kastelen, buitenplaatsen en landgoederen. Op de cultuurhistorische kaart is te zien dat beide opties geen bekende terreinen met stinzen of staten doorsnijden. Wel doorsnijdt optie 2 in het midden van het tracé een boerderijplaats (Figuur 13).

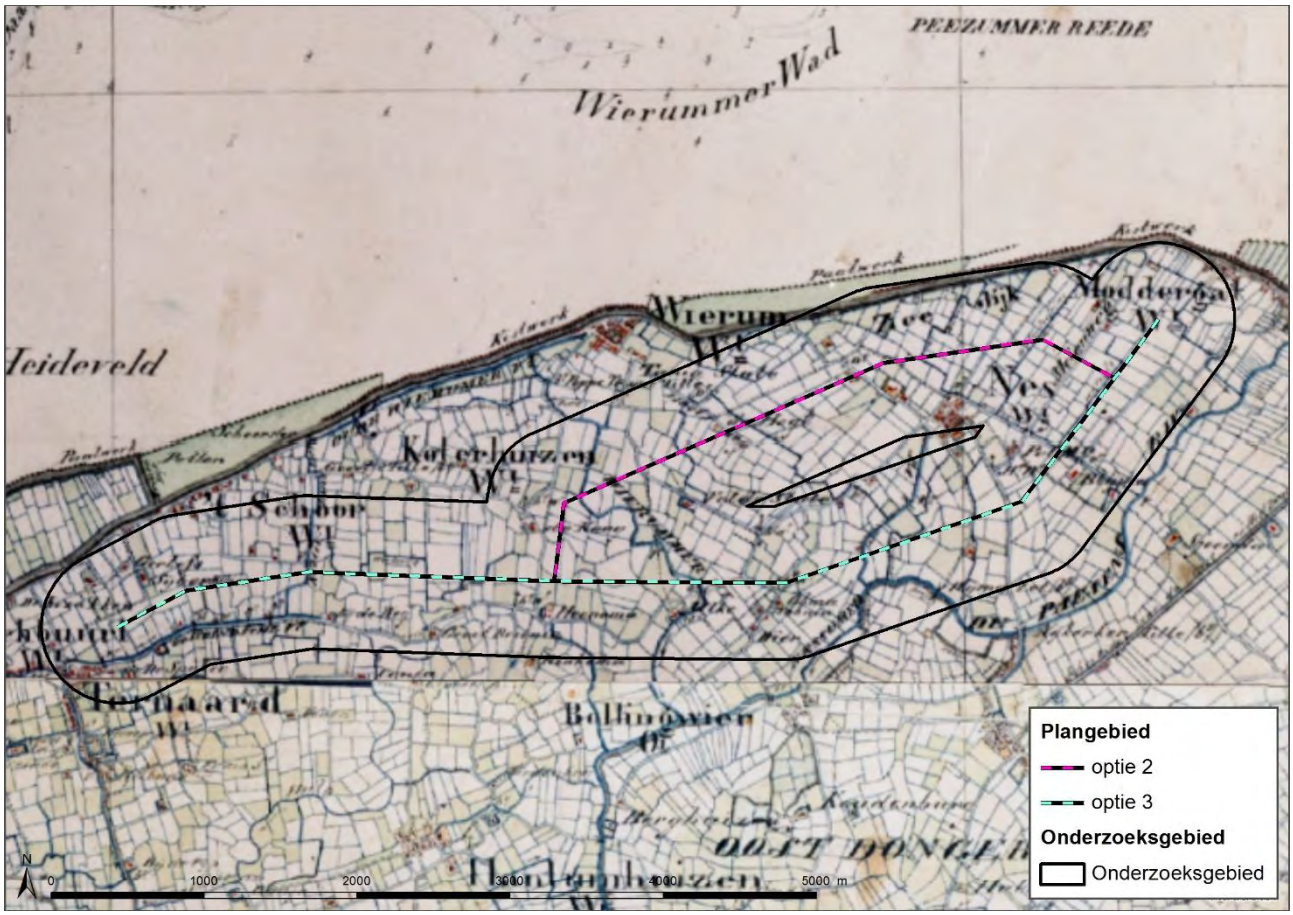


Figuur 13 Het onderzoeksgebieden met cultuurhistorische waarden.

4 HISTORIE

Voor dit onderzoek zijn drie oude kaarten bestudeerd. Op de kaart van Schotanus uit 1718 loopt optie 3 geheel door onbebouwd gebied. Op de kaart staat Ternaard als *Tonnaard*, de oudere benaming die is afgeleid van *Tonnawerd; werd = wierde = terp* (Van der Aa 1848, 82). Alleen ten oosten van Ternaard loopt het tracé vlak langs een naamloos erf met bebouwing. De betreffende locatie is niet geregistreerd als AMK-terrein en er zijn geen waarnemingen bekend. Wel is te zien dat het perceel op de kaart van Schotanus is tot op de huidige dag bebouwd.

Op basis van het wegenpatroon en de percelering kunnen soms terpen opgespoord worden. Met name rondom de grotere dorpsterpen is het gebied vaak kransvormig verkaveld rondom de terp en soms zijn ook de kleinere huisterpen op deze wijze herkenbaar. Een analyse van de historische verkavelings- en wegenpatronen langs het gasleidingtracé heeft geen nieuwe potentiële terpen opgeleverd. Tijdens de ruilverkaveling in de jaren ’70 en ’80 van de afgelopen eeuw zijn de historische verkavelingspatronen voor een belangrijk deel gewijzigd (vergelijk Figuur 1 met Figuur 14 en Figuur 15). Tevens is op deze kaarten te zien dat de opties, net als op de kaart van Schotanus, niet op bebouwd gebied liggen.



Figuur 14 Historische kaart van het onderzoeksgebied uit 1850.

Figuur 15 Historische kaart van het onderzoeksgebied uit 1940.

5 SYNTHESE

5.1 Conclusies en verwachtingsmodel

Aan de hand van de verzamelde informatie kunnen de onderzoeksvragen worden beantwoord:

- ***Zijn er in of vlak langs het tracé archeologische vindplaatsen bekend? Zo ja, wat is de locatie, aard, datering en omvang hiervan?***

Binnen het onderzoeksgebied (een zone van 500 m rondom het gasleidingtracé) bevinden zich achttien AMK-terreinen en zijn negenentwintig waarnemingen geregistreerd. Het gasleidingtracé raakt geen van deze bekende waarden. Het tracé tracé raakt één oud boerderijterrein dat bekend is van de cultuurhistorische kaart, verder raken de tracés geen opstallen of erven die op oude kaarten zijn aangegeven en mogelijk archeologische en/of cultuurhistorische waarde hebben.

De AMK-terreinen betreffen hetzij dorpsterpen (met een mogelijke ouderdom vanaf de late ijzertijd/Romeinse tijd) of huisterpen (opgeworpen gedurende de late middeleeuwen).

De waarnemingen zijn overwegend in of nabij de AMK-terreinen aangetroffen. Het betreft overwegend waarden uit de vroege en late middeleeuwen. Voorwerpen met een mogelijke datering in de Romeinse tijd-vroege middeleeuwen clusteren vooral in AMK-terrein 437 (zeer hoge waarde, beschermd) en AMK-terrein 8976 (hoge waarde). De vondst van een schijffibula nabij dit laatste AMK-terrein (terrein met de resten van de stins Sibetsmastate) doet vermoeden dat de terp zijn wortels tenminste in de vroege middeleeuwen heeft.

- ***Wat is er bekend over de ontginning, de indeling, de inrichting en het gebruik van het plangebied door de tijd heen?***

Delen van het terrein waren vanaf de late ijzertijd vermoedelijk in gebruik als akkerland. Aanwijzing hiervoor vormt een mogelijk brandlaagje dat bij Ternaard tijdens booronderzoek (onderzoeksmelding 26418) is aangetroffen op een diepte van 3,27 m –mv. in een kleilaag direct boven Hollandveen. Het brandlaagje kan samenhangen met het verbranden van de oorspronkelijke kweldervegetatie ten gunste van gewassen. Op basis van paleogeografische gegevens zijn deze brandlaagjes alleen in het meest westelijke deel van het gasleidingtracé – ter hoogte van Ternaard – te verwachten. Het resterende deel van het tracé werd in die periode overwegend gevormd door een geul al moet deze, gezien de aanwezigheid van een terp met resten uit de late ijzertijd/Romeinse tijd op de locatie waar rond 100 na Chr. de geul is aangeduid, anders hebben gelopen dan is aangegeven. Rond 800 na Chr ligt het tracé grotendeels op een brede kwelderrug. Delen van deze rug, met name rondom de oudere terpen, zullen ongetwijfeld in gebruik zijn geweest als akker. Vanaf ongeveer 1000 na Chr. werd het gebied ingedijkt.

De kadastrale kaart uit 1832 toont een gebied met overwegend kleinschalige, onregelmatige blokverkaveling, waarbij de vorm en begrenzing wordt bepaald door de aanwezige waterlopen. De kavels zijn in gebruik als akker of grasland. Samenvattend zijn delen van het onderzoeksgebied vermoedelijk vanaf de late ijzertijd/Romeinse tijd bewoond en in gebruik als akker. Vanaf de vroege, maar met name vanaf de late middeleeuwen neemt het aantal huisplaatsen toe en wordt geleidelijk het gehele gebied in gebruik genomen als akker- en grasland.

- ***Wat is de bodemopbouw van het plangebied en wat kan worden gezegd over de positie van waterlopen en kwelders in vroeger tijden?***

Het onderzoeksgebied ligt grotendeels op een brede kwelderrug. Het meest oostelijke deel ligt in een voormalige getijdenzone. In het westelijke deel – bij Ternaard – bevindt zich dekzand op een diepte van 3 tot 4,7 -Mv. Oostelijker duikt dit dekzand weg tot meer dan 8,5 m –Mv. Op het dekzand bevindt zich meestal een dunne laag Basisveen. Aan het maaiveld liggen kleiige of zandige afzettingen. Onder de bouwvoor is vermoedelijk sprake van een gelaagdheid, waarbij zand- en kleilaagjes elkaar afwisselen. Dit is kenmerkend voor kwelderafzettingen. Mogelijk ook is sprake van (sterk)zandige klei onder de bouwvoor, bestaande uit van nabij geërodeerde kwelderafzettingen. Dit betreft typische kwelderrugafzettingen. Tussen de Ternaarderwei en de Nijetsjerksterwei liggen zandige afzettingen aan het maaiveld. Vermoedelijk gaat het hier om een kwelderwal die gevormd is in de onmiddellijke nabijheid van de zee.

- ***Waar is sprake van locaties of zones van (mogelijk) grote archeologische waarde, bijvoorbeeld kwelderruggen of terpen?***

Het grootste deel van het plangebied ligt op een jonge kwelderrug. Deze is tussen 100 en 800 na Chr. gevormd. Bij Ternaard is de kwelderrug iets ouder en op basis van archeologische waarnemingen is het aannemelijk dat ook bij het gehucht Wie sprake is van een wat oudere kwelderwal. Vanaf de vroege middeleeuwen was het noodzakelijk terpen op te werpen tegen het zeewater dat incidenteel de kwelderwal overspoelde. Dit betekent dat resten van middeleeuwse bewoning op terpen zijn te verwachten. Rondom terpen kunnen nederzettingsgerelateerde waarden worden verwacht, zoals mestkuilen, afvalkuilen en waterputten. De kans dat daarbuiten bewoningsresten worden aangetroffen is klein.

Het gasleidingtracé doorsnijdt geen bekende terpen. Op het AHN en op de verkavelings- en wegenpatronen op de kadastrale kaart van 1832 zijn geen aanwijzingen te zien dat het tracé nog onbekende terpen doorsnijdt.

- ***Welke archeologische verwachting kan worden toegekend aan de bovenste 2,5 m van de bodem? In hoeverre is het mogelijk om deze verwachting te specificeren naar aard (type), datering en omvang van de vindplaats(en)?***

Met name aan de top van de kwelder(wal)afzettingen zijn archeologische resten te verwachten. Het gaat daarbij met name om waarden vanaf de vroege middeleeuwen die voorkomen in of samenhangen met terplagen uit dezelfde periode. Nabij Ternaard en Wie zijn mogelijk ook resten vanaf de late ijzertijd te verwachten. Naar verwachting bevinden waarden uit deze periode zich onder latere terplagen, maar vlaknederzettingen zonder dat daar later een terp is opgeworpen kunnen ook voorkomen. Deze zijn vooral op de wat oudere delen van de kwelderrug te vinden (bij Ternaard en Wie). Elders in het tracé worden deze waarden niet verwacht.

Waarden uit oudere perioden worden niet verwacht: tot na 500 voor Chr. bestond het onderzoeksgebied uit een waddengebied en was daarmee ongeschikt voor bewoning.

- ***Welke methoden en technieken van veldonderzoek zijn er nodig om de gespecificeerde verwachting uit het bureauonderzoek te toetsen en aan te vullen?***

Een AHN-analyse (0,5 of hogere resolutie) is een goede methode om terpen te identificeren. Deze analyse is uitgevoerd en heeft echter geen nieuwe potentiële terpen opgeleverd. Aangezien de akkers vaak geploegd zijn, bestaat uiteraard de kans dat alleen eventuele terpen inmiddels vrijwel geheel geëgaliseerd zijn. In dat geval is booronderzoek de meest voor de hand liggende methode om terpresten/terpzolen op te sporen. Conform de voorschriften in de Famke wordt een boorfrequentie van 1 boring per 50 m voldoende geacht.

6 VELDWERK

6.1 Opzet veldwerk

Het veldwerk is uitgevoerd in de vorm van een karterend booronderzoek.[5] Het veldwerk is uitgevoerd in de periode van 9 maart – 19 april 2016 conform het daartoe opgestelde plan van aanpak.

Er zijn boringen gezet op het gasleidingstracé van optie 3. De onderlinge afstand van de boorpunten bedraagt circa 50 m. De boringen zijn in combinatie met milieukundig onderzoek gezet. De bovenste circa 120 cm is geboord met een edelmanboor met een boordiameter van 7 of 10 cm. De boringen zijn vervolgens doorgezet met behulp van een guts met een diameter van 2 cm.

De boringen zijn in principe tot een diepte van maximaal 250 cm –mv doorgezet. Een aantal boringen zijn tot een diepte van 6 m -mv geplaatst en beschreven. Dit betreft boringen waar peilbuizen geplaatst werden.

De boringen zijn beschreven en (ten dele) geplaatst door drs. E.W. Brouwer (KNA-archeoloog) en drs. L. Nijdam (senior-prospector). In verband met betredingstoestemming, conflicterende planning en de voorwaarden waaronder het veldwerk uitgevoerd moest worden, zijn boringen 103 – 111 en 117 -121 niet in aanwezigheid van een archeoloog of prospector gezet. De boorbeschrijvingen van deze boringen zijn overgenomen van het milieukundig onderzoek. Boringen 100 – 102 zijn niet gezet (betredingstoestemming).

De relevante lagen in de boorkernen zijn gebrokkeld/versneden (klei) of gezeefd op een zeef met een maaswijdte van 4 mm (zand) op archeologische vondsten. XYZ-waarden zijn ingemeten met gps (2 mm nauwkeurig).

De boringen zijn lithologisch beschreven met behulp van het softwarepakket ‘Boorstaten!’.[6] Van het gehele tracé zijn raaiprofielen vervaardigd. Aan de hand van de opgeboorde grond is beoordeeld of er sprake is van archeologisch relevante lagen. Daarbij is specifiek gekeken of voor dit gebied archeologisch relevante lagen (terplagen, ‘bewoningshorizonten’, brandlagen) en archeologische indicatoren aanwezig zijn.

6.2 Doel en vraagstelling veldwerk

Het karterend onderzoek heeft tot doel het gespecificeerde verwachtingsmodel uit het bureauonderzoek te toetsen en aan te vullen. Voor het onderzoek zijn de volgende onderzoeksvragen geformuleerd:

- Hoe ziet de bodemopbouw eruit en is deze intact?
- Zijn er terplagen of lagen die wijzen op de aanwezigheid van een vlaknederzetting aanwezig?
- Zijn langs het tracé ‘brandlagen’ aangetroffen?
- Zijn archeologische indicatoren aanwezig? Zo ja, wat is de horizontale en verticale spreiding hiervan en wat is de aard en datering?
- Indien binnen het gebied een vindplaats aanwezig is, wat zijn dan de gevolgen van de voorgenomen bodemingreep op de vindplaats?

6.3 Resultaten veldwerk

De boorpuntenkaart is opgenomen in Bijlage 1, de boorpuntenkaart met indicatoren in Bijlage 2, de raaiprofielen in Bijlage 3 en de boorstaten in Bijlage 4.

Uit de boorprofielen komt een tamelijk eenduidig beeld naar voren, passend bij kwelderwalafzettingen: de top – circa de eerste 40 cm – is verstoord als gevolg van bodembewerking (ploegen). Daaronder wordt de bodemopbouw gevormd door alternerende lagen van sterk of uiterst siltige klei, zandige klei, kleiig zand of (sterk/uiterst) siltig zand. In het algemeen is er sprake van *fining up*, waarbij de fijnere sedimenten op de grovere zijn afgezet (zie Bijlage 4).

Het is lastig gebleken op basis van de boorprofielen consequent onderscheid te kunnen maken tussen getijdenafzettingen, kwelderafzettingen en kwelderwalafzettingen. Dat is op zich niet verwonderlijk, aangezien het moedermateriaal hetzelfde is en de afzettingen deels zijn opgebouwd uit elkaars geërodeerde en getransporteerde afzettingen.

[5] Waar in dit hoofdstuk gesproken wordt van ‘karterend’, daar wordt duiding conform de FAMKE bedoeld.
[6] boorstaten.nl

Getijdenafzettingen zijn aangetroffen op diepten tussen ongeveer 150 en 200 cm –mv (bijvoorbeeld 60 (200 cm-mv), 61 (185 cm –mv), 63 (200 cm) , 64 (180 cm), 65 (170 cm), 68 (210 cm). Wadplaten zijn herkend in boringen 125 – 134 op een diepte vanaf ongeveer 150 cm –mv. Deze bestaan uit matig siltig, zeer fijn zand, dat sterk kalkhoudend is. In boring 135 is onder het wadzand veen (Hollandveen) aangetroffen op een diepte tussen 350 – 540 cm. Op de getijdenafzettingen liggen kwelderafzettingen en kwelderwallen, overwegend bestaande uit sterk/uiterst siltige klei op zandige klei of kleiig zand. De kwelderafzettingen zijn vaak herkenbaar door het voorkomen van veel en meestal zeer dunne klei of zandbandjes.

Zandige kwelderafzettingen zijn aangetroffen in het oostelijk deel van het tracé, vanaf boring 112. Vanaf het maaiveld wordt de bodemopbouw hier bepaald door sterk kleiig zand op uiterst siltig fijn zand. Vaak zijn de lagen sterk vermengd: zo komen zandige brokken voor in kleiige lagen en omgekeerd.

Vanaf boring 122 bestaat het bodemprofiel nog bijna uitsluitend uit matig en sterk siltig fijn zand. De zandafzettingen vormen een aanwijzing dat deze kwelderwal relatief dicht bij de zee is gevormd, aangezien de grovere deeltjes bij een overstroming het eerst sedimenteren. Daarentegen zijn in het westelijk deel van het plangebied verhoudingsgewijs vaker matig siltige kleilagen aan te treffen (bijvoorbeeld boringen 2,4,5,6 en 7). Deze locatie was verder van de zee afgelegen.

Geulafzettingen zijn aangetroffen in boring 78 (locatie Wierumer Opvaart). In enkele boringen zijn resten van het Hollandveen aangetroffen (Tabel 4).

Tabel 4 Boringen waarin Hollandveen is aangetroffen.

Boring	diepte van - tot (in cm –NAP)
1	vanaf 190
7	320 - 340
41	vanaf 250
44	200-240
107	290-240
111	330-360
135	300-480

In de meeste boringen ligt het Hollandveen dieper dan 250 cm (geplande verstoringsdiepte).

6.3.1 Archeologie

Het booronderzoek heeft geen concrete terplagen opgeleverd, evenmin als lagen die konden worden herkend als terpzool of bewoningshorizont. In een aantal boringen zijn archeologische indicatoren aangetroffen. Onderstaande tabel vermeldt de betreffende boornummers, het type indicator en de laagdiepte waarop deze is aangetroffen. In Bijlage 2 zijn de vondstlocaties aangegeven.

Tabel 5 Boorpunten met archeologische indicatoren

Boornummer	Archeologische indicator	Laagdiepte (in cm –mv)
4	baksteen	0-50 (bouwvoor)
4	baksteen, geelbakkend (industrieel)	50-100 (vermoedelijk verstoord)

15	baksteen	0-50 (bouwvoor)
34	baksteen	40-70 (verstoord)
35	baksteen	60-100 (verstoord)
35	baksteen (industrieel)	100-155 (vermoedelijk verstoord)
39	baksteen	0-40 (bouwvoor)
40	baksteen	25-40 (verstoord)
49	baksteen	0-40 (bouwvoor)
50	houtskool	0-50 (bouwvoor)
56	baksteen, verbrande leem	70-90 (slootvulling)
57	baksteen	0-55 (bouwvoor)
67	baksteen	30-40 (verstoord)
74	baksteen	0-40 (bouwvoor)
88	puin	40-65
90	puin	0-45 (bouwvoor)
94	2 fragmenten kogelpotaardewerk, fragment proto steengoed, onverbrand bot, puinbrokjes	maaiveld (oppervlaktekartering)
94	houtskool, puin en leem	40-60
97	fosfaat	130 cm
99	baksteen	30-60
123	puin	70-160 (verstoord)

De meeste vondsten bestaan uit baksteen, aangetroffen in de bouwvoor. De archeologische relevantie van deze categorie is zeer gering. Voor zover determineerbaar gaat het in alle gevallen om industrieel aardewerk. Relevant is boring 94. In deze boring is houtskool, puin en leem aangetroffen en in de onmiddellijke omgeving is onder andere (laat)middeleeuws aardewerk aangetroffen (kogelpotaardewerk en proto-steengoed). Deze indicatoren kunnen duiden op laatmiddeleeuwse bewoning in de onmiddellijke nabijheid. De Wiesterwei maakt op deze locatie een scherpe hoek. Mogelijk hangt de vondst van fosfaat vlekken (boring 97) en baksteen (boring 99) samen met deze mogelijke vindplaats.

De diepteligging van het veenpakket in boring 1 is opvallend hoger dan elders in het gasleidingtracé. Uit de (zeer diepe) boringen uit DINO-loket blijkt dat ook het Pleistocene dekzand in dit deel aanzienlijk hoger ligt. De top van het Hollandveen bij Ternaard dateert van ongeveer 1090 voor Chr., zodat geconcludeerd kan worden dat de afzettingen op het veenpakket jonger moeten zijn.

6.4 Beantwoording onderzoeksvragen

Voor het veldonderzoek zijn een aantal onderzoeksvragen geformuleerd. Deze worden hieronder beantwoord:

- ***Hoe ziet de bodemopbouw eruit en is deze intact?***
  De bodemopbouw bestaat kwelderwalafzettingen op kwelderafzettingen. In een aantal boringen zijn hieronder wadafzettingen gevonden. De kwelder(wal)afzettingen bestaan over het algemeen uit sterk-uiterst siltige klei, zandige klei, kleiig zand en siltig zand. Vaak zijn kleiige of siltige laagjes te zien in het bodemprofiel. In oostelijke richting lijken de sedimenten wat grover te worden. In het westelijke deel van het gasleidingtracé bestaan de sedimenten bijna uitsluitend uit zandige afzettingen, wat erop wijst dat deze dicht tegen de toenmalige zeekust zijn afgezet. Dit beeld komt overeen met de paleogeografische geschiedenis van het gebied. Op enkele locaties zijn restanten van het Hollandveen aangetroffen. In het westelijk deel bevinden deze zich nog ondieper dan 250 cm, maar in oostelijke richting bevindt het Hollandveen zich steeds dieper dan de verstoringsdiepte. In de meeste gevallen is het bodemprofiel onder de bouwvoor intact. De bouwvoor heeft een gemiddelde dikte van ongeveer 40 cm. Het archeologische niveau – middeleeuwse bewoning voornamelijk te verwachten op terpen – bevindt zich op of vlak onder het maaiveld. Aangezien het gebied intensief geploegd wordt (aardappelteelt), is het middeleeuwse niveau vermoedelijk sterk aangetast.

- ***Zijn er terplagen of lagen die wijzen op de aanwezigheid van een vlaknederzetting aanwezig?***
  Tijdens het veldwerk zijn geen terplagen, - zolen of sporen van een vlaknederzetting aangetroffen. Gezien de diepte van het niveau waar vlaknederzettingen uit de late ijzertijd/Romeinse tijd worden verwacht, vormen de geplande ingrepen alleen in het meest westelijke deel van het tracé een bedreiging voor deze categorie.

- ***Zijn langs het tracé 'brandlagen' aangetroffen?***
  Het onderzoek heeft geen brandlagen opgeleverd. Uit het bureauonderzoek is gebleken dat deze in de kleilaag direct boven het Hollandveen is te verwachten. In slechts weinig boringen is veen aangetroffen. Behalve in het meest westelijke deel ligt het veen, voor zover nog aanwezig, steeds dieper dan de geplande verstoringsdiepte van 250 cm. Vermoedelijk is de veen-klei overgang door latere erosieve geulen grotendeels verdwenen.

- ***Zijn archeologische indicatoren aanwezig? Zo ja, wat is de horizontale en verticale spreiding hiervan en wat is de aard en datering?***
  In enkele boringen zijn relevante archeologische indicatoren aangetroffen. Dit betreft boring 94, direct ten oosten van de Wiesterwei. Op een diepte van 40-60 cm –mv is hier houtskool, puin en leem aangetroffen. Op deze locatie maakt de Wiesterwei een scherpe knik, die ook op oude kaarten reeds is te zien. Mogelijk vormt dit een aanwijzing dat hier in het verleden bewoning was.
  In de omgeving zijn tijdens een veldkartering onder andere twee fragmenten kogelpotaardewerk en een fragment proto-steengoed gevonden. Wat verder naar het oosten (boring 97 en 99) is op een diepte van 130 cm –mv fosfaat respectievelijk baksteen (30-60 cm –mv) aangetroffen. Fosfaat duidt soms op de aanwezigheid van organisch rijke stoffen, zoals mest. Het baksteenfragment in boring 99 is mogelijk uit de bouwvoor afkomstig. Aangenomen wordt dat deze geen archeologische relevantie heeft. Datzelfde geldt voor de talloze baksteenfragmenten die in de bouwvoor of in een verstoorde laag zijn aangetroffen.

- ***Indien binnen het gebied een vindplaats aanwezig is, wat zijn dan de gevolgen van de voorgenomen bodemingreep op de vindplaats?***
  Indien ter hoogte van boring 94 sprake is van een vindplaats, dan kan deze door de geplande sleuf worden aangetast.

7 CONCLUSIES EN ADVIES

7.1 Conclusies bureauonderzoek

Het onderzoeksgebied ligt grotendeels op een kwelderrug dat mogelijk bewoond is vanaf de IJzertijd. Het tracé ligt niet op een bekende archeologische vindplaats, het doorsnijdt ook geen bekende terpen. Wel gaat het tracé (optie 2) over een terrein waar een historisch boerderijterrein heeft gelegen. Het tracé ligt op een gebied waar sprake is van een archeologisch beleid volgens de FAMKE: zone 1 en zone 2. Voor zone 1 geldt vervolgonderzoek bij een verstoring van meer dan 500m² en zone 1 geldt dat bij een verstoring van meer dan 2500m².

De verwachte archeologie zit met name aan de top van de kwelder(wal)afzettingen die vanaf het maaiveld voorkomen. Het gaat daarbij met name om waarden vanaf de vroege middeleeuwen die voorkomen in of samenhangen met terplagen uit dezelfde periode. Nabij Ternaard en Wie zijn mogelijk ook resten vanaf de late ijzertijd te verwachten. Naar verwachting bevinden waarden uit deze periode zich onder latere terplagen, maar vlaknederzettingen zonder dat daar later een terp is opgeworpen kunnen ook voorkomen. Deze zijn vooral op de wat oudere delen van de kwelderrug te vinden (bij Ternaard en Wie). Elders in het tracé worden deze waarden niet verwacht. Waarden uit oudere perioden worden niet verwacht: tot na 500 voor Chr. bestond het onderzoeksgebied uit een waddengebied en was daarmee ongeschikt voor bewoning.

7.2 Conclusies verkennend booronderzoek

De aangetroffen bodemopbouw komt grotendeels overeen met het verwachtingsmodel uit het bureauonderzoek. Het gehele traject ligt op een kwelderwal en in de ondergrond bevinden zich kwelderafzettingen op getijdenafzettingen. In het westelijk deel van het tracé bevindt Hollandveen zich relatief gezien ondiep onder het maaiveld. In het resterende deel van het tracé is dit veen of geërodeerd of ligt het dieper dan de geplande verstoringsdiepte. In het oostelijk deel van het tracé komen vooral zandige afzettingen voor, in het westen zijn de afzettingen vooral kleiig. Een en ander hangt samen met de nabijheid van de kustlijn in vroeger tijden.

Archeologisch relevante lagen zijn niet aangetroffen in de boringen. Wel is sprake van een mogelijke vindplaats ter hoogte van boring 94. Op basis van de hier aangetroffen archeologische indicatoren, de historische loop van de Wiesterwei, bekende archeologische vindplaatsen en bodemomstandigheden, is het aannemelijk dat hier een vindplaats ligt. Vermoedelijk gaat het om laatmiddeleeuwse bewoning. Mogelijk is een hier aanwezige terp gemist in het boorgrid of zijn terplagen opgenomen in de bouwvoor. In boring 99 is een archeologische indicator aangetroffen (fosfaat).

7.3 Advies

Op basis van dit geactualiseerde bureauonderzoek wordt het volgende geadviseerd. Voor optie 2 (tracé Noord) wordt vervolgonderzoek geadviseerd, in de vorm van booronderzoek in zones 1 en 2 op de FAMKE. Voor optie 3 (tracé Zuid) wordt op basis van het al uitgevoerde verkennend booronderzoek geen vervolgonderzoek geadviseerd, behalve ter hoogte van boring nr. 94. Dit onderzoek dient zich te richten vanaf de Wiesterwei tot ongeveer 25 m ten oosten van boring 94. Gezien de aard van de ingreep, de aanleg van een brede, diepe sleuf, vormt een archeologische begeleiding van de ontgraving de aangewezen methode van vervolgonderzoek. De veldarcheoloog dient tijdens de ontgravingen voldoende gelegenheid te hebben eventuele archeologische resten te documenteren en veilig te stellen. Voor het overige deel van tracé Zuid wordt geen vervolgonderzoek geadviseerd. De bakstenen die op diverse locaties in de bouwvoor of (verstoorde) lagen direct onder de bouwvoor zijn aangetroffen vormen geen reden tot vervolgonderzoek. De vondst van fosfaat in boring 99 vormt op zich een archeologische indicator, maar kan ook door natuurlijke oorzaak hier terecht zijn gekomen. De geïsoleerde vondst vormt onvoldoende aanleiding hier vervolgonderzoek te adviseren.

Dit advies dient te worden voorgelegd aan de bevoegde overheid, in dit geval de gemeente Dongeradeel, die kan afwijken van het door Arcadis opgestelde advies. Indien tijdens de uitvoer van de civieltechnische werkzaamheden onverhoopt archeologische resten worden aangetroffen, dient contact te worden opgenomen met de gemeente.

BRONNEN

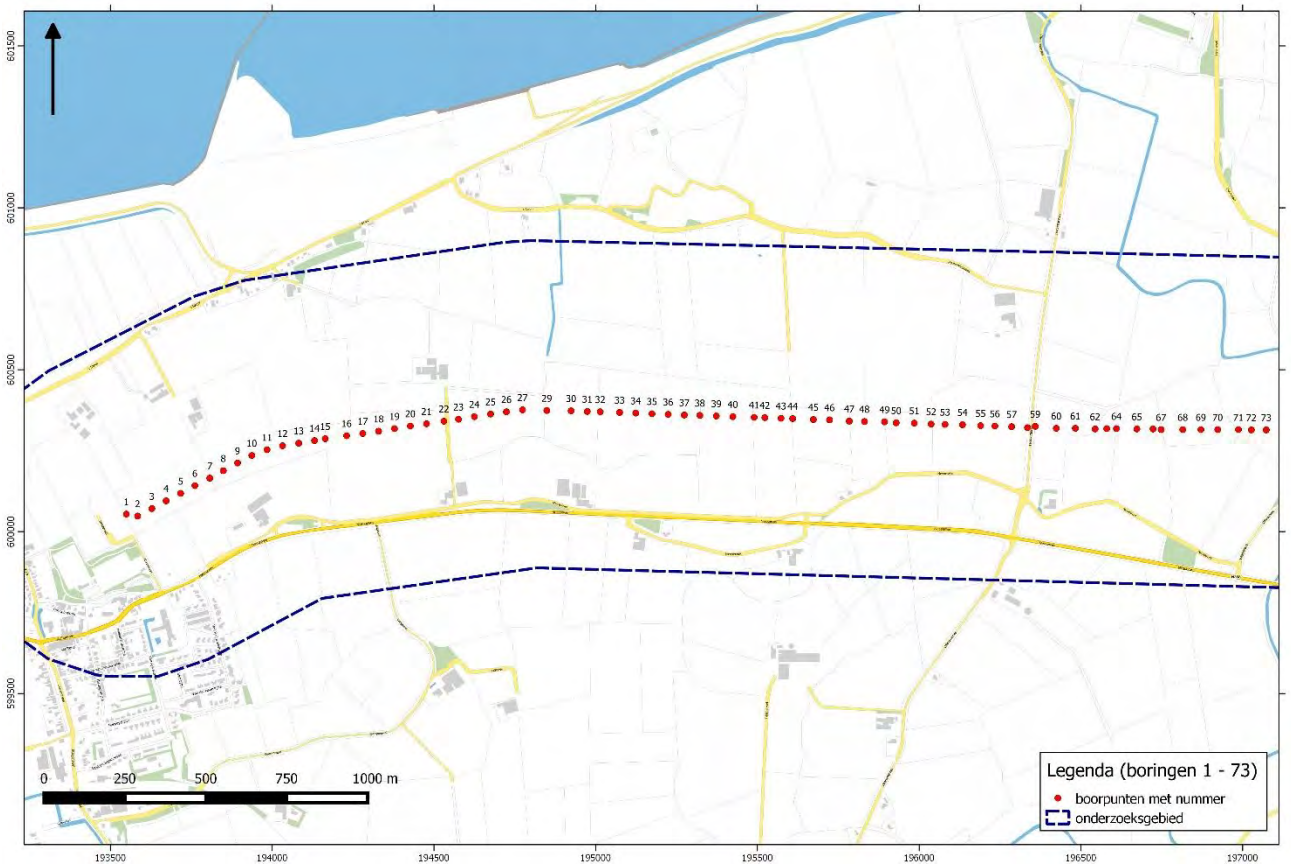
Archeologische kaarten en databastanden

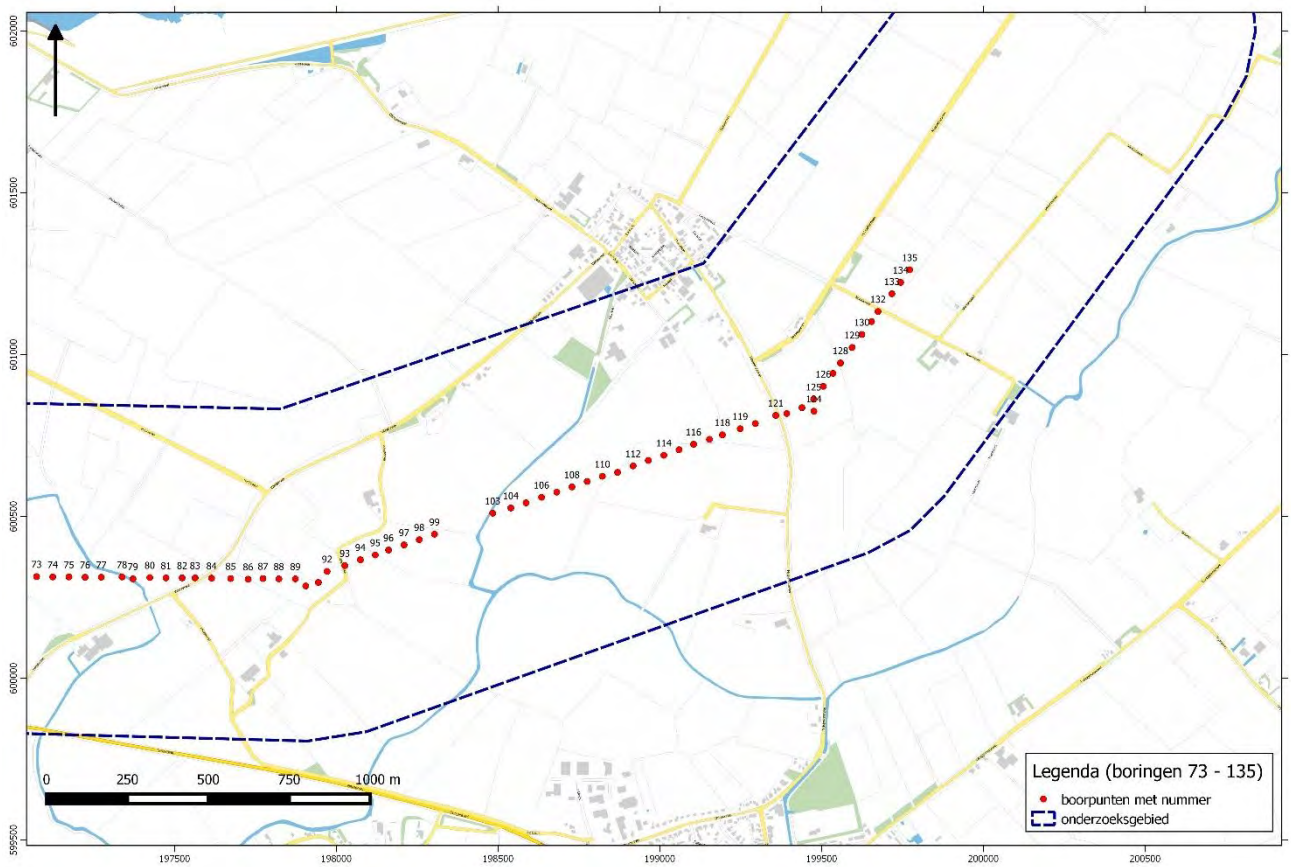
- Actueel Hoogtebestand Nederland (AHN 0,5)
- Archeologisch informatie Systeem (Archis), Rijksdienst voor het Cultureel Erfgoed (RCE), Amersfoort, 2009.
- Bodemkaart Nederland (1:50:000); Alterra.
- DINO-loket (NITG-TNO)
- Friese Archeologische Monumentenkaart Extra (FAMKE)
- Geomorfologische Kaart (1:50:000); Alterra.

Literatuur:

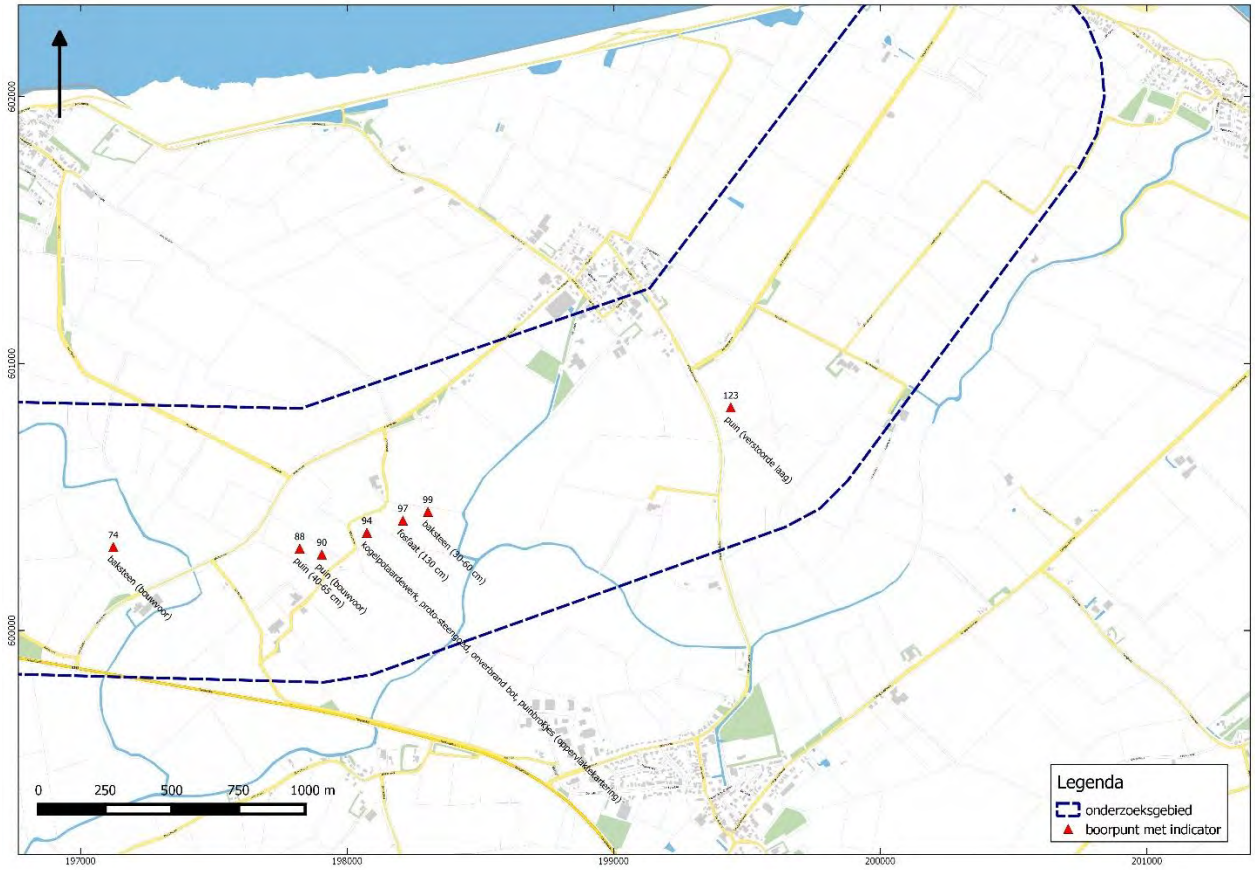
- Aa, A.J. van der, 1848. Aardrijkskundig woordenboek der Nederlanden, elfde deel. Gorinchem.
- Brouwer, E.W., 2016. BO en IVO-verkennend archeologie gastracé Ternaard-Molengat. Arcadis Archeologische Rapporten 81.
- Zijverden, W.K. van en J. de Moor, 2014. Het Groot Profielenboek. Leiden.
- Griede, J.W., 1978. Het ontstaan van Frieslands Noordhoek (Thesis). Amsterdam.

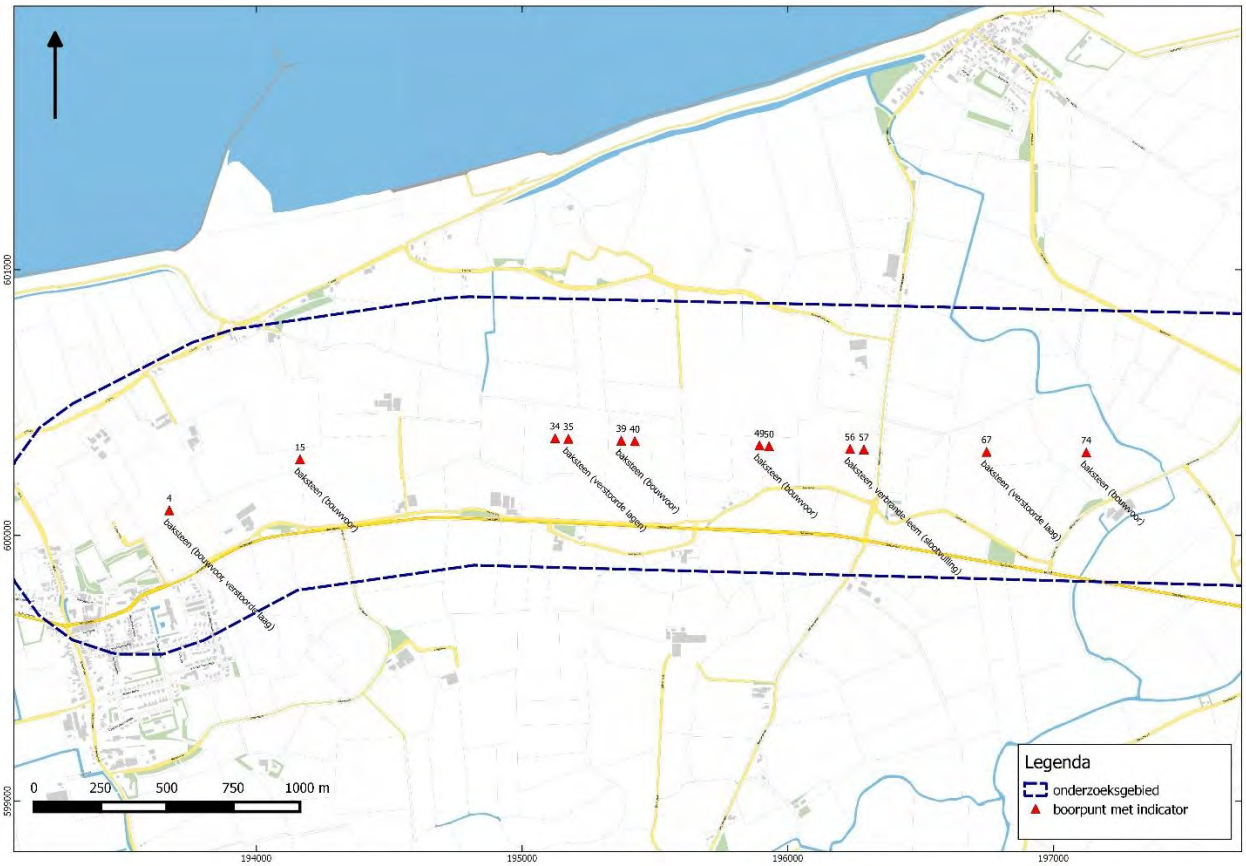
BIJLAGE 1 BOORPUNTENKAART



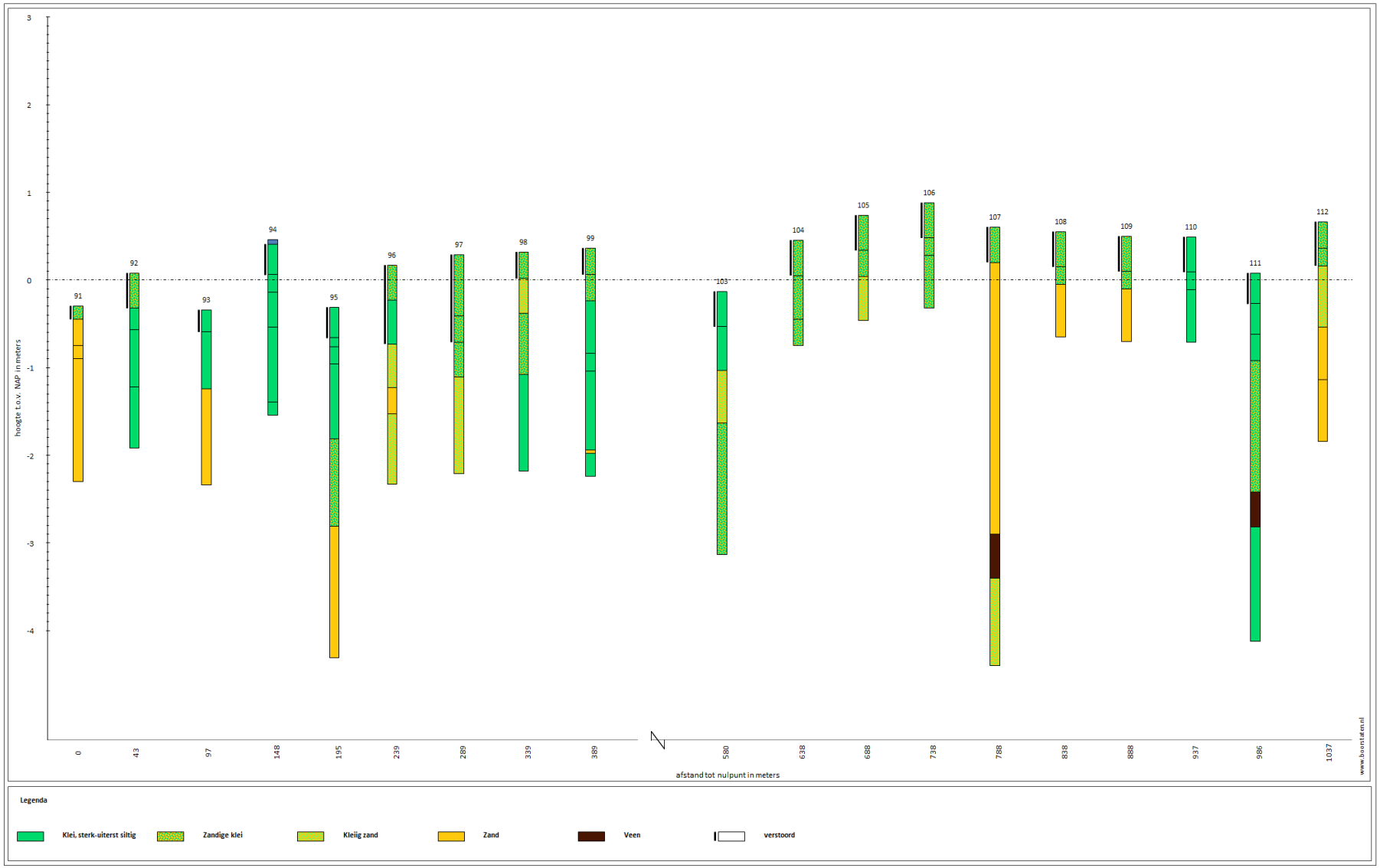


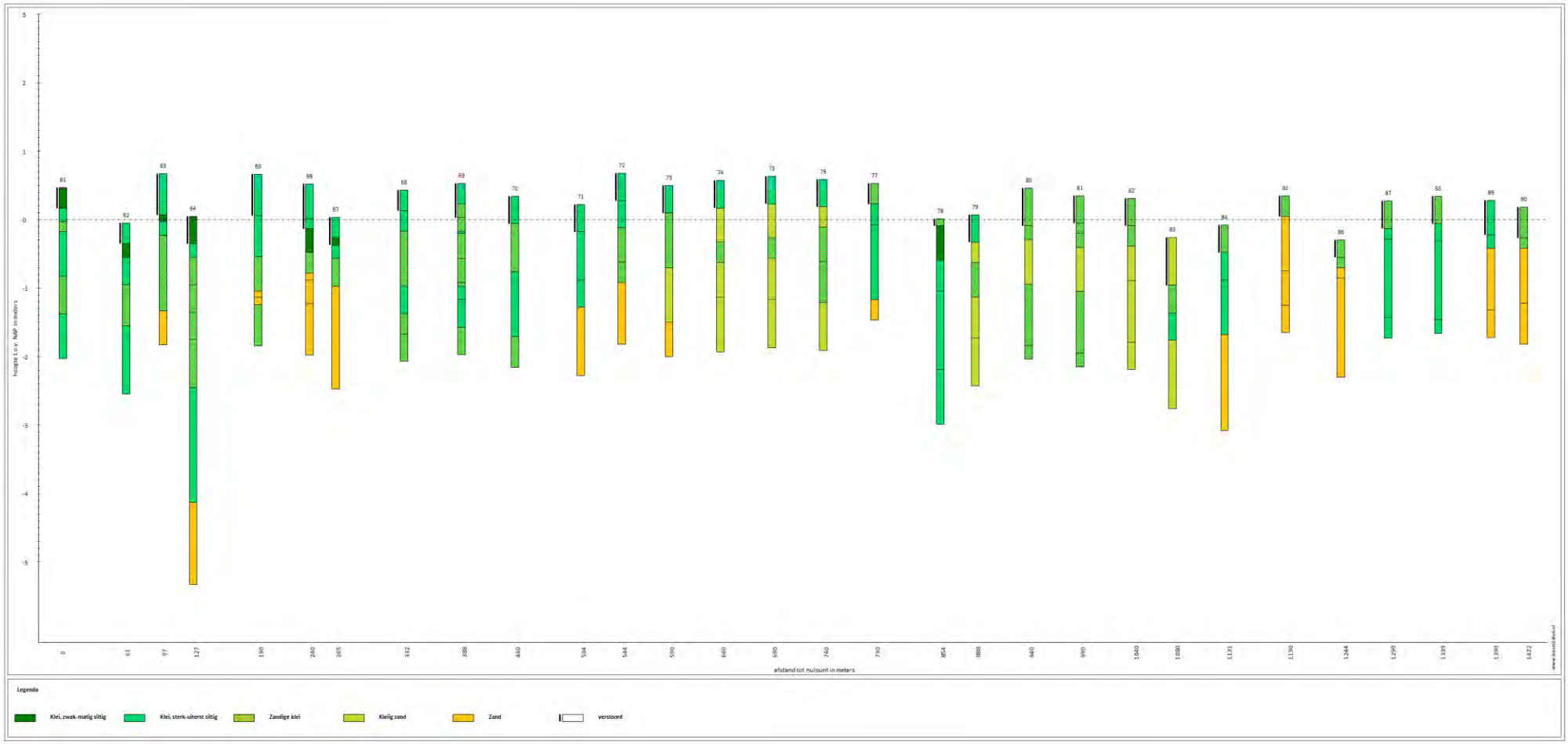
BIJLAGE 3 BOORPUNTENKAART MET INDICATOREN





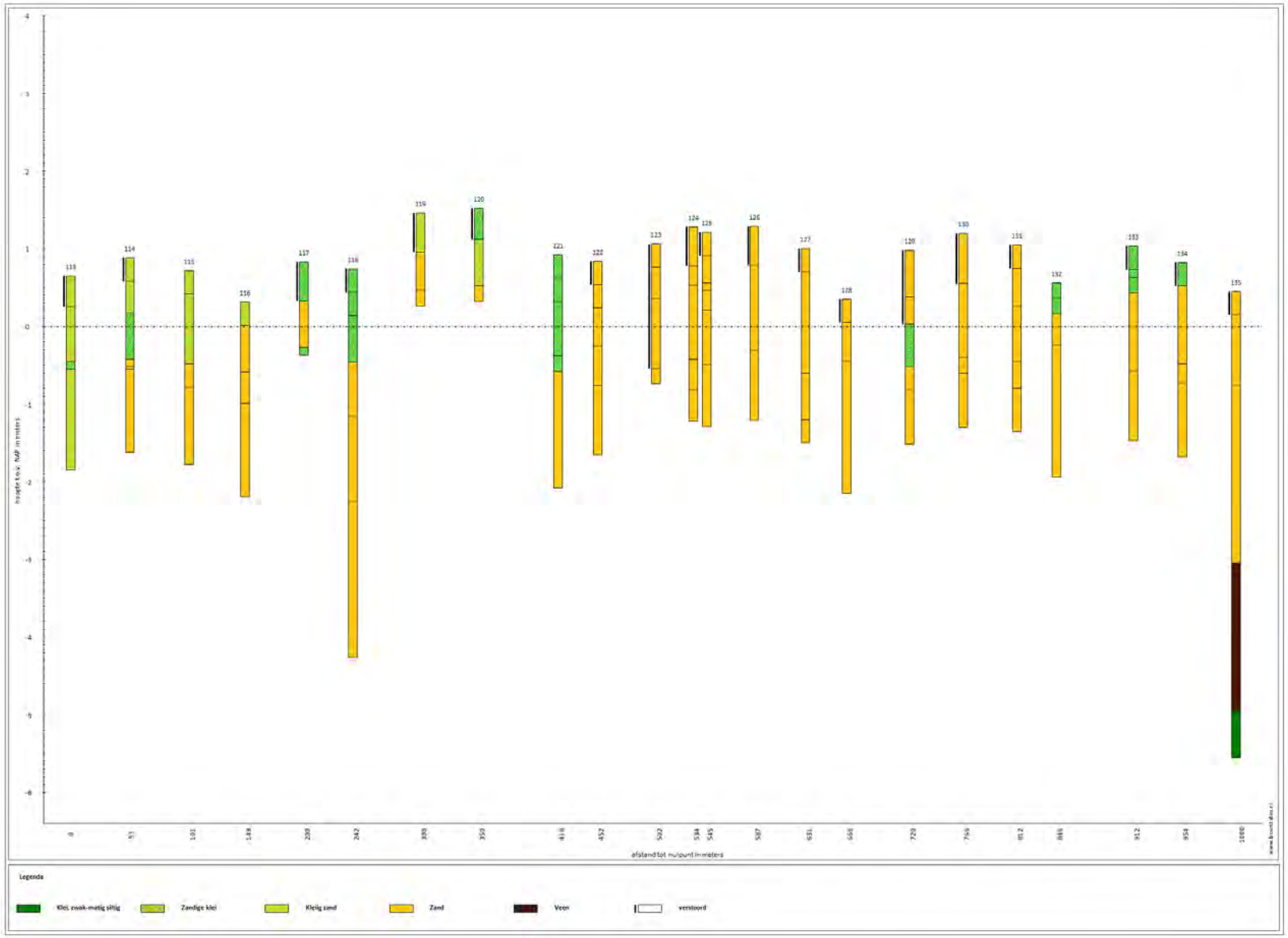
BIJLAGE 3 RAAIPROFIELEN




hoogte t.o.v. NAP in meters
afstand tot nulpunt in meters
Legenda
Klei, zwak-matig siltig
Klei, sterk-uiterst siltig
Zandige klei
Kleiig zand
Zand
verstoord

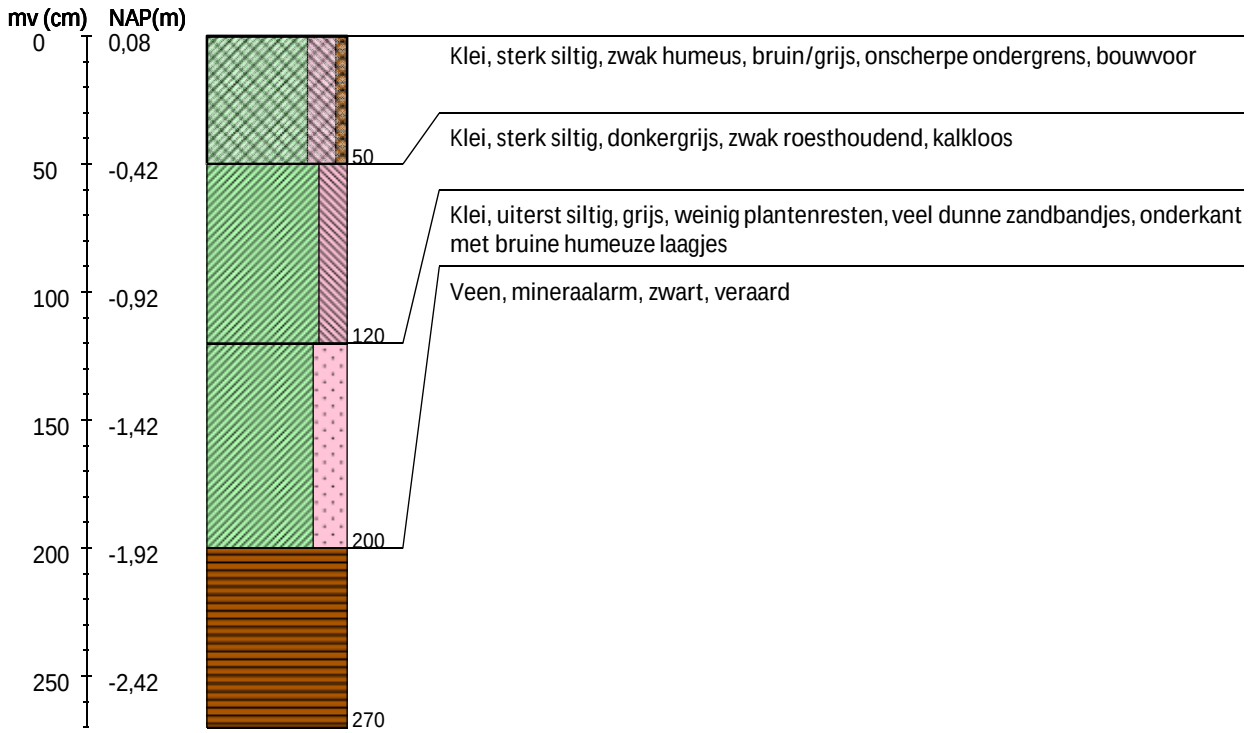
hoogte t.o.v. NAP in meters
afstand tot nulpunt in meters
Legenda
Klei, zwak-matig siltig
Klei, sterk-uiterst siltig
Zandige klei
Zand
Veen
verstoord

hoogte t.o.v. NAP in meters
afstand tot nulpunt in meters
Legenda
Klei, zwak-matig siltig
Klei, sterk-uiterst siltig
Zandige klei
Zand
Veen
verstoord

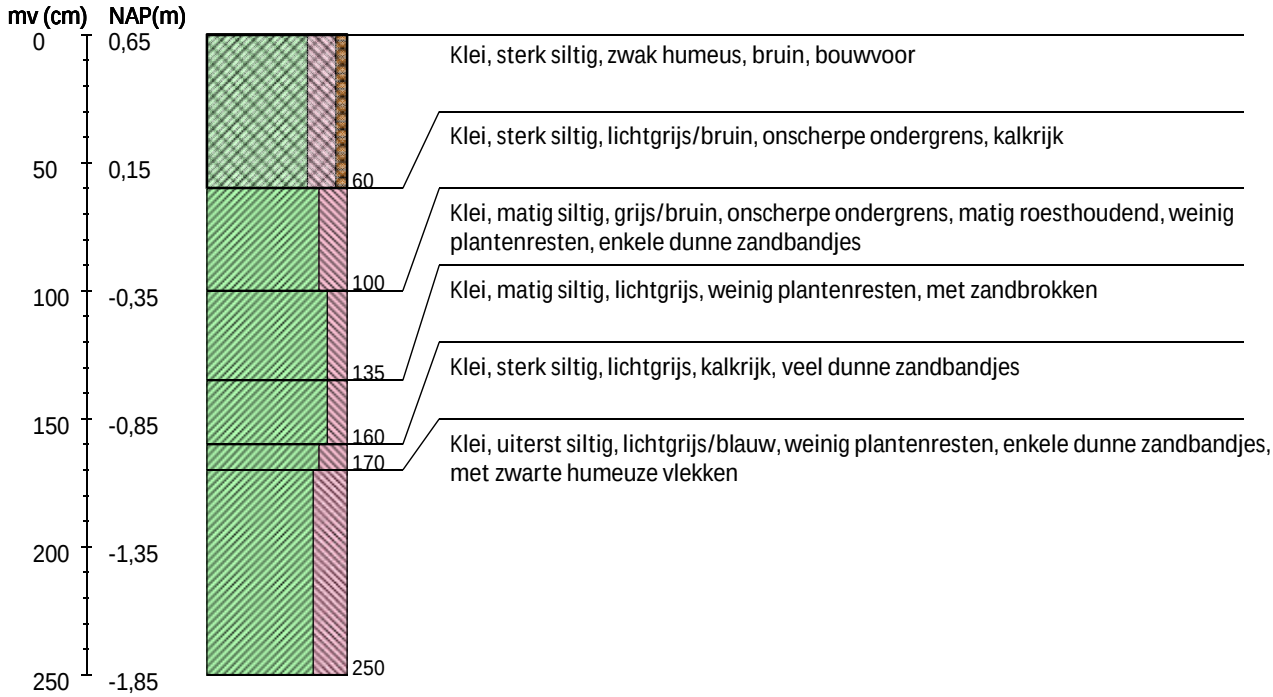

Legenda
Klei, zwak-matig siltig
Zandige klei
Kleiig zand
Zand
Veen
verstoord

BIJLAGE 4 BOORSTATEN

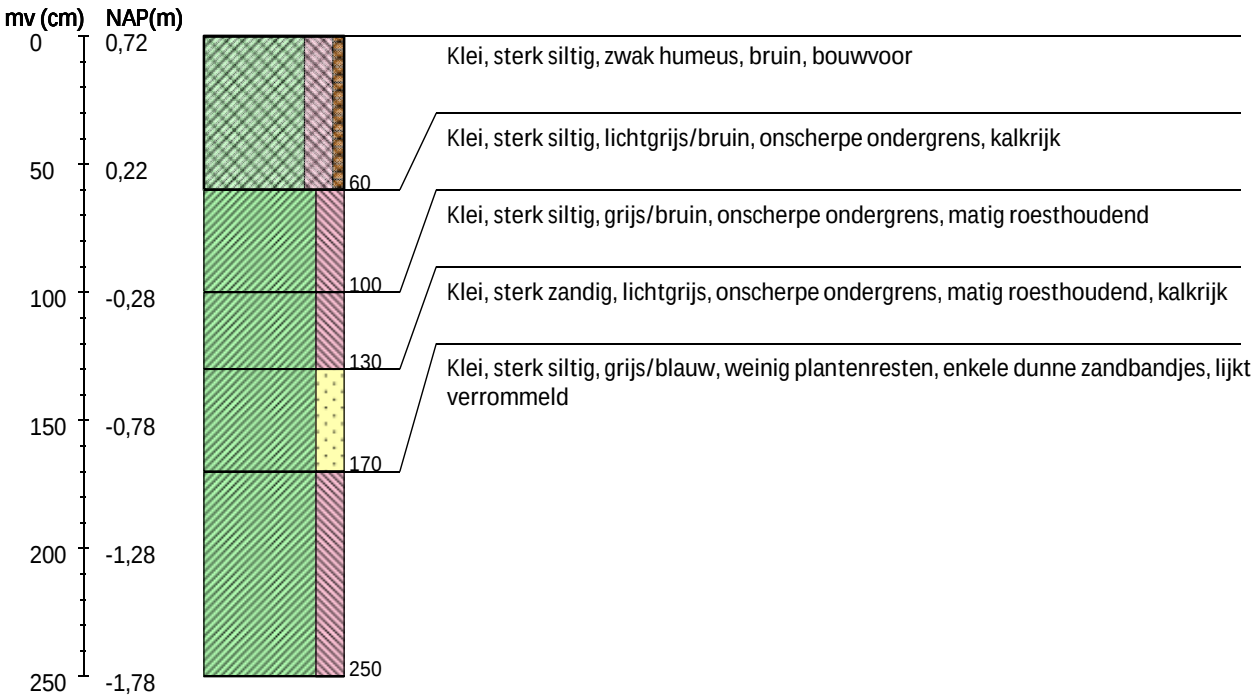
Boring 1 RD-coördinaten: 193549/600054



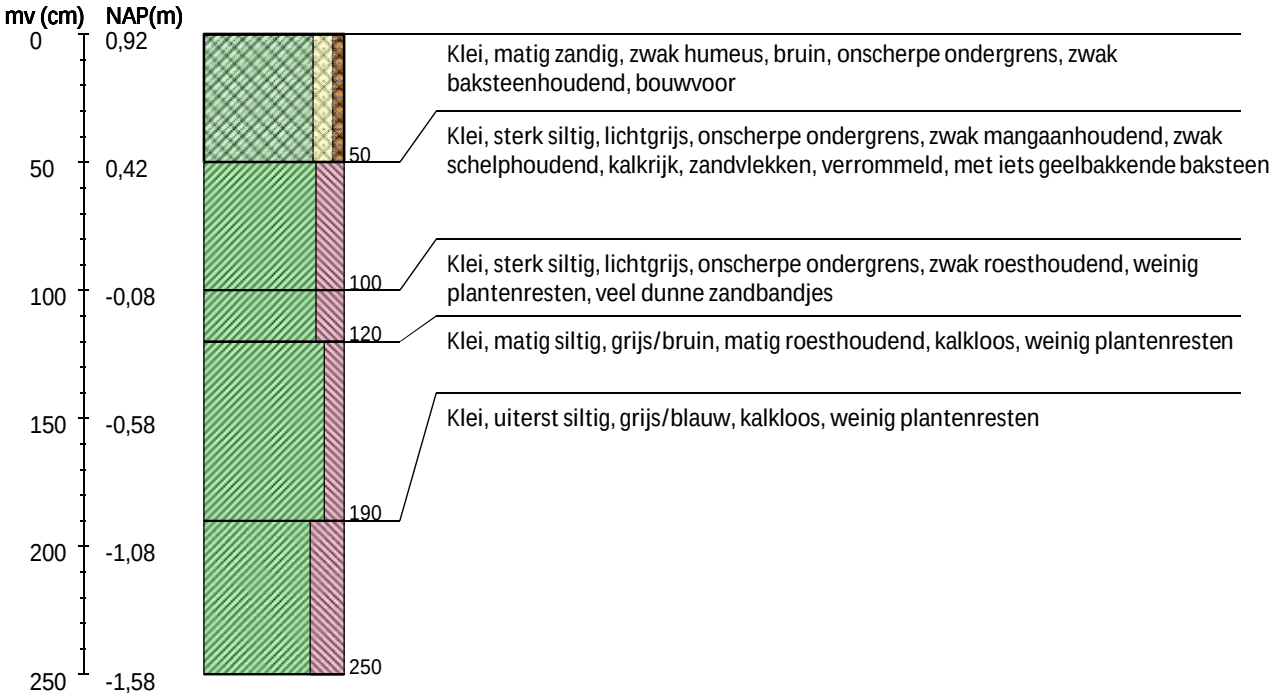
Boring 2 RD-coördinaten: 193584/600048



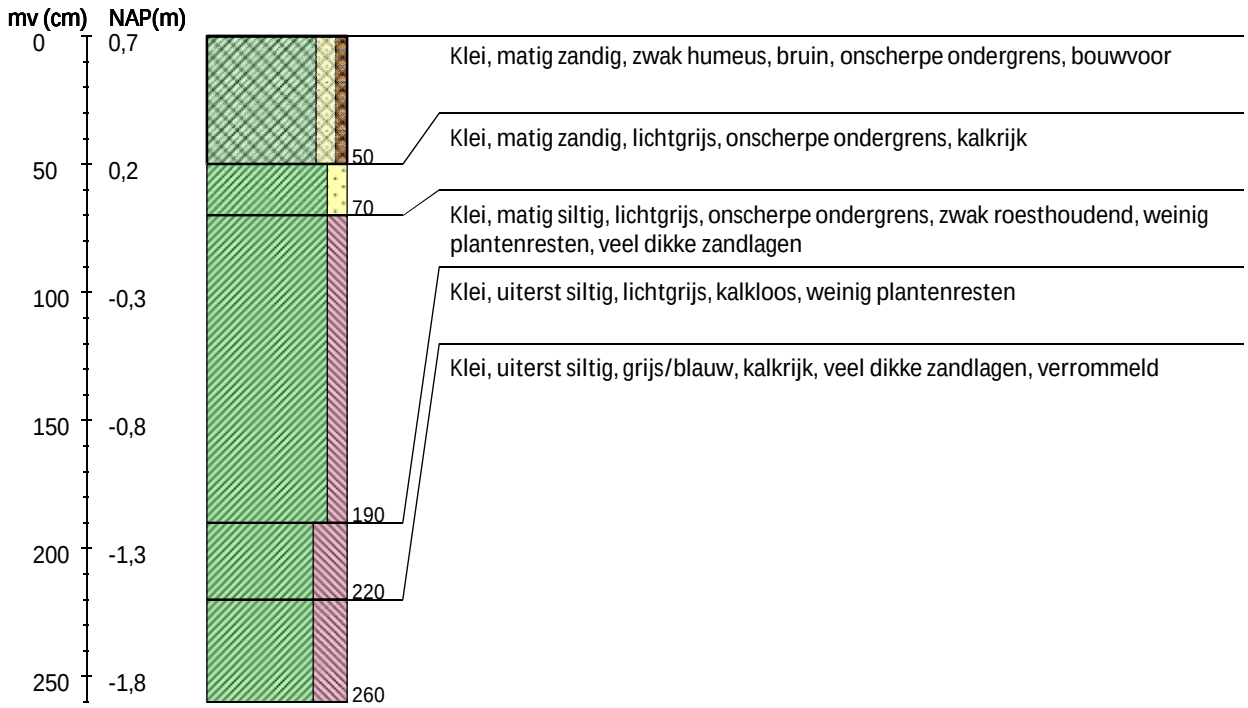
Boring 3 RD-coördinaten: 193628/600071



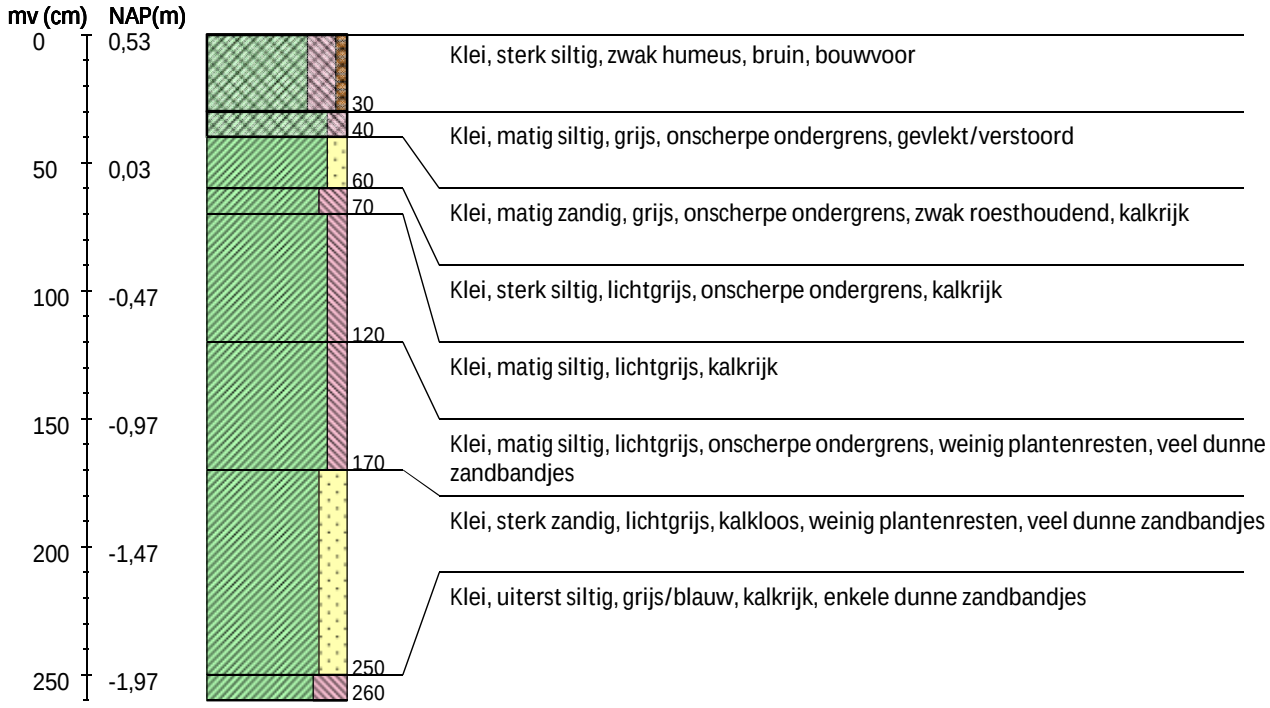
Boring 4 RD-coördinaten: 193672/600095



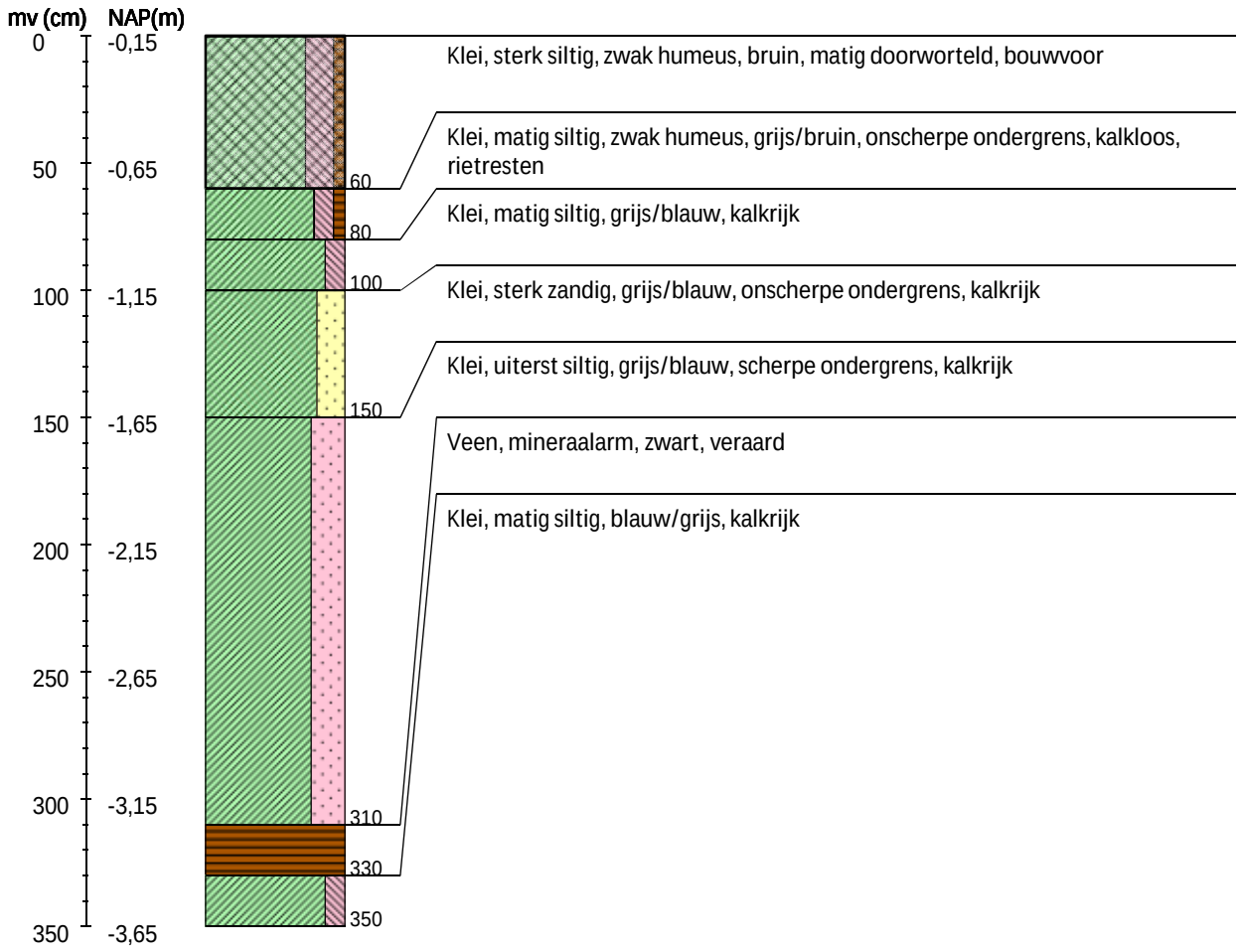
Boring 5 RD-coördinaten: 193717/600118



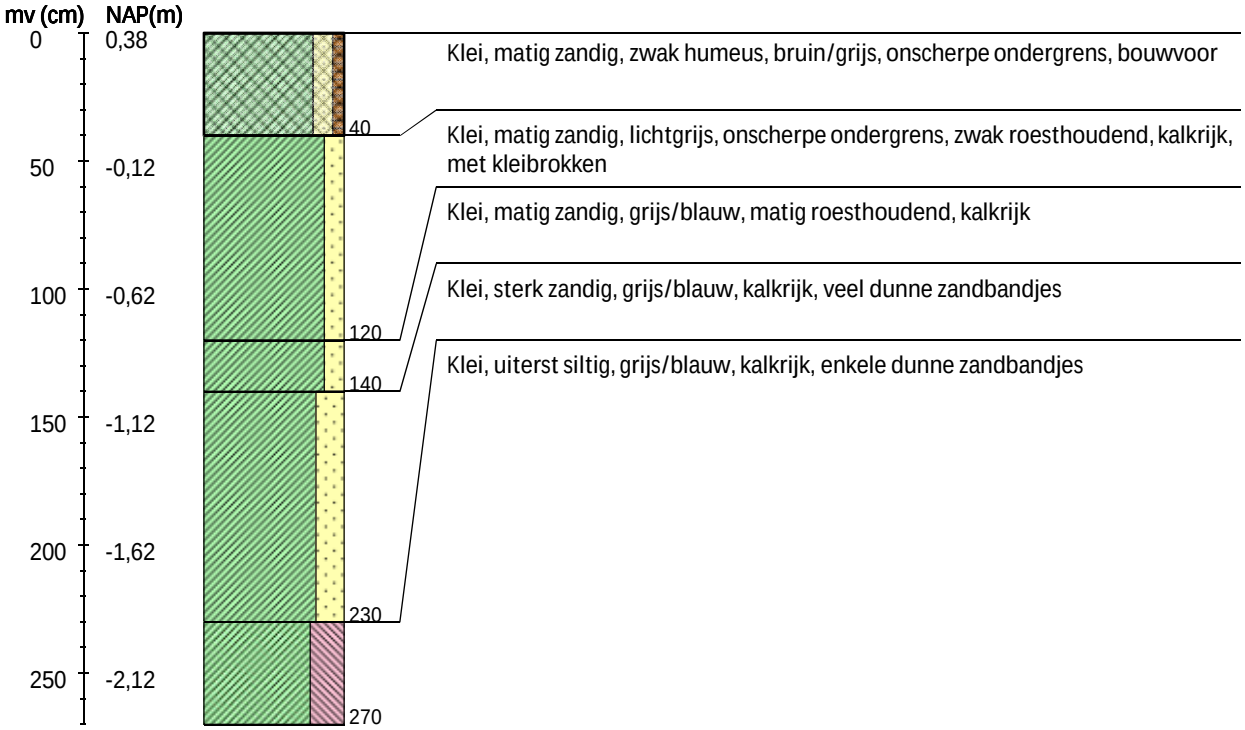
Boring 6 RD-coördinaten: 193761/600142



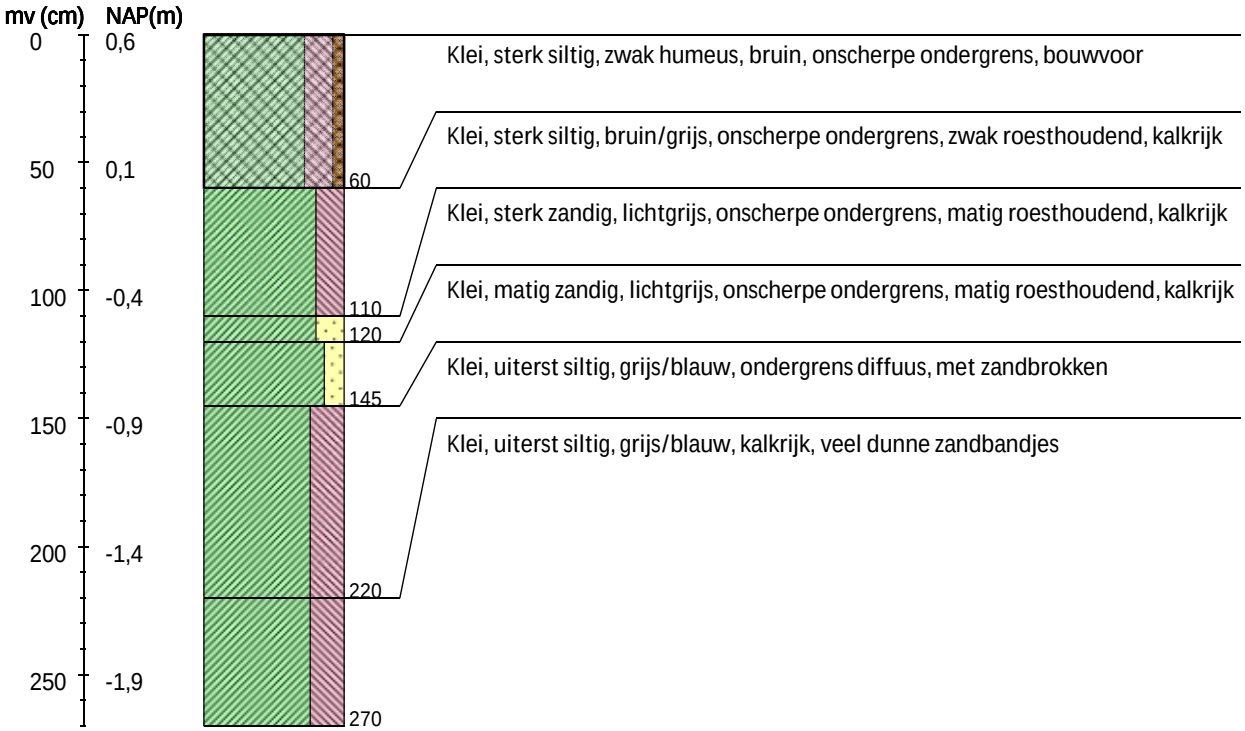
Boring 7 RD-coördinaten: 193807/600165



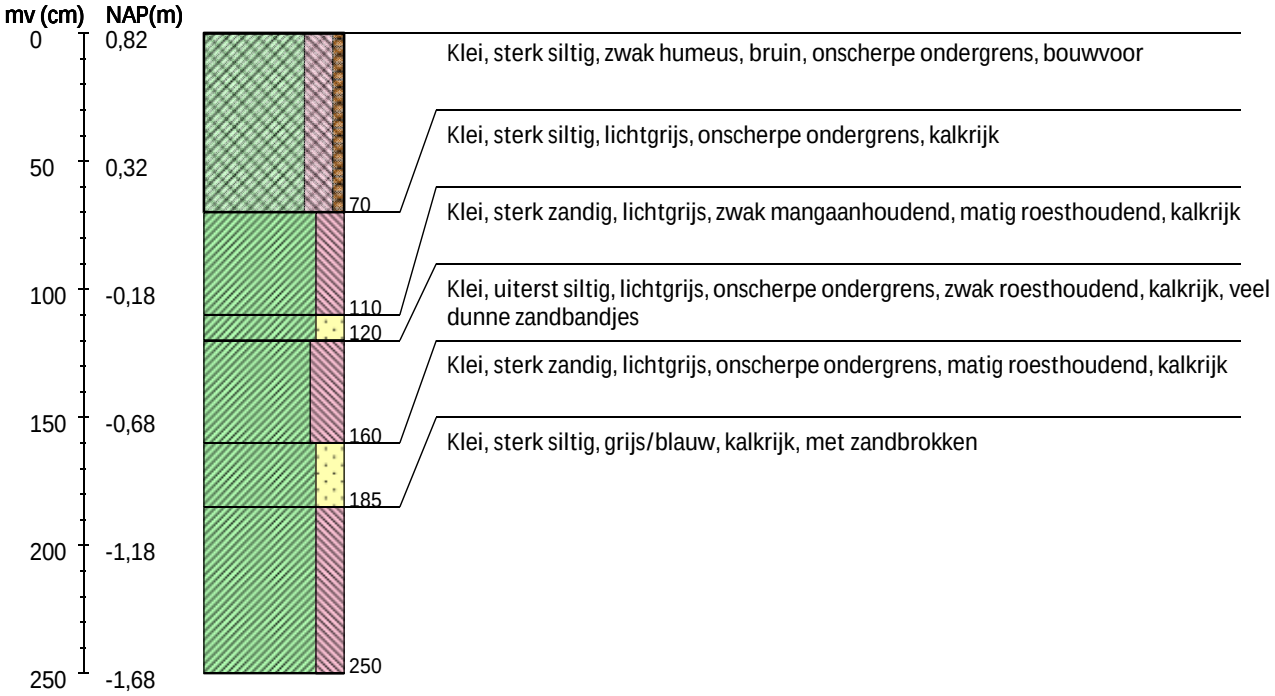
Boring 8 RD-coördinaten: 193849/600188



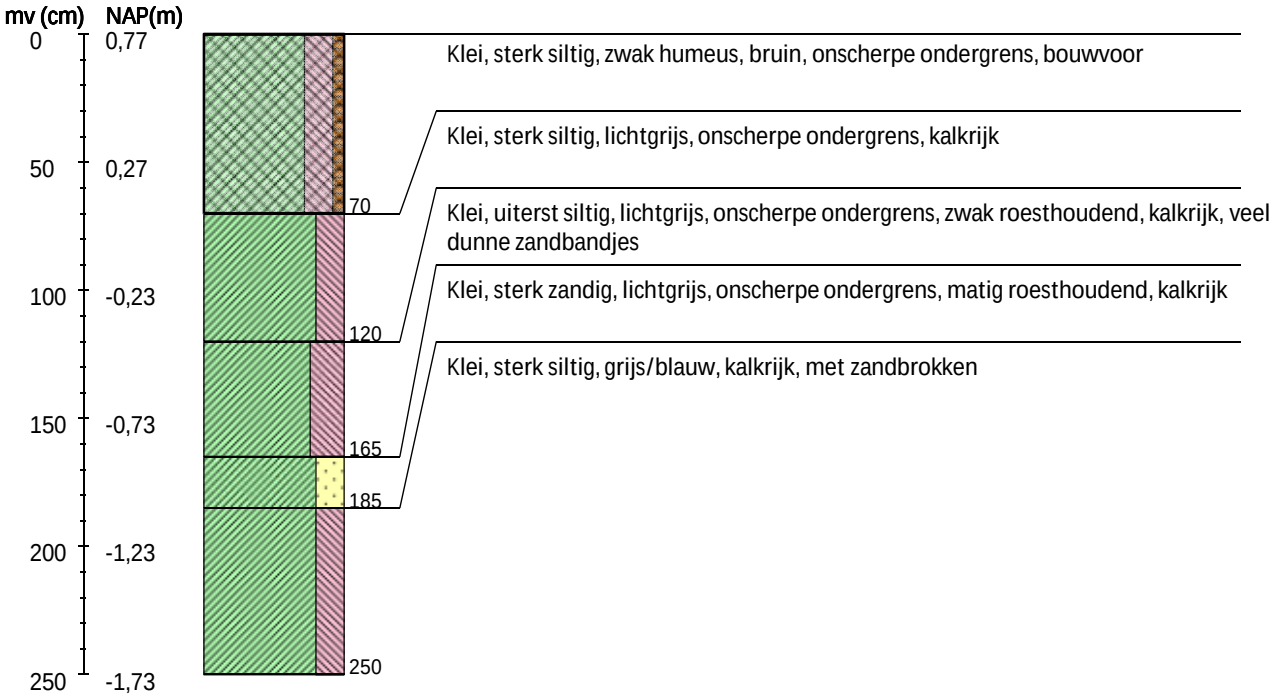
Boring 9 RD-coördinaten: 193893/600212



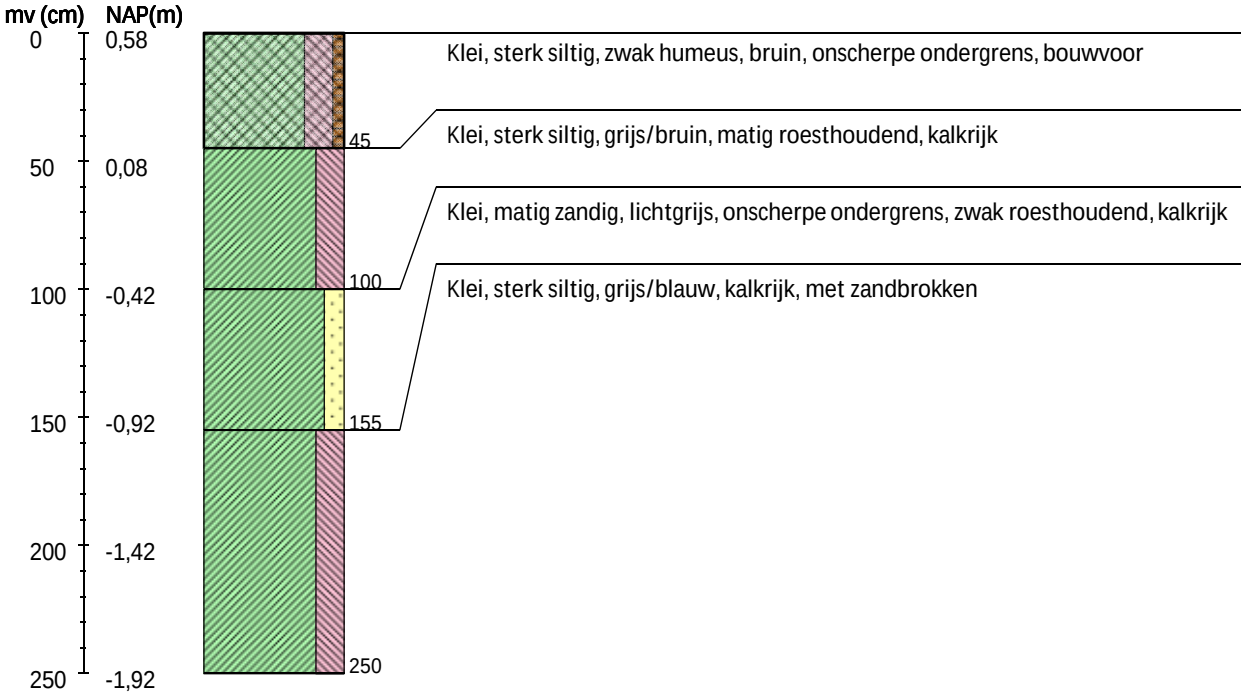
Boring 10 RD-coördinaten: 193937/600235



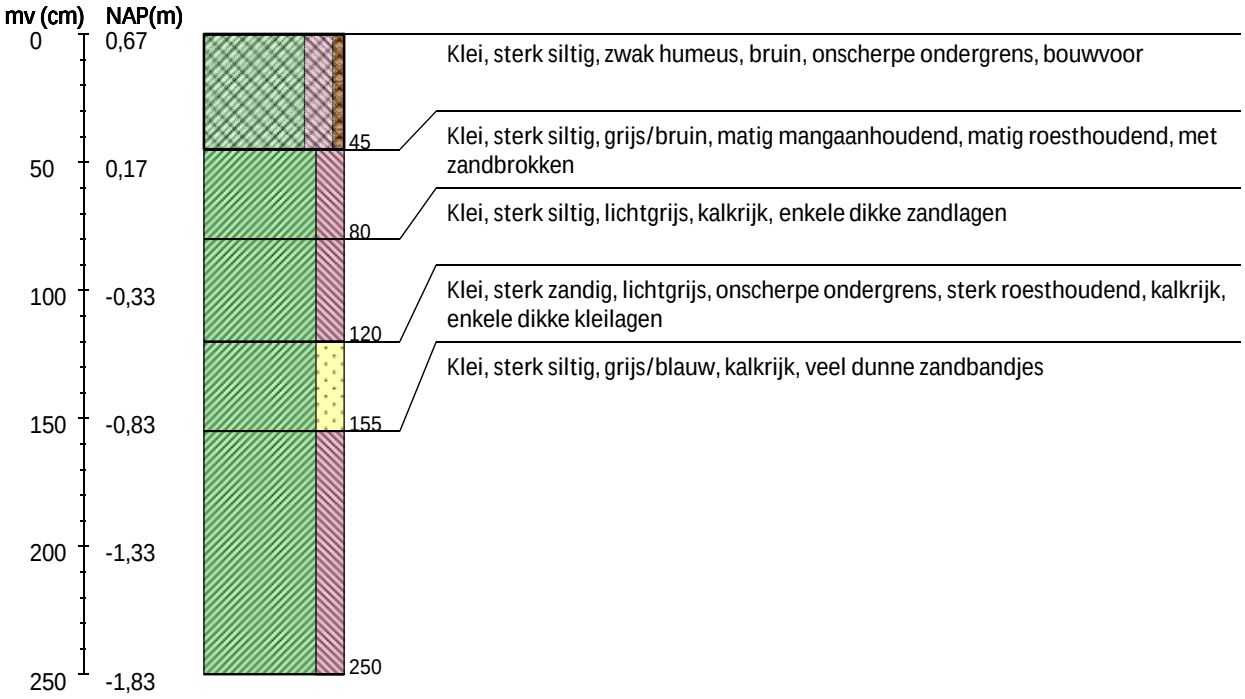
Boring 11 RD-coördinaten: 193984/600253



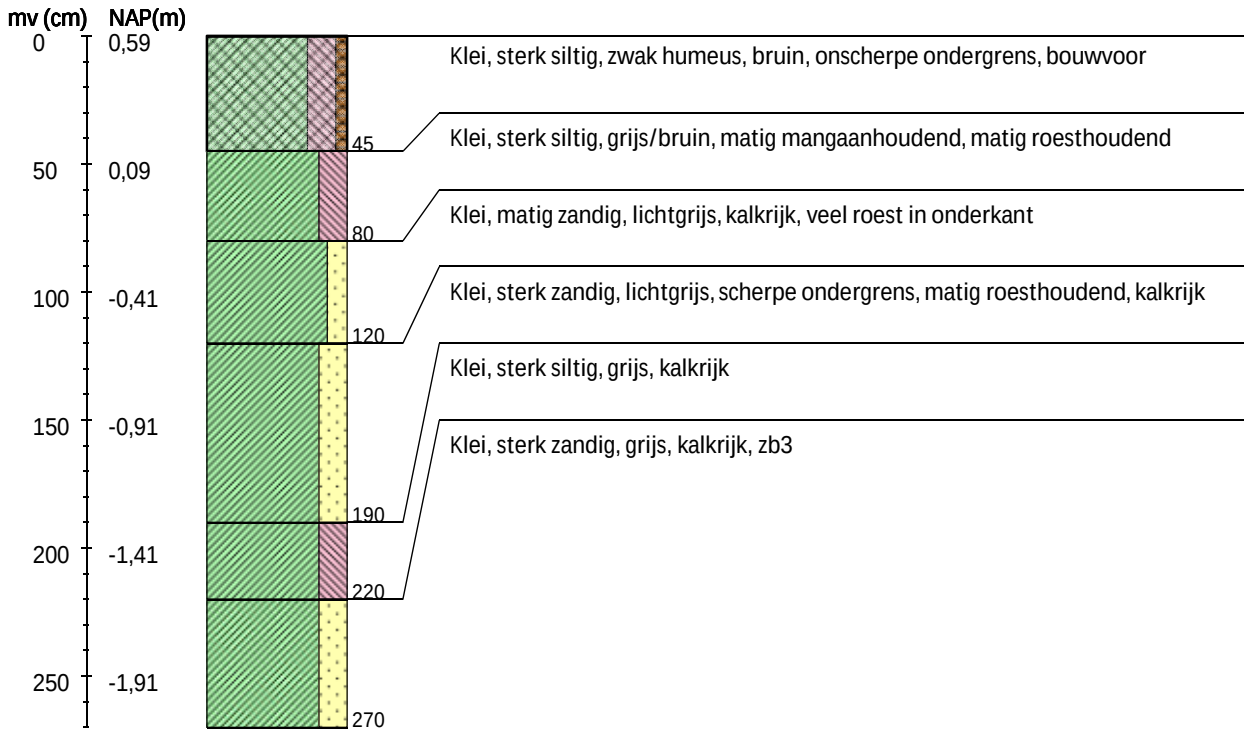
Boring 12 RD-coördinaten: 194032/600265



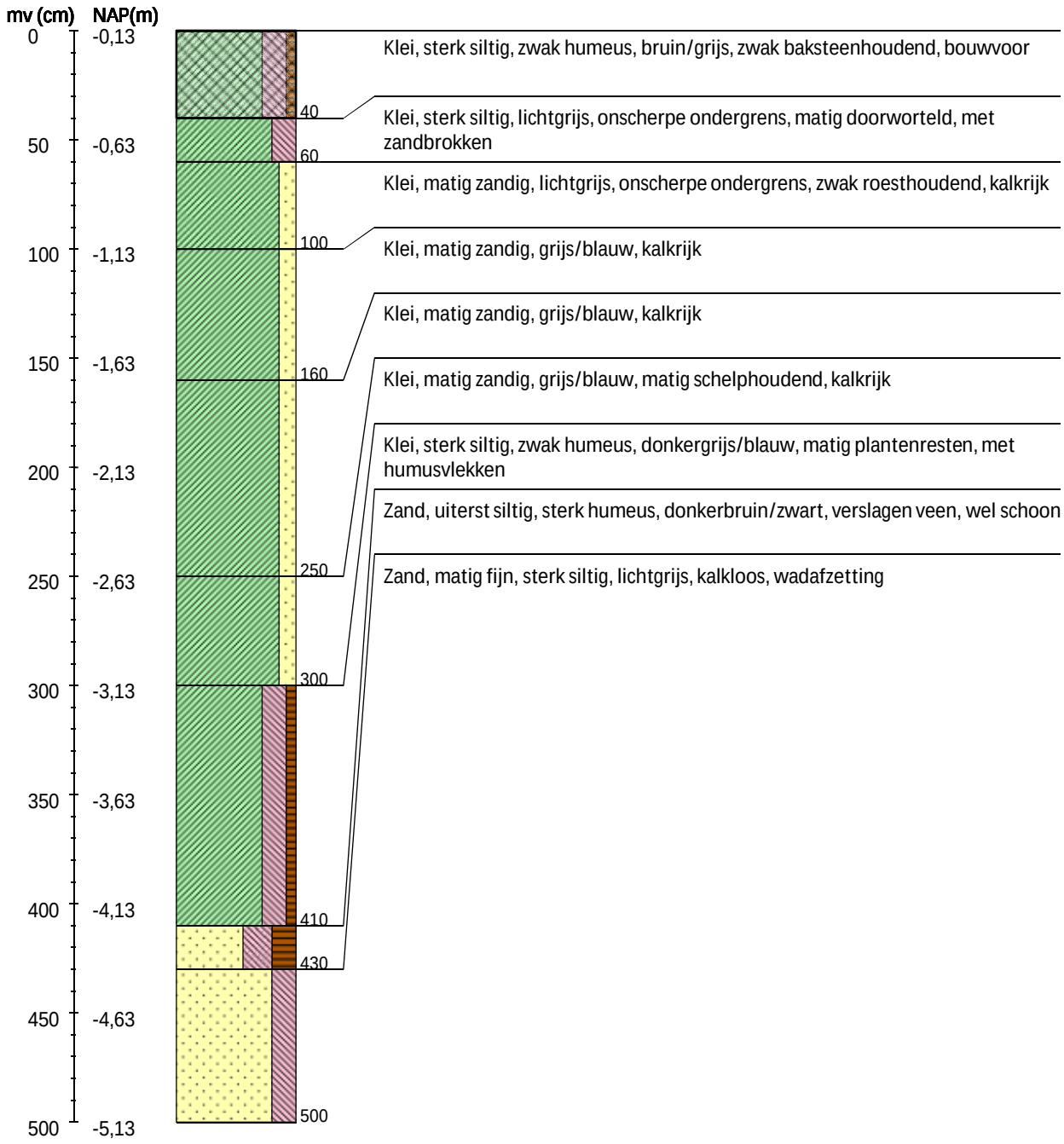
Boring 13 RD-coördinaten: 194082/600273



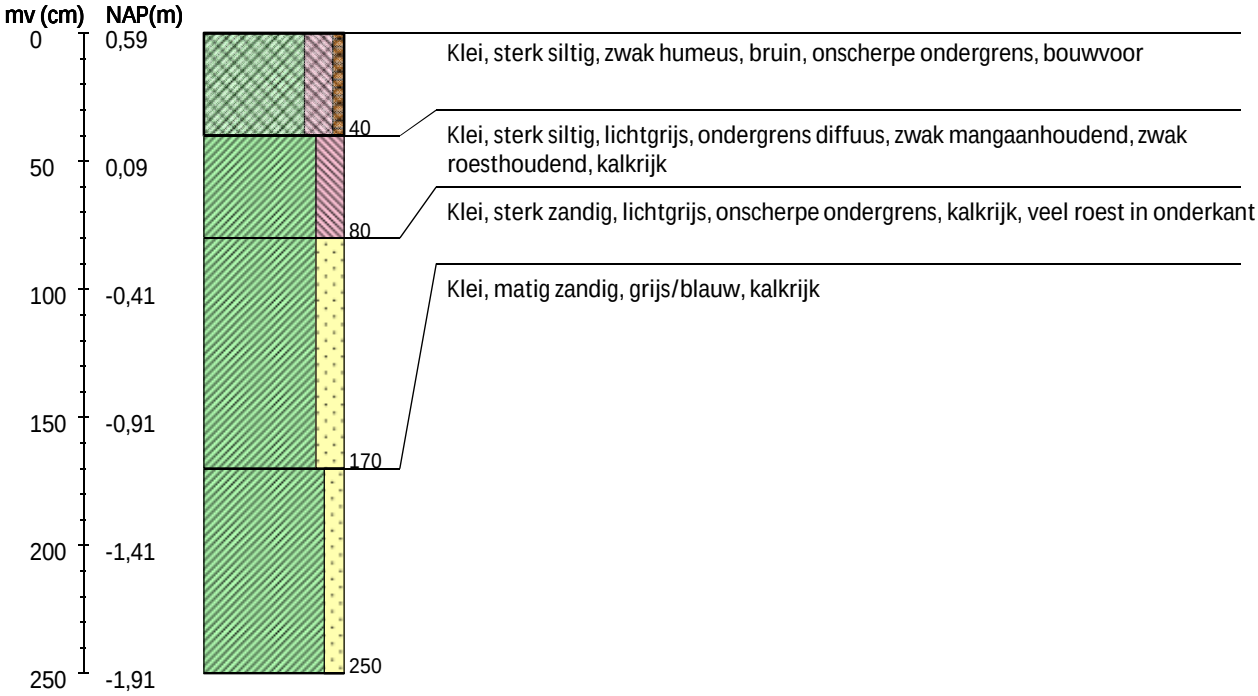
Boring 14 RD-coördinaten: 194131/600281



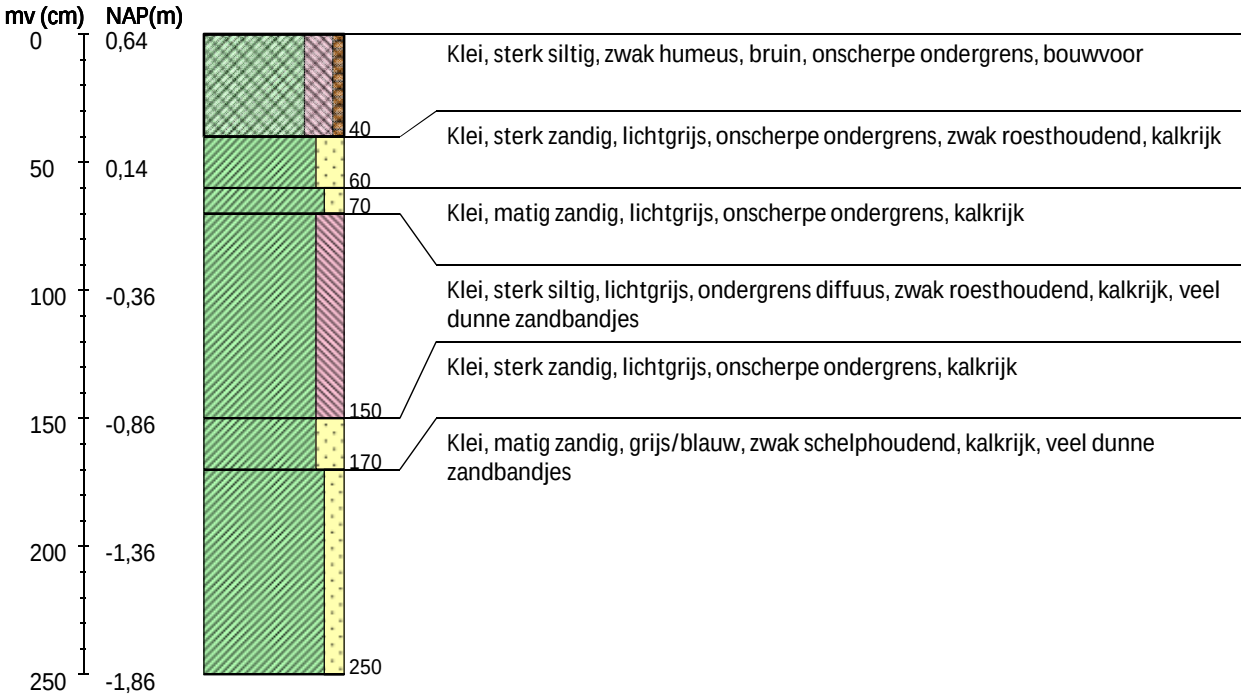
Boring 15 RD-coördinaten: 194164/600287



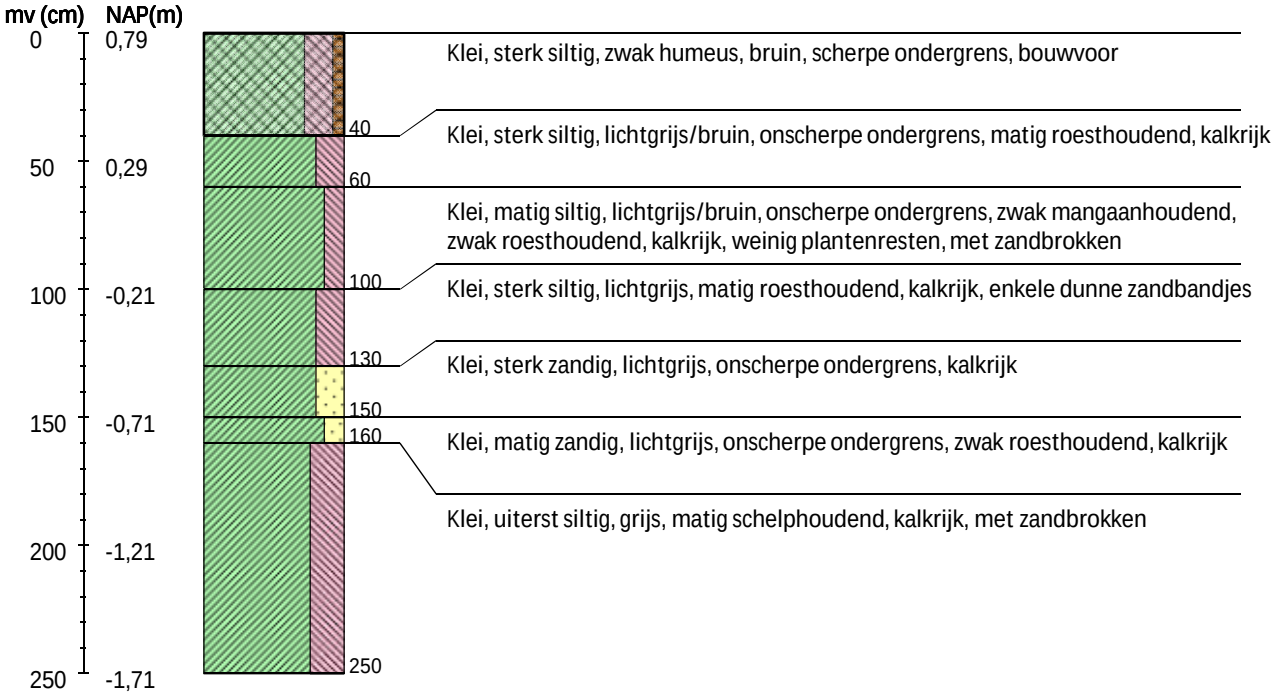
Boring 16 RD-coördinaten: 194230/600296



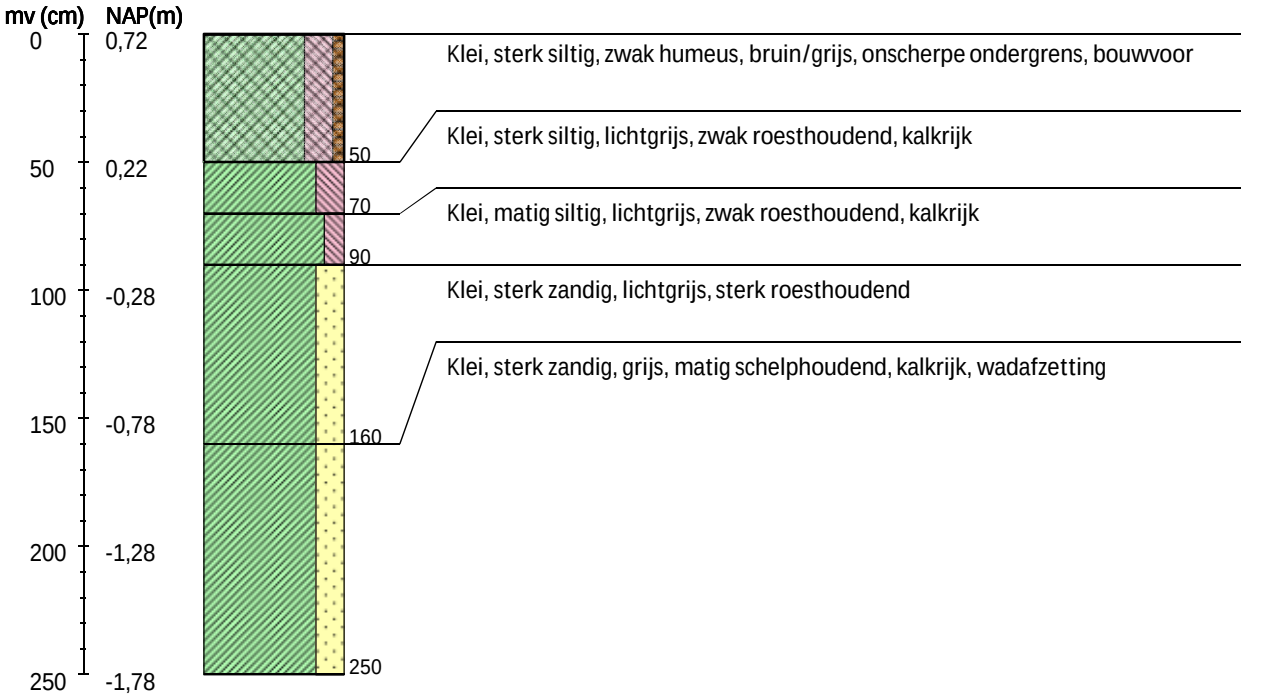
Boring 17 RD-coördinaten: 194280/600303



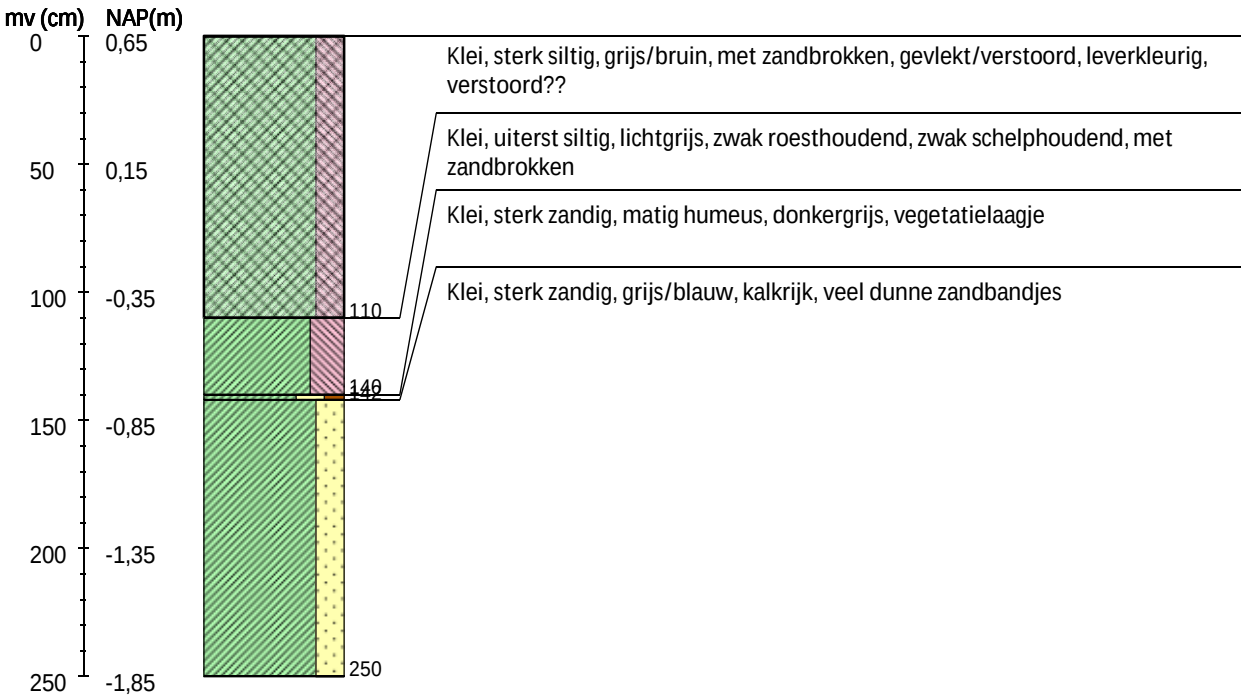
Boring 18 RD-coördinaten: 194329/600310



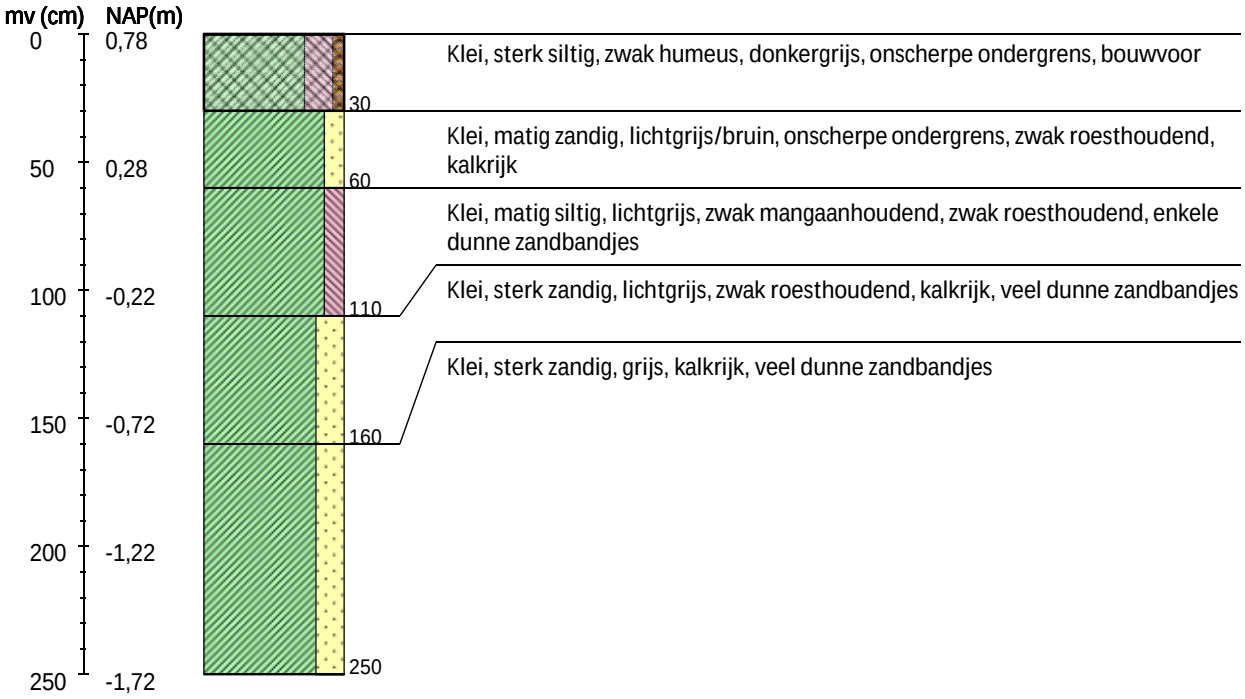
Boring 19 RD-coördinaten: 194378/600318



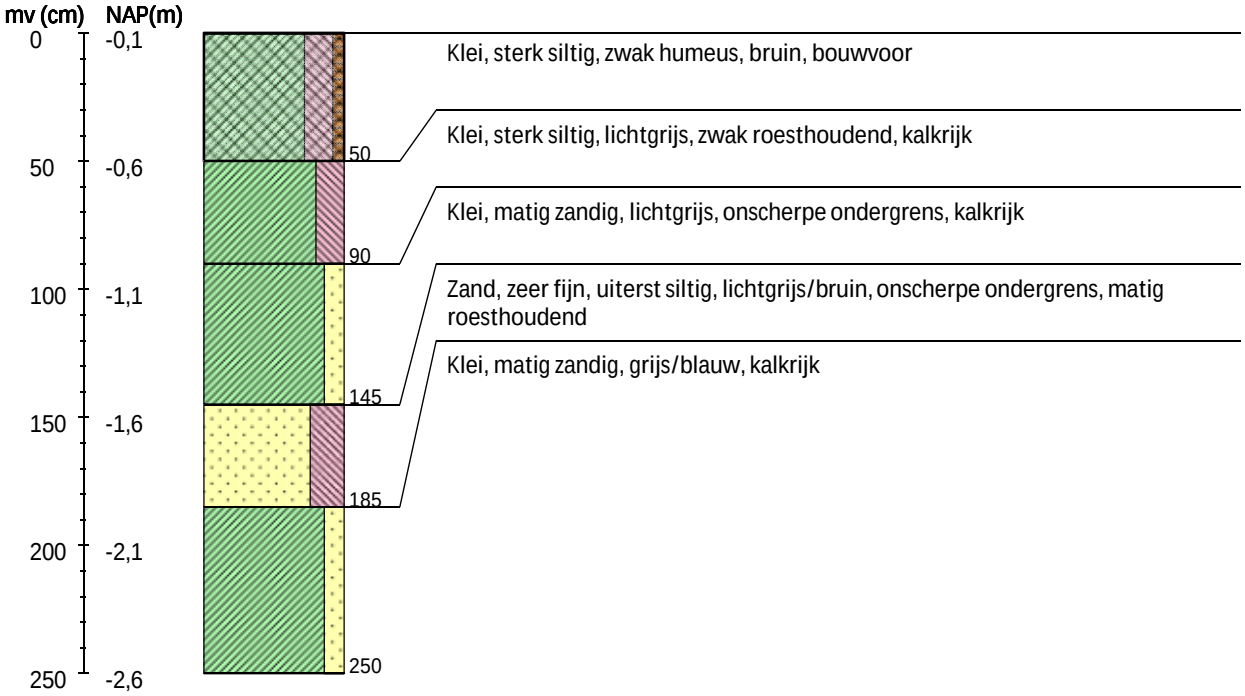
Boring 20 RD-coördinaten: 194427/600326



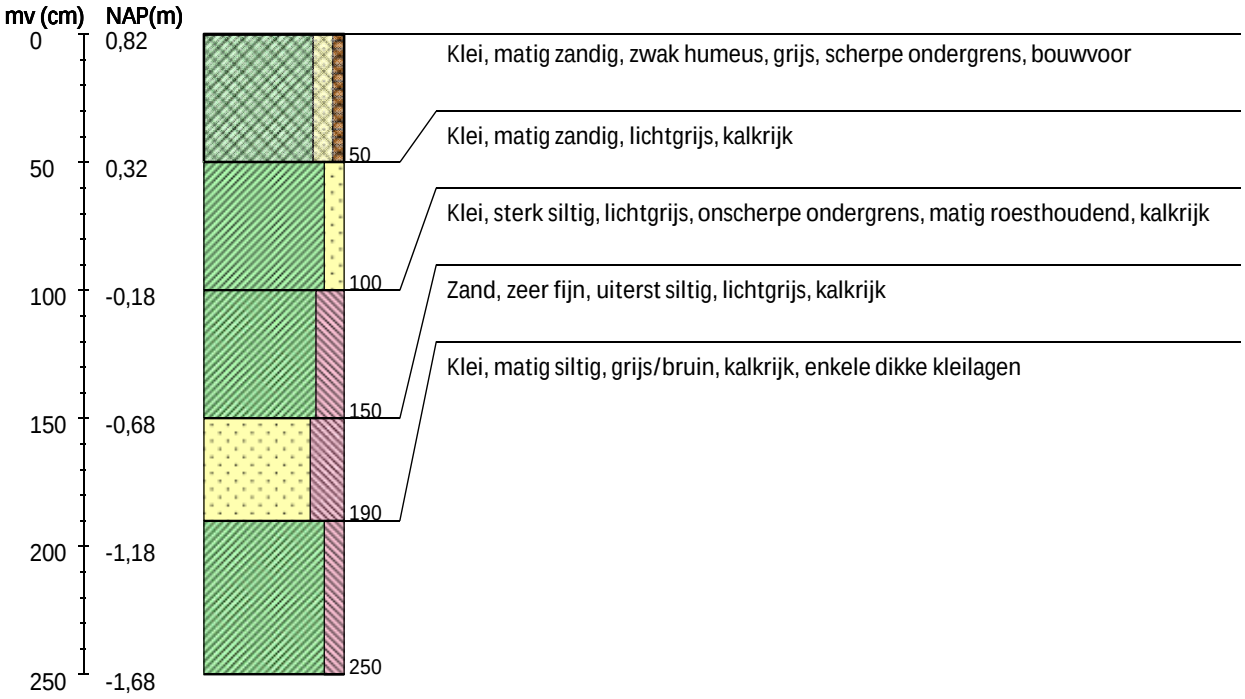
Boring 21 RD-coördinaten: 194477/600333



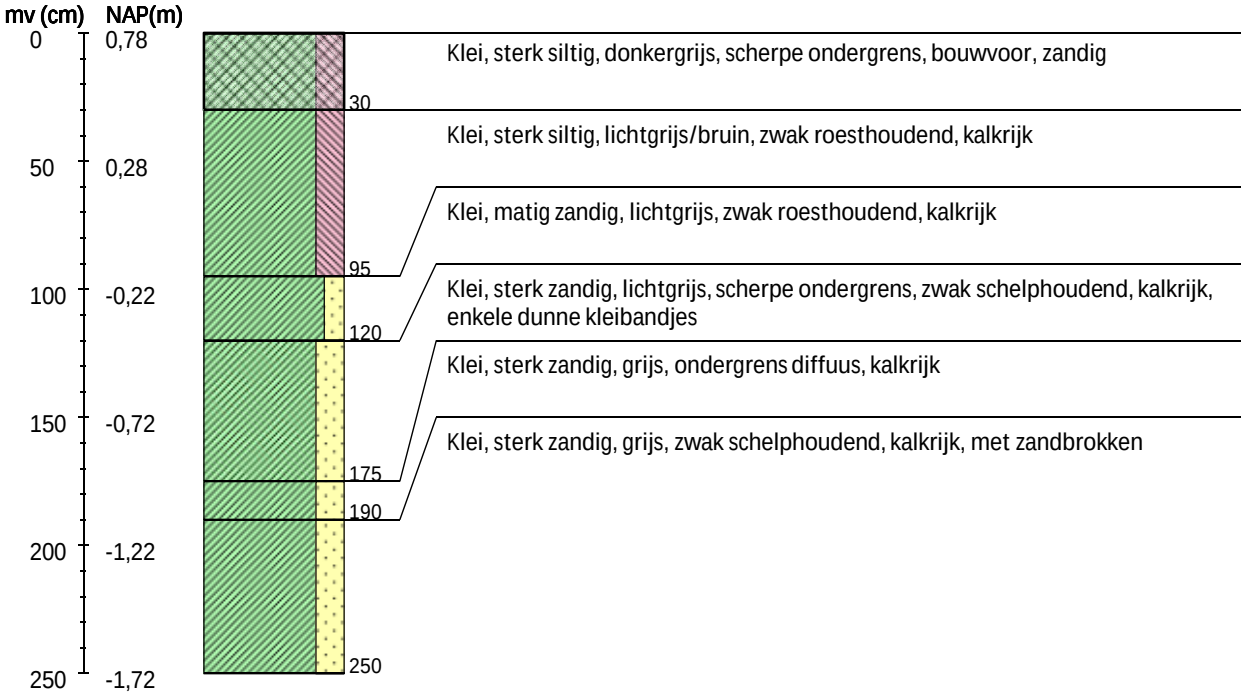
Boring 22 RD-coördinaten: 194531/600341



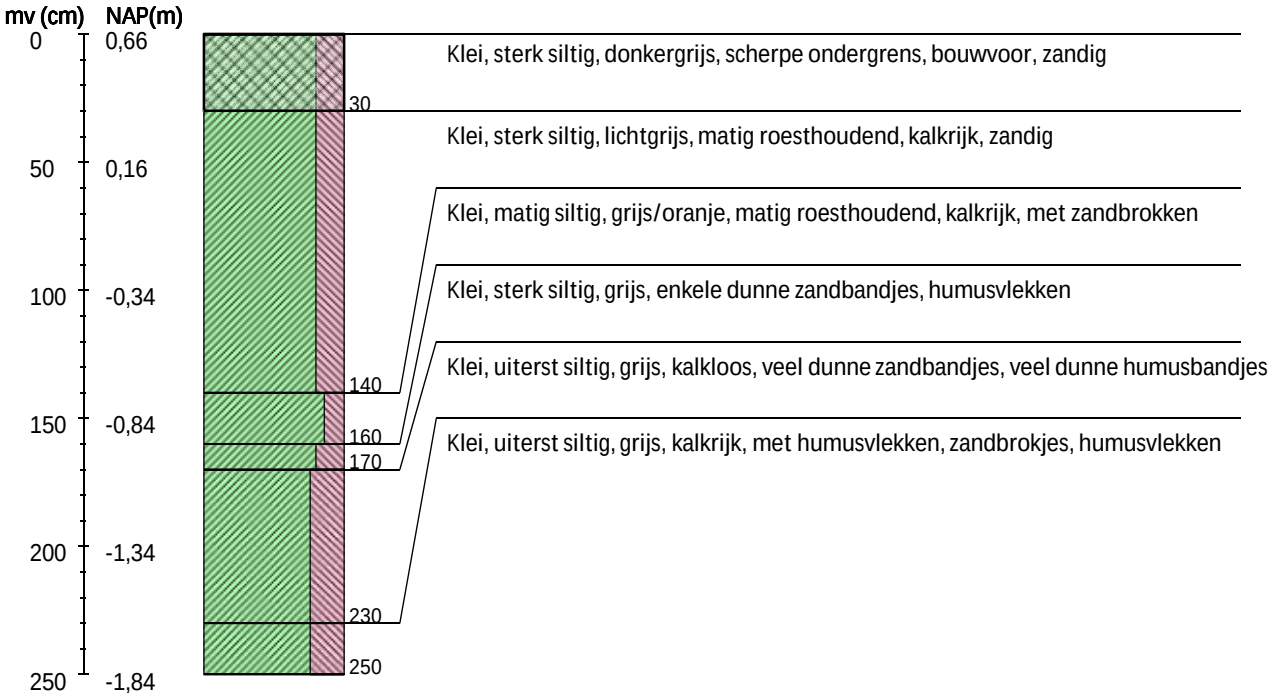
Boring 23 RD-coördinaten: 194576/600347



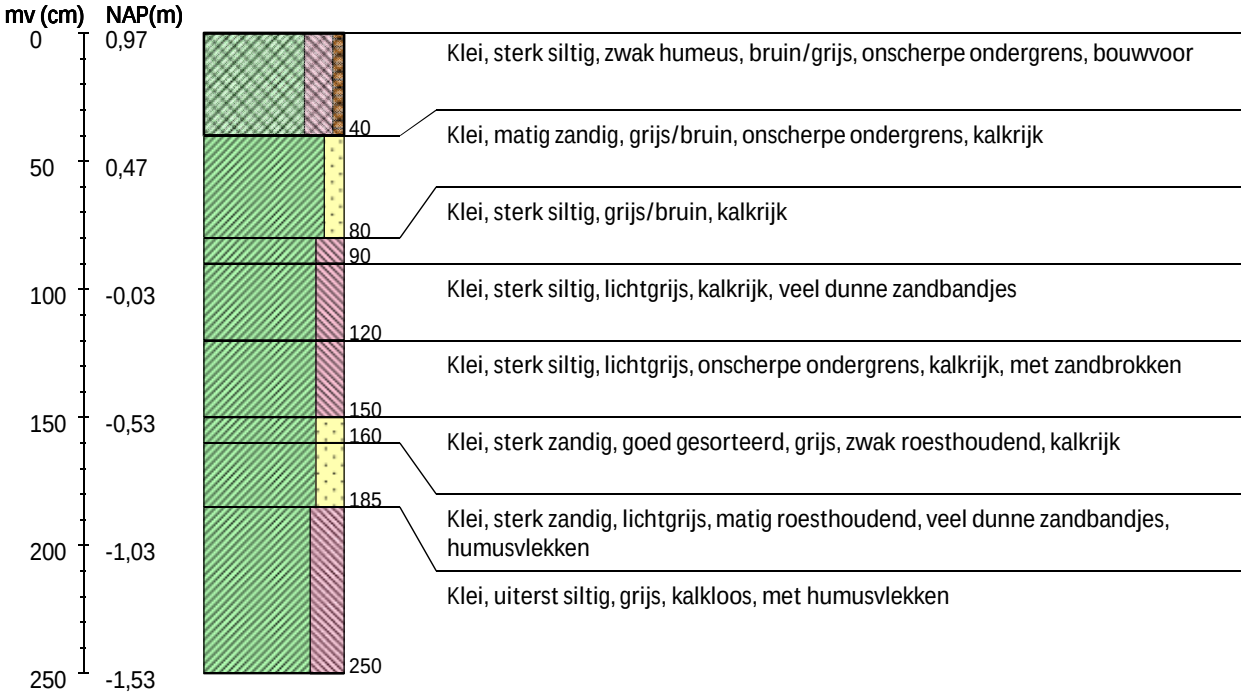
Boring 24 RD-coördinaten: 194625/600355



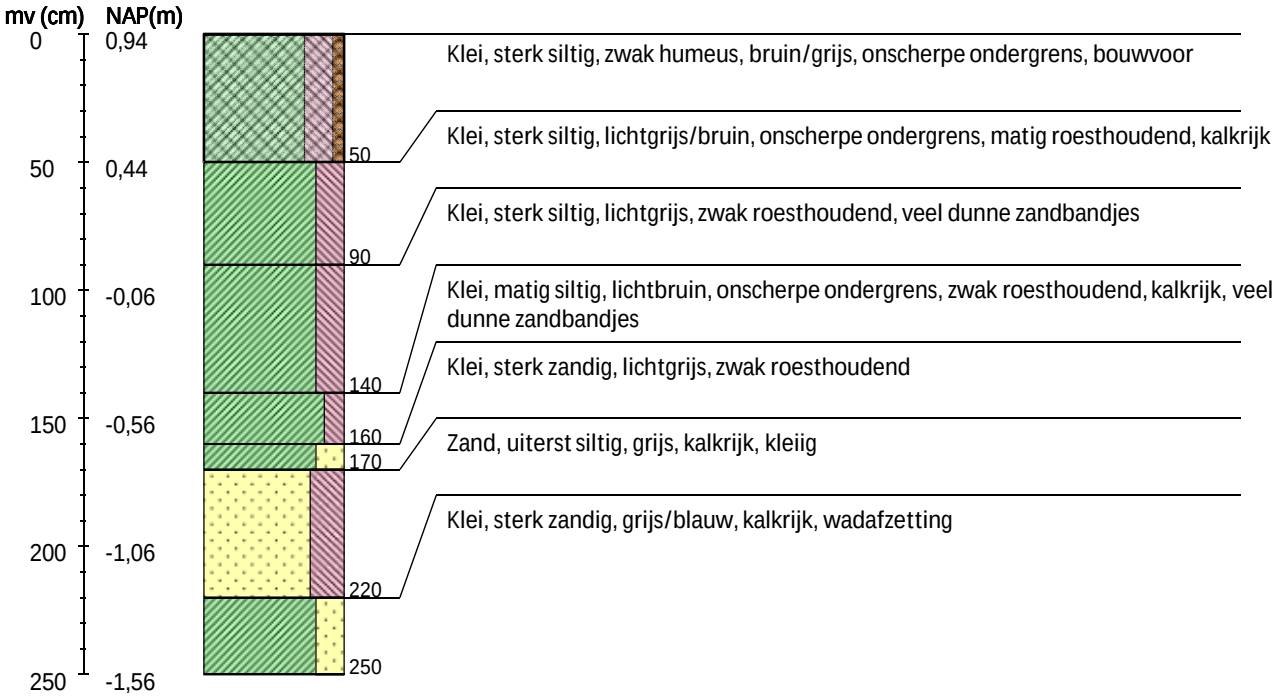
Boring 25 RD-coördinaten: 194675/600363



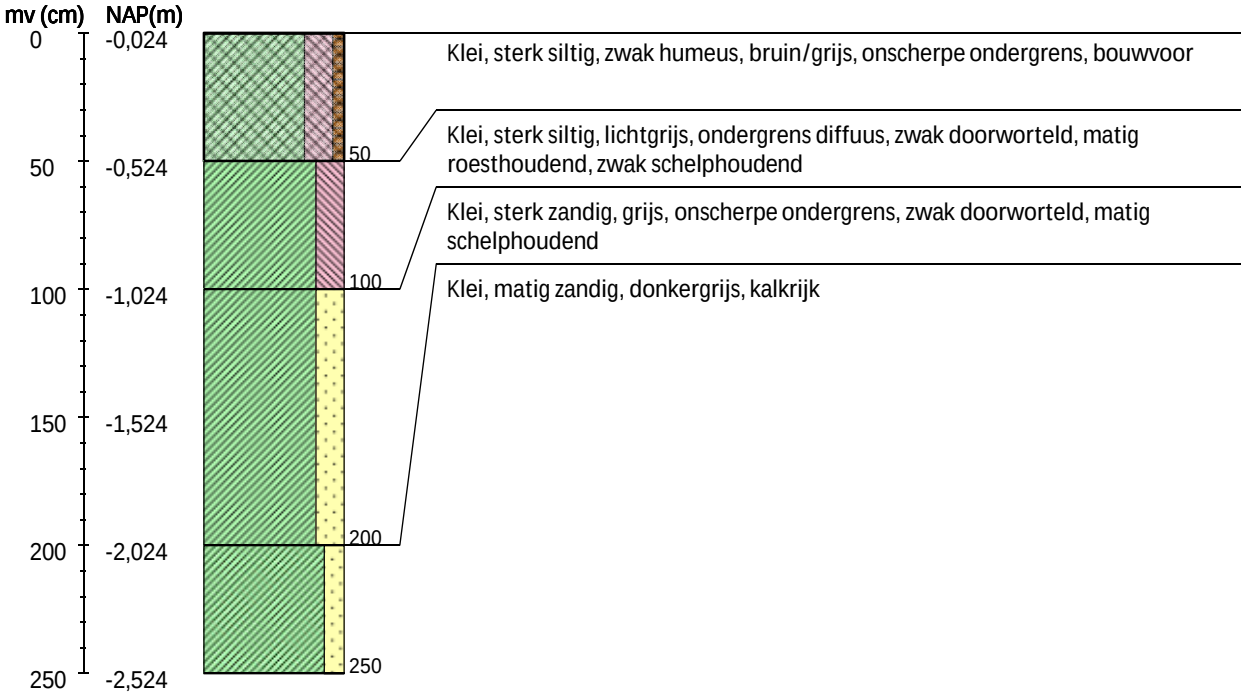
Boring 26 RD-coördinaten: 194724/600370



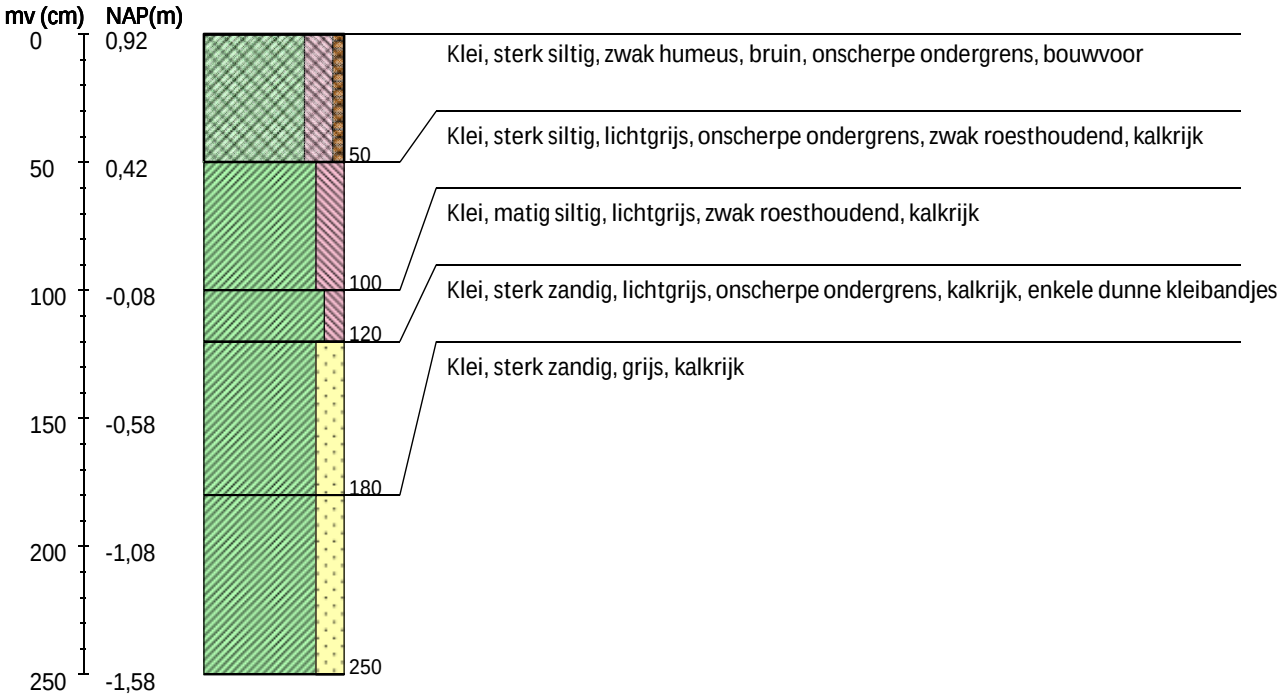
Boring 27 RD-coördinaten: 194774/600376



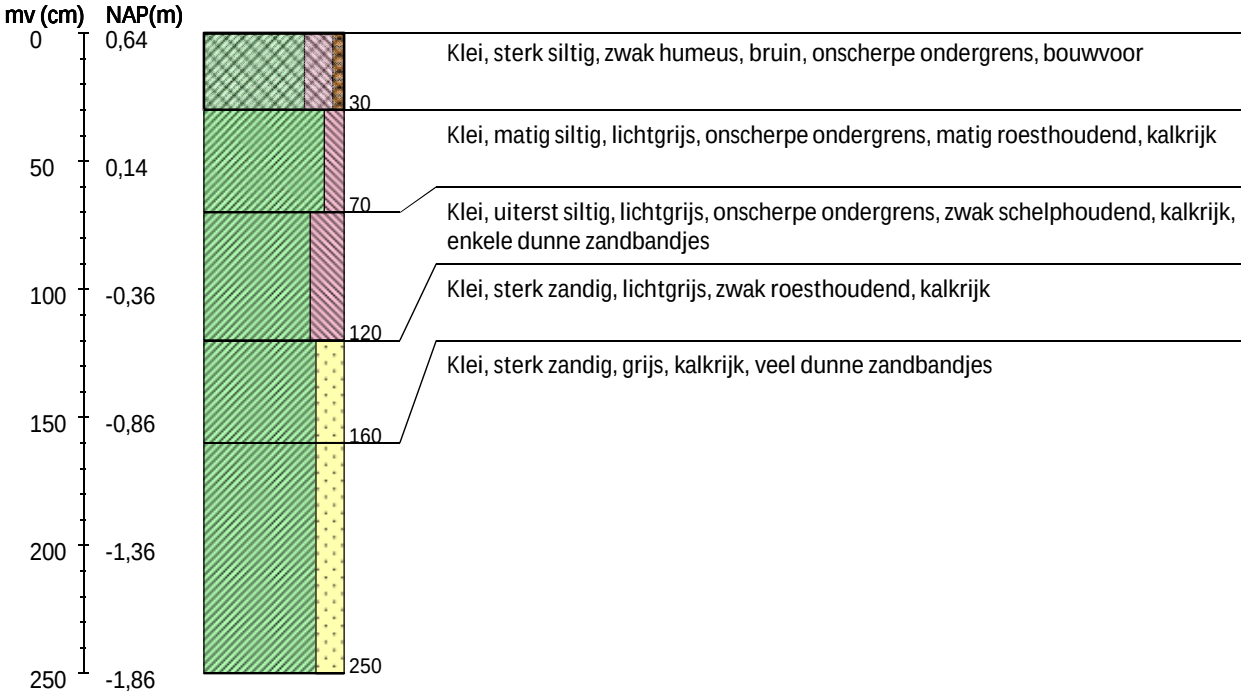
Boring 29 RD-coördinaten: 194849/600374



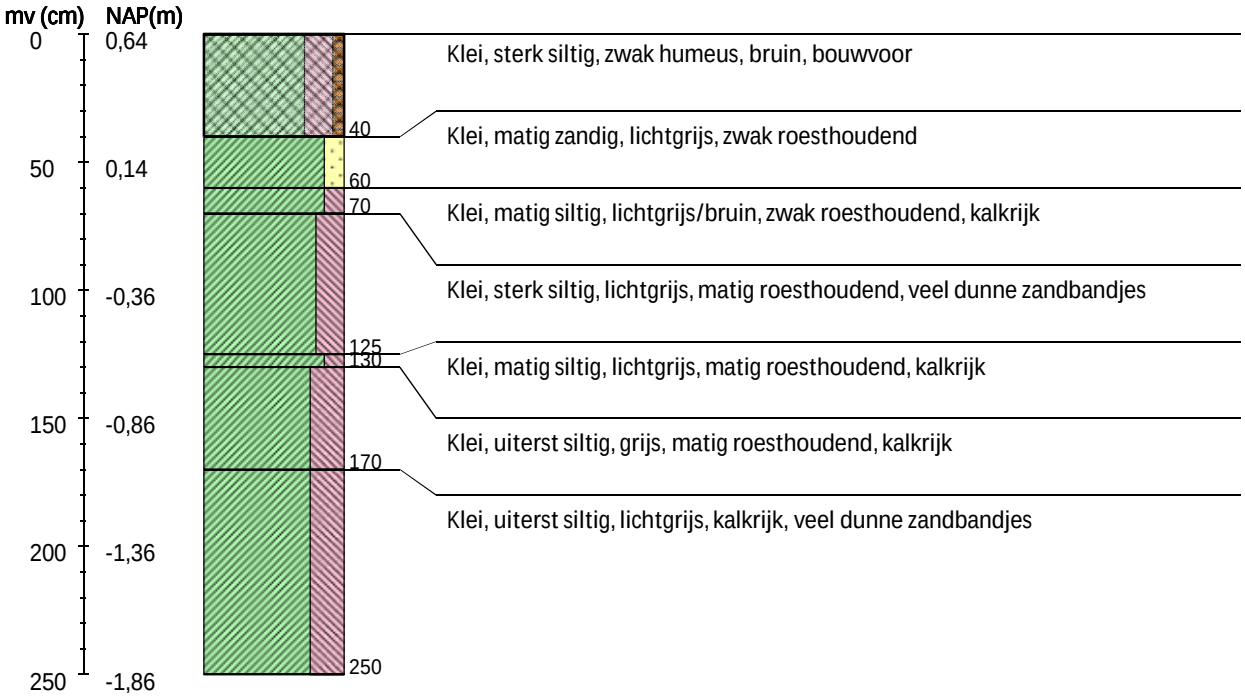
Boring 30 RD-coördinaten: 194924/600373



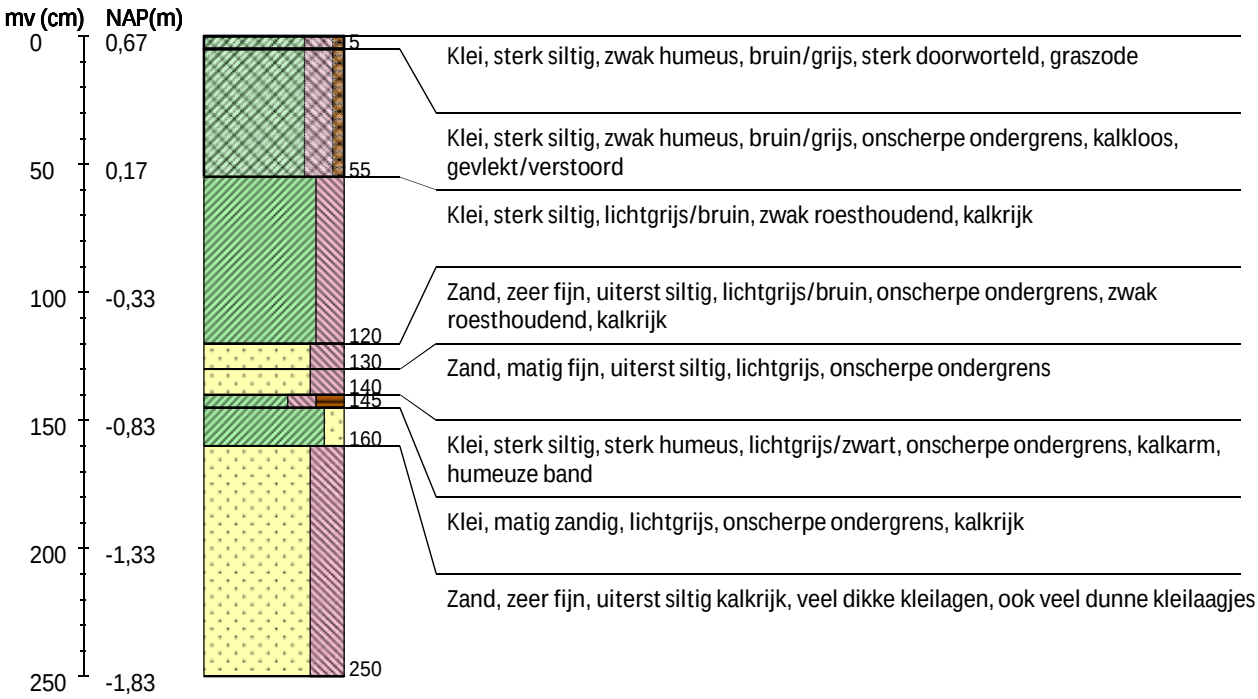
Boring 31 RD-coördinaten: 194974/600371



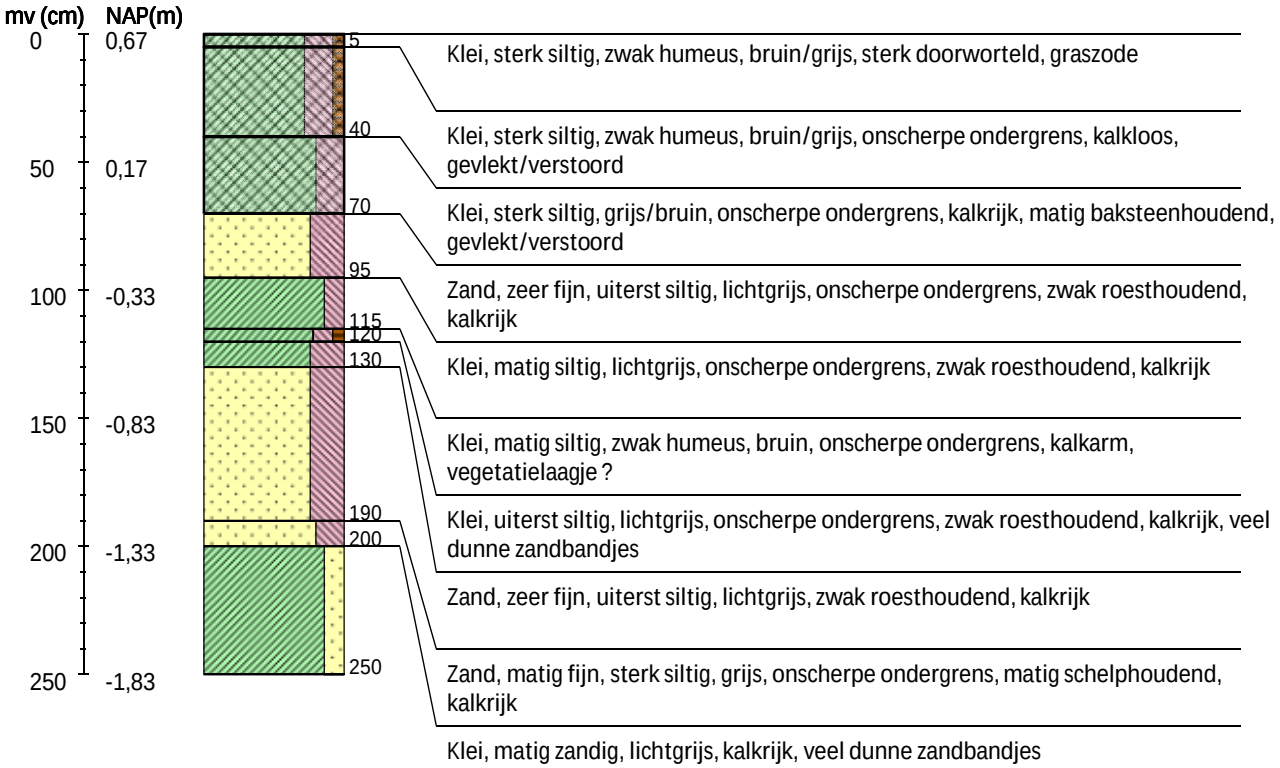
Boring 32 RD-coördinaten: 195014/600370



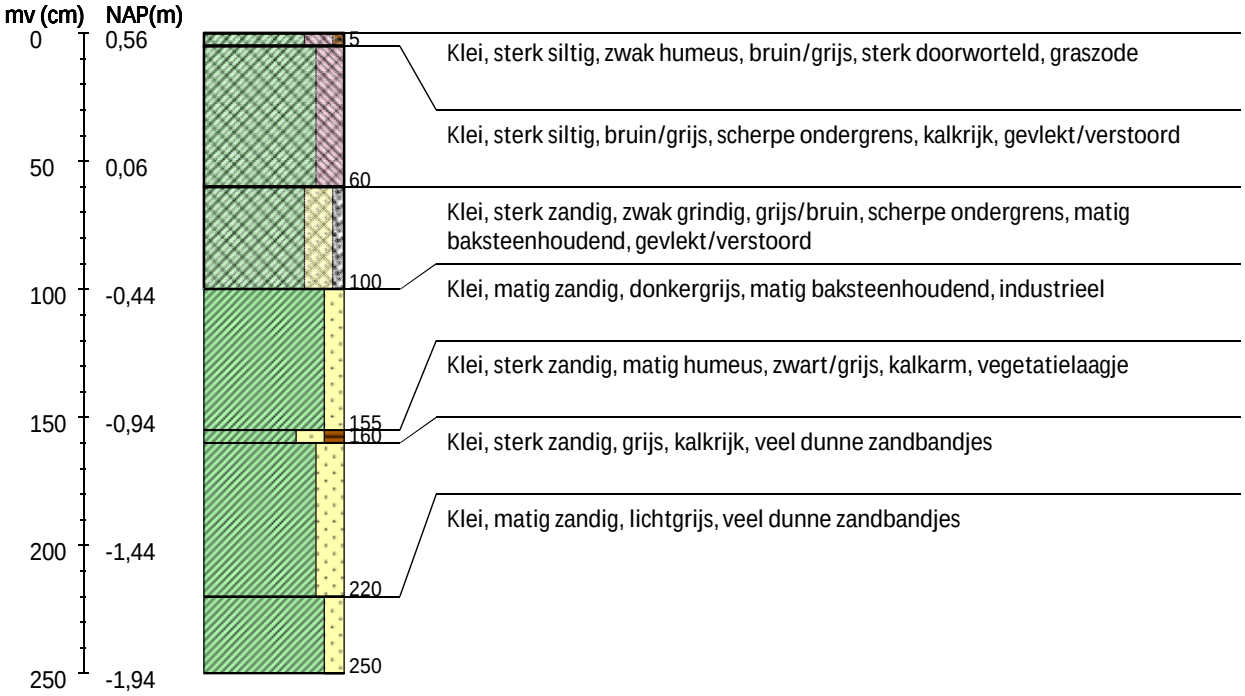
Boring 33 RD-coördinaten: 195074/600368



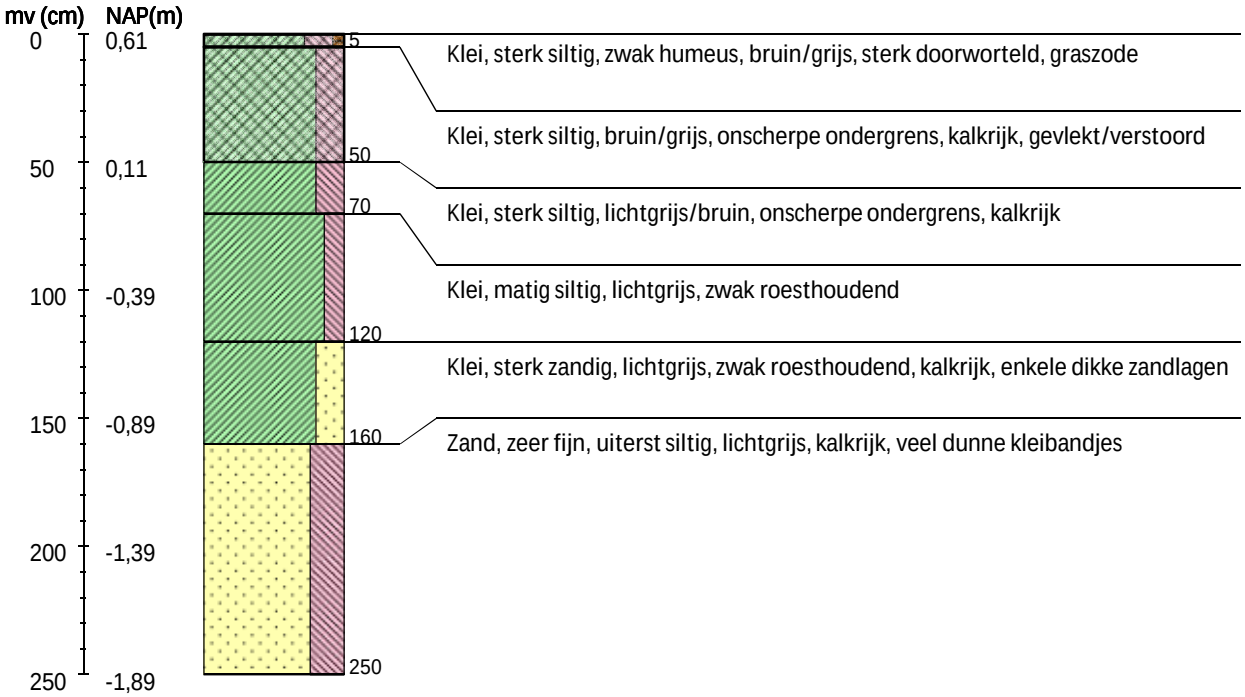
Boring 34 RD-coördinaten: 195124/600366



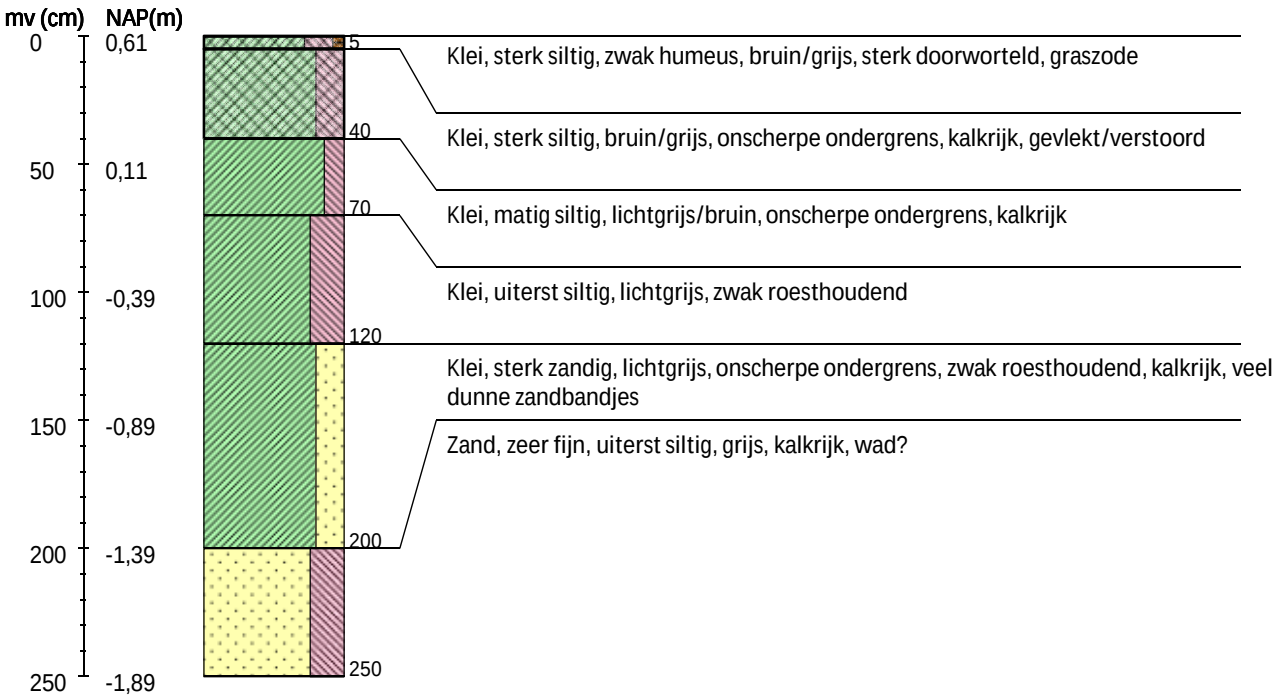
Boring 35 RD-coördinaten: 195174/600364



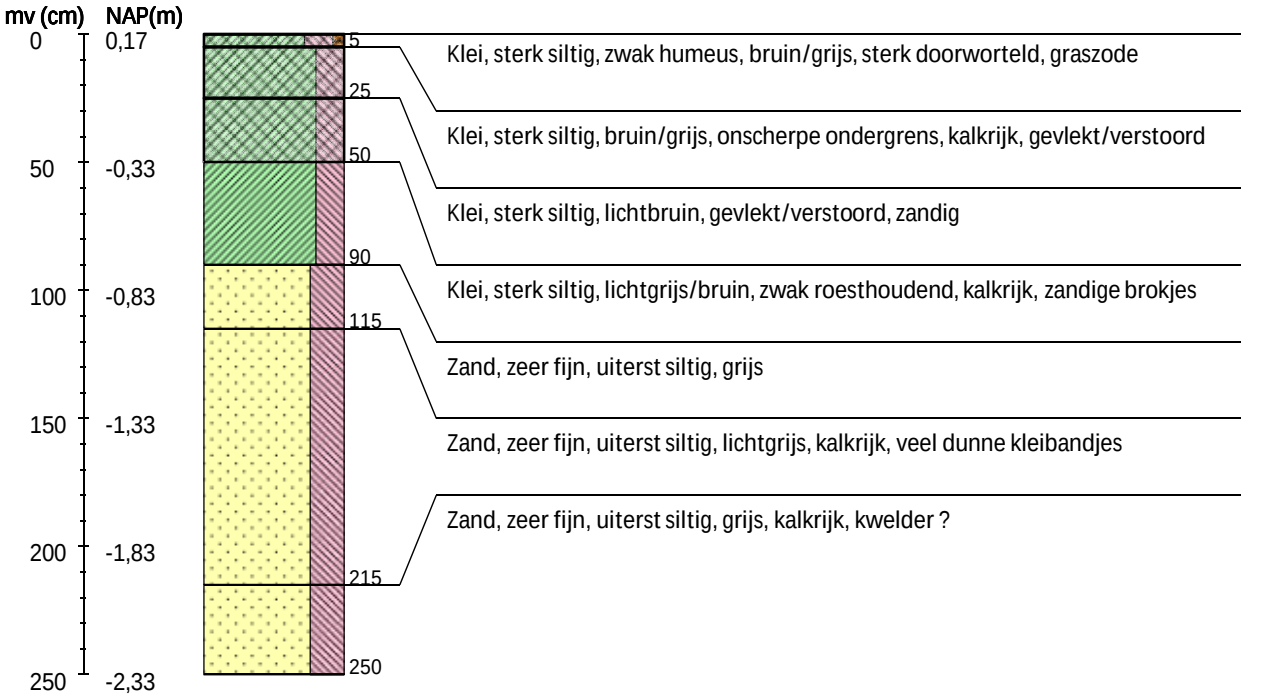
Boring 36 RD-coördinaten: 195224/600362



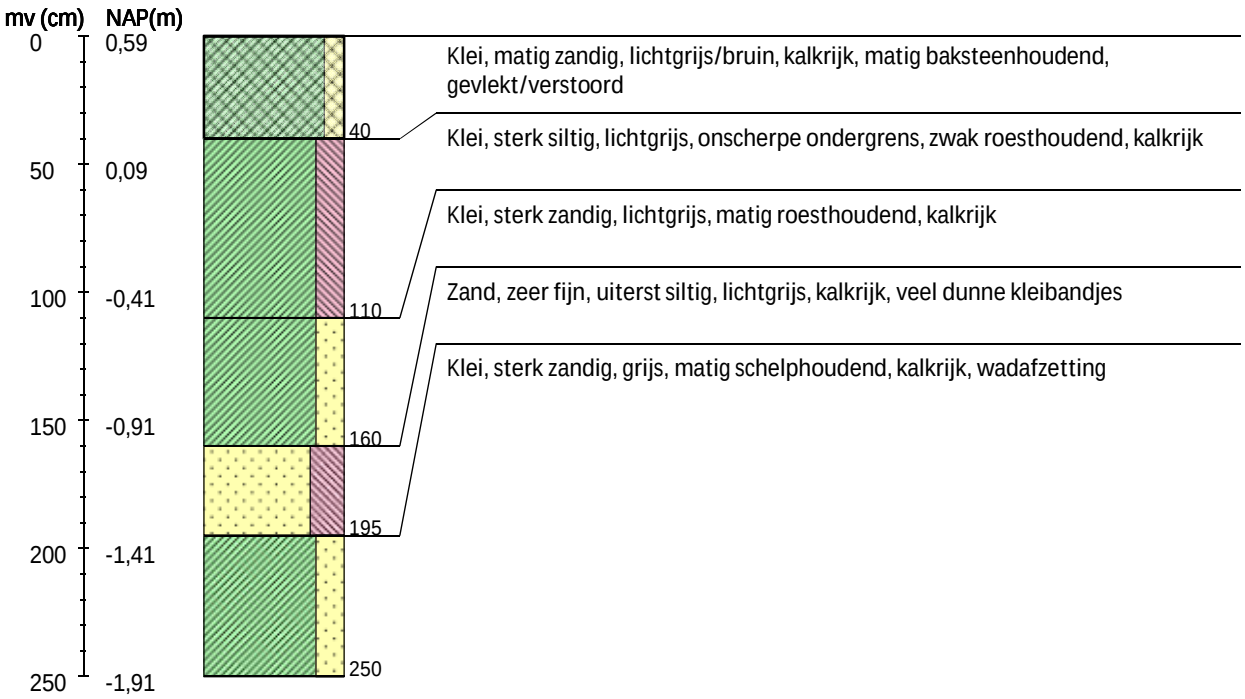
Boring 37 RD-coördinaten: 195274/600360



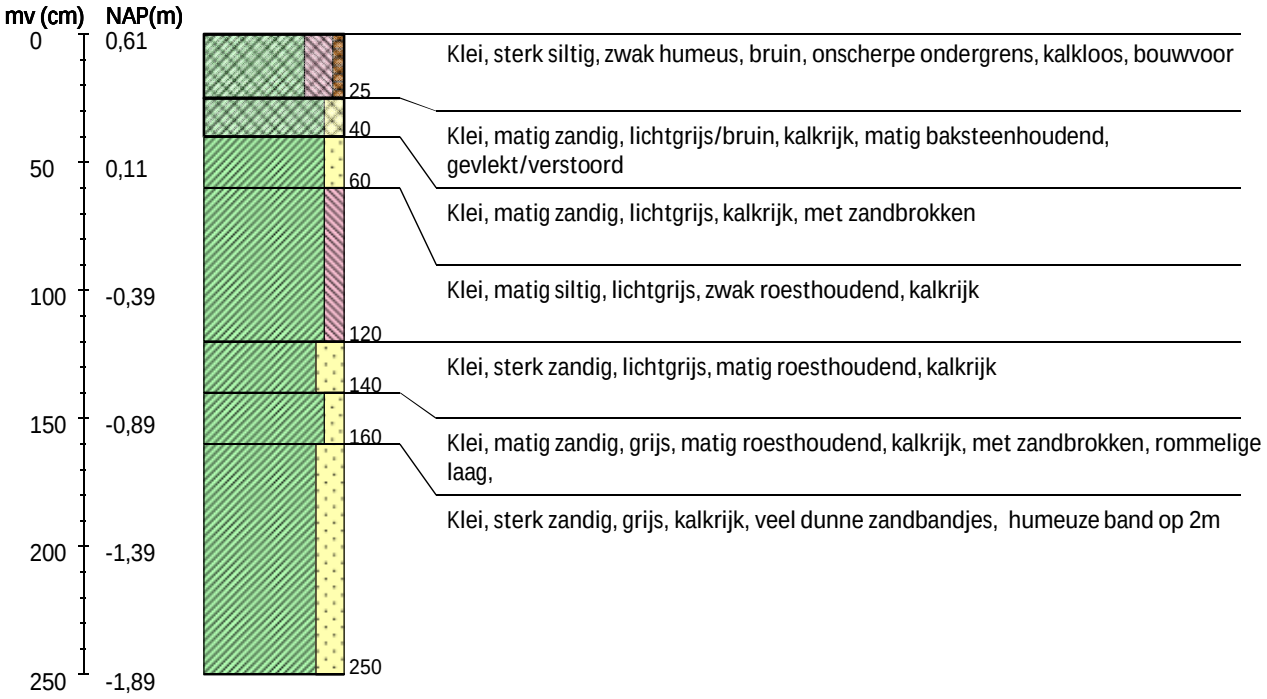
Boring 38 RD-coördinaten: 195322/600359



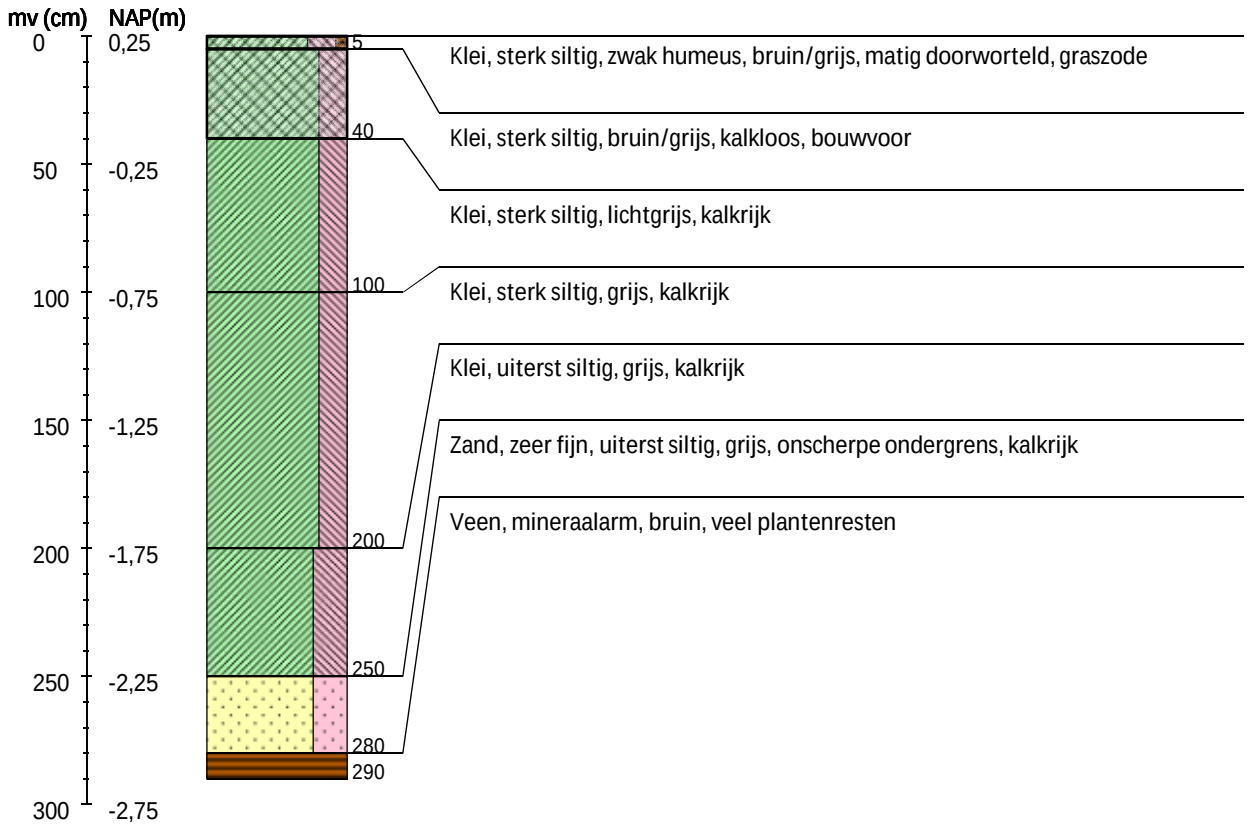
Boring 39 RD-coördinaten: 195373/600357



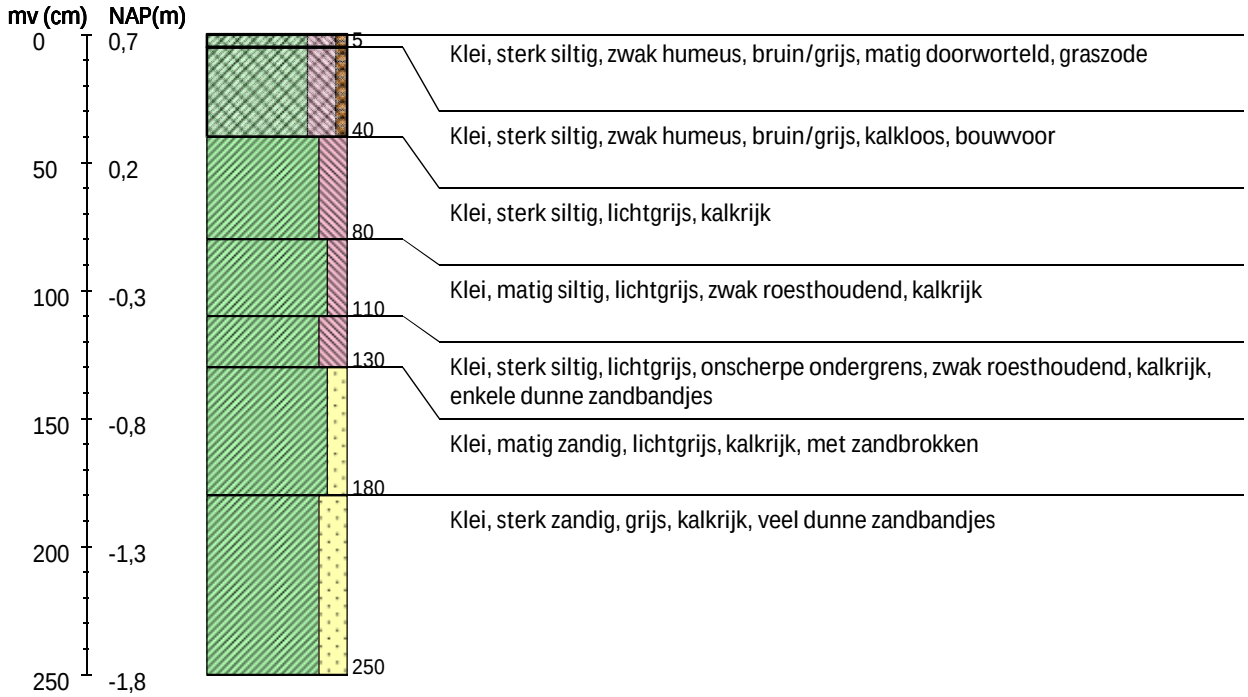
Boring 40 RD-coördinaten: 195424/600355



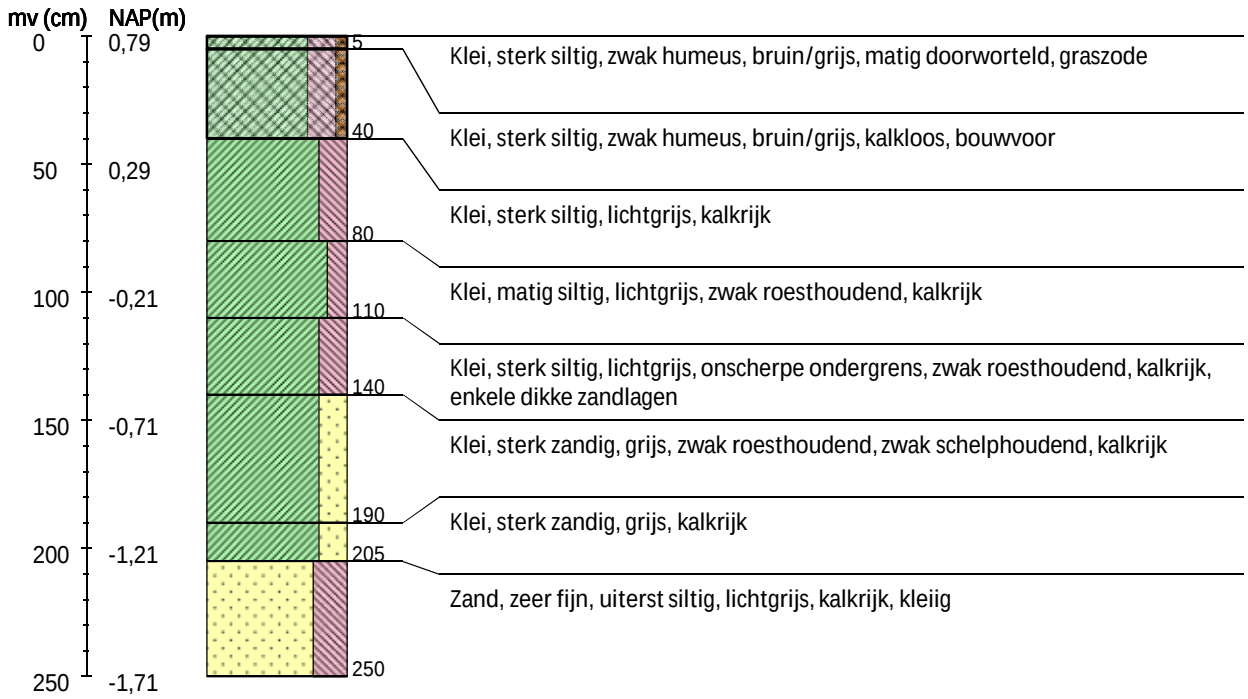
Boring 41 RD-coördinaten: 195490/600353



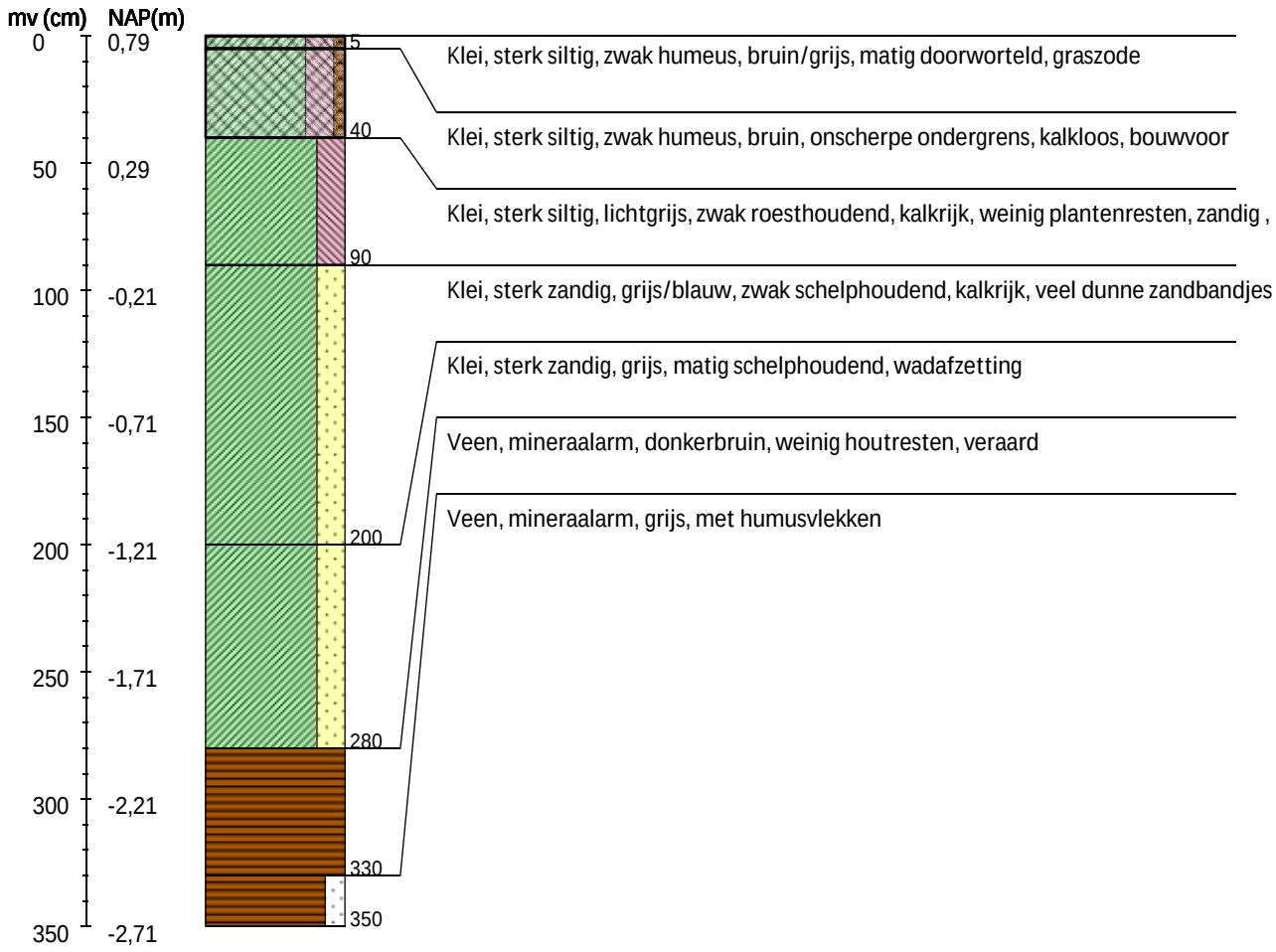
Boring 42 RD-coördinaten: 195523/600352



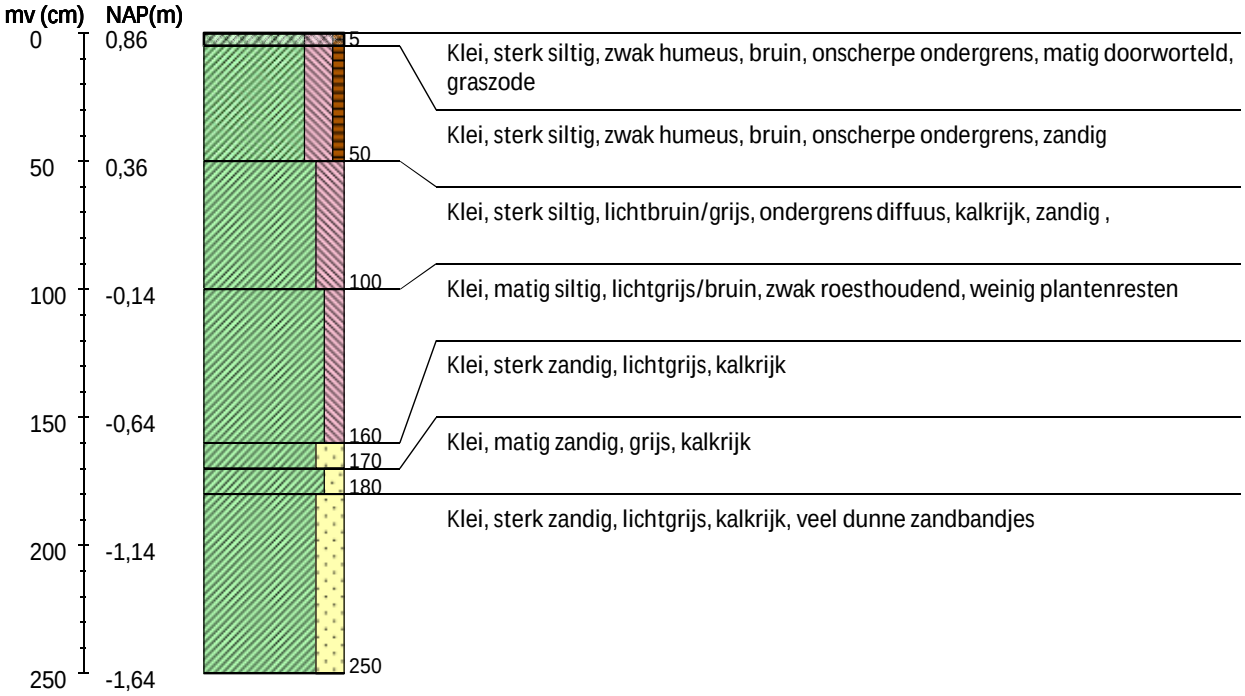
Boring 43 RD-coördinaten: 195573/600350



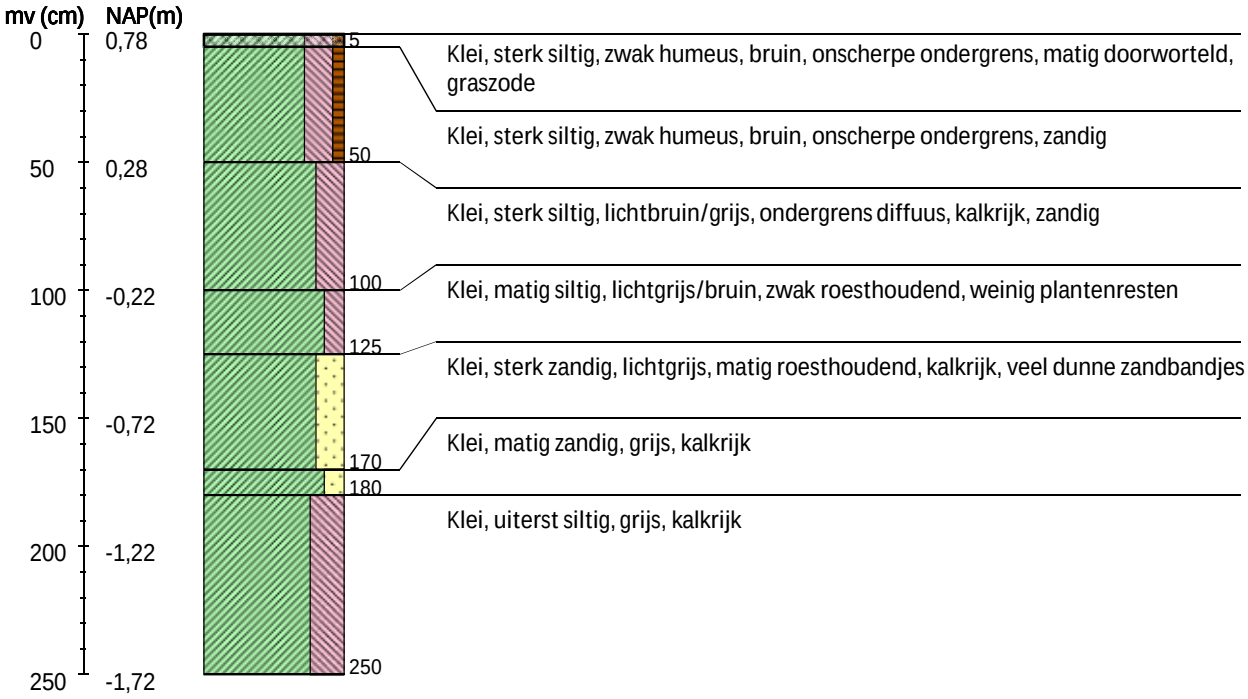
Boring 44 RD-coördinaten: 195609/600349



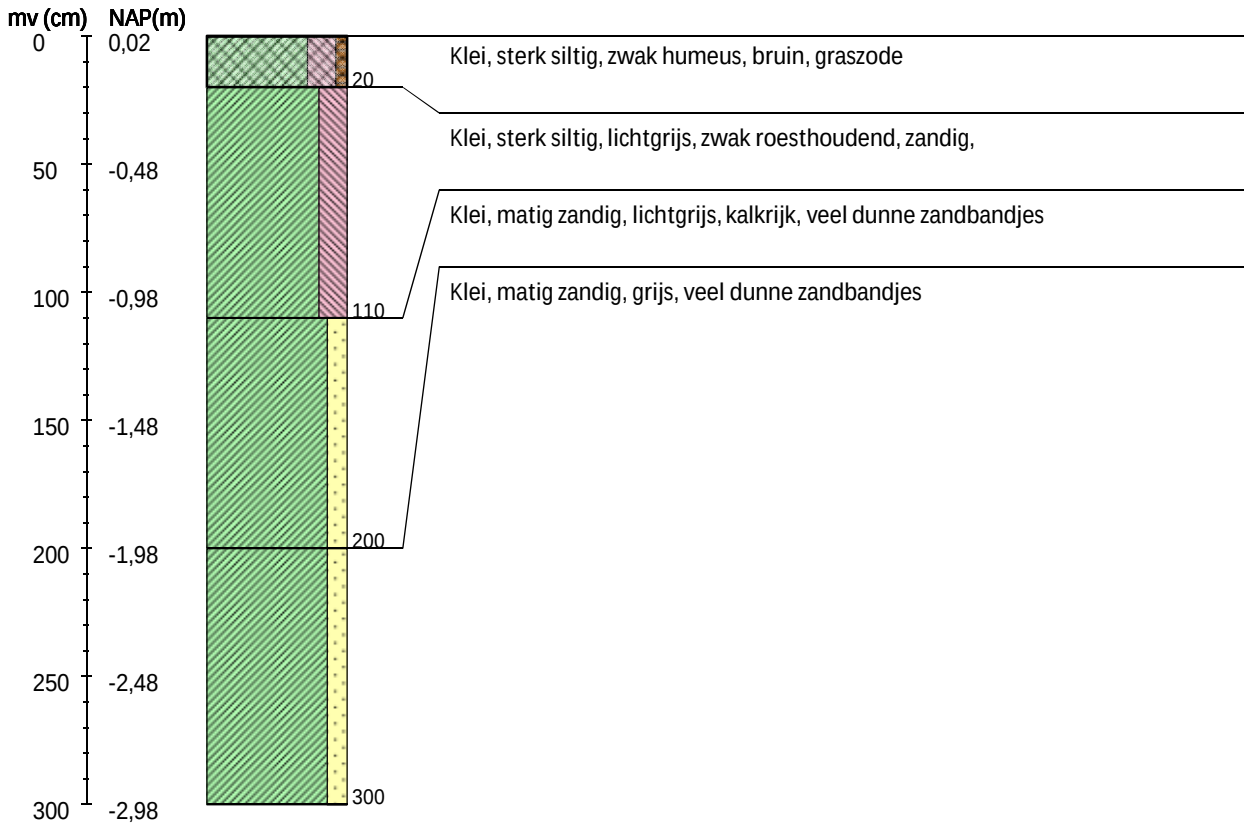
Boring 45 RD-coördinaten: 195673/600346



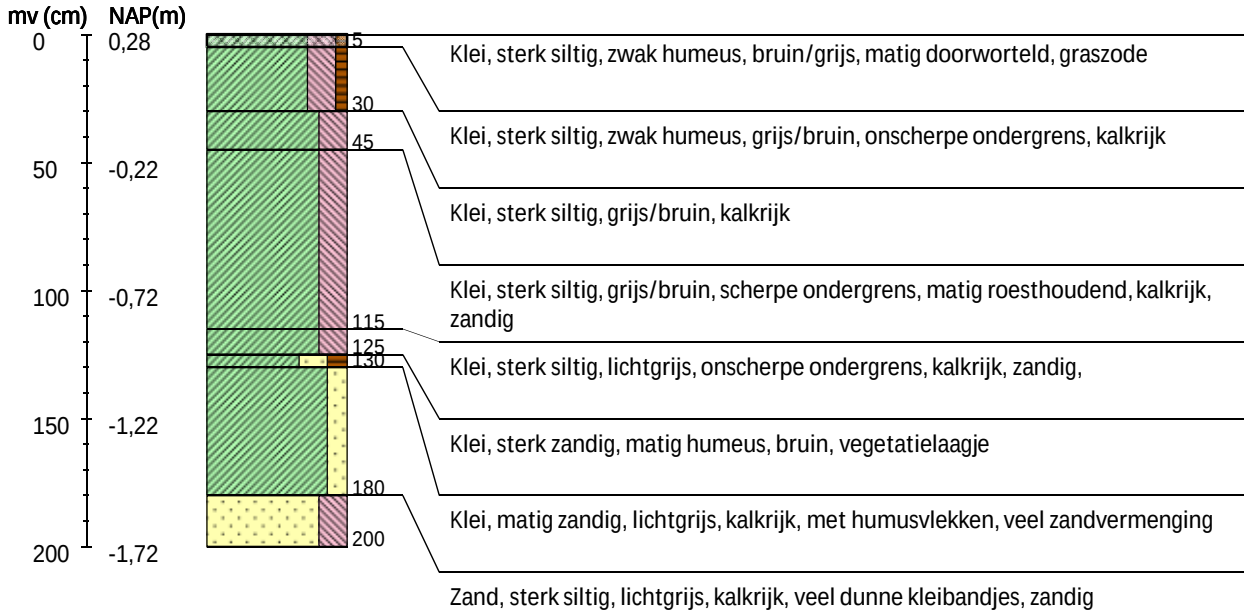
Boring 46 RD-coördinaten: 195723/600345



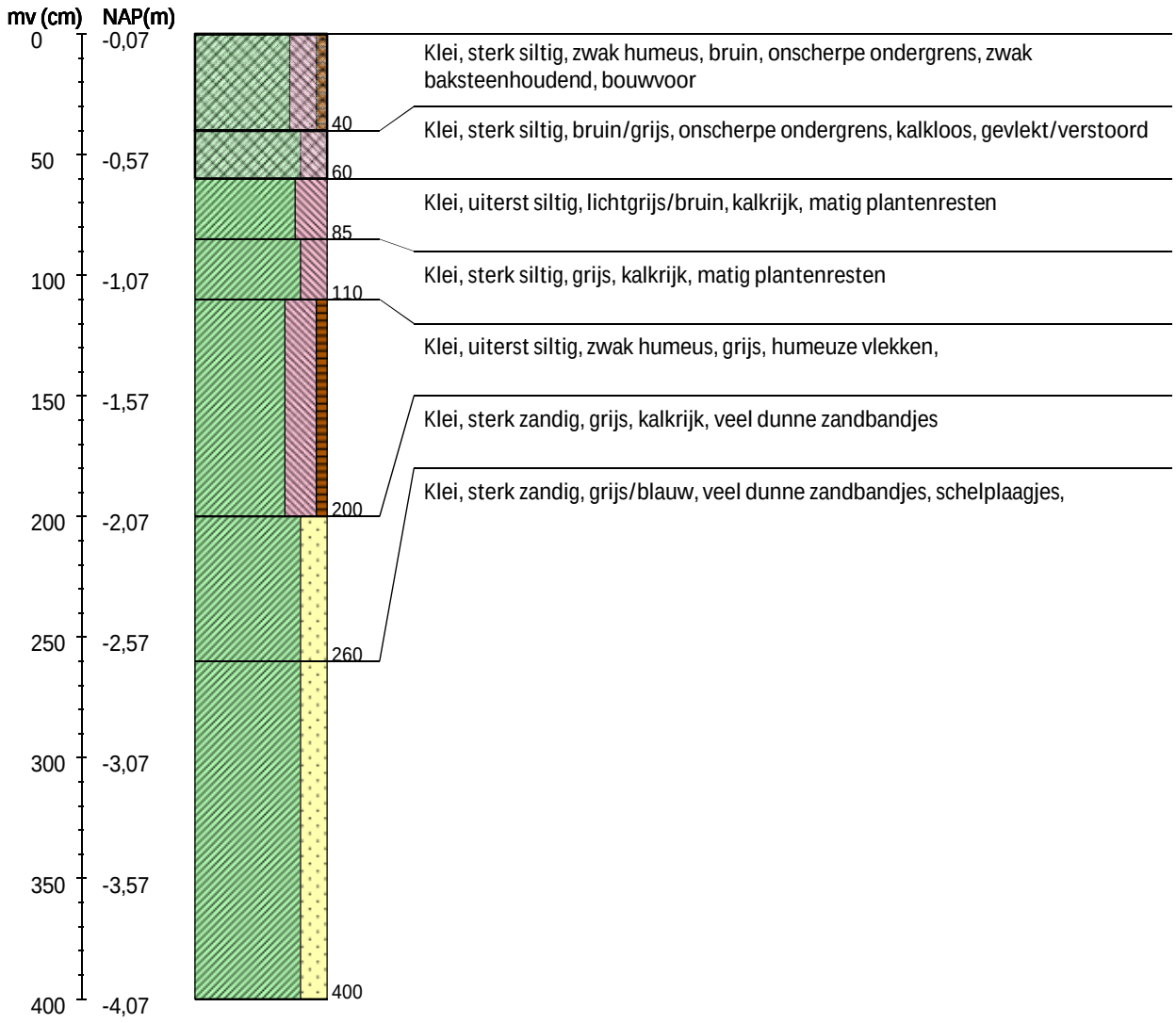
Boring 47 RD-coördinaten: 195784/600341



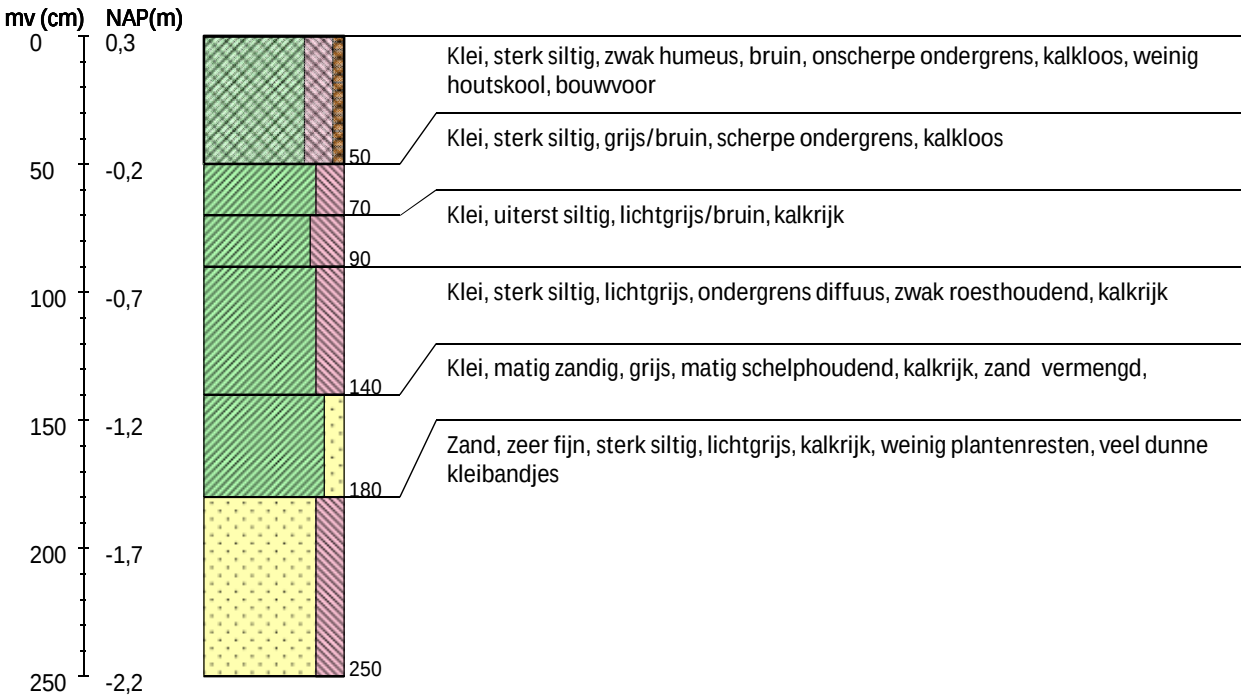
Boring 48 RD-coördinaten: 195831/600340



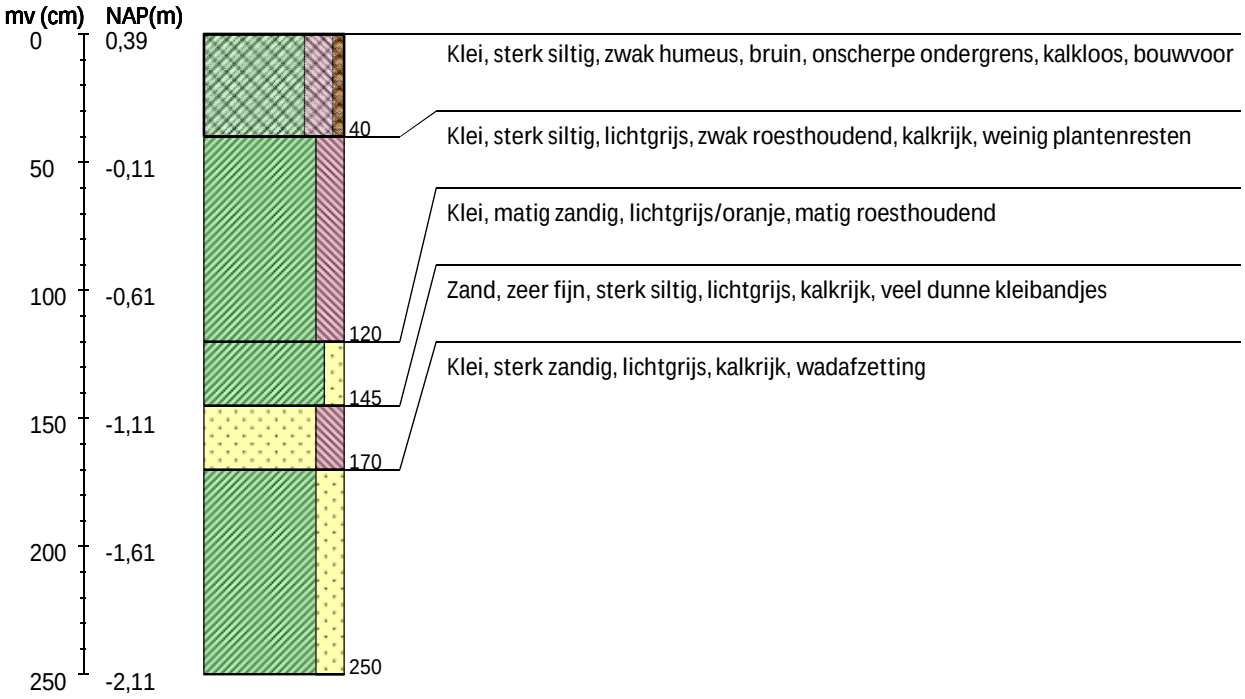
Boring 49 RD-coördinaten: 195893/600339



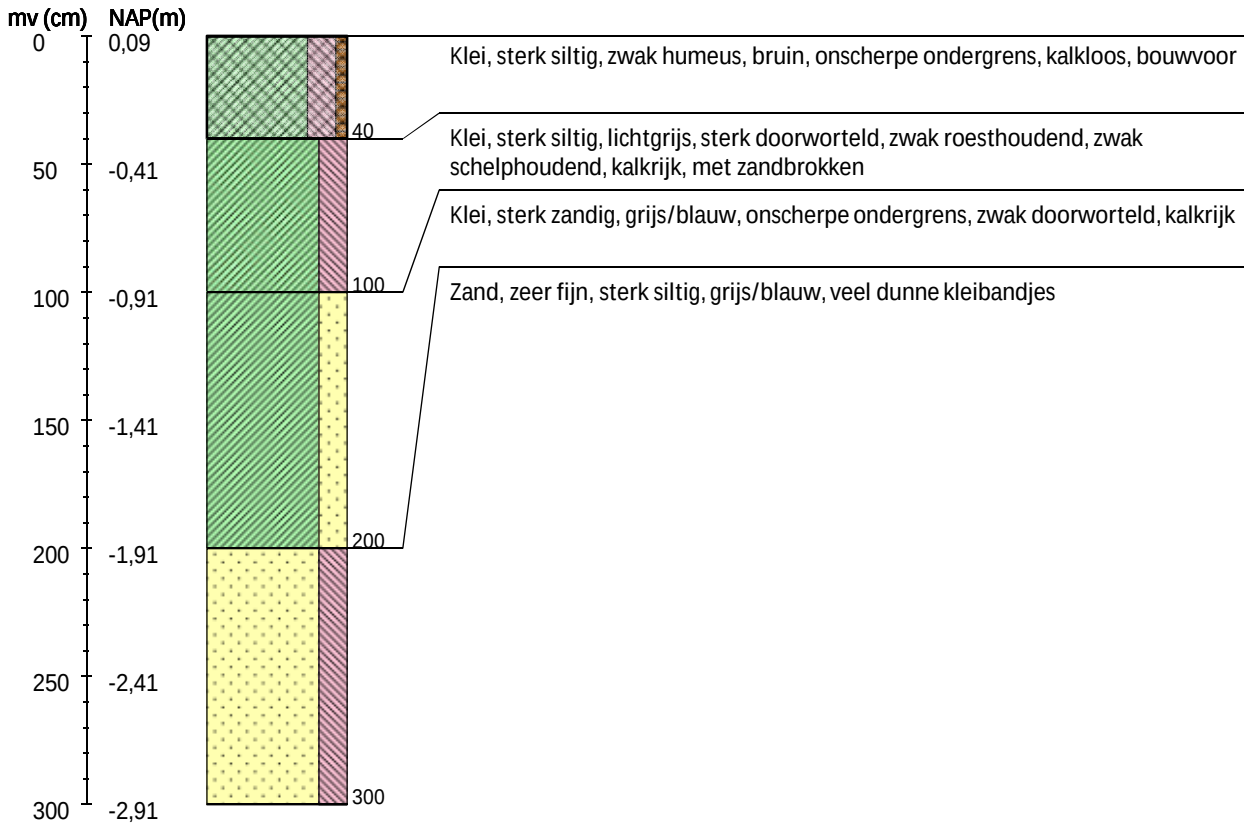
Boring 50 RD-coördinaten: 195929/600336



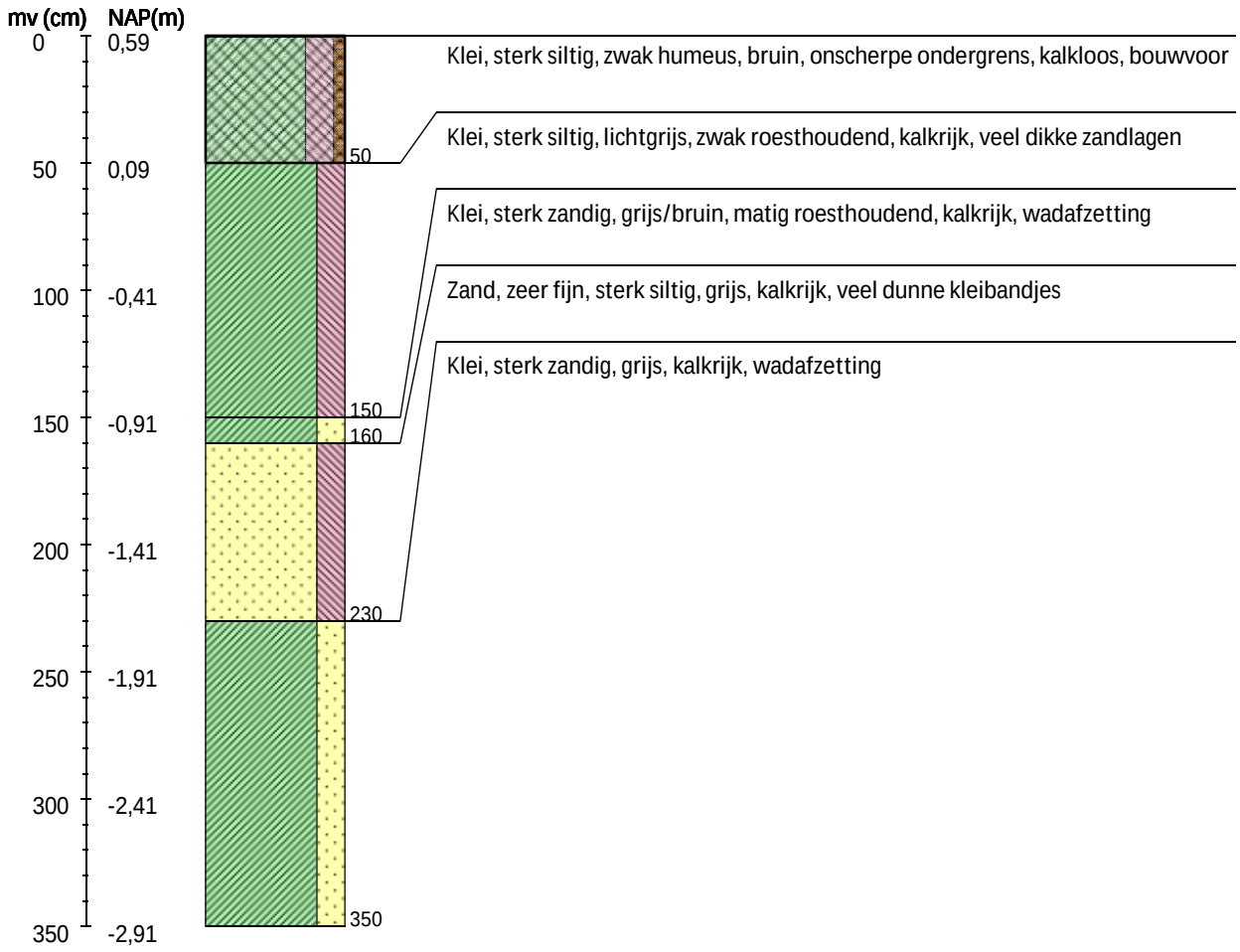
Boring 51 RD-coördinaten: 195985/600335



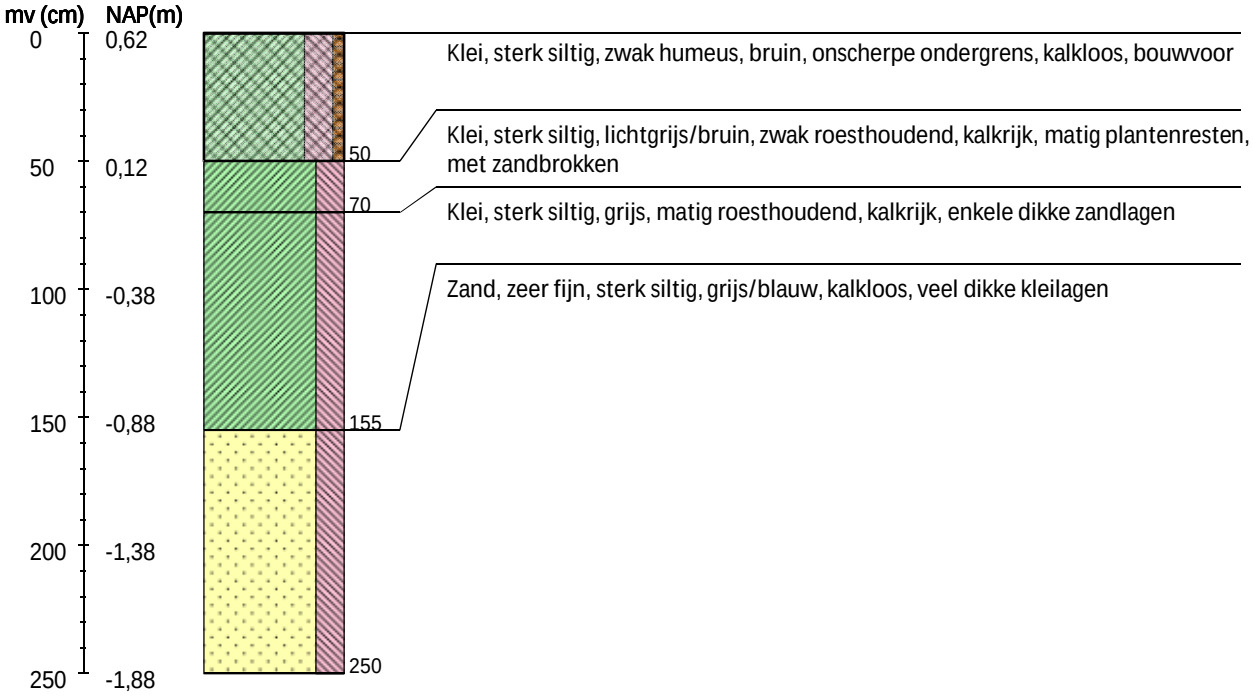
Boring 52 RD-coördinaten: 196037/600332



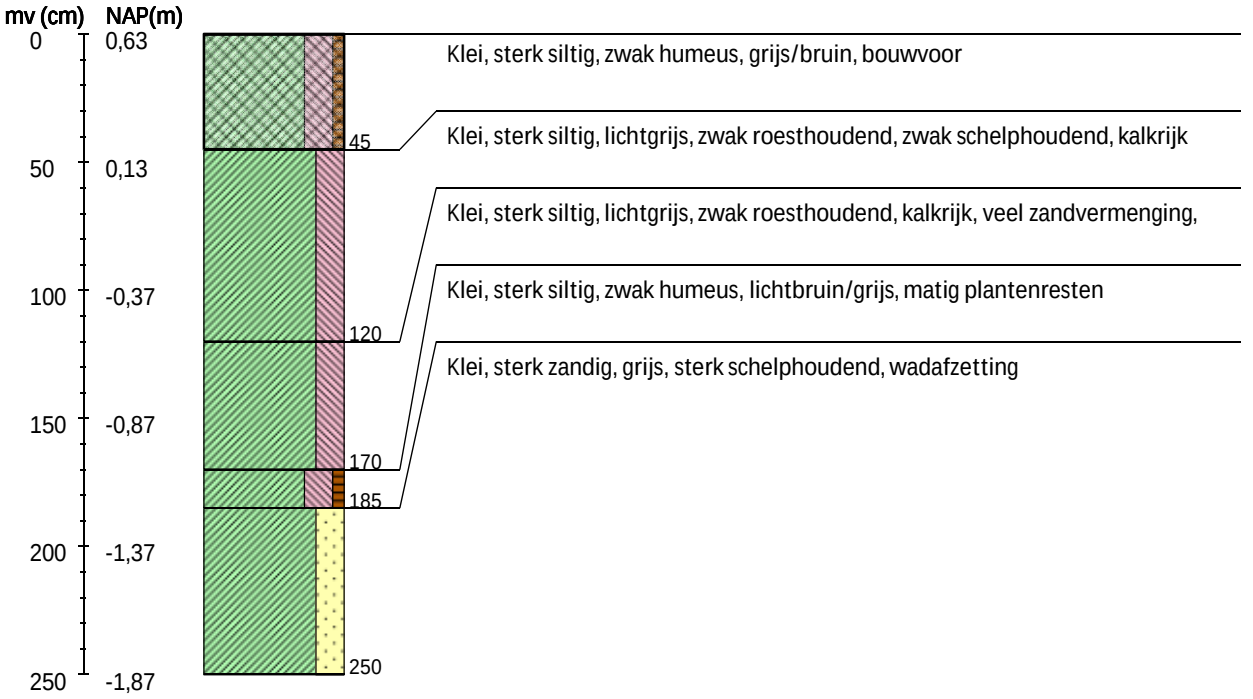
Boring 53 RD-coördinaten: 196080/600331



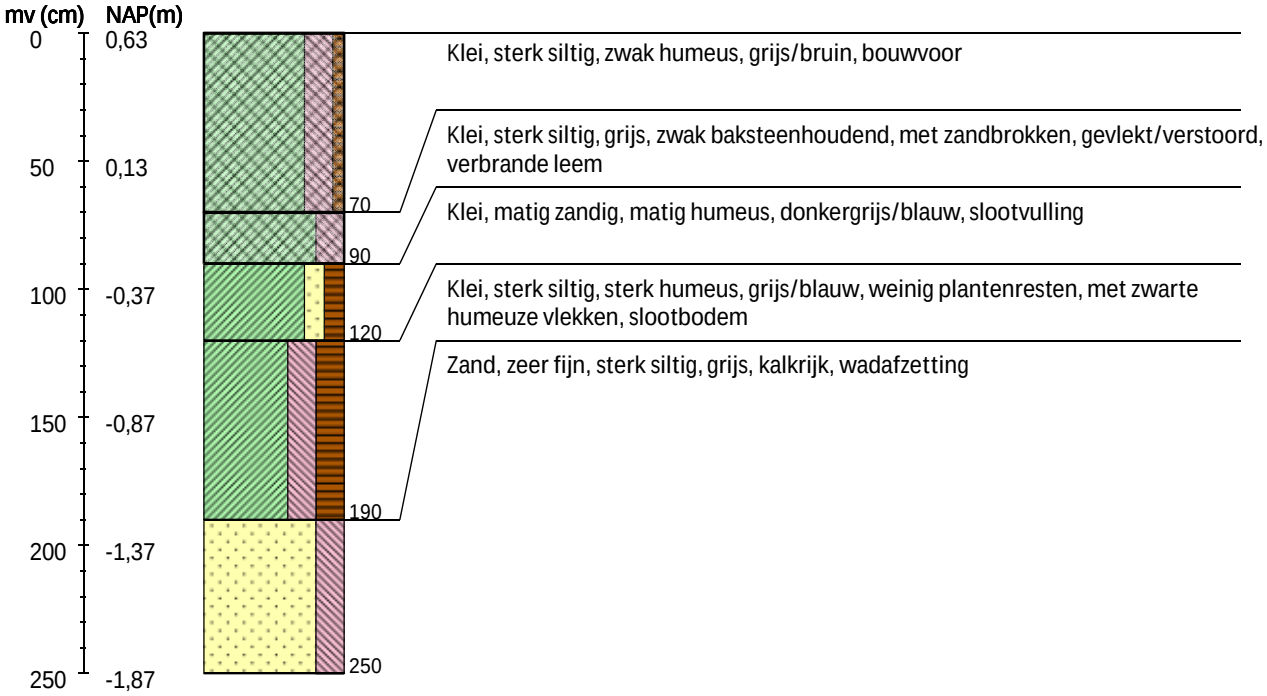
Boring 54 RD-coördinaten: 196134/600330



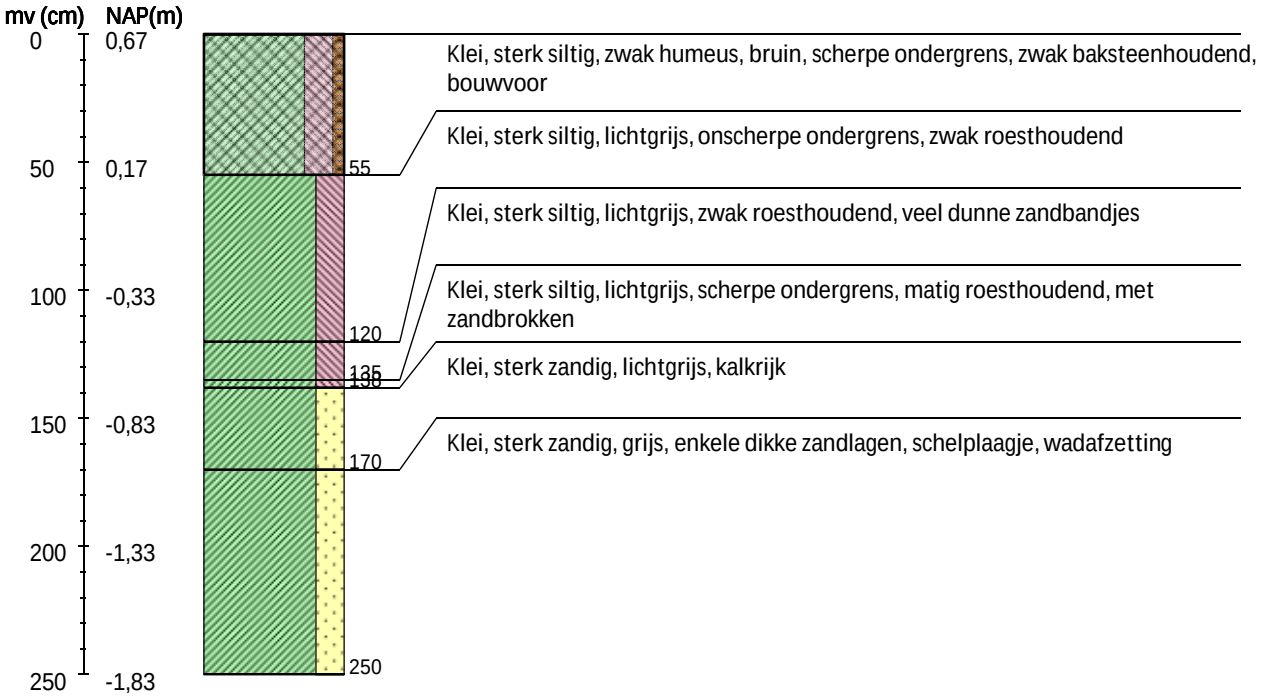
Boring 55 RD-coördinaten: 196190/600327



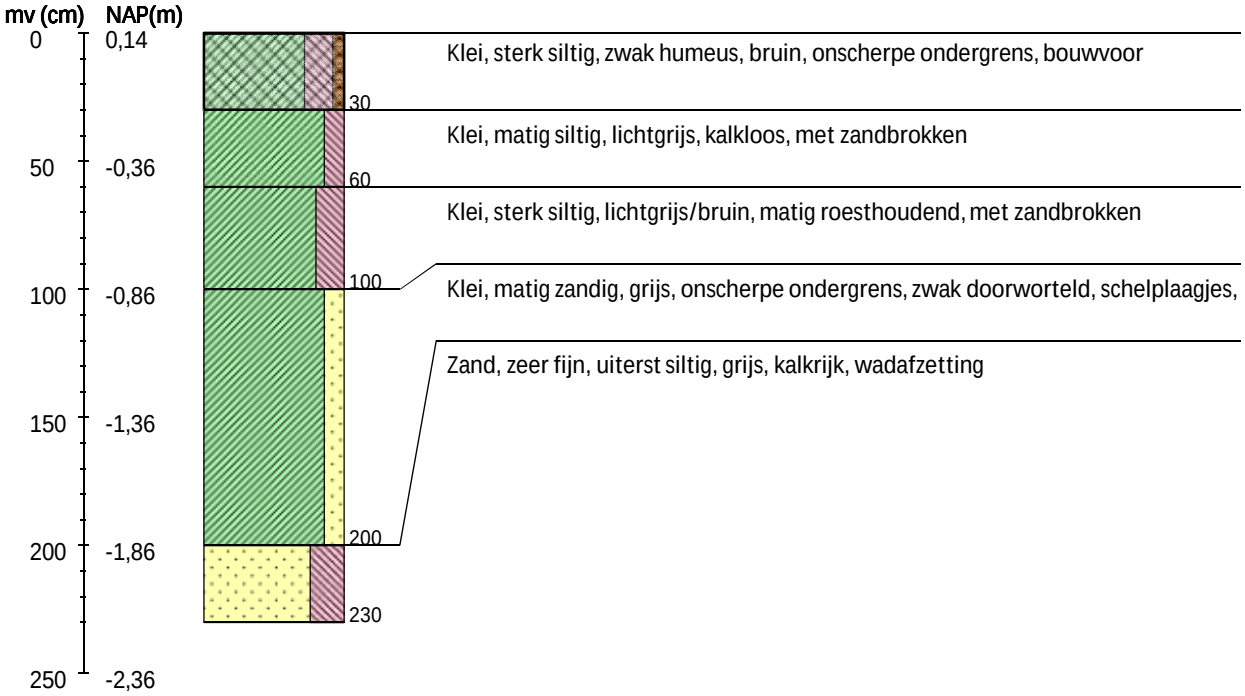
Boring 56 RD-coördinaten: 196234/600326



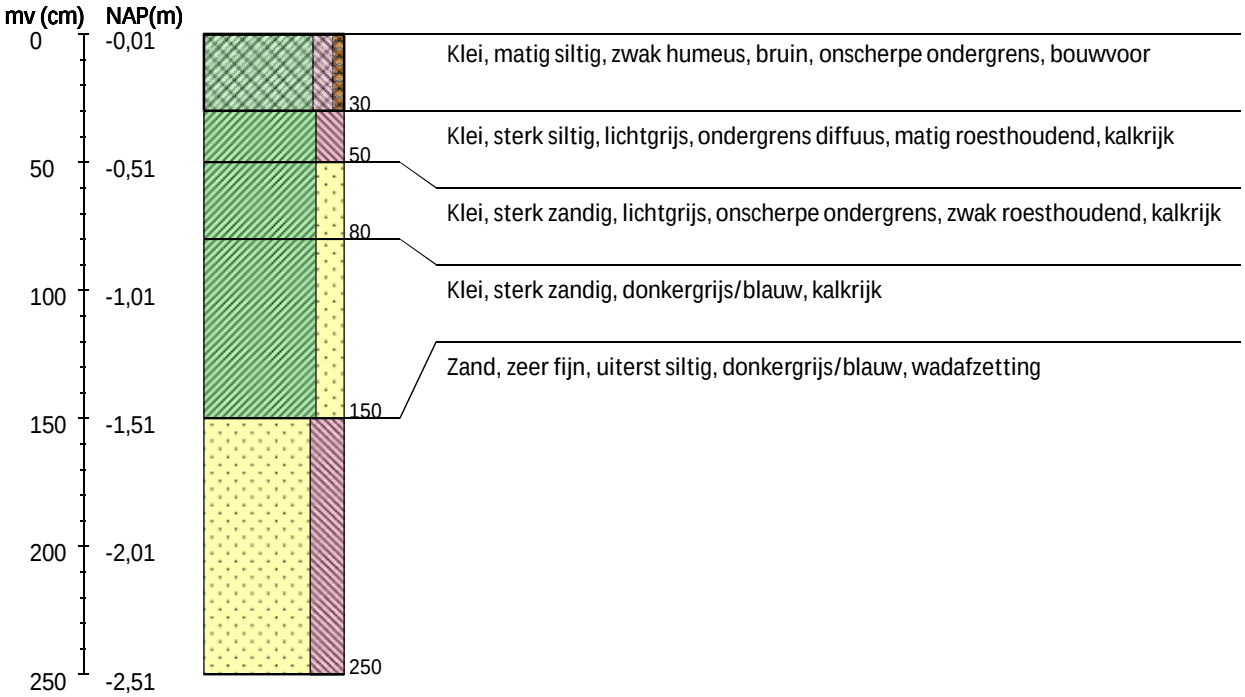
Boring 57 RD-coördinaten: 196286/600324



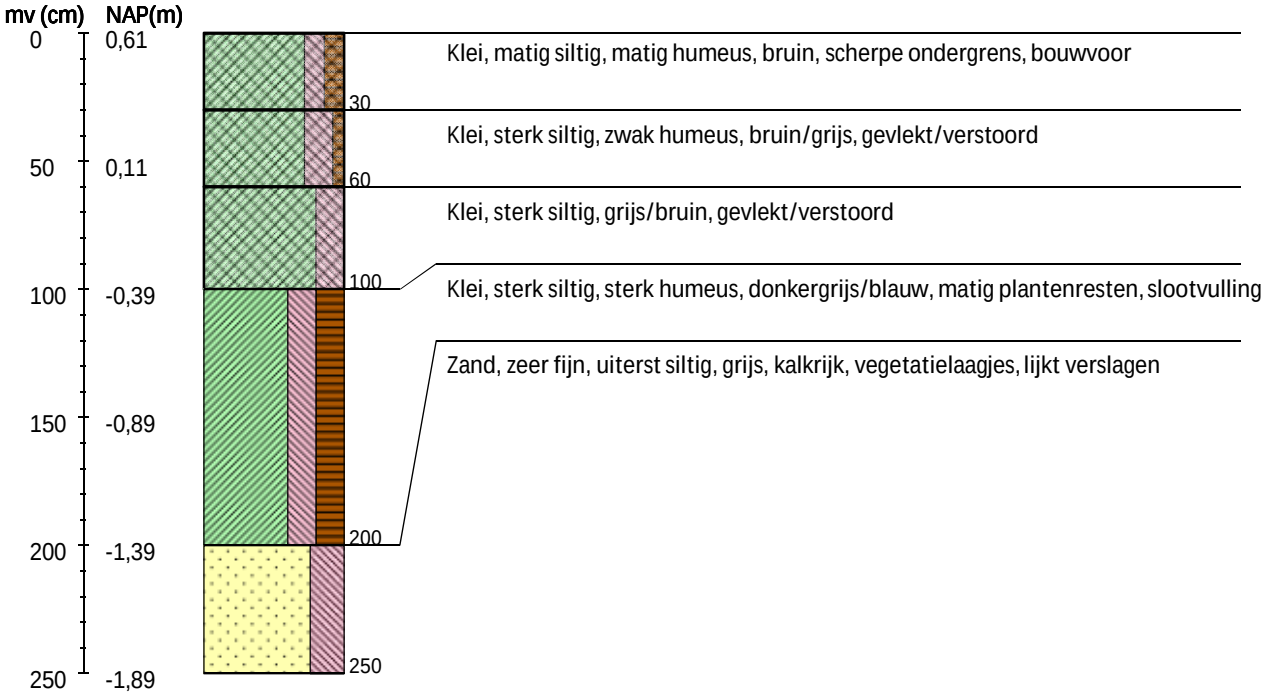
Boring 58 RD-coördinaten: 196335/600321



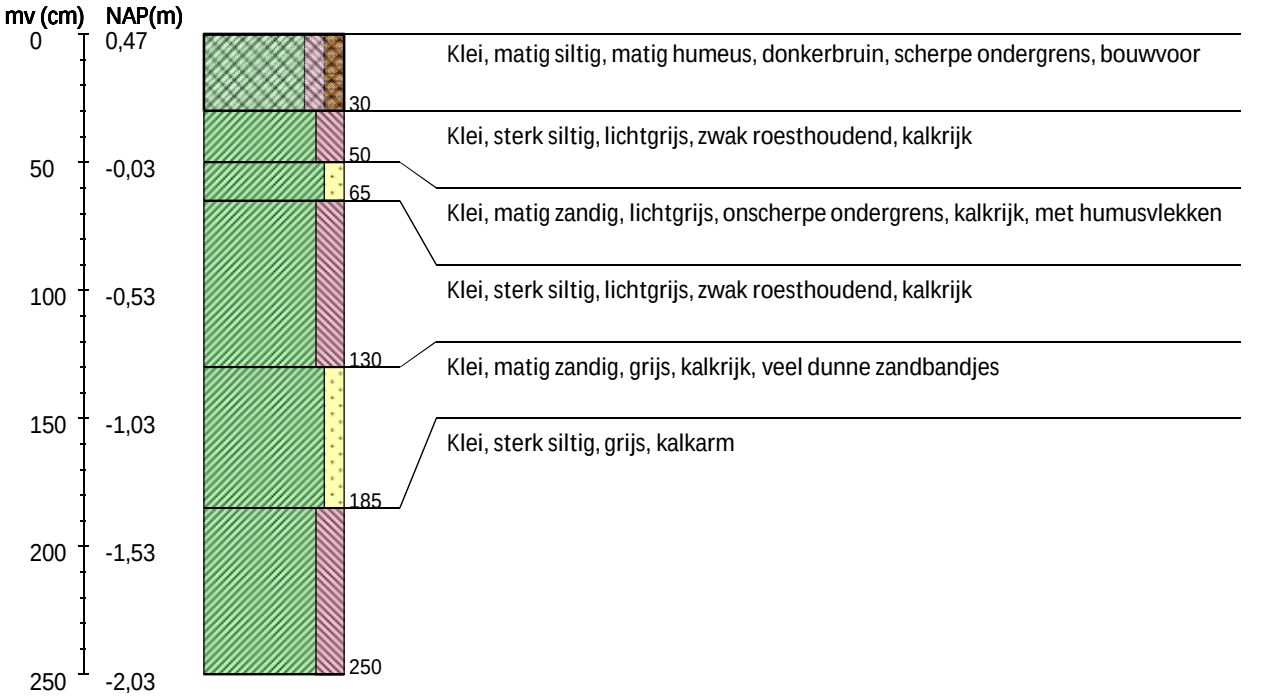
Boring 59 RD-coördinaten: 196359/600325



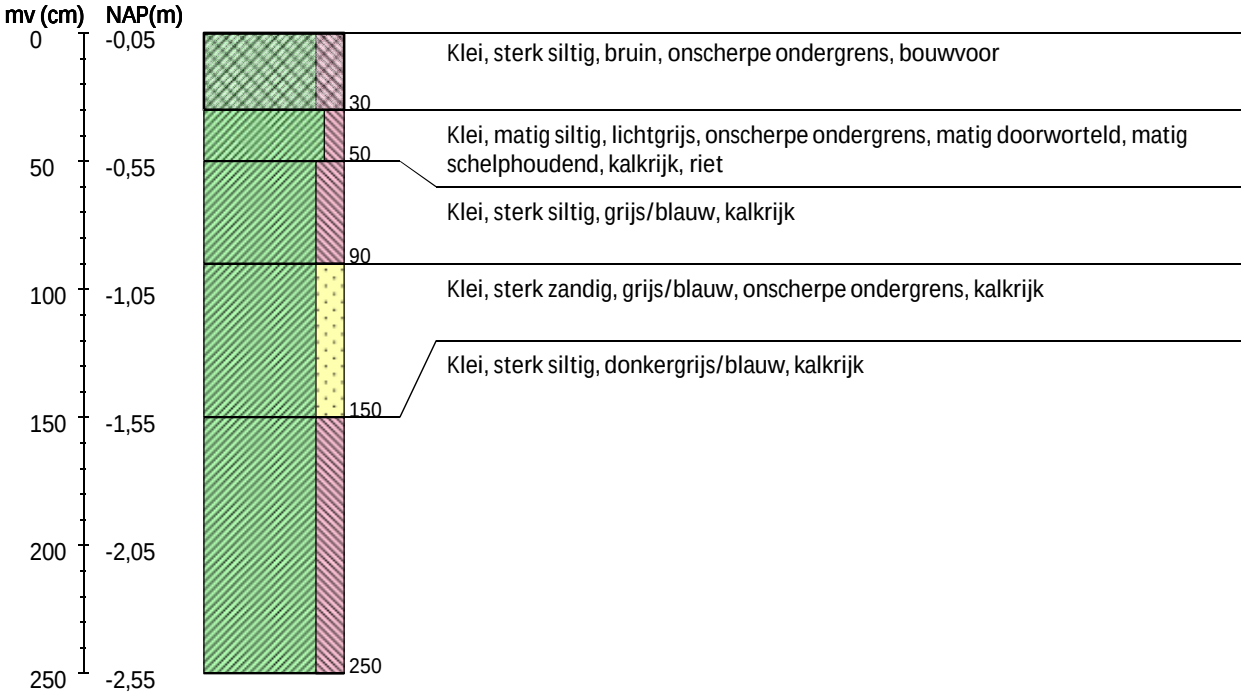
Boring 60 RD-coördinaten: 196424/600319



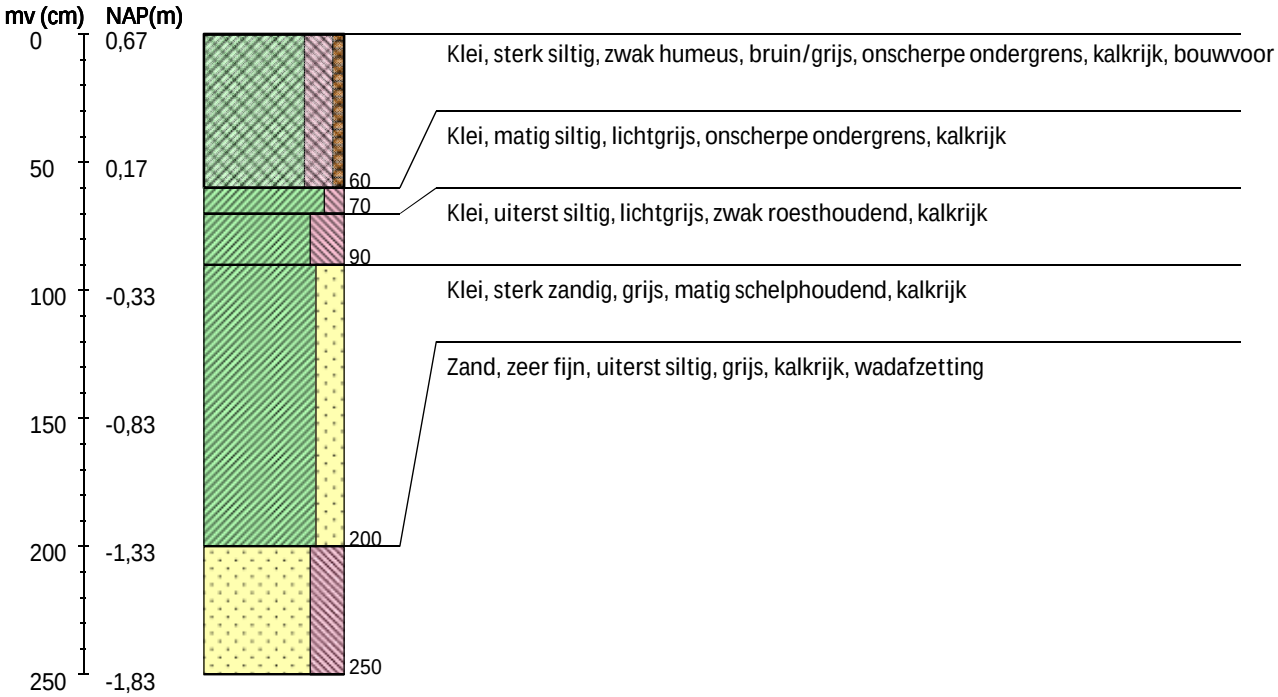
Boring 61 RD-coördinaten: 196483/600319



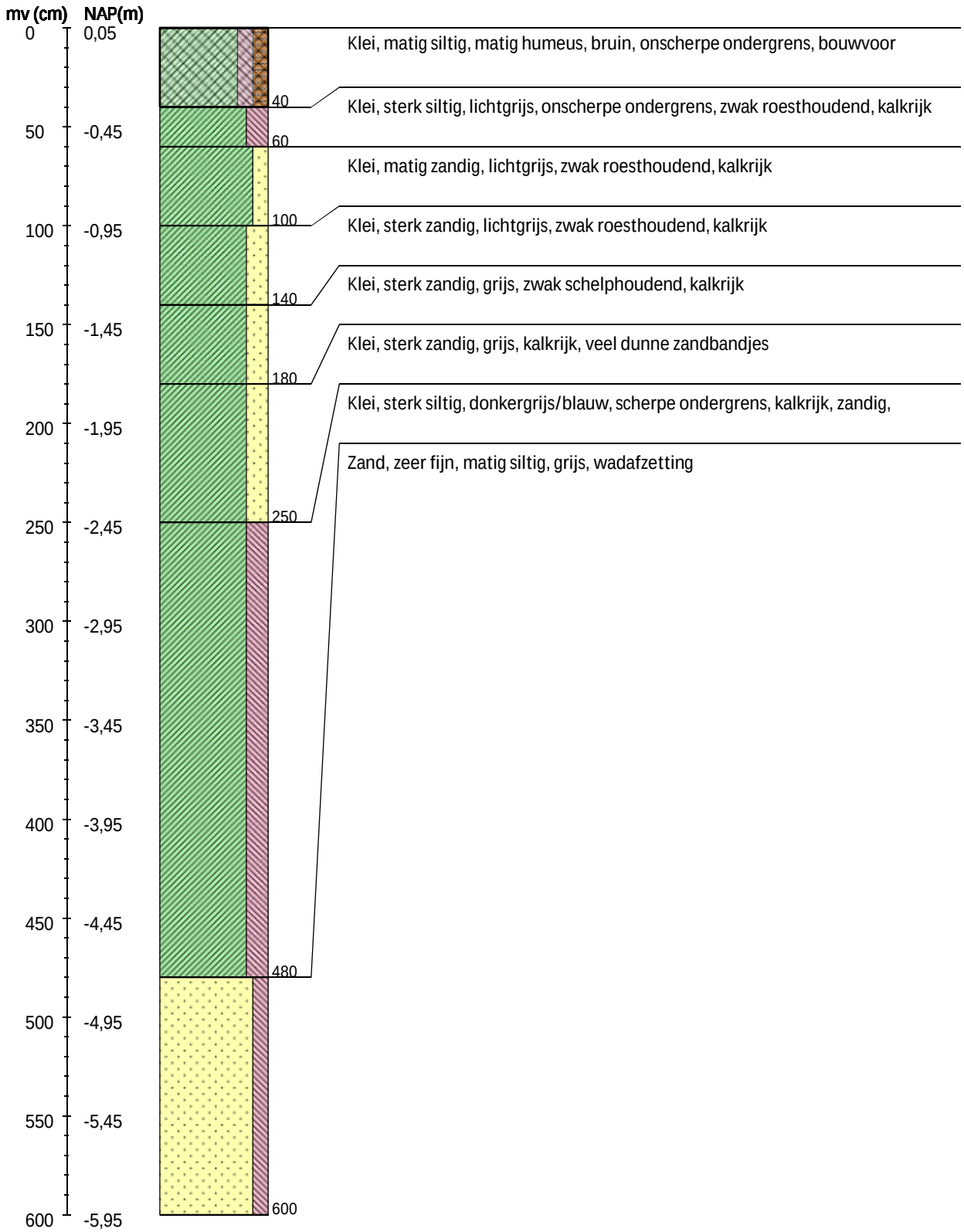
Boring 62 RD-coördinaten: 196544/600317



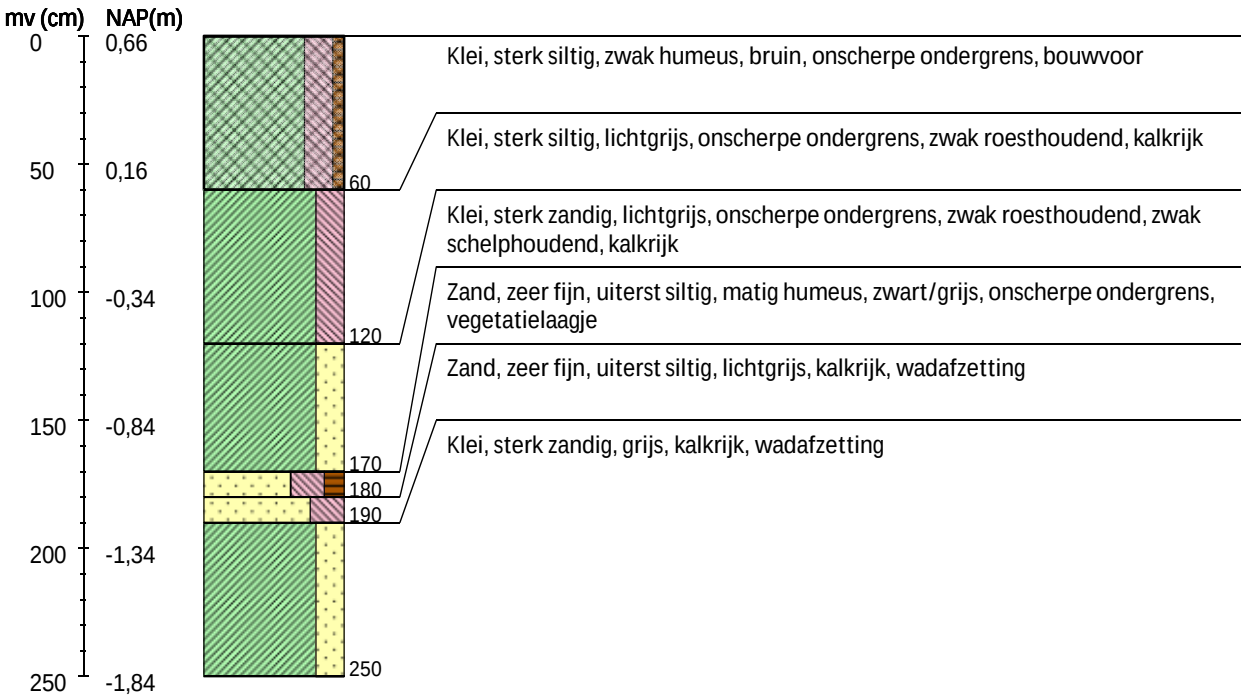
Boring 63 RD-coördinaten: 196580/600318



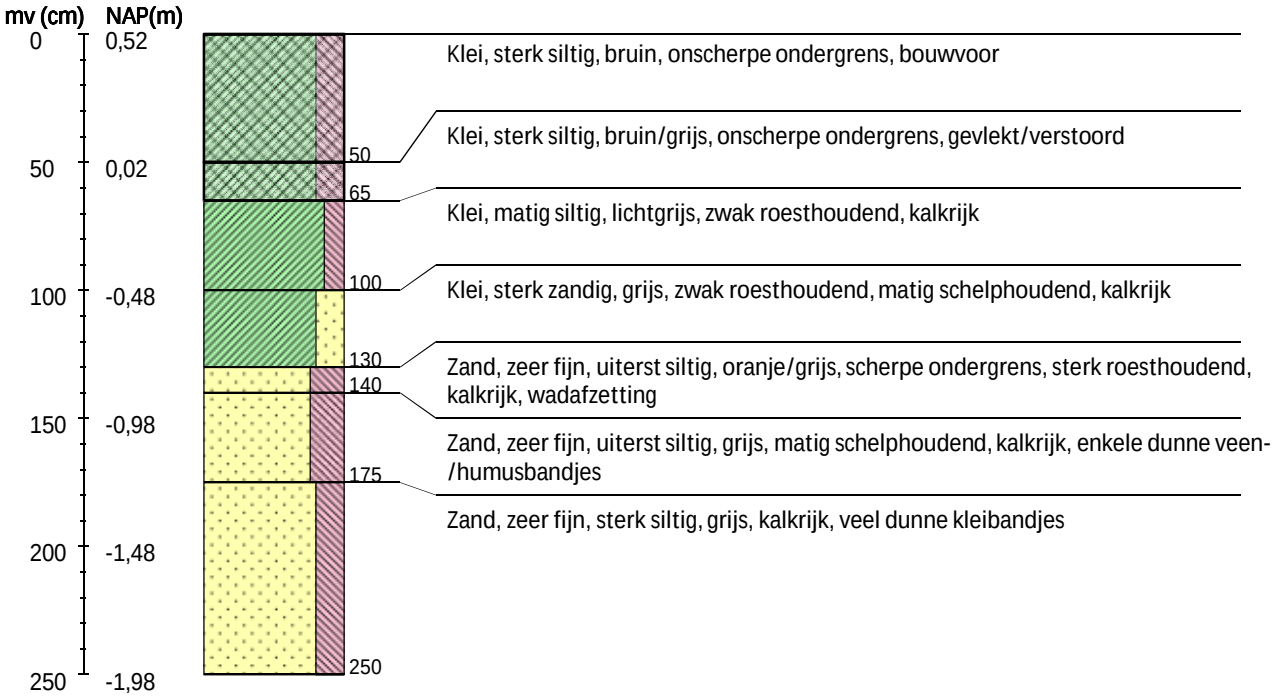
Boring 64 RD-coördinaten: 196610/600318



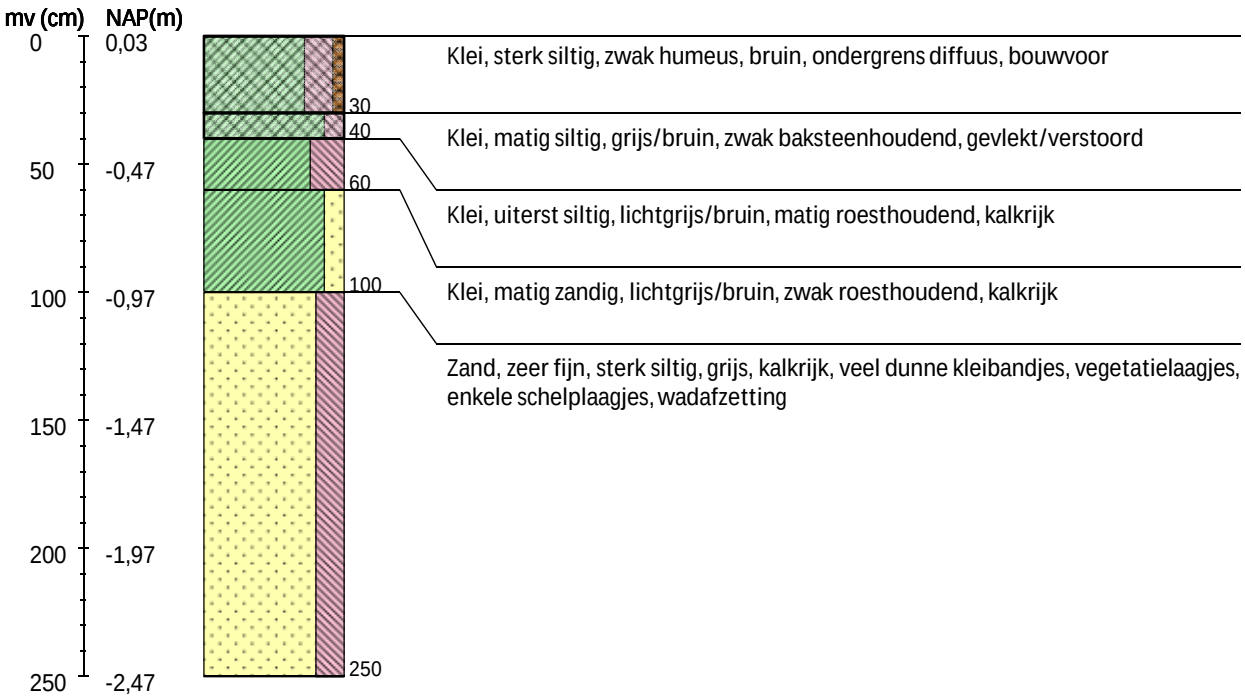
Boring 65 RD-coördinaten: 196673/600317



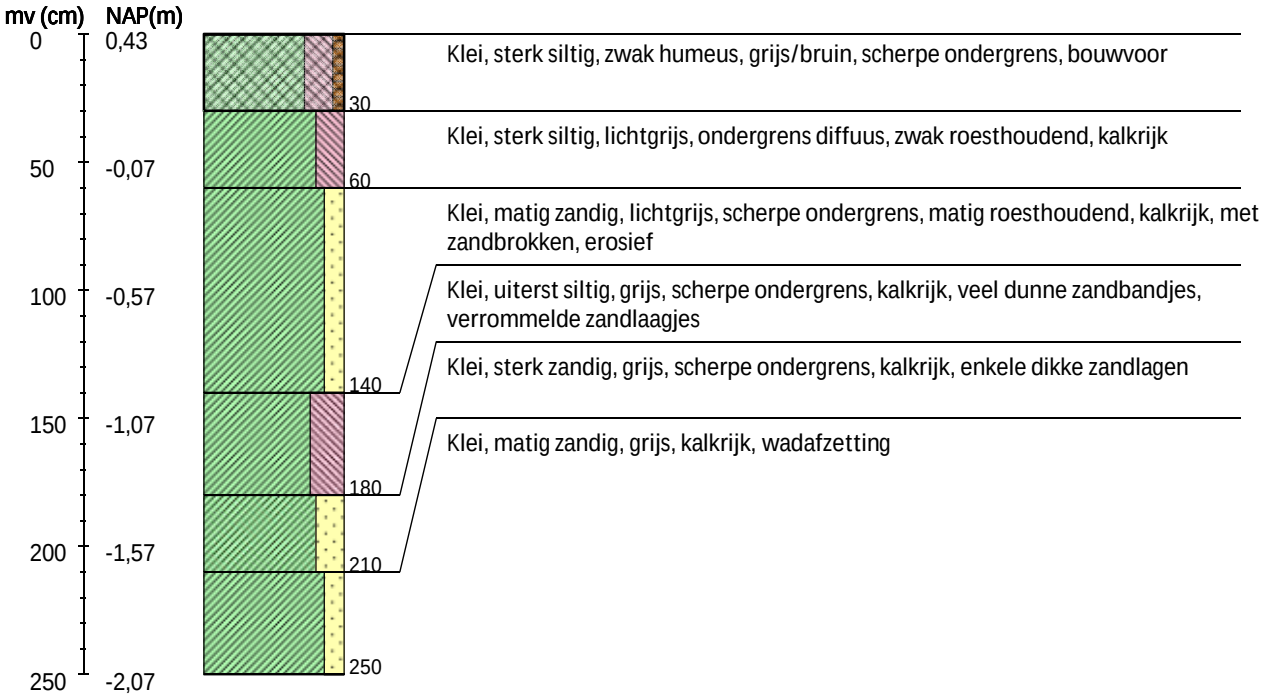
Boring 66 RD-coördinaten: 196723/600317



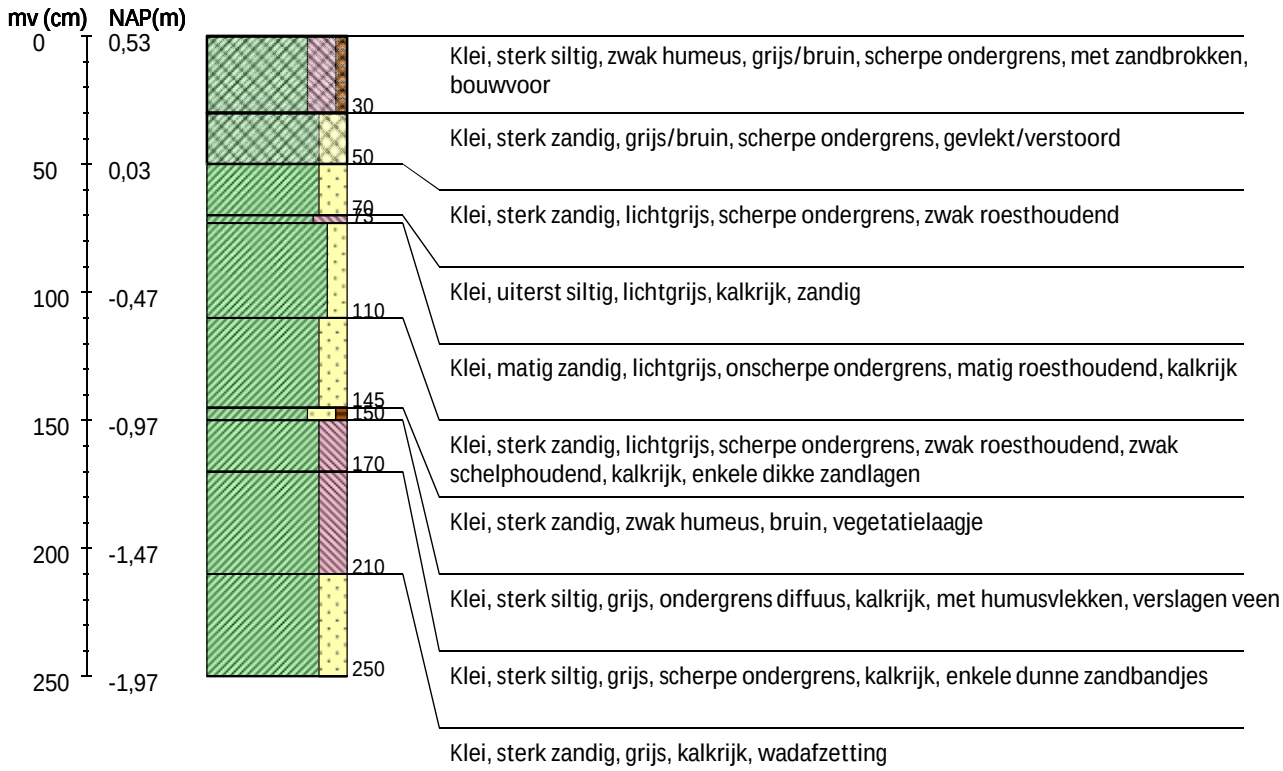
Boring 67 RD-coördinaten: 196748/600315



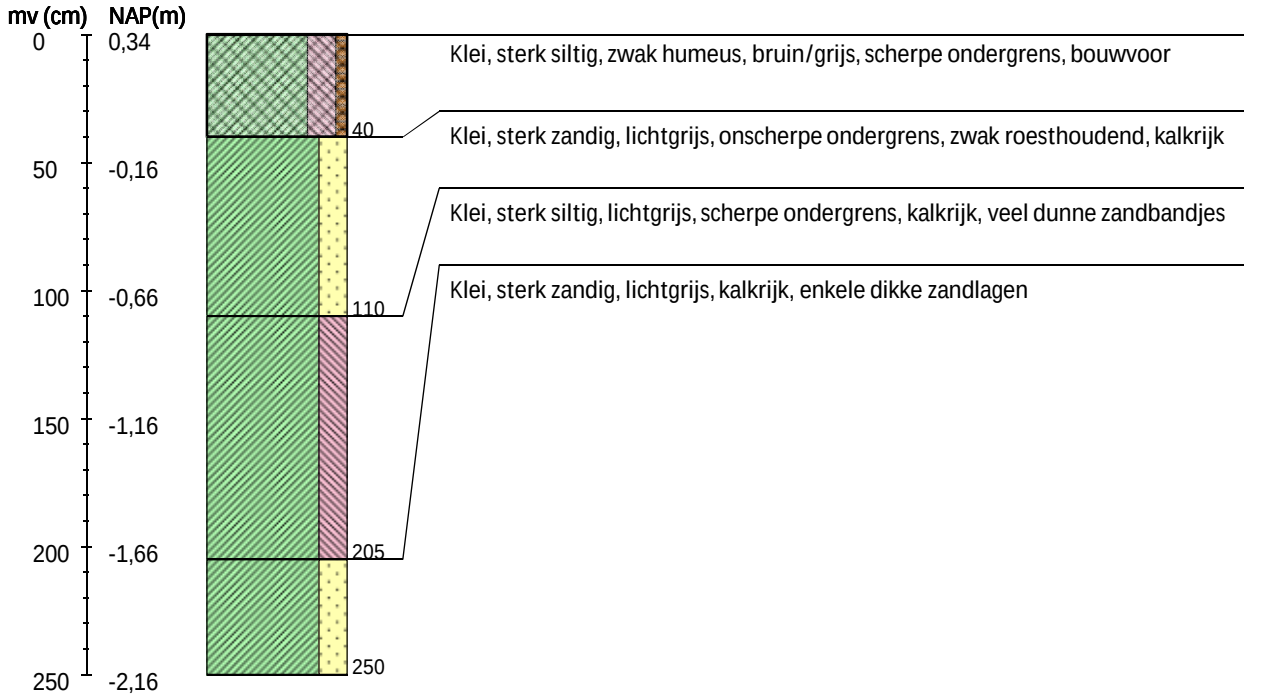
Boring 68 RD-coördinaten: 196815/600315



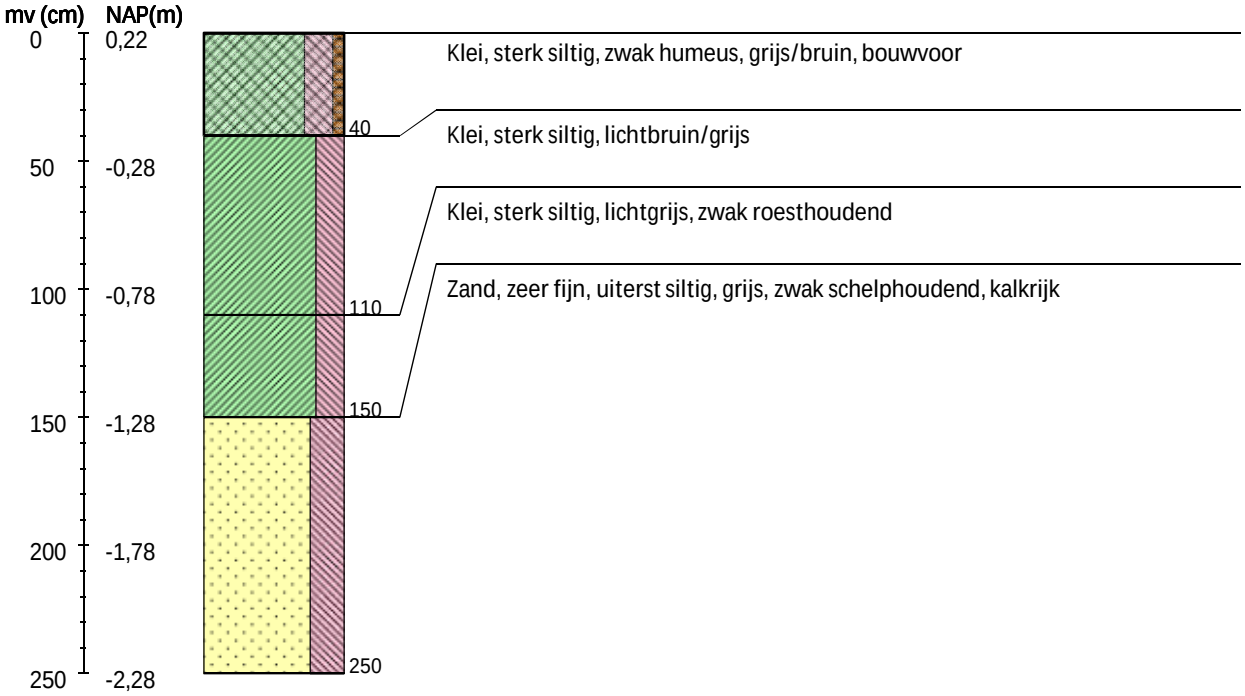
Boring 69 RD-coördinaten: 196871/600315



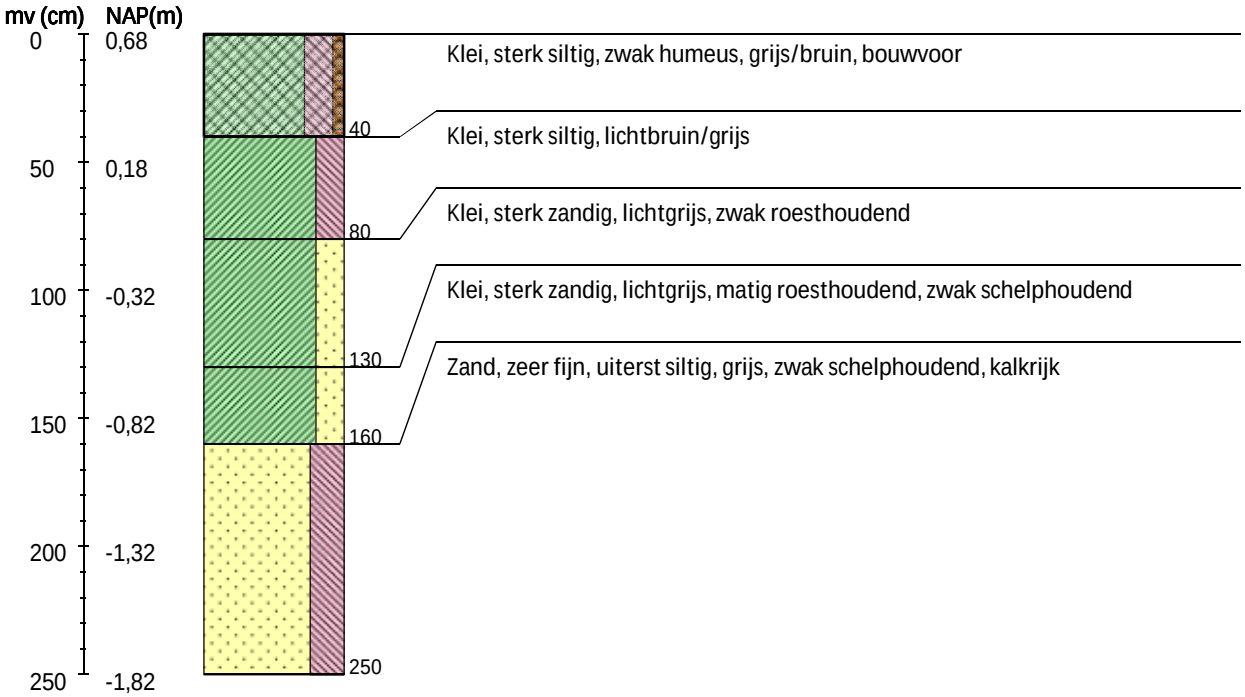
Boring 70 RD-coördinaten: 196923/600315



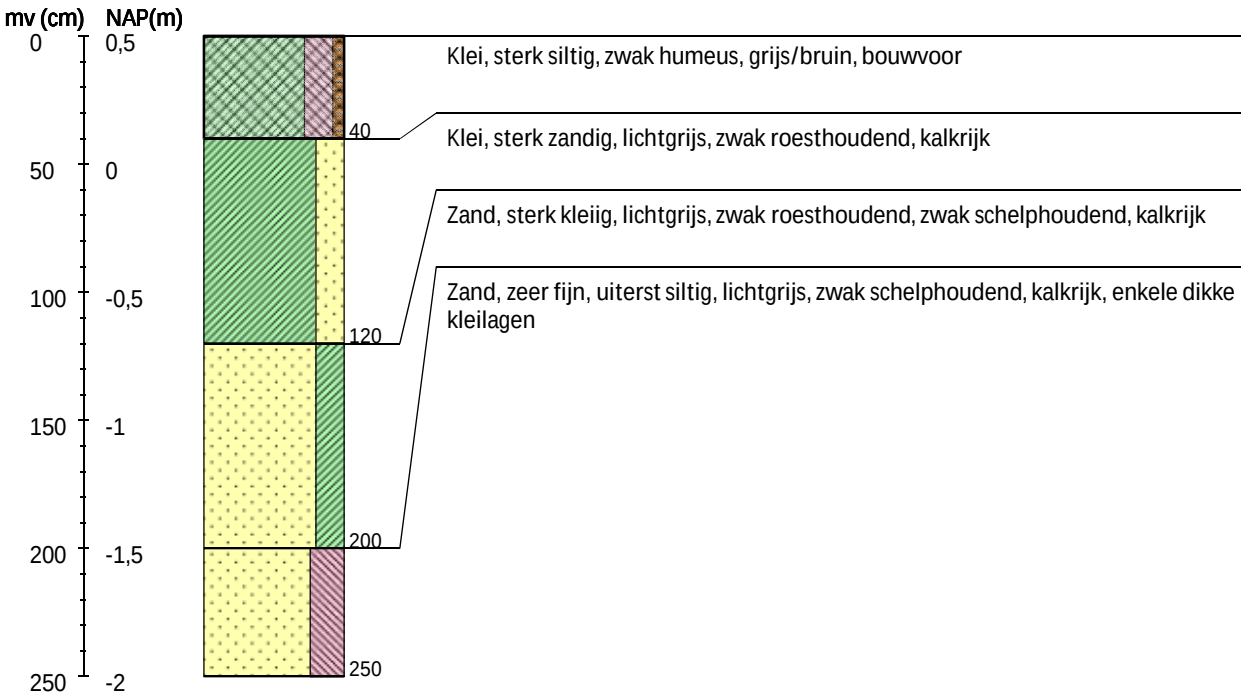
Boring 71 RD-coördinaten: 196987/600315



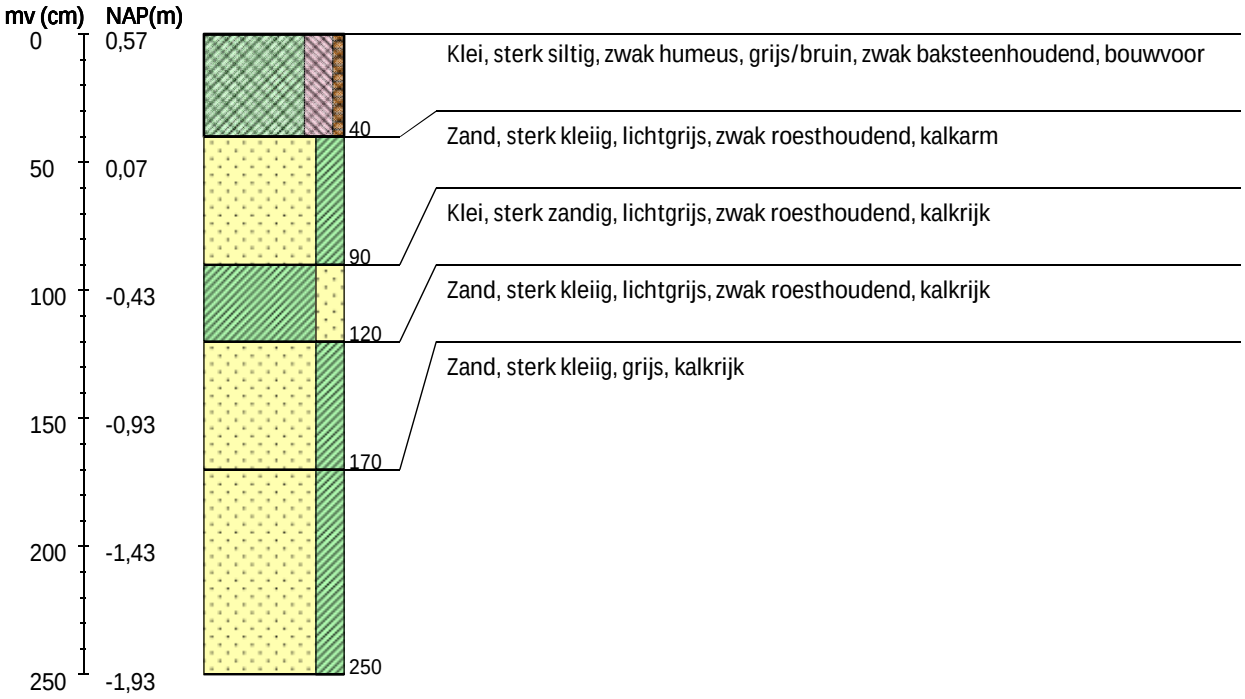
Boring 72 RD-coördinaten: 197027/600314



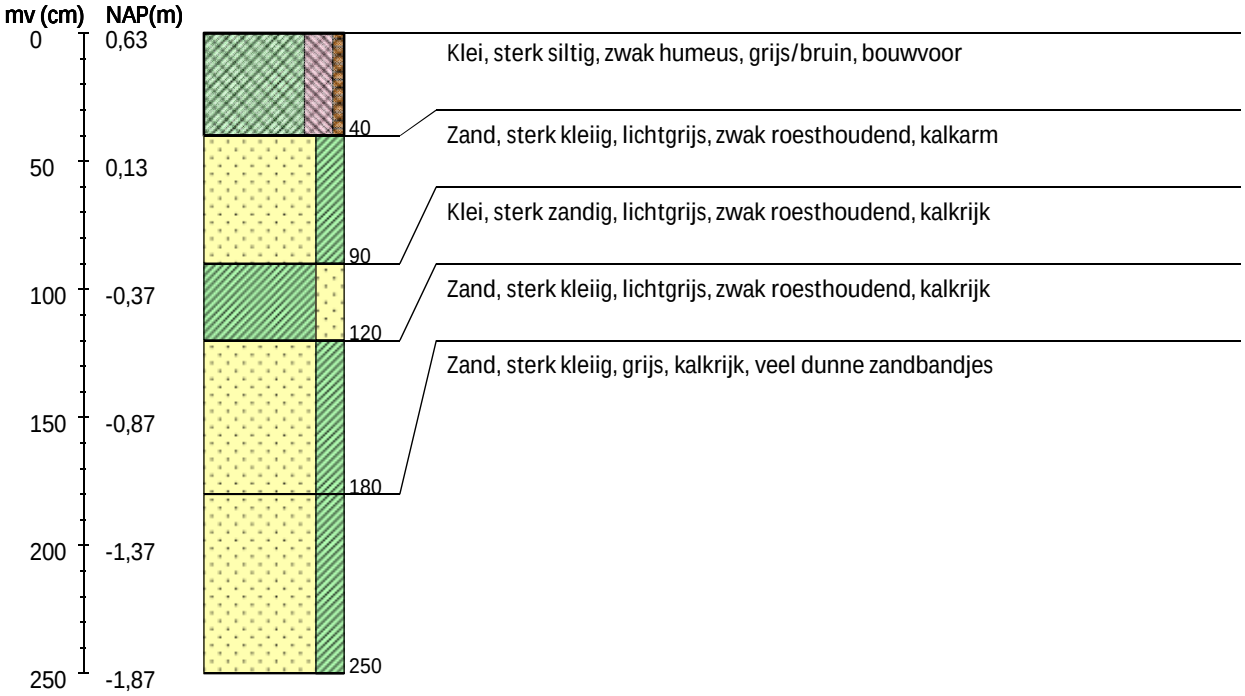
Boring 73 RD-coördinaten: 197073/600314



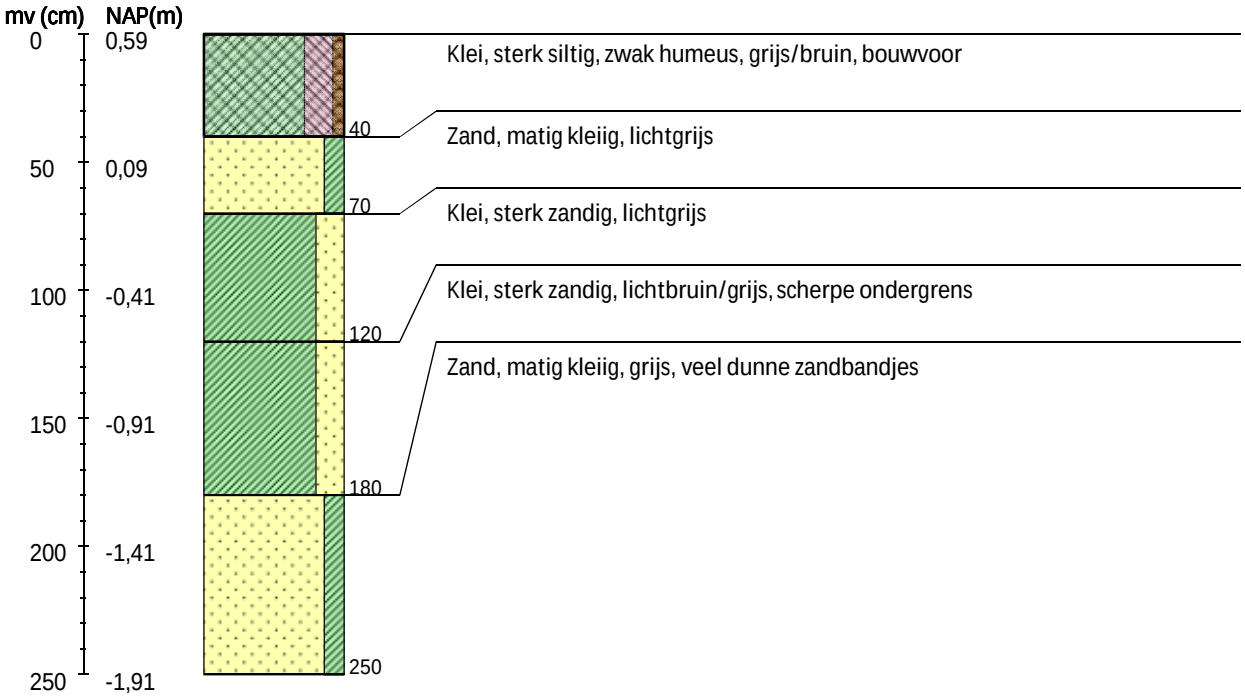
Boring 74 RD-coördinaten: 197123/600313



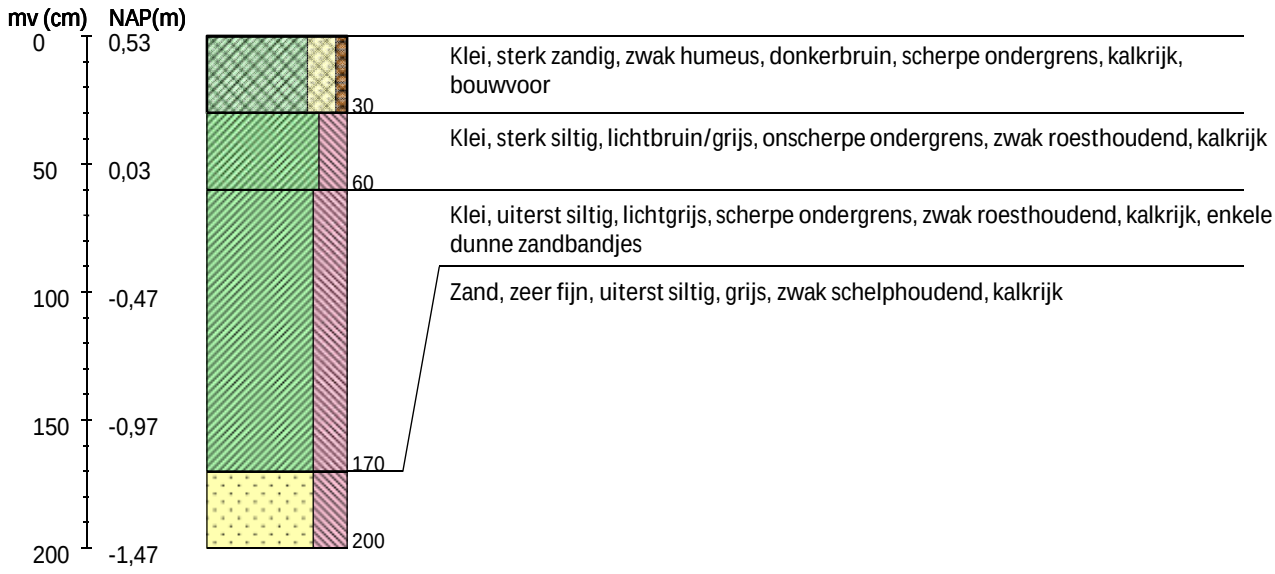
Boring 75 RD-coördinaten: 197173/600313



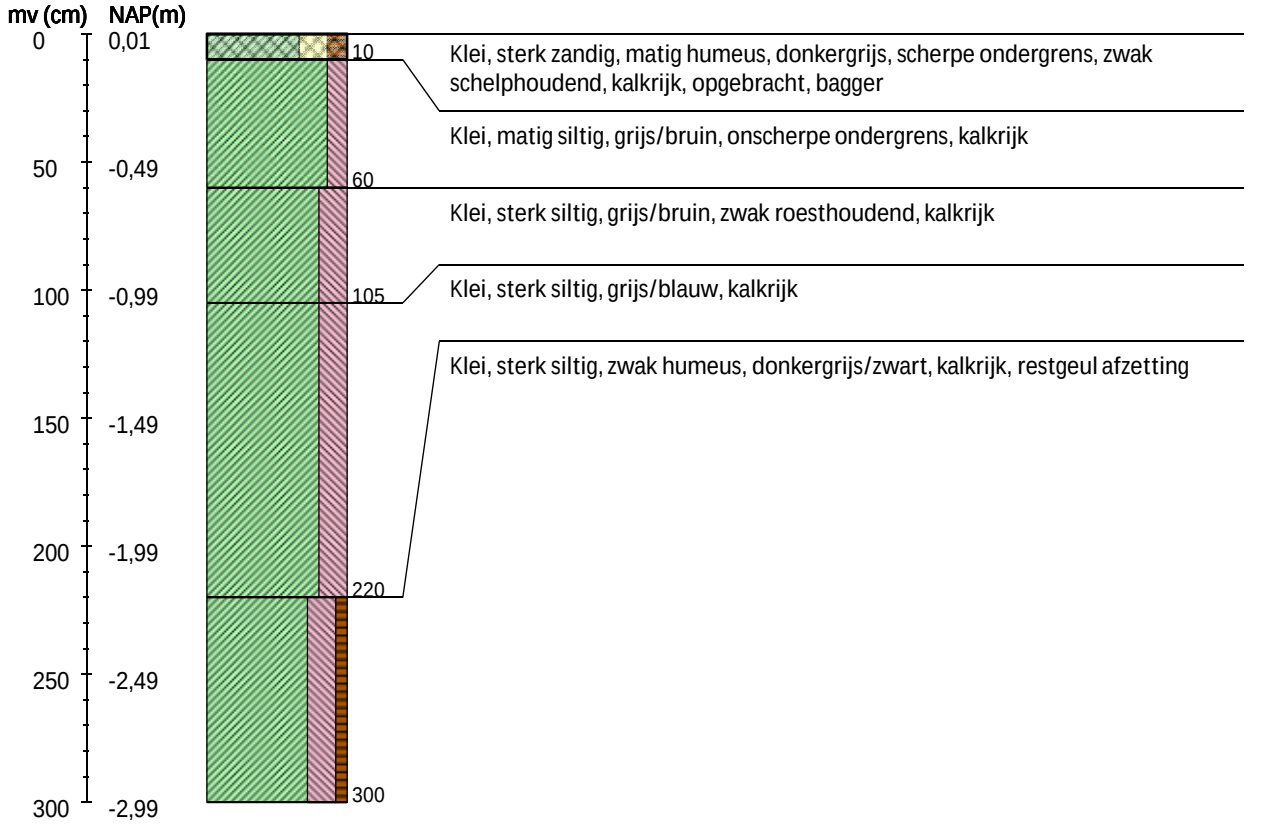
Boring 76 RD-coördinaten: 197223/600312



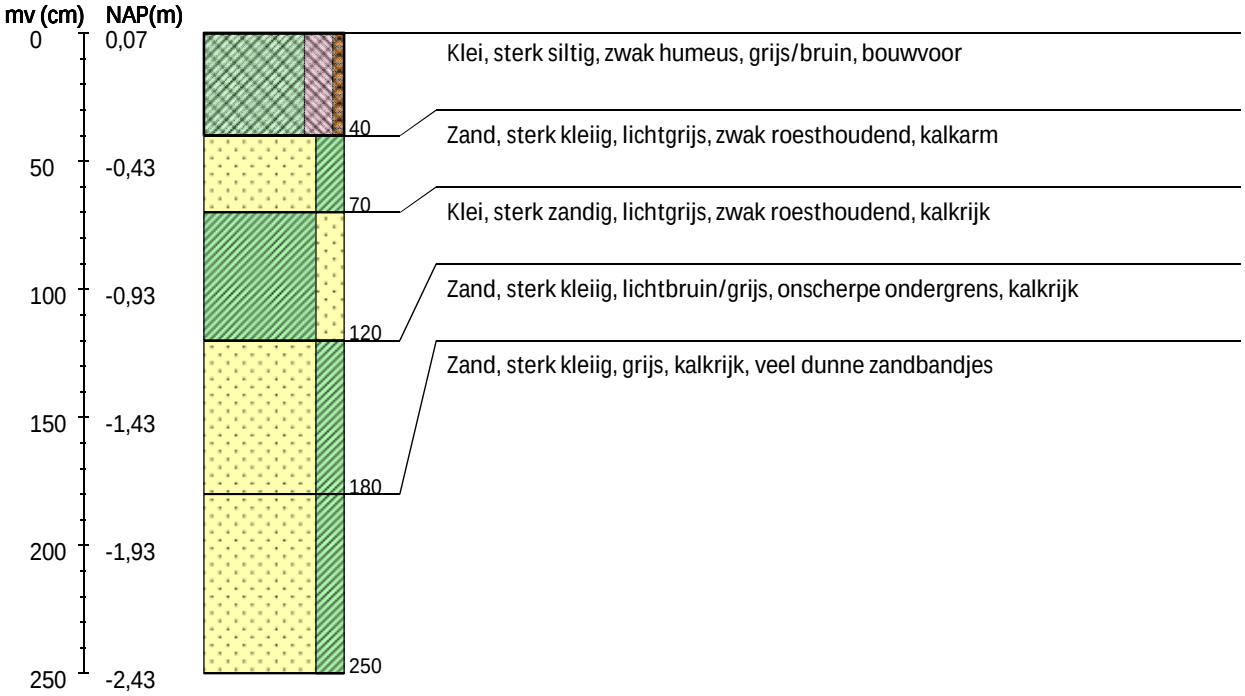
Boring 77 RD-coördinaten: 197273/600312



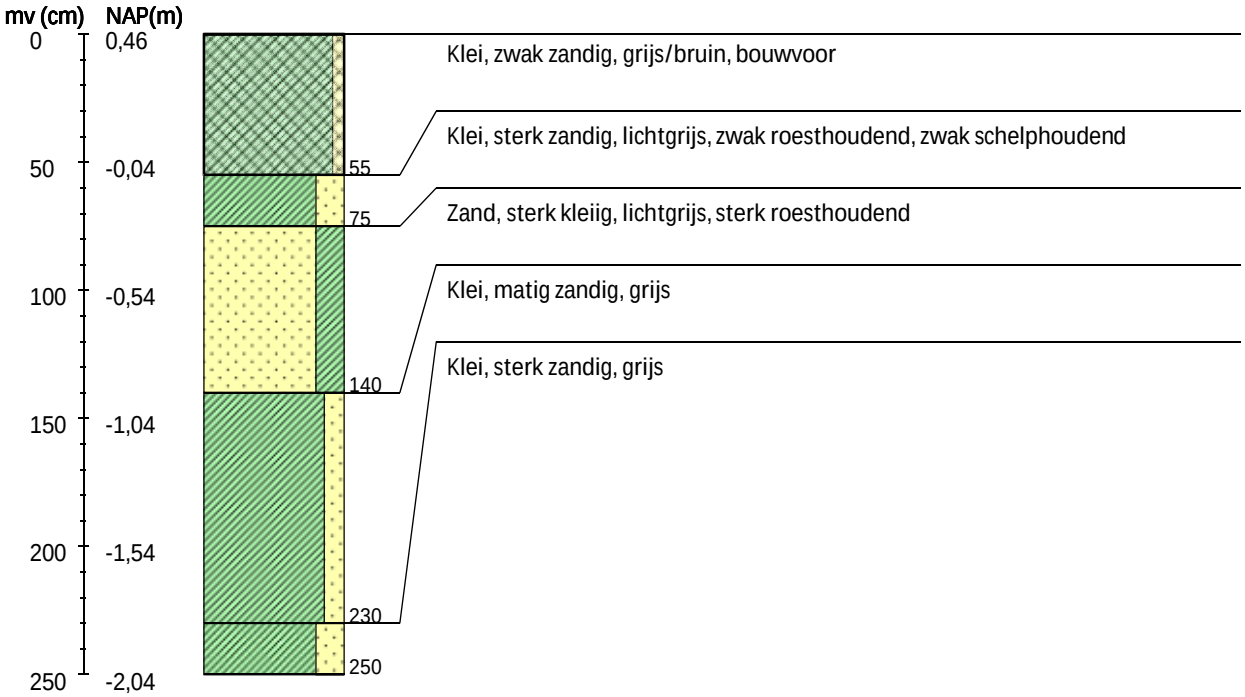
Boring 78 RD-coördinaten: 197337/600313



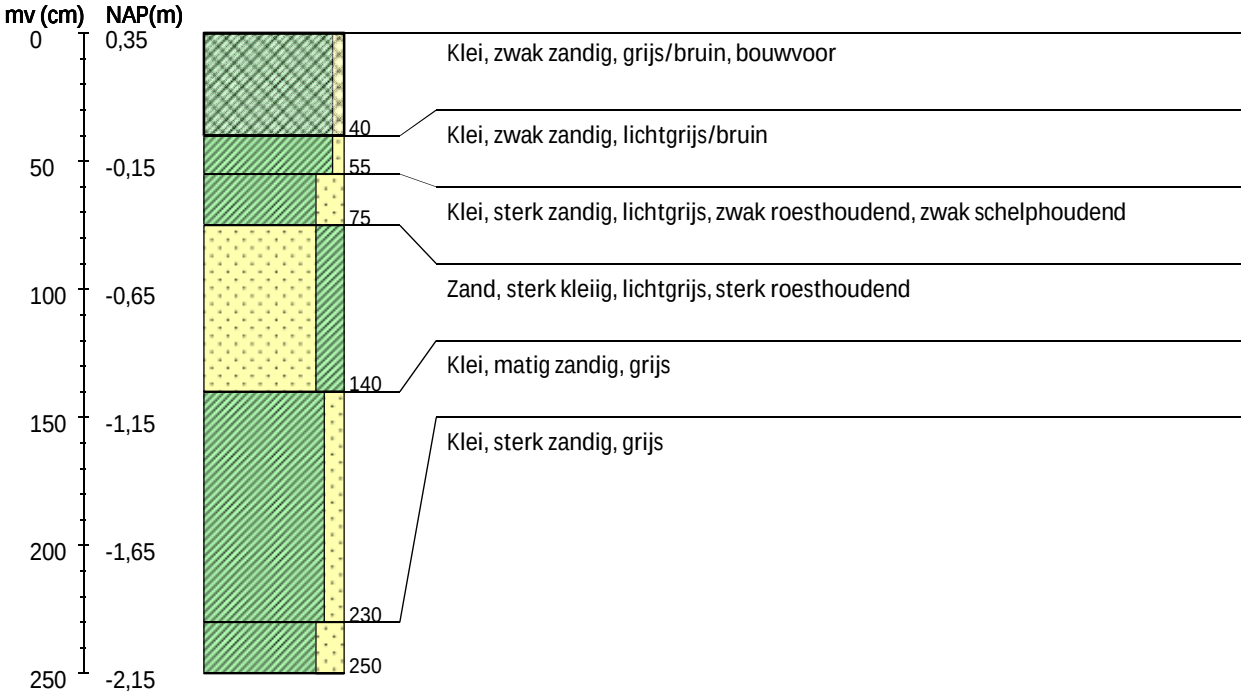
Boring 79 RD-coördinaten: 197371/600307



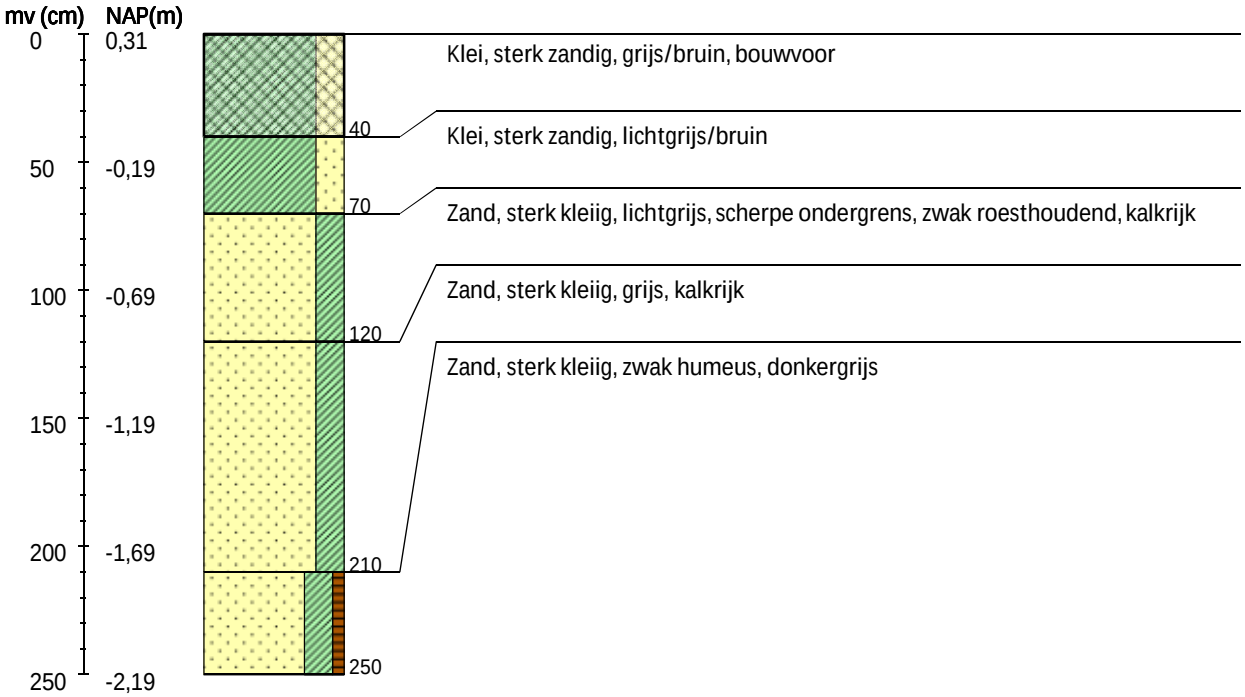
Boring 80 RD-coördinaten: 197423/600311



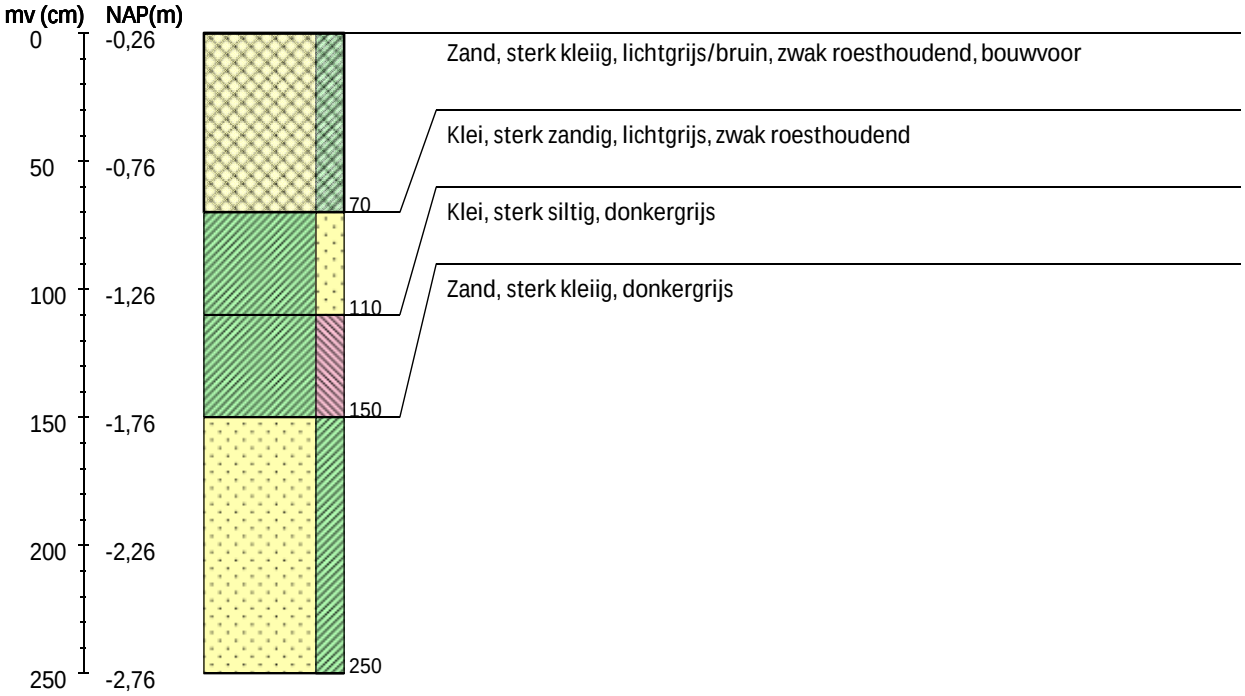
Boring 81 RD-coördinaten: 197473/600310



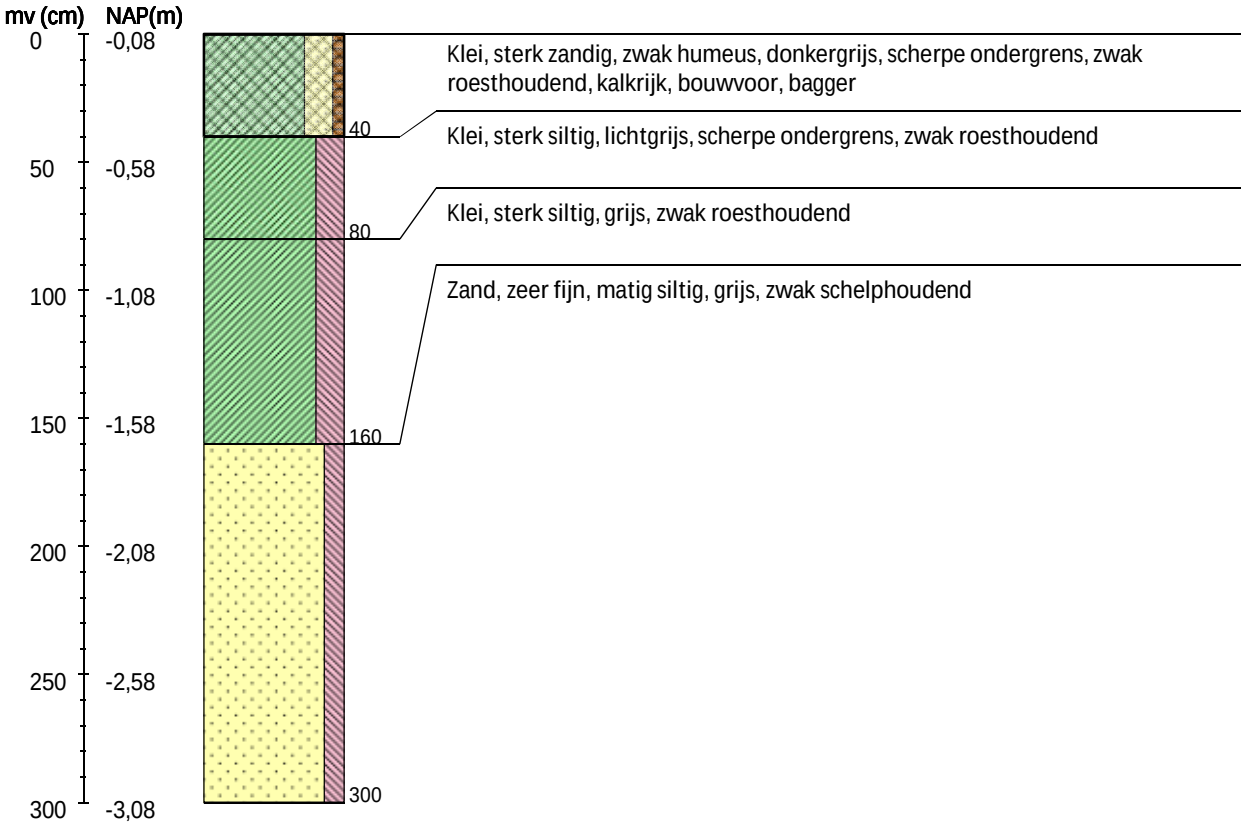
Boring 82 RD-coördinaten: 197523/600310



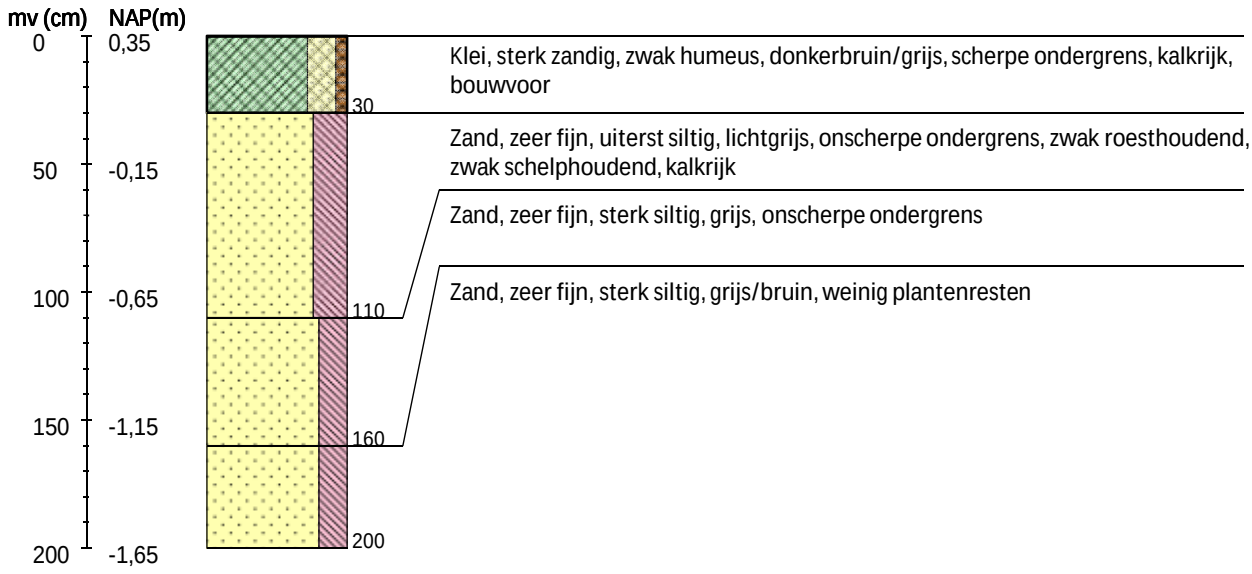
Boring 83 RD-coördinaten: 197563/600310



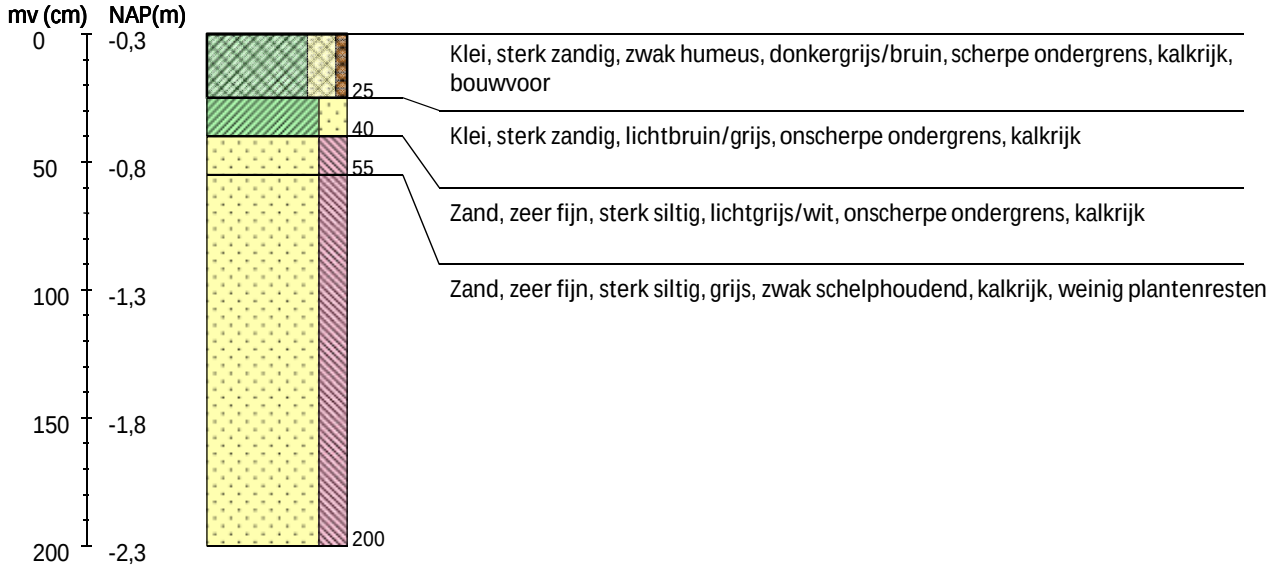
Boring 84 RD-coördinaten: 197614/600309



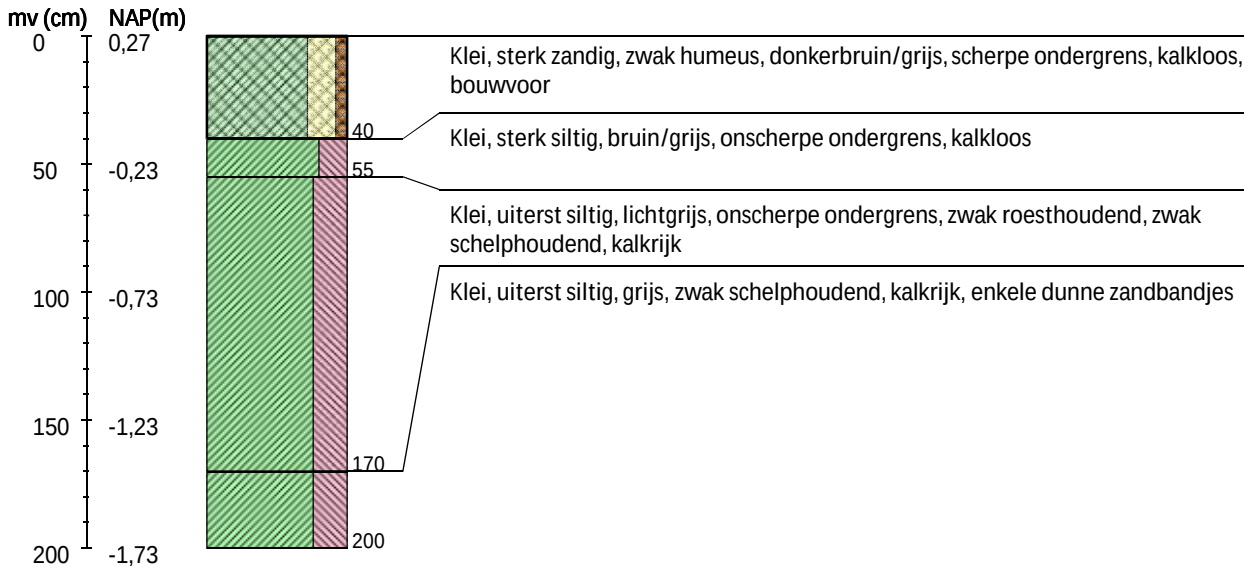
Boring 85 RD-coördinaten: 197673/600308



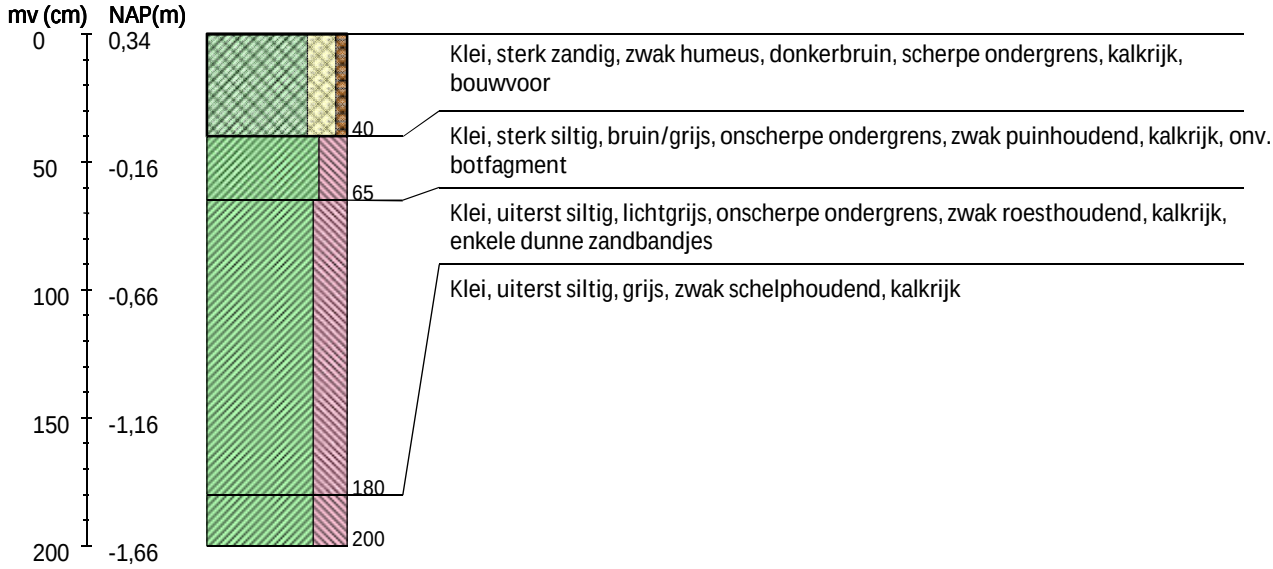
Boring 86 RD-coördinaten: 197727/600306



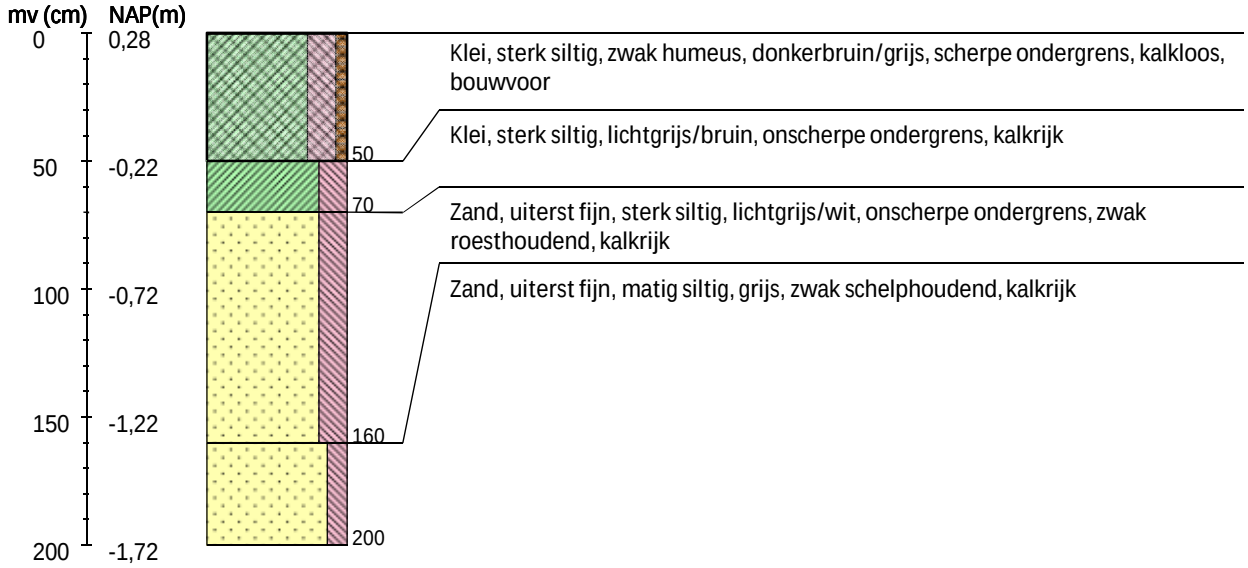
Boring 87 RD-coördinaten: 197773/600308



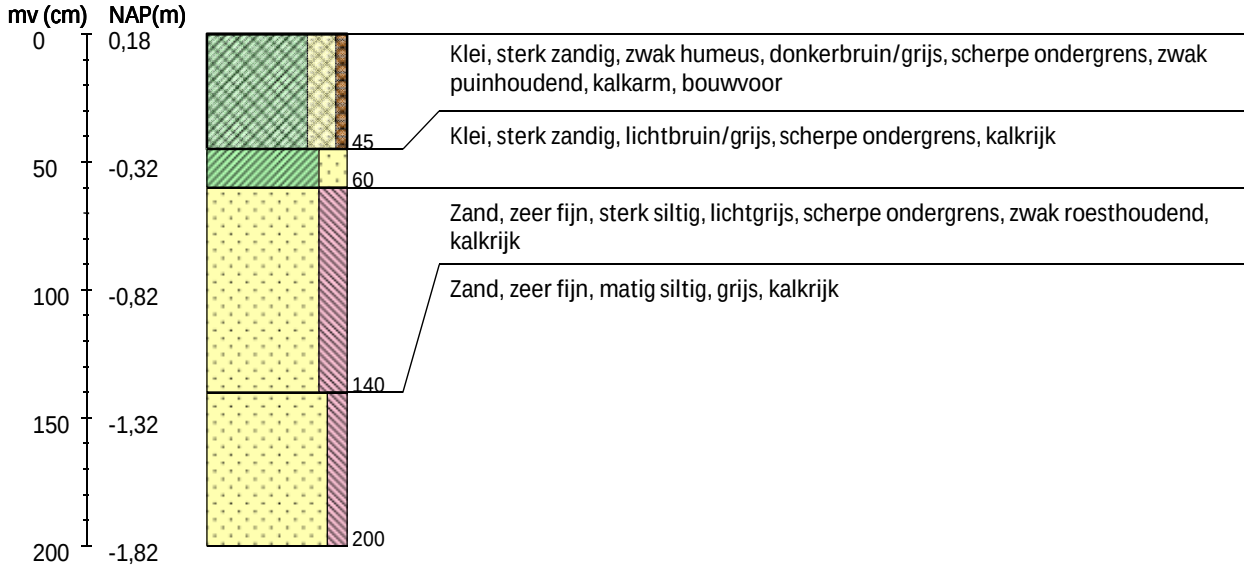
Boring 88 RD-coördinaten: 197822/600307



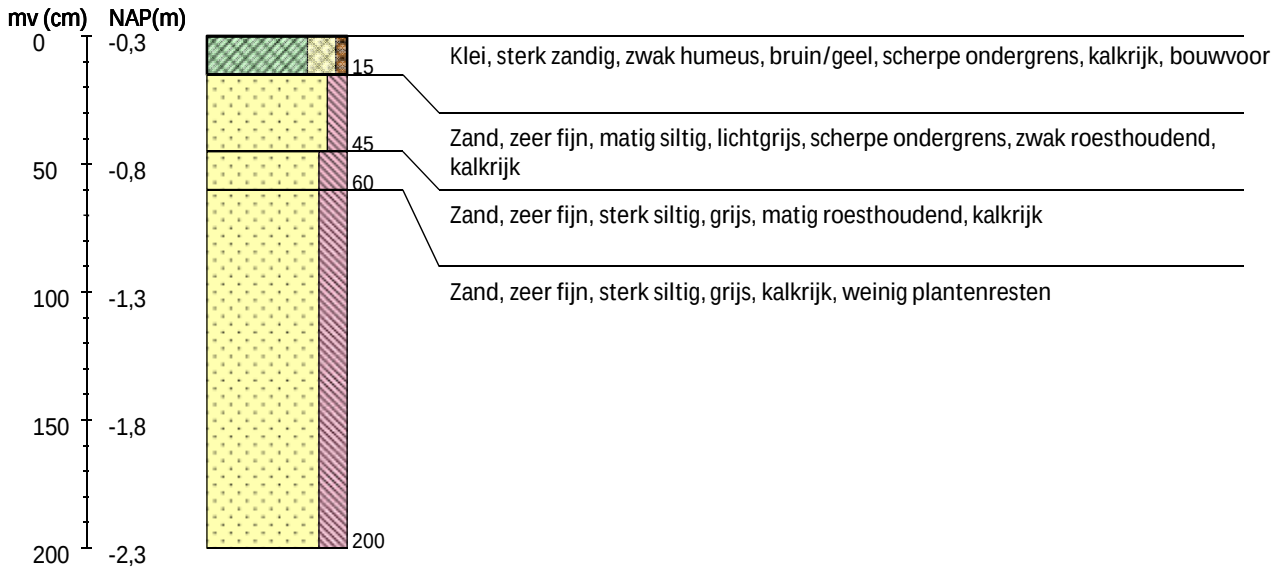
Boring 89 RD-coördinaten: 197873/600307



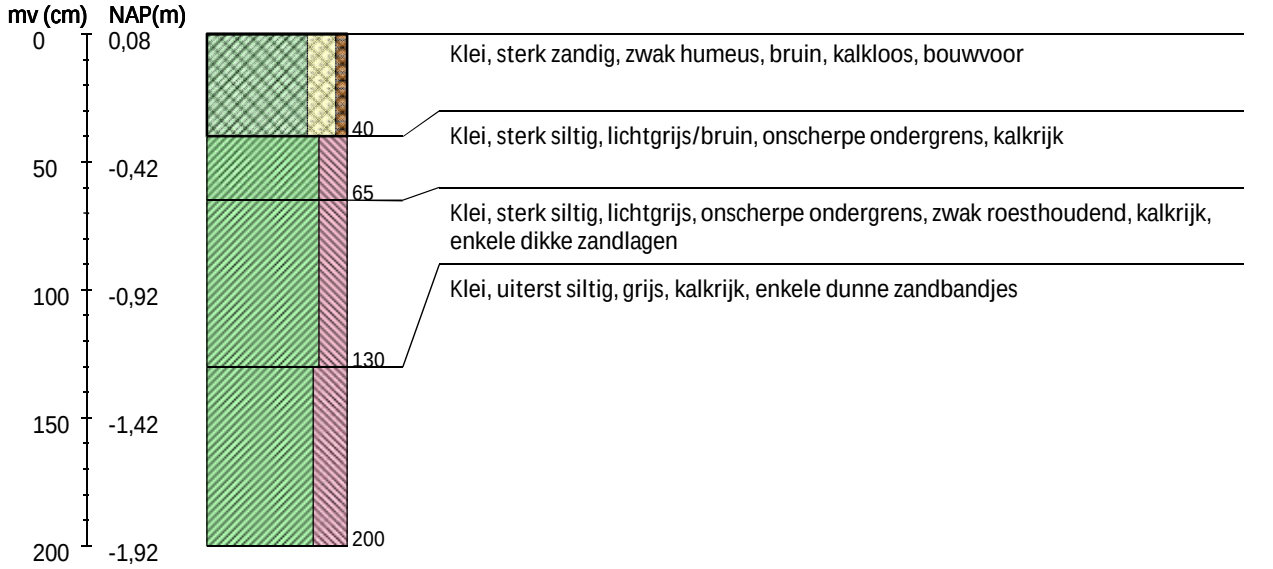
Boring 90 RD-coördinaten: 197905/600285



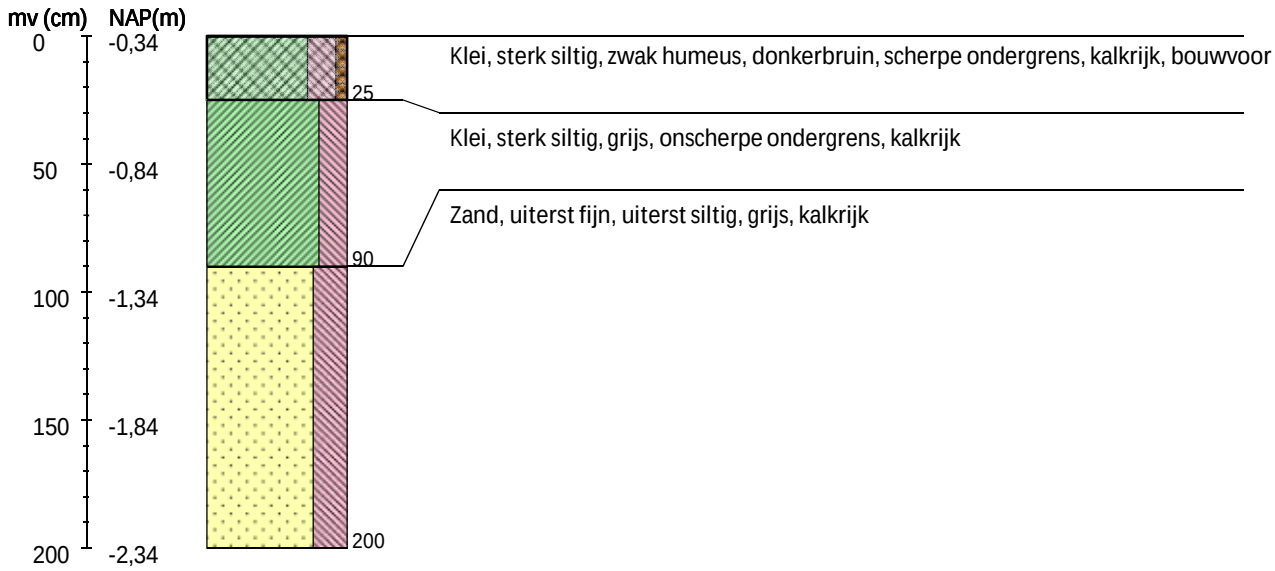
Boring 91 RD-coördinaten: 197944/600296



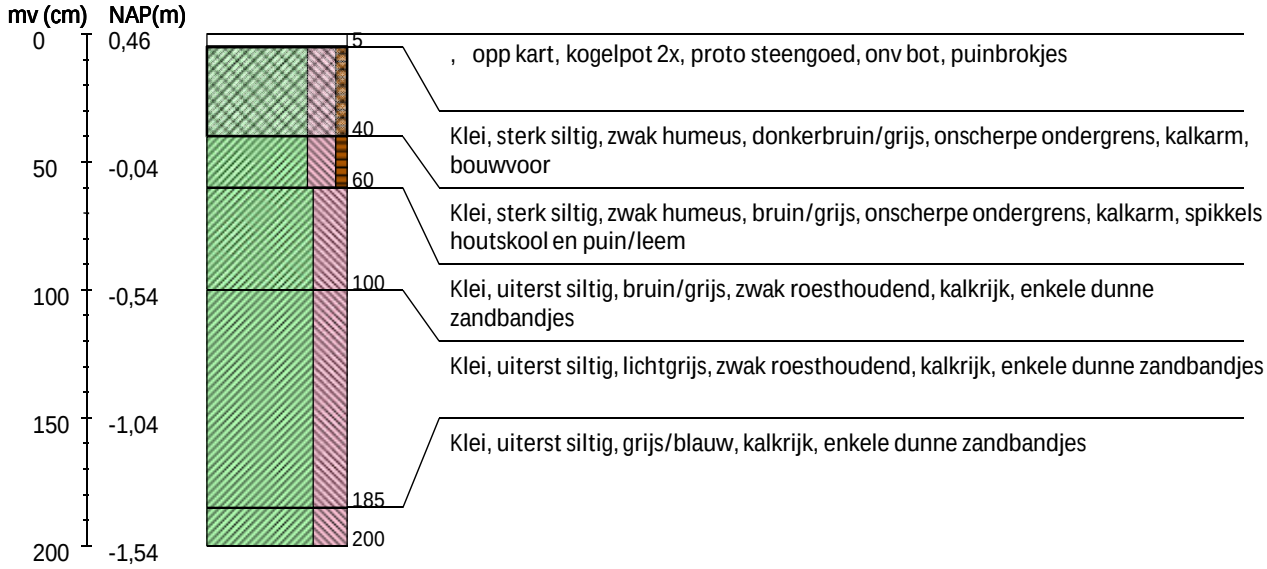
Boring 92 RD-coördinaten: 197971/600330



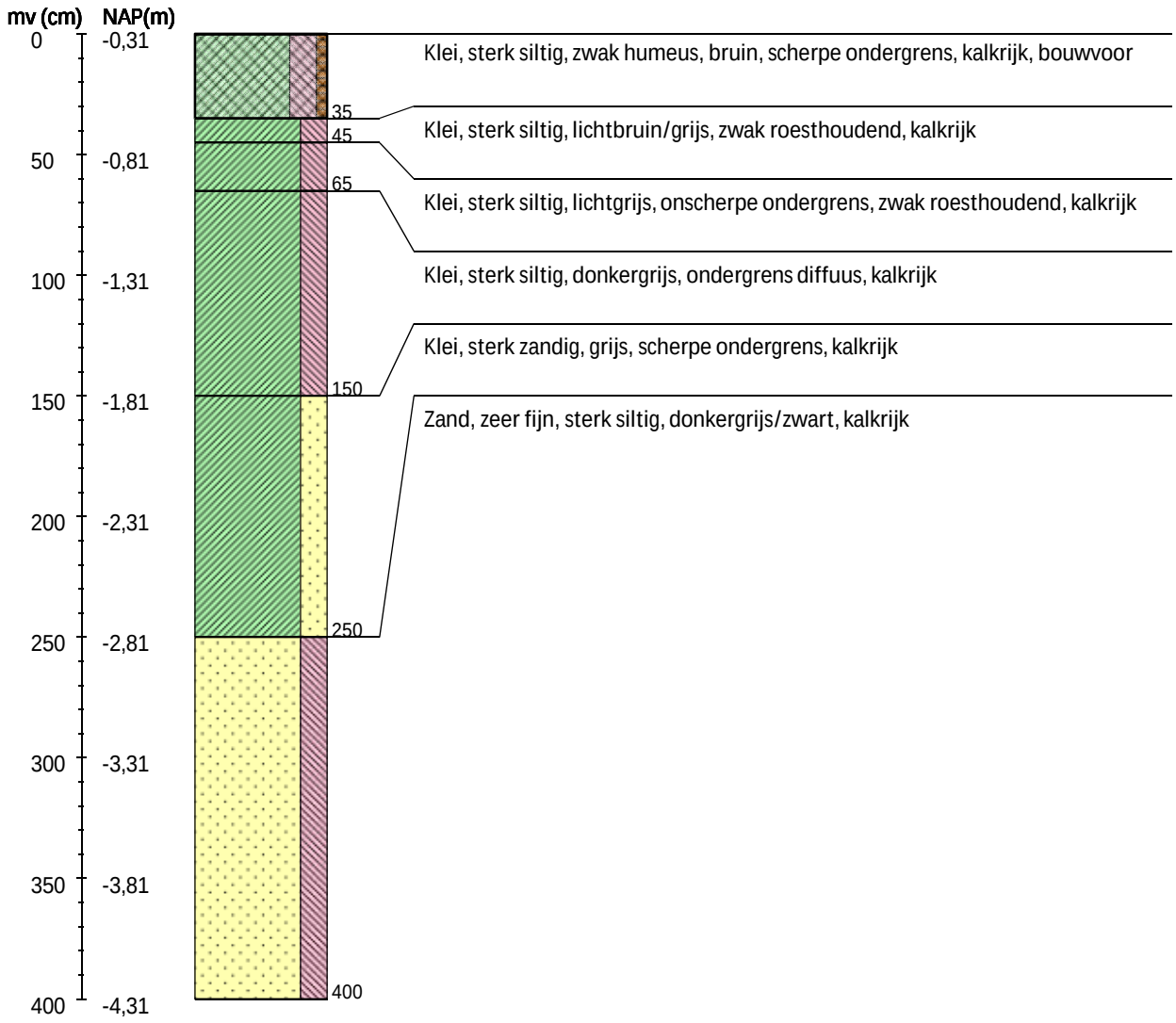
Boring 93 RD-coördinaten: 198026/600348



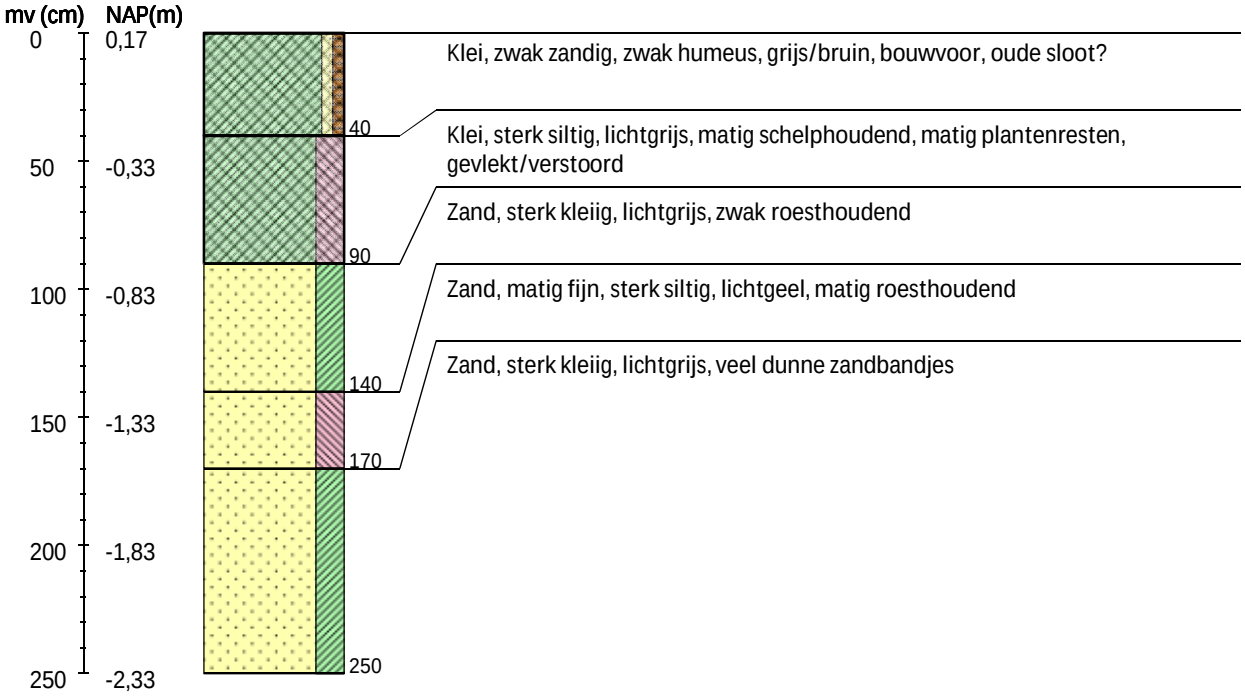
Boring 94 RD-coördinaten: 198074/600366



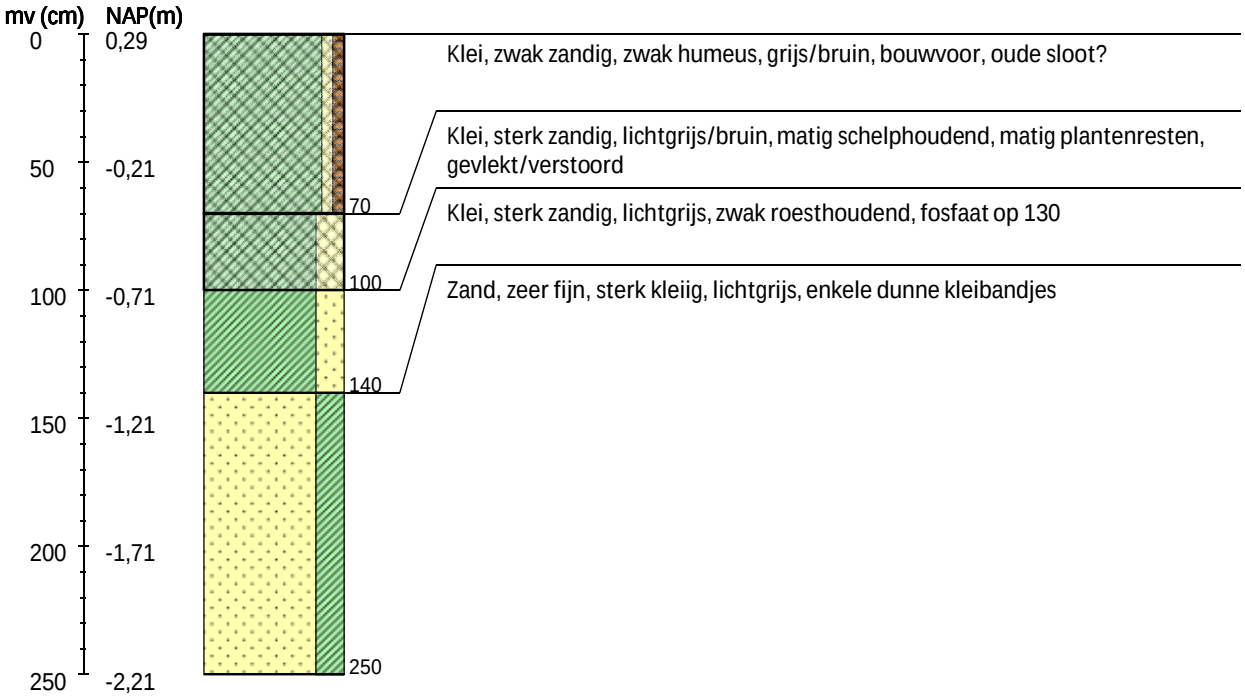
Boring 95 RD-coördinaten: 198120/600381



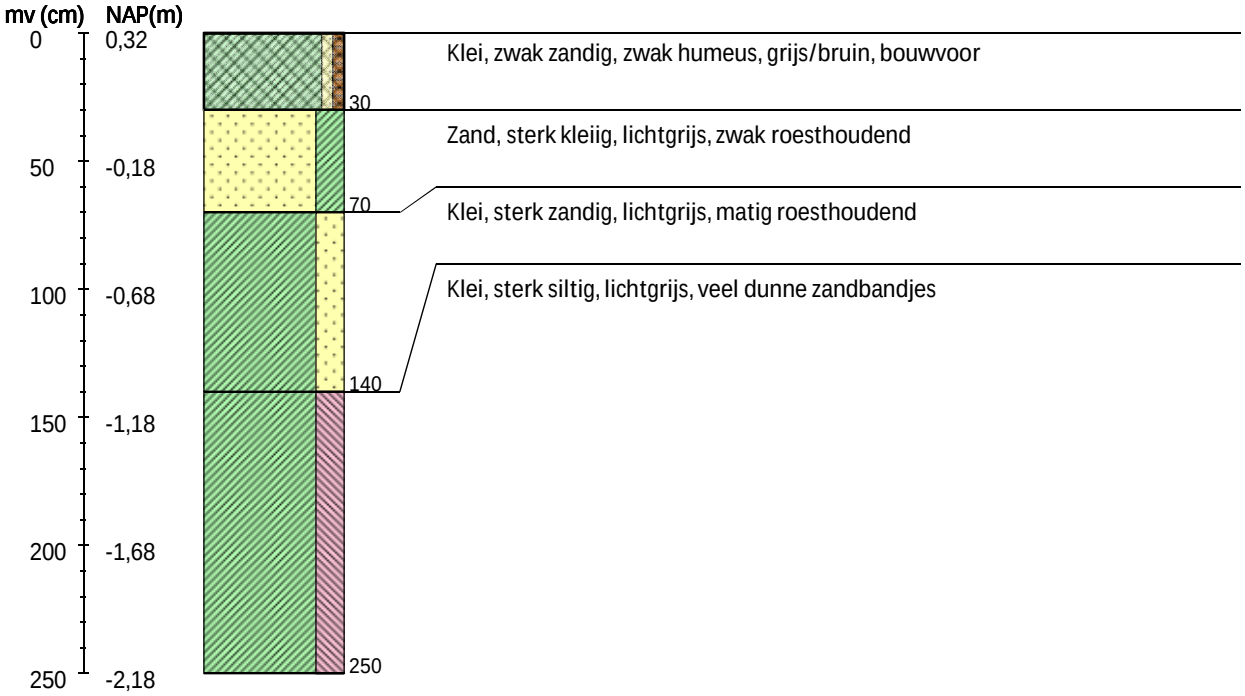
Boring 96 RD-coördinaten: 198161/600396



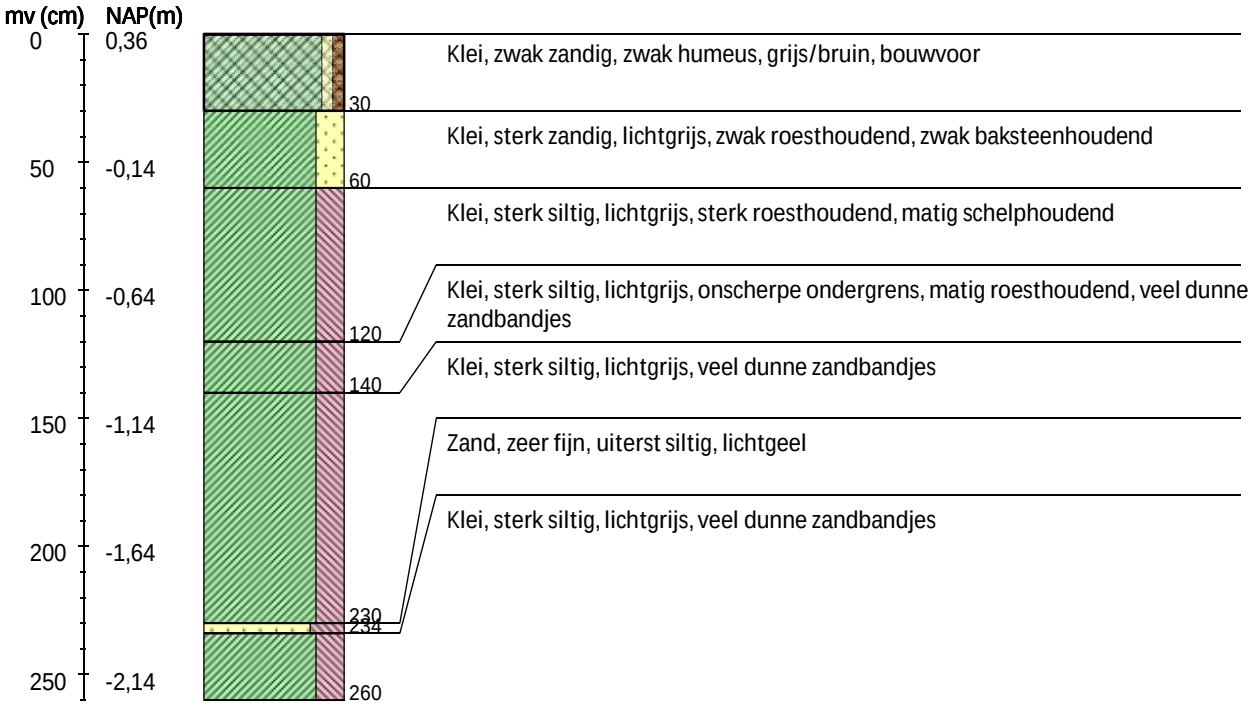
Boring 97 RD-coördinaten: 198209/600412



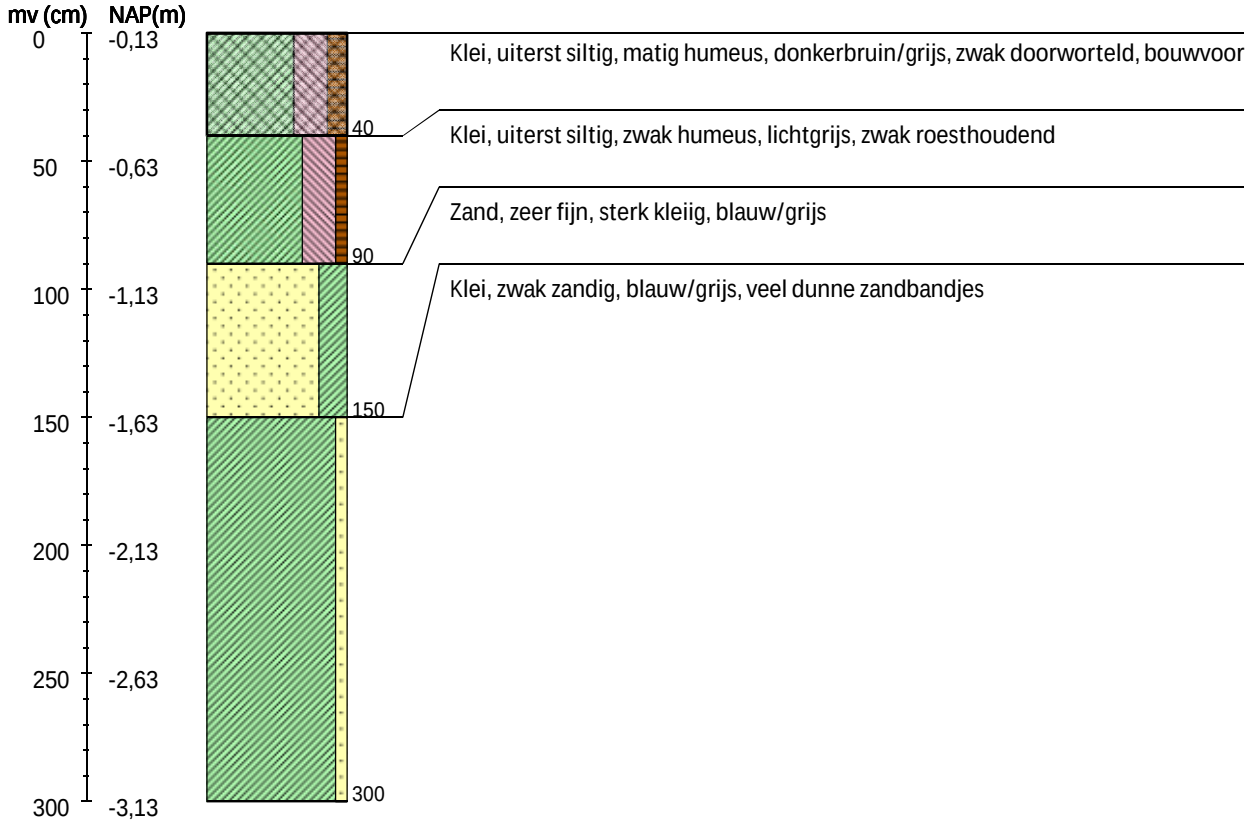
Boring 98 RD-coördinaten: 198256/600428



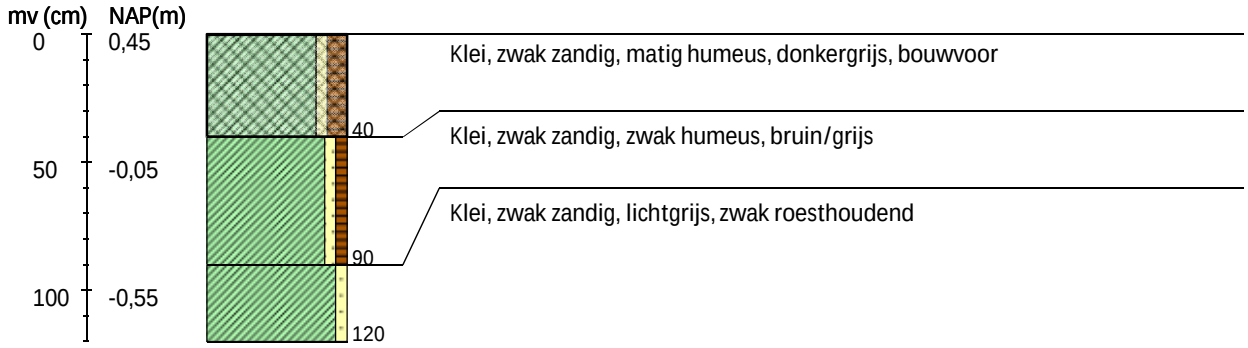
Boring 99 RD-coördinaten: 198303/600445



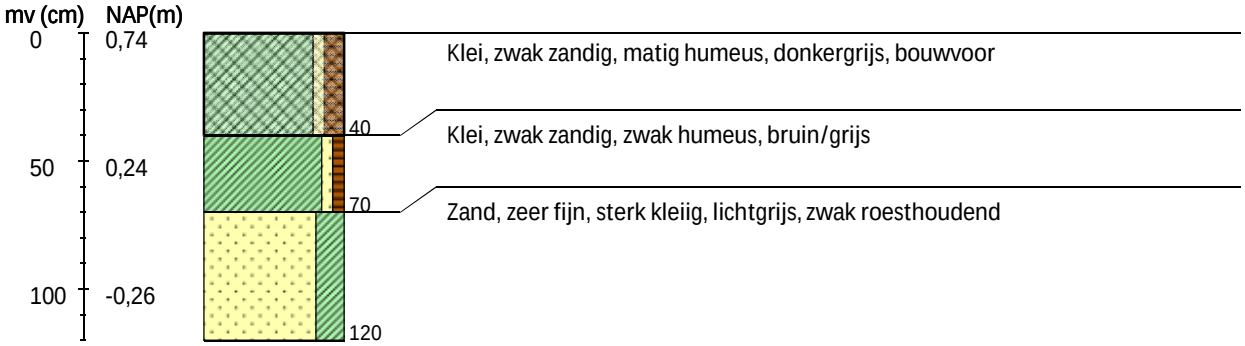
Boring 103 RD-coördinaten: 198483/600510



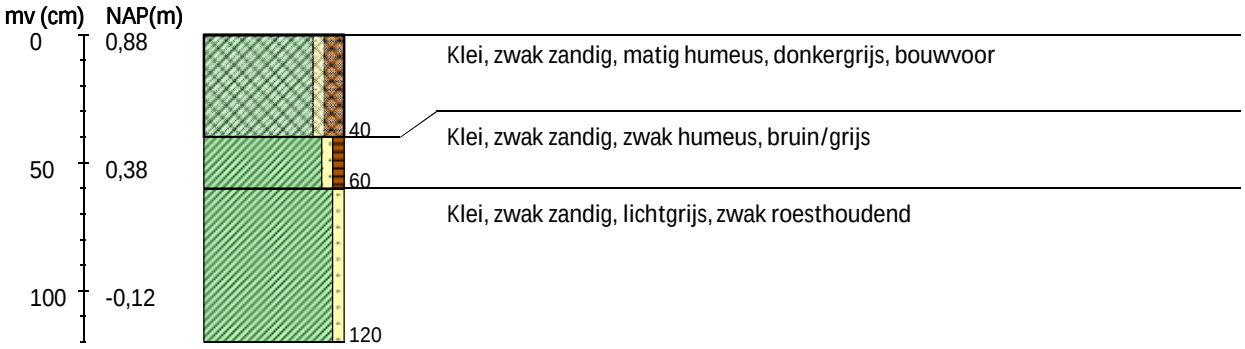
Boring 104 RD-coördinaten: 198539/600526



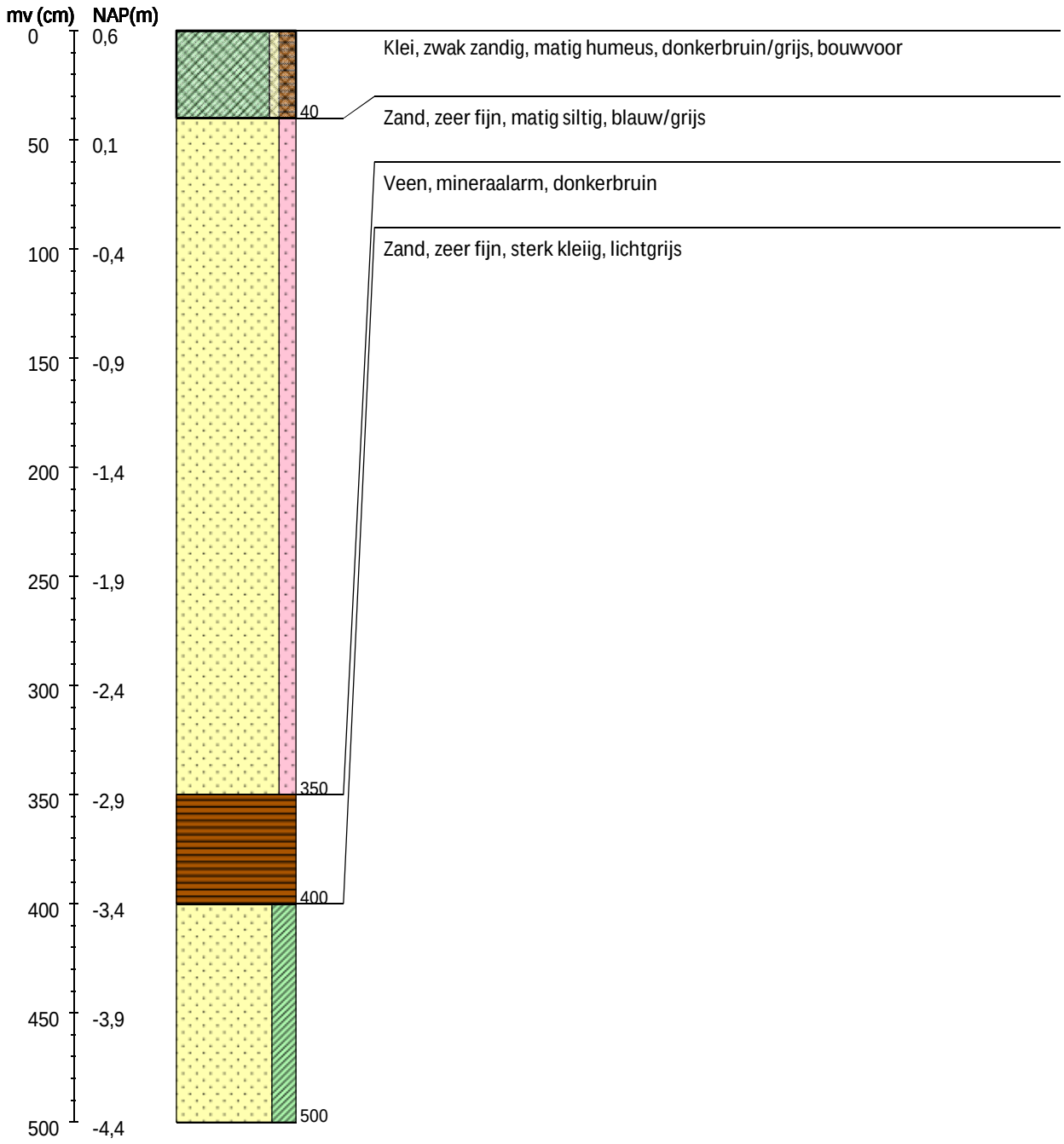
Boring 105 RD-coördinaten: 198586/600542



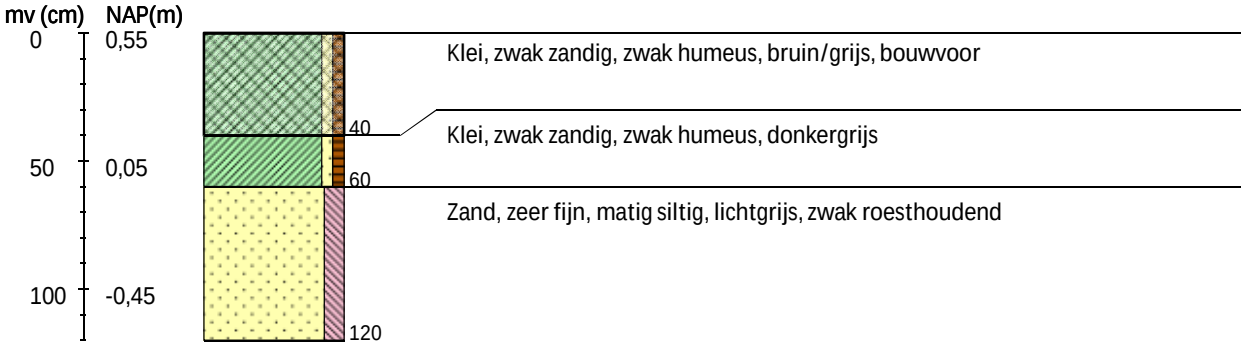
Boring 106 RD-coördinaten: 198634/600559



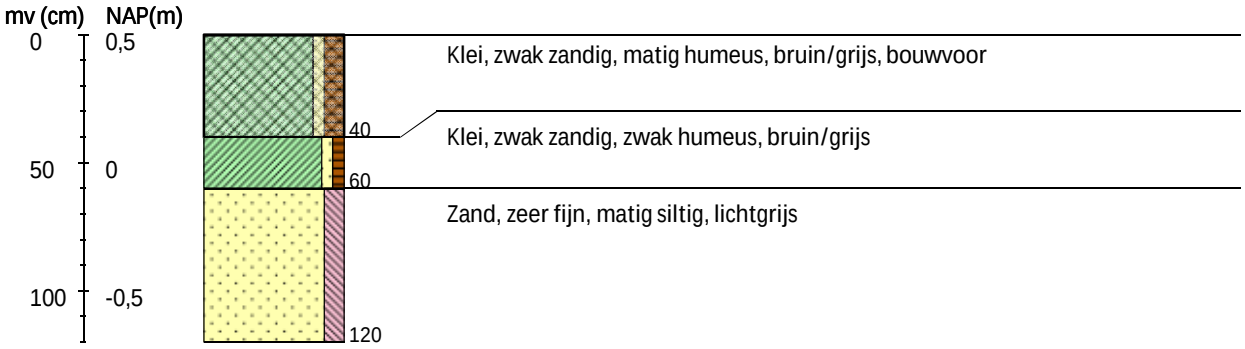
Boring 107 RD-coördinaten: 198681/600575



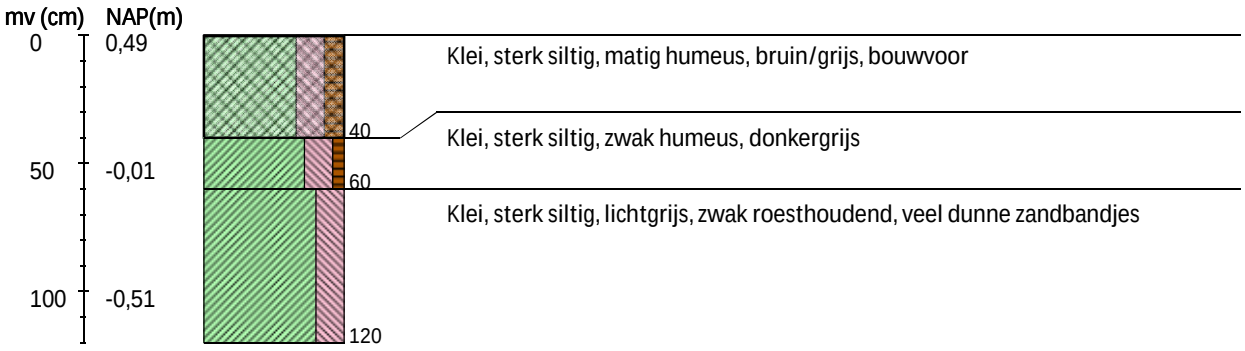
Boring 108 RD-coördinaten: 198728/600591



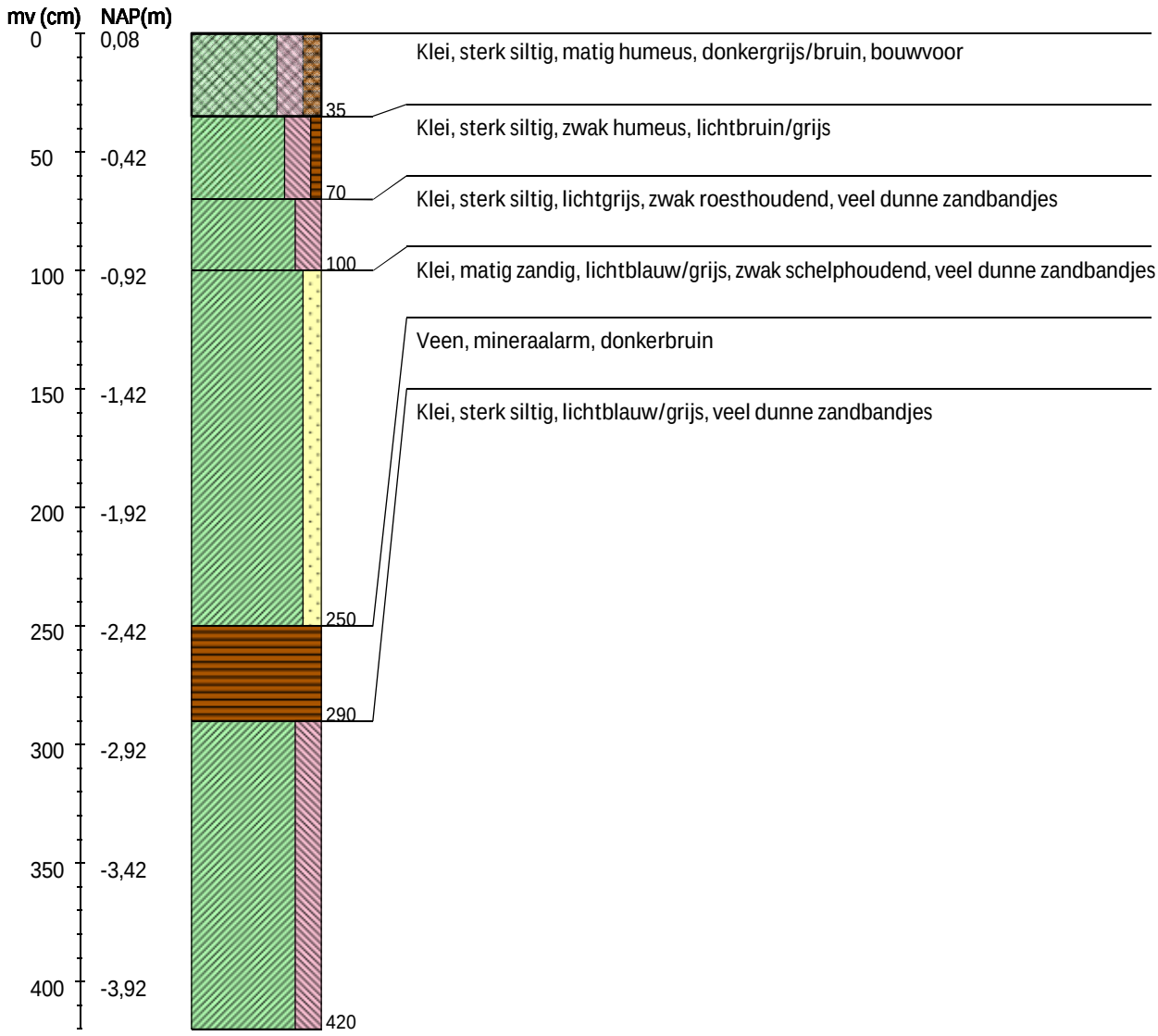
Boring 109 RD-coördinaten: 198775/600608



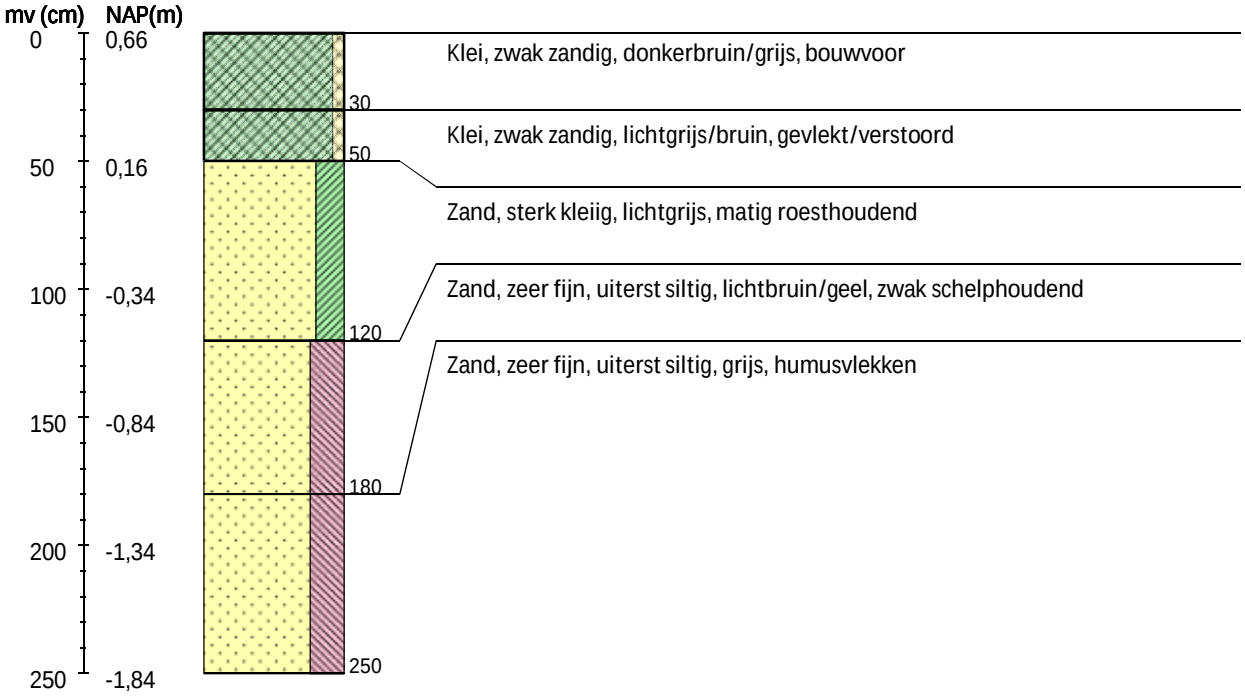
Boring 110 RD-coördinaten: 198822/600624



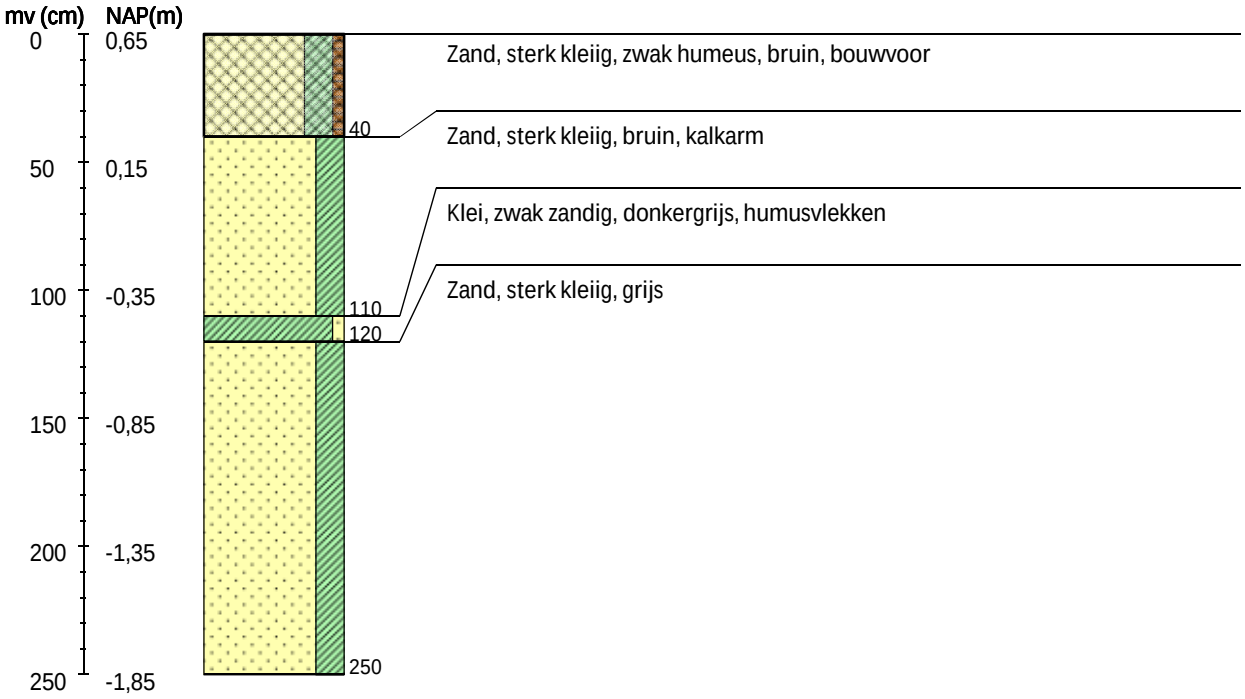
Boring 111 RD-coördinaten: 198869/600636



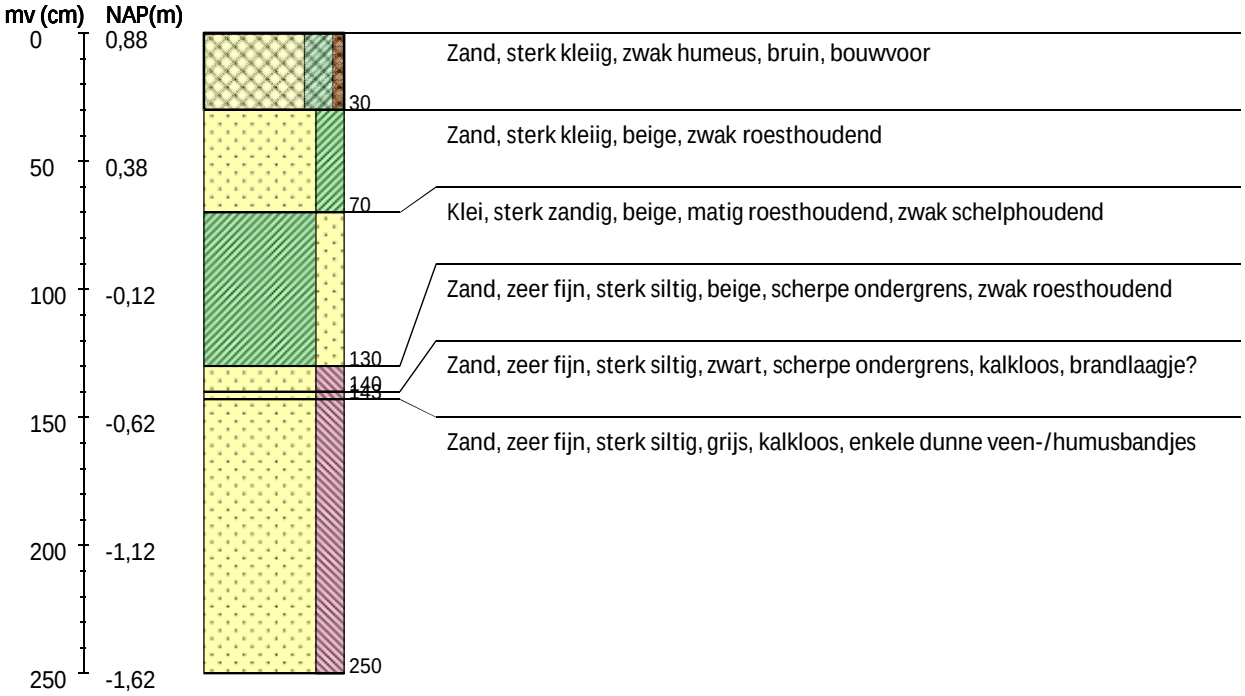
Boring 112 RD-coördinaten: 198917/600656



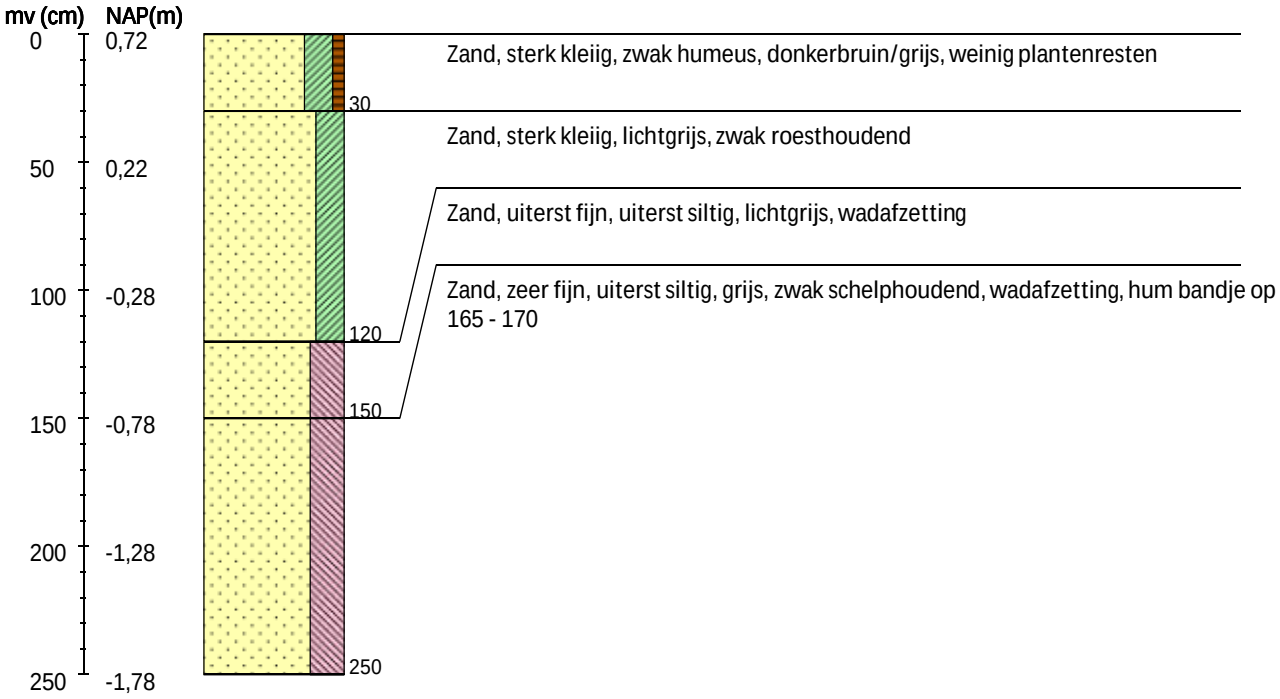
Boring 113 RD-coördinaten: 198964/600673



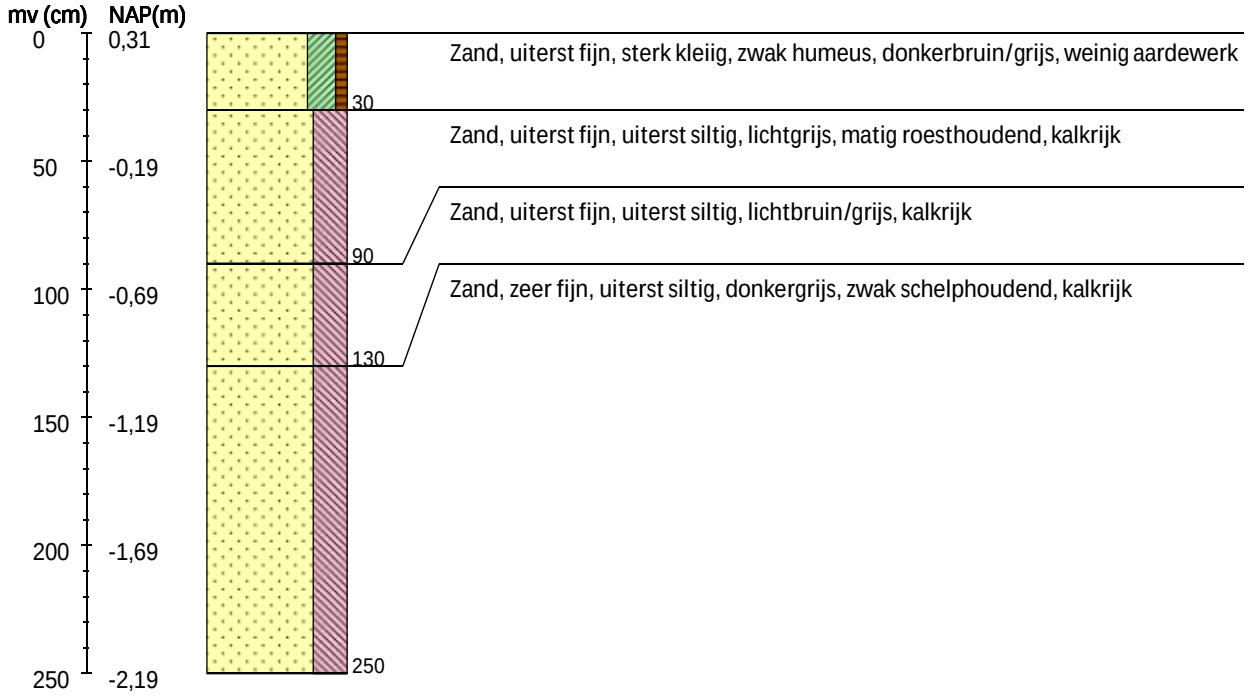
Boring 114 RD-coördinaten: 199012/600689



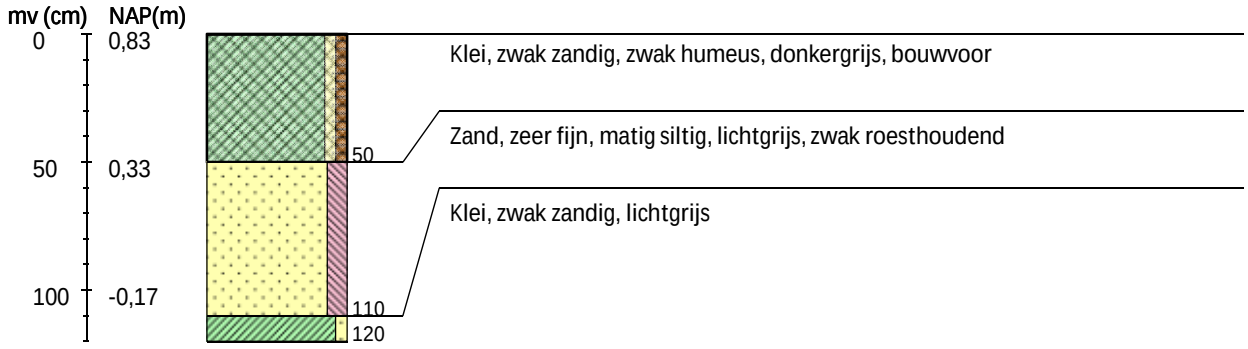
Boring 115 RD-coördinaten: 199059/600706



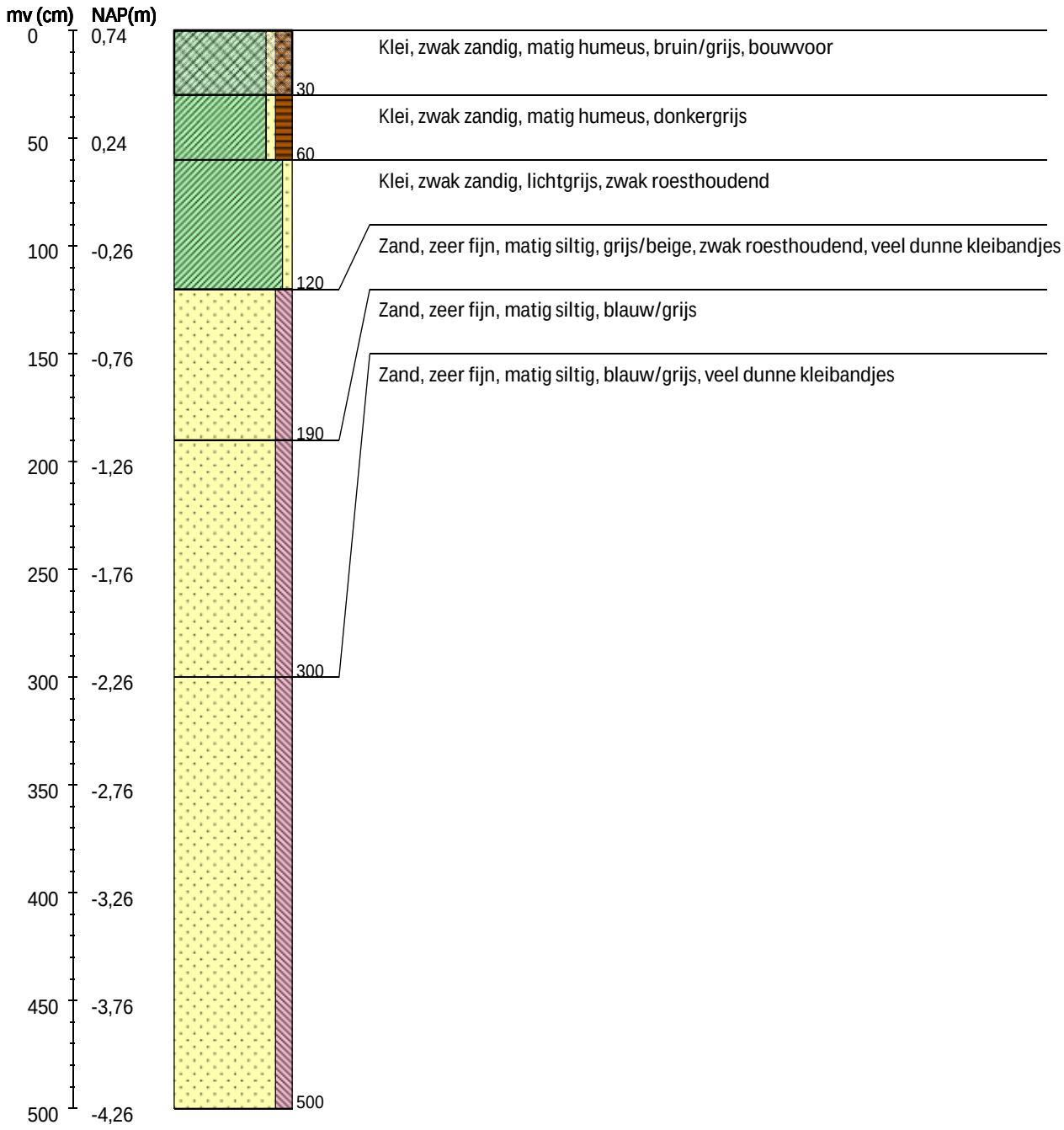
Boring 116 RD-coördinaten: 199104/600723



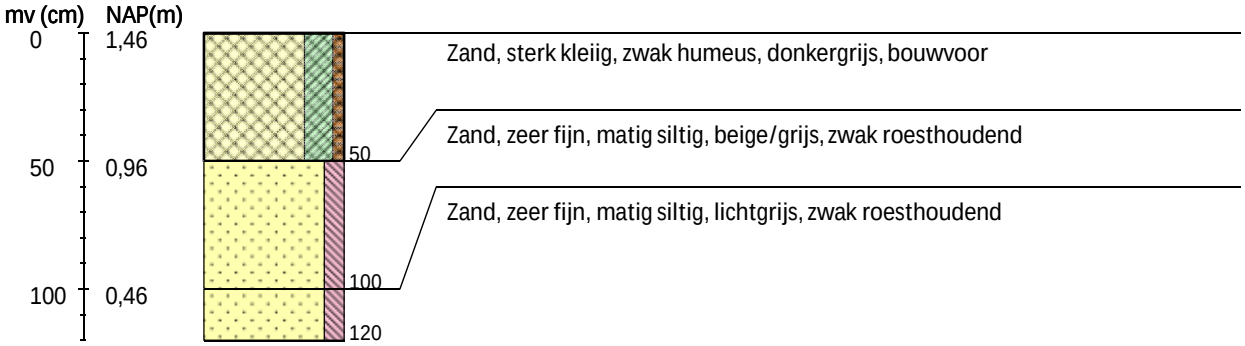
Boring 117 RD-coördinaten: 199153/600738



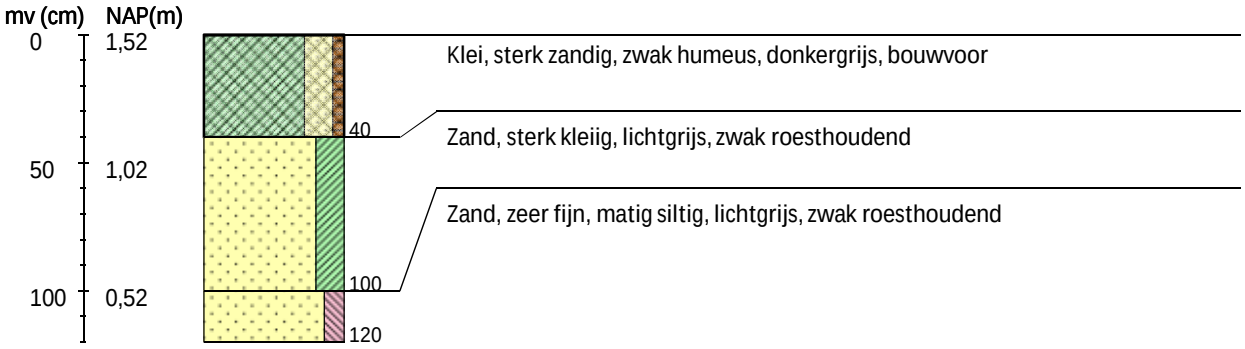
Boring 118 RD-coördinaten: 199193/600752



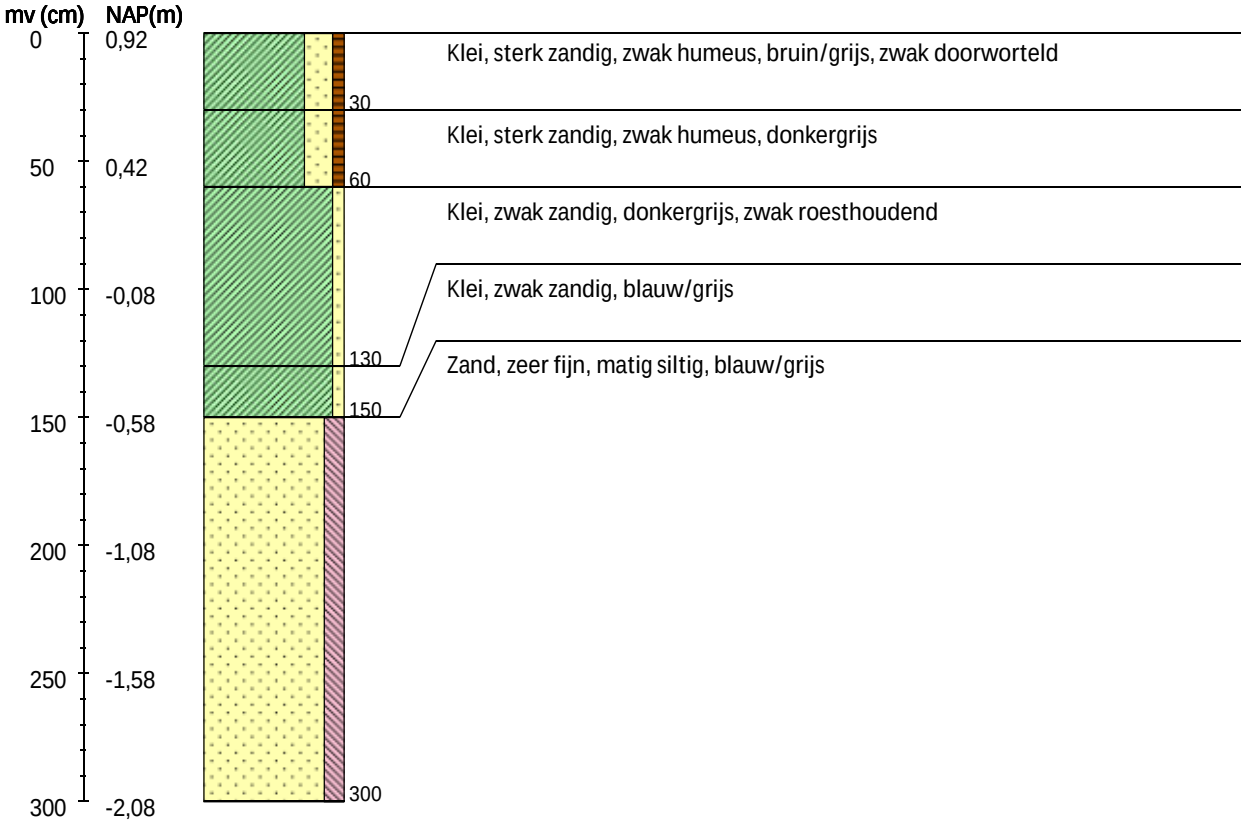
Boring 119 RD-coördinaten: 199248/600771



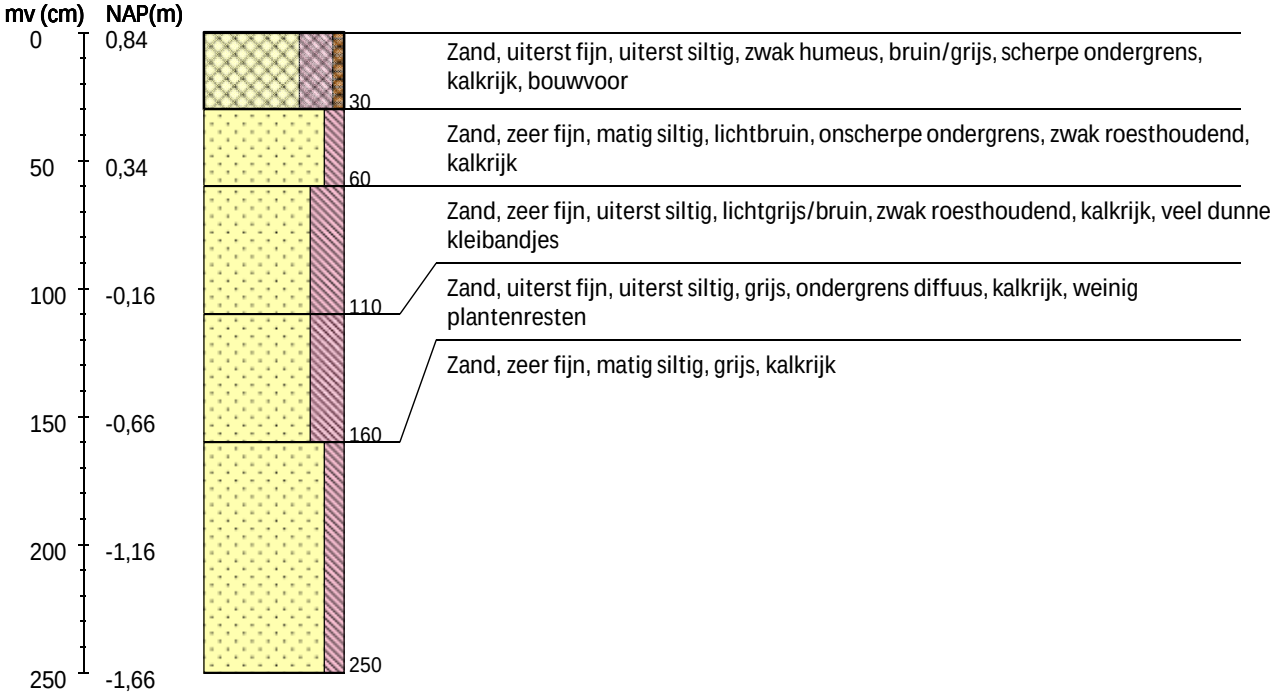
Boring 120 RD-coördinaten: 199295/600787



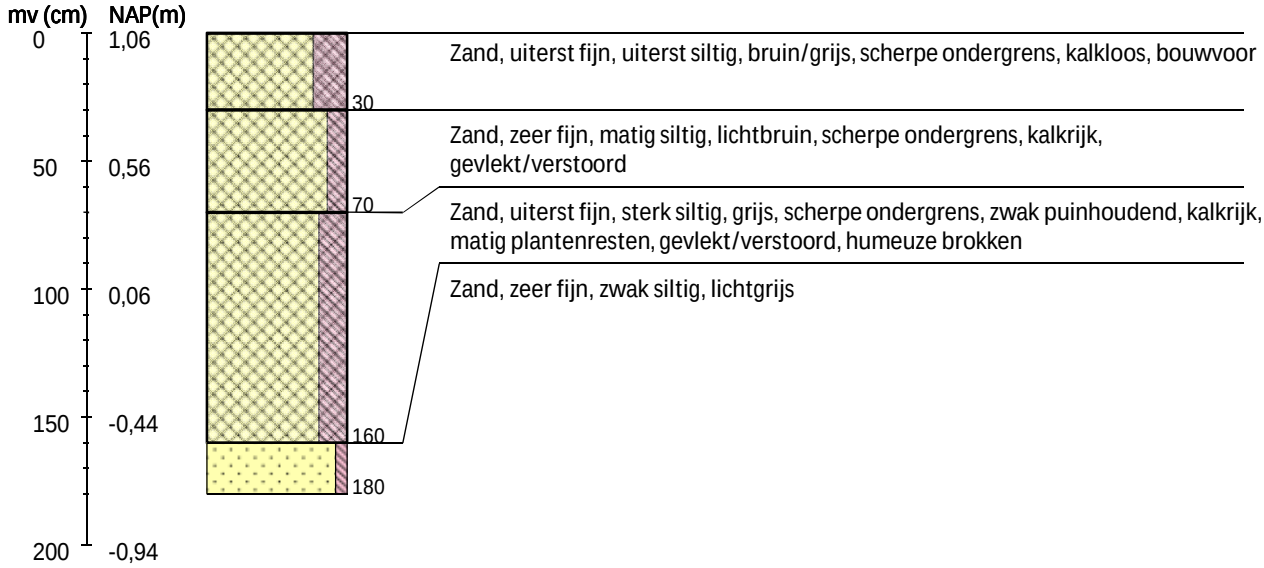
Boring 121 RD-coördinaten: 199358/600812



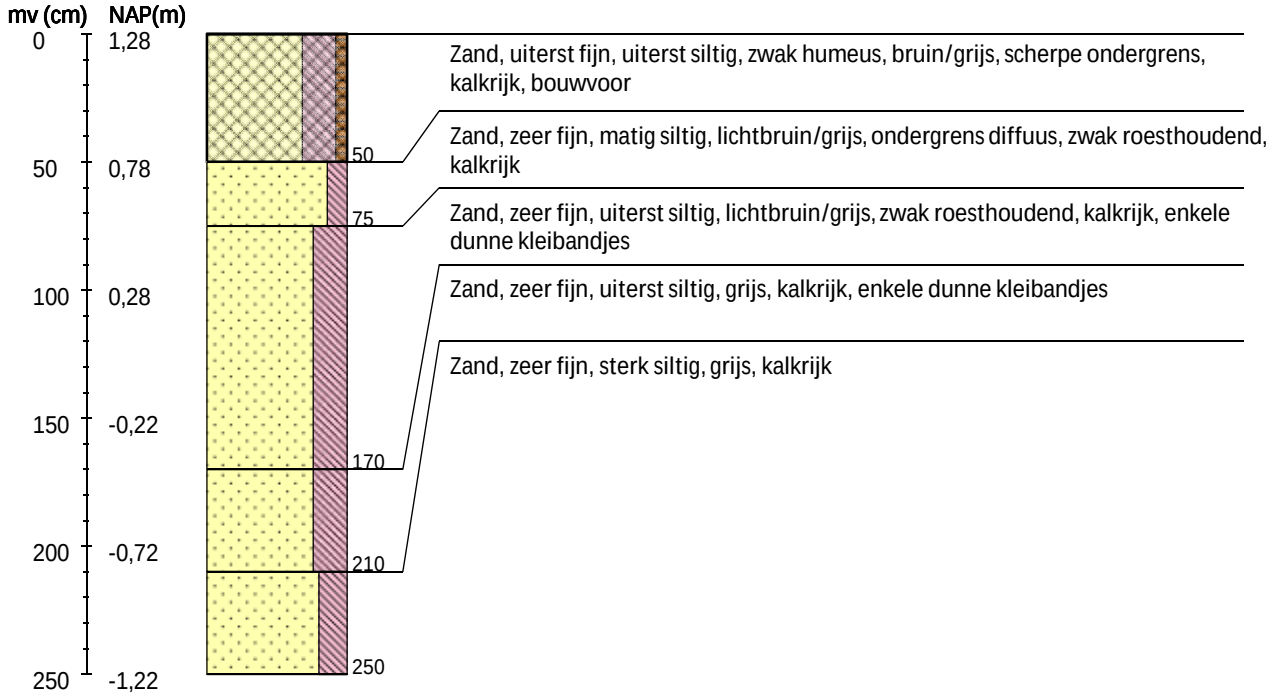
Boring 122 RD-coördinaten: 199392/600818



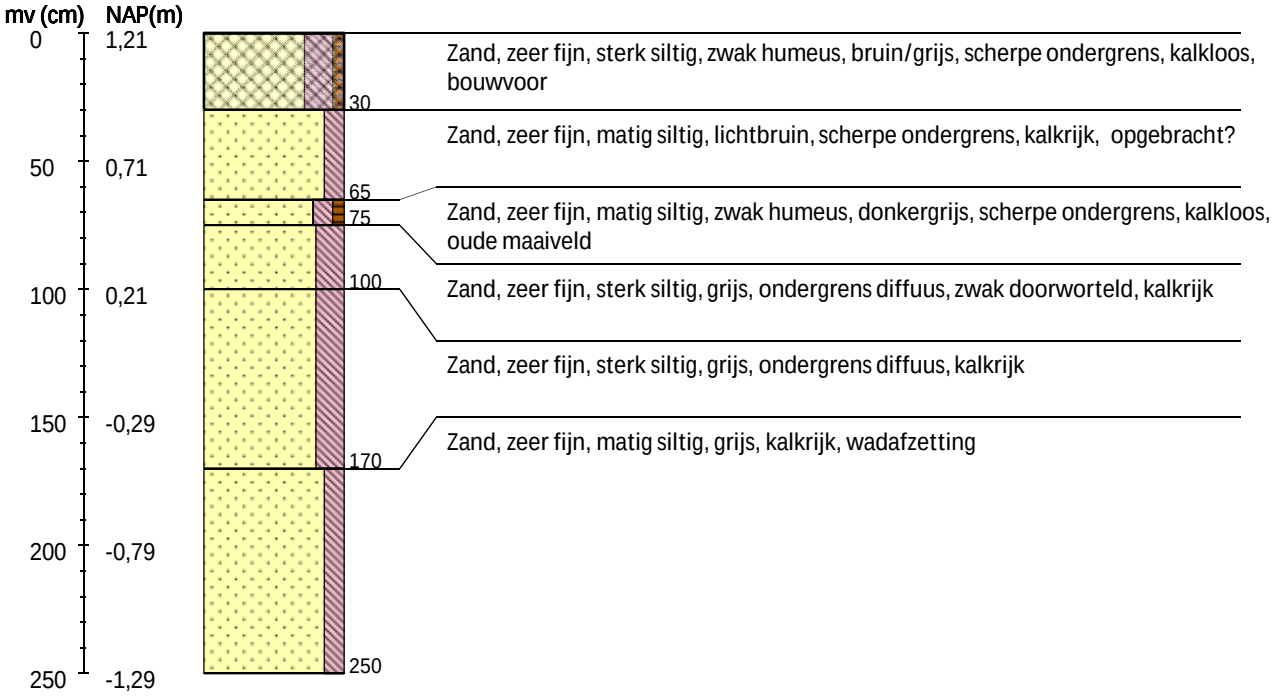
Boring 123 RD-coördinaten: 199439/600836



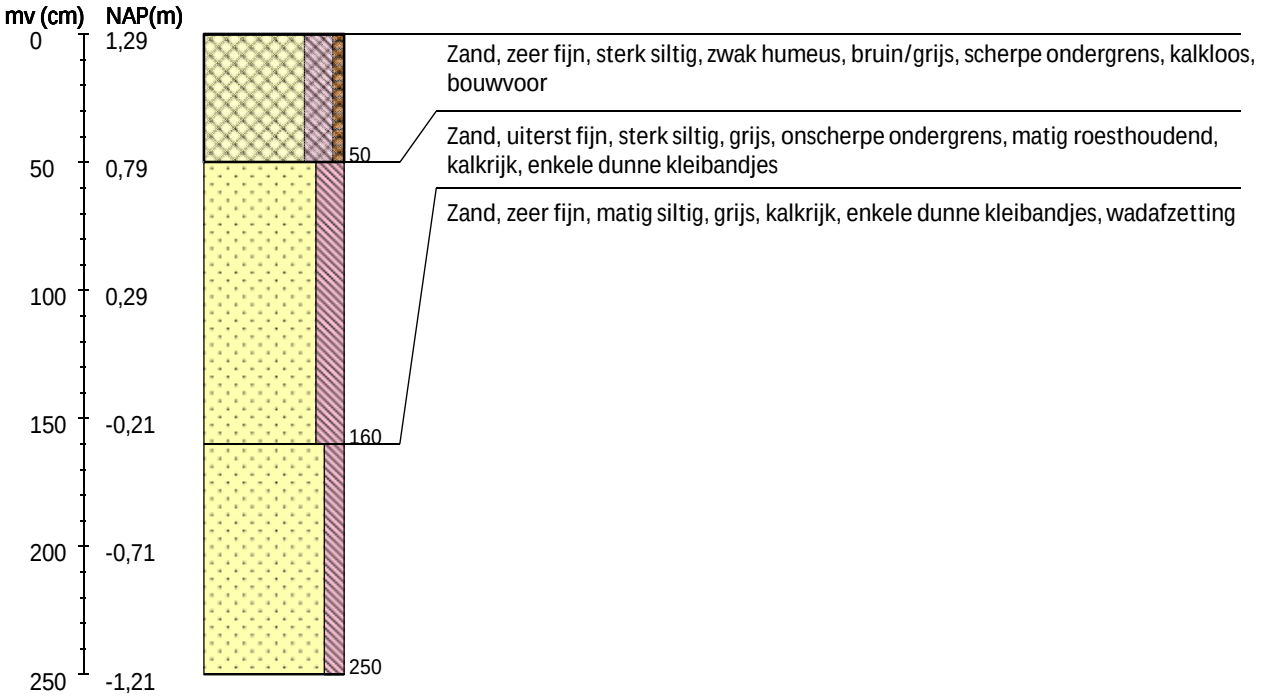
Boring 124 RD-coördinaten: 199476/600825



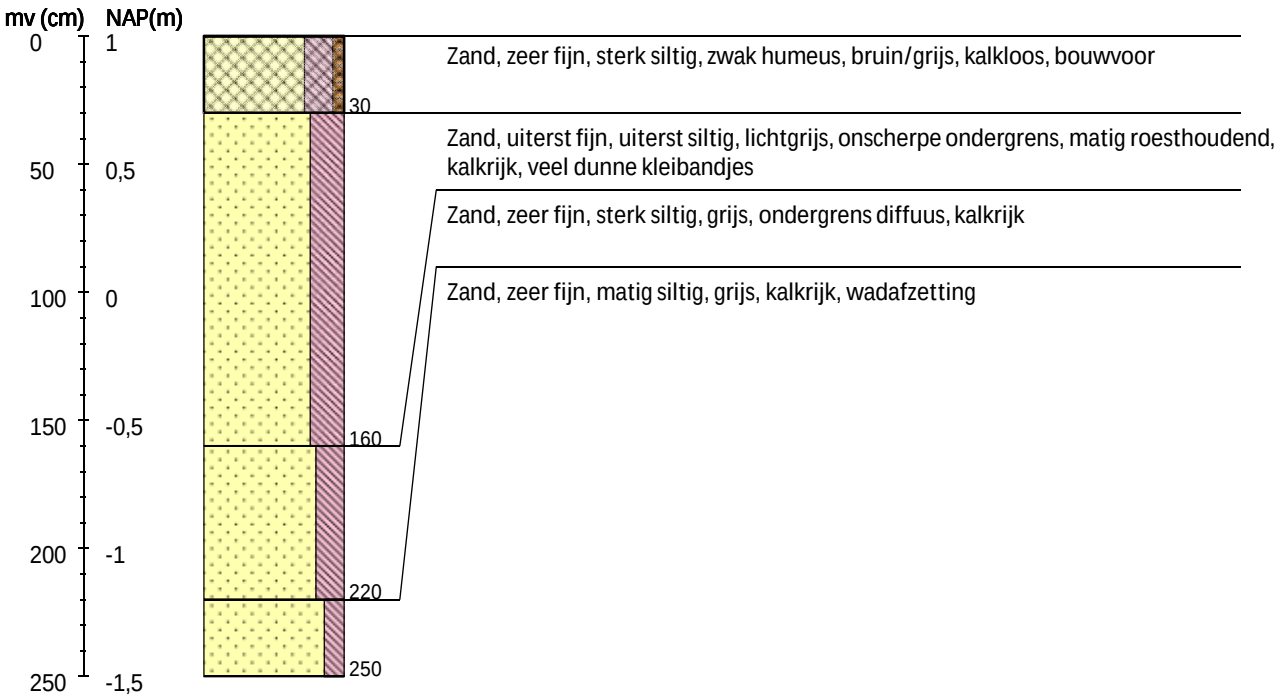
Boring 125 RD-coördinaten: 199475/600862



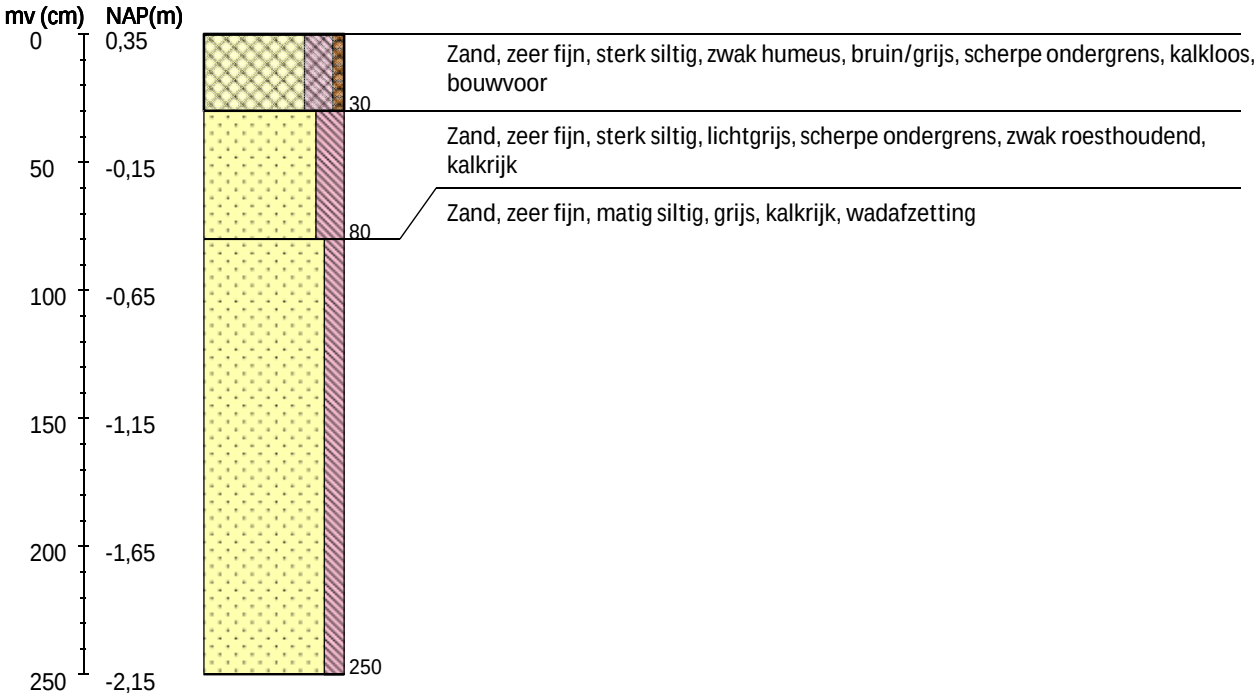
Boring 126 RD-coördinaten: 199505/600902



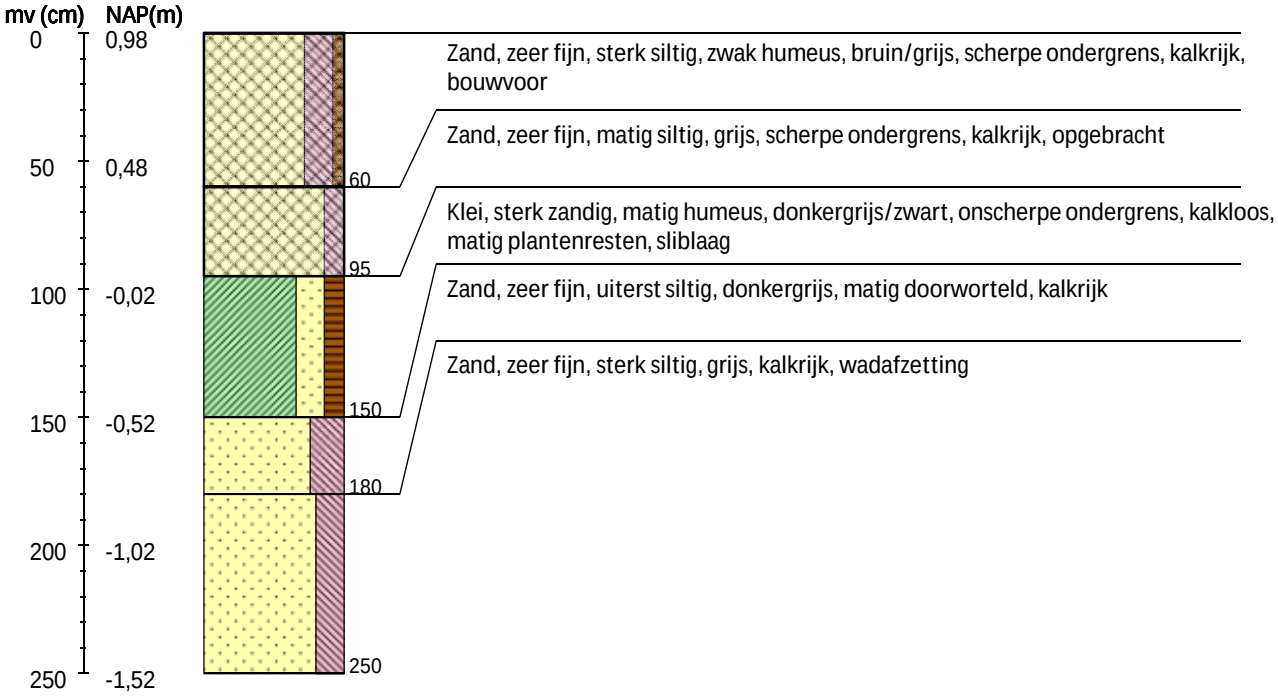
Boring 127 RD-coördinaten: 199535/600942



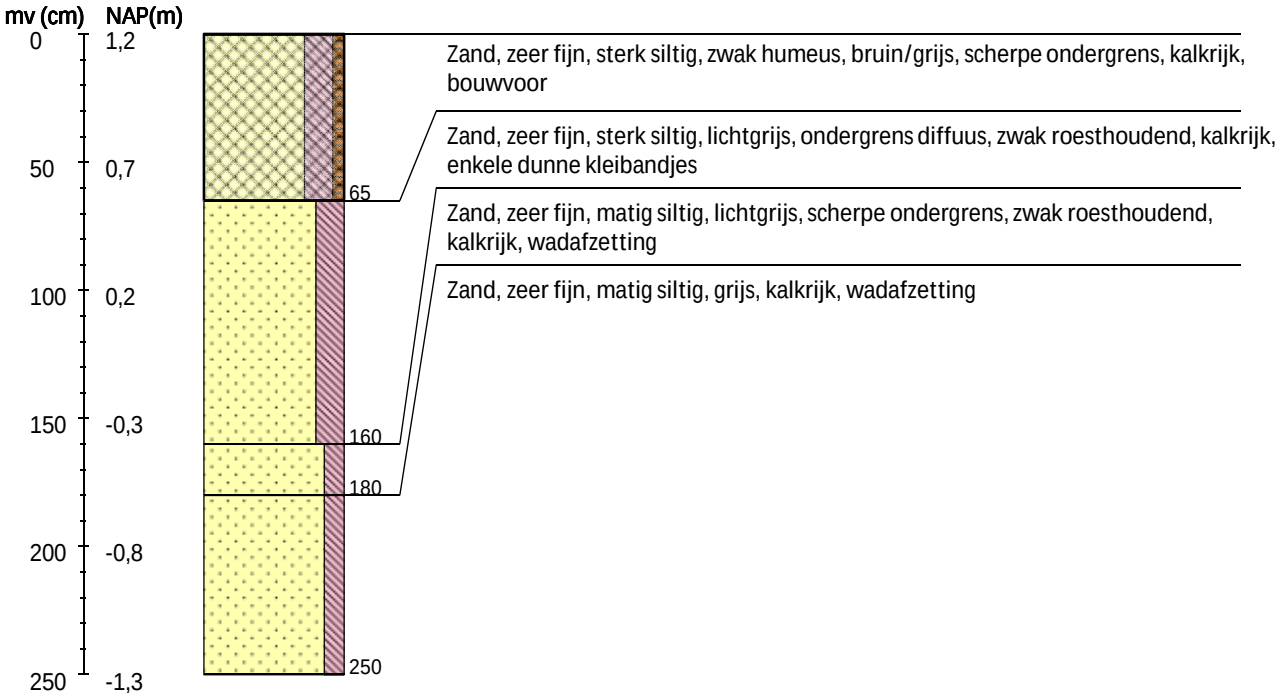
Boring 128 RD-coördinaten: 199558/600974



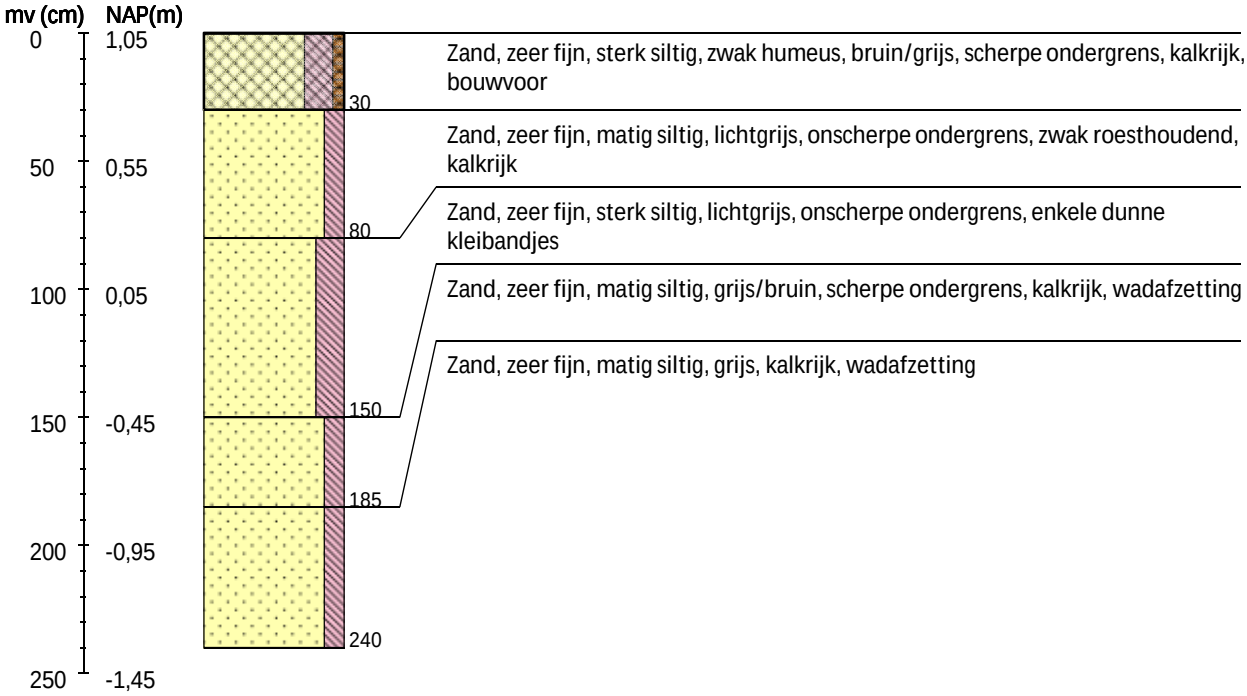
Boring 129 RD-coördinaten: 199594/601022



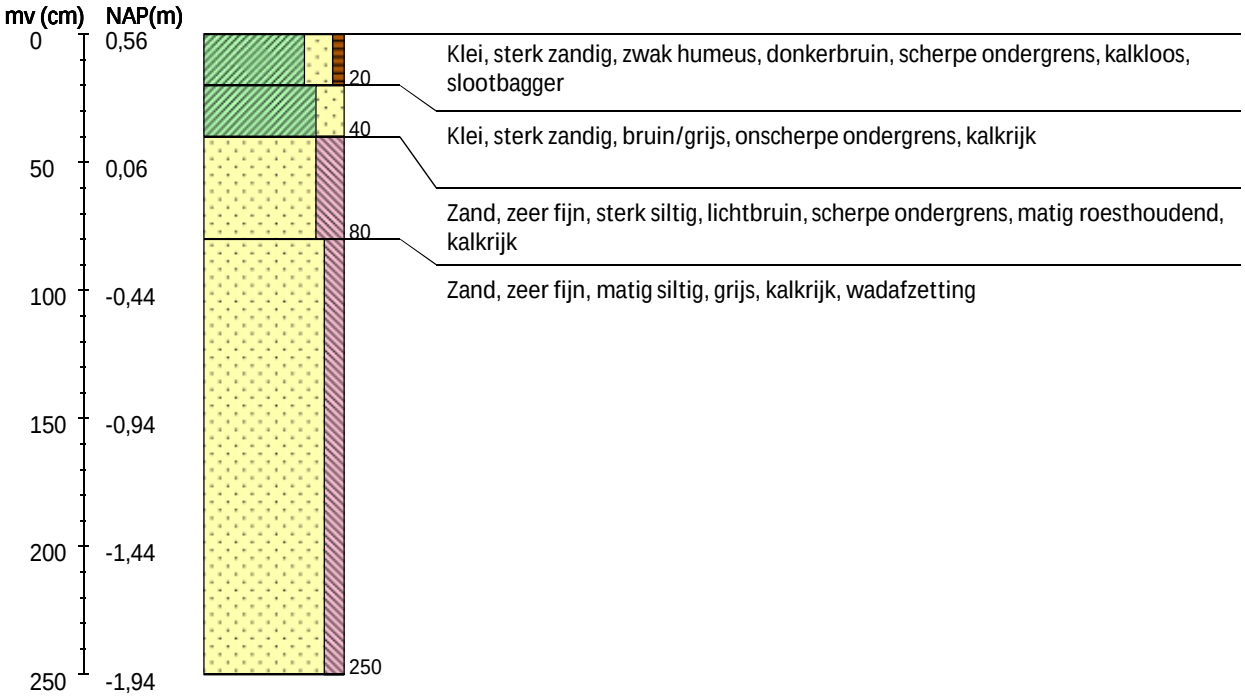
Boring 130 RD-coördinaten: 199624/601062



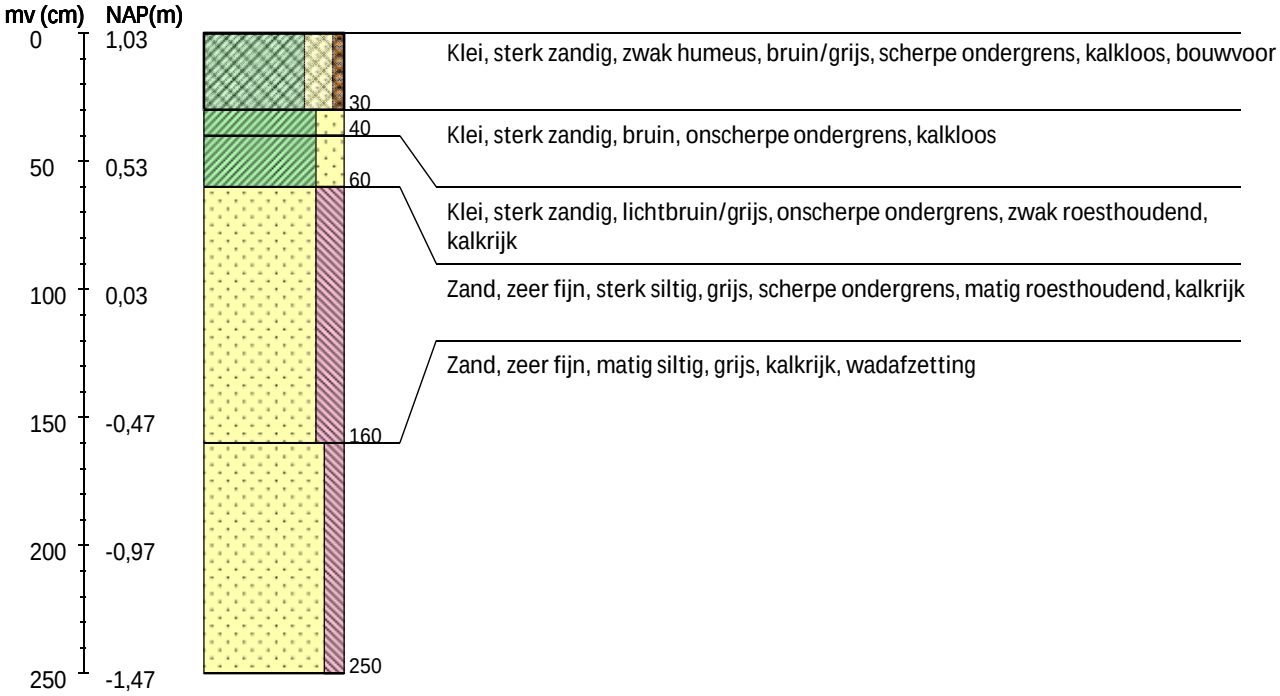
Boring 131 RD-coördinaten: 199654/601102



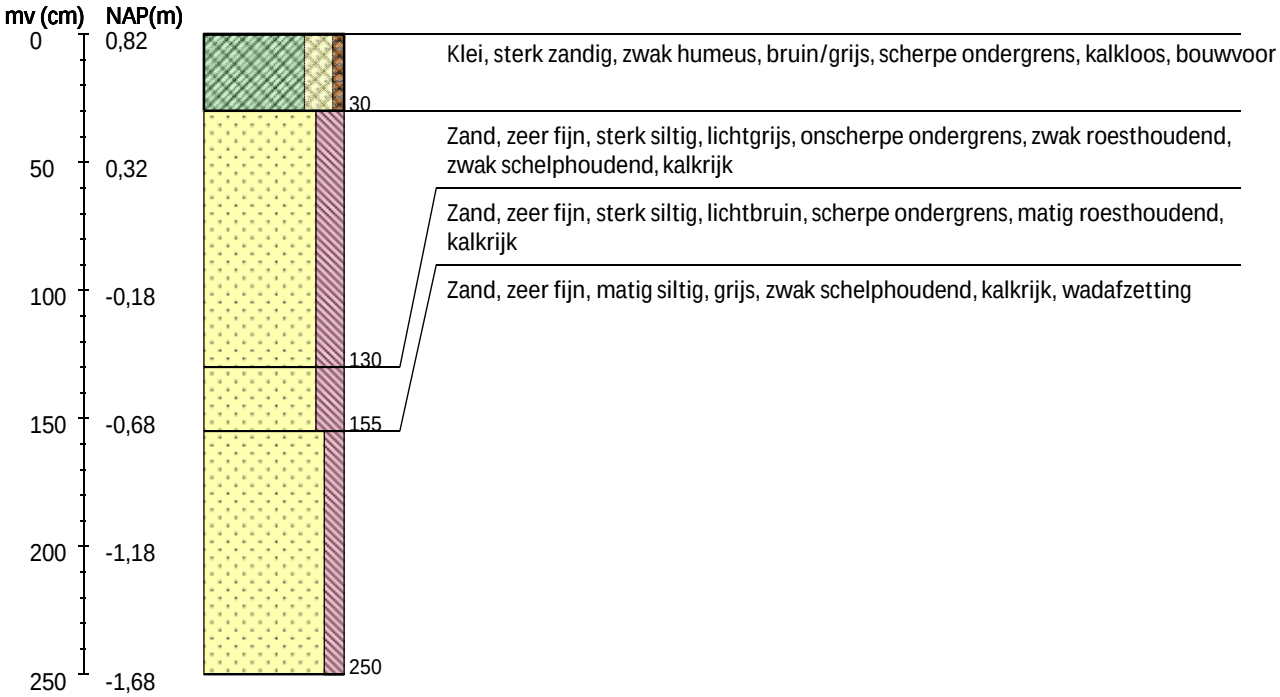
Boring 132 RD-coördinaten: 199674/601133



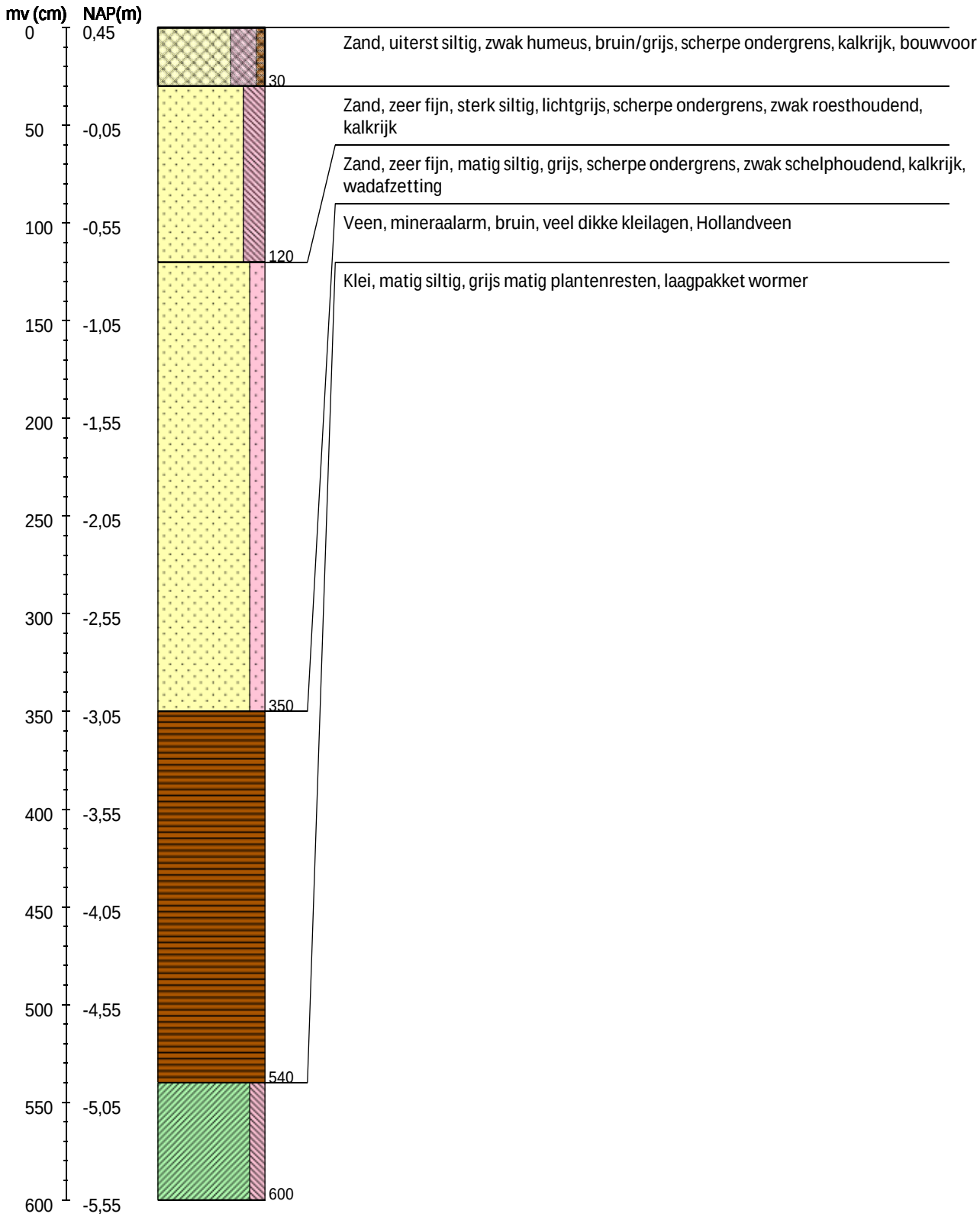
Boring 133 RD-coördinaten: 199717/601188



Boring 134 RD-coördinaten: 199744/601223

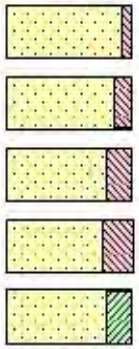


Boring 135 RD-coördinaten: 199772/601262



Legenda (conform NEN 5104, boorbeschrijvingsnorm van NITG-TNO en ASB)

Zand

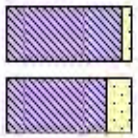


- Zand, zwak siltig
- Zand, matig siltig
- Zand, sterk siltig
- Zand, uiterst siltig
- Zand, kleiig

Klei

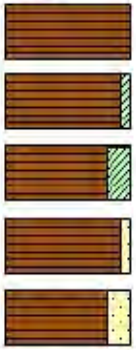
- Klei, zwak siltig
- Klei, matig siltig
- Klei, sterk siltig
- Klei, uiterst siltig
- Klei, zwak zandig
- Klei, matig zandig
- Klei, sterk zandig

Leem



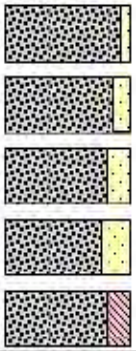
- Leem, zwak zandig
- Leem, sterk zandig

Veen



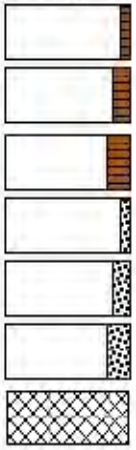
- Veen, mineraalarm
- Veen, zwak kleiig
- Veen, sterk kleiig
- Veen, zwak zandig
- Veen, sterk zandig

Grind



- Grind, zwak zandig
- Grind, matig zandig
- Grind, sterk zandig
- Grind, uiterst zandig
- Grind, siltig

Overige toevoegingen



- zwak humeus
- matig humeus
- sterk humeus
- zwak grindig
- matig grindig
- sterk grindig
- verstoorde laag

Diversen

- Verharding
- Water

Zandmediaan

uiterst fijn	< 105	µm
zeer fijn	105 - < 150	µm
matig fijn	150 - < 210	µm
matig grof	210 - < 300	µm
zeer grof	300 - < 420	µm
uiterst grof	420 - < 2000	µm

Zandsortering

goed gesorteerd	D60/D10 < 1,8
matig gesorteerd	D60/D10 1,8 < 3
slecht gesorteerd	D60/D10 > 3

Kalkgehalte

kalkloos	geen opbruising minder dan 0,5% $CaCO_3$
kalkarm	hoorbare opbruising, circa 0,5 - 1à 2 % $CaCO_3$
kalkrijk	zichtbare opbruising, 1 à 2% $CaCO_3$

Begrenzing onderliggende laag

scherp	overgangsgebied < 0,3 cm
onscherp	overgangsgebied 0,3 - < 3 cm
diffuus	overgangsgebied 3 cm - < 10 cm

Inclusies/archeologische indicatoren

weinig	< 1%
matig	1-10%
veel	> 10%

@ Boorstaten! - www.boorstaten.nl

Bijlage 7

Geluidsprognoses

NAM - locatie Ternaard-200 put TRN-201

Geluidprognose putboring T-700

Opdrachtgever
Nederlandse Aardolie Maatschappij BV
Contactpersoon
mevrouw R. Hoving-Braams
Kenmerk
R088018aa.185QGGD.tk
Versie
01_001
Datum
22 april 2018
Auteur
ir. A.J. (Ton) Kerkers

Kelvinbaan 40, 3439 MT Nieuwegein | Postbus 1475, 3430 BL Nieuwegein | T (030) 231 13 77 | F (030) 234 17 54
E info@lbpsight.nl | www.lbpsight.nl | IBAN: NL62 RABO 036 42 36 558 | KvK 30073990 | BTW NL007093159B01

Inhoudsopgave

1 Inleiding en samenvatting 3

2 Uitgangspunten 4

2.1 Situatie 4
2.2 Grenswaarden 5
2.3 De boorinstallatie 5

3 Geluidprognose 8

4 Conclusie 9

Bijlage

Bijlage I Besluit algemene regels milieu mijnbouw (3 april 2008)

1 Inleiding en samenvatting

In opdracht van de Nederlandse Aardolie Maatschappij BV (NAM) is een prognose opgesteld van de te verwachten geluidemissie van een putboring op de locatie Ternaard-200, put TRN-201.

De boring zal uitgevoerd worden met de KCA Deutag T-700 boorinstallatie. Het geluid van deze installatie is gedurende de complete bedrijfsduur gemonitord tijdens alle NAM putboringen sinds 2012. Aan de hand van de resultaten van deze eerdere metingen is de "*Noise Footprint*" van deze installatie bepaald. Deze maximale geluidcontour wordt nu gebruikt voor de geluidprognose van de geplande booractiviteiten op TRN-201.

Rapport R088009aa.00001.tk_03_001 van 28 februari 2015 geeft het meest recente overzicht van alle resultaten van de verrichte geluidmonitoring en de bepaling van de Noise Footprint van de T-700, die vastgesteld is op **300 m**. Indien op toekomstige boorlocaties deze afstand tot nabijgelegen woningen aangehouden wordt, zal daarmee voldaan worden aan de geluideisen uit het "Barmm". Bij toepassing van een Sound Wall met een hoogte van 10 m zal in de afgeschermde richting de afstand tot de 50 dB(A)-contour **270 m** bedragen.

Binnen 300 m afstand zijn er geen woningen gesitueerd bij de boorlocatie TRN-201. Zonder verdere maatregelen zal dus aan de gestelde geluideisen uit het Barmm worden voldaan.

2 Uitgangspunten

Dit hoofdstuk geeft de uitgangspunten van de geluidprognose. Allereerst een beschrijving van de situatie te Ternaard, vervolgens de van toepassing zijnde normstelling en tot slot een korte beschrijving van de boorinstallatie.

2.1 Situatie

Figuur 2.1 geeft de boorlocatie ten oosten van Ternaard. De afstand van de boorput tot de meest nabijgelegen woning ten zuiden (Nesserwei 11) bedraagt ca. 380 m.

Figuur 2.1
De boorlocatie en de meest nabijgelegen woningen ten zuiden en westen

2.2 Grenswaarden

Sinds 3 april 2008 is het “Besluit algemene regels milieu mijnbouw” van kracht (zie bijlage I). Deze stelt geluideisen ten aanzien van de te verrichten booractiviteiten. De belangrijkste eisen met betrekking tot de boring te Ternaard zijn de volgende.

- Het langtijdgemiddelde beoordelingsniveau L_{nacht} mag op een afstand van 300 m (gemeten vanuit het hart van de installatie) niet meer bedragen dan 50 dB(A).
- Als er een geluidsgevoelig gebouw aanwezig is binnen 300 meter vanaf het hart van de boorinstallatie, monitort en registreert de uitvoerder het geluid continu.
- Er dient dan tevens vooraf aangetoond te worden dat het geluidniveau in de woning gedurende de nachtperiode niet meer bedraagt dan 30 dB(A). Gelet op de bij een matig tot gemiddeld geïsoleerde woning minimaal optredende geluidwering van -20 dB, zal hieraan voldaan worden indien buiten voor de gevel het L_{nacht} niet meer bedraagt dan 50 dB(A).
- Het maximale geluidniveau L_{Amax} mag niet meer bedragen dan 60 dB(A) in de nachtperiode.
- De grenswaarden voor het maximale geluidniveau zijn niet van toepassing voor het laden en lossen, transportbewegingen, pipehandling en het verbranden van (aard)gas. Dergelijke activiteiten dienen (indien mogelijk) alleen gedurende de dagperiode (07:00 - 19:00 uur) plaats te vinden.

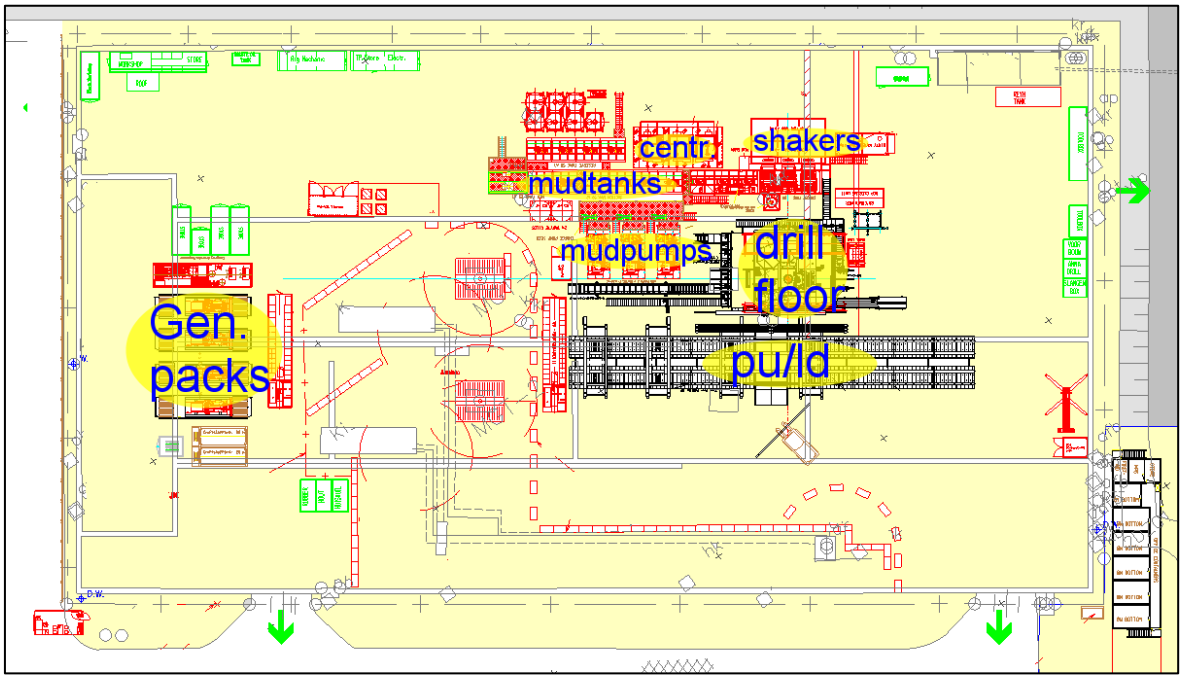
De geluideisen voor de avond en dag zijn 5 dB respectievelijk 10 dB ruimer.

2.3 De boorinstallatie

Elke boorinstallatie kent een aantal typische componenten / onderdelen. Aan diverse boorinstallaties is door LBP|SIGHT in het verleden onderzoek gedaan naar de geluidbijdrage van de diverse componenten. De resultaten van deze metingen hanteren we hier ter illustratie van het belang ervan. Figuur 2.2 geeft een overzicht van de diverse delen van de boorinstallatie.

Het vaststellen van geluid reducerende maatregelen wordt gecompliceerd door het feit dat de optelsom van alle geluidbronnen bepalend is voor de uitstraling naar de omgeving. In tabellen 2.1 en 2.2 zien we de diverse deelbijdragen zoals bepaald zijn voor de T-700 boorinstallatie, zowel met als zonder het effect van een geluidscherm en andere maatregelen.

We concentreren ons op de representatieve bedrijfssituatie (“RBS”), wat bij de activiteiten te Ternaard het boorsegment net na het “Tophole boren” betreft. Er wordt dan geboord met een grote boordiameter met relatief grote torque en rpm, de generatoren produceren veel vermogen etc. Tijdens andere bedrijfssituaties (o.a. tijdens het “Trippen”) zal de geluidemissie duidelijk lager zijn, met name omdat de topdrive dan niet of nauwelijks in bedrijf is.



Figuur 2.2
Layout van de diverse delen van de KCA Deutag T-700 boorinstallatie

De diverse bronsterktes in tabel 2.1 geven een beeld van de relevante maximale geluidbijdragen van de diverse componenten. Hierin zijn echter nog niet het geluidreducerende effect van de Sound Wall, de onderlinge afscherming van de diverse objecten zelf, en de eventueel te treffen organisatorische en technische maatregelen verwerkt. Verder zullen ook niet alle deelbronnen gelijktijdig in bedrijf zijn, alleen de RBS is namelijk bepalend voor de beoordeling. Alle geluidgereduceerde waarden tijdens de RBS worden vervolgens in tabel 2.2 gepresenteerd.

De tabellen 2.1 en 2.2 geven een bovengrens van de gecumuleerde geluidemissie. In de praktijk zal vanwege uitmiddeling van perioden met meer en minder intensieve activiteiten tijdens de beoordelingsperiode een lager gecumuleerd geluidniveau optreden. Deze nachtgemiddelde waarde is vervolgens maatgevend voor de beoordeling.

Bij de geluidprognose in het volgende hoofdstuk gaan we uit van de resultaten van de geluidmonitoring zoals weergegeven met de Noise Footprint van de T-700. Deze over de gehele boortijd van diverse boorputten gemeten geluidemissie geeft namelijk, ten opzichte van een theoretisch opgesteld rekenmodel, het meest nauwkeurige beeld van het in de praktijk optredende geluidniveau tijdens een representatieve nacht.

De in dit rapport gepresenteerde opsplitsing in deelbronnen is met name te gebruiken bij het bepalen van het effect van geluidreducerende maatregelen aan één of enkele specifieke geluidbronnen.

Tabel 2.1

Bijdrage van de belangrijkste geluidbronnen van de T-700

Deutag T700		Sound Power Level	L-Aeq
NO Sound reducing Measures		L_{wr}	300 m
Traffic / local Transport	mainly at daytime	103 dB(A)	**44**
Activities on Drilling Floor		90 dB(A)	**31**
Drawworks	Topdrive going fast up with little load	107 dB(A)	**48**
Topdrive rotary Bentec T500-HD	max at 160 rpm	109 dB(A)	**50**
Topdrive fan	Freq.regulated / low emission in night	85 dB(A)	**26**
Generatorpackages		102 dB(A)	**43**
Mudpumps T-1600-AC (3x)		107 dB(A)	**48**
Shakers:	maximum operation at tophole	103 dB(A)	**44**
Centrifuges		97 dB(A)	**38**
Mudtanks	Injecting Hydriet with air (max)	106 dB(A)	**47**
Unpredicted Noise Sources	minimal during nighttime	100 dB(A)	**41**
Total Sound Power Level and $L_{Aeq,total}$ at 300 m [dB(A)]		**115 dB(A)**	**56 dB(A)**

Tabel 2.2

Bijdrage van de gereduceerde geluidbronnen tijdens RBS in een nachtperiode

After measures / corrections	Sound reducing	Reduction:	L_{wr}	
Activities/sources:	Measures/corrections:	[dB]	after Measures	L-Aeq
Traffic / local Transport	mainly at daytime	-20	83	**24**
Activities on Drilling Floor			90	**31**
Drawworks	Cb (max 10% of the time)	-10	97	**38**
Topdrive rotary Bentec T500-HD	at 100 rpm	-10	99	**40**
Topdrive fan			85	**26**
Generatorpackages			102	***43***
Mudpumps T-1600-AC (3x)			107	**48**
Shakers:	operation after tophole	-7	96	**37**
Centrifuges			97	**38**
Mudtanks	Hydriet injection max. 0.5h during night	-12	94	**35**
Unpredicted Noise Sources	minimal during nighttime	-5	95	**36**
Total Sound Power Level and $L_{Aeq,total}$ at 300 m [dB(A)]			**110 dB(A)**	**51 dB(A)**

Enkele opmerkingen bij voorgaande tabellen:

- De waarden in de tabellen zijn nog zonder het reducerende effect van een geluidscherm. In dat geval zullen namelijk alle lager gesitueerde (< 10 m) geluidbronnen met ca. -6 dB of meer gereduceerd worden. De geluidemissie van de topdrive blijft echter ongewijzigd aangezien deze geluidbron boven het geluidscherm uitsteekt.
- De overheersende geluidbron is de topdrive, welke met name bij hoge toerentallen (ca. 160 rpm) een erg grote geluidemissie heeft. Het is niet bekend of KCA Deutag sinds 2016 nog structurele maatregelen getroffen heeft om dit verder aan te pakken. Vooralsnog gaan we voor de RBS uit van de gemeten geluidemissie bij 100 rpm.

3 Geluidprognose

Als uitgangspunt bij de geluidprognose worden hier de gemeten waarden gebruikt die ten grondslag liggen aan de Noise Footprint van de KCA Deutag T-700 zoals gerapporteerd in rapport R088009aa.00001.tk_03_001 van 28 februari 2015.

Figuur 3.1 geeft de geluidcontour L_{nacht} = 50 dB(A) tijdens de representatieve bedrijfssituatie (Noise Footprint) ingetekend voor de boorput TRN-201.

Figuur 3.1
Geluidcontour van gelijk L_{nacht} = 50 dB(A)

4 Conclusie

Uit eerder verrichte geluidmonitoring blijkt dat de NAM T-700 een Noise Footprint van **300 m** heeft indien geen geluidafschermende maatregelen getroffen worden. Aangezien er zich geen woningen binnen 300 m afstand van de boorlocatie bevinden, zal daarmee aan de geluideisen uit het Barmm worden voldaan.

LBP|SIGHT BV

ir. A.J. (Ton) Kerkers

Bijlage I

Besluit algemene regels milieu mijnbouw (3 april 2008)

Besluit algemene regels milieu mijnbouw (3 april 2008)

Voor werkzaamheden met mobiele installaties op land gelden zijn volgende artikelen inzake geluid van toepassing (Hoofdstuk 3).

§ 2. Geluid

Artikel 18
In deze paragraaf wordt verstaan onder:

a. langtijdgemiddeld beoordelingsniveau: ($L_{Ar, LT}$) het gemiddelde van de afwisselende niveaus van het ter plaatse optredende geluid, gemeten in een bepaalde periode en vastgesteld en beoordeeld overeenkomstig de Handleiding meten en rekenen industrielawaai;

b. maximaal geluidsniveau: (L_{Amax}) maximaal geluidsniveau, gemeten in de meterstand «F» of «fast», als vastgesteld en beoordeeld overeenkomstig de Handleiding meten en rekenen industrielawaai;

c. geluidsniveau: geluidsniveau in dB(A) als bedoeld in artikel 1 van de Wet geluidhinder.

Artikel 19
Voor het langtijdgemiddeld beoordelingsniveau ($L_{Ar,LT}$) en het maximaal geluidsniveau (L_{Amax}), veroorzaakt door de mobiele installatie en de in verband met de mobiele installatie verrichte werkzaamheden en activiteiten geldt:

a. de niveaus op de in de tabel I genoemde plaatsen en tijdstippen bedragen niet meer dan de in die tabel aangegeven waarden:

Tabel I

	07–19 uur	19–23 uur	23–07 uur
$L_{Ar,LT}$, op een afstand van 300 meter vanaf de mobiele installatie	**60 dB(A)**	**55 dB(A)**	**50 dB(A)**
$L_{Ar,LT}$ in geluidsgevoelige gebouwen op een afstand van 300 meter of minder vanaf de mobiele installaties	**40 dB(A)**	**35 dB(A)**	**30 dB(A)**
L_{Amax} op een afstand van 300 meter vanaf de mobiele installatie	**70 dB(A)**	**65 dB(A)**	**60 dB(A)**

b. de in tabel I opgenomen maximale geluidsniveaus (LAmax) zijn niet van toepassing op het laden en lossen, transportbewegingen, pipehandling en het verbranden van (aard)gas in de open lucht;

c. de activiteiten, genoemd onder b, vinden plaats tussen 07:00 en 19:00 uur, tenzij dit redelijkerwijs niet mogelijk is;

d. de in de tabel aangegeven waarden in geluidsgevoelige gebouwen gelden alleen indien de gebruiker ervan toestemming geeft voor het in redelijkheid uitvoeren of doen uitvoeren van geluidmetingen;

e. als er een geluidsgevoelig gebouw aanwezig is binnen 300 meter vanaf het hart van de boorinstallatie, monitort en registreert de uitvoerder het geluid continu. De monitoring

geschiedt zodanig dat een goede indicatie wordt verkregen van het equivalent geluidsniveau op de gevel van de meest met geluid belaste woning;

f. als er een geluidsgevoelig gebouw aanwezig is binnen 300 meter vanaf het hart van de boorinstallatie wordt voorafgaand aan de boring in een rapport van een akoestisch onderzoek op grond van verrichte geluidsmetingen of geluidsberekeningen aangetoond dat aan de geluidniveaus uit tabel I, dan wel volgens een maatwerkvoorschrift als bedoeld in artikel 20, kan worden voldaan. In het rapport wordt aangegeven welke voorzieningen worden getroffen om te voorkomen dat de geldende geluidniveaus worden overschreden. Het akoestisch onderzoek wordt uitgevoerd overeenkomstig de Handleiding meten en rekenen met industrielawaai. De resultaten van dit akoestische onderzoek worden uiterlijk vier weken voorafgaand aan de boring bij de inspecteur-generaal der mijnen ingediend.

Artikel 20

1. Onze Minister kan bij maatwerkvoorschrift waarden stellen die hoger zijn dan de waarden die zijn vermeld in Tabel I, indien de waarden in Tabel I naar het oordeel van Onze Minister op basis van de best beschikbare techniek niet haalbaar zijn.

2. Onze Minister kan bij maatwerkvoorschrift waarden stellen die lager zijn dan de waarden die vermeld zijn in Tabel I, indien naar het oordeel van Onze Minister lagere waarden uit een oogpunt van bescherming van het milieu noodzakelijk zijn voor zover die op basis van de best beschikbare techniek technisch haalbaar zijn.

3. Van een beschikking als bedoeld in het eerste en tweede lid wordt kennis gegeven in de Staatscourant en in een of meer dag-, nieuws- of huis-aan huis-bladen.

4. Indien een maatwerkvoorschrift als bedoeld in het eerste lid waarden tot gevolg heeft die aanzienlijke gevolgen voor het milieu kunnen hebben, is op de voorbereiding van het maatwerkvoorschrift afdeling 3.4 van de Algemene wet bestuursrecht van toepassing.

Artikel 21

1. Voor de etmaalwaarde van de verkeersbewegingen van en naar de mobiele installatie geldt een streefwaarde van 50 dB(A).

2. Bij ministeriele regeling worden regels gegeven betreffende de beoordeling van etmaalwaarden van de verkeersbewegingen.

§ 3. Lucht

Artikel 24

1. In geval van het gebruik van een fakkel is deze ontworpen met het oog op optimale afgasverbranding met een minimum rendement van 99%.

2. Minimaal 48 uur voorafgaand aan het affakkelen wordt een fakkelprogramma ingediend bij de inspecteur-generaal der mijnen, waarin aandacht wordt besteed aan:

- **a.** duur van het fakkelen;
- **b.** tijdstip waarop het fakkelen plaats zal vinden;
- **c.** maatregelen om geluidsbelasting voor omwonenden te voorkomen, dan wel te beperken.

3. De inspecteur-generaal der mijnen kan eisen stellen aan het affakkelen ter bescherming van het milieu en ter voorkoming van geluidoverlast.

§ 8. Documenten

Artikel 43

1. Er is een handleiding op de mobiele installatie aanwezig waarin regels zijn gesteld door de uitvoerder ten aanzien van transportbewegingen, pipehandling, het verbranden van aardgas in de openlucht en andere geluidsintensieve activiteiten.
2. De regels, bedoeld in het eerste lid, beperken de schade aan milieu en overlast voor de omgeving zo goed mogelijk.
3. De uitvoerder draagt er zorg voor dat een ieder die werkzaam is op de mobiele installatie bekend is met de handleiding en de regels, bedoeld in het eerste lid, naleeft.

GELUIDSPROGNOSE
NAM-LOCATIE TERNAARD-200

noordelijk
akoestisch
adviesburo

GELUIDSPROGNOSE NAM-LOCATIE TERNAARD-200

Opdrachtgever	Nederlandse Aardolie Maatschappij BV Schepersmaat 2 9405 TA ASSEN
Contactpersoon	mevrouw R. Hoving-Braams
Uitgevoerd door	Noordelijk Akoestisch Adviesburo BV
Behandeld door	J.H. Vrijs
Datum	20 juli 2018
Kenmerk	5869-200/NAA/jv/ft/2

Noorderstaete 26
9402 XB Assen

Postbus 339
9400 AH Assen

naa.nl

(0592) 340 630
naa@naa.nl
www.naa.nl

iban NL41 RABO 0382 8383 35
btw NL006719028B01
kvk 04029676

INHOUDSOPGAVE

1 Inleiding 3

2 Gehanteerde normstelling 4

3 Bedrijfsgegevens 5
3.1 Situatie 5
3.2 Bedrijfsactiviteiten 5
3.3 Best Beschikbare Technieken 5
3.4 Representatieve bedrijfssituatie 6
3.5 Incidentele bedrijfssituaties 6

4 Uitgevoerde berekeningen 7
4.1 Inleiding 7
4.2 Toegepaste geluidsvermogens 7
4.3 Geluidsemissie transporten op het terrein 8
4.4 Model 8

5 Rekenresultaten en beoordeling 9
5.1 Langtijdgemiddeld beoordelingsniveau 9
5.2 Maximale geluidsniveaus 9
5.3 Indirecte hinder: transportbewegingen van en naar de locatie 9

6 Samenvatting en conclusies 11

Begrippenlijst 12

BIJLAGEN

1 Onderbouwing gehanteerde toetsingswaarden
2 Situatie
3 Overzichtskaart Natura 2000-gebied Waddenzee
4 Overzichtskaart stiltegebied Waddenzee
5 Plattegrond locatie
6 Berekende geluidsvermogens
7 Invoergegevens rekenmodel
8 Grafische weergave rekenmodel
9 Rekenresultaten ter plaatse van woningen
10 Berekende geluidbelastingcontouren
11 Gestileerde 50 dB(A) geluidbelastingcontour
12 Berekening indirecte hinder

1 INLEIDING

De Nederlandse Aardolie Maatschappij B.V. (NAM) is voornemens aardgas te gaan produceren op de nieuw aan te leggen locatie Ternaard-200. De locatie Ternaard-200 zal worden gerealiseerd nabij het dorp Ternaard in de gemeente Dongeradeel (provincie Friesland).

Het doel van deze geluidsprognose is de geluidsemissie van de nieuw te bouwen installatie naar de omgeving en de nabij gelegen woonbebouwing te voorspellen. De geluidsemissie wordt vervolgens getoetst aan de richtwaarden voor de woonomgeving en het gemeentelijk geluidsbeleid. Daarnaast ligt op circa 800 meter ten noorden van de inrichtingsgrens een natuurgebied/stiltegebied (Waddenzee). Ook hiervoor gelden ambitiewaarden welke gerespecteerd dienen te worden. Op basis van het voorgaande kunnen onderbouwde geluidseisen worden gesteld aan de nieuw te plaatsen installaties. Hierbij is rekening gehouden met de Best Beschikbare Technieken.

In deze geluidsprognose wordt gebruik gemaakt van gegevens die op het moment van dit onderzoek bekend zijn en aanvullende theoretische benaderingen.

Alle metingen en berekeningen zijn uitgevoerd conform de “Handleiding meten en rekenen industrielawaai” (versie 1999), in het vervolg van dit rapport de Handleiding genoemd. Het onderzoek is verder uitgevoerd volgens de “Handreiking industrielawaai en vergunningverlening” d.d. oktober 1998, in het vervolg van dit rapport de “Handreiking” genoemd. De indirecte hinder is mede beoordeeld volgens de “Beoordeling geluidhinder wegverkeer in verband met vergunningverlening w.m.” 1996, die hierna wordt aangeduid als de “Circulaire indirecte hinder”.

Op bladzijde 12 t/m 15 worden enkele akoestische begrippen nader toegelicht.

2 GEHANTEERDE NORMSTELLING

Bij de aanvraag van een omgevingsvergunning in het kader van de Wabo dient conform de Handreiking een afweging te worden gemaakt ten aanzien van de geluidsvoorschriften en te hanteren toetsingswaarden. Voor de vergunningverlening is in onderhavige situatie het Ministerie van Economische Zaken en Klimaat het bevoegde gezag, waarbij de gemeente een adviserende rol heeft.

In dit onderzoek zal worden getoetst aan een geluidbelasting van 40 dB(A) ter plaatse van woningen en een geluidbelasting van 35 dB(A) ter plaatse van de Waddenzee (stilte-/natuurgebied). Voor de onderbouwing van de gehanteerde toetsingswaarden wordt verwezen naar bijlage 1.

De geluidbelasting van een inrichting (of: de etmaalwaarde van het equivalente geluidsniveau van een inrichting) is gedefinieerd als de hoogste waarde van de volgende drie waarden:
- het langtijdgemiddeld beoordelingsniveau $L_{Ar,LT}$ gedurende de dagperiode;
- het $L_{Ar,LT}$ gedurende de avondperiode, vermeerderd met 5 dB;
- het $L_{Ar,LT}$ gedurende de nachtperiode, vermeerderd met 10 dB.

3 BEDRIJFSGEGEVENS

3.1 Situatie

De locatie Ternaard-200 is gepland aan de Nesserwei in de gemeente Dongeradeel (provincie Friesland). Een overzicht van de topografische situatie wordt gegeven op bijlage 2. De inrichting ligt in een landelijk gebied circa 1350 meter ten oosten van de woonkern van het dorp Ternaard. De dichtst bij de inrichting gelegen woonbebouwing bevindt zich ten zuiden van de locatie op 338 meter van de inrichtingsgrens.

Het gebied ten noorden van de Zeedijk, op circa 800 meter van de locatie, is aangewezen als een Natura 2000-gebied (Vogelrichtlijn- en Habitatrichtlijngebied). Een deelkaart van het Natura 2000-gebied Waddenzee is weergegeven in bijlage 3.

In de Provinciale Milieuverordening van de provincie Friesland is het Waddengebied, gebied ten noorden van de Zeedijk, tevens aangemerkt als stiltegebied. Een kaart met daarop aangegeven het stiltegebied is weergegeven in bijlage 4.

3.2 Bedrijfsactiviteiten

Het is de bedoeling op de nieuw te realiseren locatie Ternaard-200 een gasproductie-installatie te bouwen. De bestemming van de inrichting wordt het produceren, meten en afvoeren van aardgas. Voor de winning van het gas uit de nieuw te boren gasproductieput (TRN-201) zal gebruik worden gemaakt van een verplaatsbare productie-eenheid. De productie-eenheid zal via een flexibele leiding op de nieuwe gasproductieput worden aangesloten. Met deze eenheid wordt de gasdoorzet en de druk geregeld.

Het op de locatie gewonnen gas zal vervolgens onbehandeld, via een nieuw aan te leggen ondergrondse transportleiding, naar de NAM-locatie Moddergat worden getransporteerd. Vervolgens wordt het gas, samen met het gas geproduceerd op de locatie Moddergat, getransporteerd naar de NAM-locatie Anjum. Het onbehandelde gas zal in de behandelingsinstallatie van Anjum op specificatie worden gebracht voor aflevering.

In bijlage 5 is een plattegrond van de locatie opgenomen met daarop aangegeven de nieuwe installatie.

3.3 Best Beschikbare Technieken

Best Beschikbare Technieken (BBT) zijn de meest doeltreffende technieken welke een inrichting kan toepassen om emissies en andere nadelige gevolgen voor het milieu te voorkomen of, indien dat niet mogelijk is, zoveel mogelijk te beperken.

BBT ligt voor bepaalde bedrijfstakken of voor technieken die branche overschrijdend zijn vast in de zogenaamde BREF's, (de BBT referentiedocumenten ofwel de documenten waarin de beste beschikbare technieken worden beschreven). Deze BREF's dienen als informatiebron te worden meegenomen bij de BBT-afweging. De onderhavige locatie is geen inrichting die valt onder de IPPC richtlijn. Er is dan ook geen BREF opgesteld voor inrichtingen voor de productie van aardgas en voor de technieken die hiervoor gebruikt worden.

Om invulling te geven aan BBT wordt daarom voor deze locatie uitgegaan van het algemene beginsel dat zoveel mogelijk gebruik moet worden gemaakt van geluidsarme apparatuur en technieken, rekening houdende met de technische en economische situatie.

Voor de locatie Ternaard-200 worden de onderstaande technieken toegepast om de geluidsemissie zo laag mogelijk te houden:

- de verplaatsbare productie-eenheid, inclusief regelklep, is geluidsarm ontworpen en wordt voorzien van geluidsisolatie;
- alle vaste bovengrondse gasvoerende leidingen op de locatie, zowel op de productie-eenheid als daarbuiten, worden voorzien van een zware geluidsisolatie (type C).

3.4 Representatieve bedrijfssituatie

Beoordeeld wordt de maximaal representatieve bedrijfssituatie. Dit is een normale of regelmatig voorkomende bedrijfssituatie, welke de grootste geluidsemissie veroorzaakt. Calamiteiten of incidenteel voorkomende bedrijfssituaties, minder dan 12x per jaar, vallen hier niet onder.

De installatie is continu in bedrijf. Omdat de installatie continu in bedrijf is, is de nachtperiode (23.00 tot 07.00 uur) bepalend voor de geluidsemissie van de inrichting. Het geluid wordt in de nachtperiode namelijk strenger beoordeeld dan in de dag- en avondperiode.

3.5 Incidentele bedrijfssituaties

Er zijn geen incidentele bedrijfssituaties aan te merken, calamiteiten en onderhoudswerkzaamheden uitgesloten, welke naar verwachting meer geluid produceren dan de maximaal representatieve bedrijfssituatie.

4 UITGEVOERDE BEREKENINGEN

4.1 Inleiding

Op basis van geluidsmetingen uitgevoerd aan vergelijkbare installaties is de geluidsemissie van de nieuw te bouwen installatie bepaald. Bij het bepalen van de geluidsvermogens is, om de geluidsemissie naar de omgeving te beperken, rekening gehouden met de BBT. Van de situatie is een rekenmodel opgesteld waarmee berekeningen zijn uitgevoerd naar de omgeving.

4.2 Toegepaste geluidsvermogens

Het is de bedoeling op de locatie aardgas te gaan produceren uit één nieuwe productieput. Als gevolg van de gaswinning zal enig geluid worden geproduceerd. Voor de geluidsemissie naar de omgeving zijn de volgende installatie-onderdelen relevant:

- verplaatsbare productie-eenheid TRN-201;
- leidingwerk en ondersteuningen;
- injectie-eenheden (1x methanol en 1x anti corrosievloeistof).

Onderstaand worden de nieuwe geluidsbronnen kort besproken.

Verplaatsbare productie-eenheid en aansluitend leidingwerk
De belangrijkste nieuwe geluidsbron is de verplaatsbare productie-eenheid. Het geluid wordt gegenereerd door de regelklep en wordt onder andere door het aangesloten leidingwerk en het skid (eenheid) afgestraald. De geluidsproductie van een regelklep is afhankelijk van het type klep, drukverschil over de klep en gasdoorzet van de klep. Bij het ontwerp en de bouw van het eenheid is veel aandacht besteed aan het reduceren van de geluidsoverdracht van de regelklep en de gasvoerende leidingen naar de ondersteuning en het skid. Hiertoe zijn onder andere trillingsdempers tussen de gasvoerende leidingen en de ondersteuningen geplaatst (geluidsarm ontwerp). De nieuwe productie-eenheid dient te worden uitgevoerd overeenkomstig de bestaande productie-eenheden zoals die zijn toegepast op de NAM-locatie Moddergat (volledige geïsoleerde eenheden). Dit betekent dat de gasvoerende leidingen op het skid, inclusief de regelklep, moet worden voorzien van een zware geluidsisolatie (type C1 uit Shell DEP 31.46.00.31-Gen “Acoustic Insulation for pipes, valves and fittings”).

Voor de nieuwe gasproductieput is, conform opgave NAM, rekening gehouden met de in tabel 1 weergegeven mogelijke productiescenario’s.

Tabel 1: Productiescenario's voor put TRN-201

Situatie	Low case	Base case	High case
gasdoorzet in normaal m^3/etmaal	210.000	1.980.000	2.300.000
druk P upstream regelklep (bara)	69	74	116
druk P downstream regelklep (bara)	68	73	77
druk P manifold (transportleiding TRN-MGT)	68	73	77

Voor de geluidsemissie van de installatie zal de “High Case” bepalend zijn (vanwege drukverschil over de regelklep en bovendien grootste gasdoorzet). Op basis van deze bedrijfscondities is het geluidsvermogen van de productie-eenheid bepaald op basis van meetgegevens aan de productie-eenheden van Moddergat onder vergelijkbare bedrijfscondities. Voor de productie-eenheid van TRN-201 is een geluidsvermogen van 94 dB(A) aangehouden.

Op basis van metingen aan een aantal productie-eenheden is een relatie tussen het geluidsvermogen van de productie-eenheid en het geluidsniveau op de aangesloten leidingen direct voor en na het skid vastgesteld. Daarnaast is op basis van metingen aan soortgelijke opstellingen een afstandsreductie (de geluidsemissie van de leiding wordt naarmate de afstand tot het skid toeneemt kleiner) bepaald. Op grond hiervan is het geluidsvermogen van het aangesloten leidingwerk berekend (inclusief isolatie). De berekeningen van het geluidsvermogen

van het leidingwerk staan weergegeven in bijlage 6. De leiding tussen de put en de productie-eenheid zal als flexibele leiding worden uitgevoerd. De ervaring leert dat deze leidingen over het algemeen niet relevant zijn voor de geluidsemissie van een dergelijke opstelling. In onderstaande tabel staan de berekende en in de overdrachts-berekeningen aangehouden geluidsvermogens samengevat.

Tabel 2: Aangehouden geluidsvermogens (Lw in dB(A), t.o.v. 1 pW)

Bron	Octaafbandmiddenfrequenties (Hz)									Totaal
	31,5	63	125	250	500	1k	2k	4k	8k	dB(A)
1) Productie-eenheid TRN-201	44,7	54,0	63,0	67,8	73,0	75,3	85,0	89,0	91,3	94,0
2) Anti corrosievloeistof injectie eenheid	29,1	45,5	44,3	49,4	54,2	67,2	61,7	71,1	72,4	75,7
3) Methanol injectie eenheid	29,1	45,5	44,3	49,4	54,2	67,2	61,7	71,1	72,4	75,7
4) Leiding deel 1; stroomafwaarts P-eenheid	47,9	55,2	54,9	57,2	52,3	57,0	67,5	79,2	79,4	82,5
5) Leiding deel 2; stroomafwaarts P-eenheid	40,1	47,4	47,1	49,4	44,5	49,2	59,7	71,5	71,6	74,8
6) Leiding deel 3; stroomafwaarts P-eenheid	33,0	40,3	40,0	42,3	37,4	42,1	52,6	64,4	64,5	67,7
7) Uitlaatmanifold	28,2	38,5	41,2	47,5	54,6	61,3	71,8	83,5	83,7	86,8
8) PSV-leidingen	23,8	34,2	36,9	43,2	50,3	57,0	67,4	79,2	79,4	82,5

Het door de installatie geproduceerde geluid heeft een continu karakter. Het geproduceerde geluid is breedbandig en ruisvormig. Er is geen sprake van tonaal, impuls of laagfrequent geluid.

4.3 Geluidsemissie transporten op het terrein

Tijdens de normale operationele bedrijfsconditie kan de locatie incidenteel, maximaal éénmaal per dag, worden bezocht door transporten met zware vracht- of tankwagens voor de aan- en afvoer van hulp- en afvalstoffen. Deze transporten vinden plaats in de dagperiode. Voor het rijden, optrekken en manoeuvreren van een vrachtwagen op de locatie is het volgende geluidsvermogen aangehouden.

Tabel 3: Geluidsvermogenniveau rijden met zware vrachtwagen op de locatie (Lw in dB(A), t.o.v. 1 pW)

Bron	Octaafbandmiddenfrequenties (Hz)									Totaal
	31,5	63	125	250	500	1k	2k	4k	8k	dB(A)
9) Route vrachtwagens *	78,0	87,9	94,4	98,2	98,1	103,9	102,4	96,4	88,8	108,0

*) niet gecorrigeerd voor de verblijfsduur

In de overdrachtsberekeningen is het geluidsvermogen gecorrigeerd voor de verblijfstijd. Er is uitgegaan van een rijsnelheid op de locatie van 10 kilometer per uur. De rijroute is in het overdrachtsmodel ingevoerd als een mobiele bron.

4.4 Model

Met het opgestelde akoestisch rekenmodel is gerekend naar de omgeving. De langtijdgemiddelde beoordelings-niveaus ($L_{Ar,LT}$) ten gevolge van de inrichting zijn berekend op een raster van rekenpunten gelegen op 5 meter boven het plaatselijk maaiveld. De berekeningen zijn uitgevoerd met het DGMR-industrielawaaiprogramma Geomilieu versie 4.3. De invoergegevens voor de overdrachtsberekeningen staan weergegeven in bijlage 7. Bijlage 8 geeft een grafische weergave van het rekenmodel.

5 REKENRESULTATEN EN BEOORDELING

5.1 Langtijdgemiddeld beoordelingsniveau

Met het opgestelde model zijn berekeningen uitgevoerd naar een aantal discrete rekenpunten. Deze punten zijn gelegen ter hoogte van nabijgelegen woningen en op de grens van het stiltegebied. De rekenresultaten van de berekeningen staan weergegeven in bijlage 9 en zijn in onderstaande tabel samengevat.

Tabel 4: Langtijdgemiddelde beoordelingsniveaus $L_{Ar,LT}$ in dB(A) t.o.v. 20 µPa

Locatie immissiepunt	Geluidbelasting in dB(A) (etmaalwaarde)	
	Berekend	Toetsingswaarde
1) Nesserwei 11	31	40
2) Nesserwei 22	28	40
3) Nesserwei 13/15	28	40
4) 't Skoar 1	25	40
5) 't Skoar 34	25	40
6) Nesserwei 9	24	40
7) Grens stilte-/Natura 2000-gebied Waddenzee	19	35

Zoals blijkt uit tabel 4 kan worden voldaan aan de gehanteerde toetsingswaarden. Ter plaatse van de woningen zal geen sprake zijn van tonaal, impuls of laagfrequent geluid.

De berekende geluidbelastingcontouren staan weergegeven op bijlage 10. De gestileerde 50 dB(A) geluidbelasting-contour, ten behoeve van de vergunningaanvraag, staat weergegeven op bijlage 11.

5.2 Maximale geluidsniveaus

Vanwege het continue karakter van het proces en de afzonderlijke geluidsbronnen zal de geluidbelasting over een etmaal nauwelijks variëren. De maximale geluidsniveaus ten gevolge van de inrichting zullen daarom niet meer dan 10 dB(A) boven het langtijdgemiddelde beoordelingsniveau liggen en zijn derhalve zondermeer aanvaardbaar.

Maximale geluidsniveaus kunnen wel worden veroorzaakt door transportbewegingen op het locatieterrein. De inrichting kan, binnen de dagperiode, kortstondig worden bezocht door een zware vracht- of tankauto voor de aan- en afvoer van hulp- en afvalstoffen. Dit transport vindt plaats tussen 07.00 en 19.00 uur. Ter plaatse van de meest nabij de inrichting gelegen woning zal, ten gevolge van geluid veroorzaakt door vrachtwagens op het locatieterrein, de voorkeurswaarde voor het maximaal optredende geluidsniveau van 50 dB(A) niet worden overschreden. Deze situatie is daarom zonder meer aanvaardbaar.

5.3 Indirecte hinder: transportbewegingen van en naar de locatie

Om een indicatie te krijgen van de eventuele indirecte hinder is een berekening uitgevoerd volgens Standaard-rekenmethode I uit het "Reken- en meetvoorschrift geluid 2012" (exclusief aftrek artikel 110g van de Wet geluid-hinder). Bij de berekening wordt uitgegaan van de gemiddelde verkeersintensiteit per uur per beoordelingsperiode. Daarbij wordt onderscheid gemaakt in lichte, middelzware en zware motorvoertuigen.

De inrichting wordt incidenteel bezocht door een zware vracht- of tankauto ten behoeve van de aan- en afvoer van hulp- en afvalstoffen. Dit transport vindt normaliter plaats tussen 07.00 en 19.00 uur.

De locatie Ternaard-200 wordt een onbemande locatie welke op afstand wordt bewaakt. De locatie zal regelmatig worden bezocht door een operator.

In de berekeningen is uitgegaan van één zware vrachtauto per etmaal binnen de dagperiode (tussen 07.00 uur en 19.00 uur). Daarnaast is in de berekeningen rekening gehouden met vijf personenauto's binnen de dagperiode en één in de nachtperiode (tussen 23.00 en 07.00 uur).

Er is in de berekeningen uitgegaan van een rijsnelheid van 50 km/h en een wegdekverharding van fijn asfalt. Eén transport betekent in de berekening twee transportbewegingen (één heen en één weer terug).

Op basis van deze genoemde uitgangspunten zijn berekeningen uitgevoerd. De resultaten van deze berekeningen zijn vermeld in bijlage 12.

Uit deze resultaten blijkt dat de 50 dB(A) geluidbelastingcontour minder dan 5 meter uit de wegas ligt. In onderhavige situatie is het onderzoeksgebied de toegangsweg naar de locatie vanaf de Nesserwei.

Uit de ligging van de 50 dB(A) geluidbelastingcontour (voorkeursgrenswaarde) kan worden geconcludeerd dat er geen hinder is te verwachten van transporten van en naar de inrichting. Binnen het onderzoeksgebied liggen binnen de 50 dB(A) geluidbelastingcontour geen woningen.

6 SAMENVATTING EN CONCLUSIES

De NAM is voornemens aardgas te gaan produceren op de nieuw aan te leggen locatie Ternaard-200. De locatie Ternaard-200 zal worden gerealiseerd nabij het dorp Ternaard in de gemeente Dongeradeel (provincie Friesland).

Het doel van deze geluidsprognose is de geluidsemissie van de nieuw te bouwen installatie naar de omgeving en de dichtstbij gelegen woonbebouwing te voorspellen. De geluidsemissie wordt vervolgens getoetst aan de richtwaarden voor de woonomgeving en het gemeentelijk geluidsbeleid. Daarnaast ligt op circa 800 meter ten noorden van de inrichtingsgrens een natuurgebied/stiltegebied (Waddenzee). Ook hiervoor gelden grenswaarden. Op basis van het voorgaande kunnen onderbouwde geluidseisen worden gesteld aan de nieuw te plaatsen onderdelen. Hierbij is rekening gehouden met BBT. In deze geluidsprognose wordt gebruik gemaakt van gegevens die op het moment van dit onderzoek bekend zijn en aanvullende theoretische benaderingen.

Ter plaatse van woning is getoetst aan een geluidbelasting van 40 dB(A) en ter plaatse van het stilte-/Natura 2000-gebied Waddenzee aan een geluidbelasting van 35 dB(A) (voor onderbouwing zie bijlage 1).

De geluidsvermogens van de nieuw te plaatsen installatie-onderdelen zijn afgeleid van metingen aan vergelijkbare installaties. De berekeningen zijn uitgevoerd op basis van de te verwachten initiële productie condities (maximale situatie). In deze geluidsprognose is rekening gehouden met geluidsreducerende maatregelen (BBT). Alle gas-voerende leidingen van de nieuw te plaatsen productie-eenheid, zowel op de productie-eenheid als daarbuiten, dienen te worden voorzien van een zware geluidsisolatie (type C1).

Op basis van de voornoemde uitgangspunten zijn overdrachtsberekeningen naar de omgeving uitgevoerd. Bij de omliggende woningen en ter plaatse van het stiltegebied Waddenzee wordt voldaan aan de gehanteerde toetsings-waarden. Ter plaatse van de woningen zal geen sprake zijn van tonaal, impuls of laagfrequent geluid.

De gestileerde 50 dB(A) geluidbelastingcontour, ten behoeve van de vergunningaanvraag, staat weergegeven op bijlage 11.

Vanwege het continue karakter van het proces en de afzonderlijke geluidsbronnen zal de geluidbelasting over een etmaal nauwelijks variëren. De maximale geluidsniveaus ten gevolge van de inrichting zullen daarom naar verwachting niet meer dan 10 dB(A) boven het langtijdgemiddelde beoordelingsniveau liggen en zijn derhalve zonder meer aanvaardbaar.

Er is geen hinder te verwachten van transporten van en naar de inrichting.

BEGRIPPENLIJST

Begrip/terminologie	Notatie [eenheid]	Omschrijving [herkomst omschrijving]
95% percentielwaarde van de niveaus	L_{95} [dB/dB(A)]	niveau dat, gemeten over een bepaalde periode, gedurende 95% van de tijd wordt overschreden [Handreiking]
x% percentielwaarde van de niveaus	L_x [dB/dB(A)]	niveau dat, gemeten over een bepaalde periode, gedurende x% van de tijd wordt overschreden
A-gewogen		behandeld met een *frequentieweging* die overeenkomt met de 40 dB *contour voor gelijke luidheid* van het menselijk oor [IEC 651, ISO 226]
bandbreedte (filterbandbreedte)		het verschil tussen de frequenties waar het filter een 3 dB niveauverschil t.o.v. de middenfrequentie realiseert [IEC 225]
BBT		De Beste Beschikbare Technieken is het beginsel dat er vanuit gaat dat een inrichting zoveel als economisch en technisch mogelijk is nadelige gevolgen voor het milieu beperkt. [Wm artikel 8.11 lid 3]
bedrijfsduurcorrectieterm	C_b [dB]	correctieterm die de *bedrijfsperiode* T_b in rekening brengt dat een bedrijfstoestand duurt tijdens een *beoordelingsperiode* T_0 (dag, avond, nacht): $C_b = -10 \log T_b/T_0$ [Handleiding]
bedrijfsperiode	T_b [uren]	tijdsinterval waarin een bepaalde en gespecificeerde bedrijfstoestand binnen een *beoordelingsperiode* optreedt [Handleiding]
beoordelingshoogte	h_o [m]	de hoogte van het *beoordelingspunt* boven het plaatselijk maaiveld [Handleiding]
beoordelingsperiode	T_0 [uren]	tijdsinterval dat relevant is voor de beoordeling van het geluid. Met betrekking tot industrielawaai zijn drie beoordelingsperioden gedefinieerd: ▪ de dagperiode (07.00 tot 19.00 uur); ▪ de avondperiode (19.00 tot 23.00 uur); ▪ de nachtperiode (23.00 tot 07.00 uur) [Handleiding]
beoordelingspunt		het punt waar het te beoordelen geluidsniveau wordt bepaald en getoetst aan eventuele *richtwaarden* en/of *grenswaarden*
binnengrenswaarde		*grenswaarde* voor geluid binnen de ruimten van een *woning* die als geluidsgevoelig zijn aangemerkt
BREF		De beste beschikbare technieken liggen voor bepaalde bedrijfstakken of voor technieken die branche overschrijdend zijn vast in BBT-referentiedocumenten (BREF's). BREF's zijn vaak zeer uitgebreide documenten waarvan vaak slechts een gering deel over geluid en trillingen gaat
bronmaatregelen		geluidsbeperkende maatregelen op een *industrieterrein*; dit kunnen ook afschermende voorzieningen zijn [Handboek]
bronsterkte	L_W [dB/dB(A)]	*geluidsvermogenniveau*

contour		een lijn die punten met hetzelfde geluidsniveau met elkaar verbindt [Handboek]
contourlijn voor gelijke luidheid		een lijn die de geluidsdrukniveaus verbindt die bij verschillende frequenties met gelijke luidheid worden waargenomen [ISO 226]
equivalent geluidsniveau	$L_{eq,T}$ [dB] / $L_{Aeq,T}$ [dB(A)]	het energetisch gemiddelde van de fluctuerende niveaus van het ter plaatse, in de loop van een bepaalde periode, optredende geluid [Handleiding]
etmaalwaarde		met betrekking tot industrielawaai de hoogste van de volgende waarden: ▪ de waarde over de dagperiode; ▪ de waarde over de avondperiode + 5 dB; ▪ de waarde over de nachtperiode + 10 dB
frequentie		toonhoogte
frequentieweging		frequentie-afhankelijke signaalbewerking waarbij voor verschillende frequenties een uiteenlopende kwalificatie (weging) wordt toegepast [IEC 651]
geluid		met het menselijk oor waarneembare luchttrillingen [Wgh]
geluidsdruk	p [Pa]	door geluidsgolven veroorzaakte drukverschillen t.o.v. de atmosferische druk
geluids(druk)niveau	L_p [dB/dB(A)]	de gemeten of berekende momentane geluidsdruk uitgedrukt in dB of dB(A) t.o.v. 20 µPa
geluidbelasting	B_i [dB(A)]	*etmaalwaarde* van het *langtijdgemiddeld beoordelingsniveau* [Handleiding]
geluidsgevoelig object		woning, school, ziekenhuis of ander gezondheidszorggebouw
geluidsoverdracht		wijze waarop het transport van geluid van bron naar ontvanger plaatsvindt
geluidsvermogenniveau	L_W [dB/dB(A)]	de door een geluidsbron afgestraalde hoeveelheid geluidsenergie uitgedrukt in dB of dB(A) t.o.v. 1 pW
gestandaardiseerd immissieniveau	L_i [dB(A)]	het *equivalente geluidsniveau* dat tijdens een bepaalde bedrijfstoestand onder *meteoraam*omstandigheden op een bepaalde plaats wordt vastgesteld [Handleiding]
gevel (uitwendige scheidingsconstructie)		een bouwkundige constructie die een ruimte in een *woning* of gebouw scheidt van de buitenlucht, daaronder begrepen het dak [Handleiding/Handreiking]
gevelmaatregelen		geluidswerende voorzieningen aan de *gevel* van een *woning* met het doel de *geluidbelasting* in de geluidsgevoelige ruimten te beperken [Handboek]
gevelreflectie		reflectiebijdrage van het geluid tegen de beschouwde gevel
gevelreflectieterm (gevelcorrectieterm)	C_g [dB]	correctieterm voor de *gevelreflectie*

grenswaarde		op een beoordelingspunt nader te definiëren maximaal toelaatbaar geacht niveau (resultaatverplichting)
immissiepunt		de plaats waar de geluidsimmissie wordt bepaald
immissierelevante bronsterkte	L_{WR} [dB(A)]	het *geluidsvermogenniveau* van een denkbeeldige monopool, gelegen in het centrum van de werkelijke geluidsbron, die in de richting van het *immissiepunt* dezelfde geluids(druk)niveaus veroorzaakt als de werkelijke geluidsbron [Handleiding]
impulsachtig geluid		geluid met een op het *beoordelingspunt* (binnen het aldaar aanwezige geluid) duidelijk waarneembaar impulskarakter. De waarneembaarheid van dit karakter vindt op subjectieve wijze plaats [Handleiding]
incidentele bedrijfssituatie		bedrijfstoestand die ten hoogste twaalfmaal per jaar voorkomt. Daarbij gaat het per keer om één aaneengesloten periode van maximaal een etmaal [Handreiking]
industrieterrein		het gebied dat planologisch bestemd is voor industriële doeleinden. In de Wet geluidhinder gehanteerd voor een *gezoneerd industrieterrein*
invallend geluidsniveau		het geluidsniveau waarmee een *gevel* wordt aangestraald zonder dat hierbij de *gevelreflectie* wordt betrokken
langtijdgemiddeld deelbeoordelingsniveau	$L_{Ari,LT}$ [dB(A)]	*equivalent geluidsniveau* over een *beoordelingsperiode* ten gevolge van een specifieke bedrijfstoestand, zo nodig gecorrigeerd voor het *impulsachtig, tonale* of *muziekkarakter van het geluid* [Handleiding]
langtijdgemiddeld beoordelingsniveau	$L_{Ar,LT}$ [dB(A)]	energetische sommatie van de *langtijdgemiddelde deelbeoordelingsniveaus* over een *beoordelingsperiode* [Handleiding]
maximaal geluidsniveau	L_{Amax} [dB(A)]	het maximaal te meten *geluidsniveau* in de meterstand 'fast' en gecorrigeerd met de *meteocorrectieterm* C_m [Handleiding/ Handreiking]. Indien beoordeeld volgens IL-HR-13-01 van 1981: het maximaal te meten geluidsniveau in de meterstand 'fast'
meethoogte	h_m [m]	de hoogte van het *immissiepunt* boven het plaatselijk maaiveld waarop de microfoon voor de geluidsmetingen zich bevindt [Handleiding]
meteocorrectieterm	C_m [dB]	correctieterm voor de gemiddelde meteorologische omstandigheden [Handleiding]
meteoraam		de meteorologische omstandigheden waaronder een goede en stabiele *geluidsoverdracht* plaatsvindt [Handleiding]
octaafband		frequentieband met een constante procentuele *bandbreedte* van 70% van de middenfrequentie; de middenfrequentie van elke volgende band is het dubbele van de middenfrequentie van de voorgaande band [IEC 225]
ongewogen / lineair / Z-gewogen		zonder enige vorm van *frequentieweging* [IEC 651]
overdrachtsmaatregelen		afschermende voorzieningen (schermen, wallen) in de zone en buiten een *industrieterrein* [Handboek]

referentieniveau van het omgevingsgeluid	de hoogste waarde over een *beoordelingsperiode* van: ▪ het L_{95} van het omgevingsgeluid exclusief de bijdrage van de "niet-omgevingseigen bronnen" (bronnen die naar de mening van de bevoegde overheid niet in het gebied thuishoren, niet geaccepteerd worden of slechts tijdelijk aanwezig zijn) ▪ het L_{Aeq} van zoneringsplichtige wegverkeersbronnen minus 10 dB. Voor de nachtelijke periode worden alleen wegen in rekening gebracht met een intensiteit van meer dan 500 motorvoertuigen gedurende de nachtperiode [Handreiking]
referentiepunt	meet- of rekenpunt gebruikt als positie om van daaruit (door extrapolatie) het geluidsniveau op een *beoordelingspunt* te bepalen (kan ook samenvallen met een beoordelingspunt)
representatieve bedrijfssituatie	toestand waarbij de voor de geluidsproductie relevante omstandigheden kenmerkend zijn voor een bedrijfsvoering bij volledige capaciteit in de te beschouwen *beoordelingsperiode* [Handleiding/Handreiking]
richtwaarde	op een beoordelingspunt nader te definiëren maximaal toelaatbaar geacht niveau (inspanningsverplichting)
smalbandanalyse	frequentie-analyse met een lineaire frequentieschaal, waarbij filters met een constante bandbreedte worden toegepast; het verschil tussen de middenfrequenties van opvolgende frequentiebanden is gelijk aan de *bandbreedte*
stoorgeluid	het op een bepaalde plaats optredende geluid, veroorzaakt door andere geluidsbronnen dan die waarvan het geluidsniveau moet worden bepaald [Handleiding]
tertsband	frequentieband met een constante procentuele *bandbreedte* van 23% van de middenfrequentie; de middenfrequentie van elke volgende band is ongeveer 1,26x de middenfrequentie van de voorgaande band; bij frequenties vanaf 500 Hz komt het goed overeen met de selectiviteit van het menselijk oor [IEC 225]
tonaal geluid	geluid met een op het *beoordelingspunt* (binnen het aldaar aanwezige geluid) duidelijk waarneembaar tonaal karakter. De waarneembaarheid van dit karakter vindt op subjectieve wijze plaats [Handleiding]
woning	gebouw dat voor bewoning gebruikt wordt of daartoe bestemd is; in ruime zin: *geluidsgevoelig object* [Wgh]

Referenties in begrippenlijst

Handboek:	*Handboek sanering industrielawaai, oktober 1995*
Handleiding:	*Handleiding meten en rekenen industrielawaai, 1999*
Handreiking:	*Handreiking industrielawaai en vergunningverlening, oktober 1998*
IEC 225:	*Octave, half octave and third octave filters intended for the analysis of sound and vibration*
IEC 651:	*Sound level meters*
ISO 226:	*Normal equal-loudness level contours*
Wgh:	*Wet geluidhinder*
Wm:	*Wet milieubeheer*

Onderbouwing gehanteerde toetsingswaarden

Langtijdgemiddeld beoordelingsniveau

In deze geluidsprognose wordt getoetst of wordt voldaan aan de ambitiewaarde van de gemeente en de richtwaarden voor de woonomgeving uit de Handreiking.

De gemeente Dongeradeel heeft nog geen geluidsbeleid vastgesteld. Wel heeft de gemeente een opmaat, annex plan van aanpak, voor het toekomstige geluidsbeleid. Dit is geformuleerd in de “Opmaat Geluidnota Gemeente Dongeradeel”. In de geluidnota worden de diverse geluidsbronnen en geluidsgevoelige gebieden in de gemeente Dongeradeel beschreven. Per gebiedstype zijn ambitiewaarden voor de geluidsimmissie geformuleerd.
In onderstaande tabel worden de ambitiewaarden van de gemeente voor het buitengebied samengevat.

Tabel 1: Ambitiewaarde

Gebiedstype	Ambitiewaarden in dB(A)		
	dagperiode	avondperiode	nachtperiode
rustige woonwijk	45	45	40
dorpen en wijken	50	45	40
agrarisch gebied	45	45	40
stiltegebied	35	30	25
ecologische/landschappelijke verbindingszones	40	35	30

De woningen rond de NAM-locatie liggen in een agrarisch gebied. Naast de ambitiewaarde van de gemeente is tevens getoetst aan de normstellingssystematiek conform hoofdstuk 4 van de voornoemde Handreiking.

In de Handreiking worden de volgende gebiedstyperingen onderscheiden met daaraan gekoppeld de richtwaarden voor de geluidsbelasting. De te hanteren richtwaarden worden in tabel 2 samengevat.

Tabel 2: Richtwaarden voor woonomgevingen

Aard van de woonomgeving	Aanbevolen richtwaarden in de woonomgeving in dB(A)			
	dagperiode	avondperiode	nachtperiode	etmaalwaarde
landelijke omgeving	40	35	30	40
rustige woonwijk, weinig verkeer	45	40	35	45
woonwijk in de stad	50	45	40	50

Overschrijding van de richtwaarden kan toelaatbaar zijn op grond van een bestuurlijk afwegingsproces. Een belangrijke rol daarbij speelt het bestaande referentieniveau van het omgevingsgeluid.

Het referentieniveau van het omgevingsgeluid is de hoogste waarde van:
- het L_{95} van het omgevingsgeluid (globaal het niveau dat steeds minimaal op een bepaalde plaats heerst) exclusief de bijdrage van de “niet-omgevingseigen bronnen” (bronnen die naar de mening van de bevoegde overheid niet in het gebied thuishoren, niet geaccepteerd worden of slechts tijdelijk aanwezig zijn);
- het L_{Aeq} van zoneringsplichtige wegverkeersbronnen minus 10 dB. Voor de nachtelijke periode worden alleen wegen in rekening gebracht met een intensiteit van meer dan 500 motorvoertuigen gedurende de nachtperiode.

Een verhoging van de richtwaarden kan alleen worden toegestaan na toepassing van het ALARA/BBT-beginsel. Een rigide toepassing van de richtwaarden moet worden voorkomen.

Als maximum geldt de etmaalwaarde (geluidsbelasting) van 50 dB(A) op de gevel van de meest nabijgelegen woningen of het referentieniveau van het omgevingsgeluid.

De omgeving van de locatie is een agrarisch gebied. Voor de onderhavige situatie is dan ook uitgegaan van de gebiedstypering “landelijke omgeving” waarvoor een richtwaarde is gesteld van 40 dB(A) geluidsbelasting (etmaalwaarde van het langtijdgemiddeld beoordelingsniveau) ter plaatse van woonbebouwing.

Maximaal geluidsniveau

Op grond van de “Handreiking” moet gestreefd worden naar het voorkomen van maximale geluidsniveaus (L_{Amax}) van meer dan 10 dB boven het aanwezige equivalente geluidsniveau over de betreffende periode. Als aan die waarden wordt voldaan, is in ieder geval sprake van een acceptabele situatie.
Wanneer niet aan de streefwaarden kan worden voldaan, kunnen hogere maximale geluidsniveaus worden vergund. Aanbevolen wordt dat de maximale geluidsniveaus niet hoger mogen zijn dan 70 dB(A) in de dag-, 65 dB(A) in de avond- en 60 dB(A) in de nachtperiode.

Laatstgenoemde grenswaarden kunnen in bepaalde situaties en onder bepaalde voorwaarden worden overschreden of worden uitgezonderd van de voorschriften.

Bij de bepaling van het maximale niveau wordt de meteocorrectieterm C_m toegepast.

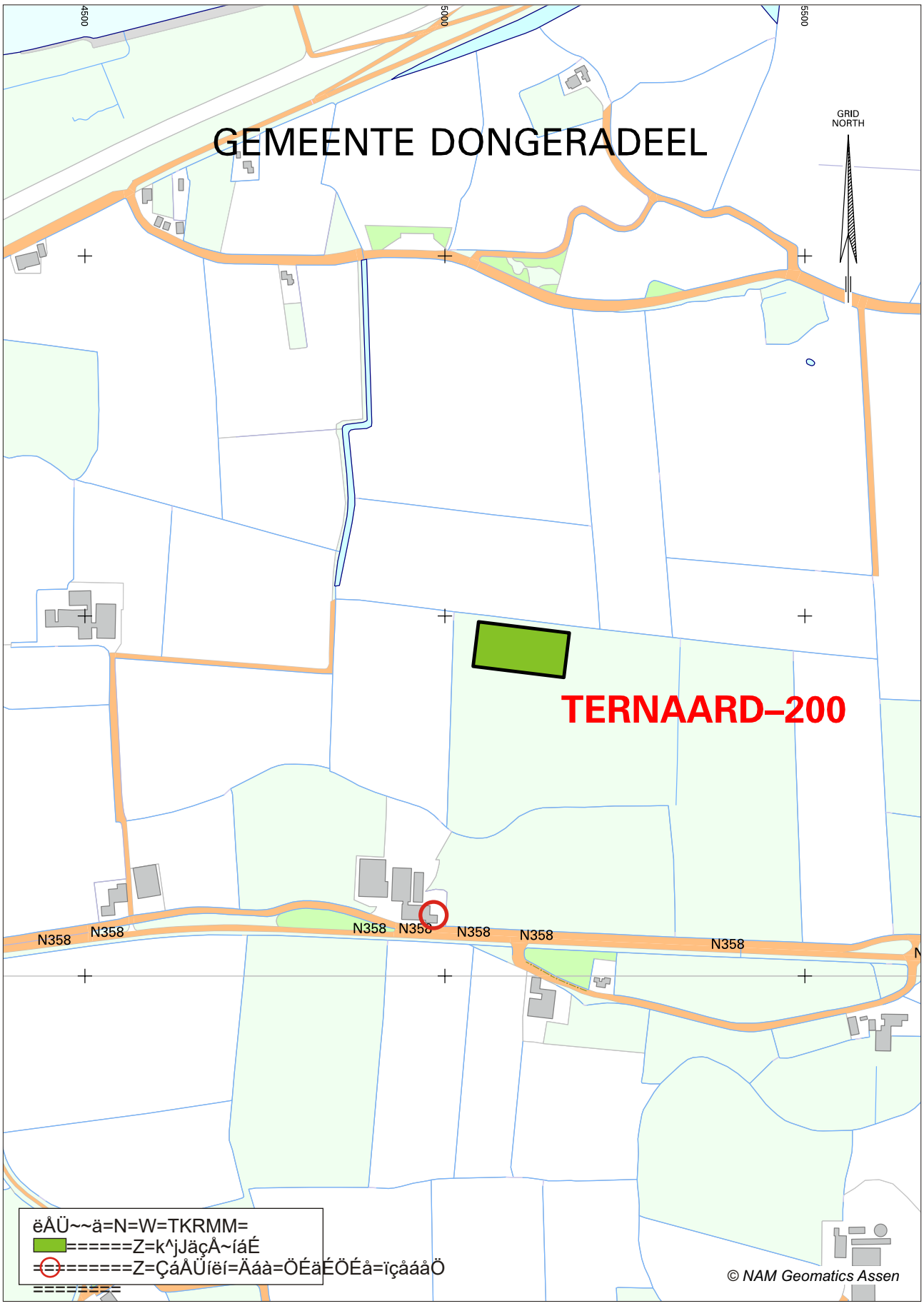
Indirecte hinder

Onder indirecte hinder wordt verstaan: de nadelige gevolgen voor het milieu veroorzaakt door activiteiten die, hoewel ze plaatsvinden buiten het terrein van de inrichting, aan de inrichting zijn toe te rekenen. Indirecte hinder zou kunnen ontstaan als gevolg van transportbewegingen van (vracht)auto’s van en naar de inrichting via de openbare weg. De Circulaire indirecte hinder adviseert de transportbewegingen separaat van de directe hinder van de inrichting en separaat van het overige wegverkeer te beoordelen. De beoordeling vindt plaats op een manier die nagenoeg overeenkomt met die voor verkeerslawaai. Uitsluitend aan de geluidsbelasting (is een gemiddeld niveau) wordt een maximum gesteld, het maximale optredende geluidsniveau ($L_{A,max}$) wordt niet beoordeeld. Voor de geluidsbelasting geldt een voorkeursgrenswaarde van 50 dB(A) en een maximaal toelaatbare waarde van 65 dB(A).

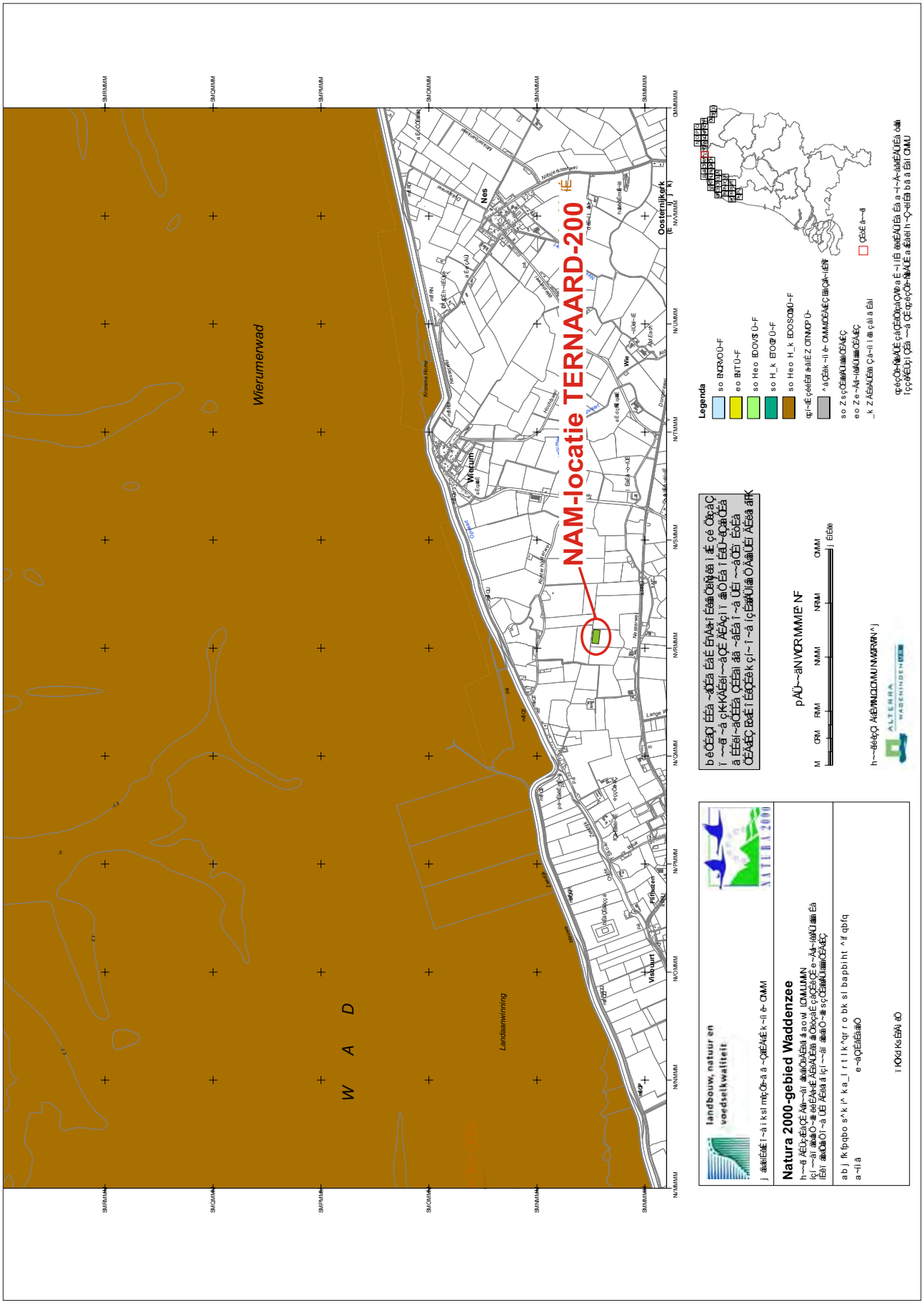
De vaststelling van de geluidsbelasting vindt in principe plaats overeenkomstig het “Reken- en meetvoorschrift geluid 2012” (RMG 2012) op grond van de artikelen 110d en 110e van de Wet geluidhinder. Daarbij wordt geen rekening gehouden met een aftrek op het rekenresultaat op grond van artikel 110g van de Wet geluidhinder. Bij voorkeur wordt het geluidsniveau door middel van metingen vastgesteld, zodat zoveel mogelijk rekening kan worden gehouden met specifieke omstandigheden (bijvoorbeeld bijzonder stille of lawaaiige voertuigen). In onderhavige situatie waarbij de transportbewegingen van en naar de locatie niet worden uitgevoerd met eigen vrachtwagens biedt het uitvoeren van geluidsmetingen geen meerwaarde.

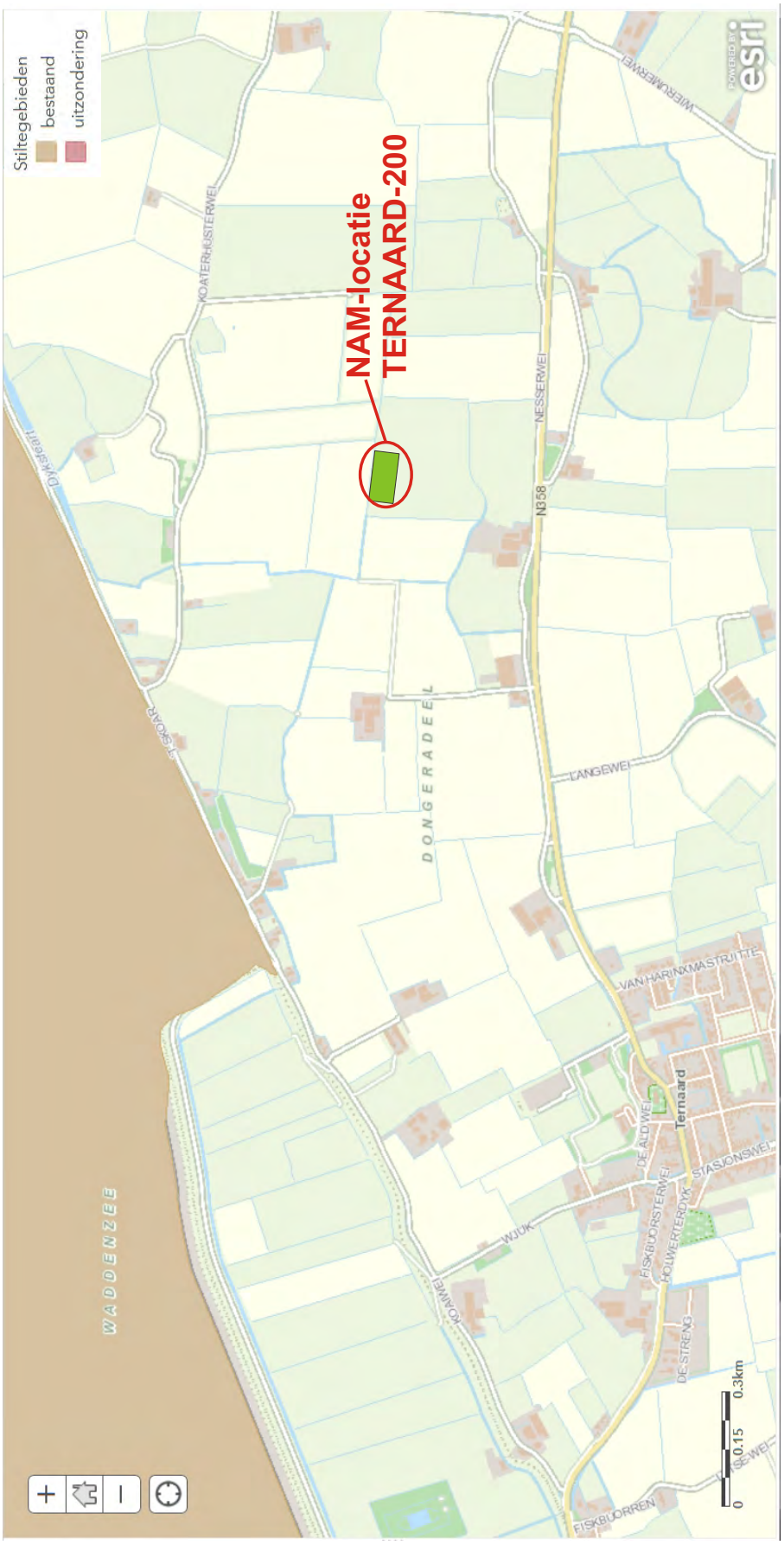
De transporten zullen niet steeds met dezelfde voertuigen worden uitgevoerd. In de berekeningen is daarom uitgegaan van de geluidsemissie van het gemiddelde Nederlandse wagenpark conform het RMG 2012.

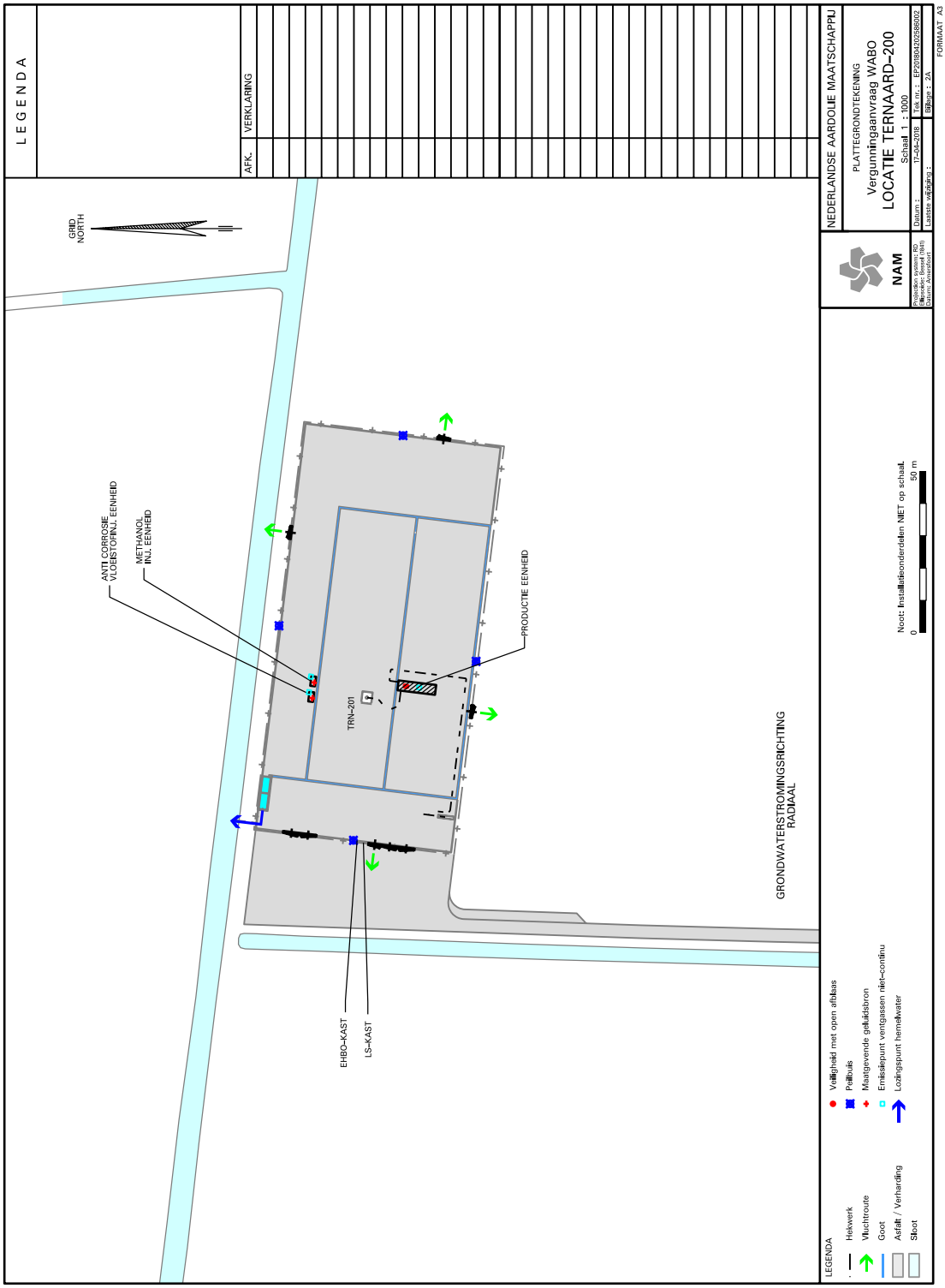
De indirecte hinder wordt tot een bepaalde afstand aan de inrichting toegerekend. Voor de reikwijdte geeft de Handreiking een aantal mogelijke criteria. In de meeste gevallen voldoet het criterium dat de indirecte hinder moet worden beoordeeld tot de afstand waarop het verkeer van en naar de inrichting zich qua rijsnelheid en stopgedrag niet meer onderscheidt van het mogelijke overige verkeer op die weg. In het onderhavige geval geldt dit voor de toegangsweg naar de locatie vanaf de Nesserwei.


GEMEENTE DONGERADEEL
GRID NORTH
TERNAARD–200
N358
N358
N358
N358
N358
N358
N358
ëÅÜ~~ä=N=W=TKRMM=
======Z=k^jJäçÅ~íáÉ
========Z=ÇáÅÜíëí=Äáà=ÖÉäÉÖÉå=ïçåáåÖ
© NAM Geomatics Assen

BIJLAGE 3 - OVERZICHTSKAART NATURA 2000-GEBIED WADDENZEE




Stiltegebieden
bestaand
uitzondering
NAM-locatie
TERNAARD-200
WADDENZEE
DONGERADEEL
N358
NESSERWEI
LANGEWEI
Ternaard
WIERUMERWEI
KOATERHUISTERWEI
VAN HARINXMASTRAITTE
DE ALDWEI
STASJONSWEI
FISKBUORSTERWEI
HOLWERTERDYK
WIJK
DE STRENG
FISKBUORREN
0
0.15
0.3km



pÅÜ~~ä=NW=OMMM=Eççêëéêçåâ Éäáàâ É=ëÅÜ~~ä=NW=NMMMF

Geluidsvermogenniveau KISS-skid na additionele maatregelen (bron 1)

	Octaafbandmiddenfrequentie [Hz]									Totaal
	31,5	63	125	250	500	1k	2k	4k	8k	
Geluidsvermogenniveau KISS-skid na additionele maatregelen (bron 1)	**44,7**	**54,0**	**63,0**	**67,8**	**73,0**	**75,3**	**85,0**	**89,0**	**91,3**	**94,0**

Vastgesteld verhouding tussen Lw geïsoleerd skid en Lp ongeïsoleerde uitgaande leiding : 10 dB

Leidingwerk down stream skid

Eerste deel leidingwerk (bron 4)

Begin leiding (vanaf skid) [m] : 0,0

	Octaafbandmiddenfrequentie [Hz]									Totaal
	31,5	63	125	250	500	1k	2k	4k	8k	
[1] Geluidsniveau op 5 centimeter van leiding	27,1	37,5	40,2	46,5	53,6	60,3	70,7	82,5	82,7	85,7
[2] Empirisch vastgestelde correctie tov geluidniveau klep	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
[3] Correctie tgv afstand tot regelklep	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
[4] Geluidsniveau op 5 centimeter van leiding [1+2+3]	27,1	37,5	40,2	46,5	53,6	60,3	70,7	82,5	82,7	85,7
Diameter leiding [m]	0,17									
Meetvlak diameter [m]	0,27									
Lengte leiding [m]	29,7									
S meetvlak [m2]	25,0									
S referentievlak [m2]	15,7									
Q	0,627									
Afname in dB per meter	0,25									
Verschil begin /einde in dB	7,43									
[5] Afname geluid in dB	-3,1	-3,1	-3,1	-3,1	-3,1	-3,1	-3,1	-3,1	-3,1	
[6] Nabijheidsveldcorectie;) L_F	-1,1	-1,1	-1,1	-1,1	-1,1	-1,1	-1,1	-1,1	-1,1	
[7] Oppervlaktecorrectie; 10 log S_m	14,0	14,0	14,0	14,0	14,0	14,0	14,0	14,0	14,0	
Geluidsvermogen leiding [4+5+6+7]	36,9	47,2	49,9	56,2	63,3	70,0	80,5	92,2	92,4	95,5
Geluidsvermogen/meter	22,2	32,5	35,2	41,5	48,6	55,3	65,8	77,5	77,7	80,8

Leidingisolatie conform Shell DEP 31.46.00.31-Gen./ISO 15665 Class C1	-11,0	-8,0	-5,0	-1,0	11,0	13,0	13,0	13,0	13,0

Geluidsvermogen uitgaande leiding inclusief isolatie	31,5	63	125	250	500	1k	2k	4k	8k	
Leidingisolatie conform Shell DEP 31.46.00.31-Gen./ISO 15665 Class C1	**47,9**	**55,2**	**54,9**	**57,2**	**52,3**	**57,0**	**67,5**	**79,2**	**79,4**	**82,5**
Geluidsvermogen/meter	33,2	40,5	40,2	42,5	37,6	42,3	52,7	64,5	64,7	67,8

Tweede deel leidingwerk (bron 5)

Begin leiding (vanaf skid) [m] : 29,7

	Octaafbandmiddenfrequentie [Hz]									Totaal
	31,5	63	125	250	500	1k	2k	4k	8k	
[1] Geluidsniveau op 5 centimeter van leiding	27,1	37,5	40,2	46,5	53,6	60,3	70,7	82,5	82,7	85,7
[2] Empirisch vastgestelde correctie tov geluidniveau klep	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
[3] Correctie tgv afstand tot regelklep	-7,4	-7,4	-7,4	-7,4	-7,4	-7,4	-7,4	-7,4	-7,4	
[4] Geluidsniveau op 5 centimeter van leiding [1+2+3]	19,7	30,0	32,7	39,0	46,1	52,8	63,3	75,1	75,2	78,3
Diameter leiding [m]	0,17									
Meetvlak diameter [m]	0,27									
Lengte leiding [m]	24,8									
S meetvlak [m2]	20,9									
S referentievlak [m2]	13,1									
Q	0,627									
Afname in dB per meter	0,25									
Verschil begin /einde in dB	6,20									
[5] Afname geluid in dB	-2,7	-2,7	-2,7	-2,7	-2,7	-2,7	-2,7	-2,7	-2,7	
[6] Nabijheidsveldcorectie;) L_F	-1,1	-1,1	-1,1	-1,1	-1,1	-1,1	-1,1	-1,1	-1,1	
[7] Oppervlaktecorrectie; 10 log S_m	13,2	13,2	13,2	13,2	13,2	13,2	13,2	13,2	13,2	
Geluidsvermogen leiding [4+5+6+7]	29,1	39,4	42,1	48,4	55,5	62,2	72,7	84,5	84,6	87,7
Geluidsvermogen/meter	15,2	25,5	28,2	34,5	41,6	48,3	58,8	70,5	70,7	73,8

Leidingisolatie conform Shell DEP 31.46.00.31-Gen./ISO 15665 Class C1	-11,0	-8,0	-5,0	-1,0	11,0	13,0	13,0	13,0	13,0

Geluidsvermogen uitgaande leiding inclusief isolatie	31,5	63	125	250	500	1k	2k	4k	8k	
Leidingisolatie conform Shell DEP 31.46.00.31-Gen./ISO 15665 Class C1	**40,1**	**47,4**	**47,1**	**49,4**	**44,5**	**49,2**	**59,7**	**71,5**	**71,6**	**74,7**
Geluidsvermogen/meter	26,2	33,5	33,2	35,5	30,6	35,3	45,7	57,5	57,7	60,8

Derde deel leidingwerk (bron 6)

Begin leiding (vanaf skid) [m] : 54,5

	Octaafbandmiddenfrequentie [Hz]									Totaal
	31,5	63	125	250	500	1k	2k	4k	8k	
[1] Geluidsniveau op 5 centimeter van leiding	27,1	37,5	40,2	46,5	53,6	60,3	70,7	82,5	82,7	85,7
[2] Empirisch vastgestelde correctie tov geluidniveau klep	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
[3] Correctie tgv afstand tot regelklep	-13,6	-13,6	-13,6	-13,6	-13,6	-13,6	-13,6	-13,6	-13,6	
[4] Geluidsniveau op 5 centimeter van leiding [1+2+3]	13,5	23,8	26,5	32,8	39,9	46,6	57,1	68,9	69,0	72,1
Diameter leiding [m]	0,17									
Meetvlak diameter [m]	0,27									
Lengte leiding [m]	17,0									
S meetvlak [m2]	14,3									
S referentievlak [m2]	9,0									
Q	0,627									
Afname in dB per meter	0,25									
Verschil begin /einde in dB	4,25									
[5] Afname geluid in dB	-1,9	-1,9	-1,9	-1,9	-1,9	-1,9	-1,9	-1,9	-1,9	
[6] Nabijheidsveldcorectie;) L_F	-1,1	-1,1	-1,1	-1,1	-1,1	-1,1	-1,1	-1,1	-1,1	
[7] Oppervlaktecorrectie; 10 log S_m	11,6	11,6	11,6	11,6	11,6	11,6	11,6	11,6	11,6	
Geluidsvermogen leiding [4+5+6+7]	22,0	32,3	35,0	41,3	48,4	55,1	65,6	77,4	77,5	80,6
Geluidsvermogen/meter	9,7	20,0	22,7	29,0	36,1	42,8	53,3	65,1	65,2	68,3
Leidingisolatie conform Shell DEP 31.46.00.31-Gen./ISO 15665 Class C1	-11,0	-8,0	-5,0	-1,0	11,0	13,0	13,0	13,0	13,0	
Geluidsvermogen uitgaande leiding inclusief isolatie	31,5	63	125	250	500	1k	2k	4k	8k	
Leidingisolatie conform Shell DEP 31.46.00.31-Gen./ISO 15665 Class C1	**33,0**	**40,3**	**40,0**	**42,3**	**37,4**	**42,1**	**52,6**	**64,4**	**64,5**	**67,6**
Geluidsvermogen/meter	20,7	28,0	27,7	30,0	25,1	29,8	40,3	52,1	52,2	55,3

Uitlaatmanifold (bron 7)

Begin leiding (vanaf skid) [m] : 71,5

	Octaafbandmiddenfrequentie [Hz]									Totaal
	31,5	63	125	250	500	1k	2k	4k	8k	
[1] Geluidsniveau op 5 centimeter van leiding	27,1	37,5	40,2	46,5	53,6	60,3	70,7	82,5	82,7	85,7
[2] Empirisch vastgestelde correctie tov geluidniveau klep	10	10	10	10	10	10	10	10	10	
[3] Correctie tgv afstand tot regelklep	-17,9	-17,9	-17,9	-17,9	-17,9	-17,9	-17,9	-17,9	-17,9	
[4] Geluidsniveau op 5 centimeter van leiding [1+2+3]	19,3	29,6	32,3	38,6	45,7	52,4	62,9	74,6	74,8	77,9
Diameter leiding [m]	0,32									
Meetvlak diameter [m]	0,42									
Lengte leiding [m]	12,4									
S meetvlak [m2]	16,5									
S referentievlak [m2]	12,6									
Q	0,764									
Afname in dB per meter	0,25									
Verschil begin /einde in dB	3,10									
[5] Afname geluid in dB	-1,4	-1,4	-1,4	-1,4	-1,4	-1,4	-1,4	-1,4	-1,4	
[6] Nabijheidsveldcorectie;) L_F	-1,8	-1,8	-1,8	-1,8	-1,8	-1,8	-1,8	-1,8	-1,8	
[7] Oppervlaktecorrectie; 10 log S_m	12,2	12,2	12,2	12,2	12,2	12,2	12,2	12,2	12,2	
Geluidsvermogen leiding [4+5+6+7]	**28,2**	**38,5**	**41,2**	**47,5**	**54,6**	**61,3**	**71,8**	**83,5**	**83,7**	**86,8**
Geluidsvermogen/meter	17,2	27,6	30,3	36,6	43,7	50,4	60,8	72,6	72,8	75,9

PSV-leiding (bron 8)

Begin leiding (vanaf skid) [m] : **50,0**

	Octaafbandmiddenfrequentie [Hz]									Totaal
	31,5	63	125	250	500	1k	2k	4k	8k	
[1] Geluidsniveau op 5 centimeter van leiding	27,1	37,5	40,2	46,5	53,6	60,3	70,7	82,5	82,7	85,7
[2] Empirisch vastgestelde correctie tov geluidniveau klep	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
[3] Correctie tgv afstand tot regelklep	-12,5	-12,5	-12,5	-12,5	-12,5	-12,5	-12,5	-12,5	-12,5	
[4] Geluidsniveau op 5 centimeter van leiding [1+2+3]	14,6	25,0	27,7	34,0	41,1	47,8	58,2	70,0	70,2	73,2
Diameter leiding [m]	0,20									
Meetvlak diameter [m]	0,30									
Lengte leiding [m]	20,0									
S meetvlak [m2]	18,8									
S referentievlak [m2]	12,6									
Q	0,667									
Afname in dB per meter	0,25									
Verschil begin /einde in dB	5,00									
[5] Afname geluid in dB	-2,2	-2,2	-2,2	-2,2	-2,2	-2,2	-2,2	-2,2	-2,2	
[6] Nabijheidsveldcorectie;) L_F	-1,3	-1,3	-1,3	-1,3	-1,3	-1,3	-1,3	-1,3	-1,3	
[7] Oppervlaktecorrectie; 10 log S_m	12,8	12,8	12,8	12,8	12,8	12,8	12,8	12,8	12,8	
Geluidsvermogen leiding [4+5+6+7]	**23,8**	**34,2**	**36,9**	**43,2**	**50,3**	**57,0**	**67,4**	**79,2**	**79,4**	**82,4**
Geluidsvermogen/meter	10,8	21,2	23,9	30,2	37,3	44,0	54,4	66,2	66,4	69,4

Effect isolatie	31,5	63	125	250	500	1k	2k	4k	8k
Leidingisolatie conform Shell DEP 31.46.00.31-Gen./ISO 15665 Class A1	-10	-7	-4	-4	2	9	16	22	29
Leidingisolatie conform Shell DEP 31.46.00.31-Gen./ISO 15665 Class B1	-15	-12	-9	-3	3	11	19	27	35
Leidingisolatie conform Shell DEP 31.46.00.31-Gen./ISO 15665 Class C1	-11	-8	-5	-1	11	23	34	38	42

% niet geïsoleerd oppervlak	5,0								
Beperking geluidsisolatie a.g.v. % niet geïsoleerd oppervlak	13,0	13,0	13,0	13,0	13,0	13,0	13,0	13,0	13,0
Effect geluidsisolatie [2]									
Leidingisolatie conform Shell DEP 31.46.00.31-Gen./ISO 15665 Class A1	-10,0	-7,0	-4,0	-4,0	2,0	9,0	13,0	13,0	13,0
Leidingisolatie conform Shell DEP 31.46.00.31-Gen./ISO 15665 Class B1	-15,0	-12,0	-9,0	-3,0	3,0	11,0	13,0	13,0	13,0
Leidingisolatie conform Shell DEP 31.46.00.31-Gen./ISO 15665 Class C1	-11,0	-8,0	-5,0	-1,0	11,0	13,0	13,0	13,0	13,0
Effect isoleren leiding tussen PVC en ROV	0,0	0,0	0,0	3,9	3,4	1,2	1,3	4,0	4,0
Effect totaal isoleren leidingen op skid	0,0	0,0	0,0	3,9	5,0	7,0	9,0	10,0	10,0
Geen isolatie	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Rapport: Lijst van model eigenschappen
Model: TRN-201

Model eigenschap	
Omschrijving	TRN-201
Verantwoordelijke	J.H. Vrijs
Rekenmethode	IL
Aangemaakt door	J.H. Vrijs op 6-10-2015
Laatst ingezien door	J.H. Vrijs op 4-5-2018
Model aangemaakt met	Geomilieu V2.62
Dagperiode	07:00 - 19:00
Avondperiode	19:00 - 23:00
Nachtperiode	23:00 - 07:00
Samengestelde periode	Etmaalwaarde
Waarde	Max(Dag, Avond + 5, Nacht + 10)
Standaard maaiveldhoogte	0
Rekenhoogte contouren	5
Detailniveau toetspunt resultaten	Bronresultaten
Detailniveau resultaten grids	Groepsresultaten
Meteorologische correctie	Toepassen standaard, 5,0
Standaard bodemfactor	1,0
Absorptiestandaarden	HMRI-II.8
Dynamische foutmarge	--
Clusteren gebouwen	Ja
Verwijderen binnenwanden	Ja

Model: TRN-201
Nam-locatie Ternaard-200 - Ternaard vergunningaanvraag 2018
Groep: (hoofdgroep)
Lijst van Lijnbronnen, voor rekenmethode Industrielawaai - IL

Naam	Omschr.	Groep	X-1	Y-1	X-n	Y-n	Max.afst.	Aant.puntbr
4	Leiding deel 1; stroomafwaarts productie unit		195092,51	600447,35	195093,60	600426,37	5,00	1
5	Leiding deel 2; stroomafwaarts productie unit		195093,55	600426,32	195068,91	600429,26	5,00	1
6	Leiding deel 3; stroomafwaarts productie unit		195068,96	600429,22	195051,96	600431,39	5,00	1
7	Uitlaatmanifold		195052,00	600431,52	195050,74	600433,06	5,00	1

Model: TRN-201
Nam-locatie Ternaard-200 - Ternaard vergunningaanvraag 2018
Groep: (hoofdgroep)
Lijst van Lijnbronnen, voor rekenmethode Industrielawaai - IL

Naam	Hdef.	M-1	M-n	H-1	H-n	GeenRefl.	GeenDemping	GeenProces	Lwr 31	Lwr 63	Lwr 125	Lwr 250	Lwr 500	Lwr 1k
4	Relatief	0,00	0,00	1,00	1,00	Nee	Nee	Nee	47,90	55,20	54,90	57,20	52,30	57,00
5	Relatief	0,00	0,00	1,00	1,00	Nee	Nee	Nee	40,10	47,40	47,10	49,40	44,50	49,20
6	Relatief	0,00	0,00	1,00	1,00	Nee	Nee	Nee	33,00	40,30	40,00	42,30	37,40	42,10
7	Relatief	0,00	0,00	1,00	1,00	Nee	Nee	Nee	28,20	38,50	41,20	47,50	54,60	61,30

Model: TRN-201
Nam-locatie Ternaard-200 - Ternaard vergunningaanvraag 2018
Groep: (hoofdgroep)
Lijst van Lijnbronnen, voor rekenmethode Industrielawaai - IL

Naam	Lwr 2k	Lwr 4k	Lwr 8k	Lwr Totaal	Lengte3D	Cb(D)	Cb(A)	Cb(N)
4	67,50	79,20	79,40	82,50	29,73	0,00	0,00	0,00
5	59,70	71,50	71,60	74,75	24,81	0,00	0,00	0,00
6	52,60	64,40	64,50	67,65	17,14	0,00	0,00	0,00
7	71,80	83,50	83,70	86,77	12,42	0,00	0,00	0,00

Model: TRN-201
Nam-locatie Ternaard-200 - Ternaard vergunningaanvraag 2018
Groep: (hoofdgroep)
Lijst van Mobiele bron, voor rekenmethode Industrielawaai - IL

Naam	Omschr.	Groep	X-1	Y-1	X-n	Y-n	Max.afst.	Aant.puntbr	Hdef.	M-1	M-n
9	Transportroute		195045,91	600478,34	195041,34	600449,88	5,00	54	Relatief	0,00	0,00

Model: TRN-201
Nam-locatie Ternaard-200 - Ternaard vergunningaanvraag 2018
Groep: (hoofdgroep)
Lijst van Mobiele bron, voor rekenmethode Industrielawaai - IL

Naam	H-1	H-n	Lwr 31	Lwr 63	Lwr 125	Lwr 250	Lwr 500	Lwr 1k	Lwr 2k	Lwr 4k	Lwr 8k	Lwr Totaal	Lengte3D
9	1,20	1,20	78,00	87,90	94,40	98,20	98,10	103,90	102,40	96,40	88,80	108,03	267,45

Model: TRN-201
Nam-locatie Ternaard-200 - Ternaard vergunningaanvraag 2018
Groep: (hoofdgroep)
Lijst van Mobiele bron, voor rekenmethode Industrielawaai - IL

Naam	Gem.snelheid	Aantal(D)	Aantal(A)	Aantal(N)	Cb(D)	Cb(A)	Cb(N)
9	10	1	--	--	43,84	--	--

Model: TRN-201
Nam-locatie Ternaard-200 - Ternaard vergunningaanvraag 2018
Groep: (hoofdgroep)
Lijst van Puntbronnen, voor rekenmethode Industrielawaai - IL

Naam	Omschr.	Groep	X	Y	Hdef.	Maaiveld	Hoogte	Type	Richt.	Hoek
1	Productie-eenheid TRN-2		195091,02	600444,90	Relatief	0,00	1,20	Normale puntbron	0,00	360,00
2	Anti corrosievloeistof injectie eenheid		195087,67	600474,32	Relatief	0,00	1,00	Normale puntbron	0,00	360,00
3	Methanol injectie eenheid		195092,57	600473,67	Relatief	0,00	1,00	Normale puntbron	0,00	360,00
8	PSV-leidingen		195063,30	600433,19	Relatief	0,00	5,00	Normale puntbron	0,00	360,00

Model: TRN-201
Nam-locatie Ternaard-200 - Ternaard vergunningaanvraag 2018
Groep: (hoofdgroep)
Lijst van Puntbronnen, voor rekenmethode Industrielawaai - IL

Naam	GeenRefl.	GeenDemping	GeenProces	Lwr 31	Lwr 63	Lwr 125	Lwr 250	Lwr 500	Lwr 1k	Lwr 2k	Lwr 4k	Lwr 8k	Lwr Totaal	Cb(D)
1	Nee	Nee	Nee	44,70	54,00	63,00	67,80	73,00	75,30	85,00	89,00	91,30	94,02	0,00
2	Nee	Nee	Nee	29,10	45,50	44,30	49,40	54,20	67,20	61,70	71,10	72,40	75,73	0,00
3	Nee	Nee	Nee	29,10	45,50	44,30	49,40	54,20	67,20	61,70	71,10	72,40	75,73	0,00
8	Nee	Nee	Nee	23,80	34,20	36,90	43,20	50,30	57,00	67,40	79,20	79,40	82,47	0,00

Model: TRN-201
Nam-locatie Ternaard-200 - Ternaard vergunningaanvraag 2018
Groep: (hoofdgroep)
Lijst van Puntbronnen, voor rekenmethode Industrielawaai - IL

Naam	Cb(A)	Cb(N)
1	0,00	0,00
2	0,00	0,00
3	0,00	0,00
8	0,00	0,00

Model: TRN-201
Nam-locatie Ternaard-200 - Ternaard vergunningaanvraag 2018
Groep: (hoofdgroep)
Lijst van Grids, voor rekenmethode Industrielawaai - IL

Naam	Omschr.	Groep	X-1	Y-1	DeltaX	DeltaY	NrKids	Hdef.	Maaiveld	Hoogte	Oppervlak
1	Raster		195576,33	600460,29	15	15	3471	Relatief	0,00	5,00	781618,68

Model: TRN-201
Nam-locatie Ternaard-200 - Ternaard vergunningaanvraag 2018
Groep: (hoofdgroep)
Lijst van Toetspunten, voor rekenmethode Industrielawaai - IL

Naam	Omschr.	Groep	X	Y	Hdef.	Maaiveld	Hoogte A	Hoogte B	Hoogte C	Gevel
N2000	Natura 2000 grens		194661,71	601216,95	Relatief	0,00	5,00	1,50	--	Ja
1	Nesserwei 11		194983,34	600084,00	Relatief	0,00	5,00	--	--	Ja
2	Nesserwei 22		195127,98	599993,25	Relatief	0,00	5,00	--	--	Ja
3	Nesserwei 13/15		195215,89	599998,92	Relatief	0,00	5,00	--	--	Ja
6	Nesserwei 9		194558,65	600107,68	Relatief	0,00	5,00	--	--	Ja
5	't Skoar 34		194491,58	600497,63	Relatief	0,00	5,00	--	--	Ja
4	't Skoar 1		194789,50	600962,45	Relatief	0,00	5,00	--	--	Ja

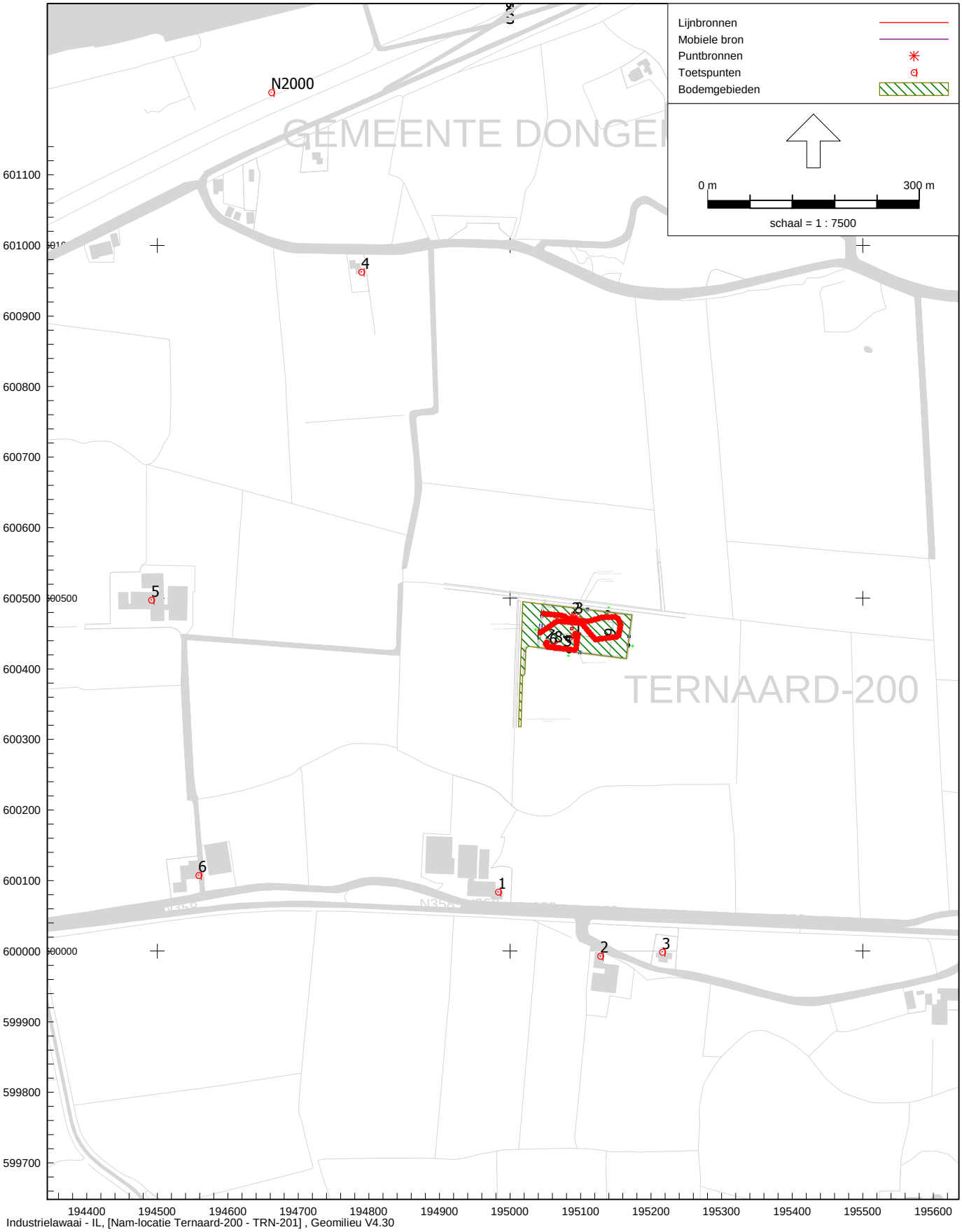
Model: TRN-201
Nam-locatie Ternaard-200 - Ternaard vergunningaanvraag 2018
Groep: (hoofdgroep)
Lijst van Bodemgebieden, voor rekenmethode Industrielawaai - IL

Naam	Omschr.	Groep	X-1	Y-1	Bf	Oppervlak
101	Locatieverharding		195012,01	600317,86	0,00	10052,26

TRN-201

4 mei 2018, 09:42

Noordelijk Akoestisch Adviesburo BV

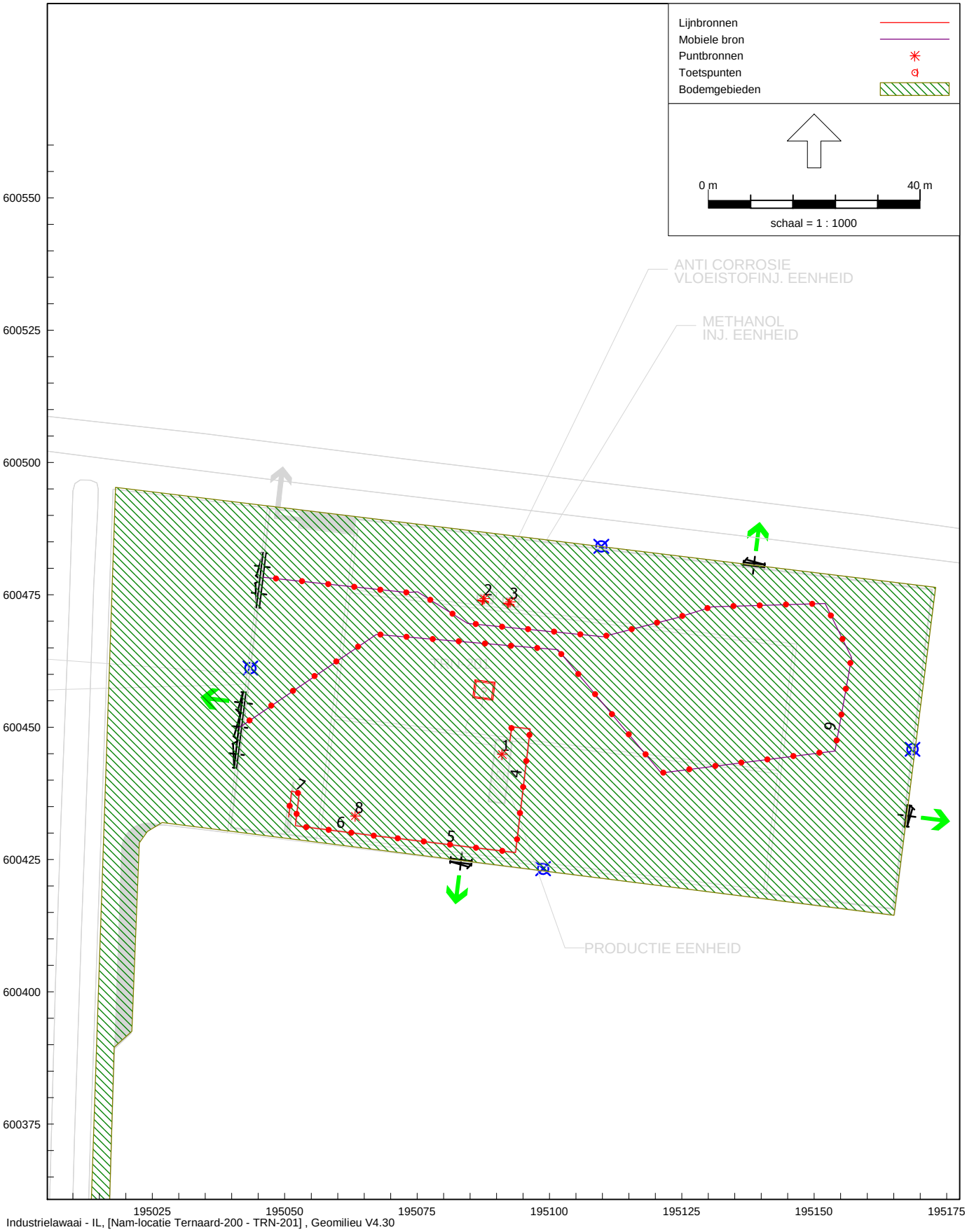


Industrielawaai - IL, [Nam-locatie Ternaard-200 - TRN-201] , Geomilieu V4.30

TRN-201

4 mei 2018, 09:42

Noordelijk Akoestisch Adviesburo BV



Industrielawaai - IL, [Nam-locatie Ternaard-200 - TRN-201] , Geomilieu V4.30

Rapport: Resultatentabel
Model: TRN-201
LAeq totaalresultaten voor toetspunten
Groep: (hoofdgroep)
Groepsreductie: Nee

Naam Toetspunt	Omschrijving	Hoogte	Dag	Avond	Nacht	Etmaal
1_A	Nesserwei 11	5,00	21,6	20,9	20,9	30,9
2_A	Nesserwei 22	5,00	19,1	18,2	18,2	28,2
3_A	Nesserwei 13/15	5,00	18,8	17,9	17,9	27,9
4_A	't Skoar 1	5,00	15,7	14,8	14,8	24,8
5_A	't Skoar 34	5,00	16,0	14,9	14,9	24,9
6_A	Nesserwei 9	5,00	15,0	13,9	13,9	23,9
N2000_A	Natura 2000 grens	5,00	10,2	8,9	8,9	18,9
N2000_B	Natura 2000 grens	1,50	9,4	8,2	8,2	18,2

Alle getoonde dB-waarden zijn A-gewogen

Rapport: Resultatentabel
Model: TRN-201
LAeq per oktaaf totaalresultaten voor toetspunten
Groep: (hoofdgroep)
Groepsreductie: Nee

Naam Toetspunt	Omschrijving	Hoogte	Etmaal Totaal	31	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
1_A	Nesserwei 11	5,00	30,9	1,2	9,5	3,6	8,1	13,6	19,0	27,0	27,8	11,4
2_A	Nesserwei 22	5,00	28,2	-0,3	8,0	1,5	6,3	11,8	17,1	24,7	24,4	4,2
3_A	Nesserwei 13/15	5,00	27,9	-0,5	7,8	1,4	6,4	11,9	16,9	24,5	24,0	3,3
4_A	't Skoar 1	5,00	24,8	-2,8	5,6	0,4	7,0	12,3	14,8	21,7	19,6	-7,6
5_A	't Skoar 34	5,00	24,9	-2,8	5,6	0,5	7,2	12,4	15,1	21,8	19,8	-7,3
6_A	Nesserwei 9	5,00	23,9	-3,1	5,2	-0,7	5,7	11,0	14,2	20,9	18,5	-9,9
N2000_A	Natura 2000 grens	5,00	18,9	-6,0	2,4	-3,5	3,2	8,2	10,4	16,4	10,6	-30,4
N2000_B	Natura 2000 grens	1,50	18,2	-5,8	2,5	-4,9	-3,1	3,0	9,6	16,2	10,4	-30,6

Alle getoonde dB-waarden zijn A-gewogen

Rapport: Resultatentabel
Model: TRN-201
LAeq per oktaaf bij Bron voor toetspunt: 1_A - Nesserwei 11
Groep: (hoofdgroep)
Groepsreductie: Nee

Naam Bron	Omschrijving	Hoogte	Etmaal Totaal	31	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
1_A	Nesserwei 11	5,00	30,9	1,2	9,5	3,6	8,1	13,6	19,0	27,0	27,8	11,4
1	Productie-eenheid TRN-2	1,20	29,7	-4,5	4,8	2,7	7,4	13,3	17,6	26,6	25,7	9,8
7	Uitlaatmanifold	1,00	21,6	-20,6	-10,3	-19,7	-15,8	-8,9	2,7	13,6	20,7	3,6
8	PSV-leidingen	5,00	17,7	-25,4	-15,0	-25,1	-14,5	-5,9	0,3	9,5	16,8	-0,4
4	Leiding deel 1; stroomafwaarts productie unit	1,00	17,5	-1,2	6,1	-5,3	-2,9	-7,5	-0,9	9,1	16,1	-1,8
9	Transportroute	1,20	13,6	-8,2	1,7	-1,8	3,8	4,3	9,9	7,2	-3,9	-30,8
2	Anti corrosievloeistof injectie eenheid	1,00	12,6	-20,6	-4,3	-15,3	-8,0	-2,7	9,8	3,0	7,2	-11,1
3	Methanol injectie eenheid	1,00	12,5	-20,6	-4,3	-15,3	-8,1	-2,7	9,8	2,9	7,2	-11,1
5	Leiding deel 2; stroomafwaarts productie unit	1,00	9,9	-8,6	-1,4	-14,1	-15,1	-20,3	-9,8	1,4	8,6	-8,6
6	Leiding deel 3; stroomafwaarts productie unit	1,00	2,9	-15,7	-8,4	-21,1	-22,1	-27,3	-16,8	-5,7	1,6	-15,5

Alle getoonde dB-waarden zijn A-gewogen

naa.nl

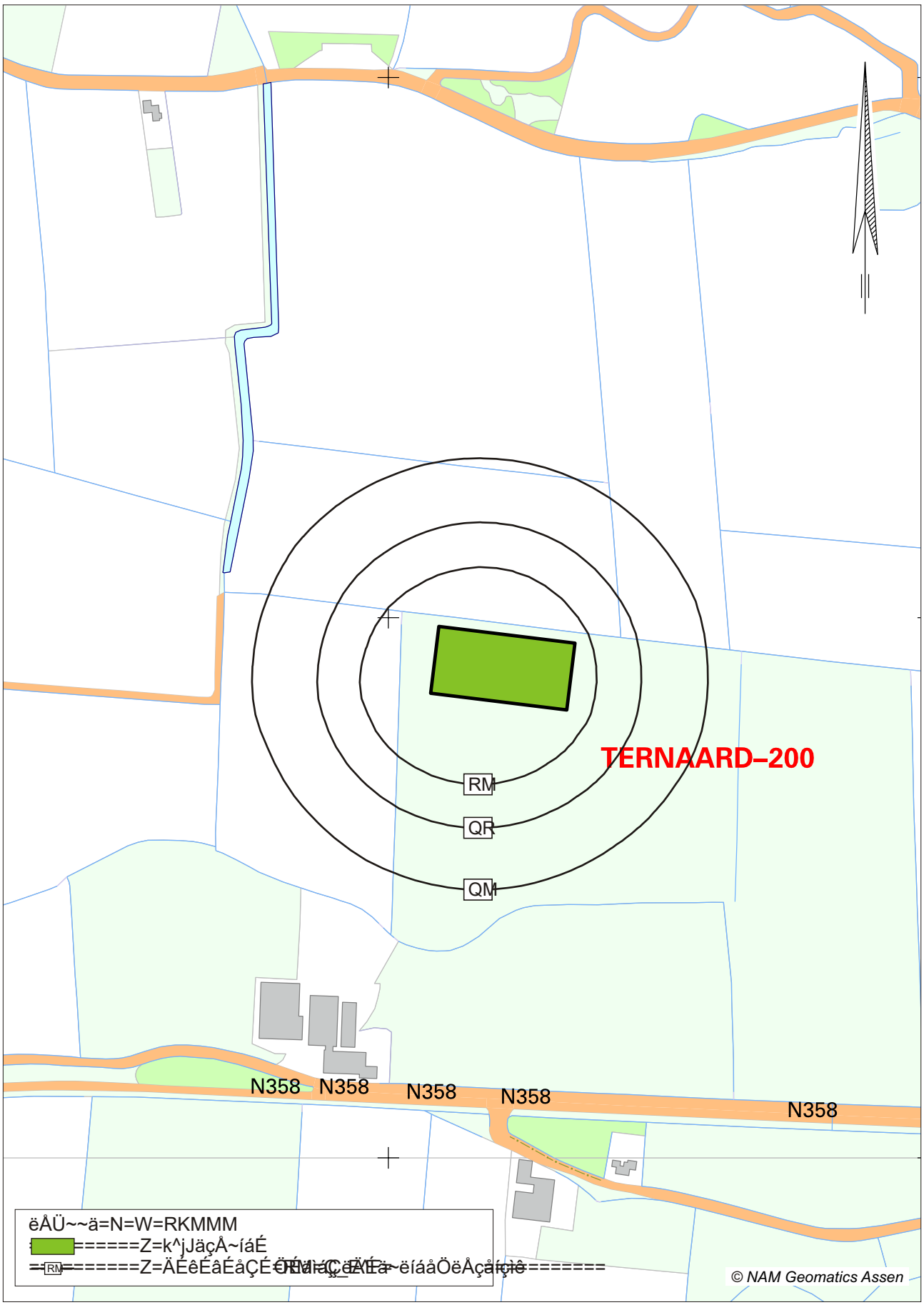
Rapport: Resultatentabel
Model: TRN-201
LAmax totaalresultaten voor toetspunten
Groep: (hoofdgroep)

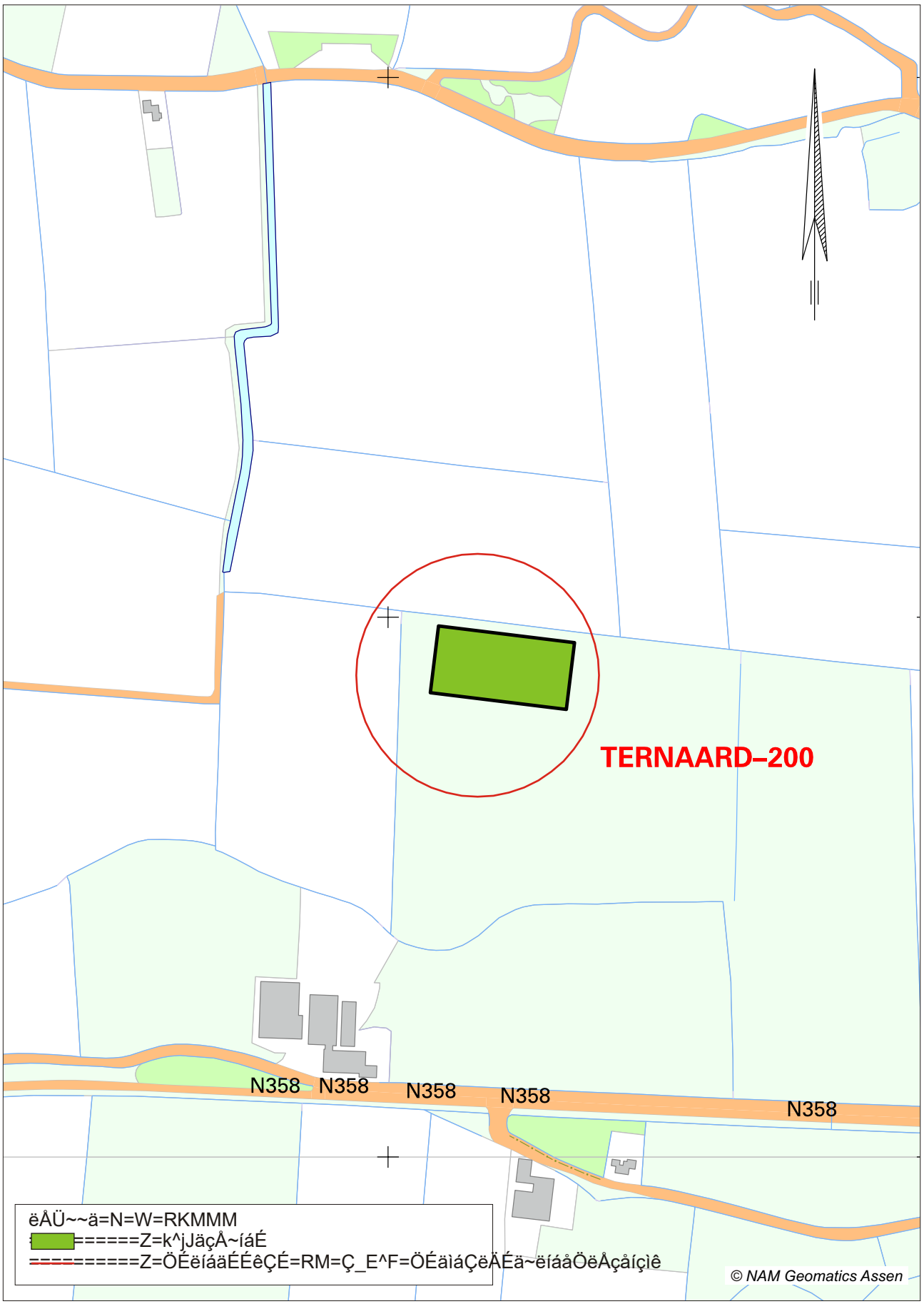
Naam Toetspunt	Omschrijving	Hoogte	Dag	Avond	Nacht
1_A	Nesserwei 11	5,00	40,5	19,7	19,7
2_A	Nesserwei 22	5,00	38,7	17,1	17,1
3_A	Nesserwei 13/15	5,00	38,8	16,8	16,8
4_A	't Skoar 1	5,00	36,5	13,8	13,8
5_A	't Skoar 34	5,00	36,5	13,9	13,9
6_A	Nesserwei 9	5,00	35,9	12,9	12,9
N2000_A	Natura 2000 grens	5,00	32,0	8,1	8,1
N2000_B	Natura 2000 grens	1,50	30,5	7,4	7,4

Alle getoonde dB-waarden zijn A-gewogen

naa.nl

BIJLAGE 10 - BEREKENDE GELUIDBELASTINGCONTOUREN




TERNAARD–200
N358
N358
N358
N358
N358
ëÅÜ~~ä=N=W=RKMMM
======Z=k^jJäçÅ~íáÉ
==========Z=ÖÉëíáäÉÉêÇÉ=RM=Ç_E^F=ÖÉäìáÇëÄÉä~ëíáåÖëÅçåíçìê
© NAM Geomatics Assen

Noordelijk Akoestisch Adviesburo B.V. te Assen

Standaard Rekenmethode I; Conform bijlage III van het Reken- en meetvoorschrift geluid 2012.

Projectgegevens

Project	:	NAM-inrichting Ternaard-200
Ontvanger	:	Contouren
Relevante weg	:	Toegangsweg naar de locatie vanaf de Nesserwei
Situatie	:	Representatieve bedrijfssituatie
Rekenjaar	:	2018

Omgevingskenmerken

Wegdektype	:	referentiewegdek			
Afstand horizontaal (d)	:	5,0 m	Afstand schuin (r)	:	5,5 m
Hoogte van de weg	:	0,0 m	Hoogte v/d ontvanger	:	1,5 m
Aftrek art. 110G Wgh	:	Nee	Objectfractie	:	0,0
Breedte van de weg	:	5,0 m	Bodemfactor	:	0,3
Geen optrekcorrectie					
Volledige zichthoek					

Verkeersgegevens (1 transport is 2 verkeersbewegingen; heen en terug)

		Dag	Avond	Nacht
Aantal werkuren binnen etmaalperiode	:	12	4	8
Aantal bewegingen personenwagens	:	10	-	2
Aantal bewegingen middelzwaar verkeer	:	-	-	-
Aantal bewegingen zwaar verkeer	:	2	-	-
	:			
Berekende aantallen	:			
Personenwagens per uur	:	0,8	-	0,3
Middelzwaar verkeer per uur	:	-	-	-
Zwaar verkeer per uur	:	0,2	-	-

Snelheid verkeer

Snelheid personenwagens (km/h)	:	50	50	50
Snelheid vrachtverkeer (km/h)	:	50	50	50

Berekende en toegepaste correcties en dempingen

$C_{obstakel}$	:	0,00 dB	$D_{afstand}$	:	7,39 dB
$C_{kruispunt}$	:	0,00 dB	D_{lucht}	:	0,05 dB
$C_{optrek\ (max\ obstakel/kruispunt)}$	:	0,00 dB	D_{bodem}	:	0,82 dB
$C_{reflectie}$	:	0,00 dB	D_{meteo}	:	0,33 dB
$C_{zichthoek}$	:	0,00 dB	D_{totaal}	:	8,58 dB
C_{totaal}	:	0,00 dB	Aftrek art. 110G Wgh	:	0 dB
			Aftrek art. 3.5 RMG	:	0 dB

Berekende geluidsniveaus op 5,0 meter van het midden van de weg

Exclusief aftrek art. 110G Wgh

L_{dag}	:	42,0 dB(A)
L_{avond}	:	- dB(A)
L_{nacht}	:	32,3 dB(A)
L_{Etmaal}	:	42,3 dB(A)

NAM – T-700 boorinstallatie

Noise Footprint

Opdrachtgever
Nederlandse Aardolie Maatschappij BV
Contactpersoon
de heer H.G. Schelfer
Kenmerk
R088009aa.00001.tk
Versie
03_001
Datum
28 februari 2015
Auteur
ir. A.J. (Ton) Kerkers

Kelvinbaan 40, 3439 MT Nieuwegein | Postbus 1475, 3430 BL Nieuwegein | T (030) 231 13 77
F (030) 234 17 54 | E info@lbpsight.nl | Bank 3642.36.558 | KvK 30073990 | BTW NL007093159B01

LBP|SIGHT

Inhoudsopgave

1 Inleiding en samenvatting 3

2 Geluidemissie van de NAM T-700 boorinstallatie 4

2.1 Putboringen T-700 4

2.2 Beoordeling van het beoordelingsniveau L_{nacht} 5

3 Conclusie 6

Bijlagen

Bijlage I Besluit algemene regels milieu mijnbouw (3 april 2008)

Bijlage II Resultaten van de geluidmonitor (geen Sound Wall)

Bijlage III Resultaten geluidmonitor locaties met Sound Wall

1 Inleiding en samenvatting

Sinds 2012 is de KCA Deutag T-700 boorinstallatie in bedrijf voor de NAM. De geluidemissie van deze boorinstallatie ("Rig") is door middel van langdurige geluidmonitoring in kaart gebracht, en zal hier gepresenteerd worden in de vorm van een "*Noise Footprint*". We definiëren de Noise Footprint als zijnde de afstand van het hart van de boortoren tot aan de contour van gelijk langtijdgemiddeld beoordelingsniveau tijdens de nachtperiode, ofwel het L_{nacht} , van 50 dB(A). Deze grenswaarde is afkomstig uit het Besluit algemene regels milieu mijnbouw (het "Barmm"), zie bijlage I.

Geluidmetingen en -monitoring hebben sinds 2012 plaatsgevonden aan putboringen te:

- Moddergat: 2012: put MGT-3, inclusief het reducerende effect van een Sound Wall;
- Norg: 2012: put NOR-416, inclusief Sound Wall;
- Spijkenisse: 2012: workover put SPKO-1; inclusief Sound Wall;
- Bedum: 2013: put BDM-5;
- Borgsweer: 2013: put BRW-5;
- Blijham: 2013: put BHM-7;
- Anjum: 2013/2014: (één putboring in twee fases);
- Norg: 2014: putten NOR-41 en NOR-43;
- Engwierum: 2014: put EWM-3;
- Krabburen: 2014: put KBB-5;
- Coevorden: 2015: put COV-59.

Dit rapport geeft de resultaten van de geluidmonitoring tijdens deze putboringen, resulterende in een generiek toepasbare, maximale Noise Footprint van de NAM T-700.

Uit de metingen blijkt dat de NAM T-700 een Noise Footprint van **300 m** heeft. Indien op toekomstige boorlocaties deze afstand tot nabijgelegen woningen aangehouden wordt, zal daarmee voldaan worden aan de geluideisen uit het "Barmm".

Bij toepassing van een Sound Wall met een hoogte van 10 m zal in deze richting de afstand tot de 50 dB(A) contour **270 m** bedragen.

2 Geluidemissie van de NAM T-700 boorinstallatie

Bijlagen II en III geven de resultaten van de geluidmonitoring tijdens putboringen.
In paragraaf 2.2 wordt de maatgevende beoordelingsgrootheid L_{nacht} bepaald conform het Barmm.

2.1 Putboringen T-700

Sinds 2012 is het geluid van de KCA Deutag T-700 boorinstallatie volcontinu gemonitord tijdens de volgende putboringen (geen Sound Wall, of de geluidreductie vanwege de Sound Wall niet meegemeten):

- Bedum: put BDM-5; geluidmetingen van 25-02-2013 t/m 25-04-2013;
- Borgsweer: put BRW-5; geluidmetingen van 29-04-2013 t/m 05-07-2013;
- Blijham: put BHM-7; geluidmetingen van 11-07-2013 t/m 03-12-2013;
- Anjum: put ANJ-6; geluidmetingen van 09-12-2013 t/m 09-01-2014;
  put ANJ-6 vervolg; geluidmetingen van 01-10-2014 t/m 24-12-2014;
- Norg: putten NOR-41/43; geluidmetingen van 09-01-2014 t/m 03-06-2014;
- Engwierum: put EWM-3; geluidmetingen van 03-06-2014 t/m 15-07-2014;
- Krabburen: put KBB-5; geluidmetingen van 21-07-2014 t/m 30-09-2014;
- Coevorden: put COV-59; geluidmetingen van 30-12-2014 t/m heden;

Bij de volgende activiteiten is de geluidreductie vanwege een Sound Wall met 10 m hoogte in de resultaten meegenomen:

- Moddergat: put MGT-3 (+ SW); geluidmetingen van 17-02-2012 t/m 07-06-2012;
- Norg: put NOR-416 (+ SW); geluidmetingen van 11-06-2012 t/m 06-09-2012;
- Spijkenisse: Workover put SPKO-1 (+SW); geluidmetingen van 14-09-2012 t/m 21-11-2012;

In bijlagen II en III wordt per locatie een situatieschets gepresenteerd, evenals de meest relevante meetresultaten

Op elke put zijn geluidmetingen verricht met drie microfoons op verschillende afstanden en richtingen t.o.v. de boorinstallatie. Het op elke microfoon gemeten geluidniveau wordt geëxtrapoleerd naar een gestandaardiseerde afstand van 300 m, waaruit voor elke seconde één geluidniveau afgeleid wordt. Deze waarde is met de toepassing van het meerkanaals geluidmeetsysteem dan zo goed als mogelijk geschoond van eventueel opgetreden stoorgeluiden welke niet afkomstig zijn van de boorinstallatie zelf, en is daarmee geschikt voor een nauwkeurige beoordeling van het daadwerkelijk opgetreden geluidniveau.

2.2 Beoordeling van het beoordelingsniveau L_{nacht}

Om de geluidvoorschriften uit het Barmm te kunnen toetsen, dient er gekeken te worden naar de dag-, avond- en nachtperiodes met de hoogste tijdgemiddelde geluidemissie. Om de geluidemissie tijdens de verschillende putboringen onderling te kunnen vergelijken, kan het beste gekeken worden naar de gemiddelde waardes per dag-, avond- en nachtperiode bepaald over de totale meettijd. Maatgevend voor de beoordeling is echter de nachtperiode, aangezien de van toepassing zijnde norm voor de avond- en nachtperiode 5 dB respectievelijk 10 dB ruimer is. Vervolgens dient de nagenoeg “meest ongunstige” nacht genomen te worden (welke de zogenaamde “representatieve bedrijfssituatie” vertegenwoordigd), waartoe de “13e ergste nacht van het jaar” of “de meest lawaaiige nacht van elke maand” genomen kan worden. Bij de hier verrichte geluidmonitoring nemen we daartoe de 2e / 3e / 4e / etc meest lawaaiige nacht indien de activiteiten gedurende één / twee / drie / etc maanden hebben plaatsgevonden,

Tabel 2.1 geeft een overzicht van de per boorlocatie gemeten waarden voor die locaties waarbij er geen Sound Wall geplaatst was, of waarbij het geluidreducerende effect van de Sound Wall niet meegenomen is.
Tabel 2.2 geeft het overzicht van de gemeten waarden voor de locaties inclusief de Sound Wall.

Tabel 2.1
Overzicht van de geluidimmissie op 300 m vanwege diverse putboringen met de T-700 *zonder* Sound Wall

Locatie	Put	Overall Continuous Sound at 300 m: Day	Evening	Night	Permit Night
Bedum	BDM-5	44	44	44	47 dB(A)
Borgsweer	BRW-5	44	43	43	48 dB(A)
Blijham	BHM-7	44	43	43	48 dB(A)
Anjum	ANJ-6	45	44	43	48 dB(A)
Norg	NOR-41/43	45	42	42	48 dB(A)
Engwierum	EWM-3	45	44	43	47 dB(A)
Krabburen	KBB-5	46	45	44	50 dB(A)
Coevorden	COV-59	44	43	43	50 dB(A)

Tabel 2.2
Overzicht van de geluidimmissie op 300 m vanwege diverse putboringen met de T-700 *inclusief* het gemeten geluidreducerende effect vanwege de Sound Wall

Locatie	Put	Overall Continuous Sound at 300 m: Day	Evening	Night	Permit Night
Moddergat	MGT-3	40	39	39	46 dB(A)
Norg	NOR-416	41	40	40	47 dB(A)
Spijkenisse (Workover)	SPKO-1	36	35	34	39 dB(A)

3 Conclusie

Het “Besluit algemene maatregelen milieu mijnbouw” (het “Barmm”) geeft aan dat de nachtelijke grenswaarde ter plaatse van nabijgelegen woningen maximaal 50 dB(A) mag bedragen. De volcontinue geluidmonitoring aan de T-700 boorinstallatie gedurende meerdere putboringen laat zien dat op 300 m afstand het maatgevende L_{nacht} ca. 47 tot 50 dB(A) bedraagt, met een gemiddelde van 48,5 dB(A). Uitgaande van een veiligheidsmarge (een “lawaaiige” putboring t.o.v. een “gemiddelde” boring) van 1 dB, dan bedraagt de afstand tot de 50 dB(A) contour ca. 285 m. Aangezien de laatste putboringen de hoogste geluidemissie laten zien, zullen we deze gemeten waarde van 50 dB(A) hanteren bij het vaststellen van de Noise Footprint.

De “Noise Footprint” van de NAM T-700 bedraagt **300 m**.
Indien op toekomstige boorlocaties deze afstand tot nabijgelegen woningen aangehouden wordt, zal aan de geluideisen uit het “Barmm” worden voldaan.

Met de toepassing van een 10 m hoge Sound Wall zal de geluidemissie in zeer beperkte mate (vanwege de sterk bepalende bijdrage van de hoog gesitueerde topdrive, welke niet afgeschermd wordt met de Sound Wall) gereduceerd worden tot L_{nacht} = 46 - 47 dB(A), gemiddeld 46,6 dB(A). Uitgaande van een veiligheidsmarge (een “lawaaiige” putboring t.o.v. een “gemiddelde” boring) van 1 dB, en rekening houdende met de tijdens de laatst verrichte boringen grotere bijdrage van de topdrive, dan zal de afstand tot de 50 dB(A) contour bij toepassing van de Sound Wall ca. 270 m bedragen.

De “Noise Footprint” van de NAM T-700 bedraagt bij toepassing van de Sound Wall **270 m**.

Informatie:
Alle meetresultaten kunnen nader bekeken worden op de monitoring-website:
http://T700.geluidbeheer.nl .

LBP|SIGHT BV

ir. A.J. (Ton) Kerkers

Bijlage I

Besluit algemene regels milieu mijnbouw (3 april 2008)

Besluit algemene regels milieu mijnbouw (3 april 2008)

Voor werkzaamheden met mobiele installaties op land gelden zijn volgende artikelen inzake geluid van toepassing (Hoofdstuk 3).

§ 2. Geluid

Artikel 18
In deze paragraaf wordt verstaan onder:
a. langtijdgemiddeld beoordelingsniveau: ($L_{Ar, LT}$) het gemiddelde van de afwisselende niveaus van het ter plaatse optredende geluid, gemeten in een bepaalde periode en vastgesteld en beoordeeld overeenkomstig de Handleiding meten en rekenen industrielawaai;
b. maximaal geluidsniveau: (L_{Amax}) maximaal geluidsniveau, gemeten in de meterstand «F» of «fast», als vastgesteld en beoordeeld overeenkomstig de Handleiding meten en rekenen industrielawaai;
c. geluidsniveau: geluidsniveau in dB(A) als bedoeld in artikel 1 van de Wet geluidhinder.

Artikel 19
Voor het langtijdgemiddeld beoordelingsniveau ($L_{Ar,LT}$) en het maximaal geluidsniveau (L_{Amax}), veroorzaakt door de mobiele installatie en de in verband met de mobiele installatie verrichte werkzaamheden en activiteiten geldt:

a. de niveaus op de in de tabel I genoemde plaatsen en tijdstippen bedragen niet meer dan de in die tabel aangegeven waarden:
Tabel I

	07–19 uur	19–23 uur	23–07 uur
$L_{Ar,LT}$, op een afstand van 300 meter vanaf de mobiele installatie	60 dB(A)	55 dB(A)	50 dB(A)
$L_{Ar,LT}$ in geluidsgevoelige gebouwen op een afstand van 300 meter of minder vanaf de mobiele installaties	40 dB(A)	35 dB(A)	30 dB(A)
L_{Amax} op een afstand van 300 meter vanaf de mobiele installatie	70 dB(A)	65 dB(A)	60 dB(A)

b. de in tabel I opgenomen maximale geluidsniveaus (L_{Amax}) zijn niet van toepassing op het laden en lossen, transportbewegingen, pipehandling en het verbranden van (aard)gas in de open lucht;
c. de activiteiten, genoemd onder b, vinden plaats tussen 07:00 en 19:00 uur, tenzij dit redelijkerwijs niet mogelijk is;
d. de in de tabel aangegeven waarden in geluidsgevoelige gebouwen gelden alleen indien de gebruiker ervan toestemming geeft voor het in redelijkheid uitvoeren of doen uitvoeren van geluidmetingen;
e. als er een geluidsgevoelig gebouw aanwezig is binnen 300 meter vanaf het hart van de boorinstallatie, monitort en registreert de uitvoerder het geluid continu. De monitoring geschiedt zodanig dat een goede indicatie wordt verkregen van het equivalent geluidsniveau op de gevel van de meest met geluid belaste woning;

f. als er een geluidsgevoelig gebouw aanwezig is binnen 300 meter vanaf het hart van de boorinstallatie wordt voorafgaand aan de boring in een rapport van een akoestisch onderzoek op grond van verrichte geluidsmetingen of geluidsberekeningen aangetoond dat aan de geluidniveaus uit tabel I, dan wel volgens een maatwerkvoorschrift als bedoeld in artikel 20, kan worden voldaan. In het rapport wordt aangegeven welke voorzieningen worden getroffen om te voorkomen dat de geldende geluidniveaus worden overschreden. Het akoestisch onderzoek wordt uitgevoerd overeenkomstig de Handleiding meten en rekenen met industrielawaai. De resultaten van dit akoestische onderzoek worden uiterlijk vier weken voorafgaand aan de boring bij de inspecteur-generaal der mijnen ingediend.

Artikel 20

1. Onze Minister kan bij maatwerkvoorschrift waarden stellen die hoger zijn dan de waarden die zijn vermeld in Tabel I, indien de waarden in Tabel I naar het oordeel van Onze Minister op basis van de best beschikbare techniek niet haalbaar zijn.

2. Onze Minister kan bij maatwerkvoorschrift waarden stellen die lager zijn dan de waarden die vermeld zijn in Tabel I, indien naar het oordeel van Onze Minister lagere waarden uit een oogpunt van bescherming van het milieu noodzakelijk zijn voor zover die op basis van de best beschikbare techniek technisch haalbaar zijn.

3. Van een beschikking als bedoeld in het eerste en tweede lid wordt kennis gegeven in de Staatscourant en in een of meer dag-, nieuws- of huis-aan huis-bladen.

4. Indien een maatwerkvoorschrift als bedoeld in het eerste lid waarden tot gevolg heeft die aanzienlijke gevolgen voor het milieu kunnen hebben, is op de voorbereiding van het maatwerkvoorschrift afdeling 3.4 van de Algemene wet bestuursrecht van toepassing.

Artikel 21

1. Voor de etmaalwaarde van de verkeersbewegingen van en naar de mobiele installatie geldt een streefwaarde van 50 dB(A).

2. Bij ministeriele regeling worden regels gegeven betreffende de beoordeling van etmaalwaarden van de verkeersbewegingen.

Bijlage II

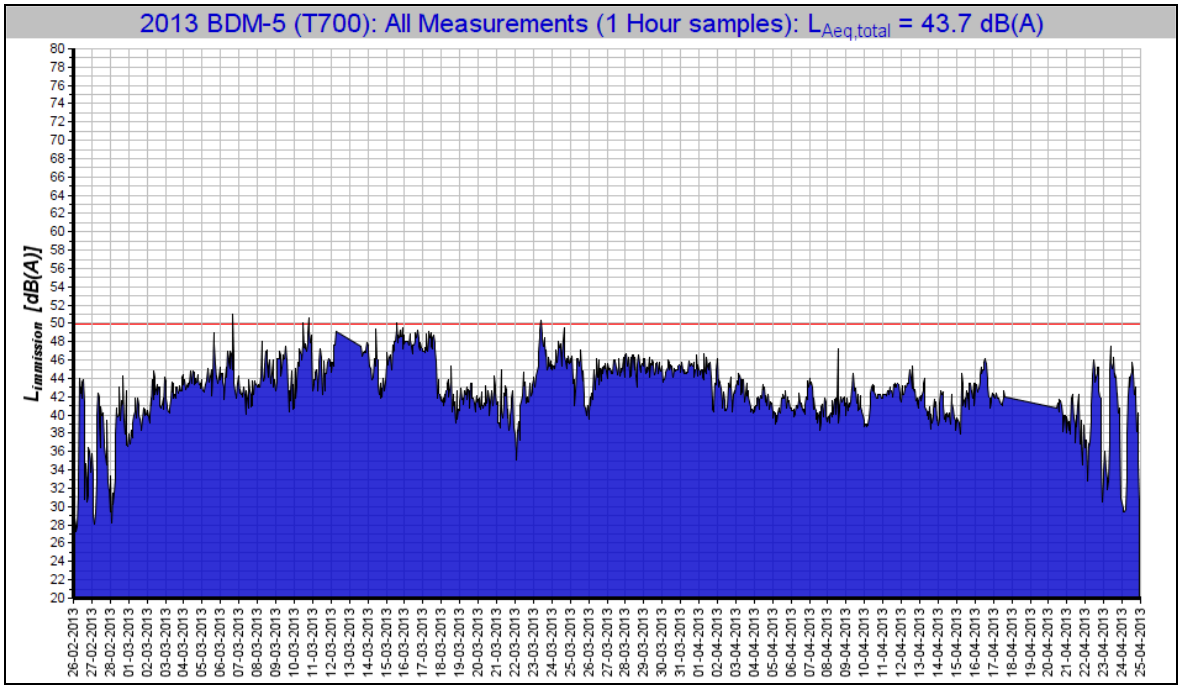
Resultaten van de geluidmonitor (geen Sound Wall)

Resultaten van de geluidmonitor (geen Sound Wall)

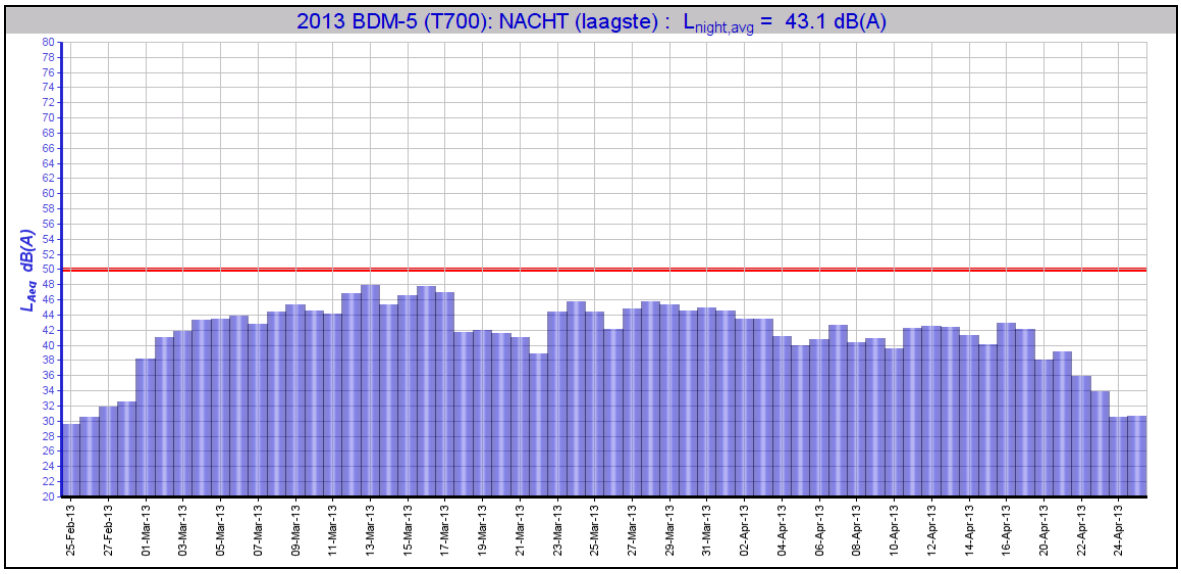
Bedum BDM-5

Figuur II.1 geeft een situatieschets met de locaties van de microfoons.
Figuur II.2 geeft de resultaten van alle één-uur-gemiddelde geluiddrukniveaus;
Figuur II.3 geeft de resultaten van alle L_{nacht} waarden, welke bepalend zijn voor de beoordeling.

Figuur II.1
Boorlocatie BDM-5



Figuur II.2

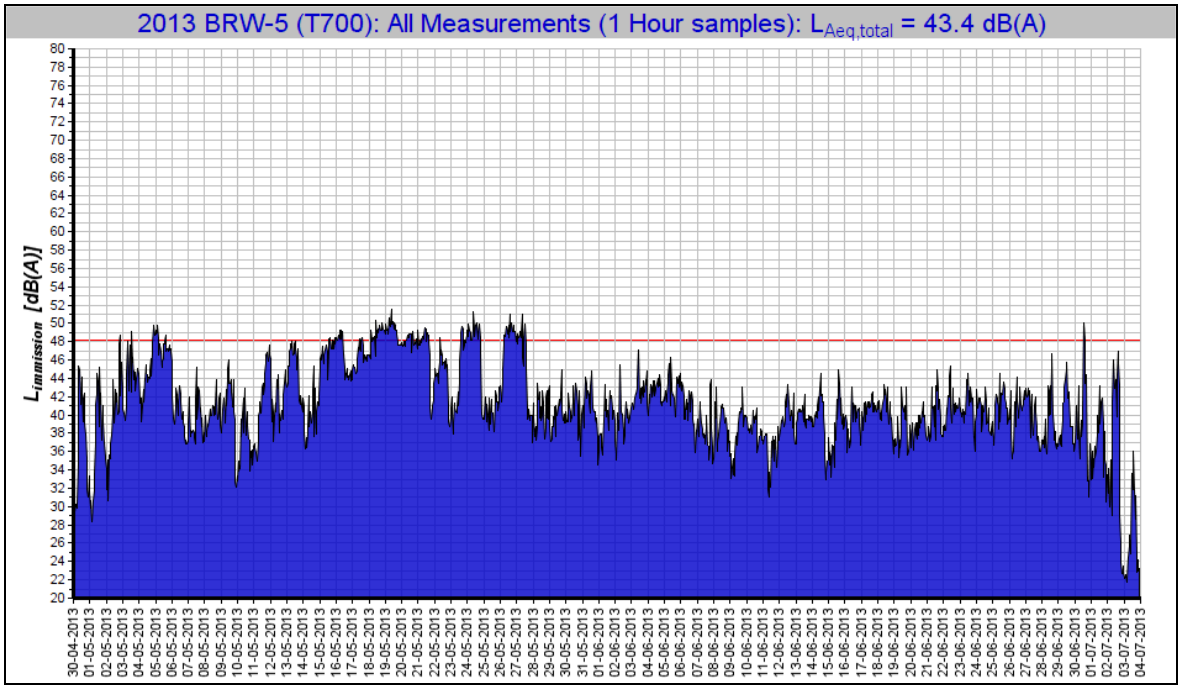


Figuur II.3

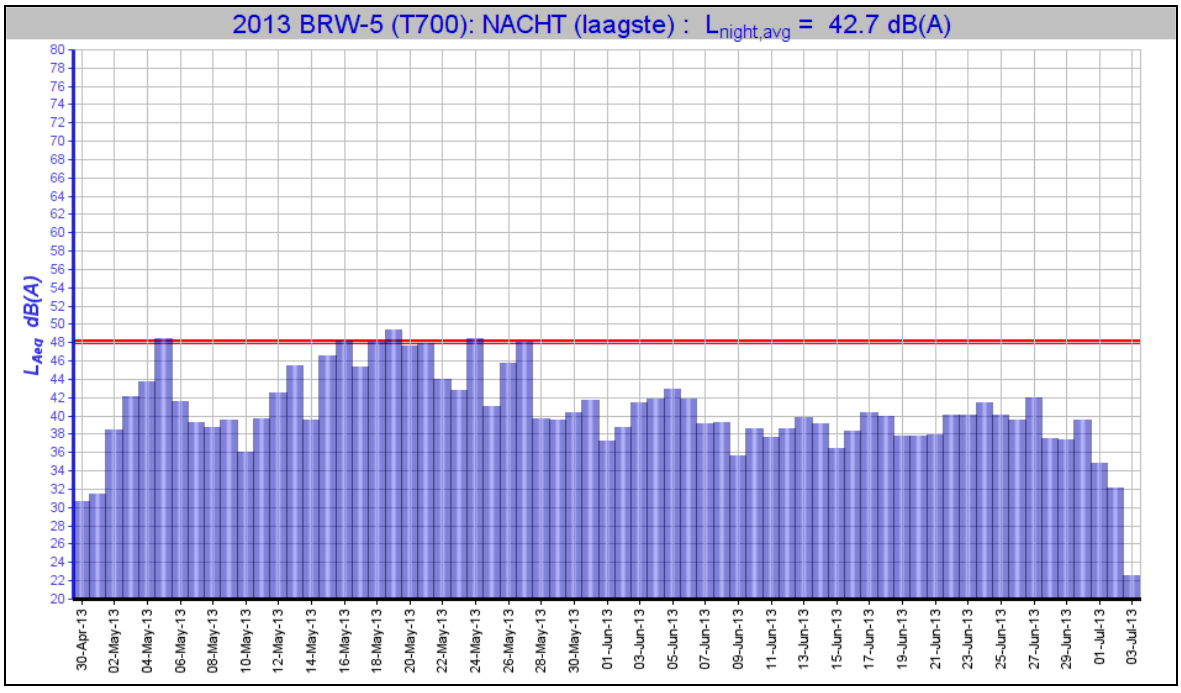
Borgsweer BRW-5

Figuur II.4 geeft een situatieschets met de locaties van de microfoons. Het geluidreducerende effect van het geluidscherm ten noorden van de boorlocatie is *niet* meegenomen in de meetresultaten.
Figuur II.5 geeft de resultaten van alle één-uur-gemiddelde geluiddrukniveaus;
Figuur II.6 geeft de resultaten van alle L_{nacht} waarden, welke bepalend zijn voor de beoordeling.

Figuur II.4
Boorlocatie BRW-5



Figuur II.5

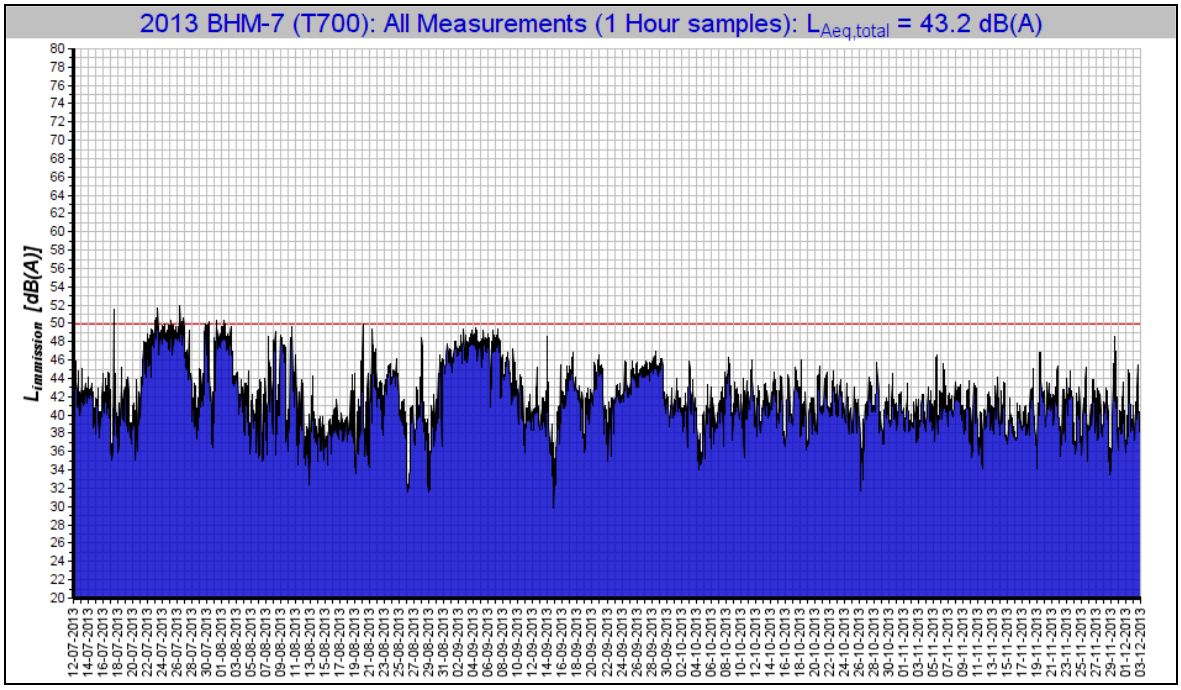


Figuur II.6

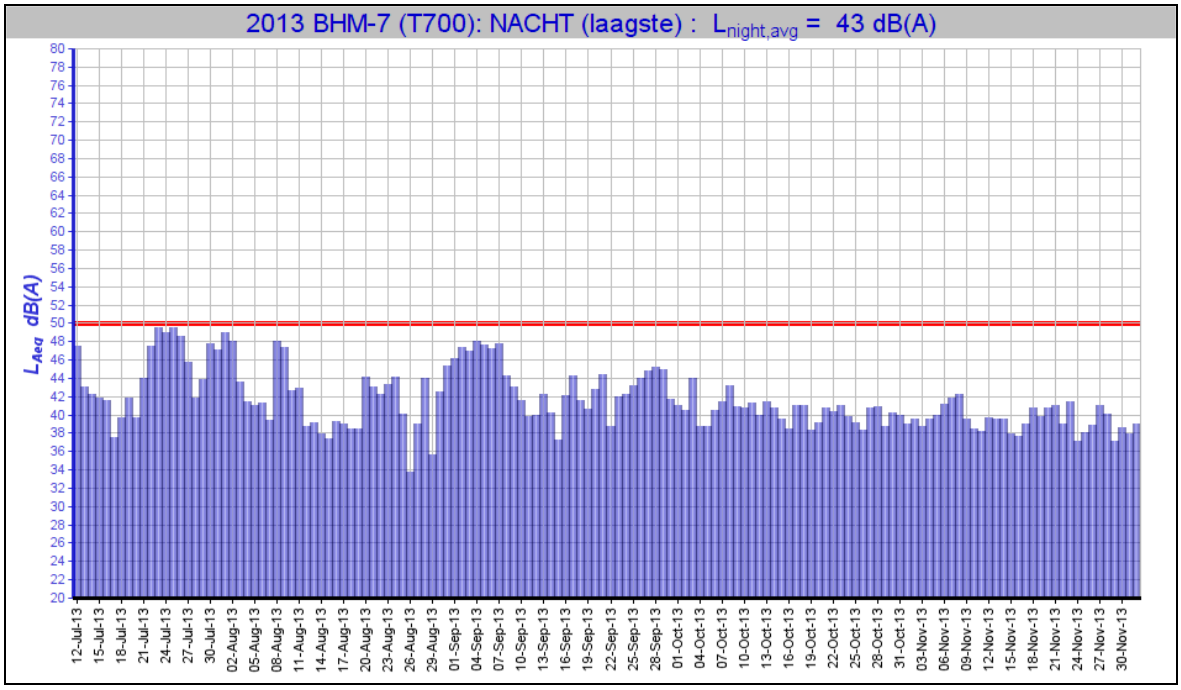
Blijham BHM-7

Figuur II.7 geeft een situatieschets met de locaties van de microfoons.
Figuur II.8 geeft de resultaten van alle één-uur-gemiddelde geluiddrukniveaus;
Figuur II.9 geeft de resultaten van alle L_{nacht} waarden, welke bepalend zijn voor de beoordeling.

Figuur II.7
Boorlocatie BHM-7



Figuur II.8



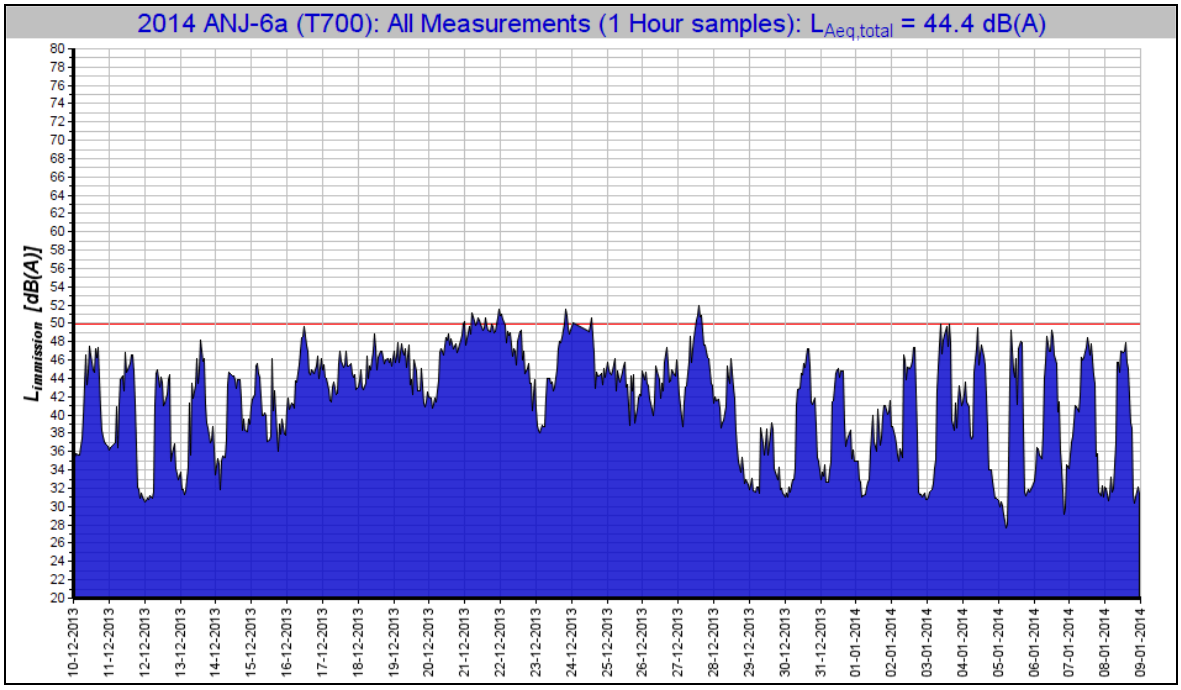
Figuur II.9

Anjum ANJ-6

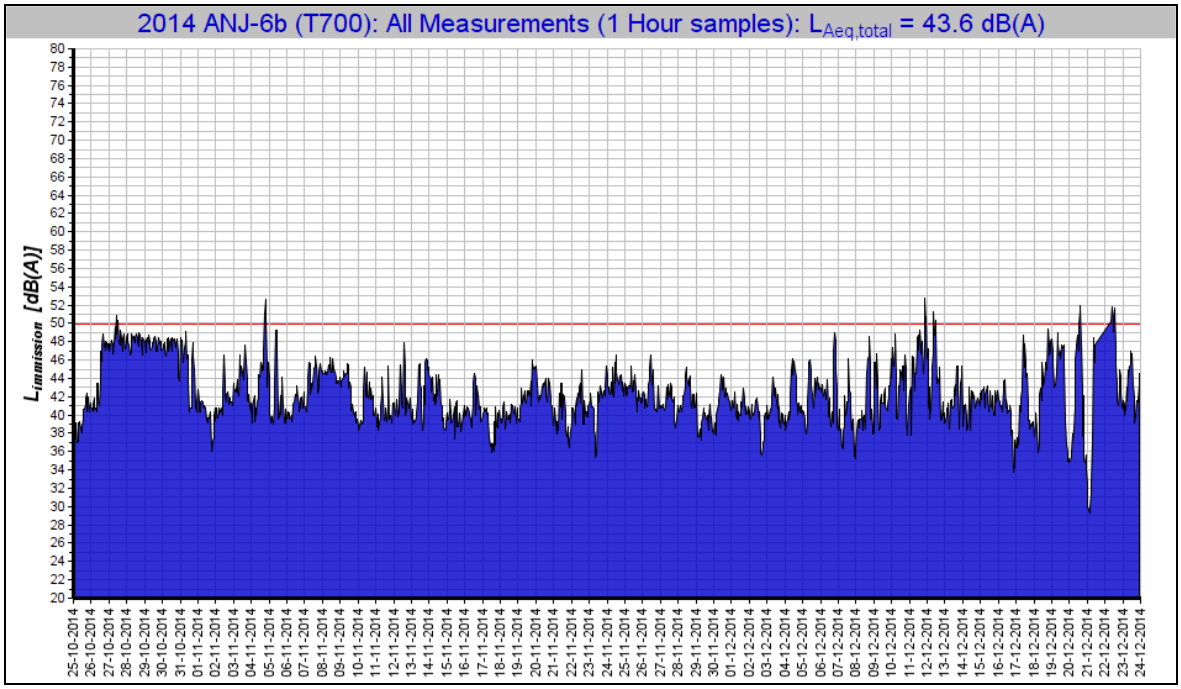
In de periode van 09-12-2013 t/m 09-01-2014 is het eerste gedeelte van de put geboord;
in de periode van 01-10-2014 t/m 25-12-2014 is het tweede gedeelte van de put geboord.

Figuur II.10 geeft een situatieschets met de locaties van de microfoons. Ook hier is het geluidreducerende effect van het geluidscherm ten zuiden/westen van de boorlocatie *niet* meegenomen in de meetresultaten.
Figuren II.11 en 12 geven de resultaten van alle één-uur-gemiddelde geluiddrukniveaus;
Figuren II.13 en II.14 geven de resultaten van alle L_{nacht} waarden, welke bepalend zijn voor de beoordeling.

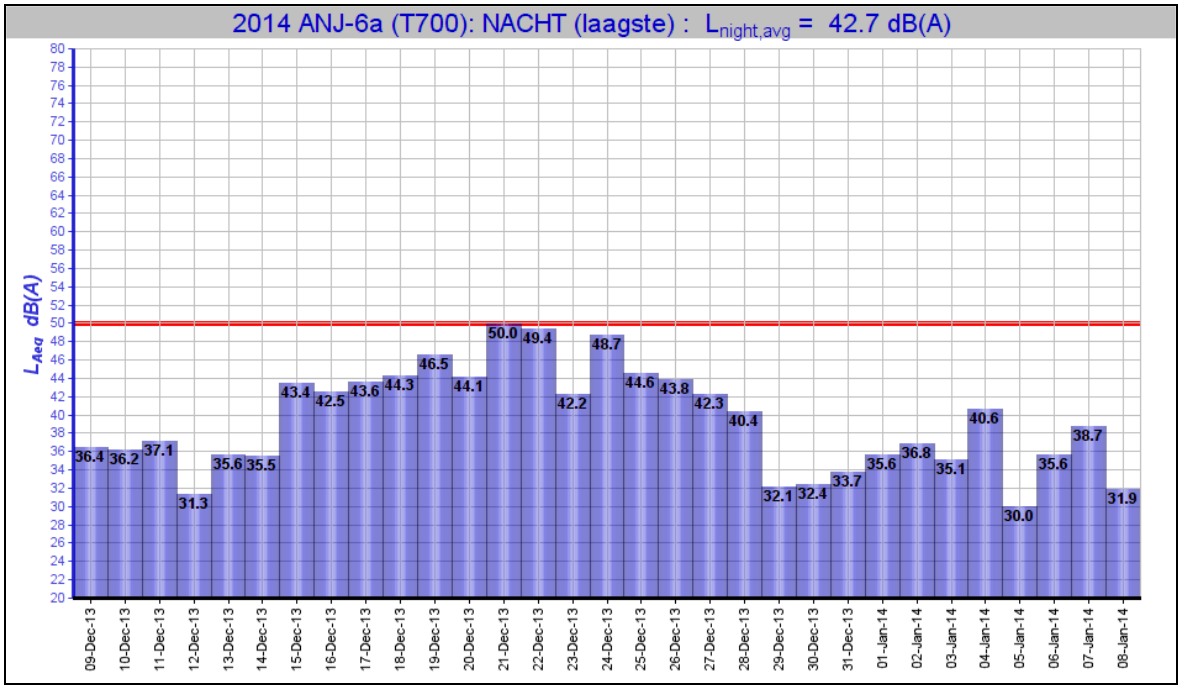
Figuur II.10
Boorlocatie ANJ-6 (eerste/tweede putgedeelte: figuur boven/onder)



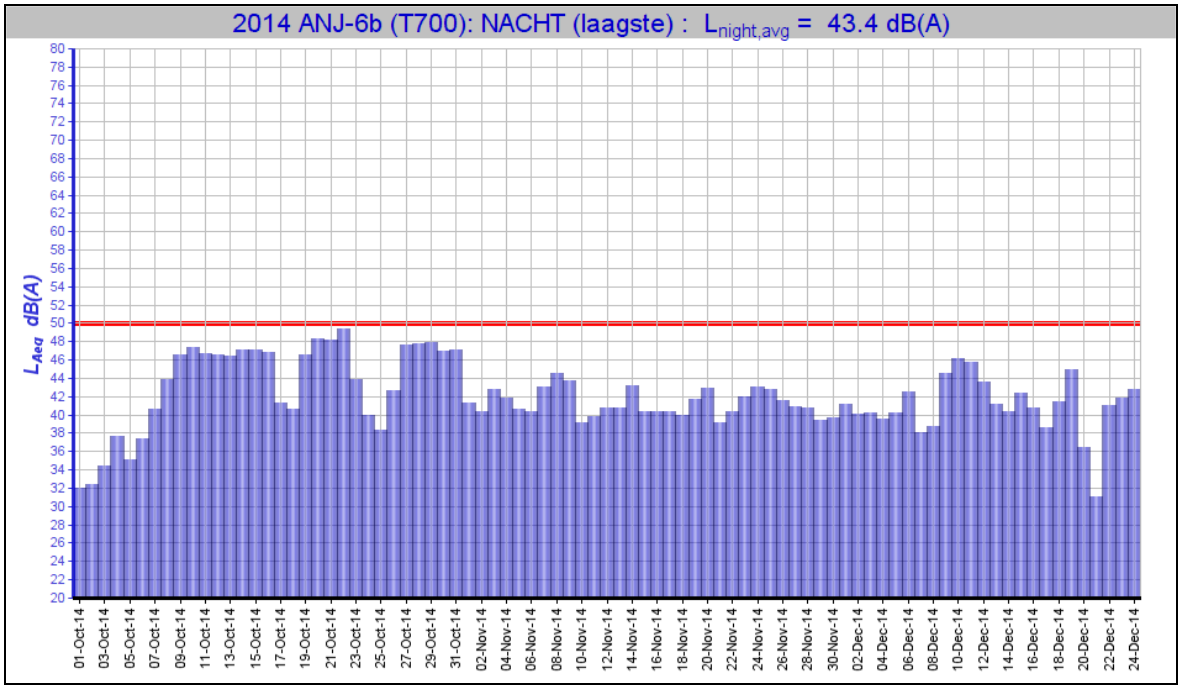
Figuren II.11



Figuren II.12



Figuur II.13

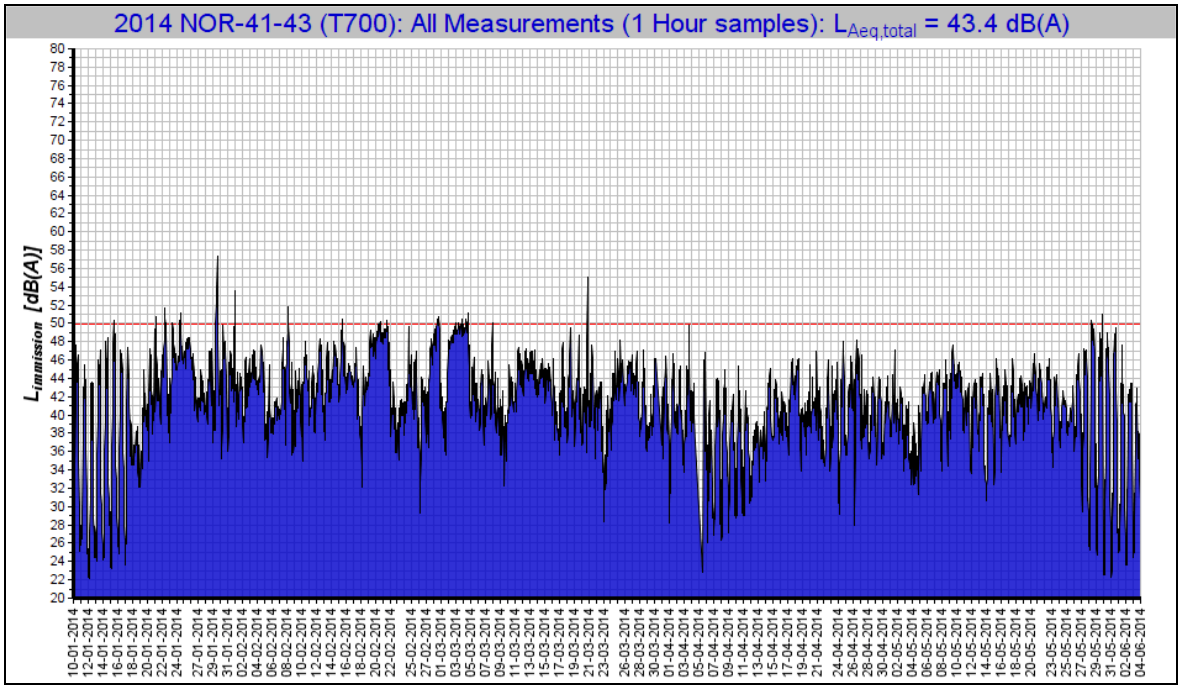


Figuur II.14

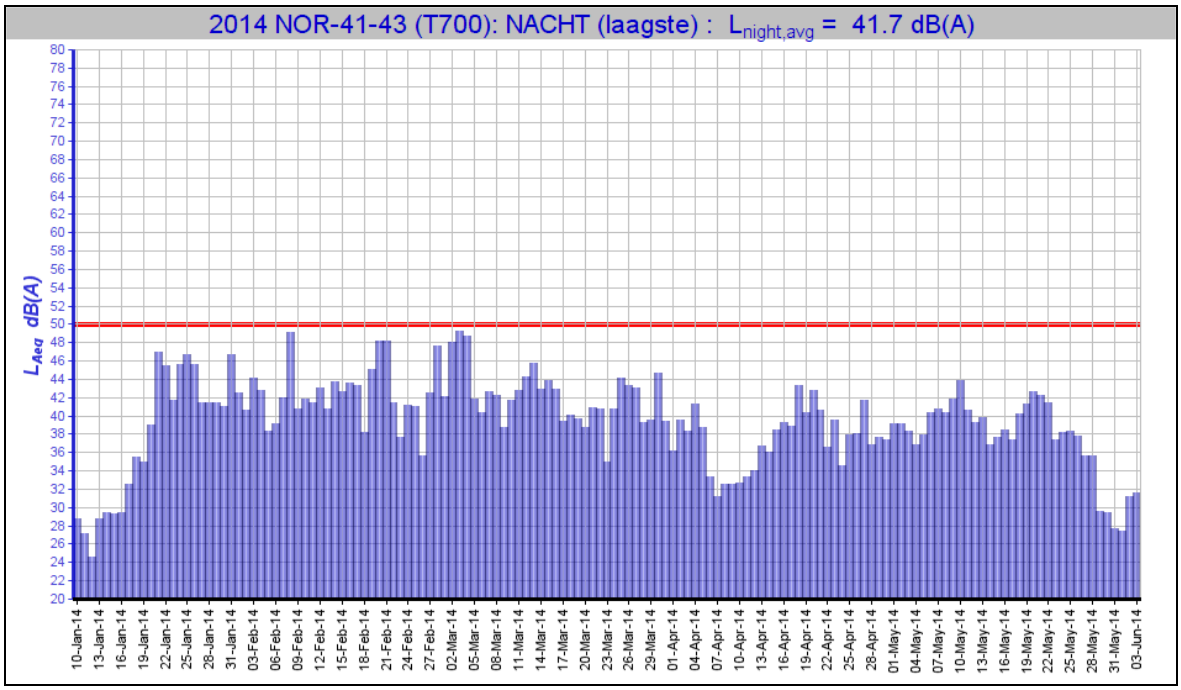
Norg NOR-43/41

De meetresultaten worden gegevens van de periode van 09-01-2014 tot 03-06-2014.
Figuur II.15 geeft een situatieschets met de locaties van de microfoons.
Figuur II.16 geeft de resultaten van alle één-uur-gemiddelde geluiddrukniveaus;
Figuur II.17 geeft de resultaten van alle L_{nacht} waarden, welke bepalend zijn voor de beoordeling.

Figuur II.15
Boorlocatie NOR-43/41



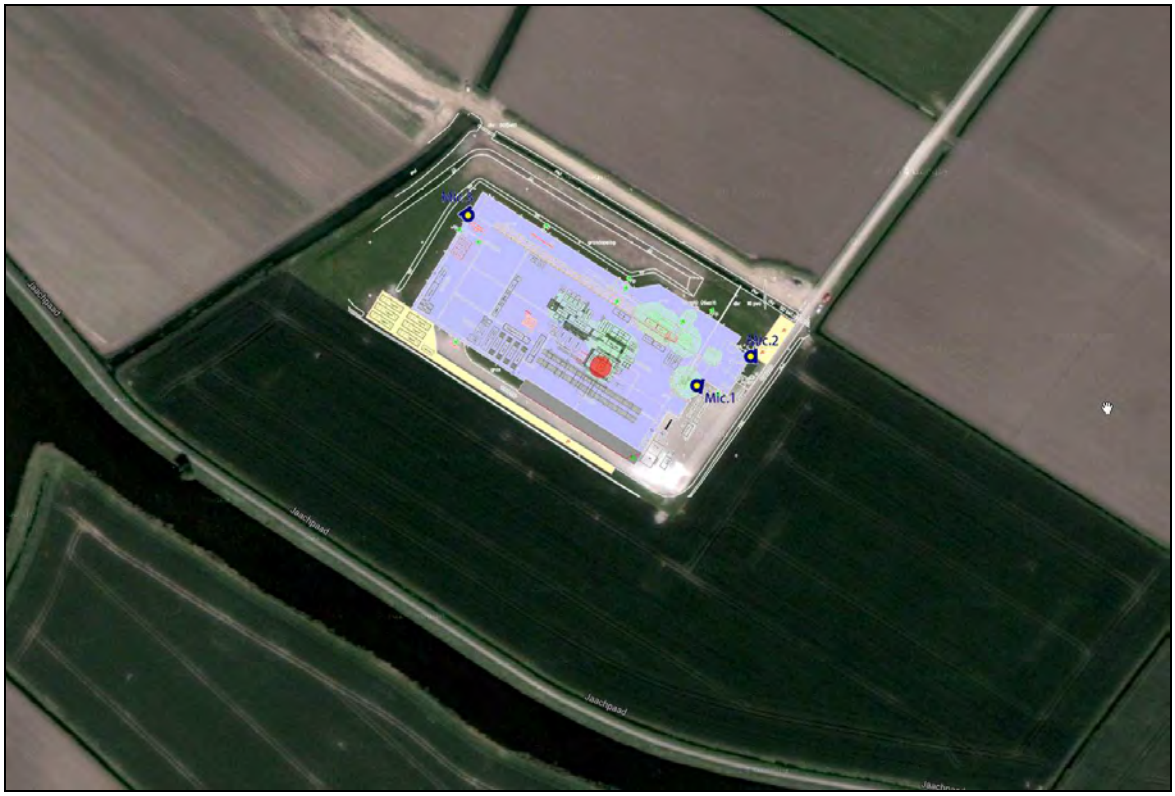
Figuren II.16



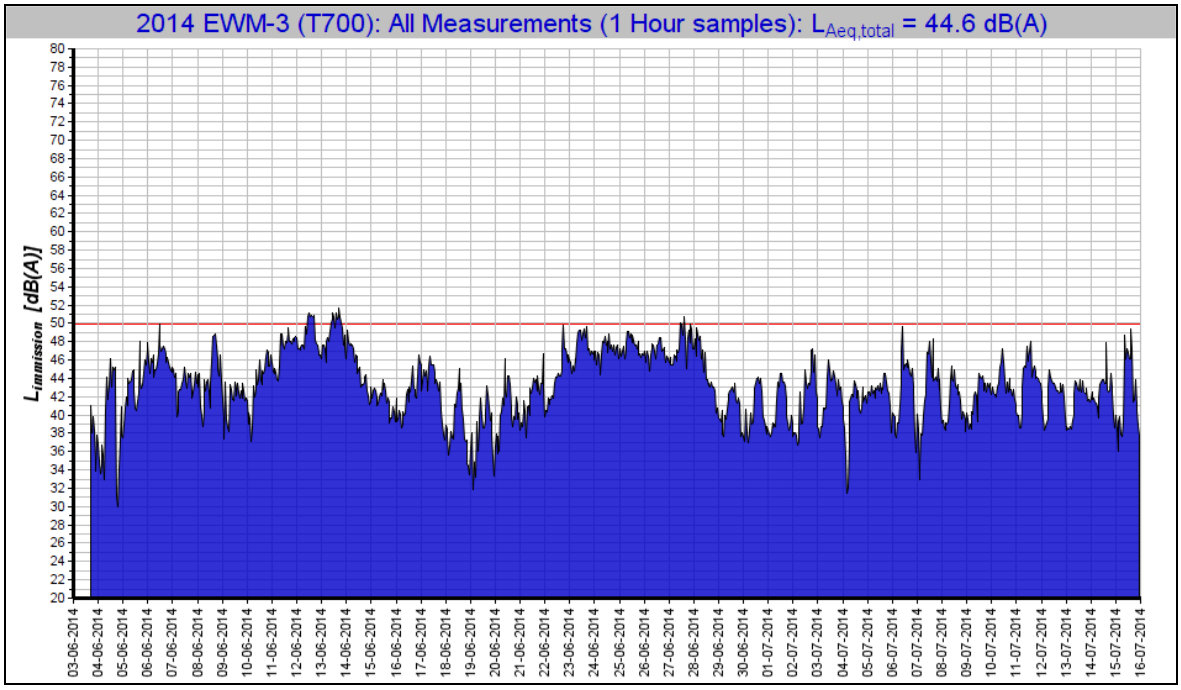
Figuur II.17

Engwierum EWM-3

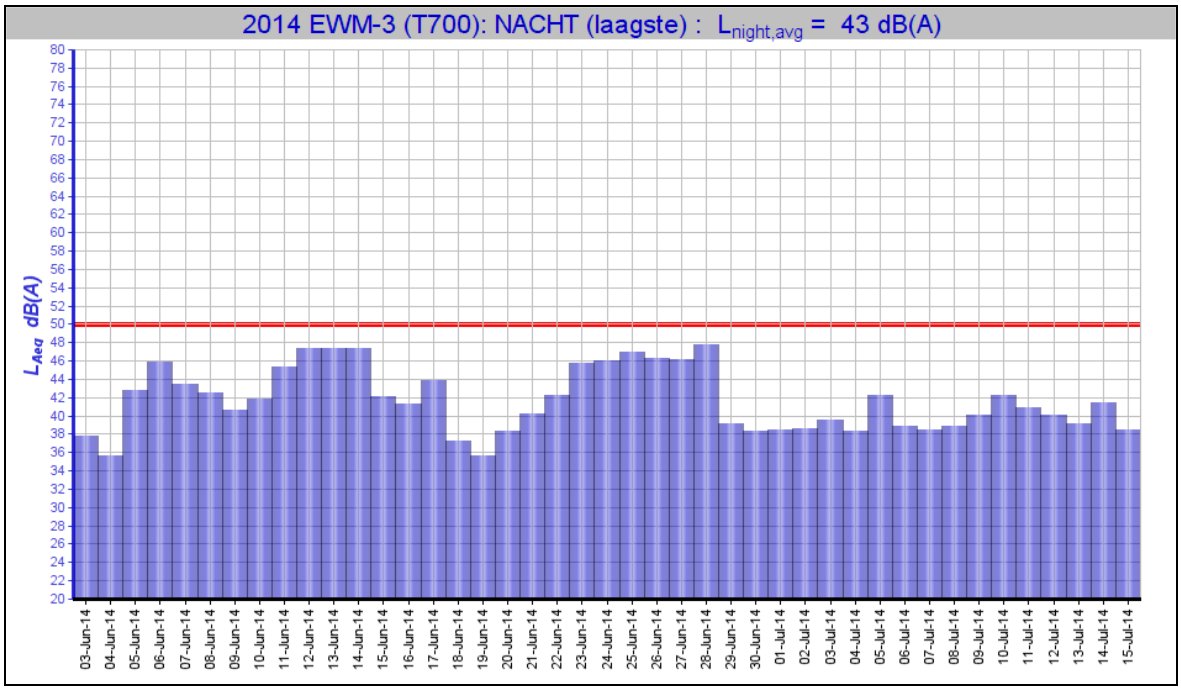
De meetresultaten worden gegevens van de periode van 03-06-2014 tot 16-07-2014.
Figuur II.18 geeft een situatieschets met de locaties van de microfoons.
Figuur II.19 geeft de resultaten van alle één-uur-gemiddelde geluiddrukniveaus;
Figuur II.20 geeft de resultaten van alle L_{nacht} waarden, welke bepalend zijn voor de beoordeling.



Figuur II.18
Boorlocatie EWM-3



Figuren II.19

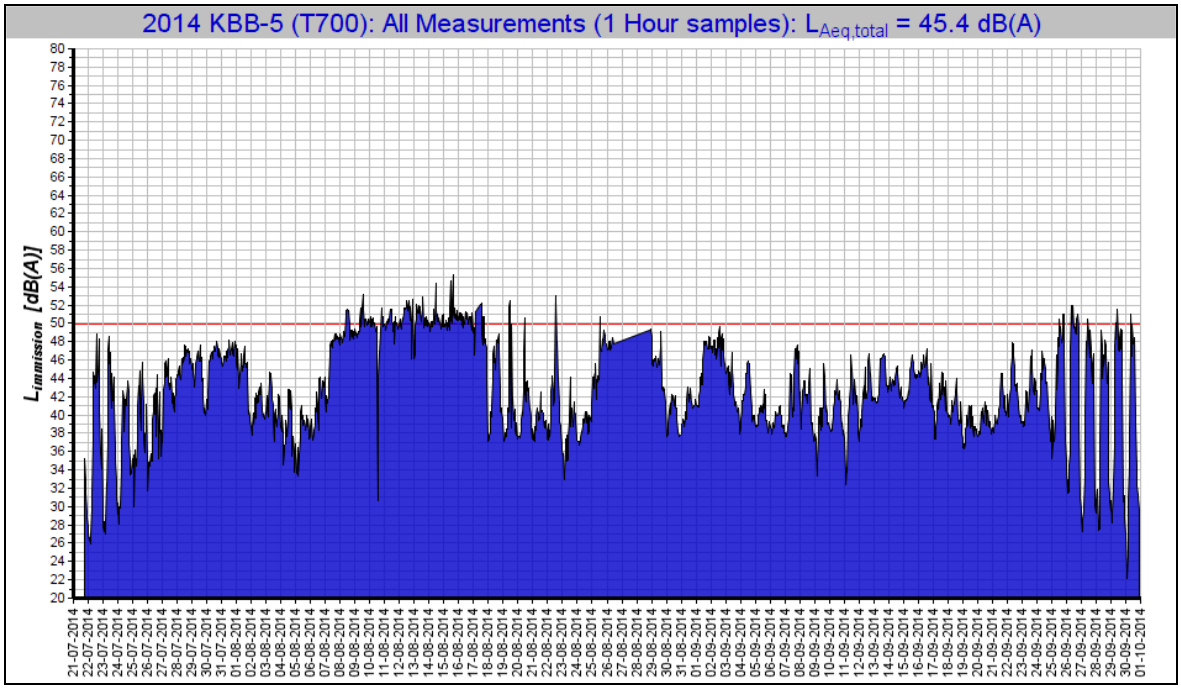


Figuur II.20

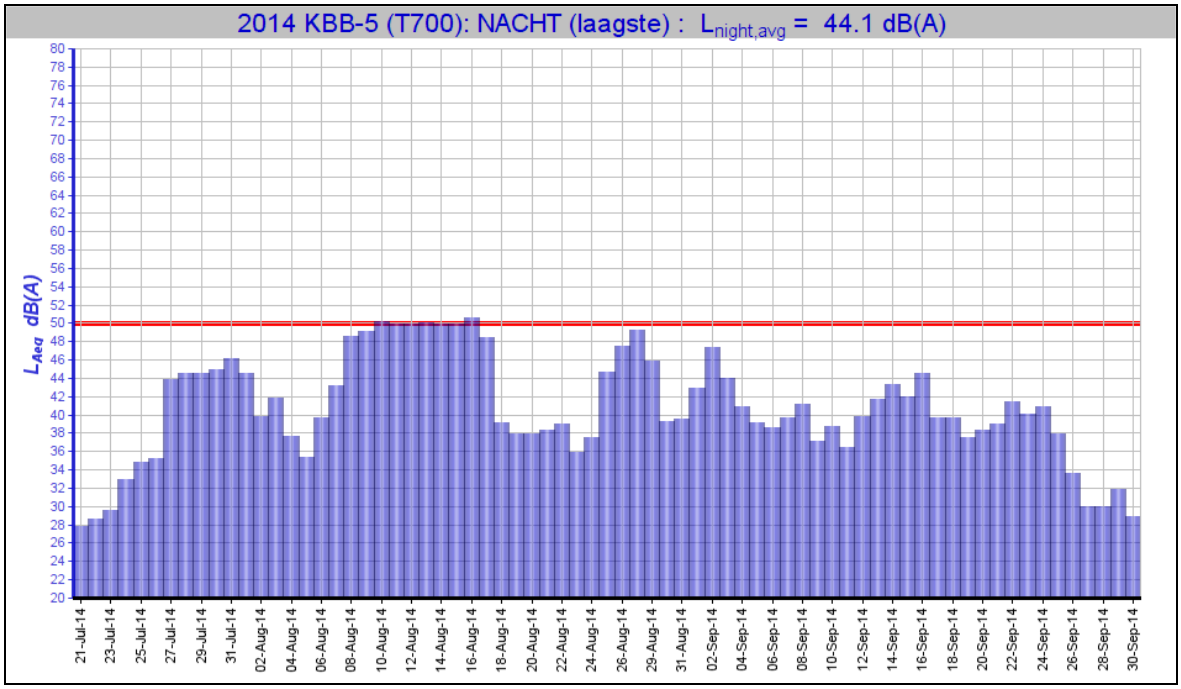
Krabburen KBB-5

De meetresultaten worden gegevens van de periode van 21-07-2014 tot 30-09-2014.
Figuur II.21 geeft een situatieschets met de locaties van de microfoons.
Figuur II.22 geeft de resultaten van alle één-uur-gemiddelde geluiddrukniveaus;
Figuur II.23 geeft de resultaten van alle L_{nacht} waarden, welke bepalend zijn voor de beoordeling.

Figuur II.21
Boorlocatie KBB-5



Figuur II.22

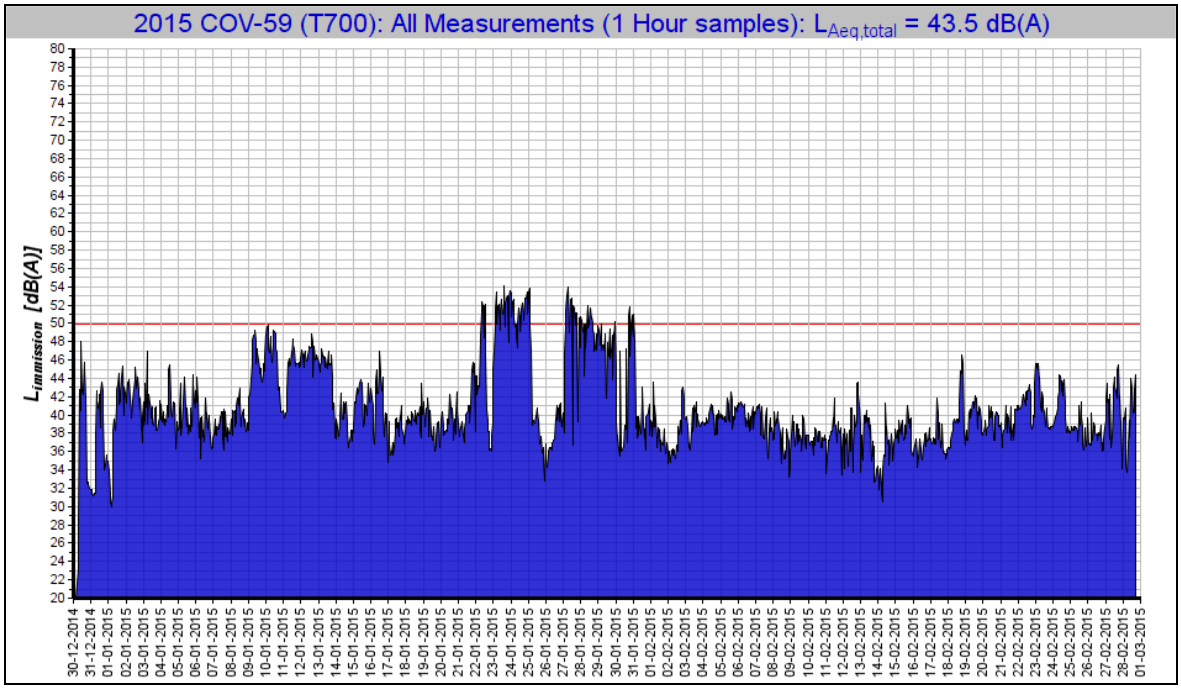


Figuur II.23

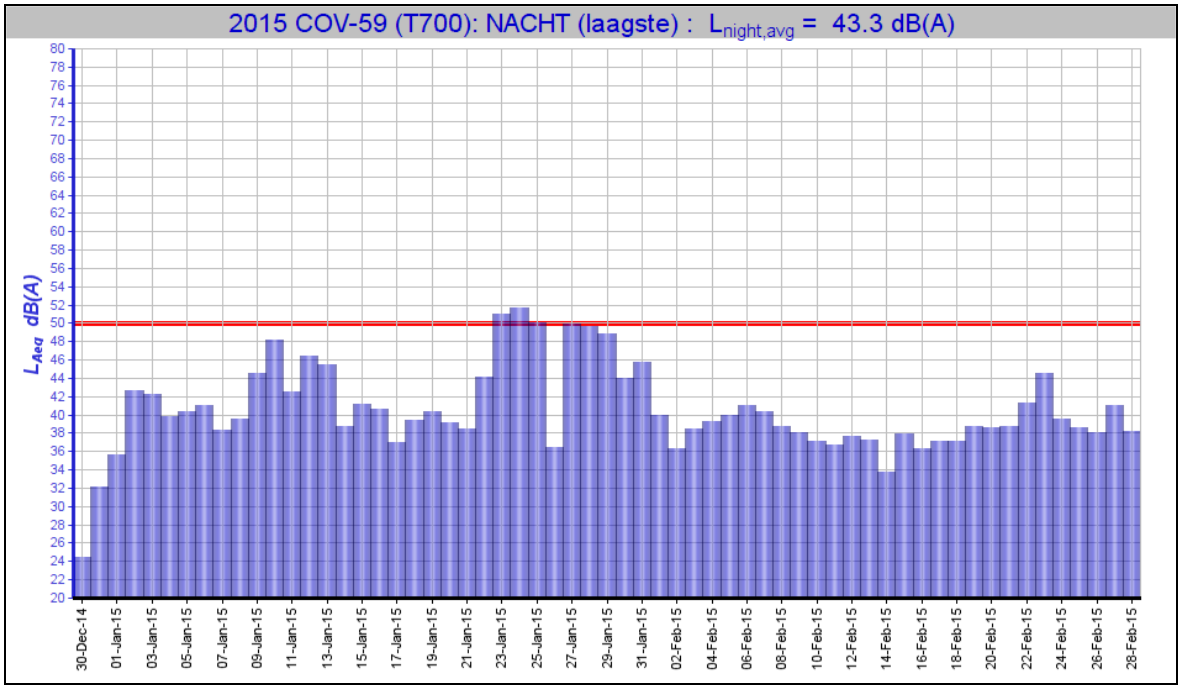
Coevorden COV-59

De meetresultaten worden gegevens van de periode van 30-12-2014 tot heden (dd rapport).
Figuur II.24 geeft een situatieschets met de locaties van de microfoons.
Figuur II.25 geeft de resultaten van alle één-uur-gemiddelde geluiddrukniveaus;
Figuur II.26 geeft de resultaten van alle L_{nacht} waarden, welke bepalend zijn voor de beoordeling.

Figuur II.24
Boorlocatie COV-59



Figuur II.25



Figuur II.26

Bijlage III

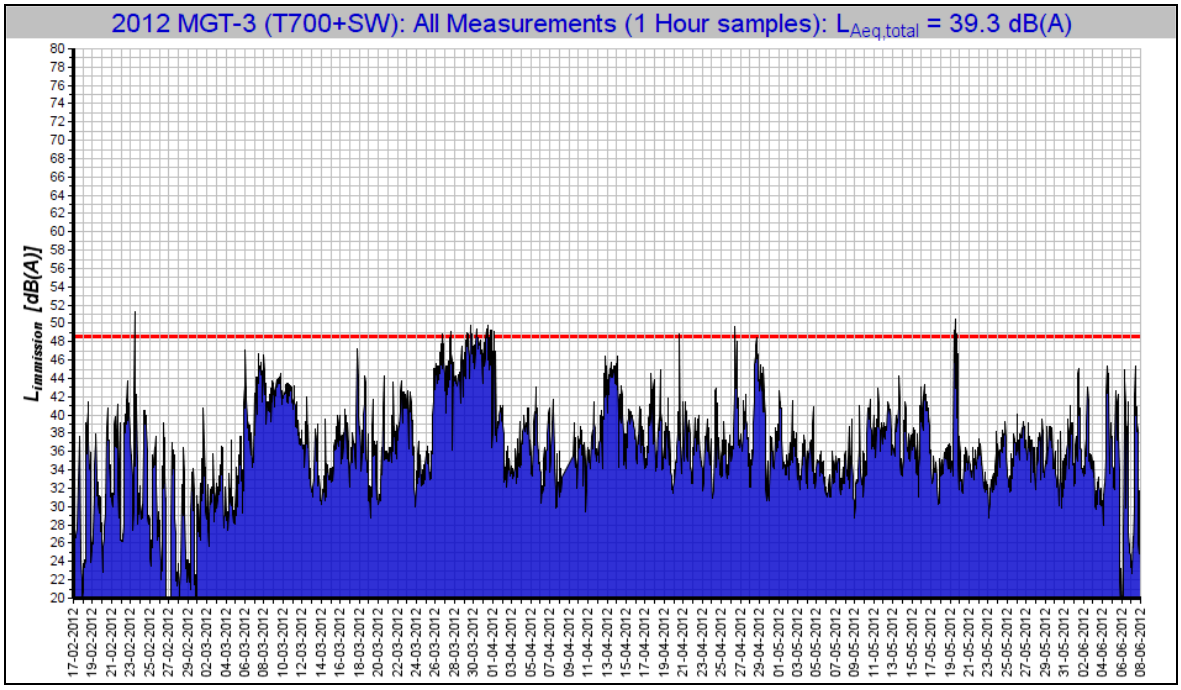
Resultaten geluidmonitor locaties met Sound Wall

Resultaten geluidmonitor locaties met Sound Wall

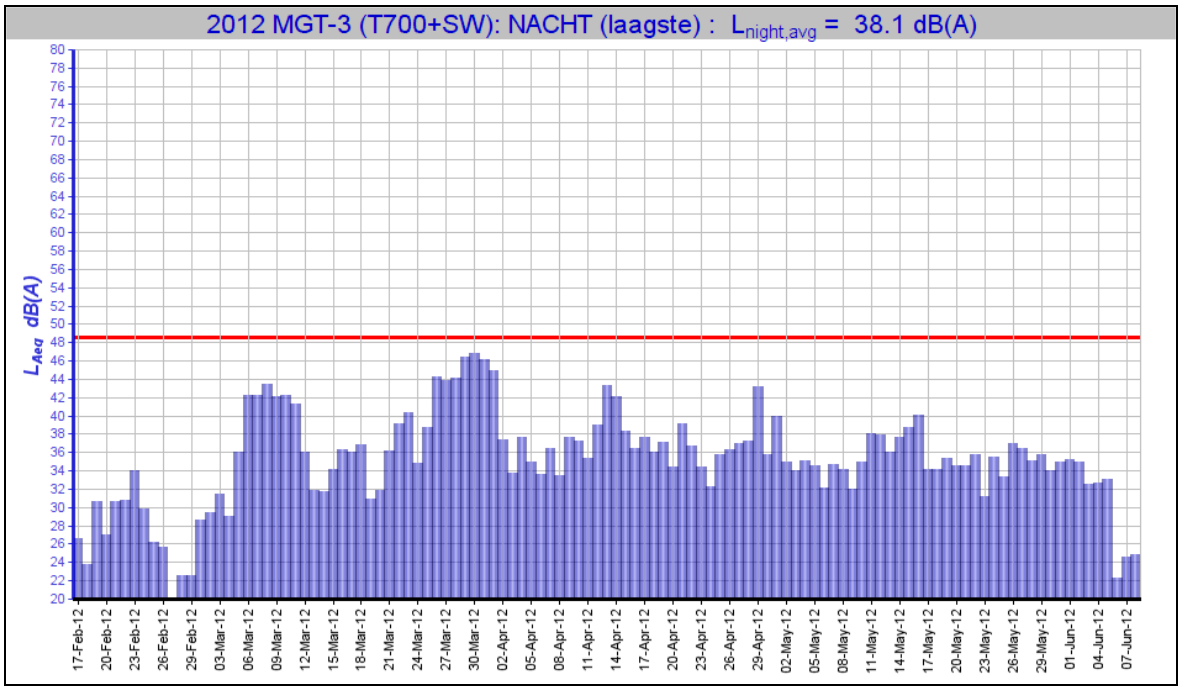
Moddergat MGT-3 (inclusief Sound Wall)

Figuur III.1 geeft een situatieschets met de locaties van de microfoons.
Figuur III.2 geeft de resultaten van alle één-uur-gemiddelde geluiddrukniveaus;
Figuur III.3 geeft de resultaten van alle L_{nacht} waarden, welke bepalend zijn voor de beoordeling.

Figuur III.1
Boorlocatie MGT-3



Figuur III.2

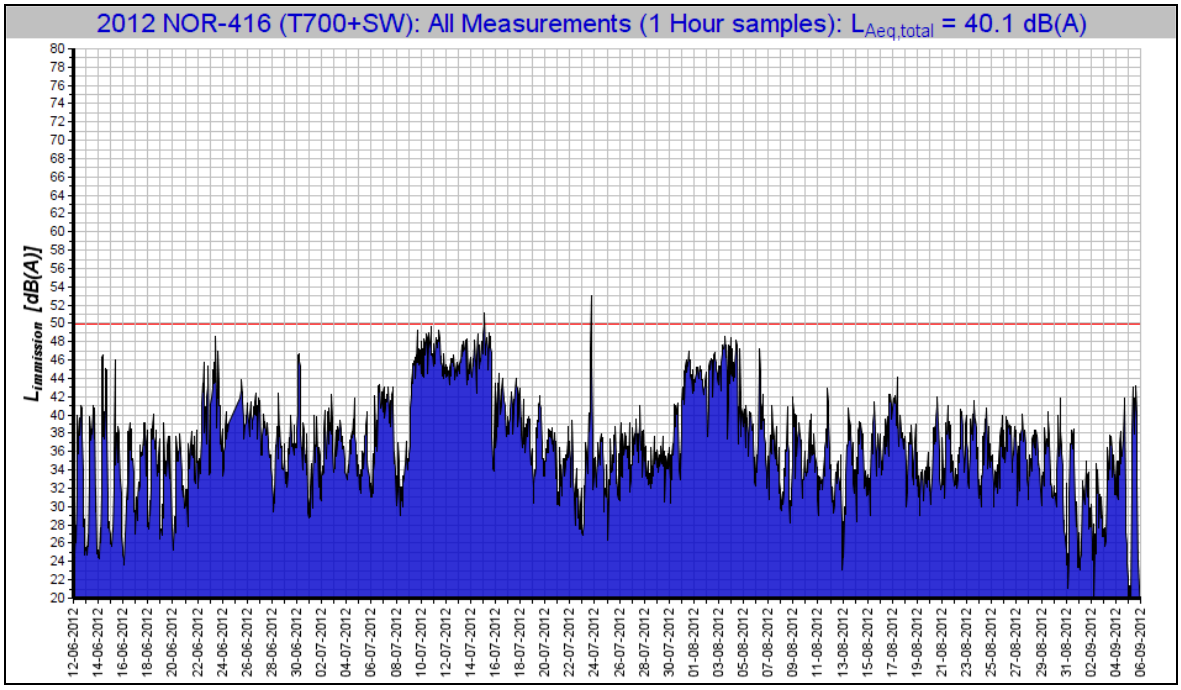


Figuur III.3

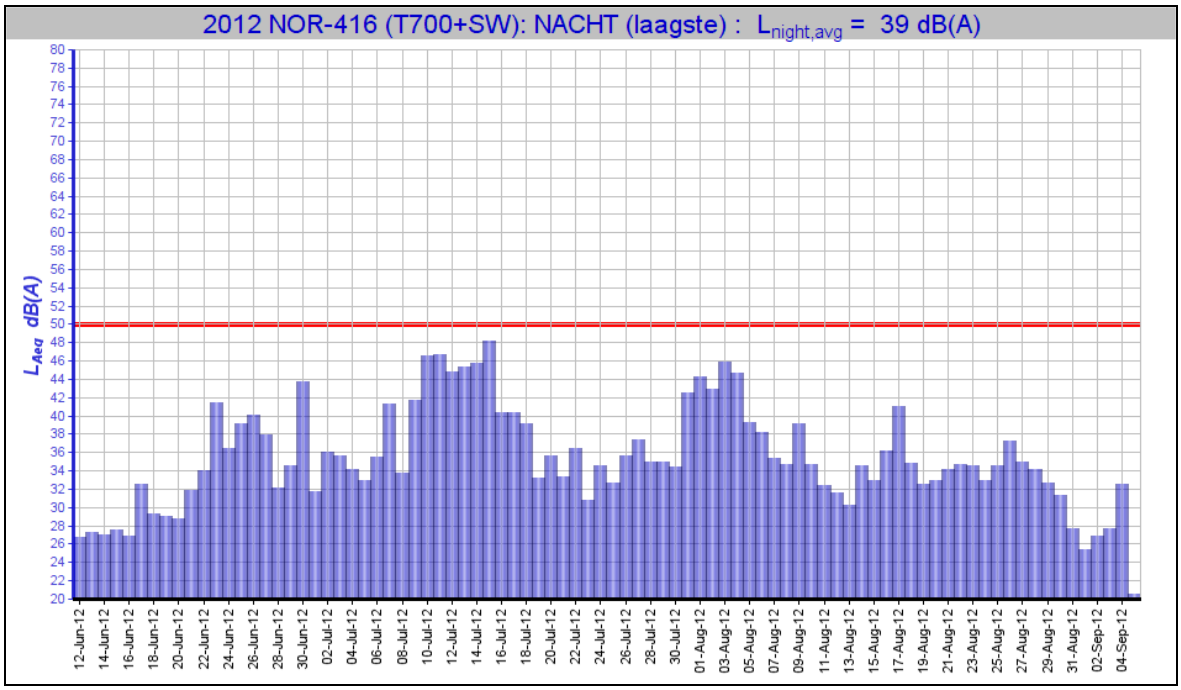
Norg NOR-416 (inclusief Sound Wall)

Figuur III.4 geeft een situatieschets met de locaties van de microfoons.
Figuur III.5 geeft de resultaten van alle één-uur-gemiddelde geluiddrukniveaus;
Figuur III.6 geeft de resultaten van alle L_{nacht} waarden, welke bepalend zijn voor de beoordeling.

Figuur III.4
Boorlocatie NOR-416



Figuur III.5

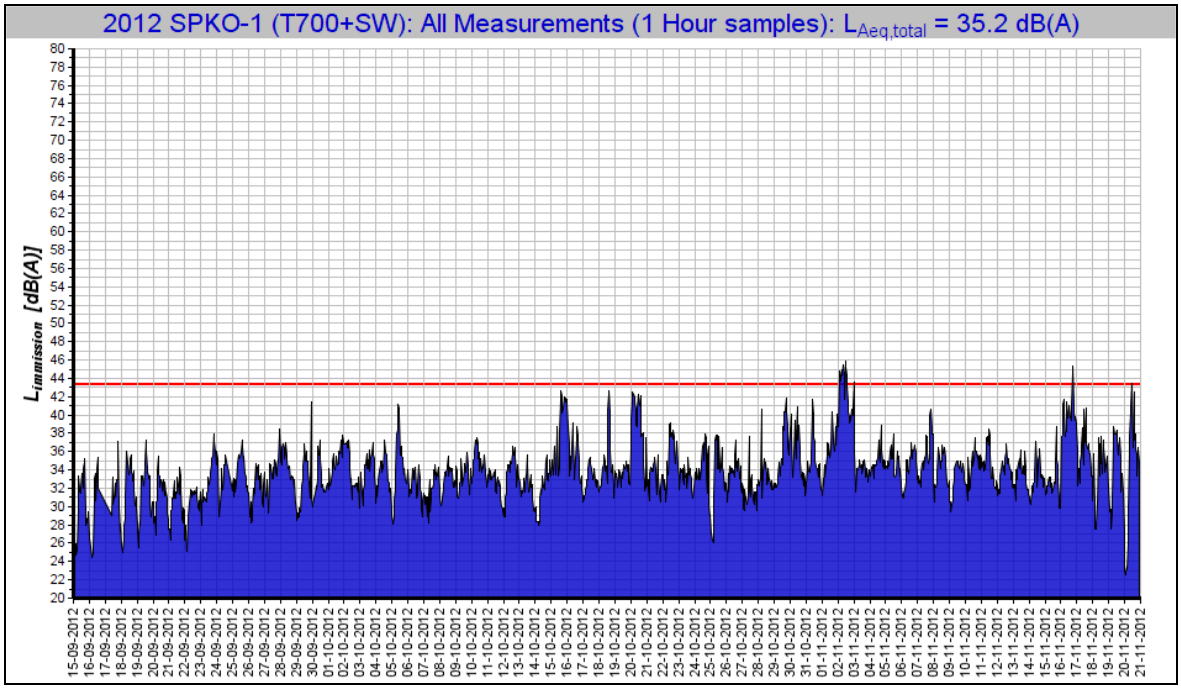


Figuur III.6

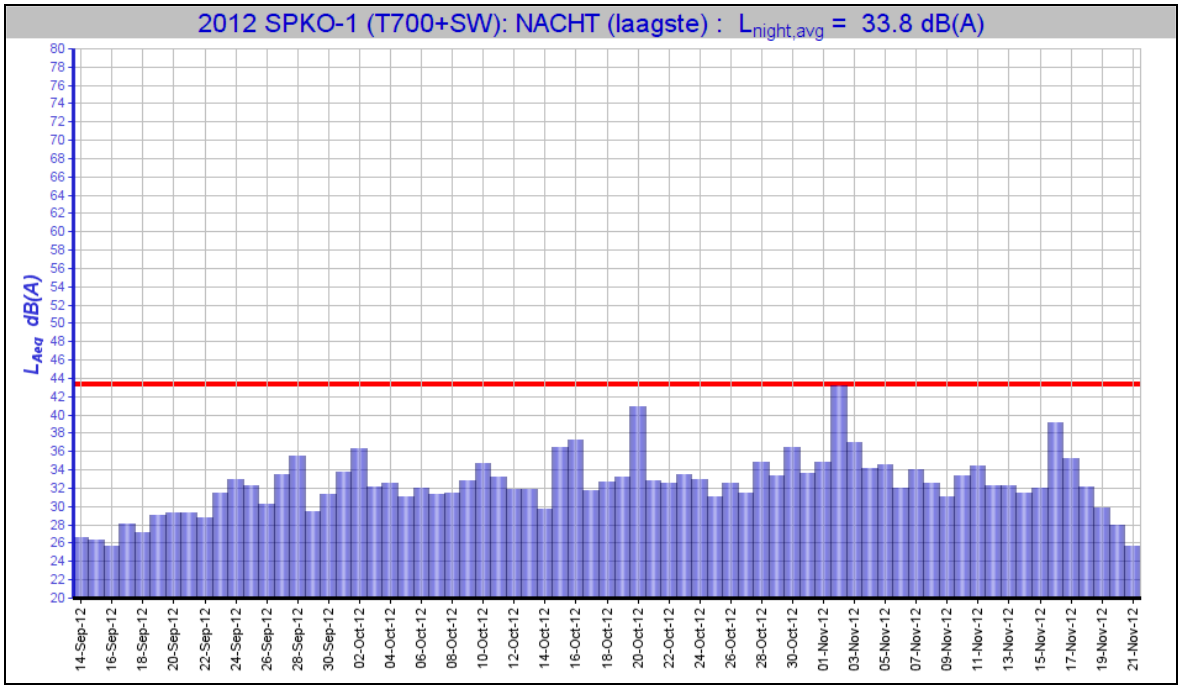
Spijkenissie SPKO-1 (Workover / inclusief Sound Wall)

Figuur III.7 geeft een situatieschets met de locaties van de microfoons.
Figuur III.8 geeft de resultaten van alle één-uur-gemiddelde geluiddrukniveaus;
figuur III.9 geeft de resultaten van alle L_{nacht} waarden, welke bepalend zijn voor de beoordeling.

Figuur III.7
Locatie SPKO-1



Figuur III.8



Figuur III.9

Bijlage 8

Seismische risico's

12 Bijlage B: Seismische Risico Analyse

De winning van aardgas gaat gepaard met een daling van de druk in de ondergrond met als gevolg een verandering van de gesteentespanningen. Deze verandering van spanning kan leiden tot plotselinge bewegingen langs bestaande breuken, waardoor mogelijk een lichte aardbeving kan plaatsvinden. In Nederland is/wordt uit ongeveer 140 olie- en gasvelden op het vasteland geproduceerd. Boven ongeveer 20% van de velden zijn bevingen geregistreerd. Boven 11 velden zijn bevingen geregistreerd die ook duidelijk aan het oppervlak voelbaar waren (Magnitude meer dan 2,0 op de schaal van Richter).

Stap 1: Inschatten risicopotentieel voor de verschillende voorkomens. Voor het inschatten van het risicopotentieel is uitgegaan van de maximale drukdaling volgens het “high case” productieprofiel[14].

De kans op beven van een olie- of gasvoorkomen
In de studie ‘Deterministische Hazard Analyse voor Geïnduceerde Seismiciteit (DHAIS)[15] is onderzocht welke eigenschappen (geologische, productietechnische en geomechanische eigenschappen) van olie- en gasvoorkomens invloed hebben op het wel of niet optreden van aardbevingen. In 2012 is een update van deze studie uitgevoerd, waarin alle nieuwe data zijn meegenomen tot mei 2010[16]. Aan de hand van de volgende parameters van een olie- of gasvoorkomen wordt de kans op beven van dat voorkomen bepaald:

- DP/Pini: De ratio van drukval (DP) en initiële druk (Pini) in het reservoir;
- E: de verhouding tussen de Young’s moduli (stijfheidsmoduli) van de ‘overburden’ en het reservoirgesteente;

$$E = \frac{E_{burden}}{E_{reservoir}}$$

- B: een maat voor de breukdichtheid van het reservoir.

$$B = \frac{breukoppervlakte^{3/2}}{brutogesteentevolume} = \frac{l_b^{3/2} \cdot h^{3/2}}{A \cdot h} = \frac{l_b^{3/2} \cdot \sqrt{h}}{A}$$

Waarbij:

l_b = De totale breuklengte van de intra reservoir breuken en de randbreuken van het voorkomen in meters;
h = De maximale dikte van de gaskolom van het voorkomen in meters;
A = De oppervlakte van het voorkomen gemeten binnen de gas-water-contact-dieptecontour (in vierkante meters);

---

[14] Het hoog scenario productieprofiel is gebruikt om de druk te bereken in het veld. Om een conservatieve schatting te geven van de mogelijke bovengrondse gevolgen is in dit geval gekozen om de druk te middelen voor het gehele veld.
[15] TNO-rapport NITG 04-171-C. Van Eijs, 2004. Deterministische hazard analyse voor geïnduceerde seismiciteit
[16] TNO-rapport 2012 R10198. Van Thienen, 2012. Deterministische hazard analyse voor geïnduceerde seismiciteit in Nederland.

De combinatie van de parameterwaarden geven een kans op beven voor een bepaald voorkomen gedurende de productietijd.

Reeds bevende voorkomens	
$DP/P_{ini} \geq 28\%$	B > 0,86 en E ≥ 1,34: P_h = 0.42 ± 0.08
	B > 0,86 en 1,01 ≤ E ≤ 1,33: P_l = 0.19 ± 0.05
	B < 0,86 en/of E < 1,01: verwaarloosbare kans
$DP/P_{ini} < 28\%$	Verwaarloosbare kans

De waarden die zijn gebruikt in de bepaling van de DHAIS-kans zijn gegeven in Tabel 12-1.

Tabel 12-1: Invoergegevens voor de bepaling van de DHAIS en de DHAIS kansen

Voorkomen	Reservoir dikte / gaskolom (m)[17]	Initiële druk (bar)	Totale drukdaling volgens hoog-scenario (bar)	Totale breuk-lengte (km)	Reservoir opper-vlakte (km^2)	Maximale waar-genomen aardbeving	Aantal aard-bevingen per jaar	DHAIS E[18]	DHAIS B	DHAIS kans
Ternaard	112	557	181	23,7	18,5	geen	geen	1,28	2,08	19%

Realistisch sterkste beving

Naast de kans op beven, wordt ook een theoretische waarde voor de “realistisch sterkste beving” (Mmax) bepaald. Er worden twee methoden gebruikt om de Mmax waarde te bepalen: op basis van breukgeometrie en op basis van energiebalans. In de Seismisch Risico Analyse leidraad worden beide methoden gebruikt. Voor de berekeningen van de Mmax is uitgegaan van de standaardwaarden voor de “stress drop” en “partitie coëfficiënt” die gegeven zijn in de leidraad (respectievelijk 5 MPa en 0,01). De veldspecifieke waarden die benodigd zijn voor de berekeningen en de uitkomsten voor de Mmax staan vermeld in Tabel 12-2.

Tabel 12-2: Invoergegevens voor de bepaling van de Mmax, en de Mmax waarden volgens de twee methoden.

Voorkomen	Langste breuklengte (km) [19]	Poisson's ratio[20]	Breukhoogte (m)	Mmax energiebalans	Mmax breukslip
Ternaard	6,5	0,2	112	3,4	3,7

Stap 2: Risico matrix

Voor het voorkomen Ternaard is het nodig gebleken om de risicomatrix te gebruiken (“Stap 2” van de SRA). Voor elke factor die bepaald is voor de onder- en bovengrond wordt een score gegeven waarbij de som van de scores een positie geeft in de risico matrix.

---

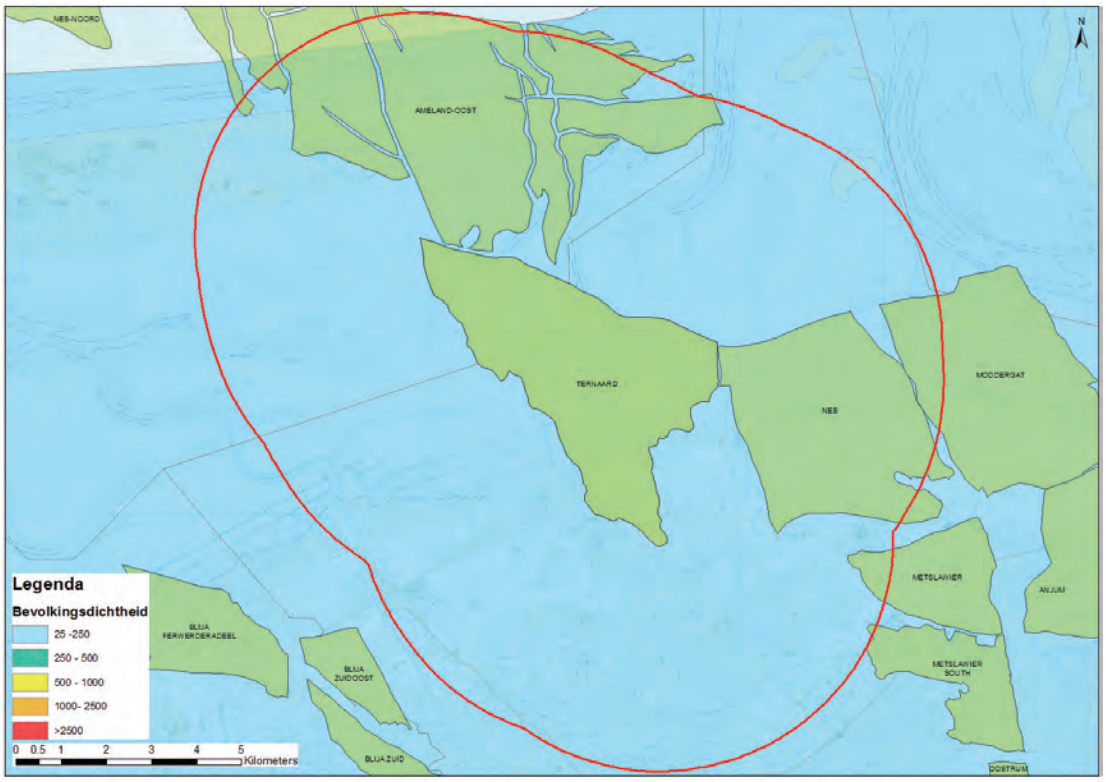
[17] Voor de DHAIS berekening wordt zowel de hoogte van de gaskolom als de totale reservoir dikte beschouwd. Het minimum van deze twee wordt gekozen voor de berekening van de “B” waarde zoals voorgeschreven door de DHAIS methodiek

[18] Young’s moduli ratio volgens TNO rapport: Deterministische hazard analyse voor geïnduceerde Seismiciteit, NITG 04-171-C. Voor nieuwe velden wordt de ratio van een analoog veld met dezelfde reservoir seal combinatie gebruikt

[19] Langste breuklengte is aangegeven op de kaart in bijlage C met blauwe pijl

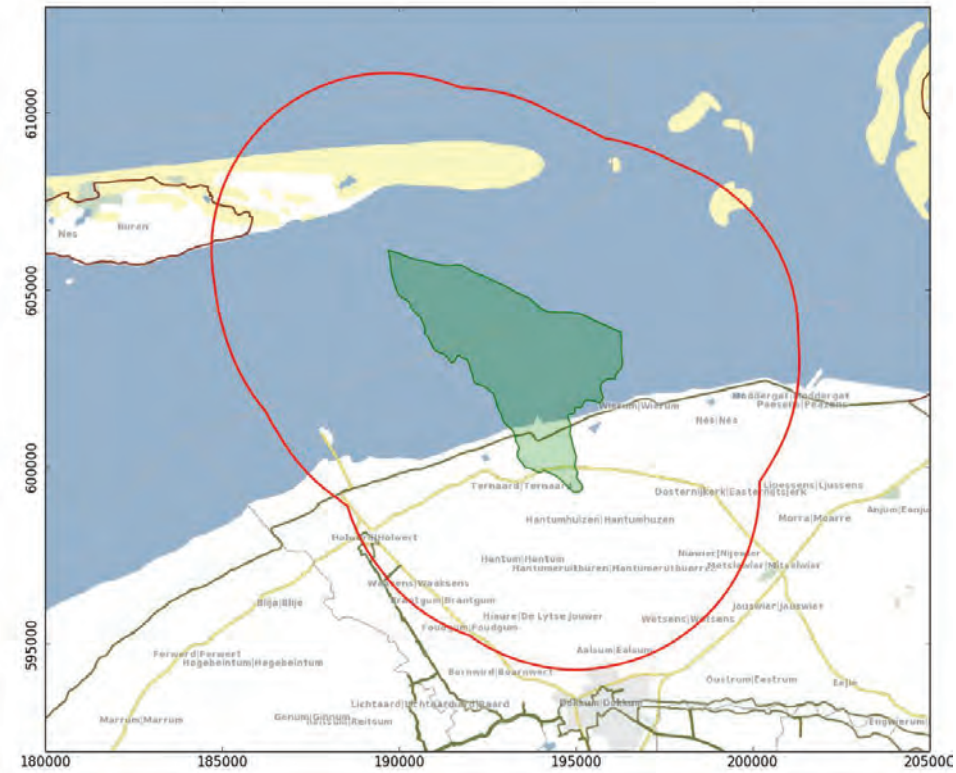
[20] Poisson’s ratio gebaseerd op gemiddelde waarde voor gecementeerde zandsteen op basis van kernplugmetingen

In dit deel van de bijlage worden de figuren en tabellen getoond die gebruikt zijn om tot een risicobeoordeling te komen. Figuur 12-1, Figuur 12-2, Figuur 12-3 tonen de situaties voor respectievelijk “Bevolkingsdichtheid”, “Industriële inrichtingen”, “Speciale gebouwen en vitale infrastructuur” en ”Dijken”. Figuur 12-4 toont de kaart van de grondsoorten in de ondiepe ondergrond kaart om de mate van opslingering te bepalen. Tabel 12-3 A en B toont de evaluatie en scores voor de invloedfactoren. De risicomatrix is afgebeeld in Figuur 8-4.

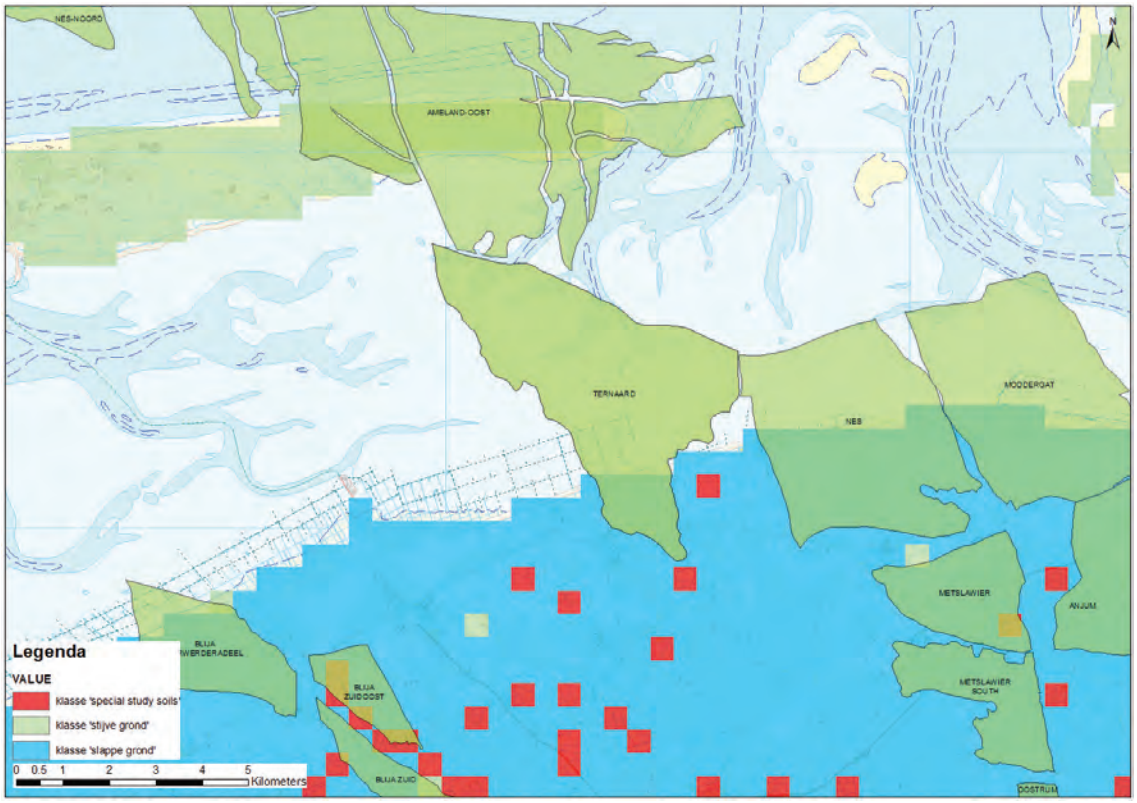


Figuur 12-1: Overzicht van de bevolkingsdichtheid boven het Ternaard veld.

Figuur 12-2: Overzicht van de industriële inrichtingen (rode punt), ziekenhuizen (groene plus) onderwijsinstellingen (groene driehoek), tehuizen (groene x) en publieksgebouwen (groene ruit) boven het Ternaard veld. De rode cirkel geeft de 5 km straal rond het Ternaard veld aan die relevant is voor de SRA.



Figuur 12-3: Overzicht van de dijken (bruin: primaire dijken, groen: secundaire dijken). De rode cirkel geeft de 5 km straal rond het Ternaard veld aan die relevant is voor de SRA.



Figuur 12-4: Overzicht van de grondsoorten in de ondiepe ondergrond om de mate van opslingering te bepalen

Uit de analyse op basis van bovenstaande figuren volgen de scores voor de verschillende factoren. Tabel 12-3 geeft de evaluatie en bijbehorende scores voor Ternaard.

Tabel 12-3 Kwantitatieve evaluaties (A) en daaruit voortkomende scores (B) voor de invloedfactoren onder- en bovengrond

A

Voorkomen	Dhais	Mmax	Analoge velden	Opslingering[21]	Bevolkingsdichtheid (aantal inwoners per km2)	Industriële inrichting	Speciale gebouwen en vitale infrastructuur	Dijken
Ternaard	P=19%	1 methode 3,6 - 4,0	Boven de lijn Amsterdam - Arnhem	30 - 60% slappe grond	< 250	1 boven het veld en/of meerdere binnen 5 km rond het veld.	1 school, tehuis en/of publieksgebouw boven het veld of meerdere binnen 5 km rond het veld.	Primaire dijken boven het veld

B

	score invloedfactoren ondergrond					score invloedfactoren bovengrond					
Voorkomen	Kans op beven of waargenomen bevingen	Magnitude	Ligging voorkomen	Opslingering	Genormaliseerde totaalscore ondergrond	Bevolkings dichtheid	Industriele inrichtingen	Speciale gebouwen en vitale infrastructuur	Dijken	Genormaliseerde totaalscore bovengrond	Categorie
Ternaard	1	2	2	2	0,5	0	3	2	4	0,56	I

[21] Aangenomen is dat de bodem onder de Waddenzee vooral uit zand is opgebouwd, waarmee deze bodem onder de klasse “stijve grond” valt.

1 FEBRUARI 2016

METHODIEK VOOR RISICOANALYSE OMTRENT GEÏNDUCEERDE BEVINGEN DOOR GASWINNING

TIJDELIJKE LEIDRAAD VOOR ADRESSERING MBB. 24.1.P, VERSIE 1.2

STAATSTOEZICHT OP DE MIJNEN
Postbus 24037, 2490 AA, Den Haag

INHOUDSOPGAVE

Inhoud

Inleiding 1

Achtergrond 1

Uitgangspunten 1

Afbakening 1

Process 1

Seismisch risico analyse 3

Stap 1: Screening potentieel 3

Stap 2: Risico matrix 4

Stap 3: kwantitatieve risicoanalyse 6

Implicaties 7

Referenties 8

Bijlage 1 9

Deterministische hazard analyse voor geïnduceerde seismiciteit in Nederland [4] 9

Bijlage 2 10

Bepaling sterkte realistisch sterkste beving 10

Bijlage 3 12

Risico Matrix Analyse 12

INLEIDING

Inleiding

ACHTERGROND

Op grond van de Mijnbouwwet moet sinds 1 januari 2003 een seismische risico analyse omtrent bodemtrillingen als gevolg van de winning in het winningsplan worden opgenomen. In de memorie van toelichting op dit artikel wordt opgemerkt dat het verkenningsonderzoek naar risico's plaatsvindt op het niveau van afzonderlijke velden, maar ook op een brede basis waarbij de maatschappijen en onderzoeksinstellingen gezamenlijk onderzoek verrichten. Mede in dit verband zijn door TNO en KNMI verschillende studies verricht naar de seismische hazard door geïnduceerde aardbevingen. De resultaten van deze studies zijn samengevat en geïntegreerd in het TNO/KNMI integratie-rapport '*Seismisch hazard van geïnduceerde aardbevingen. Integratie van deelstudies*' [1].

In reactie op het OVV-rapport 'Aardbevingsrisico's in Groningen' [2] heeft het kabinet aangegeven dat in de winningsplannen "mijnbouwondernemingen veiligheidsrisico's expliciet in kaart moeten brengen". Hiermee wil de minister borgen dat veiligheid een volwaardige plaats krijgt in de belangenafweging bij de besluitvorming.

Aangezien het in kaart brengen van veiligheidsrisico's verder gaat dan alleen de seismische hazard waarop tot nu toe de focus heeft gelegen, heeft de Minister van Economische Zaken het Staatstoezicht op de Mijnen gevraagd om, in afwachting van een door de maatschappijen en onderzoeksinstellingen te ontwikkelen definitieve leidraad voor het adresseren van het seismisch risico, met een gedragen tijdelijke leidraad voor het analyseren van de risico's ten gevolge van door gaswinning geïnduceerde aardbevingen te komen. Dit document geeft invulling aan dit verzoek.

UITGANGSPUNTEN

In deze tijdelijke leidraad is uitgegaan van bestaande onderzoeksresultaten. Voor de invulling van de methodologie in de leidraad is zoveel mogelijk gebruik gemaakt van kwantificeerbare grootheden uit bestaande analyses en informatiebronnen. Deze leidraad kan in de toekomst op basis van nieuwe inzichten en onderzoeken worden aangepast of vervangen.

AFBAKENING

Deze leidraad geeft alleen invulling aan het in kaart brengen van het seismisch risico (=kans x effect) zoals vereist in het winningsplan (Mijnbouwbesluit artikel 24.1p). **Het is niet de brede risicobeoordeling die is voorzien in het wetsvoorstel tot wijzing van de Mijnbouwwet (versterking veiligheidsbelang en regie). Ook de duiding van de risico's (wat betekend de uitkomst van de in deze leidraad opgenomen methodologie bv. in termen van o.a. te verwachten schade; Mbb. 24.1.q) is géén onderdeel van deze leidraad en dient door de mijnbouwmaatschappij in het winningsplan te worden opgenomen.** Ten aanzien van de maatregelen om bodembeweging (Mbb 24.1r) dan wel schade ten gevolge van bodembeweging (Mbb 24.1s) te voorkomen of te beperken worden in de leidraad **slechts randvoorwaarden voor de monitoring en risicobeheersing** aangegeven.

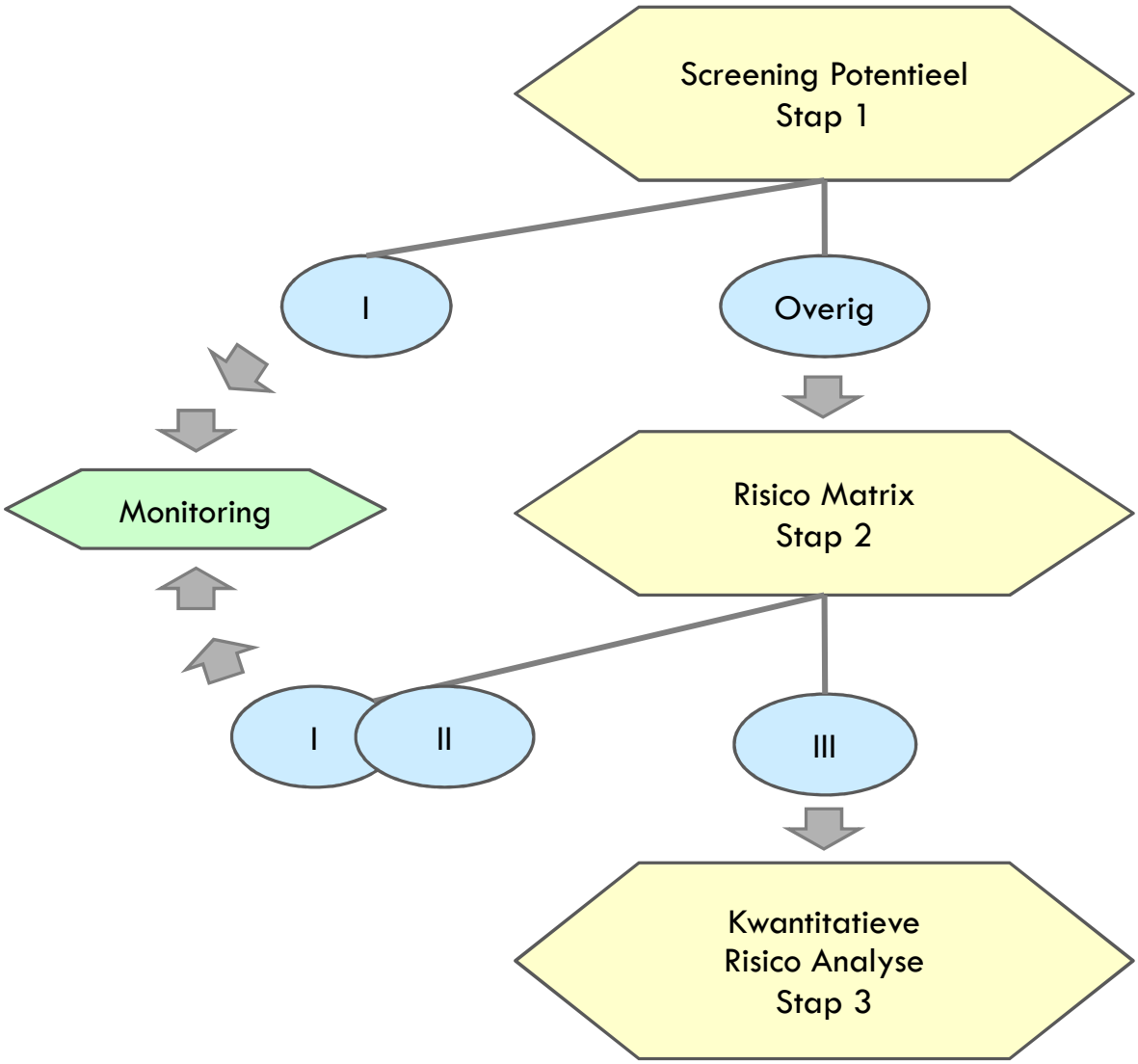
PROCESS

Staatstoezicht op de Mijnen heeft mede op basis van internationale literatuur en gebruiken een concept voor deze leidraad ontwikkeld [3] en nader uitgewerkt. Deze uitwerking is afgestemd met de Nederlandse Aardolie Maatschappij BV (als grootste landoperator) en kennisinstituut TNO. Vervolgens is de methodologie besproken

binnen het Technisch Platform Aardbevingen (TPA), waarin zowel de mijnbouwondernemingen als kennisinstellingen vertegenwoordigd zijn.

Seismisch risico analyse

De methodologie in deze leidraad is erop gericht om in drie stappen onderscheid te maken tussen velden met een verschillend seismisch risicoprofiel. Hiervoor is een getrapte strategie geadopteerd bestaande uit drie stappen. Deze strategie wordt weergegeven in Figuur 1. Op basis van de uitkomsten van de verschillende stappen worden vervolgstappen genomen.



Figuur 1: Weergave van de verschillende stappen in de seismisch risico analyse.

STAP 1: SCREENING POTENTIEEL

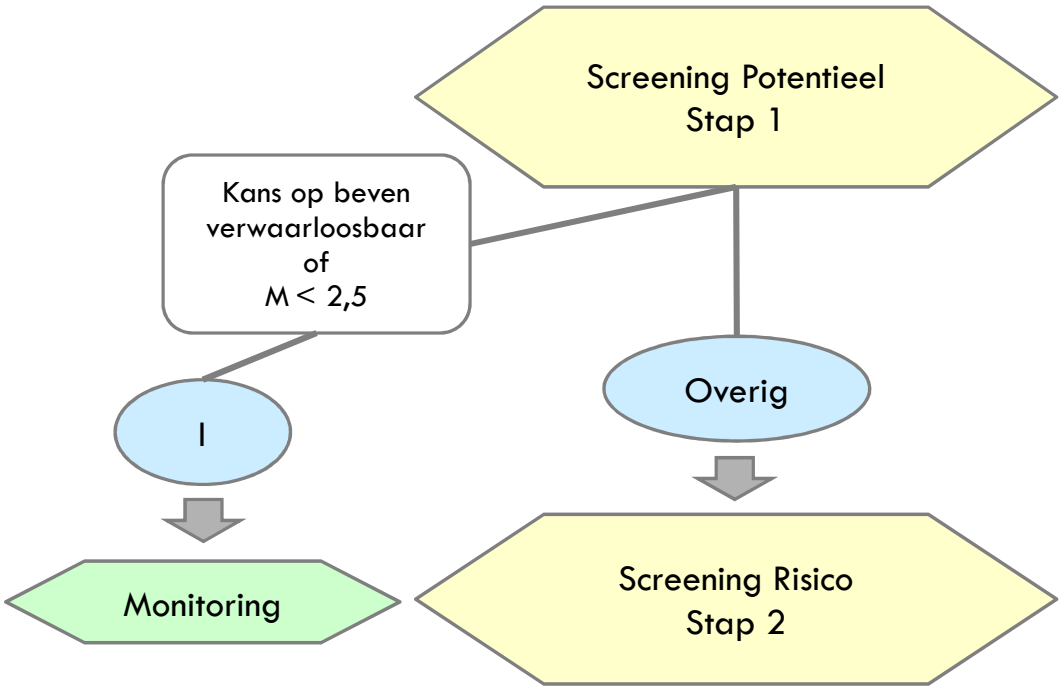
Allereerst wordt het potentiële vermogen van het gasveld om aardbevingen te genereren bepaald. In de studie 'Deterministische hazard analyse voor geïnduceerde seismiciteit in Nederland' [4,5] zijn, op basis van historische waarnemingen, statistische correlaties bepaald tussen parameters voor veld- en productiekenmerken

en het optreden van geïnduceerde bevingen. Op basis van deze correlaties kan de waarschijnlijkheid dat bevingen geïnduceerd worden door gasproductie, worden bepaald (Bijlage 1).

Daarnaast wordt op basis van de in het veld aanwezige breuken en op basis van de compactie een inschatting gemaakt van de sterkste beving waar realistisch gezien rekening mee moet worden gehouden. De methodologie voor deze berekeningen staan in Bijlage 2.

Voor velden die op basis van deze berekeningen een verwaarloosbare kans hebben om geïnduceerde bevingen te genereren of waar geen bevingen sterker dan M_l=2,5 op de schaal van Richter zijn te verwachten, zijn geen aanvullende onderzoekstappen noodzakelijk en volstaat monitoring d.m.v. het bestaande KNMI netwerk. Voor de overige velden wordt overgegaan tot de tweede stap in de analyse.

Figuur 2 geeft een overzicht van de beslisstructuur in stap 1.



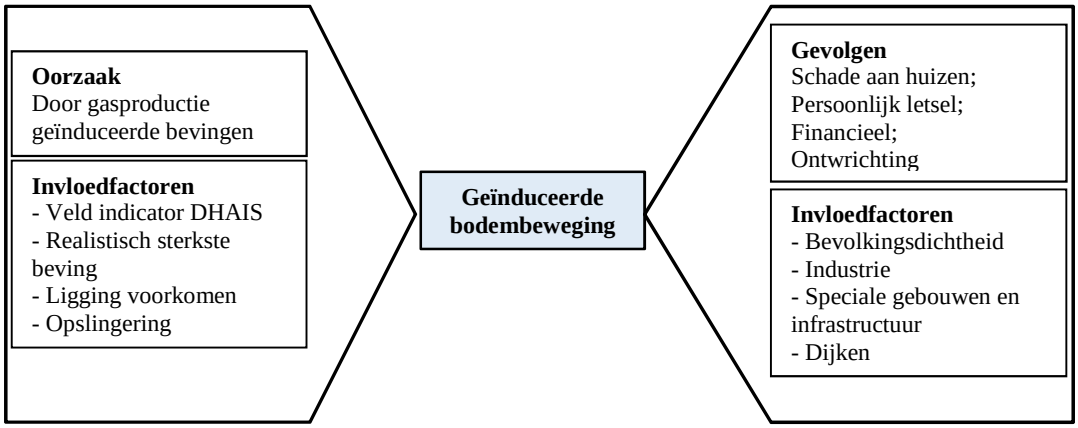
Figuur 2. Weergave van de beslisstructuur in stap1.

STAP 2: RISICO MATRIX

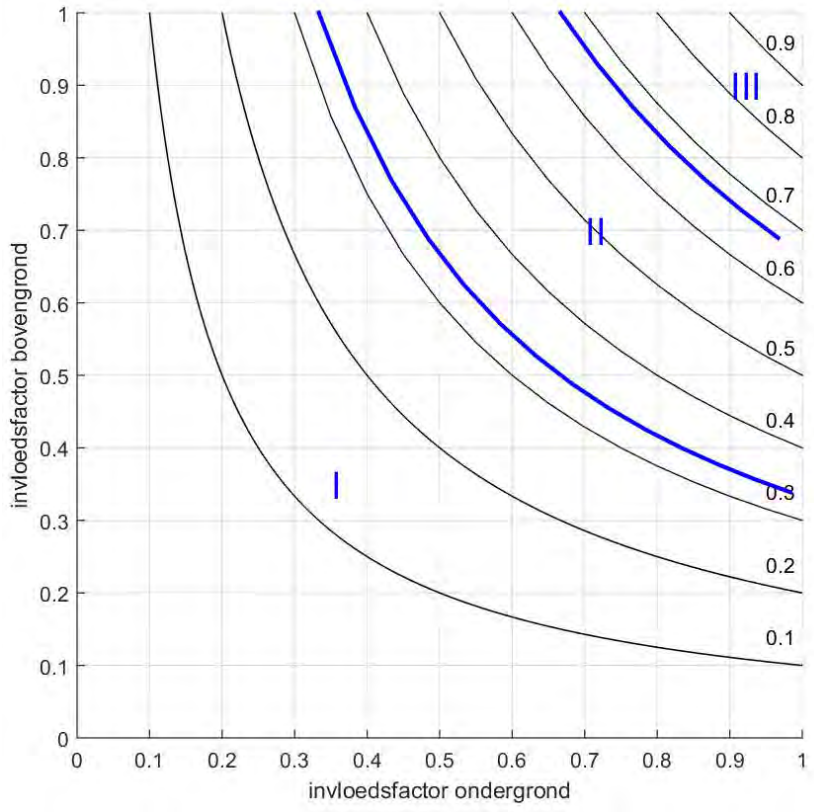
In stap 2 wordt op basis van een risico matrix benadering het risico van geïnduceerde aardbevingen verder gekwalificeerd. Figuur 3 geeft een schematische weergave van de verschillende factoren die bepalen of een geïnduceerde beving kan resulteren in een sterke grondbeweging (de invloedfactoren ondergrond) en de verschillende factoren die invloed hebben op de grootte van de mogelijke gevolgen (de invloedfactoren bovengrond).

In de risico matrix analyse worden de verschillende factoren zoveel mogelijk kwantitatief geanalyseerd en op basis van de uitkomst per factor gerankt (Bijlage 3). Over de scores van de individuele factoren wordt gesommeerd, zodat een totaalscore voor zowel de invloedfactoren ondergrond als de invloedfactoren bovengrond wordt bepaald. Deze worden genormaliseerd met het maximaal te behalen aantal punten voor

ondergrond cq. bovengrond en in de risico matrix tegen elkaar uitgezet waarmee kwalitatief een risicocategorie wordt bepaald (Figuur 4).



Figuur 3. Schematische weergave van de bedreigingen en gevolgen van geïnduceerde bevingen en de verschillende invloedfactoren die daarbij een rol spelen.



Figuur 4. De risico matrix. De zwarte lijnen zijn lijnen van gelijk genormaliseerd risico. De verdeling in categorieën is simpelweg gedaan op basis van 1/3 en 2/3 van het genormaliseerde risico.

De locatie in de risicomatrix is afhankelijk van de combinatie van de scores voor de invloedfactoren ondergrond en de invloedfactoren bovengrond. De duiding van het risico o.a. in termen van de mogelijke

schade is sterk afhankelijk van deze combinatie en de specifieke factoren waarvoor een hoge/lage score is bepaald. Er is geen algemene duiding per risicocategorie. De duiding kan alleen per voorkomen op basis van de uitkomsten van de analyse gegeven worden[1].

Voor velden waarvan op basis van de risico matrix analyses het seismisch risico door gasdepletie in de categorieën I en II vallen, zijn v.w.b. de screening geen verdere vervolgstappen nodig. Velden in categorie III vervolgen met stap 3.

STAP 3: KWANTITATIEVE RISICOANALYSE

De methodologie voor een kwantitatieve seismisch risicoanalyse in termen van individueel en maatschappelijk risico is ten dele uitgewerkt voor het Groningen gasveld [6, 7, 8, 9]. Indien andere velden in categorie III terecht komen zal het seismisch risico op een vergelijkbare wijze moeten worden gekwantificeerd..

[1] En vormt derhalve geen onderdeel van deze leidraad.

IMPLICATIES

Implicaties

Aan de inschatting van het risiconiveau voor mogelijke geïnduceerde bevingen bij gaswinning worden de volgende monitoringsverplichtingen, beheersmaatregelen en onderzoeksverplichtingen verbonden:

Categorie I:

- Monitoring met het huidige geofoon en accelerometer netwerk van het KNMI.

Categorie II:

- Duiding van de uitkomst van de risicomatrix analyse (Mbw 34.g en Mbb. 24.1.q)
- Monitoring met een minimale cataloguscompleetheid in de omgeving van het veld van magnitude 1,5,
- Monitoring in de omgeving van het veld aanvullen met accelerometers op de geofoonlocaties,
- Implementeren generiek seismisch-risicobeheersplan[2].

Categorie III:

- Monitoring met een minimale cataloguscompleetheid vanaf magnitude 0,5,
- Monitoring aanvullen met accelerometers op de geofoonlocaties,
- Monitoring van trillingen in huizen,
- Onderzoeksprogramma[3],
- Specifiek risicobeheersplan op basis van een Meet- en Regelprotocol.[4]

[2] Een plan waarin de operator de maatregelen beschrijft welke genomen worden bij het optreden van bevingen met een bepaalde sterkte cq. grondversnelling.
[3] Krijgt nadere invulling op basis van de oorzaak van het hoge risico.
[4] Met het Meet- en Regelprotocol wordt (half)jaarlijks getoetst en gerapporteerd of het risico nog binnen vastgestelde acceptabele grenzen blijft en bij (dreigende) overschrijding welke maatregelen getroffen worden om deze (dreigende) overschrijding te mitigeren..

REFERENTIES

Referenties

[1] TNO, 2012, *Seismisch hazard van geïnduceerde aardbevingen; Integratie van deelstudies*, TNO-rapport 2012 R11139 (www.nlog.nl).

[2] OVV, 2015, Aardbevingsrisico's in Groningen; Onderzoek naar de rol van veiligheid van burgers in de besluitvorming over de gaswinning (1959-2014).

[3] Muntendam-Bos, A.G., J.P.A. Roest en J.A. de Waal, 2015, *A guideline for assessing seismic risk induced by gas extraction in the Netherlands*, The Leading Edge, 34(6), 672-677, doi: 10.1190/tle34060672.1.

[4] TNO, 2004, *Deterministische hazard analyse voor geïnduceerde seismiciteit*, TNO-rapport NITG 04-171-C

[5] TNO, 2012, *Deterministische hazard analyse voor geïnduceerde seismiciteit in Nederland*, TNO-rapport 2012 R10198 (www.nlog.nl).

[6] Hazard and Risk Assessment for Induced Seismicity in Groningen – Interim Update November 2015, NAM, 7 November 2015.

[7] Een voorstel voor een toetsingsmethodiek voor mens-geïnduceerde aardbevingen in Groningen, Prof. Pieter van Gelder, TU Delft, Faculteit TBM, 16 november 2015.

[8] Seismisch risico Groningenveld; beoordeling en advies, SodM, December 2015.

[9] Handelingsperspectief voor Groningen, Eindadvies van de adviescommissie 'Omgaan met risico's van geïnduceerde aardbevingen', december 2015.

Bijlage 1

DETERMINISTISCHE HAZARD ANALYSE VOOR GEÏNDUCEERDE SEISMICITEIT IN NEDERLAND [4]

Deze studie gebruikt gegevens over seismiciteit (bron: www.knmi.nl), drukdata en eigenschappen van de voorkomens. Aan de hand van de volgende parameters van een olie- of gasvoorkomen wordt de kans bepaald dat zich, op enig moment gedurende de productie van een voorkomen, een beving voordoet:

- DP/Pini: De ratio van drukval (DP) en initiële druk (Pini) in het reservoir;
- E: de verhouding tussen de Young's moduli (stijfheidsmoduli) van de 'overburden' -en het reservoirgesteente;
- B: een maat voor de breukdichtheid van het reservoir, gedefinieerd als:

$$B = \frac{breukoppervlakte^{3/2}}{brutogesteentevolume} = \frac{l_b{}^{3/2}\, h^{3/2}}{A\, h} = \frac{l_b{}^{3/2}\, h^{1/2}}{A}$$

  met h de maximale dikte van de gaskolom van het voorkomen is, l_b de totale breuklengte van de intra-reservoir breuken en de randbreuken van het voorkomen en A het oppervlakte (gemeten binnen de GWC dieptecontour) van het voorkomen [m^2].

De kans-klassen worden hieronder weergegeven (met P_h de kans op beven van het olie-gasvoorkomen):

Reeds bevende voorkomens	
$DP/P_{ini} \geq 28\%$	B > 0,86 en E ≥ 1,34: P_h = 0.42 ± 0.08
	B > 0,86 en 1,01 ≤ E ≤ 1,33: P_l = 0.19 ± 0.05
	B < 0,86 en/of E < 1,01: verwaarloosbare kans
$DP/P_{ini} < 28\%$	Verwaarloosbare kans

De analyse geeft geen informatie over de vraag hoe groot de frequentie en magnitude van een eventuele beving zou kunnen zijn.

Bijlage 2

Bepaling sterkte realistisch sterkste beving

Er worden twee methoden gebruikt om de sterkte van de realistisch sterkste beving te bepalen: op basis van breukgeometrie en op basis van energiebalans. Beide methoden kennen grote aannamen en onzekerheden. In deze Seismisch Risico Analyse leidraad worden daarom beide methoden gebruikt.

Methode 1: breukgeometrie

De hoeveelheid energie die vrijkomt bij een beving en daarmee de sterkte van een beving schaalt met het breukoppervlak dat beweegt. De grootte van een breuk is daarmee limiterend voor de sterkste beving die op die breuk kan plaatsvinden. Deze relatie wordt gegeven door (Kanamori, 2001; Stein en Wysession, 2006):

$$M_0 = GAu = \frac{3\pi}{8}\Delta\sigma(w^2 L)$$

Waarbij M_0 het seismisch moment (maat voor de hoeveelheid energie) is dat bij een beving vrijkomt, G de schuifmodulus, A het breukoppervlak waarover beweging plaatsvind, u de gemiddelde slip (verplaatsing) op de breuk, $\Delta\sigma$ stress drop, oftewel de spanning die tijdens een beving is gerelaxeerd, w de hoogte en L de lengte van de breuk. De relatie tussen het seismisch moment (M_0) en de magnitude (M) van een beving wordt gegeven door (Hanks and Kanamori, 1979):

$$log_{10}\, M_0 = 9.1 + 1.5M$$

Voor tektonische bevingen varieert de stress drop tussen de 1MPa (10 bar) en 10 MPa (100 bar) (Abercrombie, 1995). Voor de meeste geïnduceerde bevingen komt de stress drop niet boven de 5MPa (50 bar) uit. Voor de bepaling van de sterkste realistisch mogelijke beving kan hiervan worden uitgegaan. Een stress drop van 1MPa geeft een 0,5 magnitude punt lagere magnitude, een stress drop van 10MPa een verhoging met 0,2 magnitude punt.

De grootte van de breukoppervlakken waarover slip kan plaatsvinden is voor geïnduceerde bevingen moeilijk vast te stellen. Op basis van geomechanische modellen (Roest & Kuilman, 1994; Mulders, 2003; Muntendam-Bos et al, 2008) is bekend dat de spanningstoename door depletie vooral op het breukoppervlak in het reservoir optreedt, met een lichte spanningstoename op de breuk net buiten het reservoir. Voor de bepaling van een realistische sterkste beving wordt voor het breukoppervlak uitgegaan van het breukoppervlak dat aan het reservoir grenst. Het is echter niet uitgesloten dat ook grotere bewegingen op het oppervlak buiten het reservoir kunnen optreden.

De schuifmodulus (G) kan worden bepaald op basis van de Young's modulus (E) en de Poisson Ratio (υ):

$$G = \frac{E}{2(1+\upsilon)}$$

Methode 2: Energiebalans

Voor geïnduceerde aardbevingen geldt dat slechts een deel van de energie die er door de activiteit – in dit geval onttrekking van olie of gas – opgebouwd wordt tijdens een beving vrij kan komen. Deze relatie is empirisch bepaald. Op basis van Kostrov (1974) hebben Bourne et al. (2014) voor Groningen afgeleid:

BIJLAGE 2

$$M_{0,T}(t) \cong \frac{4\mu}{3}\alpha|\Delta V(t)|$$

Waarbij $M_{0,T}(t)$ het seismisch moment is dat maximaal vrij kan komen, μ de schuifmodulus en $\Delta V(t)$ de volume verandering in het reservoir ten gevolge van de compactie door gasonttrekkking. De fractie van de door compactie opgebouwde energie die seismisch vrij kan komen wordt gegeven door de zogenaamde partitie-coëfficiënt α. De relatie tussen het seismisch moment (M_0) en de magnitude (M) van een beving wordt gegeven door (Hanks and Kanamori, 1979):

$$log_{10}\, M_0 = 9.1 + 1.5M$$

Door de logaritmische relatie tussen seismisch moment en magnitude gaat de sterkste beving gepaard met de helft van het totale seismische moment. De sterkte van deze beving wordt dan gegeven door:

$$M = \frac{2}{3}(log_{10}\left(\frac{2\mu}{3}\alpha|\Delta V(t)|\right) - 9.1)$$

De partitie coëfficiënt α is empirisch bepaald. Voor de bepaling van de sterkste realistisch te verwachten beving wordt een partitie coëfficiënt van 0,01 aangenomen, oftewel 1% van de energie die wordt opgebouwd kan vrijkomen in de sterkste beving. Dit komt overeen met de grootste waarde die geobserveerd is voor enkele velden in Noord-Nederland[5]. Ter vergelijking: voor het Groningen gasveld wordt tot nu toe een waarde voor de partitie coëfficiënt van 0,0005 geobserveerd (Bourne er al, 2014). De gevoeligheid voor de partitie coëfficiënt in de analyse is aanzienlijk: een factor 10 hogere of lagere partitie coëfficiënt geeft een verhoging cq. verlaging van de sterkste magnitude met 0,7 magnitude punt.

Referenties:

Abercrombie, R.E. (1995), *Earthquake source scaling relationships from -1 to 5 Ml using seismograms recorded at 2.5 km depth*, J. Geophys. Res. 100.

Bourne, S.J., S.J. Oates, J. van Elk, and D. Doornhof (2014), *A seismological model for earthquakes induced by fluid extraction from a subsurface reservoir*, J. Geophys. Res. 119(2), 8991-9015, doi:10.1002/2014JB011663.

Hanks, T., and H. Kanamori (1979), *Moment magnitude scale*, J. Geophys. Res. 84, 2348-2350.

Kanamori, H. (2001), *Energy budget of earthquakes and seismic efficiency*, in Earthquake Thermodynamics and Phase Transformations in the Earth's Interior, edited by R. Teisseyre, pp.293-305, Academic, Wlatham, Mass.

Kostrov, V.V. (1974), *Seismic moment and energie of earthquakes and seismic flow of rocks*, Izv. Acad. Sci. USSR Phys. Solid Earth, Eng. Transl., 1, 23-44.

Mulders, F.M.M. (2003), Modelling of stress development and fault slip in and around a producing gas reservoir, Phd. Thesis Technical University Delft, IOS Press.

Muntendam-Bos, A.G. et al. (2008), *Bergermeer Seismicity Study*, TNO Report 2008-UR1071/B, 6 November 2008.

Roest, J.P.A., and W. Kuilman (1994), *Geomechanical analysis of small earthquakes at Eleveld gas reservoir*, Eurock '94, 573 – 580.

[5] De 1% wordt voor 1 veld in de analyse gerealiseerd indien de energie uit alle opgetreden bevingen samen genomen wordt.

Bijlage 3

RISICO MATRIX ANALYSE

In de risico matrix analyse worden de belangrijkste invloedfactoren ondergrond en bovengrond beschouwd en geclassificeerd. Op basis van de classificatie wordt een puntenwaarde toegekend. De toegekende puntenwaarden voor de invloedfactoren worden vervolgens gesommeerd en genormaliseerd om de puntenwaarde voor de ondergrond en bovengrond te bepalen.

In de risicomatrix wordt de combinatie van de puntenwaarden voor boven- en ondergrond met een stip aangegeven. Uit de locatie van het punt in de matrix volgt de risicoclassificatie.

Hieronder worden de verschillende invloedfactoren besproken.

Invloedfactoren ondergrond

De invloedfactoren en de classificatie voor deze factoren worden gegeven in Tabel 1. De manier waarop de classificatie bepaald moet worden, is hieronder beschreven.

1. Kans op het induceren van bevingen:
   De kans dat bevingen geïnduceerd worden wordt bepaald op basis van de DHAIS analyse. Deze analyse is in niveau 1 al uitgevoerd. Het resultaat kan direct worden gebruikt in de classificatie.
2. De sterkste beving waar realistisch rekening mee moet worden gehouden:
   De magnitude van de sterkste beving waar realistisch rekening mee moet worden gehouden wordt berekend in niveau 1 volgens de methodieken beschreven in Bijlage 2. Het resultaat kan direct worden gebruikt in de classificatie.
3. Ligging voorkomen:
   In het noorden van Nederland (inclusief Noord-Holland) ligt een dikke laag Zechstein zout wat vaak de afsluitende laag is van de aanwezige gas voorkomens. Zout op een diepte van ~3km gedraagt zich vloeibaar en zal stromen om de spanningen in het zout te relaxeren. Hierdoor wordt extra spanning opgebouwd net boven en onder een dikke laag zout. Sinds de start van de gaswinning is het nooit voorgekomen dat er geïnduceerde bevingen optraden in velden ten zuiden van de lijn Amsterdam-Arnhem, waar de Zechstein zoutafzettingen ontbreken.
4. Lokale opslingering:
   In [1] zijn de ondiepe grondsoorten en de daaraan verbonden opslingering in kaart gebracht. Het te analyseren gasveld dient op de kaart te worden geprojecteerd en het percentage van het veld boven de verschillende grondsoorten te worden geanalyseerd. Op basis van de bepaalde percentages kan de factor opslingering worden geclassificeerd.

Om de bedreiging te bepalen worden de puntenwaarden behorende bij de classificatie van de vier factoren gesommeerd en genormaliseerd met het maximaal te behalen aantal punten (=14).

Invloedfactoren bovengrond

De gevolgfactoren en de classificatie voor deze factoren worden gegeven in Tabel 2. De manier waarop de classificatie bepaald moet worden, is hieronder beschreven. Algemene opmerking hierbij is dat een 5 km bufferzone genomen wordt vanaf de rand van het veld. De reden hiervoor is dat bevingen op de randbreuken van een veld binnen deze afstand nog significante grondbewegingen kunnen veroorzaken.

1. Bevolkingsdichtheid & bebouwing:
   De bevolkingsdichtheid, oftewel het aantal inwoners per km^2, kan worden bepaald door het oppervlakte

van het veld binnen de verschillende gemeenten waaronder het veld gelegen is in kaart te brengen. Op de bevolkingsdichtheidkaart (CBS Statline)) kan per gemeente de gemiddelde bevolkingsdichtheid worden afgelezen. Op basis van het oppervlakte binnen de verschillende gemeenten kan vervolgens een gewogen gemiddelde voor de bevolkingsdichtheid boven het gasveld worden bepaald, welke geclassificeerd kan worden. Voor hele keine velden kan eventueel ook de ´bevolkingsdichtheid per buurt' worden gebruikt (CBS Statline). Daarnaast wordt in deze categorie ook rekening gehouden met de aanwezige bebouwing. Het type bebouwing speelt een belangrijke rol, maar is moeilijk te specificeren. Het is wel vast te stellen of er wijken met flats/appartementencomplexen aanwezig zijn. Dit is in deze categorie verwerkt.

2. Industriële inrichtingen:
   Op http://www.risicokaart.nl kan de aanwezigheid van industriële inrichtingen boven en rond het veld worden geïnventariseerd en kan deze factor worden geclassificeerd.
3. Speciale gebouwen en vitale infrastructuur:
   Op http://www.risicokaart.nl kan de aanwezigheid van scholen, ziekenhuizen, tehuizen en publieke gebouwen waar veel mensen samenkomen in kaart worden gebracht en kan deze factor worden geclassificeerd.
4. Dijken:
   De aanwezigheid van primaire en/of secundaire dijken kan op http://www.risicokaart.nl in kaart worden gebracht.

Om de gevolgen te bepalen worden de puntenwaarden behorende bij de classificatie van de vijf factoren gesommeerd en genormaliseerd met het maximaal te behalen aantal punten (=16).

BIJLAGE 3

Tabel 1. Classificering van de invloedfactoren ondergrond.

	DHAIS	M	Ligging voorkomen	Opslingering
5		Alle methodes >4,5		
4	Bevend veld > 5 bevingen per jaar van M≥ 1,5	1 methode > 4,5 én/of Alle methodes 4,1 – 4,5		
3	Bevend veld < 5 bevingen per jaar van M≥ 1,5	1 methode 4,1 – 4,5 én/of Alle methodes 3,6 – 4,0		>60% slappe grond ($V_{s,30}$ =< 200m/s) en/of >30% grondsoort die extra gevoelig zijn voor amplificatie, zoals veenlagen dikker dan 3m en slappe veenlagen met een dikte van 1m-3m gelegen op een stijve ondergrond.
2	P=42% Of Bevend veld M < 1,5	1 methode 3,6 – 4,0 én/of Alle methodes 3,1 – 3,5	Boven de lijn Amsterdam-Arnhem	30-60% slappe grond ($V_{s,30}$ =< 200m/s) en/of 15-30% grondsoort die extra gevoelig zijn voor amplificatie, zoals veenlagen dikker dan 3m en slappe veenlagen met een dikte van 1m-3m gelegen op een stijve ondergrond.
1	P=19%	1 methode 3,1 – 3,5 én/of Alle methodes 2,6 – 3,0		10-30% slappe grond ($V_{s,30}$ =< 200m/s) en/of 5-15% grondsoort die extra gevoelig zijn voor amplificatie, zoals veenlagen dikker dan 3m en slappe veenlagen met een dikte van 1m-3m gelegen op een stijve ondergrond.
0		1 methode 2,6 – 3,0 én/of Alle methodes ≤ 2,5	Onder de lijn Amsterdam-Arnhem	<10 % slappe grond ($V_{s,30}$ =< 200m/s) en/of < 5% grondsoort die extra gevoelig zijn voor amplificatie, zoals veenlagen dikker dan 3m en slappe veenlagen met een dikte van 1m-3m gelegen op een stijve ondergrond.

BIJLAGE 3

Tabel 2. Classificering van de invloedfactoren bovengrond

	Bevolkings-dichtheid (aantal inwoners per km^2)	**Industriële inrichtingen**	**Speciale gebouwen En vitale infrastructuur**	**Dijken**
4	> 2500	Meerdere direct boven het veld	Meerder ziekenhuizen en/of energievoorzieningen direct boven het veld	Primaire dijken boven het veld
3	1000-2500 en/of 500-1000 met wijken bestaande uit flats/appartementencomplexen binnen 5 km rond het veld	1 boven het veld en/of meerdere binnen 5 km rond het veld.	1 ziekenhuis en/of energievoorziening direct boven het veld of meerdere binnen 5 km rond het veld. Meerdere scholen, tehuizen en/of publieksgebouwen direct boven het veld	Primaire dijken binnen 5 km rond het veld en/of secundaire dijken boven het veld
2	500-1000 en/of 250-500 met wijken bestaande uit flats/appartementencomplexen binnen 5 km rond het veld	1 binnen 5 km rond het veld.	1 school, tehuis en/of publieksgebouw boven het veld of meerdere binnen 5 km rond het veld.	Secundaire dijken binnen 5 km rond het veld
1	250-500 en/of <250 met wijken bestaande uit flats/appartementencomplexen binnen 5 km rond het veld		1 school, tehuis en/of publieksgebouw binnen 5 km rond het veld.	
0	< 250	Geen binnen 5 km rond het veld	Geen boven en/of binnen 5 km rond het veld	Geen dijken binnen 5 km rond het veld

Inschatting van het risico op schade aan de Waddendijk door mogelijke seismische activiteit van het Ternaard gasveld

NAM, april 2019.

Als onderdeel van de Milieu Effect Rapportage voor het Ternaard gasveld is het risico op schade, door mogelijke seismische activiteit aan de waddendijk nabij Ternaard, bepaald. Deze dijkenstudie is in maart 2019 afgerond met als resultaat het onderliggende engels-talige rapport;

"*Estimate of seismic activity of the Ternaard gasfield and deformation risk assessment for the adjacent primary levee, The Netherlands*"

Om de mogelijke effecten van aardbevingen op de waddendijk in Friesland beter te begrijpen heeft de NAM de firma GR8Geo een analyse laten doen naar de mogelijke effecten van bevingen op de waddendijk nabij Ternaard. De methodes van onderzoek in een eerder gedane studie naar de dijk Eemshave-Delfzijl zijn ook gebruikt voor de Friese studie. Deze studie methodes, zijn goed bevonden door een panel van internationale experts en is geaccepteerd door het Ministerie van Infrastructuur en Milieu (zie notitie van Deltares[1] en ook de brief van het Ministerie van Infrastructuur en Milieu[2]).

In het eerste gedeelte van het GR8Geo rapport over de Friese waddendijk is, als basis en uit conservatisme, een aardbeving gebruikt met een magnitude die groter is dan de maximale magnitude zoals gedocumenteerd in het winningsplan. Meerdere Ground Motion Prediction Equiations (GMPE) zijn gebruikt om de relatie tussen de beving en versnellingen van de grond, in het dijklichaam te berekenen en waarbij de uitkomsten vergeleken zijn met de uitkomsten voor de Eemshaven-Delfzijldijk. Belangrijk in deze berekening zijn de gedetailleerde geotechnische data van het dijklichaam bij Ternaard, die verstrekt zijn door het Wetterskip Fryslân. De analyse wijst uit dat de effecten van een beving met een magnitude van M=3,9 en zelfs van een beving met de hoogste potentiele magnitude ooit bepaald voor een klein gasveld in Nederland, zeer klein zijn.

In het laatste deel is onderzocht wat de impact zou kunnen zijn van de beweging op het vloeigedrag van de grond en stabiliteit in en van de dijk. Hiervoor is een grote hoeveelheid data van sonderingen in combinatie met gedetailleerde geomterische beschrijvingen van de dijk gebruikt in een gedetailleerd model voor de dijk. Een belangrijke parameter hierbij is de Liquifaction Potential Index (LPI) voor de verschillende grondsoorten. Deze LPI-waarden blijken zeer laag te zijn (LPI ligt tussen 0 en 0,73). Liquifactie kan alleen ontstaan bij een veel hogere waarde (LPI=5). De verdere analyse naar de mogelijke deformatie van zachte kleiformaties bracht ook geen reden voor vervolg studies.

Samenvattend kan er gesteld worden dat het onwaarschijnlijk is dat een beving, zelfs met zeer conservatieve waarden voor de maximale magnitude van de beving, zal leiden tot schade aan de Waddendijk boven het Ternaard gasveld.

[1] Deltares, Memo : Eemshaven Delfzijl – Uitgangspunten voor een aardbevingsbestendig ontwerp, Juni 2017

[2] Ministerie van Infrastructuur en Milieu , Brief aan Waterschap Noorderzijlvest, juli 2017.

ESTIMATE OF SEISMIC ACTIVITY OF THE TERNAARD GAS FIELD AND DEFORMATION RISK ASSESSMENT FOR THE ADJACENT PRIMARY LEVEE, THE NETHERLANDS

Prepared for:
Nederlandse Aardolie Maatschappij B.V.

February 2019
Project No. P2019.0002

GR8 GEO Private Company | Dimitrakopoulou 79 | 11741 Athens, Greece | +30 210 922 2186 | www.gr8-geo.com

DOCUMENT CONTROL SHEET

PROJECT	:	Estimate of Seismic Activity of the Ternaard Gas Field and Deformation Risk Assessment for the Adjacent Primary Levee, the Netherlands
PREPARED BY	:	GR8 GEO Dimitrakopoulou 79, 11741 Athens, Greece
PREPARED FOR	:	Nederlandse Aardolie Maatschappij B.V.
PROJECT NO	:	P2019.0002
DATE	:	06/03/2019
Issue	:	01

Issue No	Date	Prepared By	Checked By	Approved By
01	06/03/2019	PG	AG	JC

Dimitrakopoulou 79
11741 Athens, Greece
T: +30 210 922 2186

March 06, 2019
Project No. 2019.0002

Nederlandse Aardolie Maatschappij B.V.
Postbus 28000
9400 HH ASSEN
The Netherlands

Attention: Mr. Ruud van Boom

Subject: Estimate of Seismic Activity of the Ternaard Gas Field and Deformation Risk Assessment for the Adjacent Primary Levee

Dear Mr. van Boom:

The Nederlandse Aardolie Maatschappij B.V., referred to here as NAM, has retained the services of GR8 GEO to develop estimates of seismic activity due to the gas production in Ternaard gas field and assess the risks for major infrastructure such as the primary levee.

As part of the above study, GR8 GEO conducted Deterministic Seismic Hazard Analyses and evaluated the levee deformation potential also considering the findings of recent studies on the dynamic performance assessment of the Eemshaven-Delfzijl levee in the nearby Groningen field.

It has been a pleasure working with you on this project. We look forward to the opportunity to provide continued support to your team as the project progresses.

Sincerely,

GR8 GEO

Jacob Chacko
Principal Engineer

CONTENTS

Page

1.0 INTRODUCTION 1
1.1 Background 1
1.2 Key Personnel 1
1.3 Report Organization 2
2.0 DETERMINISTIC SEISMIC HAZARD ANALYSES 3
2.1 Maximum Magnitude Estimates 3
2.2 Site Geology 3
2.3 Selection of Empirical Attenuation Relationships 7
2.4 Deterministic Seismic Hazard Approach 8
2.4.1 Overview 8
2.4.2 Estimating "Reasonably Conservative" Number of Standard Deviations (Sigmas) for Use in DSHA 11
2.4.3 Comparative GMPE Scaling 11
2.5 Results 14
3.0 EVALUATION OF PRIMARY LEVEE DEFORMATION POTENTIAL 16
3.1 Available Data 16
3.2 geotechnical site conditions 16
3.3 Primary Levee Geometry 17
3.4 Evaluation of liquefaction triggering potential of Coarse-Grained Deposits 17
3.4.1 Basis of Evaluation 18
3.4.2 Cyclic Demand 18
3.4.3 Cyclic Resistance 18
3.4.4 Evaluation of Liquefaction Potential Index 18
3.4.5 Results 19
3.5 Evaluation of cyclic softening potential of fine-Grained Deposits 22
4.0 SUMMARY AND CONCLUSIONS 24
5.0 REFERENCES 26

TABLES

Page

Table 1. Key Project Personnel 1
Table 2. Maximum Magnitude Estimates 3
Table 3. Characteristics of the GMPEs considered in this study 8
Table 4. Empirical Correlations for Shear Wave Velocity 9

FIGURES

Page

Figure 1. Friesland Gas Field 1
Figure 2. Deep Cross Section extending from Ternaard to west of Eemshaven along the primary levees, DGMdeep v4.0 model, Dinoloket 4
Figure 3. Deep Cross Section near Ternaard primary levee, DGMdeep v4.0 model, Dinoloket..... 4
Figure 4. Cross Sections from DGM v2.2 model: along the primary levees from Ternaard to west of Eemshaven (upper illustration), along the primary levees near Ternaard (middle illustration), along the primary levees between Eemshaven and Delfzijl (lower illustration)..... 6
Figure 5. Overview of segments in the Flood Protection Act (in Dutch: Waterwet). 8
Figure 6. Shear Wave Velocity from Interpreted CPT data within Pleistocene deposists underlying the primary levee north of Ternaard. 10
Figure 7. Comparison of deterministic spectra for a M=5 at R=10 km scenario using v5 GMM with probabilistic spectra using v2 GMM corresponding to a return period of 1100-years at the base of the numerical model used for the dynamic stability evaluations at Eemshaven levee. 11
Figure 8. Trellis plot for acceleration response spectra of the selected GMPEs (median estimates and V_{S30}=1400m/s). 12
Figure 9. Trellis plot for acceleration response spectra of the selected GMPEs (median plus one sigma estimates and V_{S30}=1400m/s). 13
Figure 10. Trellis plot for acceleration response spectra of the selected GMPEs (median plus two sigma estimates and V_{S30}=1400m/s). 13
Figure 11. Comparison of deterministic spectra for a M=3.9 at R=3 km scenario using the weighted average of selected GMPEs for different values of standard deviations with probabilistic spectra using v2 GMM corresponding to a return period of 1100-years at the base of the numerical model used for the dynamic stability evaluations at Eemshaven levee. 14
Figure 12. Comparison of deterministic spectra for a M=4.1 at R=3 km scenario using the weighted average of selected GMPEs with probabilistic spectra using v2 GMM corresponding to a return period of 1100-years at the base of the numerical model used for the dynamic stability evaluations at Eemshaven levee. 15
Figure 13. Available explorations along the primary levee north of Ternaard. 16
Figure 14. Comparison of primary levee geometries near Ternaard and near Eemshaaven with the same allowable probability of flooding of 1/1000 years. 17
Figure 15. Example of levee crest settlement versus LPI estimated from dynamic numerical evaluations for the Eemshaven primary levee (Kolk et al 2017). 19
Figure 16. Estimated LPI values along Friesland levee. 20
Figure 17. Example CPT liquefaction triggering log for a CPT with LPI=0. 21
Figure 18. Example CPT liquefaction triggering log for a CPT with LPI=0.73. 21
Figure 19. Robertson (1990) Classification Chart. 22
Figure 20. Estimated Su values for all the CPTs along the. Red dots correspond to S_u less than 40 kPa, and black circles correspond to S_u less than 20 kPa. 23
Figure 21. Estimated CSPI values along Friesland (left) and Eemshaven-Delfzijl (right) levee. 23

APPENDICES

APPENDIX A LONGITUDINAL GEOTECHNICAL CROSS SECTIONS

APPENDIX B CPT LIQUEFACTION TRIGGERING LOGS

1.0 INTRODUCTION

1.1 BACKGROUND

As part of the Environmental Impact Assessment Study for the Ternaard gas field development NAM is estimating the risks for major infrastructure such as the primary levee due to potential gas-extraction induced seismic activity. The area of interest is shown on Figure 1. The main focus areas, the Blija-Ferwerderadeel and Ternaard gas fields, are marked with the blue circles.

GR8 GEO was requested to derive an estimate of seismic demand resulting from the Friesland gas field (i.e. in the form of spectral accelerations) and compare it with the seismic demand from the nearby (and much bigger) Groningen field. The relative seismic demands and the performance estimates from the previously studied Eemshaven-Delfzijl levee near Groningen are to be used as indicators of the Friesland primary levee deformation potential.

This report presents the findings of the deterministic seismic hazard analyses performed to develop estimates of the seismic demand resulting from the Friesland gas field and the levee deformation potential evaluations for the primary levee north of Ternaard.

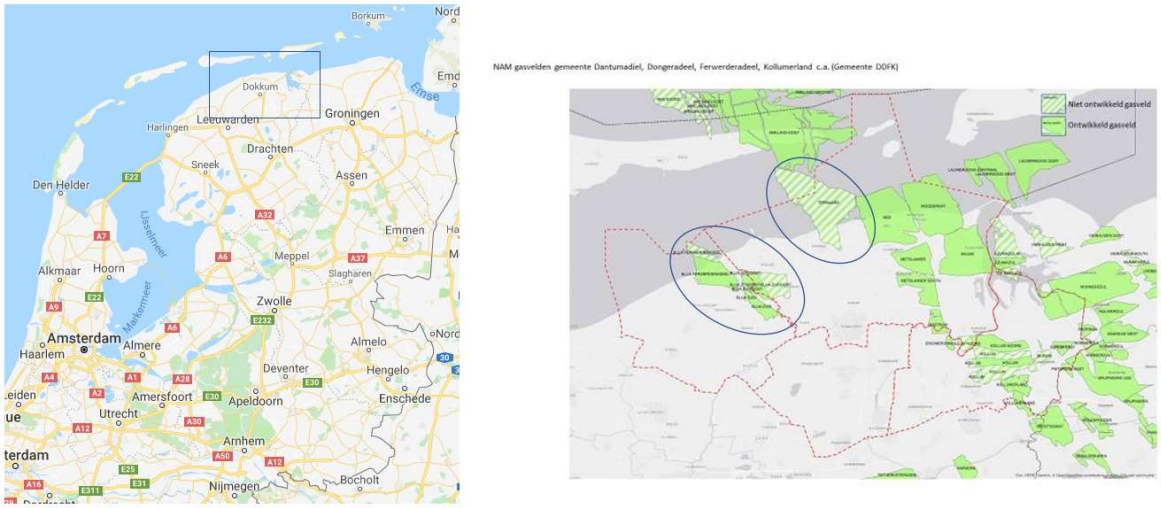


Figure 1. Ternaard Gas Field

1.2 KEY PERSONNEL

Key personnel associated with this study are identified in the following table.

Table 1. Key Project Personnel

CLIENT	NAME
Project Manager, NAM	Ruud van Boom
GR8 GEO	**NAME**
Technical Reviewer	Jacob Chacko
Project Manager	Amalia Giannakou
Deterministic Seismic Hazard Assessment	Amalia Giannakou, Vasileios Drosos
Evaluation of Levee Deformation Potential	Panagiotis Georgarakos

1.3 REPORT ORGANIZATION

The report is organized in four main sections. Following this introductory section:

- Section 2 presents the results of the deterministic seismic hazard analyses
- Section 3 presents the evaluations of the levee deformation potential
- Section 4 summarizes the main conclusions
- Section 5 lists the references

2.0 DETERMINISTIC SEISMIC HAZARD ANALYSES

2.1 MAXIMUM MAGNITUDE ESTIMATES

Maximum magnitude, M_{max}, estimates were developed by NAM following the guidelines outlined by the State Supervision of Mines (2016). According to these guidelines two methods are used to develop estimates of maximum magnitude based on fault geometry and energy balance.

- The method based on fault geometry assumes that the amount of energy released during an earthquake and thus the earthquake magnitude is a function of the fault area that ruptures. The maximum earthquake magnitude is therefore limited by the size of the rupture. The Kanamori (2001) and Stein and Wysession (2006) relationships were used to estimate the maximum seismic moment that is released during an earthquake, the shear modulus, the rupture area, the average slip (displacement) of the fault, the stress drop, the height and the length of the rupture.
- The method based on energy balance assumes that for induced earthquakes, only part of the energy generated by gas extraction activity can be released during an earthquake. Bourne et al. (2014) based on Kostrov (1974) have developed an empirical relationship between the maximum seismic moment that can be released, the shear modulus and the volume change in the reservoir as a result of the compaction due to gas extraction for Groningen.

The maximum magnitude is then estimated from the maximum seismic moment using the relationship by Hanks and Kanamori (1979).

Since these methods are associated with significant assumptions and uncertainties, both were used in the estimation of maximum magnitude. The results are summarized in Table 2.

Table 2. Maximum Magnitude Estimates

Field	Maximum Fault Length (km)	Poisson's Ratio	Fault Throw (m)	M_{max} Energy Balance Method	M_{max} Fault Geometry Method
Blija-Ferwerderadeel	2.7	0.25	98	3.2	3.4
Blija-Zuid	4.3	0.25	87	2.7	3.5
Blija-Zuidoost	2.5	0.25	115	3.3	3.5
Ternaard	6.5	0.2	112	3.4	3.7

Based on the above deterministic seismic hazard analyses were performed for an earthquake scenario with an M_{max} of 3.9.

2.2 SITE GEOLOGY

Cross sections that show the primary geologic units in Friesland were generated from Dinoloket using the DGMdeep v4.0 model (that extends to more than 6 km depth) and the DGM v2.2 (that focuses on the upper 300 to 600 meters) to obtain an overview of the site conditions at the Friesland gas field and how they compare to the conditions at the Groningen gas field.

Figure 2 shows a deep cross section from DGMdeep v4.0 model that extends from the Friesland gas field (i.e. from the levee north of Ternaard) to the Groningen gas field (i.e. to the levee

west of Eemshaven). As shown on this figure the top of the gas reservoir (denoted with RO in the cross section on Figure 2) is located at about 3.7 km depth at Friesland with an upwards slope towards the northeast where it is encountered at about 3.0 km depth near Eemshaven.

In addition, as shown on Figure 2, it looks like the area near Ternaard is underlain by a salt diapir from the Zechstein Formation (denoted as ZE on Figures 2 and 3, pink colour), the top of which is about 800 meters deep near Ternaard. By contrast, the Zechstein formation is typically about 1.8-2 km deep in the Groningen Field. As a consequence the base of North Sea supergroup (denoted as NL_NM on Figures 2 and 3, orange colour), which represents the reference bedrock in the Groningen v5 GMM (Bommer et al 2018), is encountered at depths varying from 450 to 1200 m, compared to about 800 to 900 m depth which is where it is typically encountered in the Groningen Field.

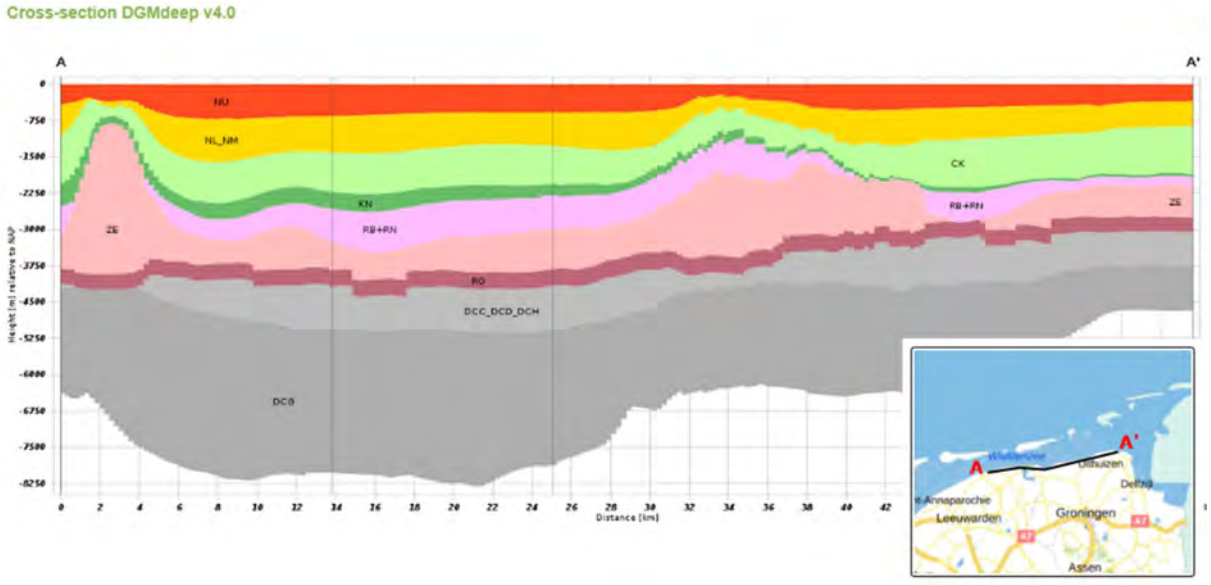


Figure 2. Deep Cross Section extending from Ternaard to west of Eemshaven along the primary levees, DGMdeep v4.0 model, Dinoloket

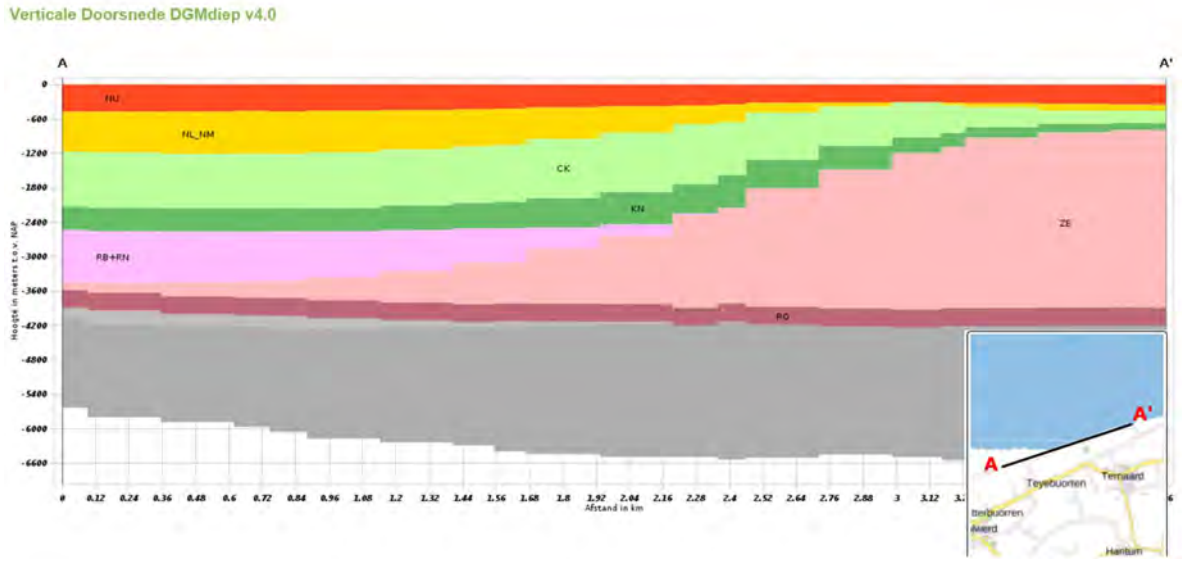


Figure 3. Deep Cross Section near Ternaard primary levee, DGMdeep v4.0 model, Dinoloket

Figure 4 includes a cross section from the DGM v2.2 model focusing on the upper 500 meters that extends from the Friesland gas field (i.e. from the levee north of Ternaard) to the Groningen gas field (i.e. to the levee west of Eemshaven), upper illustration, and cross sections from the same model along the primary levee near Ternaard and along the primary levee between Eemshaven and Delfzijl in the Groningen gas field.

The geologic units included in the DGM v2.2 model are part of the Upper North Sea Group from DGMdeep v4.0 model (NU is Figures 2a and 2b, red colour). As shown on this figure roughly the same sequence of geologic units is encountered in Friesland and in Groningen gas fields although the thicknesses of the individual formations vary between the two fields along the primary levees. The Upper North Sea Group includes the Miocence marine clays of the Brenda Formation (BR on Figure 4), overlain by Pliocene marine delta slope deposits of the Oosterhout Formation (OO on Figure 4). The uppermost deposits within the group of Pleistocene age include the Peize Formation (PZWA on Figure 4), Appelscha Formation (AP on Figure 4) and Urk Formation (UR on Figure 3) fluvial deposits, overlain by Peelo Formation (PE on Figure 4) glacial deposits and Eem Formation (EE on Figure 4) marine deposits (Kruiver et al 2017). The Pleistocene deposits are overlain by a sequence of Holocene soft clays and loose to medium dense sands (HL on Figure 4).

As shown on Figure 4, the Holocene deposits appears to be thinner in Friesland than under the primary levees near the Groningen field, and the top of Pleistocene is also encountered at shallower depths in Friesland than in the Groningen field. Geotechnical cross sections along the levee near Ternaard were provided by the Waterboard and are included in Appendix A. As shown on these sections the levees are underlain by a Holocene sequence of soft clays, peats and medium dense sands that extend down to El. -5 m to -10 m NAP where the top of Pleistocene deposits consisting of stiff clays and denser sands is encountered.

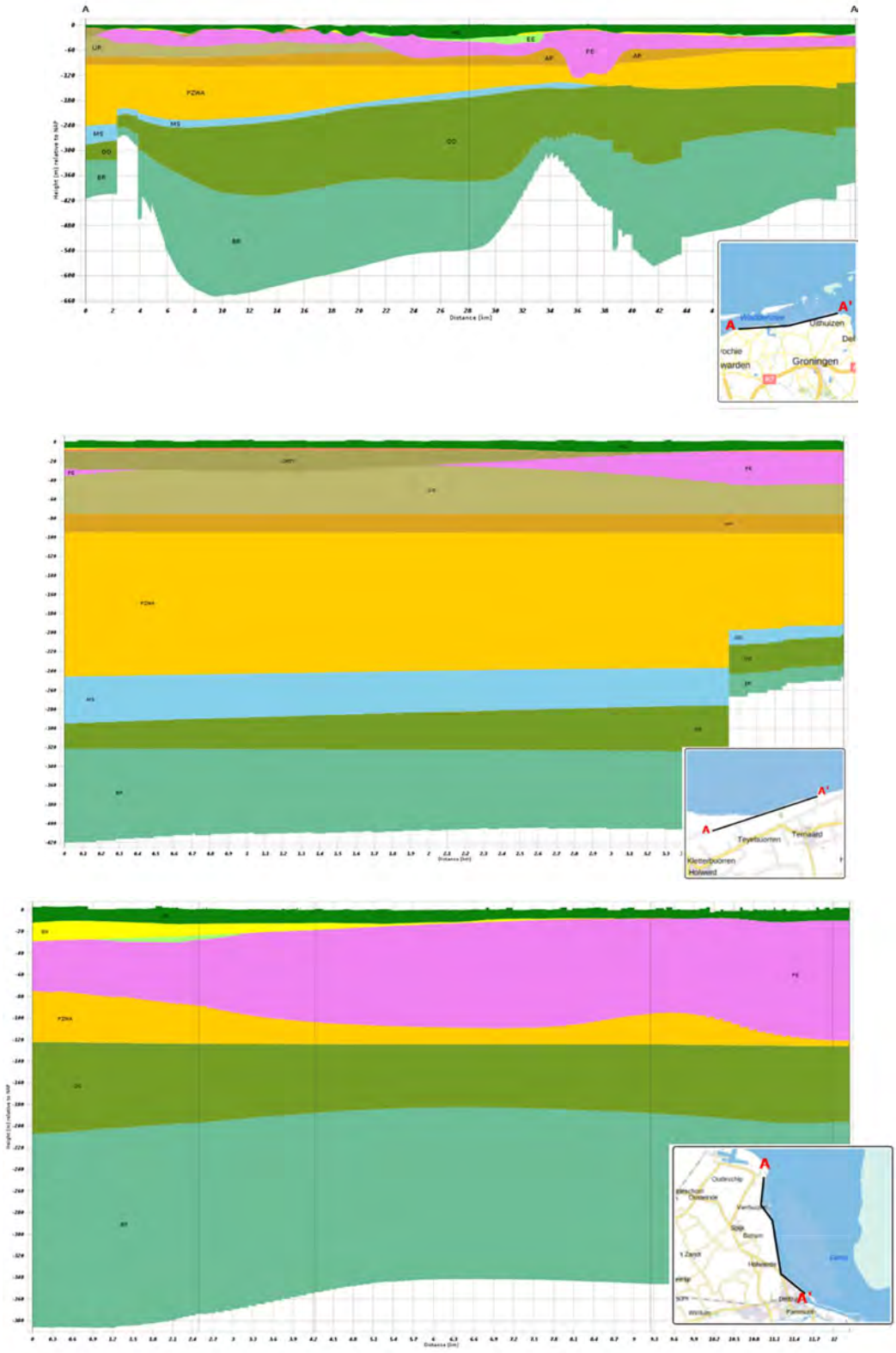


Figure 4. Cross Sections from DGM v2.2 model: along the primary levees from Ternaard to west of Eemshaven (upper illustration), along the primary levees near Ternaard (middle illustration), along the primary levees between Eemshaven and Delfzijl (lower illustration)

2.3 SELECTION OF EMPIRICAL ATTENUATION RELATIONSHIPS

The attenuation of seismic waves from a seismic source to the site is modeled using ground motion prediction equations (GMPEs). These empirical relationships should model the type of seismic source rupture mechanism as well as the regional geology and seismotectonic setting to properly estimate site-specific earthquake ground motion amplitudes.

Most of the GMPEs typically used in seismic hazard assessments generally focus on relatively large events (M>5.0) although the current state-of-the-art tends to consider small events (M>3) when developing GMPEs in order to better calibrate the magnitude scaling (i.e. Next Generation Attenuation West 2 project, Bozorgnia et al., 2014).

Induced earthquakes are likely to be of smaller magnitude and shallower focal depth than the tectonic earthquakes for which most GMPEs are derived, which also results in the wave propagation paths being more strongly influenced by the heterogeneous properties of the uppermost portion of the crust. This results in more accentuated regional differences in ground motion characteristics compared to tectonic earthquakes which is particularly the case for the Groningen gas field (and potentially even more for the Friesland gas field) given the presence of a high velocity salt layer above the reservoir which exerts a pronounced effect on seismic wave propagation (Kraaijpoel and Dost 2013).

A ground motion model for gas-extraction-induced seismicity in the Groningen field has been developed by Bommer et al (2016, 2018). The model was calibrated to local recordings of small-magnitude events (up to M 3.6) and captures the epistemic uncertainty in the extrapolation to larger magnitude considered in the assessment of the resulting hazard and risk for the Groningen field. In order to reflect the conditions in the field, the model first predicts accelerations at the bottom of the North Sea supergroup (NS_B) approximately 800 m below the surface and then convolves these motions with frequency-dependent nonlinear amplification factors assigned to zones across the Groningen field.

Farhadi et al (2018) presented a relatively short list of ground-motion models (GMMs) not established from datasets strictly made of induced events most suitable for induced-seismicity application in Central and Eastern North America (CENA). The models were tested against a dataset of induced earthquakes composed of 2414 time histories from 384 CENA induced events with hypocentral distances below 50 km and moment magnitudes from 3.5 to 5.8. Candidate GMMs were selected from two categories, including purely empirical models developed from the Next Generation Attenuation-West2 (NGAWest2) database and indigenous models of CENA. Some models performed better in certain frequencies than others, and no single model was the best over the entire frequency range. Overall, three models including Abrahamson et al. (2014), Chiou and Youngs (2014), and Atkinson (2015) GMMs outperformed other models.

Douglas et al. (2013) developed GMPEs based on empirical data from ground-motion datasets of induced and natural seismicity from geothermal activities (in Basel, Geysers, Hengill, Roswinkel, Soultz, and Voerendaal), and stochastic simulations.

Table 3 summarizes the main characteristics of the GMPEs considered in this study.

For the Douglas et al. (2013) GMPE the function based on stochastic simulations was selected for a scenario with a path attenuation factor Q=200, a site attenuation factor κ=0.02 sec, and a stress drop parameter of 100 bars, which are the closest parameters to those defined for the Groningen v5 GMM simulations in Bommer et al. (2018) (Q=220, κ=0.01 sec, and a stress parameter of 50 to 100

bars for magnitudes less than 3.4). For the aleatory variability, the between-event standard deviation (τ) was used and was estimated as the average value proposed for the Basel and Soultz geothermal fields. For periods longer than 0.5 s, extrapolation of sigma was done assuming same values as at 0.5s.

Table 3. Characteristics of the GMPEs considered in this study

GMPE	M range	R range (km)	Vs30	Period range
GMPE Groningen V5 GMM Bommer et al. (2018)	M_w 2.6-3.6 extrapolated to M_{max} of about 6.5 using stochastic simulations	0-20	Reference bedrock 1400 m/s Amplification Functions for Vs30 values between 160 to 280 m/s	PGV and SA from 0.01 to 5.0 s
Abrahamson et al. (2014)	M_w 3.0 - 8.5	0-300	200 - 1500 m/s	PGV and SA from 0.01 to 10.0 s
Chiou and Youngs (2014)	M_w 3.0 - 8.5	0-300	200 - 1500 m/s	PGV and SA from 0.01 to 10.0 s
Atkinson (2015)	M_w 3.0-6.0	0-40	760 m/s	PGV and SA from 0.01 to 5.0 s
Douglas et al. (2013)	M_w 1.0-4.0	0-20	1100 m/s	PGV and SA from 0.01 to 10.0 s

2.4 DETERMINISTIC SEISMIC HAZARD APPROACH

2.4.1 Overview

The goal of the deterministic seismic hazard assessment (DSHA) is to develop estimates of seismic demand that can be compared to the levels of seismic demand used in the dynamic levee stability evaluations for the Eemshaven primary levee (Fugro 2017) near Groningen (Segment 6-6, Figure 5), which has the same allowable probability of flooding as the primary levee north of Ternaard (i.e. 1/1000 years).

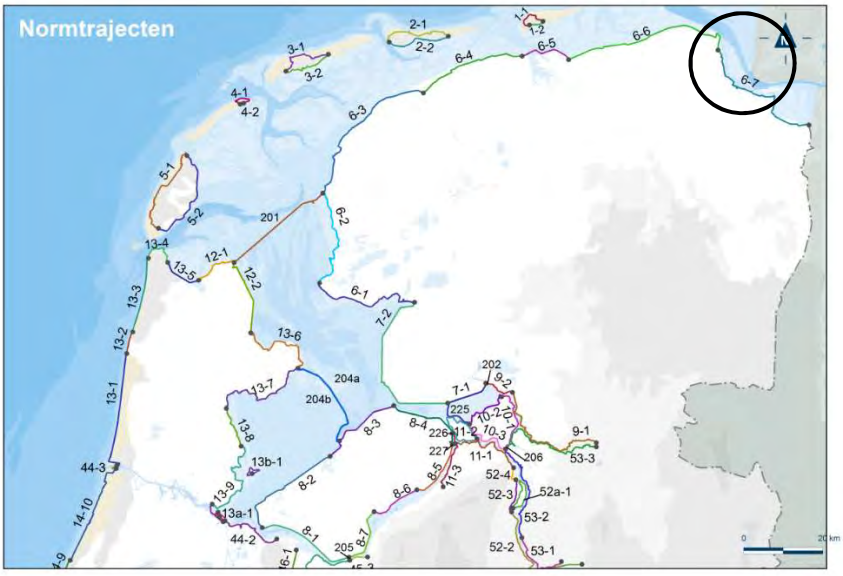


Figure 5. Overview of segments in the Flood Protection Act (in Dutch: Waterwet).

A code calibration study for the primary flood defenses at Eemshaven-Delfzijl was undertaken (Jongejan et al 2017) to derive design parameters for the dynamic stability evaluations of the Eemshaven-Delfzijl primary levee that resulted in a 1100-year design return period for Segment 6-6.

The seismic demand was estimated at a stiff soil horizon level located near the top of Pleistocene deposits and was compared to the acceleration response spectrum used as input at the base of the numerical models in the dynamic stability evaluations for Eemshaven levee. Estimates of shear wave velocity within the Pleistocene deposits along the primary levee near Ternaard were developed using the average of the empirical correlations with CPT data of Rix & Stokoe (1991), Mayne & Rix (1995), Andrus et al. (2007), and Robertson (2009) summarized in Table 4.

Table 4. Empirical Correlations for Shear Wave Velocity

Reference	Soil Type	Correlated Parameters	Correlations
Mayne and Rix (1995)	Clay	• Cone tip resistance, q_c	$V_s = 1.75(q_c)^{0.627}$ where V_s is in m/s and q_c is in kPa
Rix and Stokoe (1991)	Quartz Sands	• Cone tip resistance, q_c • Effective vertical stress, σ'_v	$G_{max} = 1634(q_c)^{0.25}(\sigma'_v)^{0.375}$ where G_{max}, q_c and σ'_v are in kPa; and $V_s = (G_{max}/\rho)^{0.5}$ in m/s
Andrus et al. (2007)	All	• Cone tip resistance corrected for pore pressure effects, q_t • Depth, z • Soil behavior type index, I_c • Age scaling factor (SF)	$V_s = 2.62(q_t)^{0.395}(I_c)^{0.912}(z)^{0.124}SF$ where V_s is in m/s, q_t in kPa, I_c is dimensionless, z is in m, and SF = 1.12 for Pleistocene soils and 0.90 for Holocene soils;
Robertson (2009)	All	• Cone tip resistance corrected for pore pressure effects, q_t • Total stress, σ_v • Soil behavior type index, I_c	$V_s = [10^{(0.55\,Ic + 1.68)}(q_t - \sigma_v)/P_a]^{0.5}$ where V_s is in m/s, q_t and σ_v in kPa, I_c is dimensionless, and P_a is the atmospheric pressure

The interpreted shear wave velocity from CPT data within the Pleistocene deposits is shown on Figure 6. Also shown on this figure is the idealized shear wave velocity profile within the Pleistocene deposits considered in this study. Based on this a Vs30 of about 260 m/s was used in the evaluations of seismic demand applicable near the top of Pleistocene deposits.

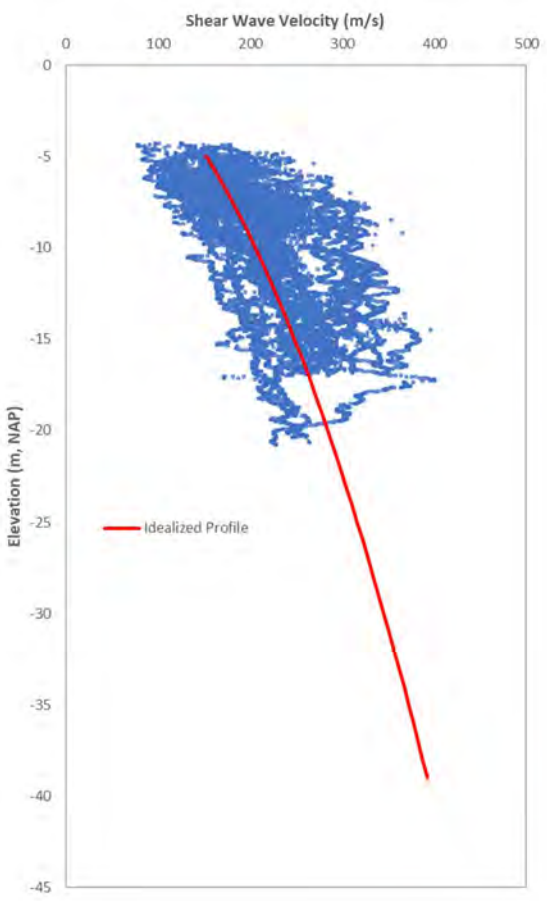


Figure 6. Shear Wave Velocity from Interpreted CPT data within Pleistocene deposists underlying the primary levee north of Ternaard.

The following approach was adopted for the deterministic seismic hazard evaluation for Friesland gas field:

- Estimates of reference bedrock horizontal acceleration response spectra were developed using the selected GMPEs for a deterministic scenario of Mw=3.9, R=3 km.
- Similar to the v5 GMM (Bommer et al. 2018) the bottom of the North Sea supergroup (NS_B) was selected as reference bedrock with an assumed Vs30 of 1400 m/s.
- For the Atkinson (2015) and Douglas (2013) GMPEs that only provide spectral accelerations for Vs30 values of 760 m/s and 1100 m/s, respectively, the linear site amplification function term by Boore et al. (2014) was used to adjust the GMPEs to a common reference V_{s30} of 1400 m/s.
- Due to the largely similar geologic units encountered above 800 meters depth between Groningen and Friesland the v5 GMM nonlinear site amplification function was used to estimate horizontal acceleration response spectra at the top of Pleistocene (Vs30 ~ 260 m/s, Zone 308 from v5 GMM)

2.4.2 Estimating "Reasonably Conservative" Number of Standard Deviations (Sigmas) for Use in DSHA

The input seismic demand in the Eemshaven primary levee stability assessment was derived from probabilistic seismic hazard analyses using the v2 GMM (Bommer 2016) and was associated with an 1100-year return period. In the deterministic approach adopted for the seismic demand at Friesland field, the selected GMPEs are weighted and used to estimate spectral accelerations resulting from a maximum magnitude event as a function of the number of standard deviations from the median prediction. In order to assess what is a reasonably "conservative" value or range of values to be compared with the Eemshaven-Delfzijl levee demands, a deterministic seismic hazard analyses was performed using the v5 GMM (Bommer 2018) and an earthquake scenario with magnitude M_w 5 at a distance of 10 km, which corresponds to the controlling scenario based on PSHA deagreggation results at the Eemshaven levee location with the v2 GMM. Median, median plus one sigma and median plus two sigma acceleration response spectra are estimated at the stiff soil horizon corresponding to the base of the numerical model used in the Eemshaven levee stability evaluations and compared with the probabilistic acceleration response spectra used in the Eemshaven-Delfzijl stability analyses (Fugro 2017). The comparison is presented on Figure 7. Also plotted on this figure with a grey dashed line is the fundamental period of the Eemshaven levee including SSI effects which was estimated to be about 0.7 second (Jongejan et al 2017). Since the v5 GMM is expected to result in lower spectral accelerations compared to the v2 GMM due to reduction in gas production rates and also differences between the two models, the median plus one and median plus two sigma spectra are expected to provide a reasonably "conservative" range of values to be compared with the Eemshaven-Delfzijl levee demands.

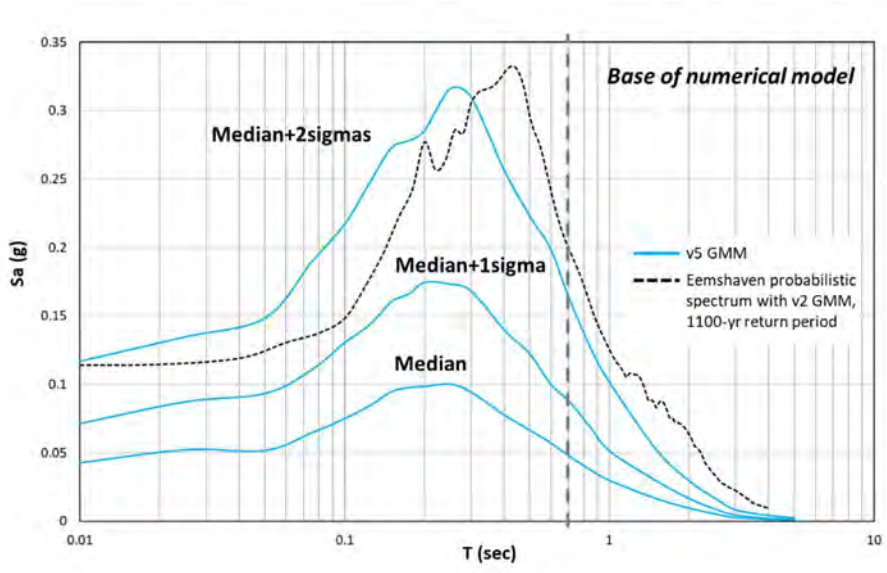


Figure 7. Comparison of deterministic spectra for a M=5 at R=10 km scenario using v5 GMM with probabilistic spectra using v2 GMM corresponding to a return period of 1100-years at the base of the numerical model used for the dynamic stability evaluations at Eemshaven levee.

2.4.3 Comparative GMPE Scaling

The spectral trends of the selected 5 GMPEs summarized in Table 3 are visually inspected from trellis plots for different earthquake scenarios. Trellis plots can help capture unexpected trends and identify the general behavior of ground-motion estimates in multi-dimensional space (magnitude,

source-to-site distance, structural period). In this respect, trellis plots provide an effective insight into the GMPEs while assessing their general trends for site-specific seismic hazard assessment.

The aim of the trellis plots is to help identify outliers with clearly nonphysical behavior but also to help guide the selection of models to capture epistemic uncertainty. The plots were prepared for rock site conditions (Vs30=1400 m/s) and for the median, median plus one sigma and median plus two sigma predictions and shown on Figures 8 (median prediction), 9 (median plus one sigma prediction) and 10 (median plus two sigma prediction). The selected magnitude and distance values are Mw 3.0, 3.9, 5.0 and R = 3km, 5km, 10km. The trellis diagrams are plotted for periods up to T = 5.0s.

A comparison of Figures 8 to 10 indicates that the predictions of Atkinson (2015) and Douglas (2013) GMPEs are considerably higher than the predictions of v5 GMM (2018), Abrahamson et al (2014) and Chiou and Youngs (2014) especially for magnitudes larger than 3 and larger sigmas. It is noted that while Douglas et al (2013) results in considerably higher predictions at structural periods less than 0.1 s for all magnitudes and standard deviations considered, the Atkinson (2015) GMPE predictions become significantly higher when the standard deviation term is included in the model. Perhaps due to the availability of more robust data sets, the standard deviation term in the Groningen-specific v5 GMM and the NGA-West 2 models are likely better constrained than in Atkinson (2015) and Douglas (2013).

One additional observation from Figures 8 to 10 is that the two NGA-West 2 GMPEs result in similar predictions compared with the rest of the models considered so the consideration of both GMPEs instead of only one of the two does not increase the overall uncertainty.

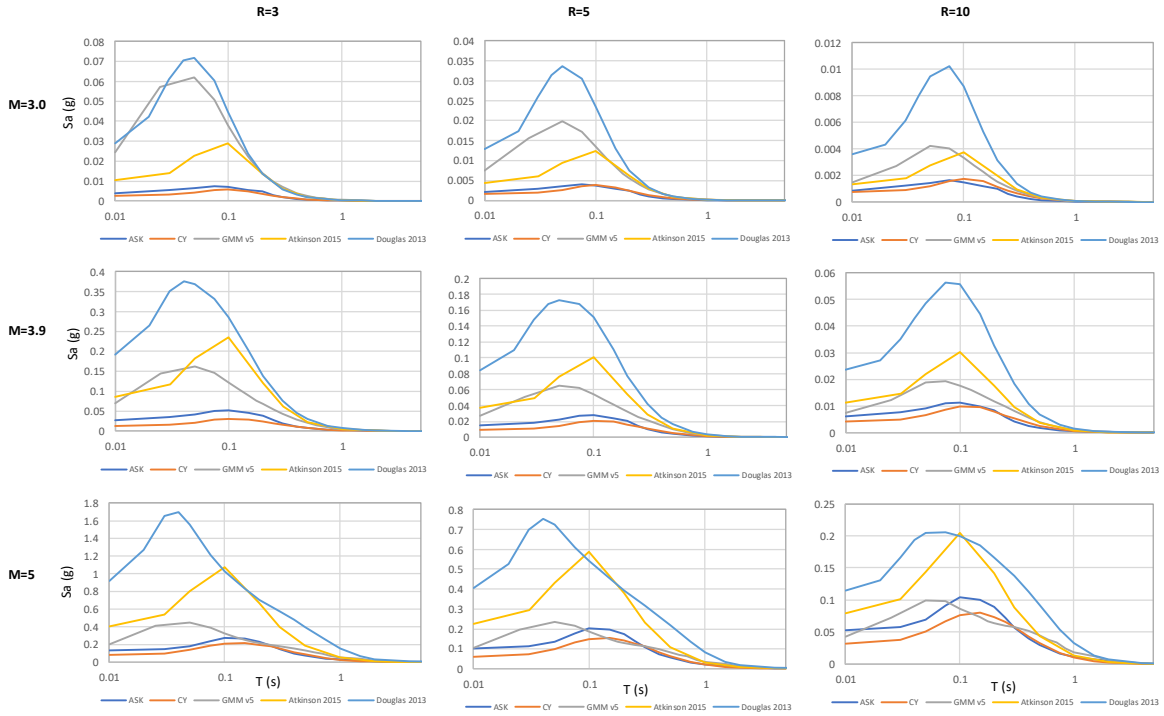


Figure 8. Trellis plot for acceleration response spectra of the selected GMPEs (median estimates and V_{S30}=1400m/s).

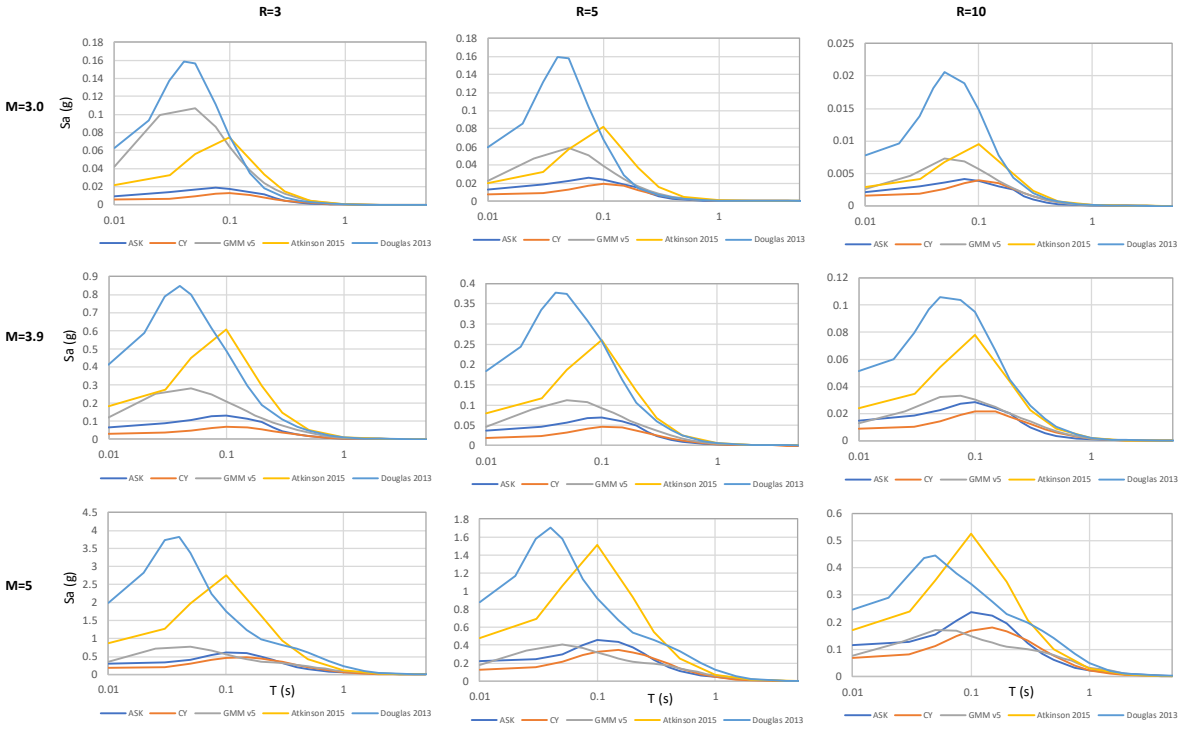


Figure 9. Trellis plot for acceleration response spectra of the selected GMPEs (median plus one sigma estimates and V_{S30}=1400m/s).

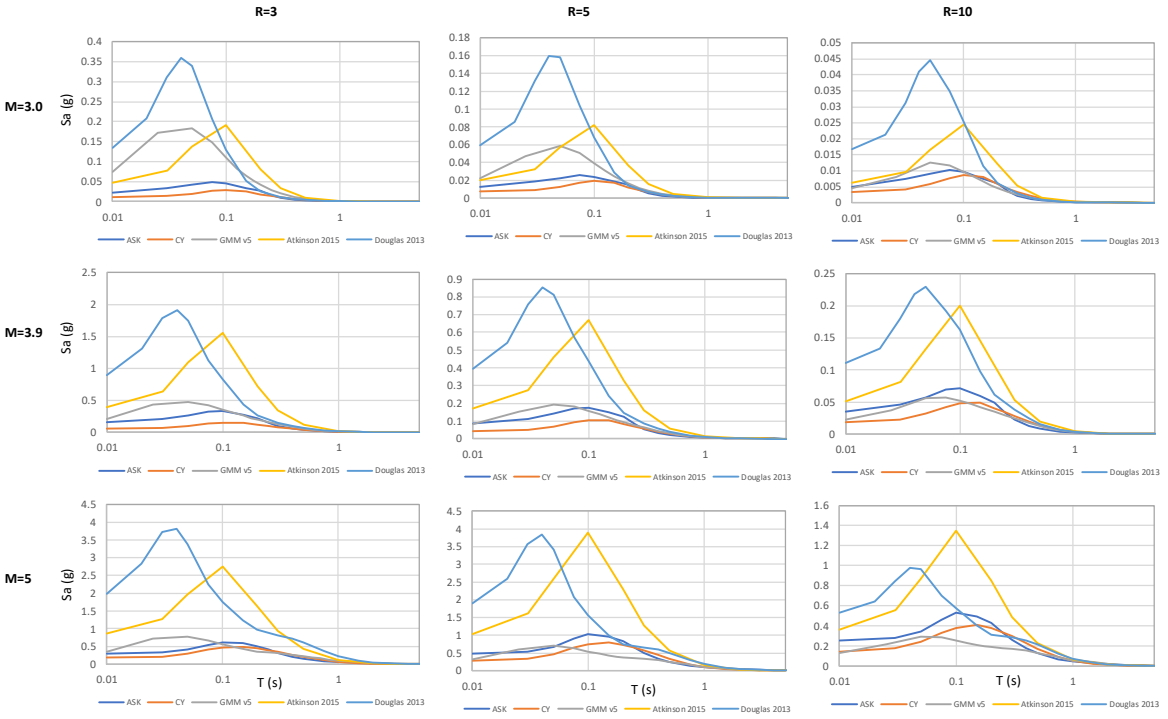


Figure 10. Trellis plot for acceleration response spectra of the selected GMPEs (median plus two sigma estimates and V_{S30}=1400m/s).

Based on the discussions above the following weights were applied on the GMPEs:

- Groningen V5 GMM Bommer et al. (2018): weight 0.6
- Abrahamson et al. (2014): weight 0.2
- Atkinson (2015): 0.1
- Douglas et al. (2013): 0.1

2.5 RESULTS

Results of the DSHA at stiff soil horizon (near the top of Pleistocene) for an earthquake scenario with M=3.9 and R=3km using the weighted average of the GMPEs for the median, median plus 1 sigma and median plus 2 sigma are presented on Figure 11. Also shown on the same figure for comparison is the response spectrum corresponding to 1100-year return period that was used at the base of the numerical model for the Eemshaven levee (black dashed line) as well as the fundamental period of the Eemshaven levee (dashed grey line) including SSI effects which was estimated to be about 0.7 second (Jongejan et al 2017). As shown on this figure the seismic demand at Friesland in the period range of interest (i.e. about 0.7 s) is considerably smaller than the input seismic demand used in the dynamic stability evaluations of the Eemshaven levee for the level of uncertainty considered in this study.

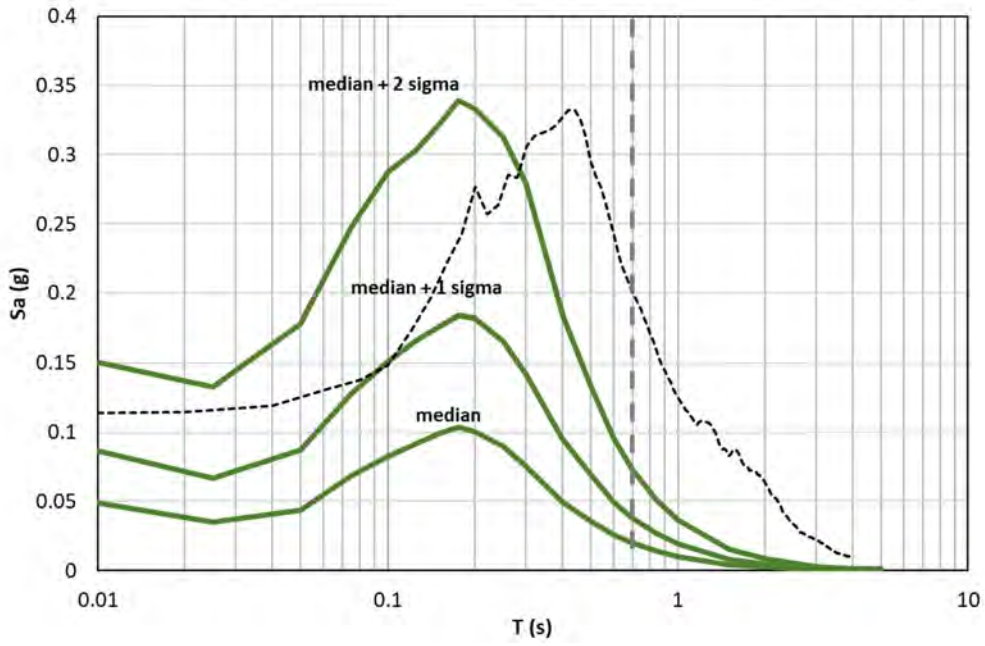


Figure 11. Comparison of deterministic spectra for a M=3.9 at R=3 km scenario using the weighted average of selected GMPEs for different values of standard deviations with probabilistic spectra using v2 GMM corresponding to a return period of 1100-years at the base of the numerical model used for the dynamic stability evaluations at Eemshaven levee.

In addition results for an upper bound M_{max} scenario of 4.1 (representative of the upper bound of maximum magnitude of small size fields in the Netherlands) are also presented in Figure 12. As for the DSHA results of the M=3.9 at R=3 km scenario discussed above, the seismic demand for this scenarios in the period range of interest (i.e. about 0.7 s) is smaller than the input seismic demand used in the dynamic stability evaluations of the Eemshaven levee for the level of uncertainty considered in this study

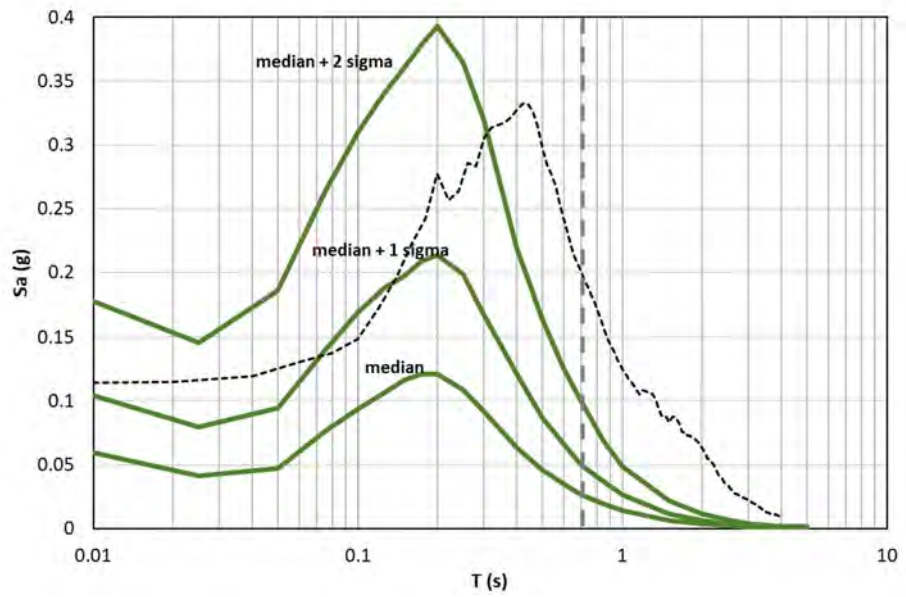


Figure 12. Comparison of deterministic spectra for a M=4.1 at R=3 km scenario using the weighted average of selected GMPEs with probabilistic spectra using v2 GMM corresponding to a return period of 1100-years at the base of the numerical model used for the dynamic stability evaluations at Eemshaven levee.

3.0 EVALUATION OF PRIMARY LEVEE DEFORMATION POTENTIAL

An estimate of seismic demand resulting from the Friesland gas field (i.e. in the form of spectral accelerations) was developed deterministically as described in the previous section and was compared with the seismic demand from the nearby (and much bigger) Groningen field. In this section: a) the available site-specific geotechnical data at the primary levee near Teenaard were used to: perform a screening level assessments of strength loss of the underlying Holocene deposits and b) the performance estimates from the previously studied Eemshaven-Delfzijl levee in Groningen gas field (Fugro 2017) were used as indicators of the Friesland primary levee deformation potential.

3.1 AVAILABLE DATA

The following data were provided for the evaluation of primary levee deformation potential near Ternaard:

- 67 CPTs in digital format by Wiertsema & Partners (2016) shown on Figure 13
- 32 scanned CPT graphs (1973)
- Longitudinal geotechnical cross sections with layer interpretations along the levee from km 41.2 to km 47.8 (included in Appendix A); and
- Drawings illustrating the levee geometry

Figure 13. Available explorations along the primary levee north of Ternaard.

3.2 GEOTECHNICAL SITE CONDITIONS

Geotechnical cross sections along the levee near Ternaard were provided by the Waterboard and are included in Appendix A. As shown on these sections the levees are underlain by a Holocene sequence of soft clays, peats and medium dense sands that extend down to El. -5 m to -10 m NAP where the top of Pleistocene deposits consisting of stiff clays and denser sands is encountered.

The thickness of the Holocene deposits appears to be relatively smaller in Friesland than under the Eemshaven-Delfzijl primary levee in the Groningen field, where the top of Pleistocene was encountered at about El. -13 m NAP.

In addition, both the lateral extent and thickness of medium dense Holocene sand deposits encountered beneath the Friesland primary levee are limited compared to the coarse-grained deposits encountered under the Eemshaven-Delfzijl primary levee within the Holocene sequence.

3.3 PRIMARY LEVEE GEOMETRY

Figure 14 shows a comparison of the levee geometries between the primary levee at km 45+400 near Ternaard and the primary levee at km 38+000 near Eemshaven (both having the same allowable probability of flooding of 1/1000 years). As shown on this figure the levee height and overall geometry is similar between the two sections.

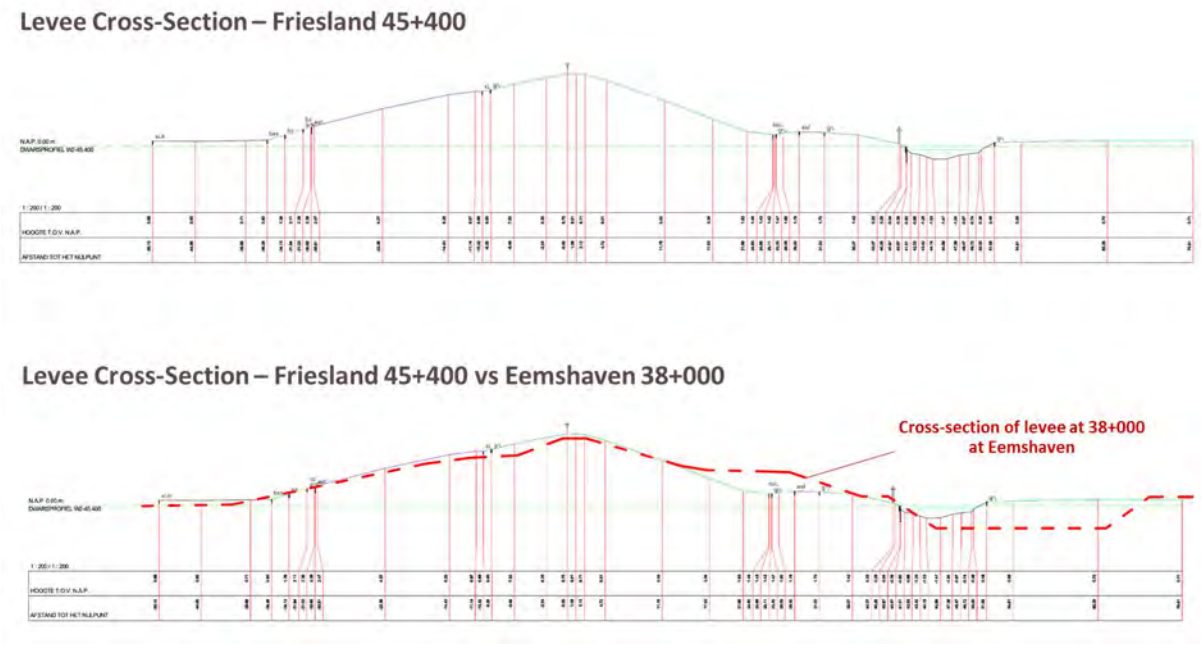


Figure 14. Comparison of primary levee geometries near Ternaard and near Eemshaaven with the same allowable probability of flooding of 1/1000 years.

3.4 EVALUATION OF LIQUEFACTION TRIGGERING POTENTIAL OF COARSE-GRAINED DEPOSITS

Evaluations of liquefaction triggering potential of coarse-grained deposits underlying the Friesland primary levee were performed using: a) the same screening methodology developed and applied in the Eemshaven-Delfzijl levee (Expert Panel, 2016), b) the deterministic ground motion estimate described in Section 2.0 for the median plus 2 standard deviations and c) the Groningen-specific Green et al (2018) simplified triggering procedure that has also been adopted in the current NPR9998 guidelines.

Using these criteria, we performed liquefaction triggering hazard assessments along approximately 6.6 km of the primary levee north of Ternaard using available geotechnical data (67 CPTs) provided to us in an electronic format.

For the Eemshaven-Delfzijl levee, the Expert Panel (2016) report recommended a two-phase approach for seismic stability evaluations. In Phase 1, simplified procedures based on available CPT data are used to estimate the potential liquefaction severity at each point where CPT data are available. In addition to evaluations of factors of safety at each CPT location, it was recommended that liquefaction severity be characterized using the Liquefaction Potential Index (LPI). If the Phase 1 analyses show a significant risk of liquefaction-related damage (typically associated with LPI values

larger than 5 as was also demonstrated for the Eemshaven-Delfzijl levee by Kolk et al 2017), it was recommended that a secondary phase (Phase 2) involving detailed, nonlinear, effective stress analysis of levee sections that do not pass the preliminary screening are initiated.

3.4.1 Basis of Evaluation

The liquefaction analyses presented herein are based on:

- Cyclic stress ratios (CSR) estimated from Peak Ground Acceleration (PGA) using the Green et al (2018) empirical procedure;
- Cyclic resistance of the coarse-grained deposits evaluated from Cone Penetration Test (CPT) data using the Green et al (2018) empirical procedure.

3.4.2 Cyclic Demand

The evaluation of the seismically induced demand or cyclic stress ratio (CSR) was estimated using a PGA estimate from the deterministic hazard analyses described in Section 2.0. According to Jongejan et al (2017) code calibration study, the design earthquake return period for the Eemshaven primary levee which has the same probability of flooding as the Friesland levee is 1100 years. Since the estimates of seismic demand for the Friesland levee were developed deterministically, the median + 2 standard deviation estimate of PGA was conservatively used in the evaluations resulting in a PGA value of 0.15g (see further discussion in Section 2.0). The estimated maximum earthquake magnitude of 3.9 was used for the triggering evaluations.

3.4.3 Cyclic Resistance

The CPT data were used to evaluate the liquefaction resistance or cyclic resistance ratio (CRR) of the liquefiable layers. The factor of safety (FoS) against liquefaction was then calculated as the ratio of the CRR to the CSR (FoS = CRR/CSR). Liquefaction potential evaluations were conducted using the Green et al (2018) procedure.

We note that the Green et al (2018) Groningen specific method is largely based on the Boulanger and Idriss (2014) method with the exception of:

(i) the r_d factor, which is defined from regression analyses of site response analyses results from Groningen-specific soil profiles and

(ii) the MSF factor which is derived based on an energy approach

Thin Layer Correction. In some cases, a thin layer correction factor is applied to the raw cone tip resistance using methods described in Youd et al. (2001). This correction was applied if a thin sand layer existed immediately above a softer clay or silt layer.

Fines Correction. The measured tip resistances were corrected for fines content and normalized to an overburden pressure of 1 atmosphere (~0.1 MPa). The fines content and associated corrections were estimated from CPT data using the procedure suggested by Boulanger and Idriss (2014) using C_{FC}=0.

The Ground water table (GWT) was assumed at +0.50m NAP.

3.4.4 Evaluation of Liquefaction Potential Index

The estimated Factor of Safety against liquefaction shows the liquefaction potential of a soil layer at a particular depth; however, it may not reflect the degree of liquefaction severity over the

entire depth of a soil column. Iwasaki et al. (1978) introduced a liquefaction potential index (LPI) to estimate the potential for liquefaction to cause foundation and structural damage.

LPI at a site is calculated by integration of FoS along the soil column up to 20m depth. A weighting function is added to give more weight to the layers closer to the ground surface.

The LPI is expressed as follows:

$$\int_0^{20m} F.w(z)dz$$

Where;

$F \quad = 1 - FoS, for\ FoS \leq 1$

$F \quad = 0\ for,\ FoS > 1$

$W(z) \quad = 10 - 0.5z,\ where\ z\ is\ depth\ in\ meters$

LPI is intended to demonstrate liquefaction severity during seismic events, and LPI ≥ 5 is generally considered as a threshold for the surface manifestation of liquefaction. In addition, numerical analyses performed for the Eemshaven-Delfzijl levee for various scenarios associated with different LPI values showed that the deformation potential of the levee for LPI values less than 5 was low (Kolk et al 2017). An example of levee crest settlement versus LPI estimated from dynamic numerical evaluations for the Eemshaven primary levee is shown on Figure 15.

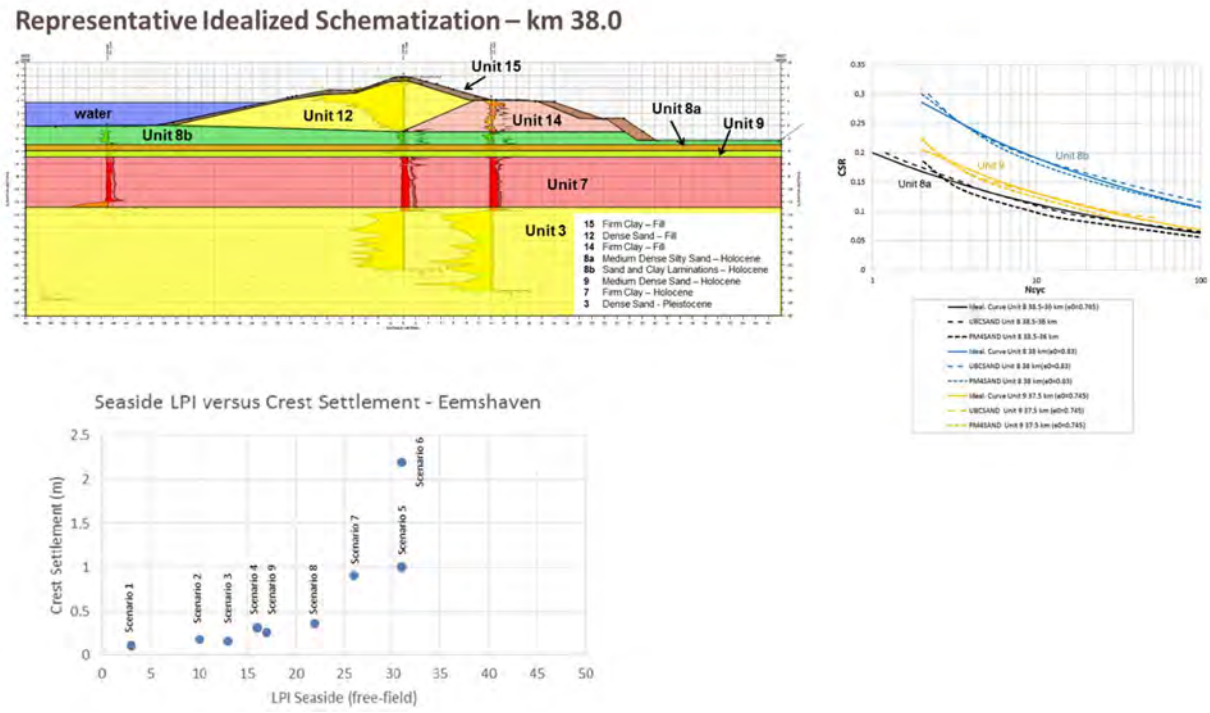


Figure 15. Example of levee crest settlement versus LPI estimated from dynamic numerical evaluations for the Eemshaven primary levee (Kolk et al 2017).

3.4.5 Results

CPTs along the Friesland primary levee were analyzed using the procedures described above. Figure 16 shows the estimated LPI values along the levee. The analyses showed that LPI values are

either equal to zero or have very close to it for the vast majority of the CPTs analyzed with couple of exceptions where the LPI values are about 0.7, which is still a very low value.

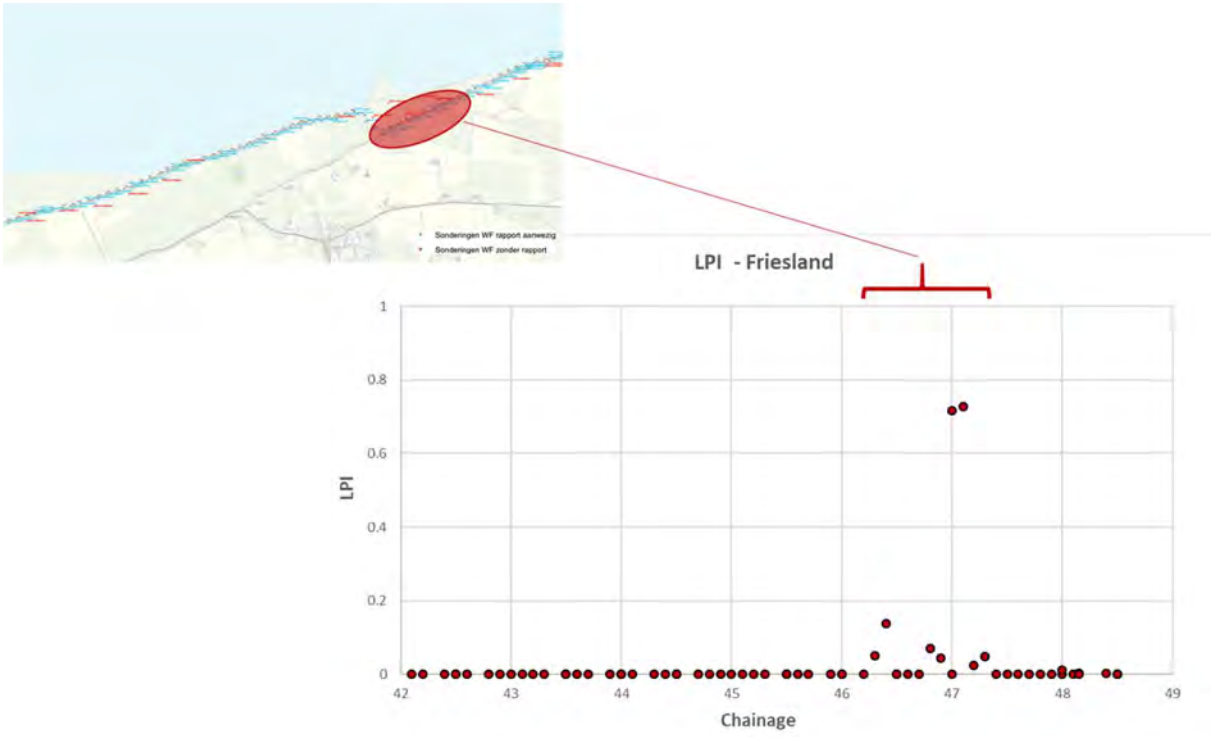


Figure 16. Estimated LPI values along Friesland levee.

Figures 17 and 18 present typical results for a CPT with LPI=0 and a CPT with the maximum estimated LPI value of 0.73. On these figures the tip resistance is shown as a black line on the first graph. The area between the CPT measured tip resistance and the CPT axis is colored according to the zones of Robertson (1990) classification chart shown on Figures 19. Also shown on each plot is the estimated tip resistance that would be required (based on the Green et al 2018 procedure) to achieve a factor of safety of 1.0 for the assumed earthquake scenario. In general, layers and zones where the tip resistance required to preclude the occurrence of liquefaction (i.e. resulting in FS of 1) is larger than the measured tip resistance are considered liquefiable. Where the resistance required to prevent liquefaction is larger than the measured resistance, the zone that represents the deficiency is shaded blue. In the second graph the friction ratio is presented. The third graph presents soil behavior index (I_c) with a black line and the zones of Robertson (1990) classification chart. In the fourth graph the calculated CSR and CRR values are plotted and the fifth graph shows the factor of safety at each depth with black dots. At depths where the estimated FoS is greater than 4, we assign the value 4, so that it plots within the limits of this graph.

Results from liquefaction evaluation analyses of all CPT data are presented in Appendix B.

The liquefaction triggering evaluation results indicate that the liquefaction triggering potential of the sandy materials underlying the Friesland primary levee is low.

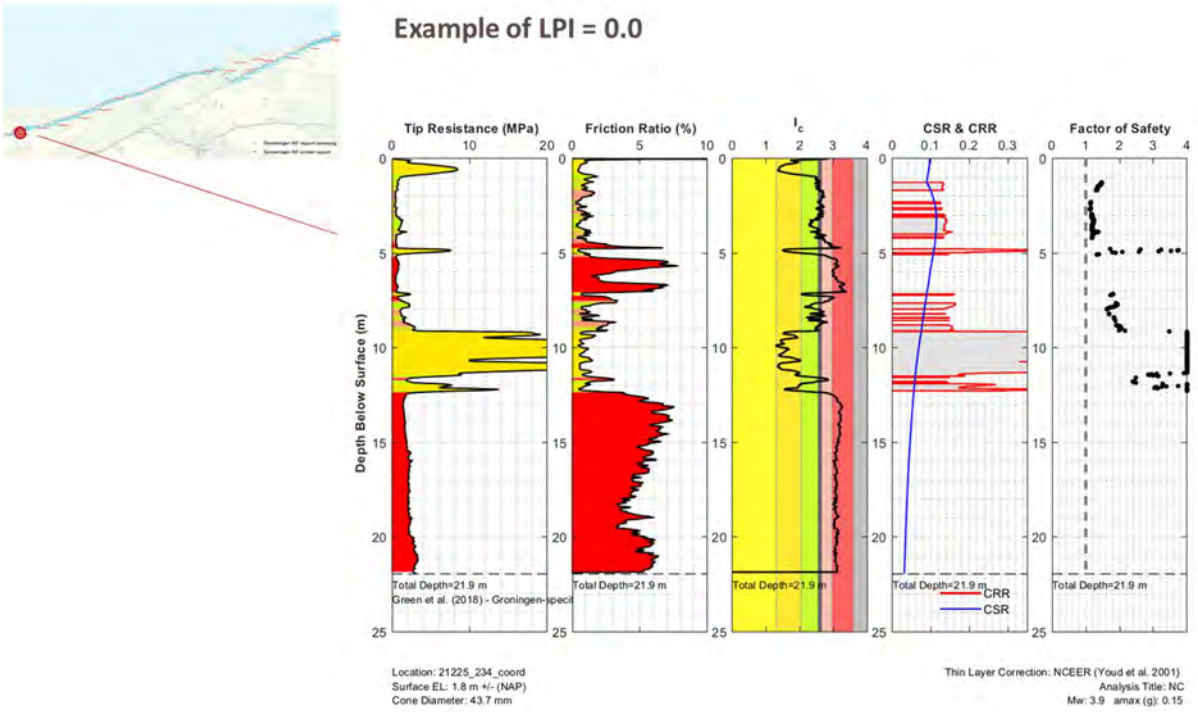


Figure 17. Example CPT liquefaction triggering log for a CPT with LPI=0.

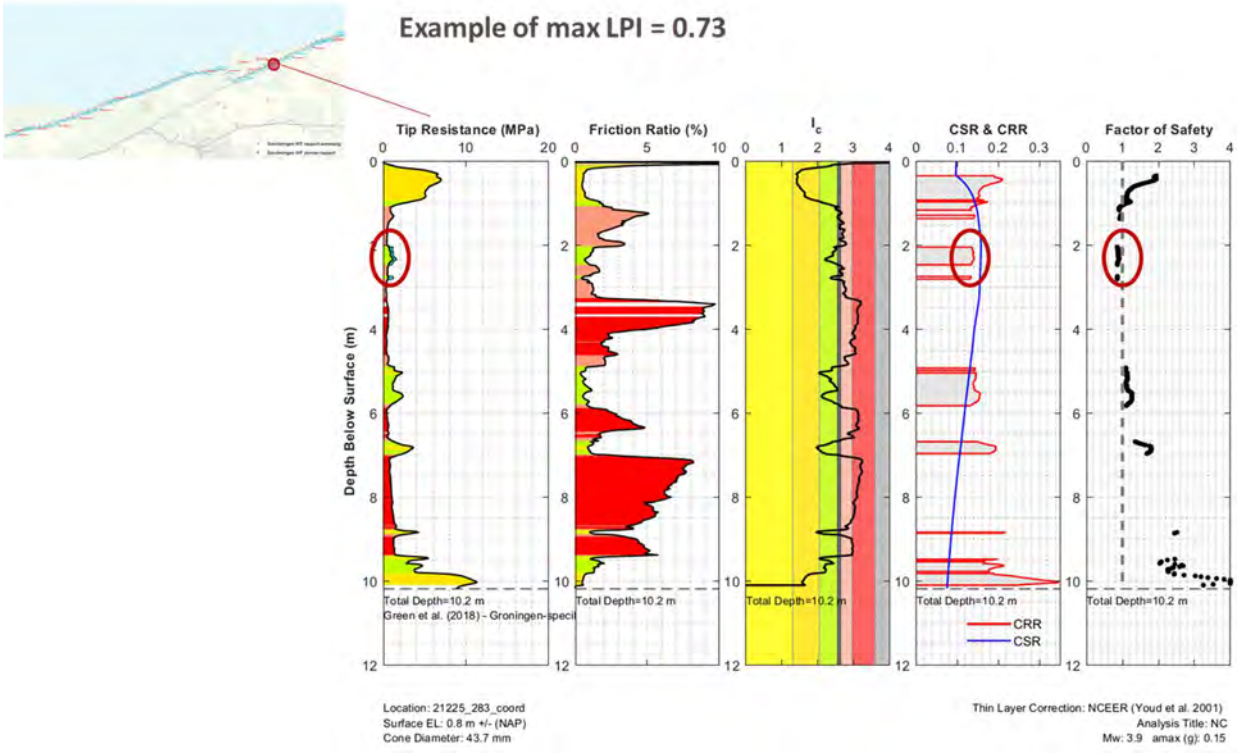
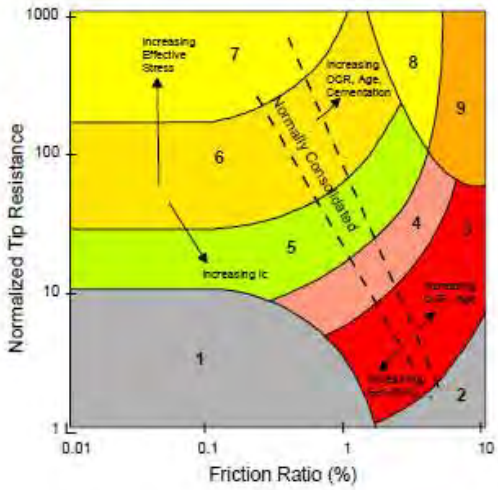


Figure 18. Example CPT liquefaction triggering log for a CPT with LPI=0.73.



Zone	Soil Behavior Type
1	Sensitive Fine-grained
2	Peats
3	Silty Clay to Clay
4	Clayey Silt to Silty Clay
5	Silty Sand to Sandy Silt
6	Clean Sand to Silty Sand
7	Gravelly Sand to Dense Sand
8	Very Stiff Sand to Clayey Sand*
9	Very Stiff Fine-Grained*

*heavily overconsolidated or cemented

Figure 19. Robertson (1990) Classification Chart.

3.5 EVALUATION OF CYCLIC SOFTENING POTENTIAL OF FINE-GRAINED DEPOSITS

To evaluate the potential presence of soft clay layers along the levee, we estimate the undrained shear strength (Su) of the fine-grained layers from all the CPTs available using an N_k factor of 15. Figure 20 presents the Su values that are estimated to be below 40 kPa (red dots) and 20 kPa (black circles). As shown on this figure relatively soft clay layers with Su<20kPa are present under the levee.

For the evaluation of cyclic softening potential of fine-grained deposits a similar approach as the one adopted for the Eemskanaal levee was adopted (Georgarakos et al 2017). According to this approach the Factor of Safety against cyclic softening proposed by Idriss and Boulanger (2008) is first calculated for the Holocene soft clay layers according to the following expression:

$$\mathrm{FS} = \frac{CRR_M}{CSR_M}$$

where $CSR_M = \mathbf{0.65}\ \frac{\tau_{peak}}{\sigma_{vc}^{'}}$ is the cyclic shear stress ratio, and

$CRR_M = \mathbf{0.80}\ \frac{s_u}{\sigma_{vc}^{'}}\ \boldsymbol{MSF\ K_a}$ is the cyclic resistance ratio of the soil.

MSF is the magnitude scaling factor and K_a is a static shear stress correction factor (Idriss and Boulanger 2008). Then, the FS values within the Holocene fine-grained deposits are integrated to take into account both the thickness and the degree of potential softening of the soft soil, resulting in a scalar measure that is referred to as Cyclic Softening Potential Index (CSPI). This index is intended to be an approximate soft clay analogue of Liquefaction Potential Index (LPI).

$$CSPI = \int_0^{H_{holocene}} (1 - FS)\, dz$$

The estimated CSPI values along the Friesland levee are shown on Figure 21 (left plot). As shown on this figure the CSPI values are 0 for the majority of the CPTs (indicating lack of softening potential under the design event) with the exception of 1 CPT with a CSPI value of 0.5 which is still

low. For comparison the estimated CSPI values along Eemshaven-Delfzijl levees are plotted on the right plot of Figure 21 which show higher values of up to 3 (which are still associated with low levee deformations).

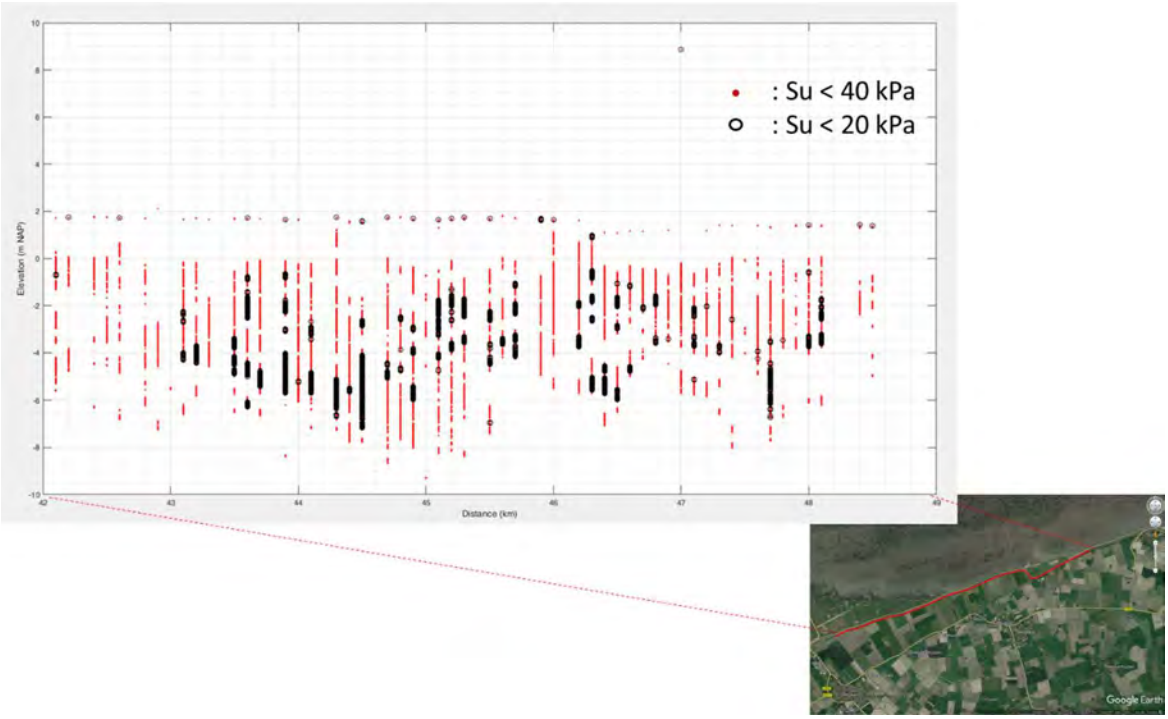


Figure 20. Estimated Su values for all the CPTs along the. Red dots correspond to S_u less than 40 kPa, and black circles correspond to S_u less than 20 kPa.

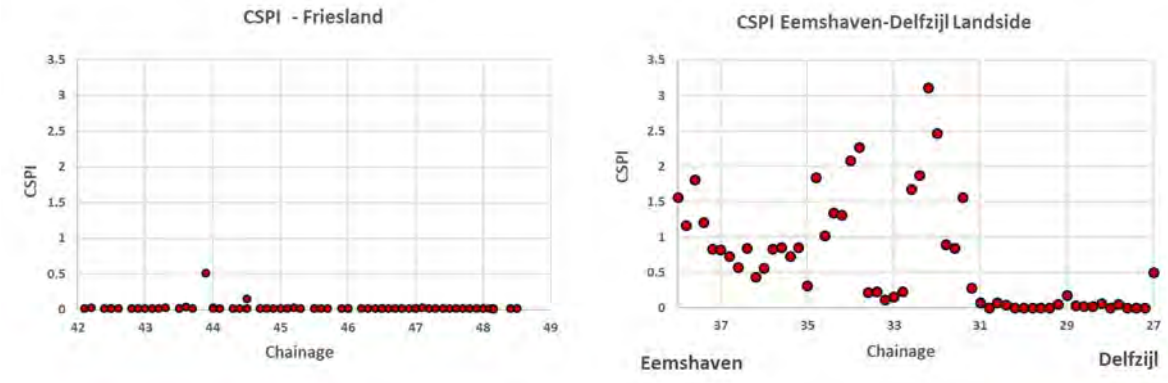


Figure 21. Estimated CSPI values along Friesland (left) and Eemshaven-Delfzijl (right) levee.

4.0 SUMMARY AND CONCLUSIONS

As part of the Environmental Impact Assessment Study for the Ternaard gas field development NAM is estimating the risks for major infrastructure such as the primary levee due to potential gas-extraction induced seismic activity.

Deterministic seismic hazard assessment (DSHA) were performed to develop estimates of seismic demand at the Friesland gas field that were then compared to the levels of seismic demand used in the dynamic levee stability evaluations for the Segment 6-6 primary levee in Groningen gas field near Eemshaven, which has the same allowable annual probability of flooding as the primary levee north of Ternaard (i.e. 1/1000). The relative seismic demands and the performance estimates from the previously studied Eemshaven-Delfzijl levee near Groningen were used as indicators of the Friesland primary levee deformation potential.

4.1 DETERMINISTIC SEISMIC HAZARD ANALYSES

The seismic demand was estimated at a stiff soil horizon level located near the top of Pleistocene deposits (about El. -10 m NAP) and was compared to the acceleration response spectrum used as input at the base of the numerical models in the dynamic stability evaluations for Eemshaven levee (about El. -30 NAP).

A review of regional geologic models from Dinoloket showed that roughly the same sequence of geologic units is encountered in Friesland and in Groningen gas fields although the thicknesses of the individual formations vary between the two fields along the primary levees. Estimates of reference bedrock horizontal acceleration response spectra were developed using four GMPEs (Groningen v5 GMM by Bommer et al. 2018 with a weight of 0.6; Abrahamson et al. 2014 NGA West-2 with a weight of 0.2; Atkinson 2015 with a weight of 0.1; and Douglas et al. 2013 with a weight of 0.1) for a deterministic scenario of Mw=3.9, R=3 km. Maximum magnitude, M_{max}, estimates were developed by NAM following the guidelines outlined by the State Supervision of Mines (2016).

Similar to the v5 GMM (Bommer et al. 2018) the bottom of the North Sea supergroup (NS_B) was selected as reference bedrock with an assumed Vs30 of 1400 m/s. For the Atkinson (2015) and Douglas (2013) GMPEs that only provide spectral accelerations for Vs30 values of 760 m/s and 1100 m/s, respectively, the linear site amplification function term by Boore et al. (2014) was used to adjust the GMPEs to a common reference V_{s30} of 1400 m/s. Due to the largely similar geologic units encountered above 800 meters depth between Groningen and Friesland the v5 GMM nonlinear site amplification function was used to estimate horizontal acceleration response spectra at the top of Pleistocene (Vs30 ~ 260 m/s, Zone 308 from v5 GMM)

The input seismic demand in the Eemshaven primary levee stability assessment was derived from probabilistic seismic hazard analyses using the v2 GMM (Bommer 2016) and was associated with an 1100-year return period. In the deterministic approach adopted for the seismic demand at the Friesland field, estimates of spectral accelerations resulting from a maximum magnitude event are derived as a function of the number of standard deviations from the median prediction. In order to assess what is a reasonably “conservative” value or range of values to be compared with the Eemshaven-Delfzijl levee demands, a deterministic seismic hazard analyses was performed using the v5 GMM (Bommer 2018) and an earthquake scenario with magnitude M_w 5 at a distance of 10 km, which corresponds to the controlling scenario based on PSHA deagreggation results at the Eemshaven levee location with the v2 GMM. Based on this the median plus one and median plus two sigma

spectral acceleration values were found to provide a reasonably “conservative” range of values to be compared with the Eemshaven-Delfzijl levee demands.

Analyses results indicated that the estimated seismic demand at Friesland for predictions of up to 2 standard deviations above the median is considerably smaller than the input seismic demand used in the dynamic stability evaluations of the Eemshaven levee in the period range of interest (i.e. about 0.7 s).

4.2 EVALUATION OF PRIMARY LEVEE DEFORMATION POTENTIAL

Available site-specific geotechnical data at the primary levee near Teenaard were used to perform screening level assessments of strength loss of the underlying Holocene deposits and the performance estimates from the previously studied Eemshaven-Delfzijl levee in Groningen gas field (Fugro 2017) were used as indicators of the Friesland primary levee deformation potential.

Liquefaction triggering evaluations of coarse-grained deposits underlying the Friesland primary levee were performed using the same screening methodology developed and applied in the Eemshaven-Delfzijl levee (Expert Panel, 2016), the deterministic seismic hazard estimate for the median plus 2 standard deviations prediction and also considering the Groningen-specific Green et al (2018) simplified triggering procedure that has also been adopted in the current NPR9998 guidelines. Results indicate very low liquefaction triggering potential of the sandy materials present at the area. This is also indicated by the very low LPI values estimated (0 for most cases and less than 0.8 for all the CPTs analyzed).

As part of the analyses performed for the Eemshaven-Delfzijl levee to establish a relationship between LPI and levee deformations, it was found that for LPI values less than ~5 crest settlements are expected to be small and no further analyses was warranted (Expert Panel 2016; Kolk et al 2017).

In addition, for the evaluation of cyclic softening potential of fine-grained deposits underlying the levee a similar approach as the one adopted for the Eemskanaal levee was used (Georgarakos et al 2017) through the estimation of the Cyclic Softening Potential Index (CSPI). The estimated CSPI values along Friesland levee are 0 or close to 0 indicating low potential for cyclic softening of fine-grained deposits.

Based on the above it appears that the deformation potential of the Friesland primary levee for a scenario earthquake of M_w 3.9 is low and no further analyses are warranted.

5.0 REFERENCES

Abrahamson N.A., Silva W.J., Kamai R. 2014, "Summary of the ASK14 ground motion relation for active crustal regions", Earthquake Spectra, Vol 30, No 3, pp 1025-1055

Andrus, R.D., Mohanan, N.P., Piratheepan, P., Ellis, B.S., and Holzer, T.L. (2007) "Predicting shear-wave velocity from cone penetration resistance", Proc., 4th Inter. Conf. on Earthq. Geotech. Eng., Thessaloniki, Greece

Atkinson (2015), "Ground-Motion Prediction Equation for Small-to-Moderate Events at Short Hypocentral Distances, with Application to Induced-Seismicity Hazards", Bull. Seism. Soc. Am. 105(2A), pp. 981-992.

Bommer, J.J., Edwards B., Kruiver P.P., Rodriguez-Marek A., Stafford P.J., Dost B., Ntinalexis M., Ruigrok E. B., and Spetzler J (2018) "V5 Ground-Motion Model (GMM) for the Groningen Field", March.

Bommer, J.J., Dost, B., Edwards, B., Stafford, P.J., van Elk, J., Doornhof, D. & Ntinalexis, M., (2016). Developing an application-specific ground motion model for induced seismicity. Bulletin of the Seismological Society of America 106: 158–173.

Bommer, J.J., P.J. Stafford, B. Edwards, B. Dost, E. van Dedem, A. Rodriguez-Marek, P. Kruiver, J. van Elk, D. Doornhof & M. Ntinalexis (2017). Framework for a ground-motion model for induced seismic hazard and risk analysis in the Groningen gas field, The Netherlands. Earthquake Spectra 33(2), 481-498.

Boulanger, R. W., and Idriss, I. M. (2014) CPT and SPT Based Liquefaction Triggering Procedures, Report no. UCD/CGM-14/01, University of California, Davis, CA, 138 pp.

Bourne, SJ, SJ Oates, J. van Elk, and D. Doornhof (2014), A seismological model for earthquakes induced by fluid extraction from a subsurface reservoir , J. Geophys. Res. 119 (2), 8991-9015, doi: 10.1002 / 2014JB011663. Hanks, T., and H. Kanamori (1979), Moment magnitude scale , J. Geophys. Res. 84, 2348-2350.

Boore, D.M., Stewart J.P., Seyhan E. and Atkinson G.M. (2014), "NGA-West2 Equations for Predicting PGA, PGV, and 5% Damped PSA for Shallow Crustal Earthquakes", Earthquake Spectra 30(3), pp. 1057-1085.

Bozorgnia Y., Abrahamson N.A., Al Atik L., Ancheta T.D., Atkinson G.M., Baker J.W., Baltay A., Boore D.M., Campbell K.W., Chiou B.S.J., Darragh R., Day S., Donahue J., Graves R.W., Gregor N., Hanks T., Idriss I.M., Kamai R., Kishida T., Kottke A., Mahin S.A., Rezaeian S., Rowshandel B., Seyhan E., Shahi S., Shantz T., Silva W., Spudich P., Stewart J.P., Watson-Lamprey J., Wooddell K., Youngs R., 2014, "NGA-West2 Research Project", Earthquake Spectra, Volume 30, No. 3, pages 973-987.

Chiou B.S.J., and Youngs R.R., 2014, "Update of the Chiou and Youngs NGA Model for the Average Horizontal Component of Peak Ground Motion and Response Spectra", Earthquake Spectra, Vol. 30, No 3, pp 1117-1153.

Douglas, J., Edwards B., Convertito V., Sharma N., Tramelli A., Kraaijpoel D., Mena Cabrera B., Maercklin N. and Troise C. (2013), "Predicting ground motion from induced earthquakes in geothermal areas", Bull. Seismol. Soc. Am. 103(3), pp. 1875–1897.

Expert Panel, 2016. Expert Panel Report, 2 December 2016. Letter addressed to E. van Dijk by Chacko, J. Green, R.A. Kramer, S.L. Towhata, I

Farhadi, A., Pezeshk S., and Khoshnevis N. (2018). Assessing the applicability of ground-motion models for induced seismicity application in central and eastern North America, Bull. Seismol. Soc. Am. 108, no. 4, 2265–2277.

Fugro (2017) Evaluation of Dynamic Stability Using Code Calibrated Design Parameters Eemshaven-Delfzijl Levee The Netherlands, March

Georgarakos P., Drosos V., Tsiaousi D., Dean C., Giannakou A. and Chacko J. (2017) Proposed Screening Methodology for the Identification of Critical Cross-sections along the Eemskanaal Levee, project memorandum prepared for NAM, dated July 31st 2017

Green R.A., Bommer J.J., Stafford P.J., Maurer B.W.,Edwards B.,Kruiver P.P.,Rodriguez-Marek A., de Lange G., Oates S.J., Storck T., Omidi P., Bourne S.J., and van Elk J. 2018. Liquefaction Hazard Pi-lot Study for the Groningen Region of the Netherlands due to Induced Seismicity, prepared for NAM

Jongejan R., Chacko J., Giannakou A., Drosos V., Tasiopoulou P. (2017) Code calibration for coupled, effective stress FEM-assessments of the primary flood defenses at Eemshaven-Delfzijl, Final Report, 28 February

Idriss, I. M., and Boulanger, R. W., (2008), “Soil liquefaction during earthquakes”, Monograph MNO-12, Earthquake Engineering Research Institute, Oakland, CA

Iwasaki, T., Tokida, K., Tatsuko, F., and Yasuda, S.(1978) “A practical method for assessing soil liquefaction potential based on case studies at various sites in Japan, Proceedings of 2nd International Conference on Microzonation, San Francisco, p.885–896.

Kanamori, H. (2001), Energy budget of earthquakes and seismic efficiency , in Earthquake Thermodynamics and Phase Transformations in the Earth's Interior, edited by R. Teisseyre, pp. 293-305, Academic, Wlatham, Mass.

Kolk B., Coelho B., Venmans A., and Giannakou A. (2017) LPI screening for the Eemshaven-Delfzijl levee, prepared for NAM, March

Kraaijpoel, D., and Dost, B., 2013. Implications of salt-related propagation and mode conversion effects on the analysis of induced seismicity, Journal of Seismology 17(1), 95-107.

Kruiver, P. P., E. van Dedem, E. Romijn, G. de Lange, M. Korff, J. Stafleu, J.L. Gunnink., A. Rodriguez-Marek, J.J. Bommer, J. van Elk & D. Doornhof (2017). An integrated shear-wave velocity model for the Groningen gas field, The Netherlands. Bulletin of Earthquake Engineering 15(9), 3555-3580.

Kostrov, VV (1974), Seismic moment and energy or earthquakes and seismic flow of rocks , Izv. Acad. Sci. USSR Phys. Solid Earth, Eng. Transl., 1, 23-44.

Mayne, P.W., and Rix, G.J. (1993), "Gmax-qc Relationships for Clays," Geotechnical Testing Journal, ASTM, Vol. 16, No. 1, pp. 54-60.

Mayne, PW, and Rix, G.J. (1995) “Correlations between shear wave velocity and cone tip resistance in natural clays”, Soils and Foundations, 35(2), pp. 107–110

Rix, G.J., and Stokoe, K.H. (1991) “Correlations of initial Tangent Modulus and Cone Penetration Resistance”, Proc. International Symposium on Calibration Chamber Testing, Huang A.B., Ed., Elsevier Publishing, New York, pp. 351-362

Robertson, P.K. (2009) “Interpretation of cone penetration tests – a unified approach”, Canadian Geotech. J., 46(11), pp. 1337–1355

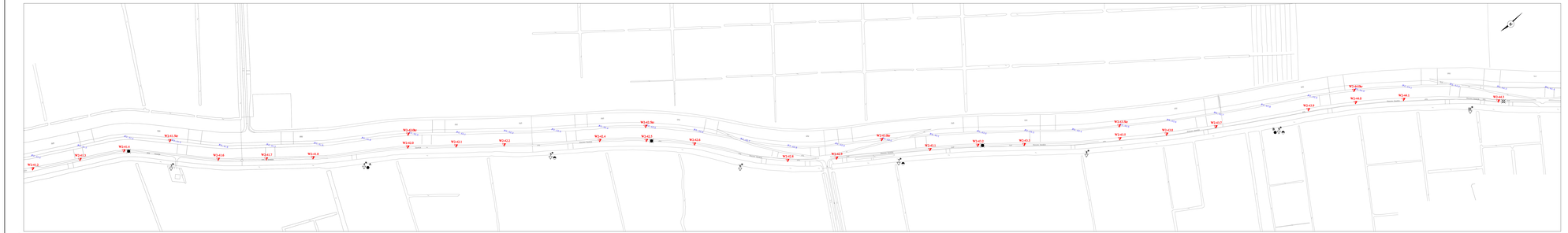
Robertson, P.K. (1990). Soil classification using the cone penetration test. Canadian Geotechnical J. 27(1), 151–58.

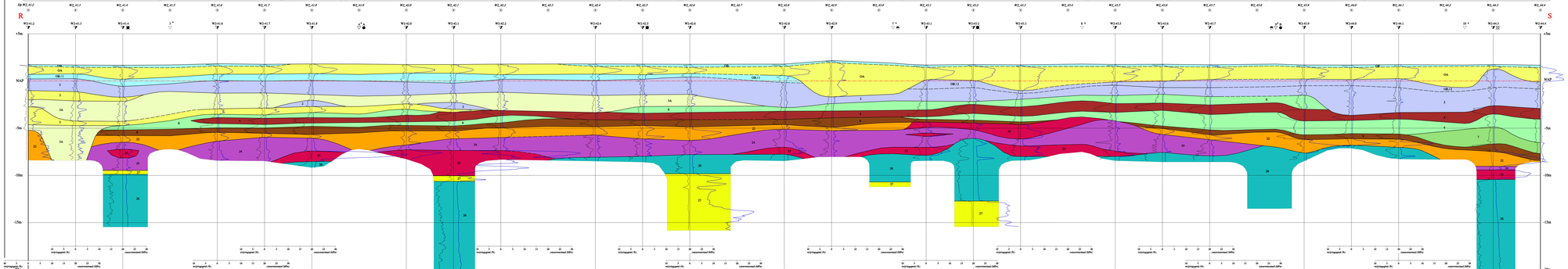
State Supervision of Mines (2016) Methodiek voor risicoanalyse omtrent geïnduceerde bevingen door gaswinning, tijdelijke leidraad voor adressering MBB. 24.1.P, versie 1.2, February 1st (in Dutch)

Youd, T. L., Idriss, I. M., Andrus, R. D., Arango, I., Castro, G., Christian, J. T., Dobry, R., Finn, W. D. L., Harder, L. F., Hynes, M. E., Ishihara, K., Koester, J. P., Liao, S. S. C., Marcuson, W. F., Martin, G. R., Mitchell, J. K., Moriwaki, Y., Power, M. S., Robertson, P. K., Seed, R. B., and Stokoe, K. H. (2001). Liquefaction resistance of soils: summary report from the 1996 NCEER and 1998 NCEER/NSF workshops on evaluation of liquefaction resistance of soils, J. Geotechnical and Geoenvironmental Eng., ASCE 127(10), 817–33.

APPENDIX A

LONGITUDINAL GEOTECHNICAL CROSS SECTIONS





LITHOSTRATIGRAFISCHE LEGENDA

1A	kleihoudend zand	*Aanspoelgrond grindlid*		HOLOCEEN
1B	kleihoudend klei			
2C	kleihoudend klei en zand			
3	klei, plantenrijk zandig vaak humeus	*Afzettingen van Duinkerke*	FORMATIE VAN WOUDENBERG	
3	klei, uiting en mate uitig, vaak met dunne zandlagen			
3 - 5	klei, zandig tot zand, kleirig			
5A	zand met kleilagen			
5B	zand, uitig tot kleirig vaak met veel kleilagen			
5	zand, plantenrijk met enkele kleilagen			
	veen	*Hollandveen*		
6	klei, uitig, vaak humeus	*Afzettingen van Calais*		
6	klei, uitig, vaak met veel zandlagen			
6 - 8	klei, zandig tot zand, kleirig			
8A	zand, fijn met silt, en kleilagen			
8	zand, plantenrijk enkele kleilagen			
	veen	*Basisveen*		
21	klei, uitig en zandig, vaak humeus (leem)	*FORMATIE VAN TWENTE*		PLEISTOCEEN
	veen			
22A	zand, fijn, matig keig tot leem, zandig			
22	zand, plantenrijk humeus			
23	klei, zandig en grindig (keileem)	*FORMATIE VAN DRENTE*		
24	zand, fijn, matig keig			
25	zand, matig, plantenrijk grindig			
26	klei, uitig, (pekel)	*FORMATIE VAN PEELO*		
27	zand, fijn			

ALGEMENE LEGENDA

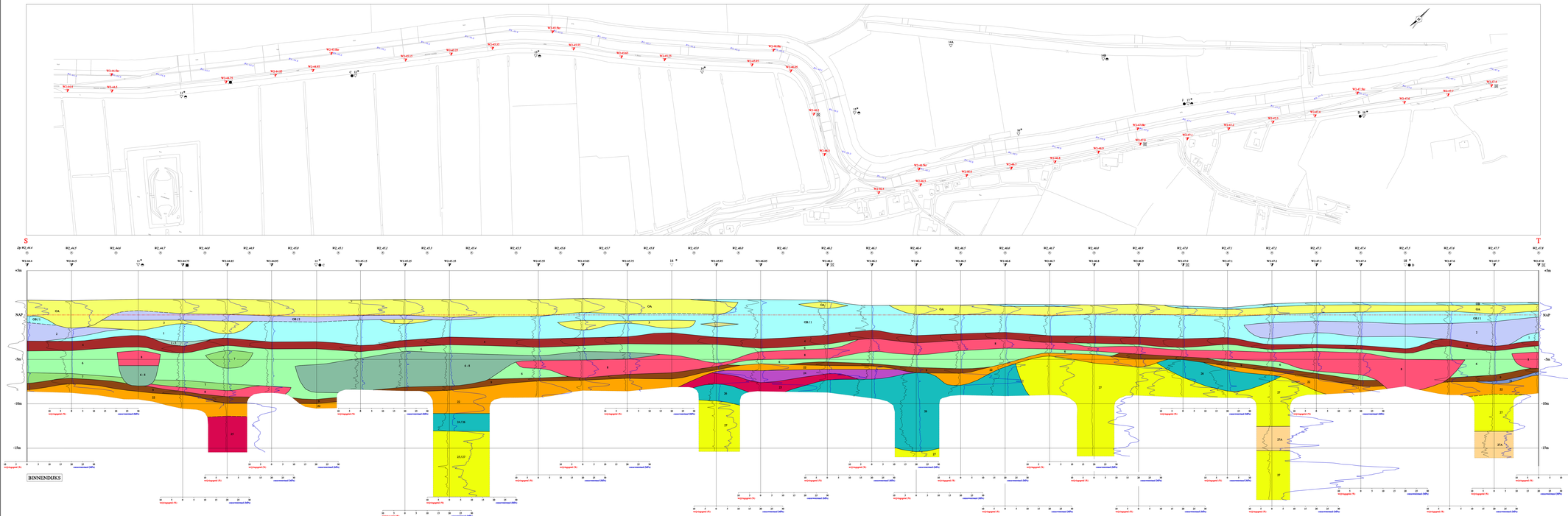
- Middelvroeg sondering
- Diepsondering
- Peilbuisboring 20mm
- Diepsondering 66mm
- Peilboring
- Handboring
- Spitsmesboring
- CO-B669

School profiel: horizontaal 1:2000
verticaal 1:100

1 0 20 40 60 80 100m

Oosse stroomer

Clemente
Dorp
Zeeuwse Tol
Zeeuwse Tol
Zeeuwse Tol



LITHOSTRATIGRAFISCHE LEGENDA

hk	hoofdzakelijk zand	*Astrupgroep grondtor*		HOLOCEEN
hB	hoofdzakelijk klei			
hC	hoofdzakelijk klei en zand			
1	klei, plaatselijk zandig; vaak humeus	*Afzettingen van Duinkerke*	WESTLAND FORMATIE	
1 - 3	klei, uiting tot zandig, kleiig			
3a	zand met kleilagen			
3b	zand, uiting tot kleiig; vaak aan veel kleilagen			
3	zand, plaatselijk aan enkele kleilagen			
	veen	*Hollandveen*		
4	klei, uiting, vaak humeus	*Afzettingen van Calais*		
5	klei, uiting, vaak aan veel zandlagen			
4 - 6	klei, zandig tot zand, kleiig			
6a	zand, fijn met silt-, en kleilagen			
6	zand, plaatselijk enkele kleilagen			
	veen	*Basisveen*		
7	klei, uiting en zandig, vaak humeus (leem)	*FORMATIE VAN TWENTE*		PLEISTOCEEN
	veen			
10A	zand, fijn, over het geheel tot leem, zandig			
10	zand, plaatselijk humeus			
21	klei, zandig en grindig (keileem)	*FORMATIE VAN DRENTE*		
21A	klei, zeer humeus			
22	zand, middel, plaatselijk grindig			
25	klei, uiting (pekklei)	*FORMATIE VAN PEELO*		
27	zand, fijn			
27A	zand, uiting tot kleiig			

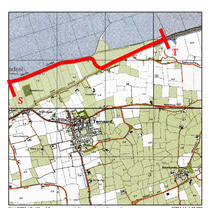
ALGEMENE LEGENDA

- Middelzware sondering
- Zware sondering
- Begrenssondering 250mm
- Begrenssondering 80mm
- Peilbuizing
- Peilbuis
- Ophoogonderlaag
- CO-0669

Schaal profiel: horizontaal 1:2000
verticaal 1:100

0 500 1000 1500 2000 2500 3000m
WGS84 UTM31

Cirkels stormkeer



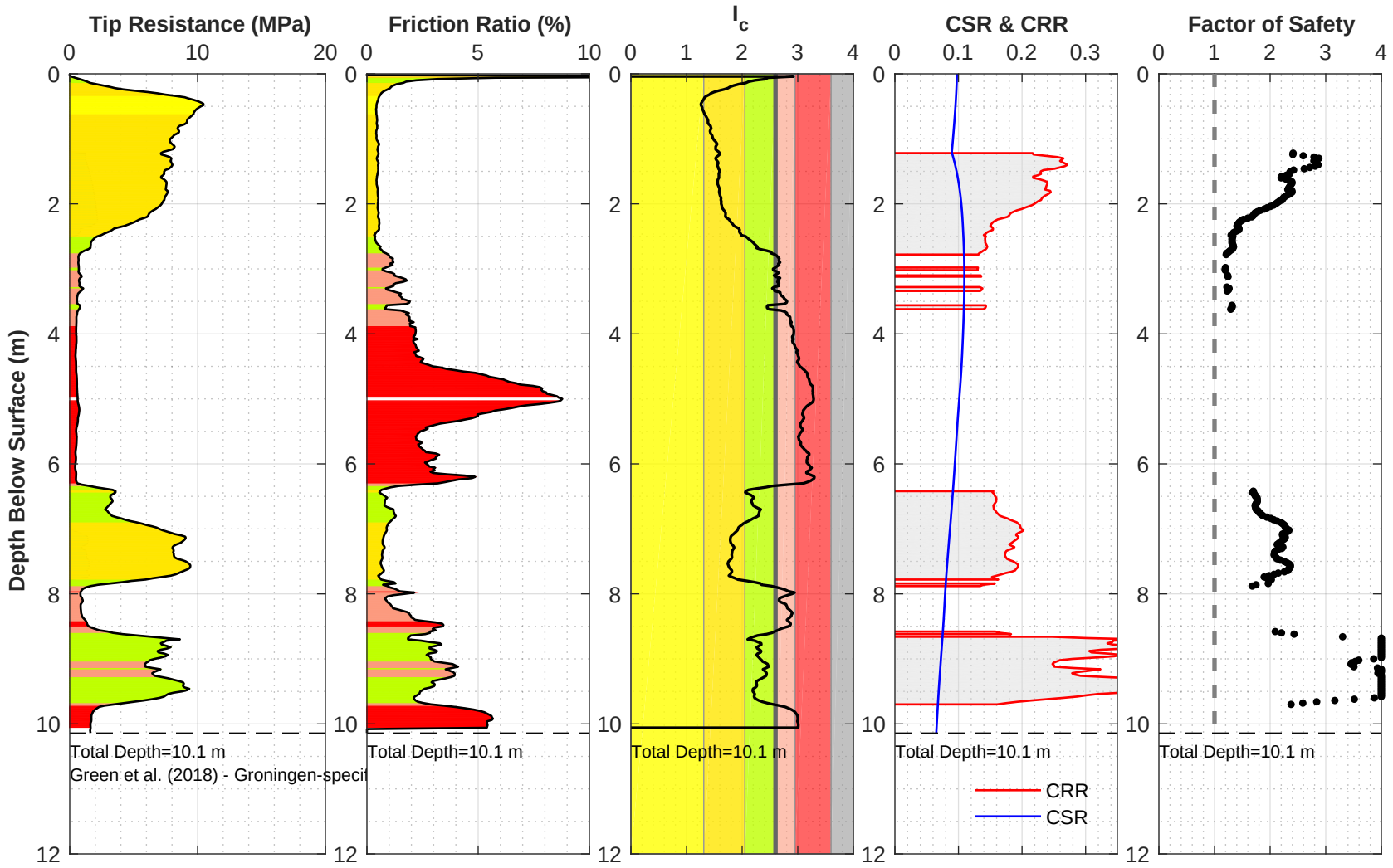
Tekenen WG-Wet
GeoDelft
Postbus 69, 2600 AB Delft
Stieltjesweg 1, 2628 CK Delft
Telefoon (015) 285 79 80
Telefax (015) 285 79 81
Vormlegger
ecm_geodelft.v

datum: 2000-08-01 | tek.: WBL
CO-376710 | ver.:
BLAD G19 | schaal: 1:2000

VEILIGHEIDSBEOORDELING WADDENZEEDIJKEN
DIJKVAK 20 EN 21 VEER OP AMELAND – WIERUM
GEOTECHNISCH PROFIEL S-T Dp WZ-44.4 tot Dp WZ-47.8

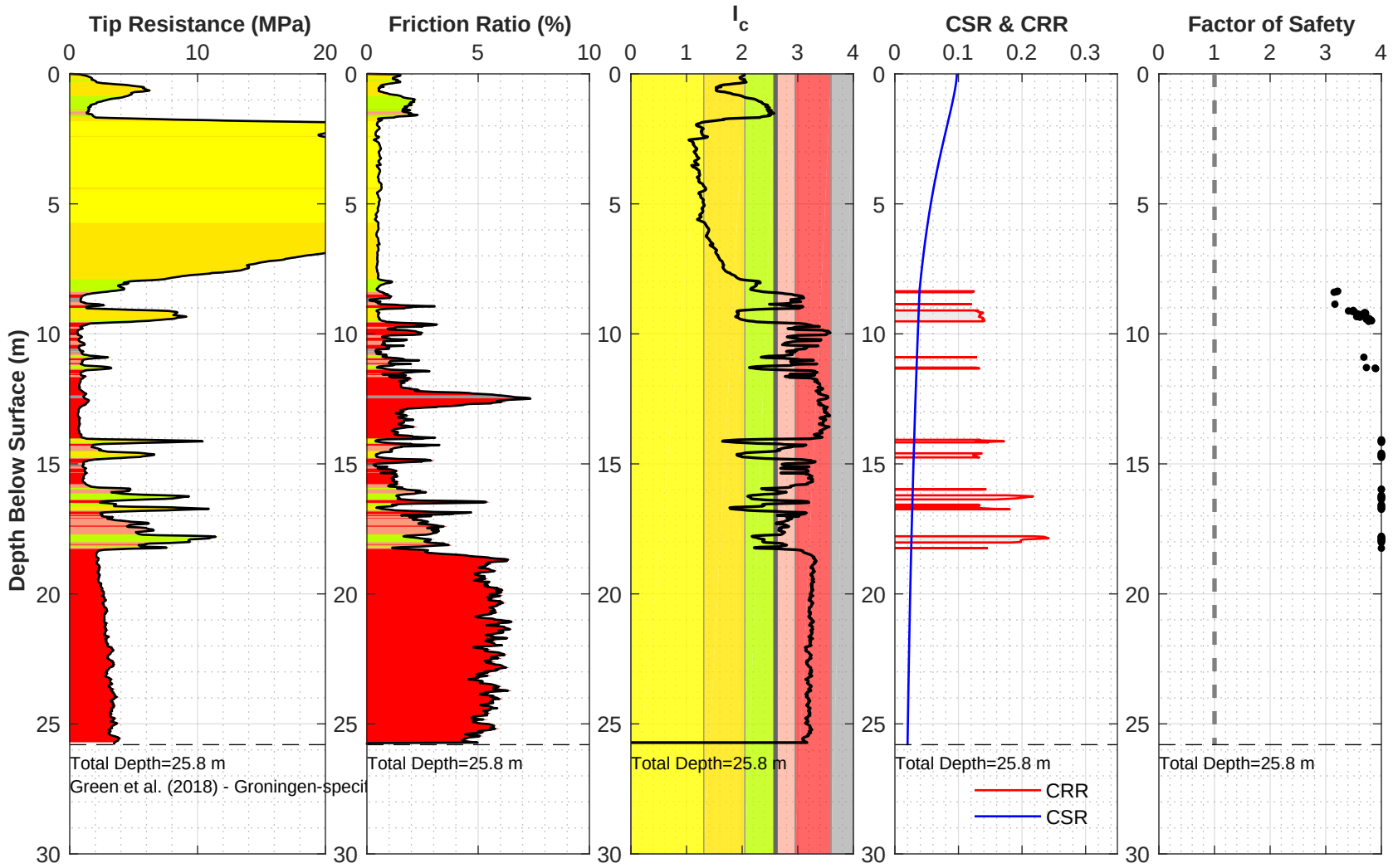
APPENDIX B

LIQUEFACTION TRIGGERING CPT LOGS



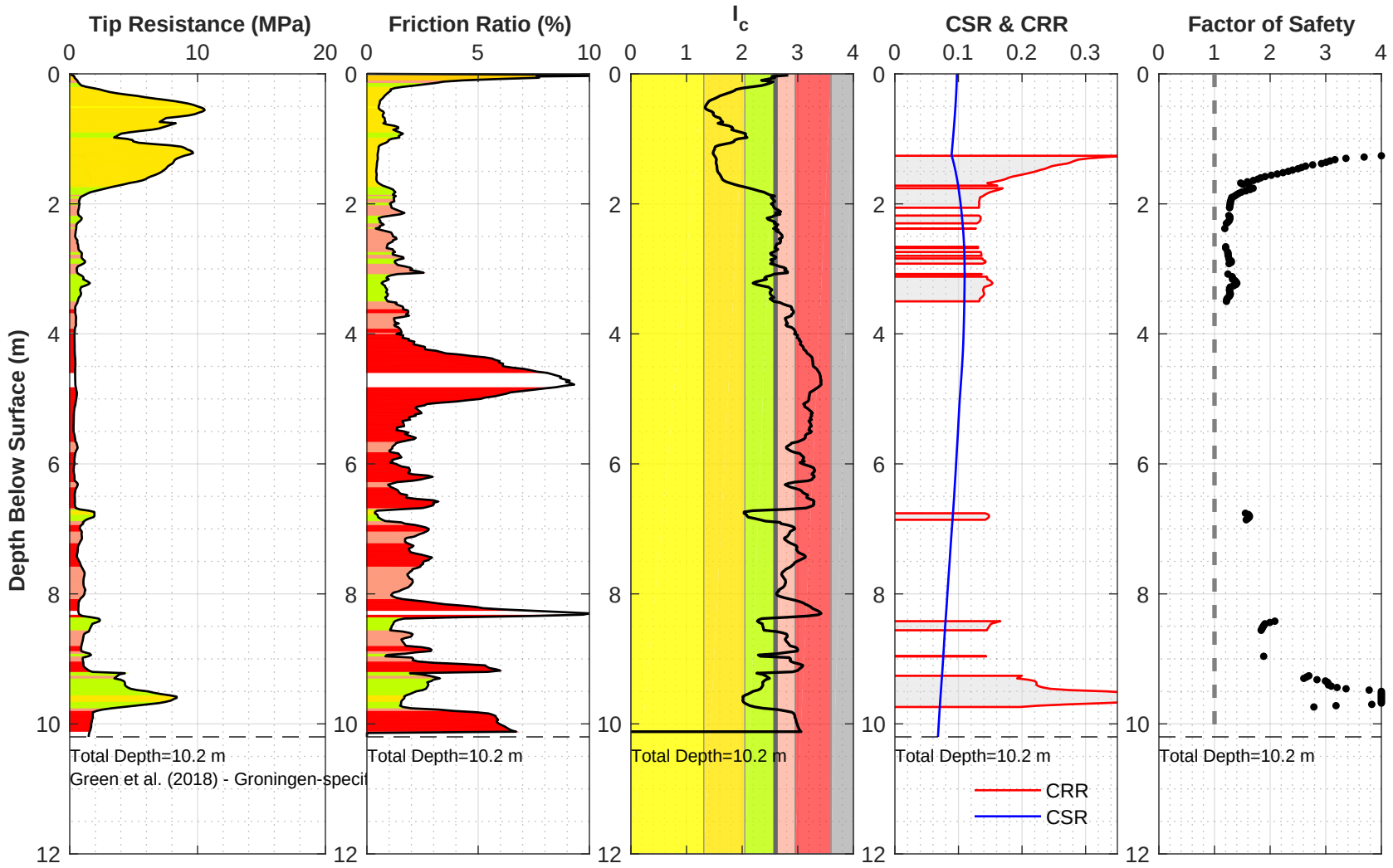
Location: 21225_245_coord
Surface EL: 1.7 m +/- (NAP)
Cone Diameter: 43.7 mm

Thin Layer Correction: NCEER (Youd et al. 2001)
Analysis Title: NC
Mw: 3.9 amax (g): 0.15



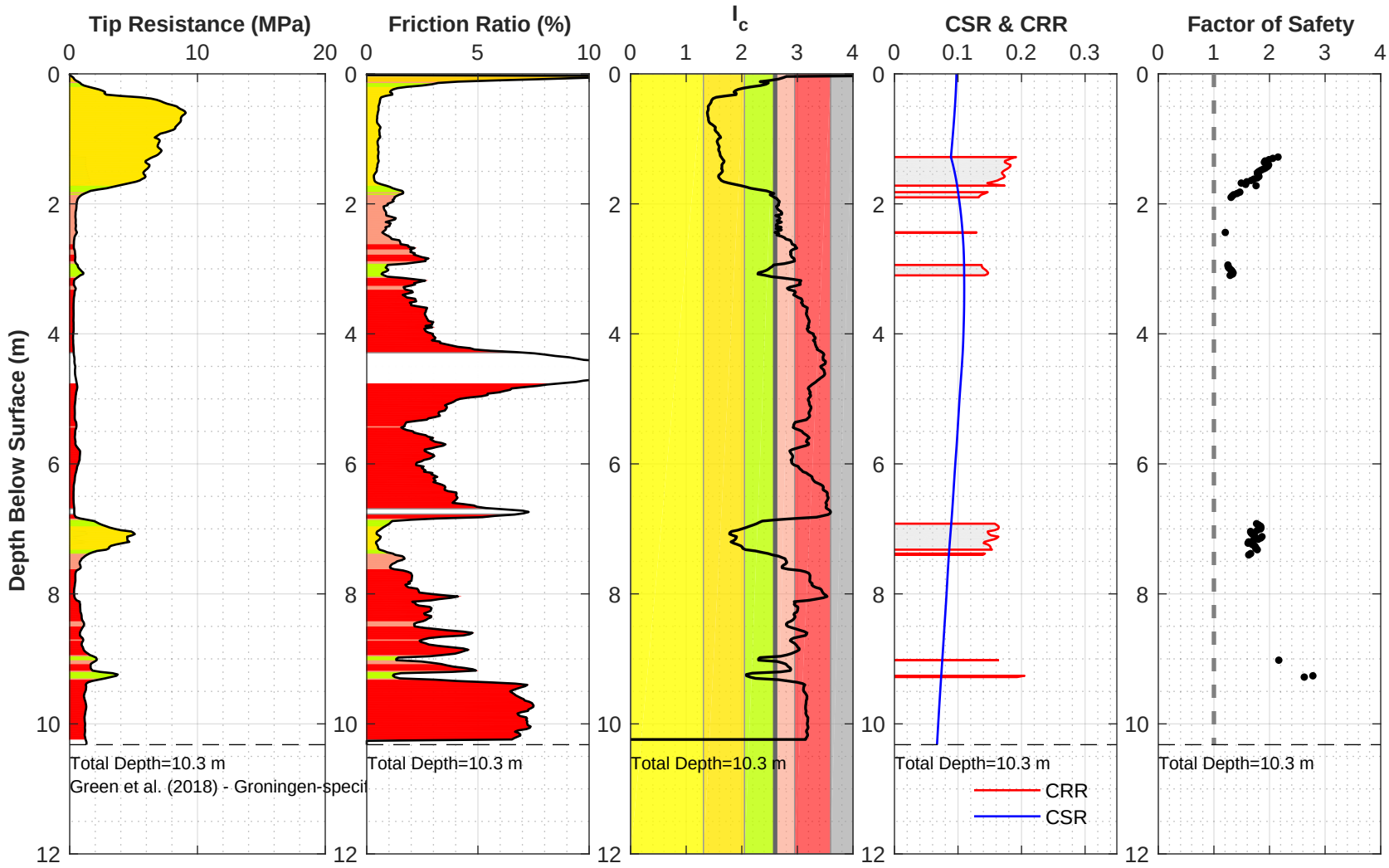
Location: 21225_246_coord
Surface EL: 8.9 m +/- (NAP)
Cone Diameter: 43.7 mm

Thin Layer Correction: NCEER (Youd et al. 2001)
Analysis Title: NC
Mw: 3.9 amax (g): 0.15



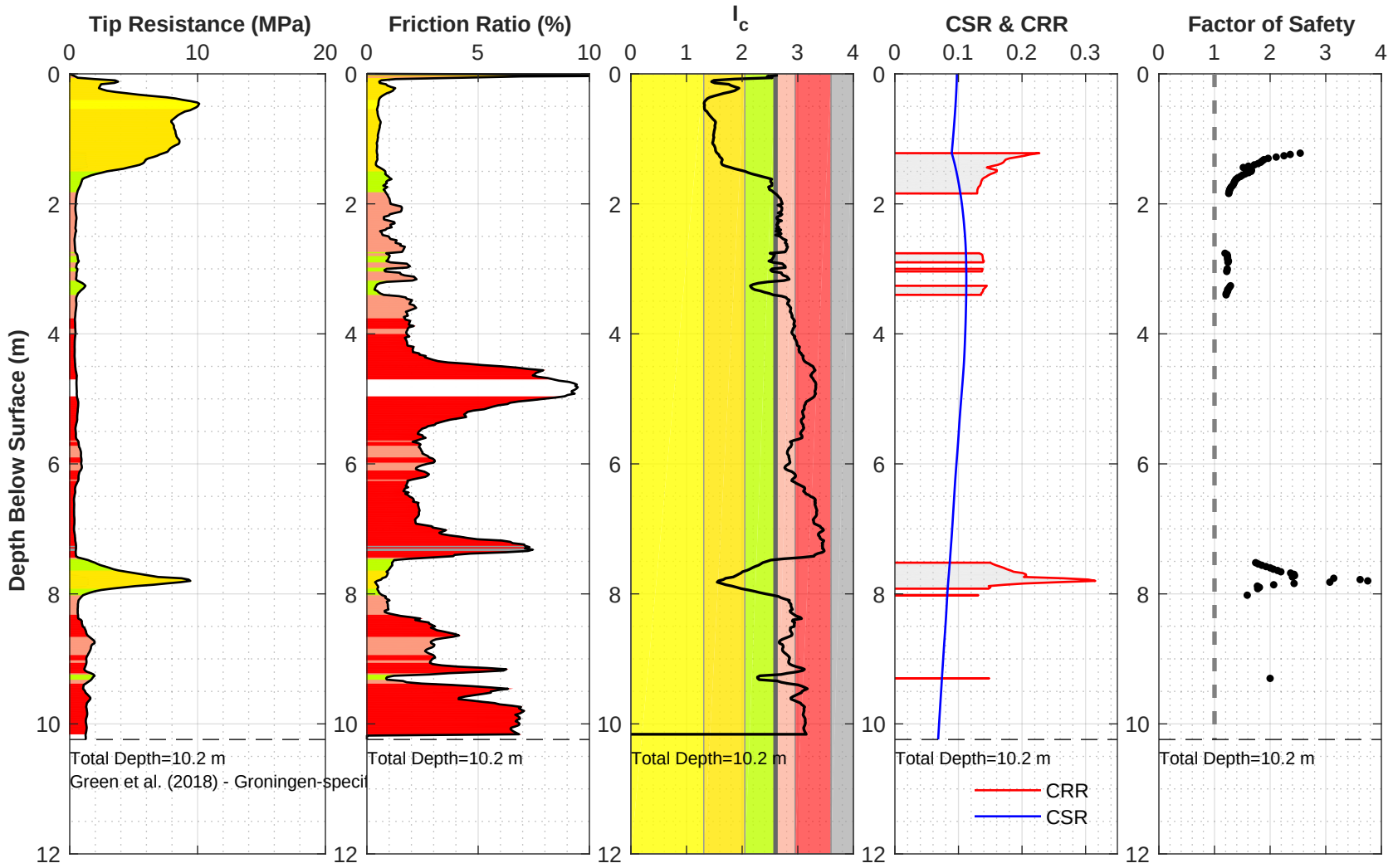
Location: 21225_247_coord
Surface EL: 1.8 m +/- (NAP)
Cone Diameter: 43.7 mm

Thin Layer Correction: NCEER (Youd et al. 2001)
Analysis Title: NC
Mw: 3.9 amax (g): 0.15



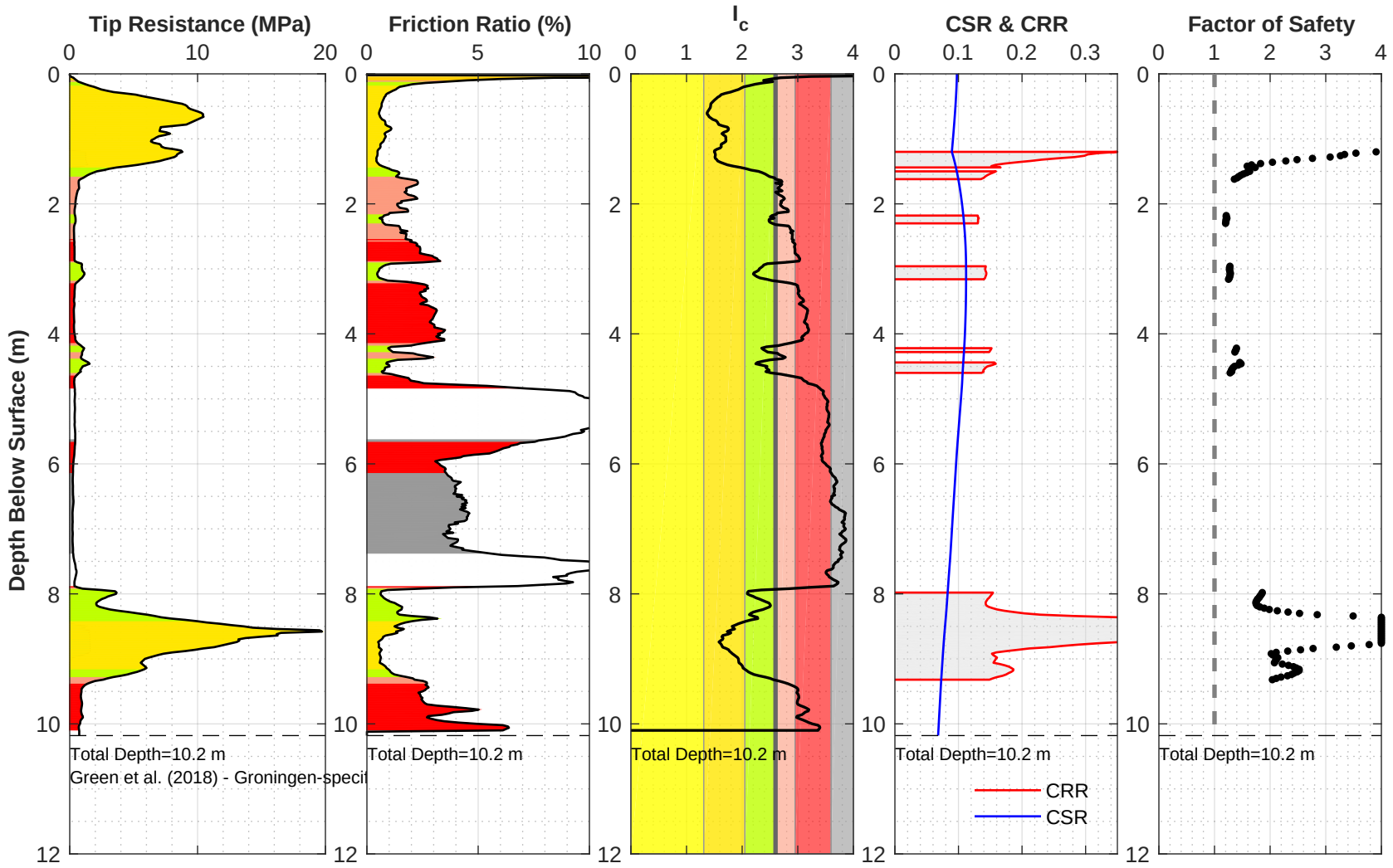
Location: 21225_248_coord
Surface EL: 1.8 m +/- (NAP)
Cone Diameter: 43.7 mm

Thin Layer Correction: NCEER (Youd et al. 2001)
Analysis Title: NC
Mw: 3.9 amax (g): 0.15



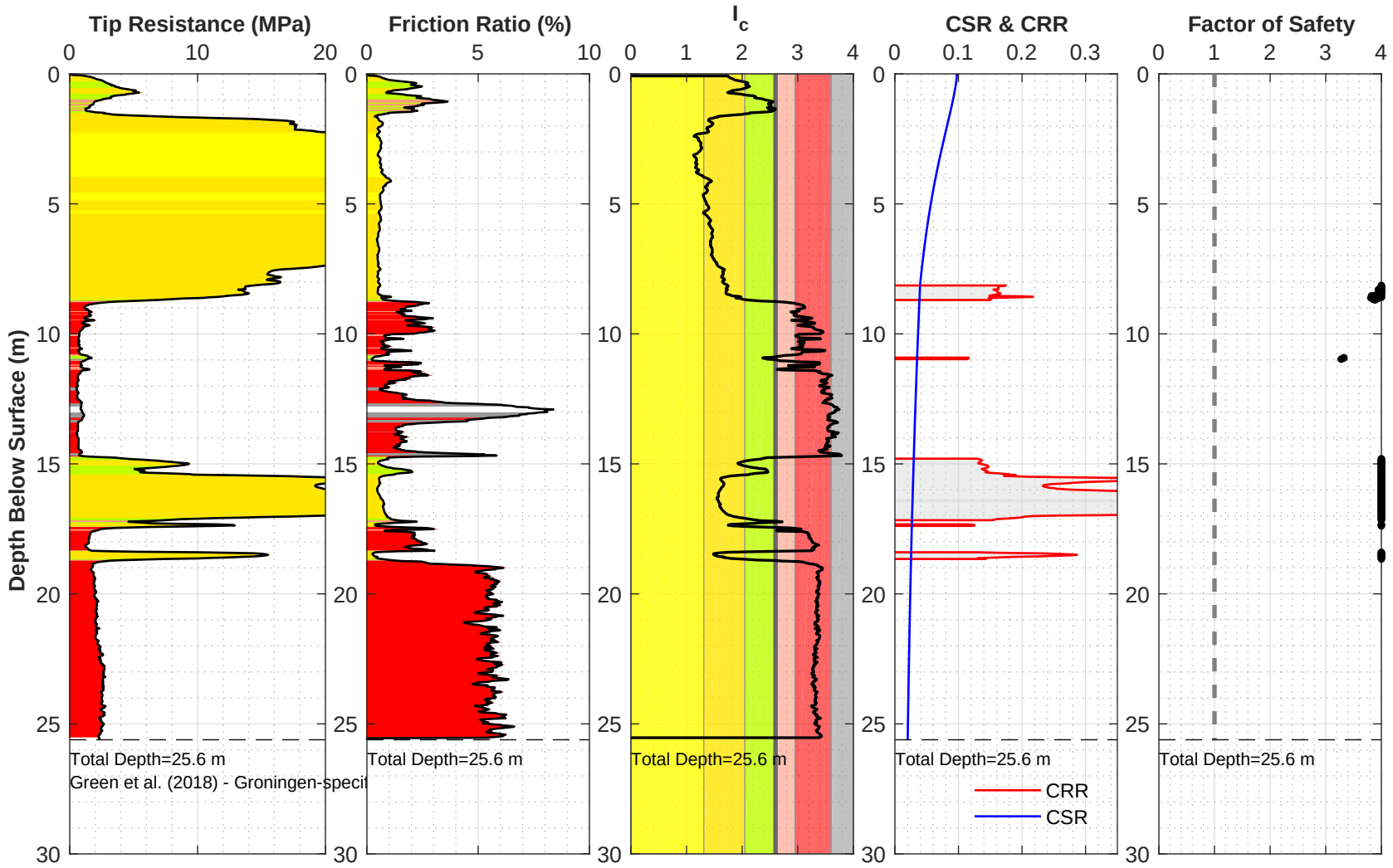
Location: 21225_249_coord
Surface EL: 1.7 m +/- (NAP)
Cone Diameter: 43.7 mm

Thin Layer Correction: NCEER (Youd et al. 2001)
Analysis Title: NC
Mw: 3.9 amax (g): 0.15



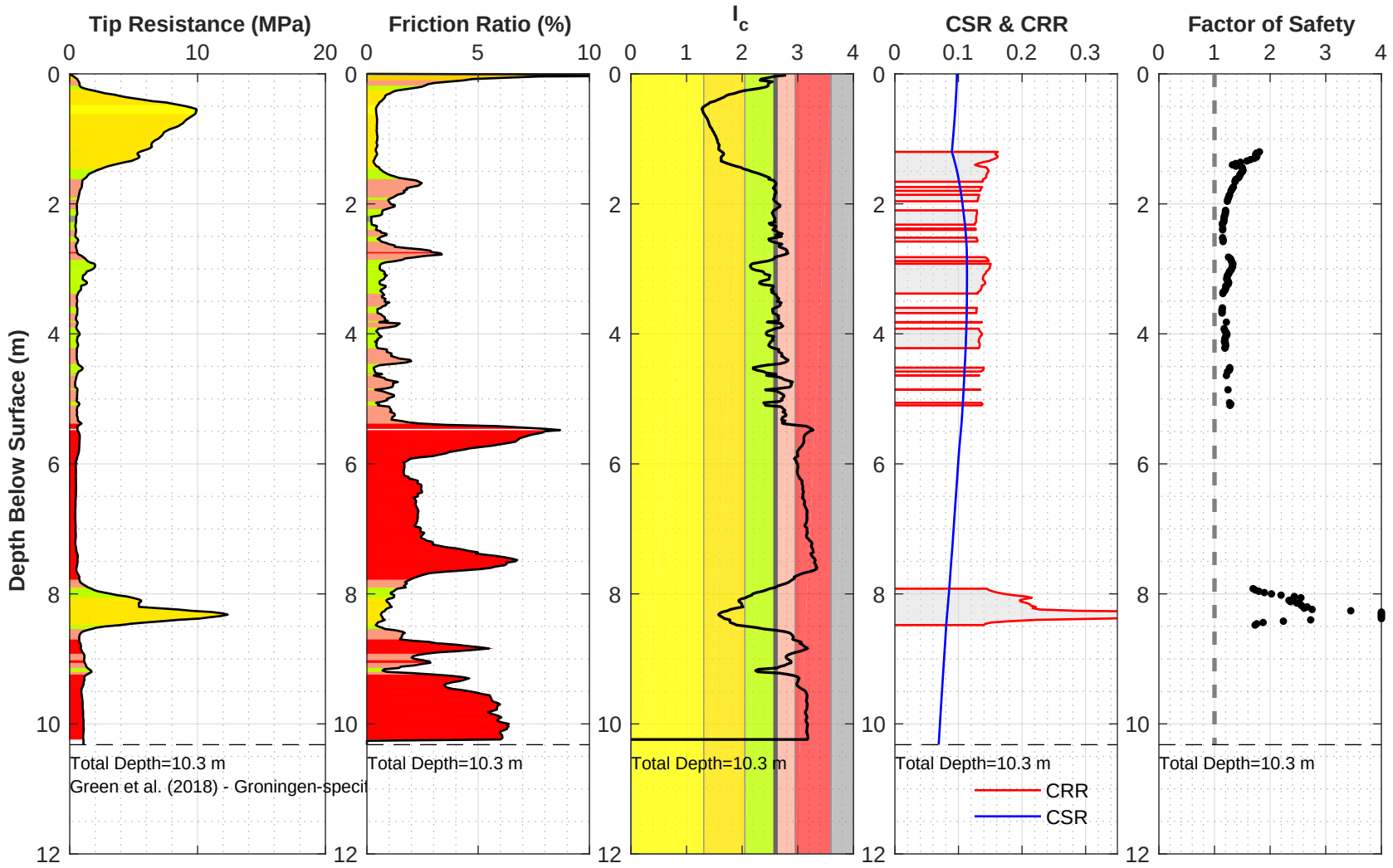
Location: 21225_250_coord
Surface EL: 1.7 m +/- (NAP)
Cone Diameter: 43.7 mm

Thin Layer Correction: NCEER (Youd et al. 2001)
Analysis Title: NC
Mw: 3.9 amax (g): 0.15



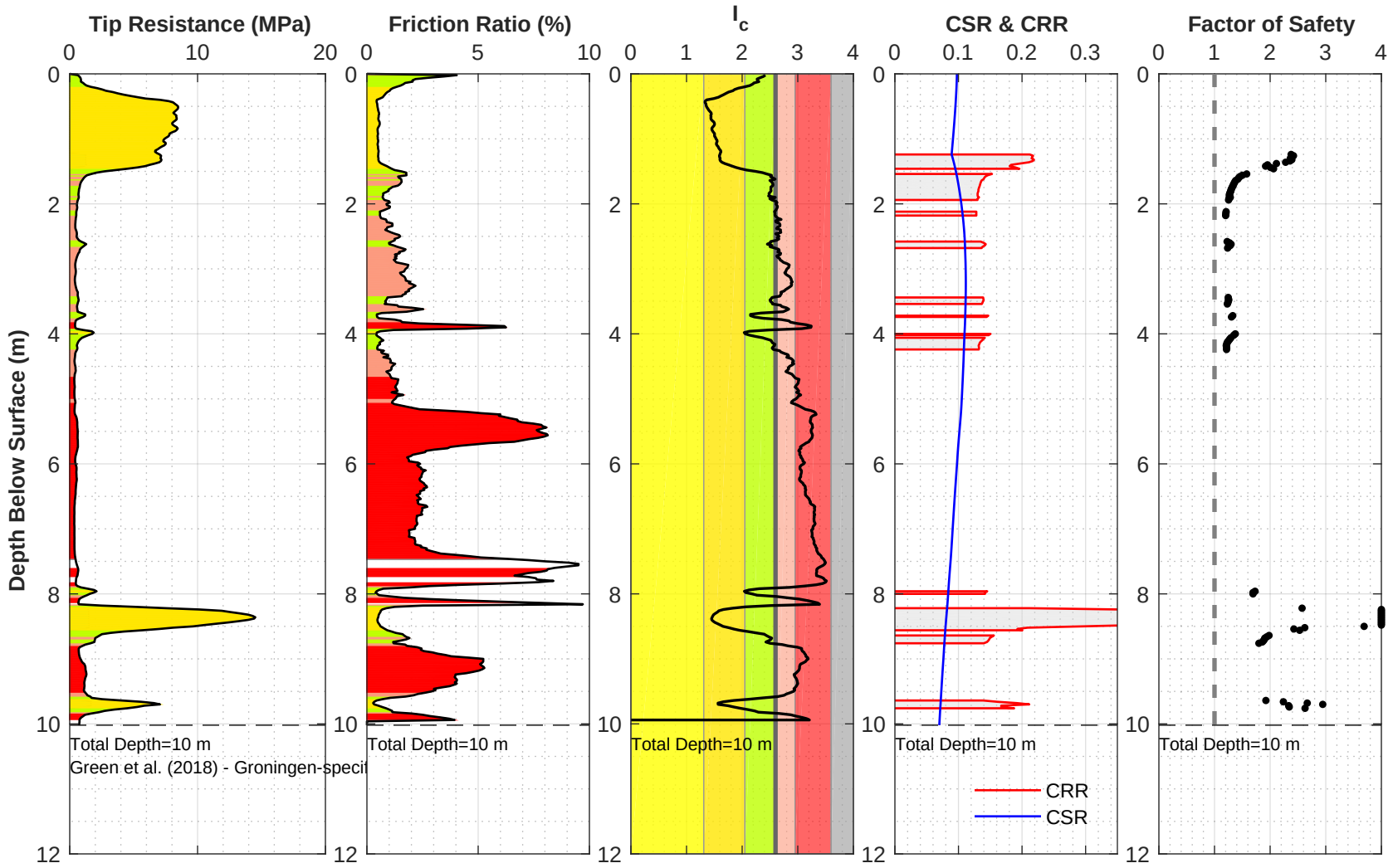
Location: 21225_251_coord
Surface EL: 8.6 m +/- (NAP)
Cone Diameter: 43.7 mm

Thin Layer Correction: NCEER (Youd et al. 2001)
Analysis Title: NC
Mw: 3.9 amax (g): 0.15



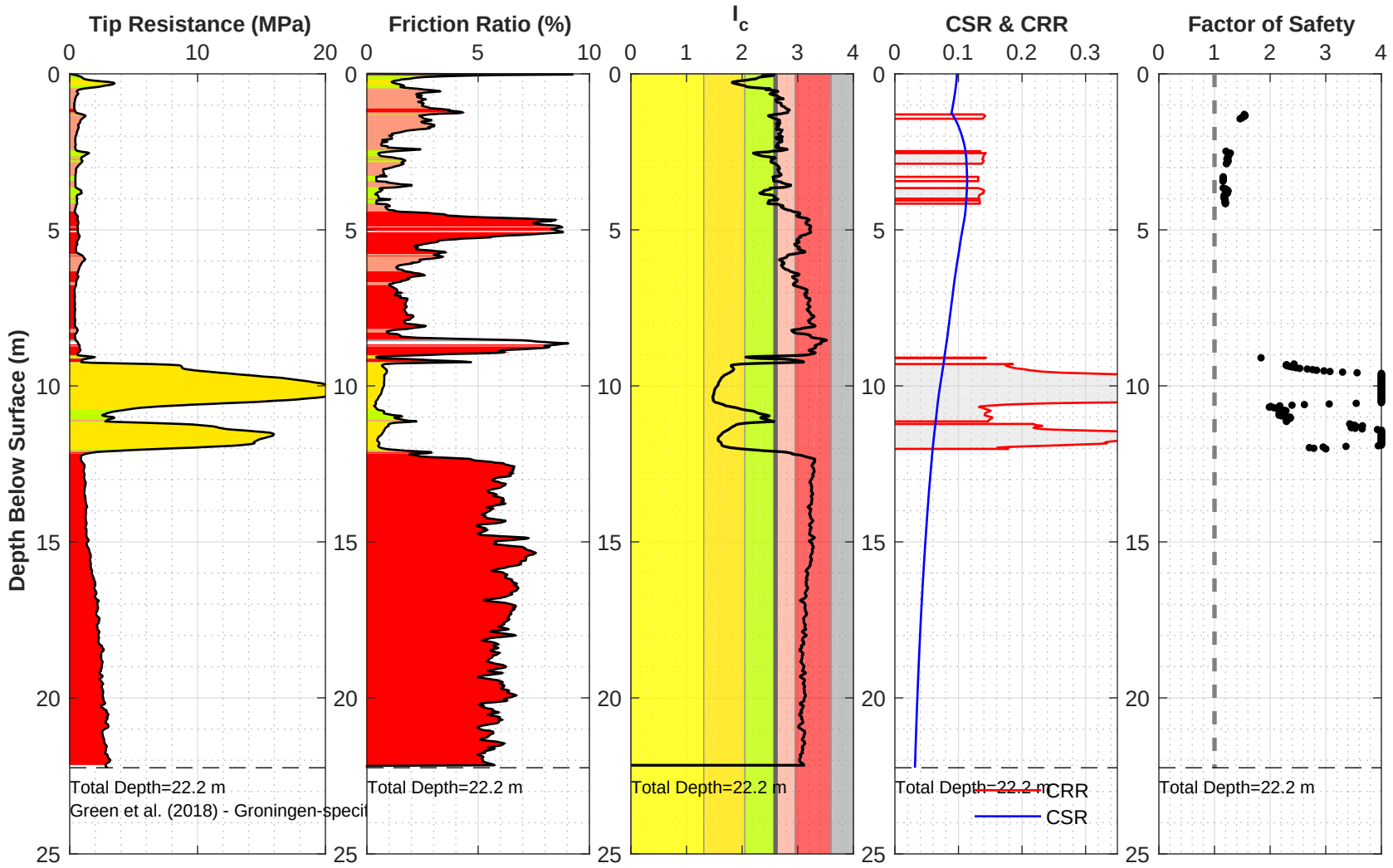
Location: 21225_252_coord
Surface EL: 1.7 m +/- (NAP)
Cone Diameter: 43.7 mm

Thin Layer Correction: NCEER (Youd et al. 2001)
Analysis Title: NC
Mw: 3.9 amax (g): 0.15



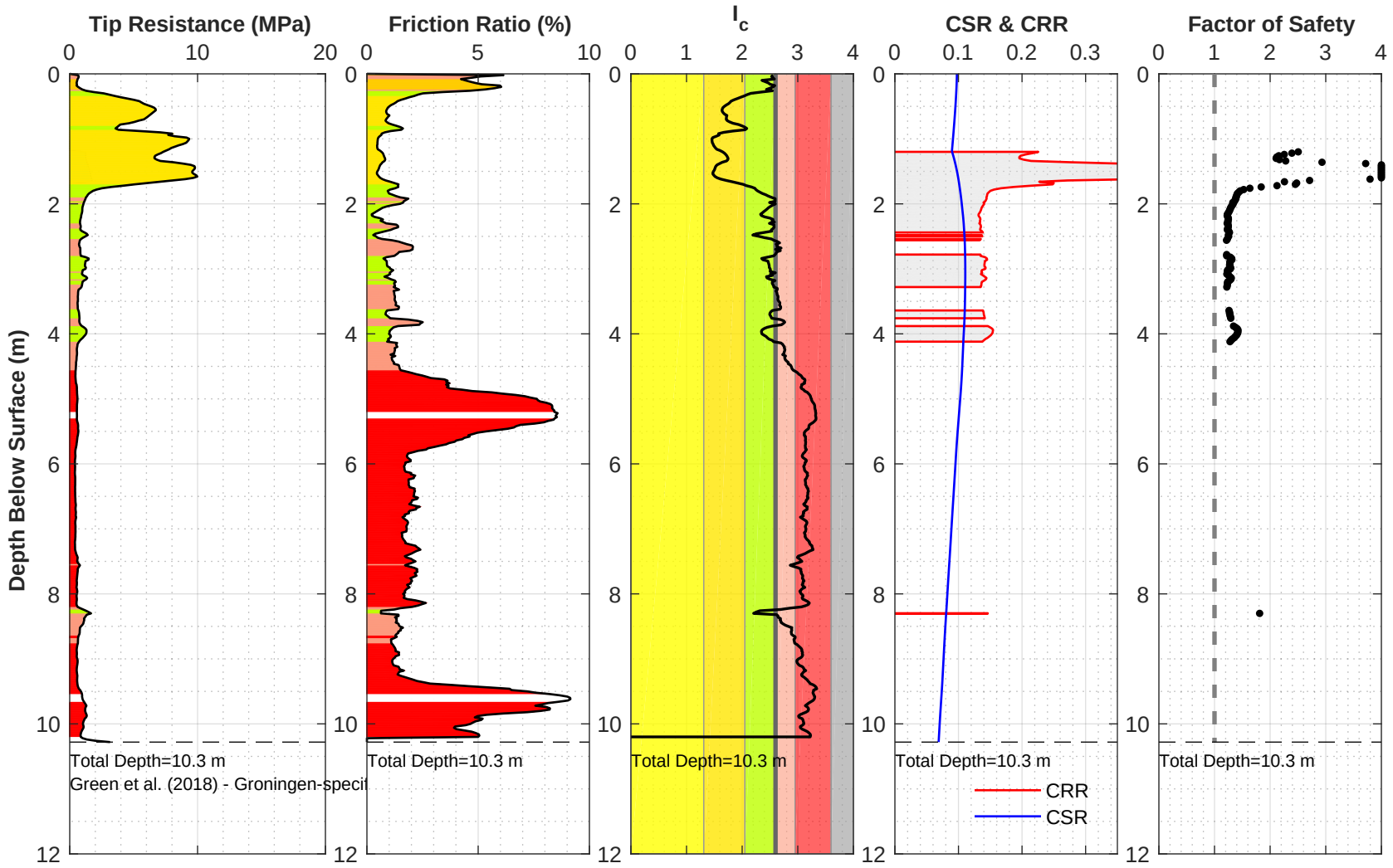
Location: 21225_253_coord
Surface EL: 1.7 m +/- (NAP)
Cone Diameter: 43.7 mm

Thin Layer Correction: NCEER (Youd et al. 2001)
Analysis Title: NC
Mw: 3.9 amax (g): 0.15



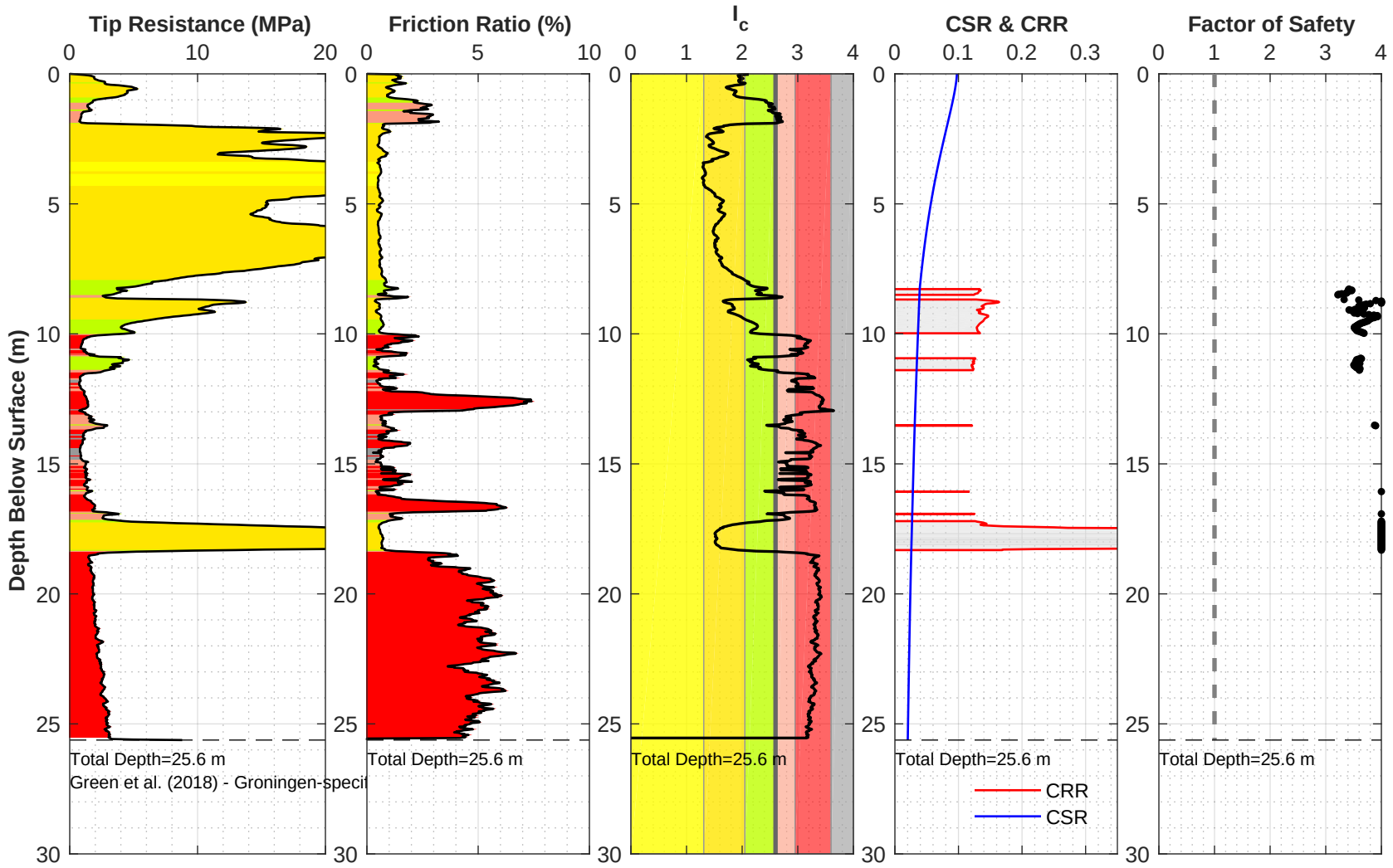
Location: 21225_254_coord
Surface EL: 1.8 m +/- (NAP)
Cone Diameter: 43.7 mm

Thin Layer Correction: NCEER (Youd et al. 2001)
Analysis Title: NC
Mw: 3.9 amax (g): 0.15



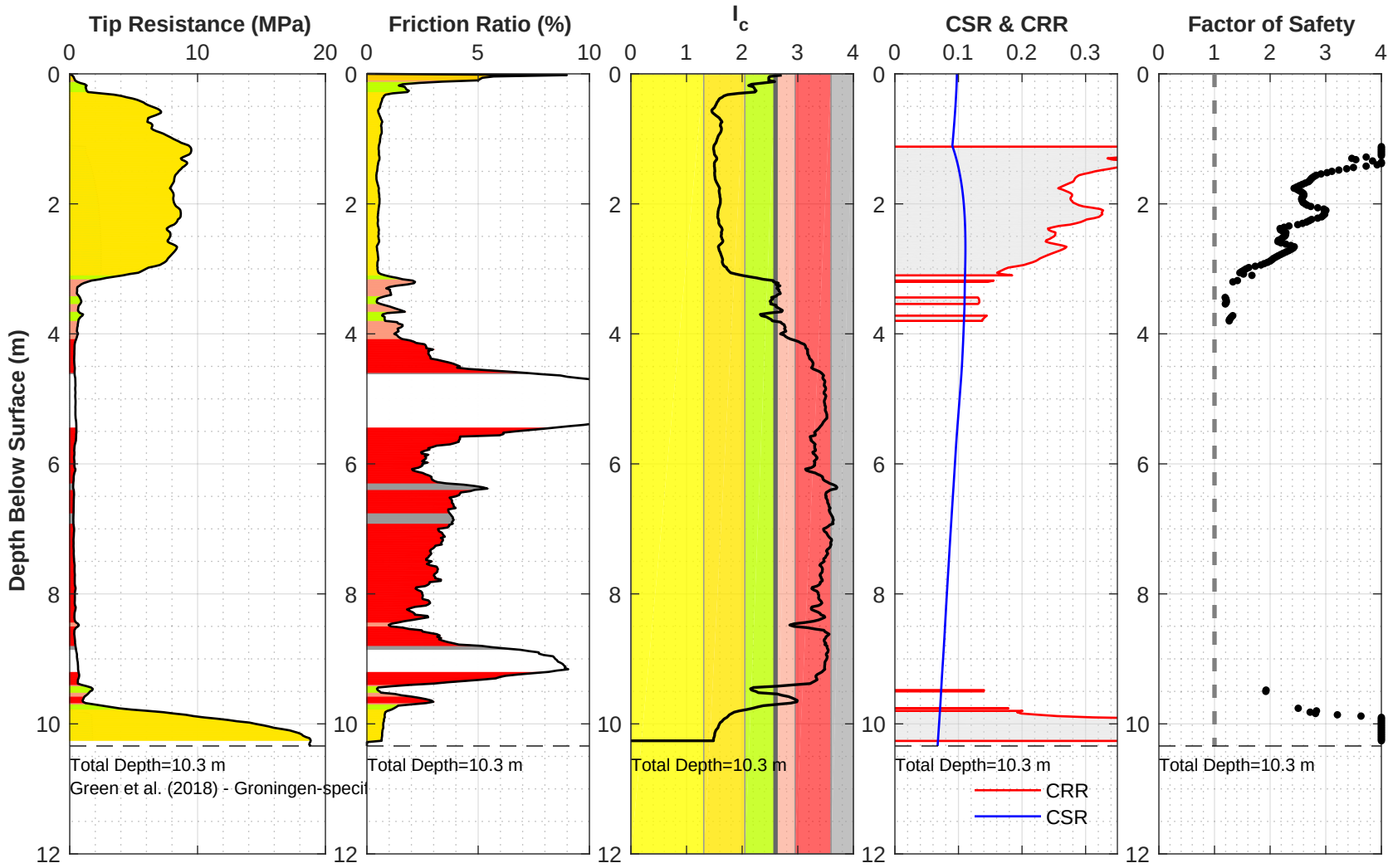
Location: 21225_255_coord
Surface EL: 1.7 m +/- (NAP)
Cone Diameter: 43.7 mm

Thin Layer Correction: NCEER (Youd et al. 2001)
Analysis Title: NC
Mw: 3.9 amax (g): 0.15



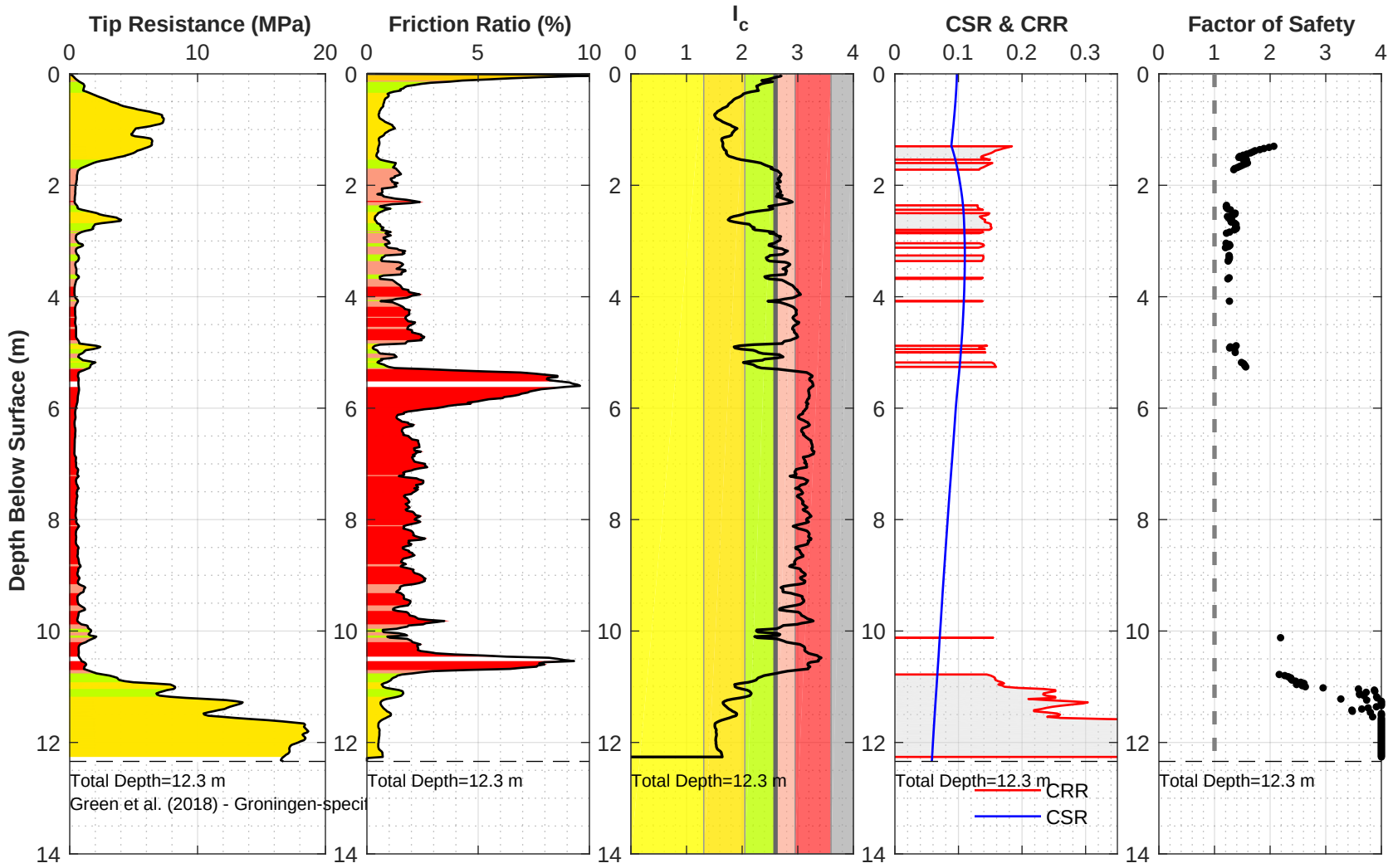
Location: 21225_256_coord
Surface EL: 8.8 m +/- (NAP)
Cone Diameter: 43.7 mm

Thin Layer Correction: NCEER (Youd et al. 2001)
Analysis Title: NC
Mw: 3.9 amax (g): 0.15



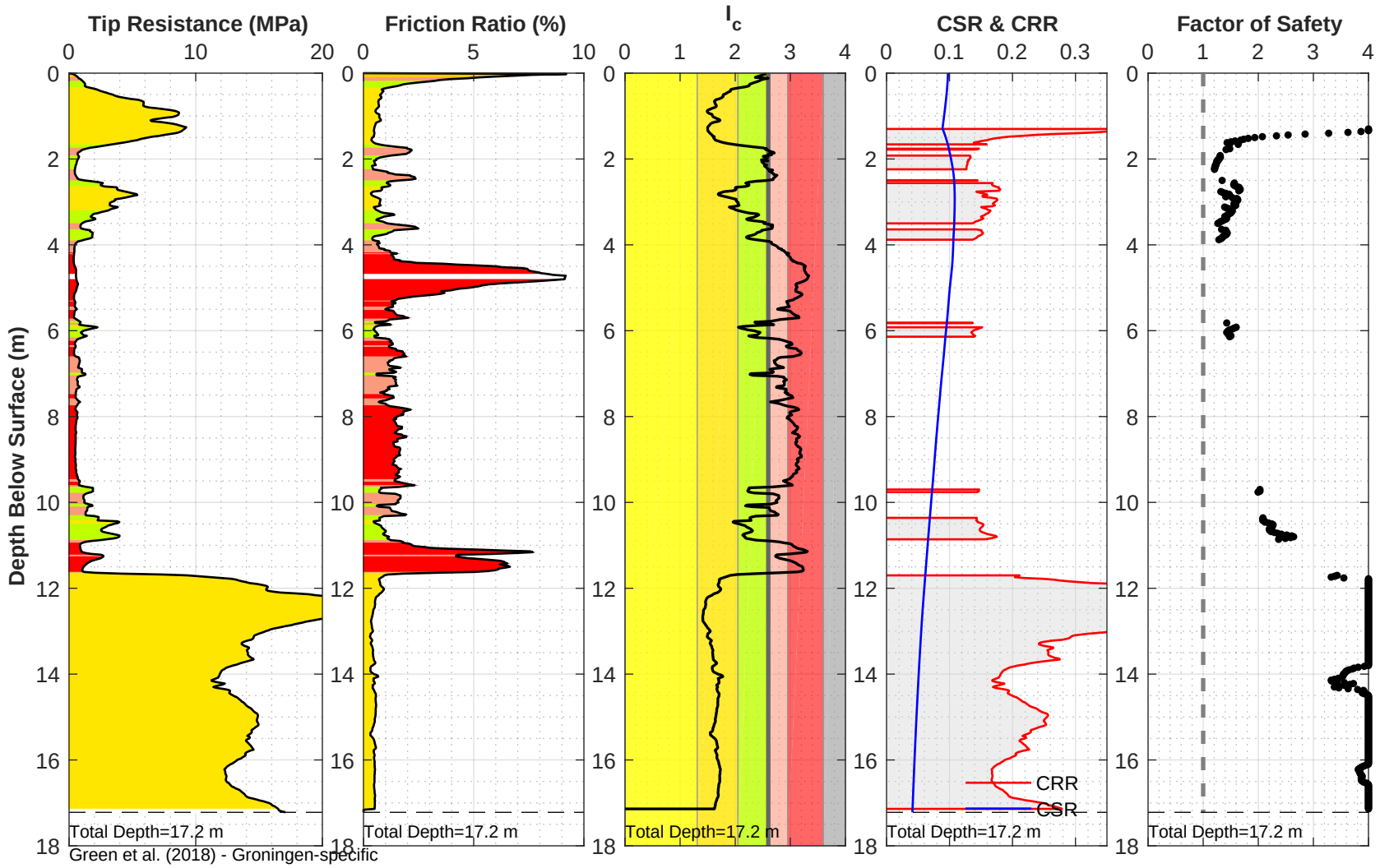
Location: 21225_257_coord
Surface EL: 1.6 m +/- (NAP)
Cone Diameter: 43.7 mm

Thin Layer Correction: NCEER (Youd et al. 2001)
Analysis Title: NC
Mw: 3.9 amax (g): 0.15



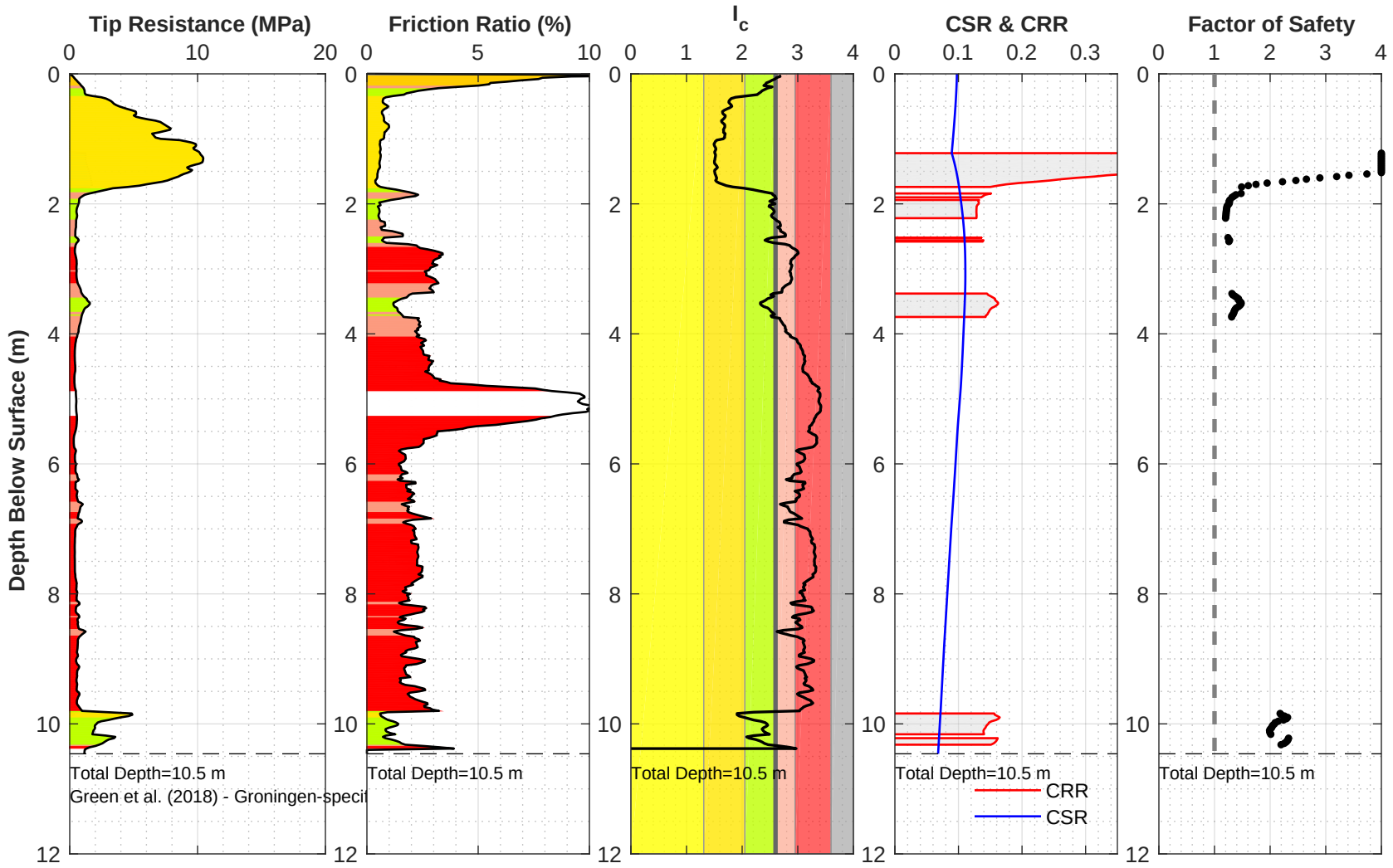
Location: 21225_258_coord
Surface EL: 1.8 m +/- (NAP)
Cone Diameter: 43.7 mm

Thin Layer Correction: NCEER (Youd et al. 2001)
Analysis Title: NC
Mw: 3.9 amax (g): 0.15



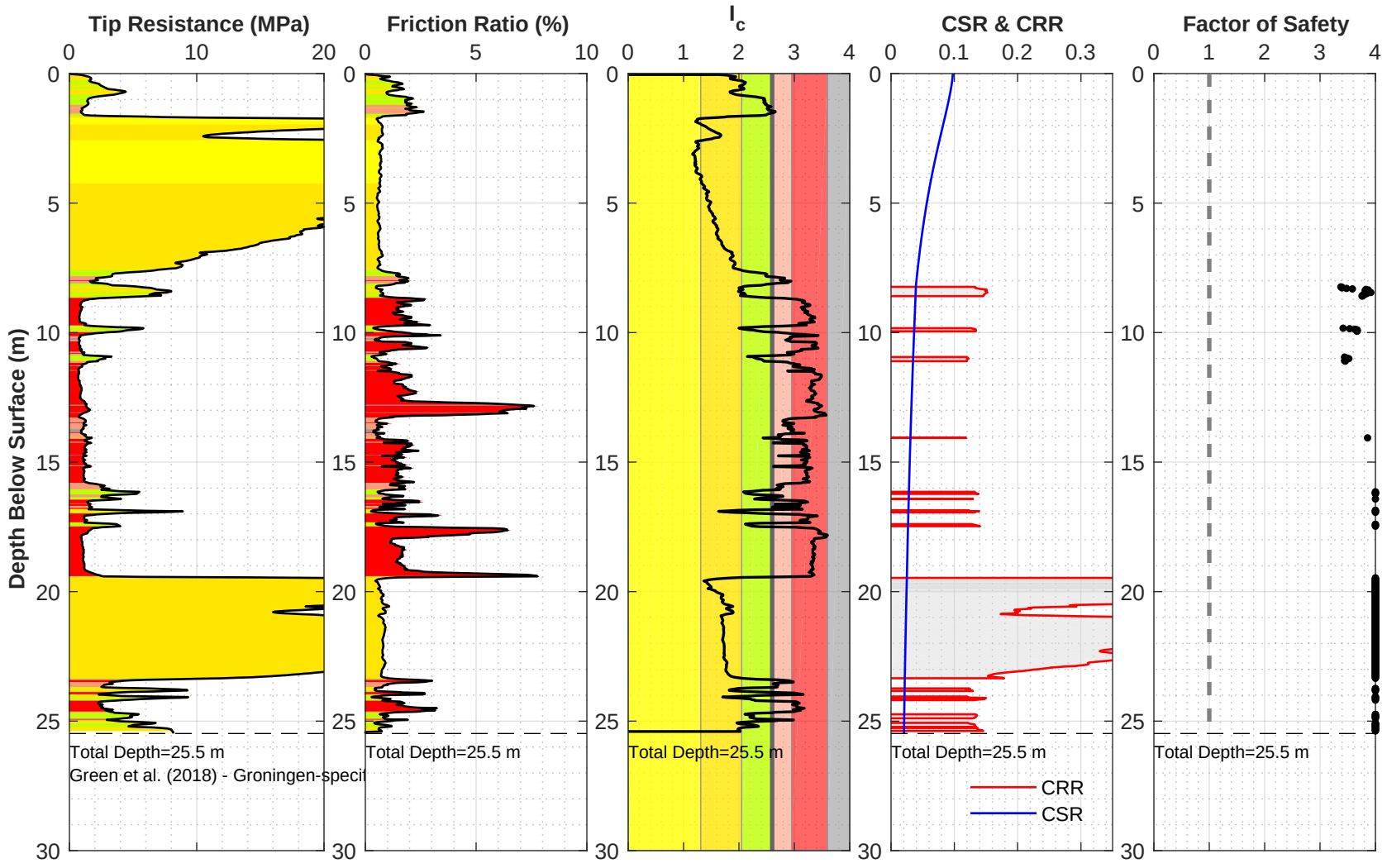
Location: 21225_259_coord
Surface EL: 1.8 m +/- (NAP)
Cone Diameter: 43.7 mm

Thin Layer Correction: NCEER (Youd et al. 2001)
Analysis Title: NC
Mw: 3.9 amax (g): 0.15



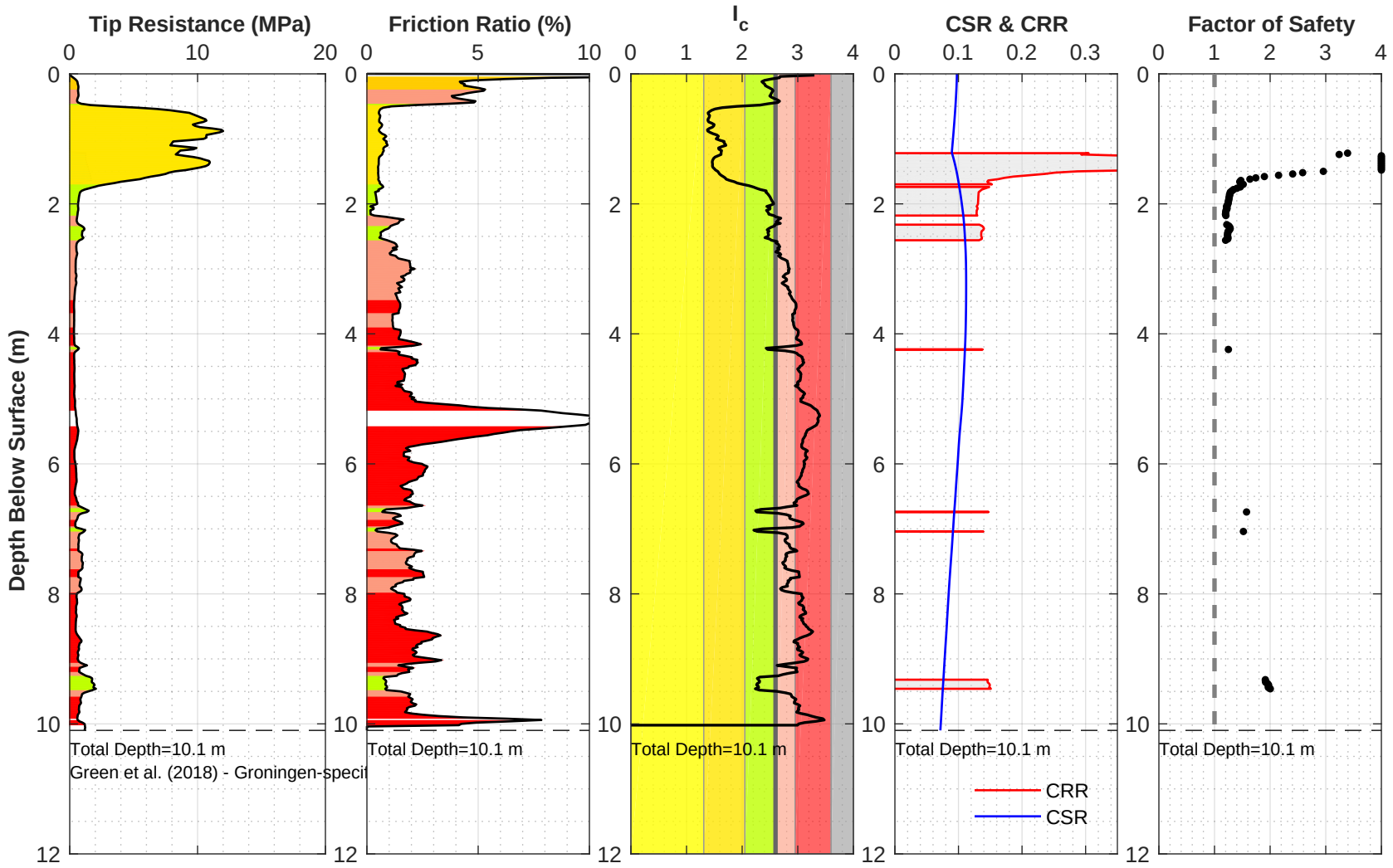
Location: 21225_260_coord
Surface EL: 1.7 m +/- (NAP)
Cone Diameter: 43.7 mm

Thin Layer Correction: NCEER (Youd et al. 2001)
Analysis Title: NC
Mw: 3.9 amax (g): 0.15



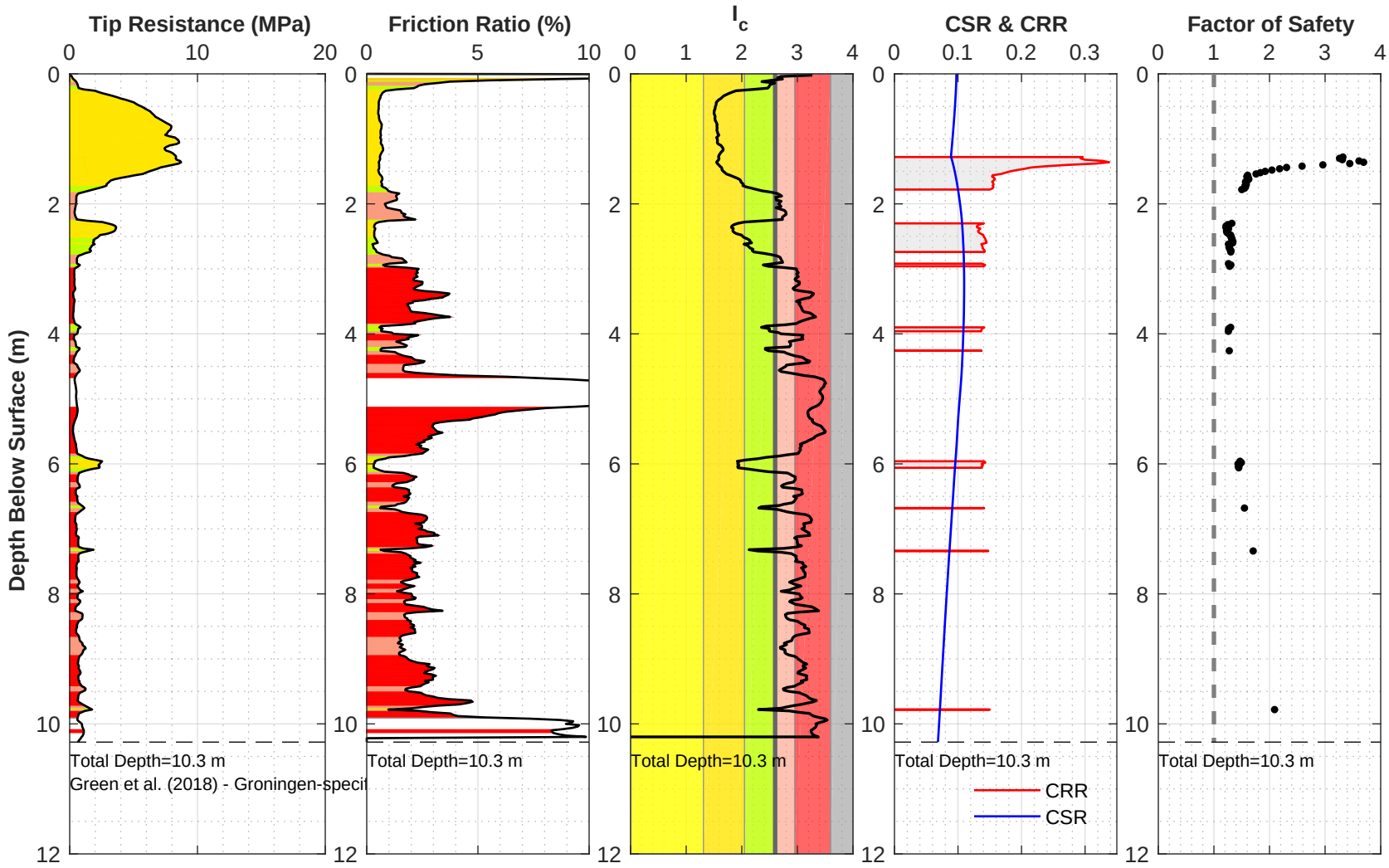
Location: 21225_261_coord
Surface EL: 8.7 m +/- (NAP)
Cone Diameter: 43.7 mm

Thin Layer Correction: NCEER (Youd et al. 2001)
Analysis Title: NC
Mw: 3.9 amax (g): 0.15



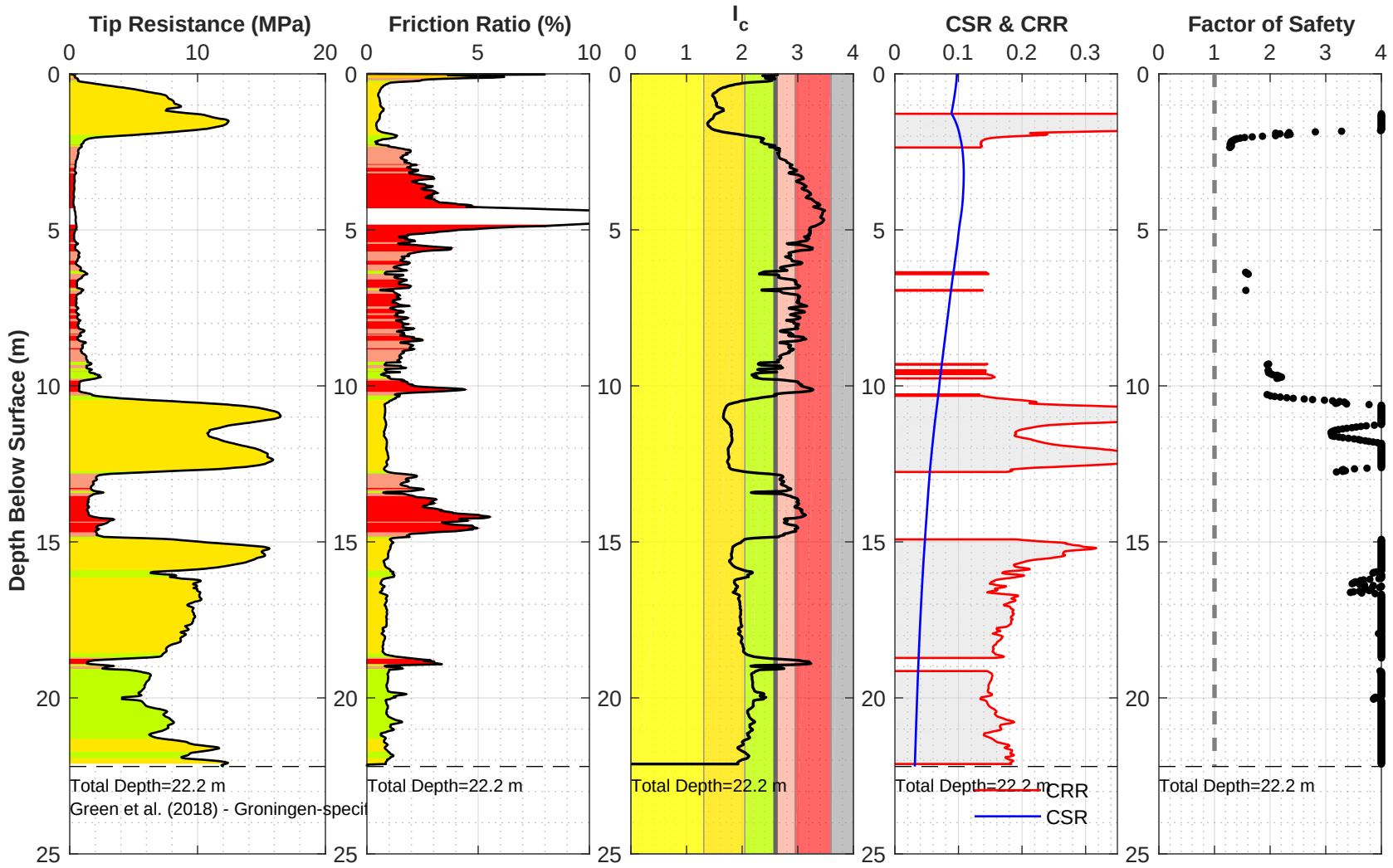
Location: 21225_262_coord
Surface EL: 1.7 m +/- (NAP)
Cone Diameter: 43.7 mm

Thin Layer Correction: NCEER (Youd et al. 2001)
Analysis Title: NC
Mw: 3.9 amax (g): 0.15



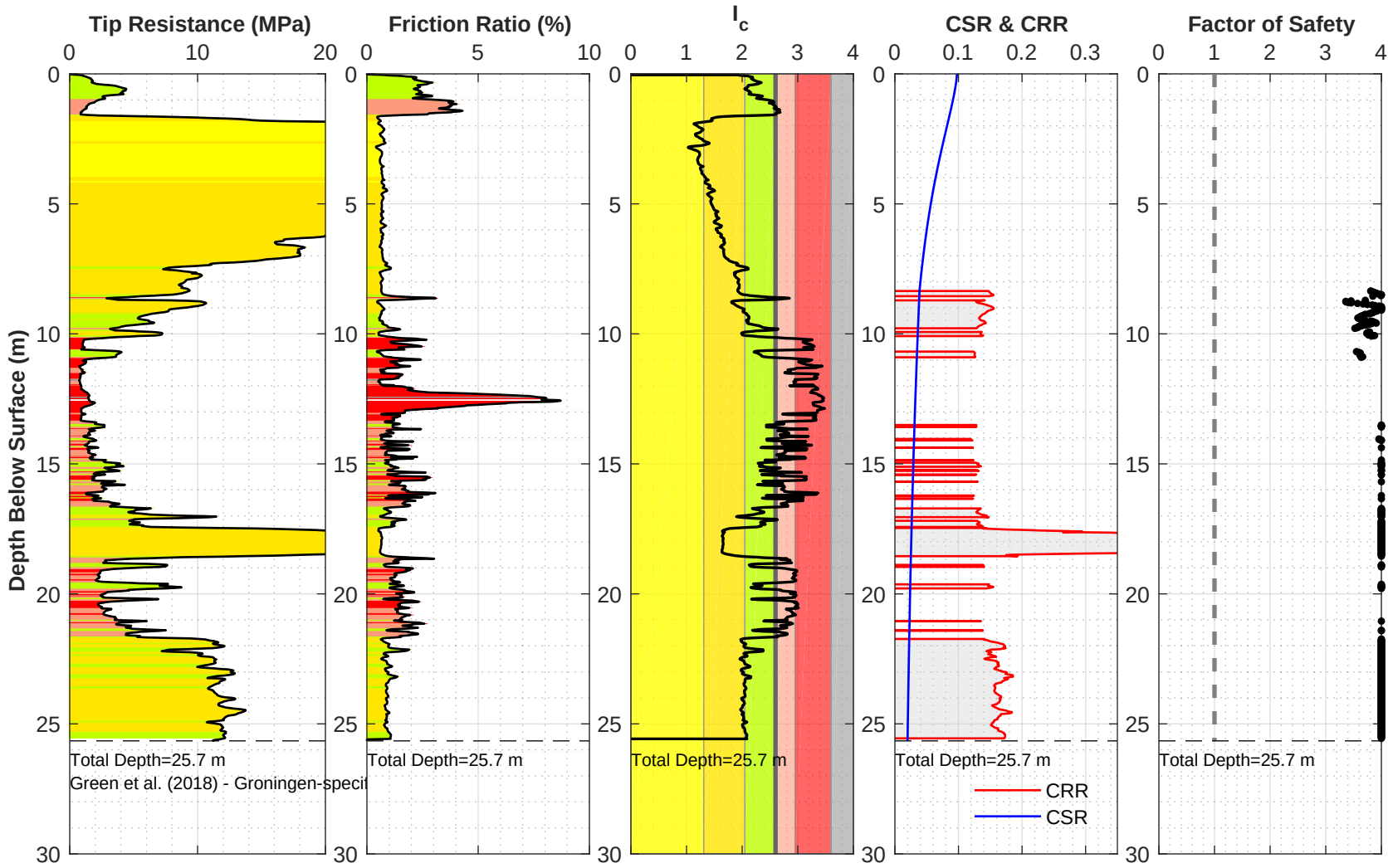
Location: 21225_263_coord
Surface EL: 1.8 m +/- (NAP)
Cone Diameter: 43.7 mm

Thin Layer Correction: NCEER (Youd et al. 2001)
Analysis Title: NC
Mw: 3.9 amax (g): 0.15



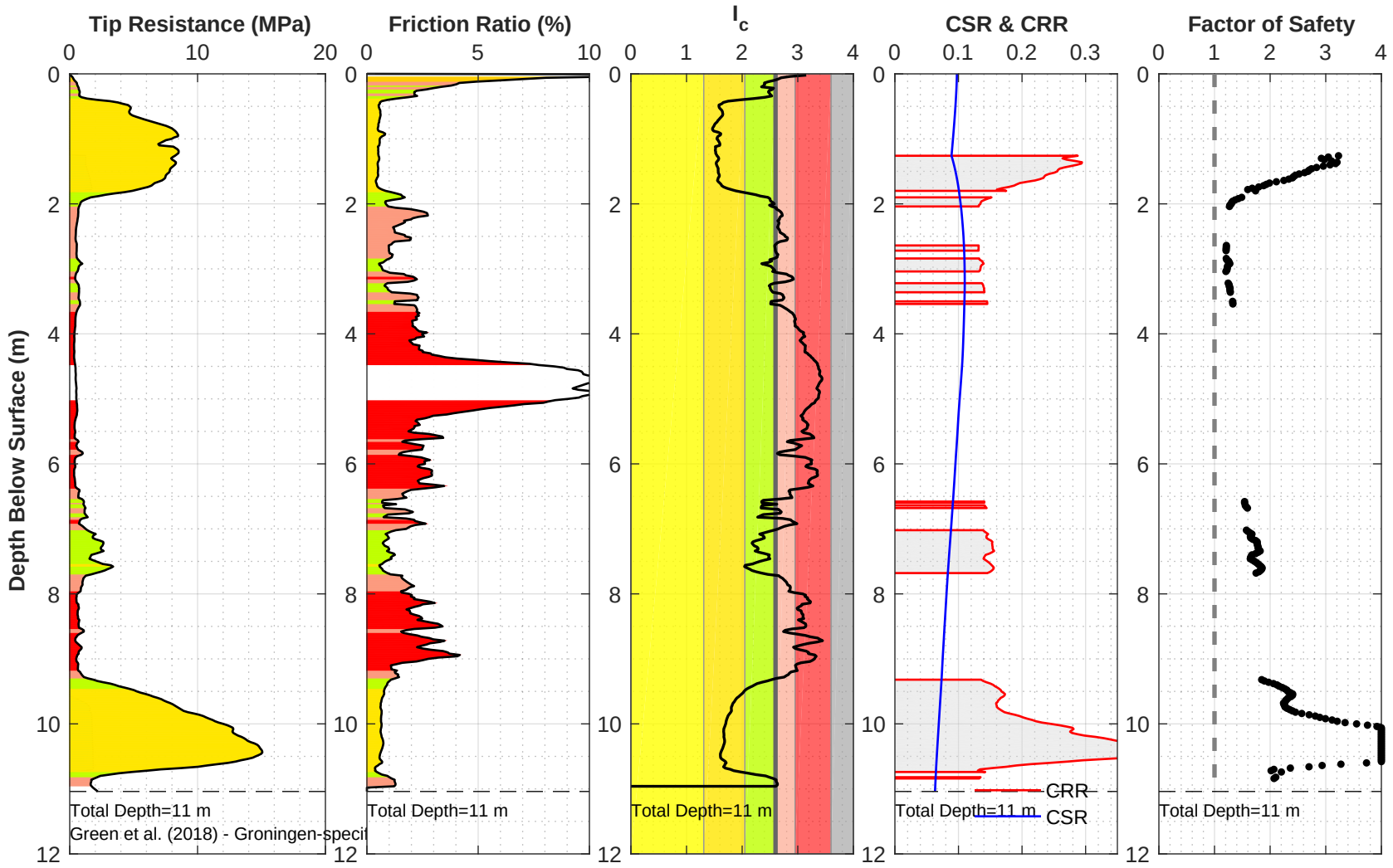
Location: 21225_264_coord
Surface EL: 1.8 m +/- (NAP)
Cone Diameter: 43.7 mm

Thin Layer Correction: NCEER (Youd et al. 2001)
Analysis Title: NC
Mw: 3.9 amax (g): 0.15



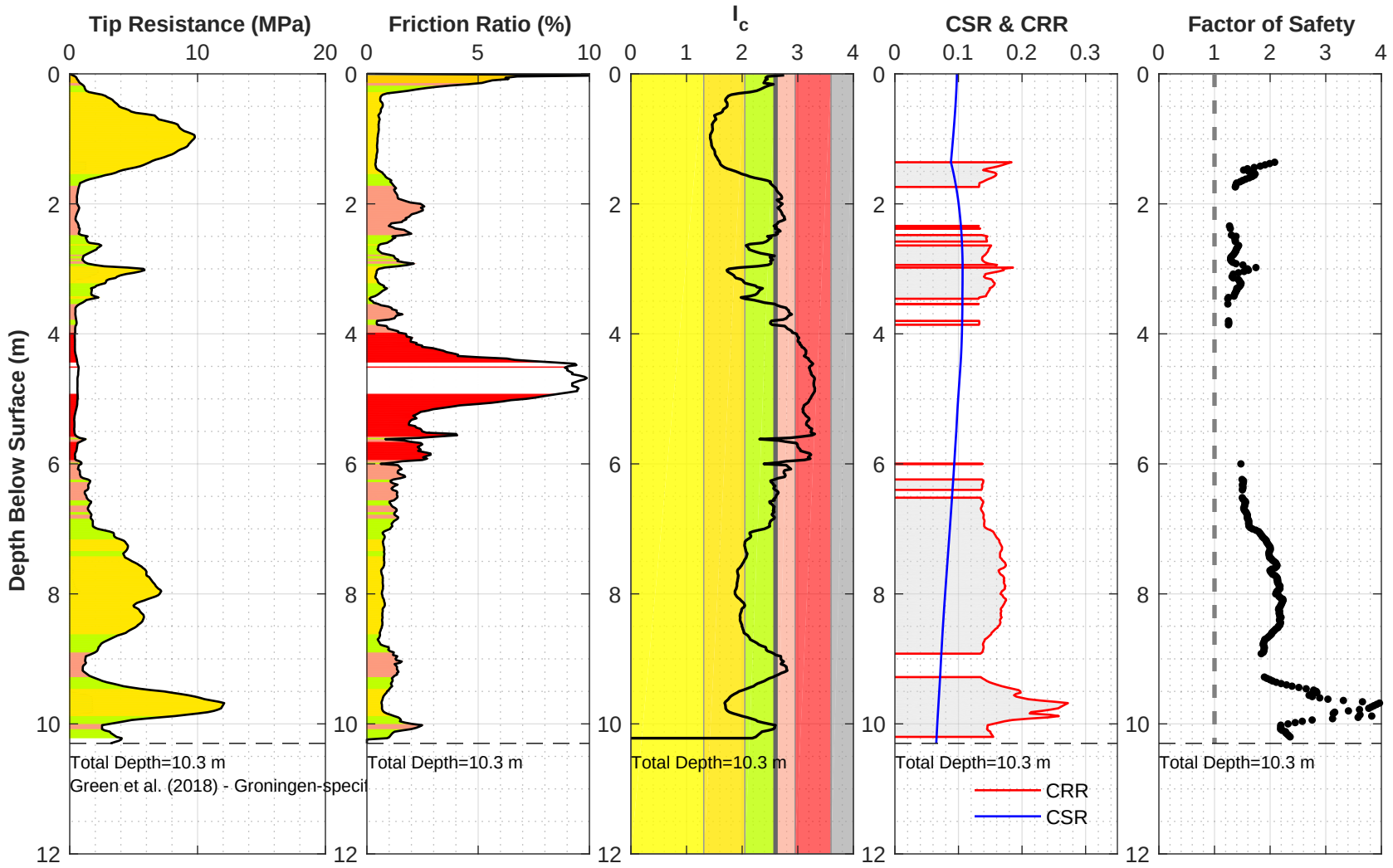
Location: 21225_265_coord
Surface EL: 8.9 m +/- (NAP)
Cone Diameter: 43.7 mm

Thin Layer Correction: NCEER (Youd et al. 2001)
Analysis Title: NC
Mw: 3.9 amax (g): 0.15



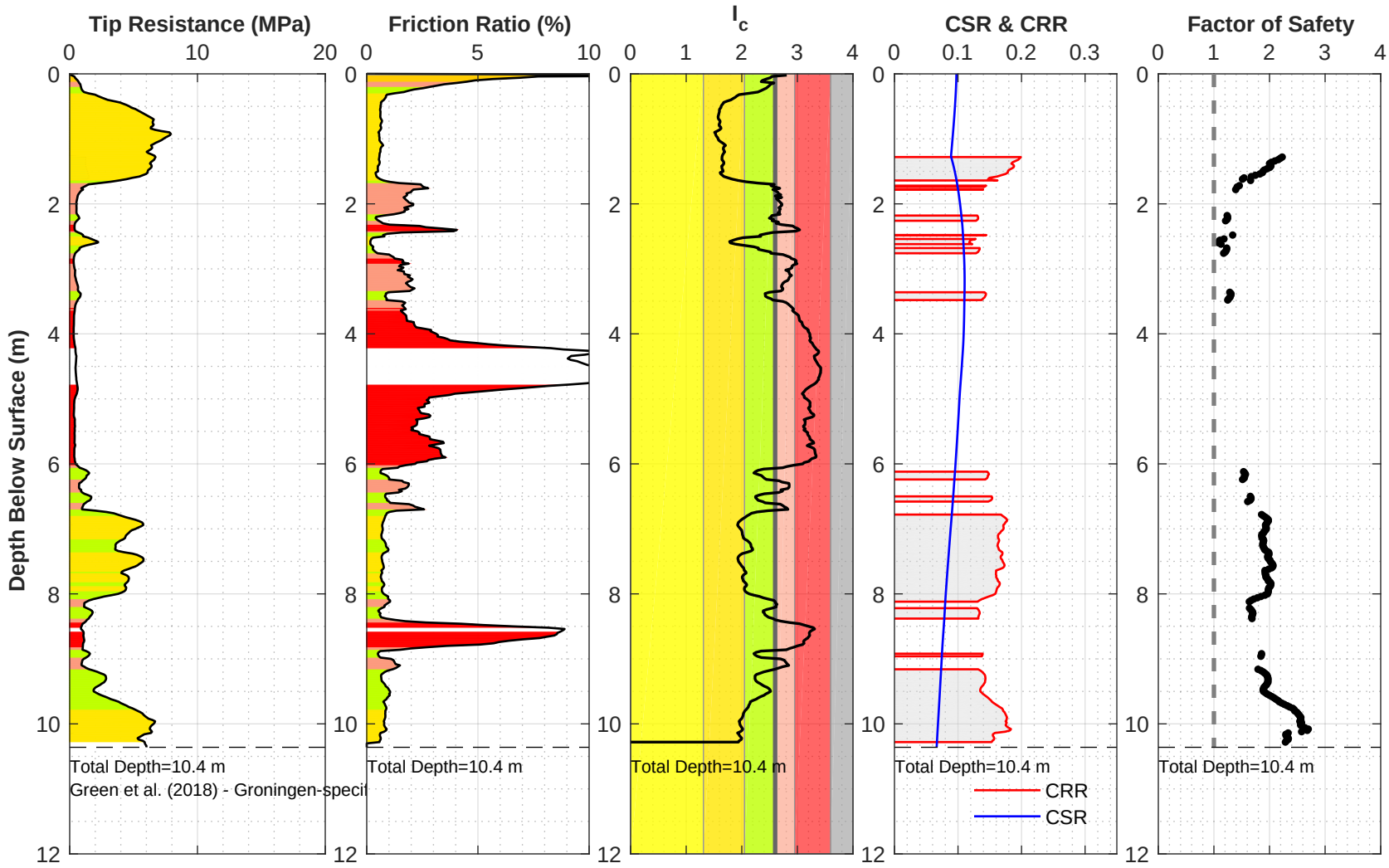
Location: 21225_266_coord
Surface EL: 1.8 m +/- (NAP)
Cone Diameter: 43.7 mm

Thin Layer Correction: NCEER (Youd et al. 2001)
Analysis Title: NC
Mw: 3.9 amax (g): 0.15



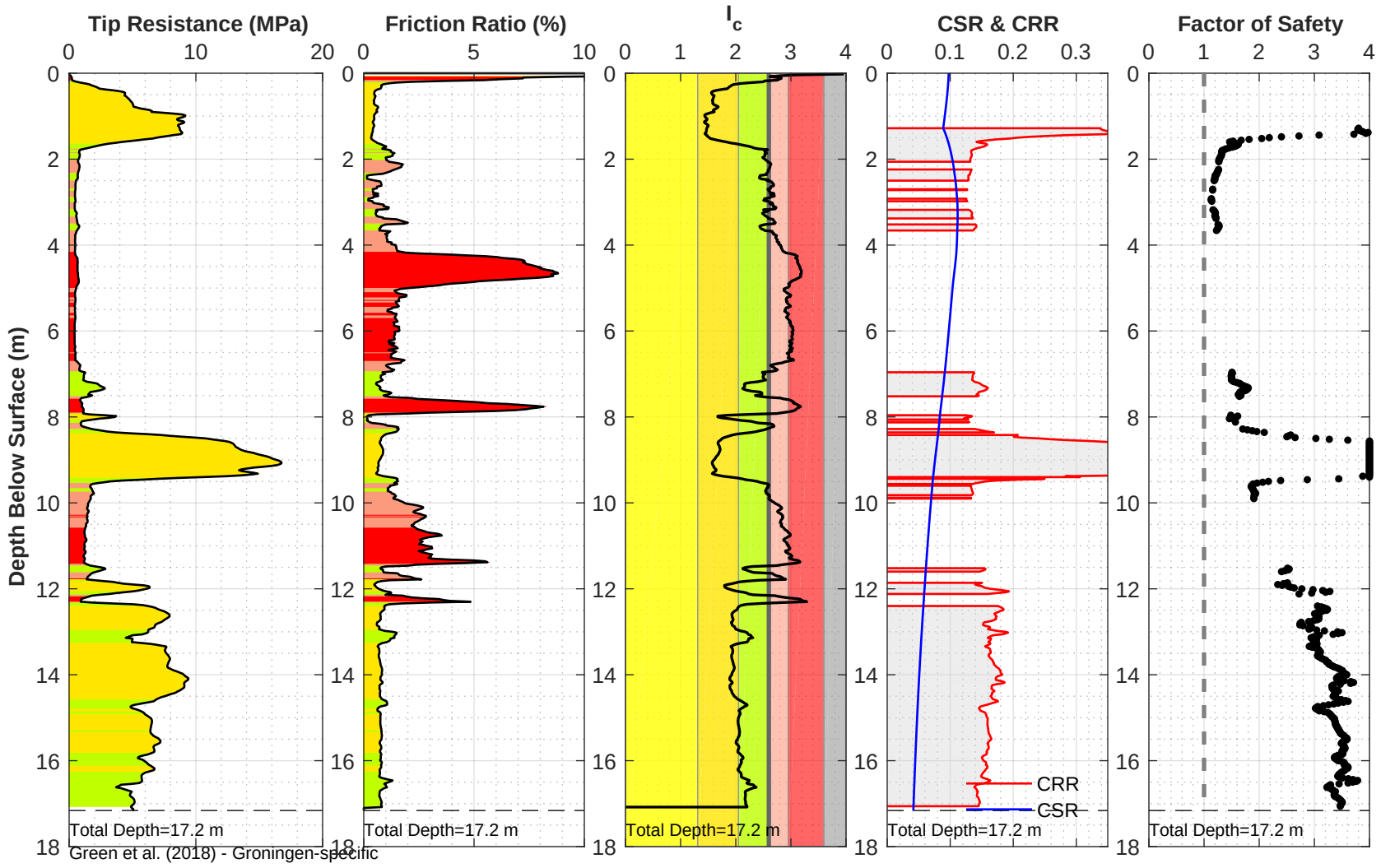
Location: 21225_267_coord
Surface EL: 1.9 m +/- (NAP)
Cone Diameter: 43.7 mm

Thin Layer Correction: NCEER (Youd et al. 2001)
Analysis Title: NC
Mw: 3.9 amax (g): 0.15



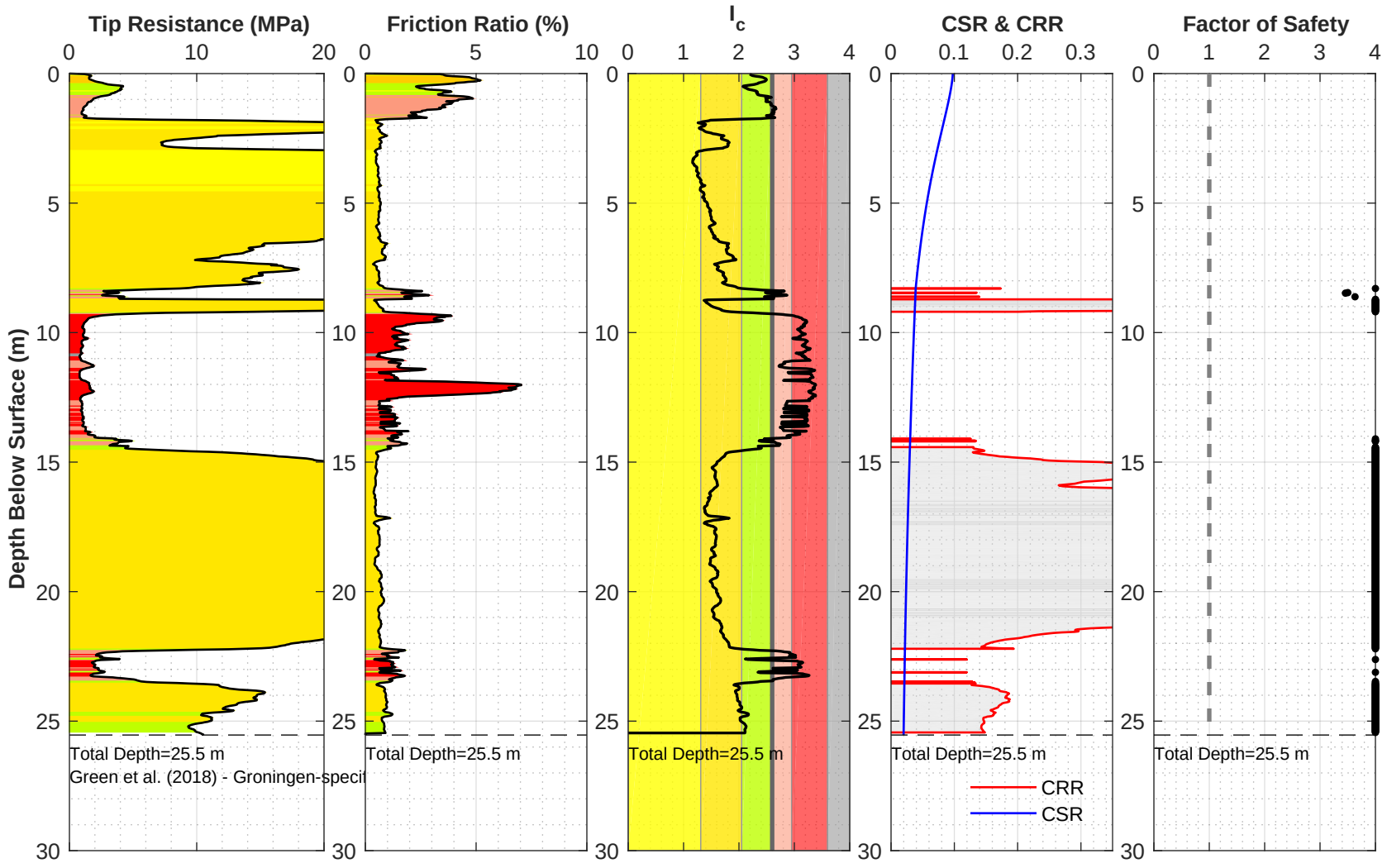
Location: 21225_268_coord
Surface EL: 1.8 m +/- (NAP)
Cone Diameter: 43.7 mm

Thin Layer Correction: NCEER (Youd et al. 2001)
Analysis Title: NC
Mw: 3.9 amax (g): 0.15



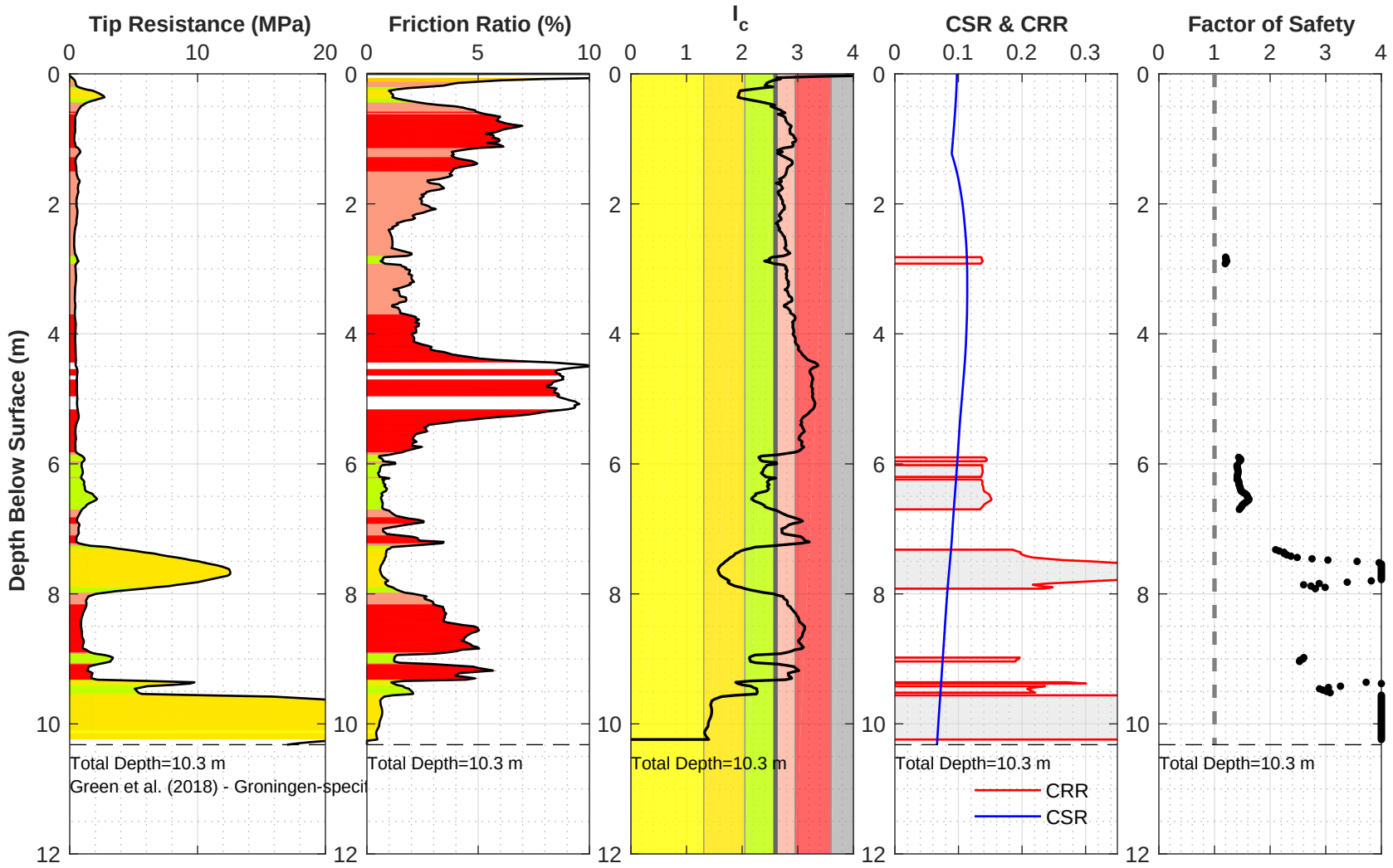
Location: 21225_269_coord
Surface EL: 1.8 m +/- (NAP)
Cone Diameter: 43.7 mm

Thin Layer Correction: NCEER (Youd et al. 2001)
Analysis Title: NC
Mw: 3.9 amax (g): 0.15



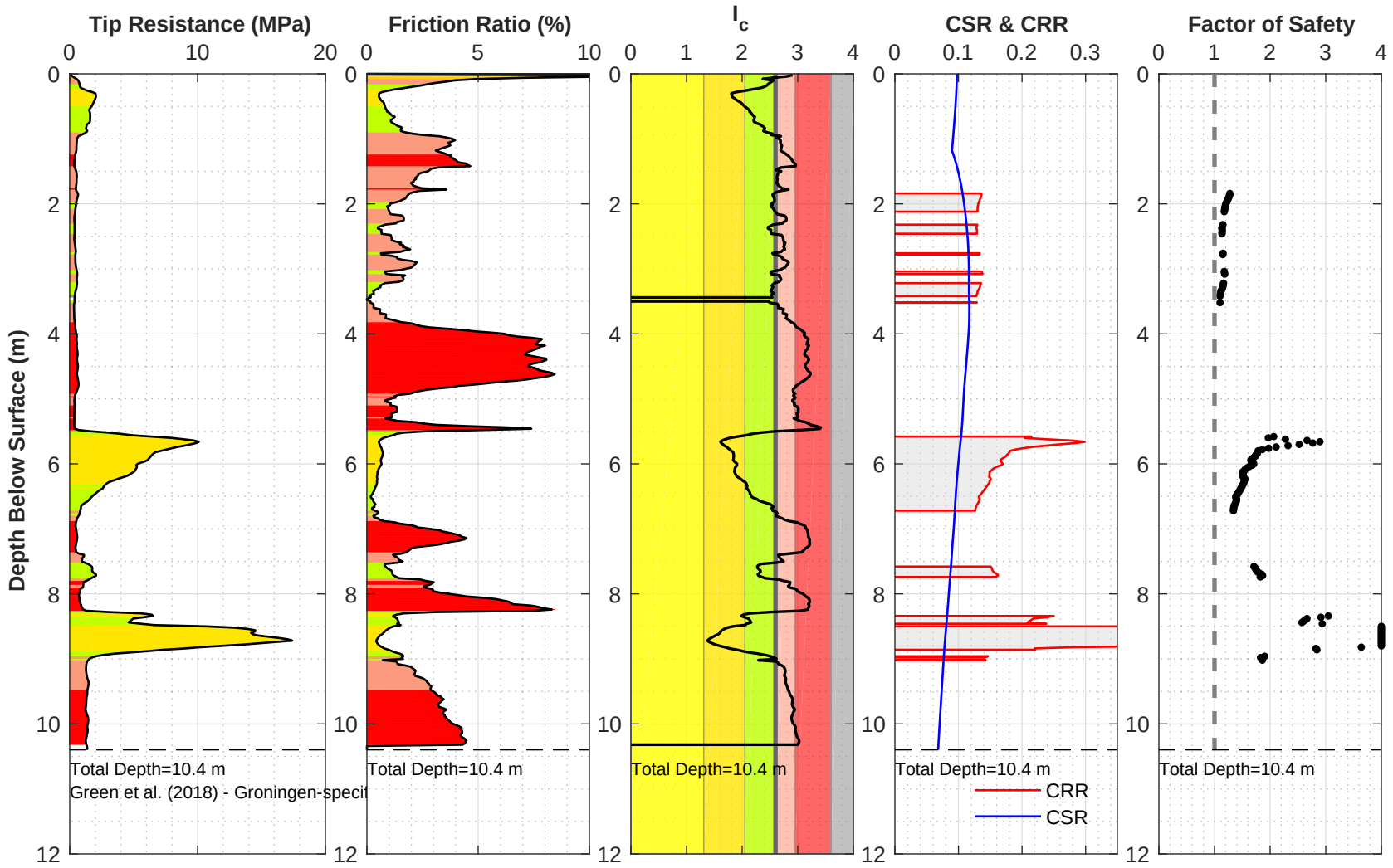
Location: 21225_270_coord
Surface EL: 8.8 m +/- (NAP)
Cone Diameter: 43.7 mm

Thin Layer Correction: NCEER (Youd et al. 2001)
Analysis Title: NC
Mw: 3.9 amax (g): 0.15



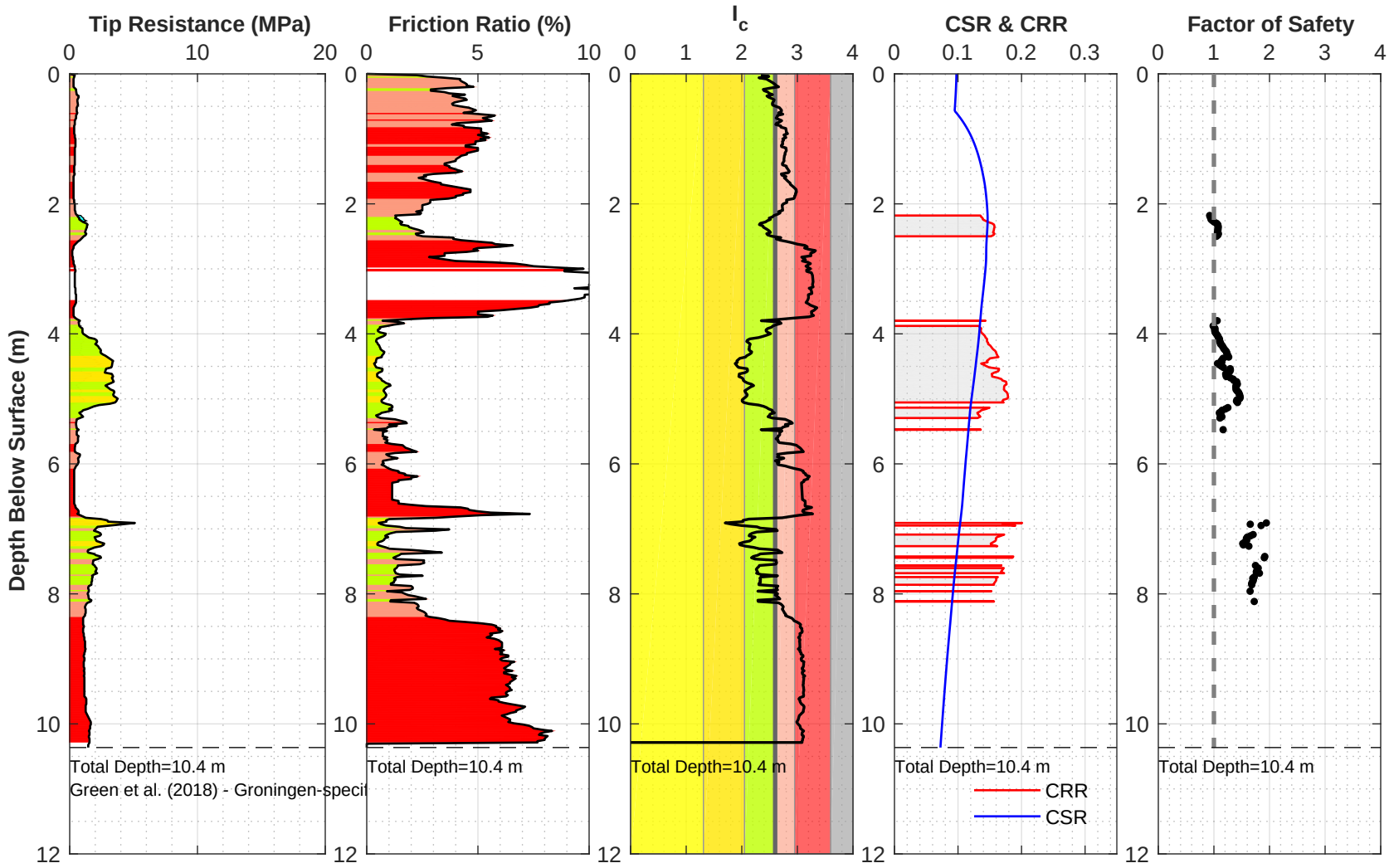
Location: 21225_271_coord
Surface EL: 1.7 m +/- (NAP)
Cone Diameter: 43.7 mm

Thin Layer Correction: NCEER (Youd et al. 2001)
Analysis Title: NC
Mw: 3.9 amax (g): 0.15



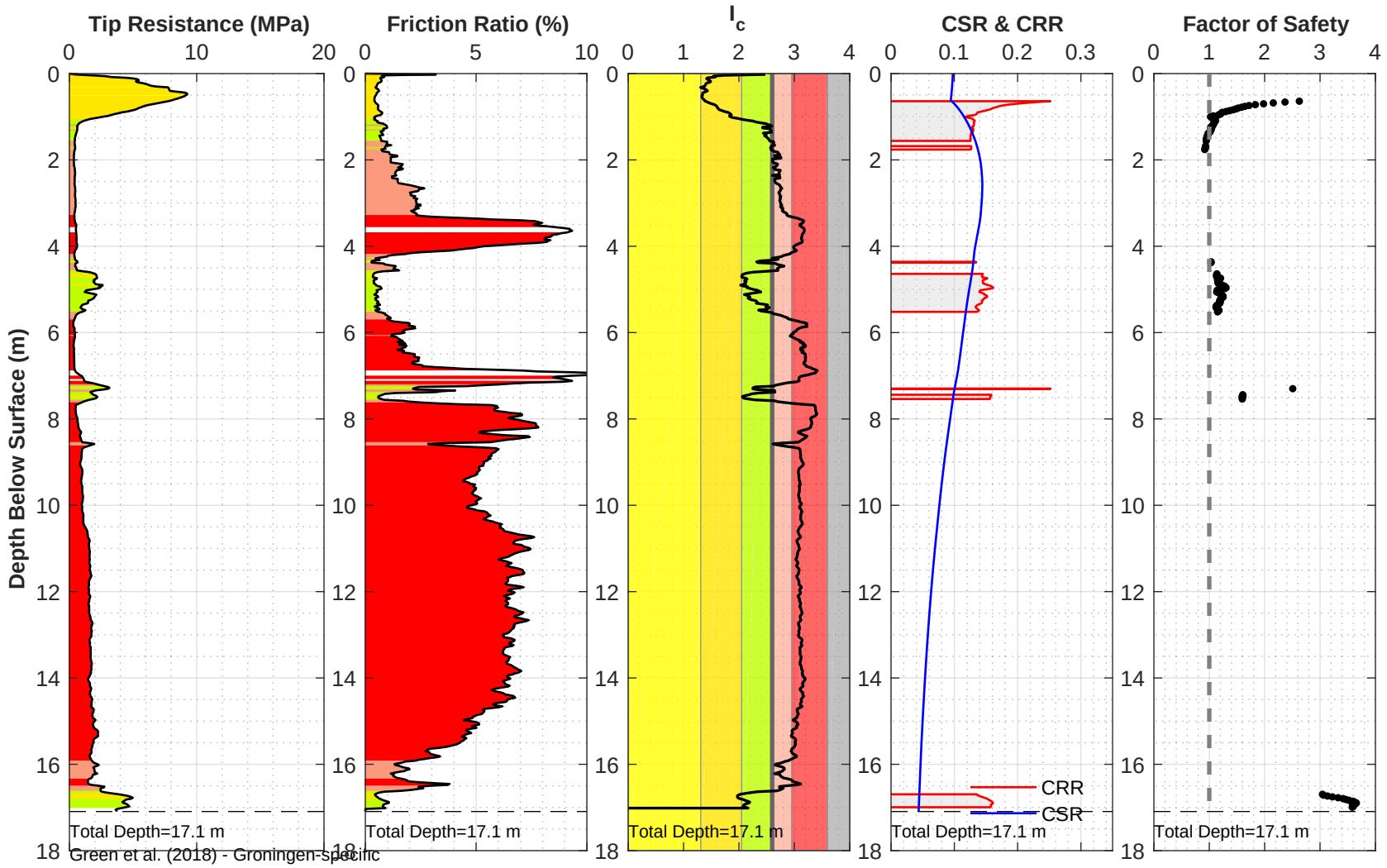
Location: 21225_272_coord
Surface EL: 1.7 m +/- (NAP)
Cone Diameter: 43.7 mm

Thin Layer Correction: NCEER (Youd et al. 2001)
Analysis Title: NC
Mw: 3.9 amax (g): 0.15



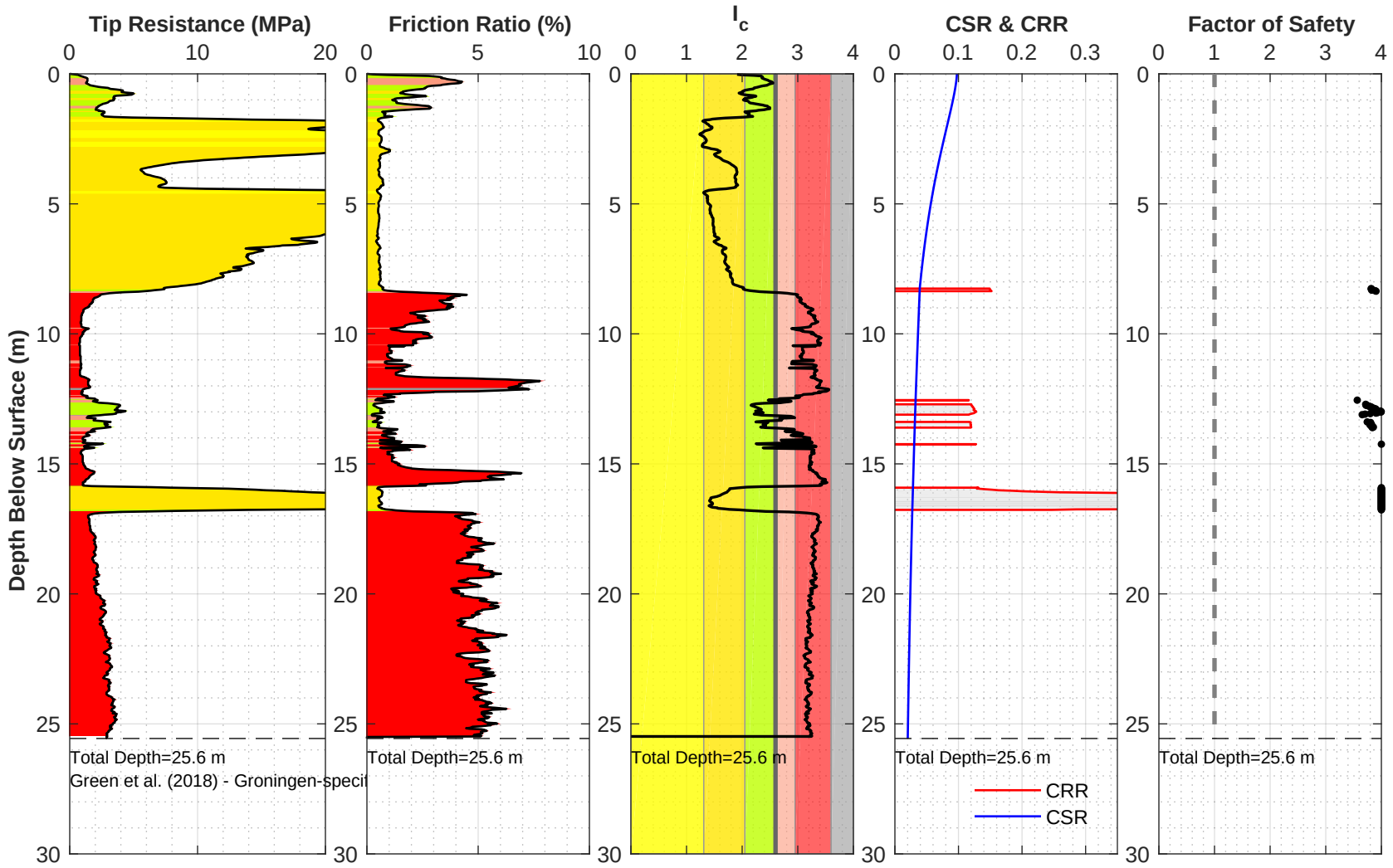
Location: 21225_273_coord
Surface EL: 1.1 m +/- (NAP)
Cone Diameter: 43.7 mm

Thin Layer Correction: NCEER (Youd et al. 2001)
Analysis Title: NC
Mw: 3.9 amax (g): 0.15



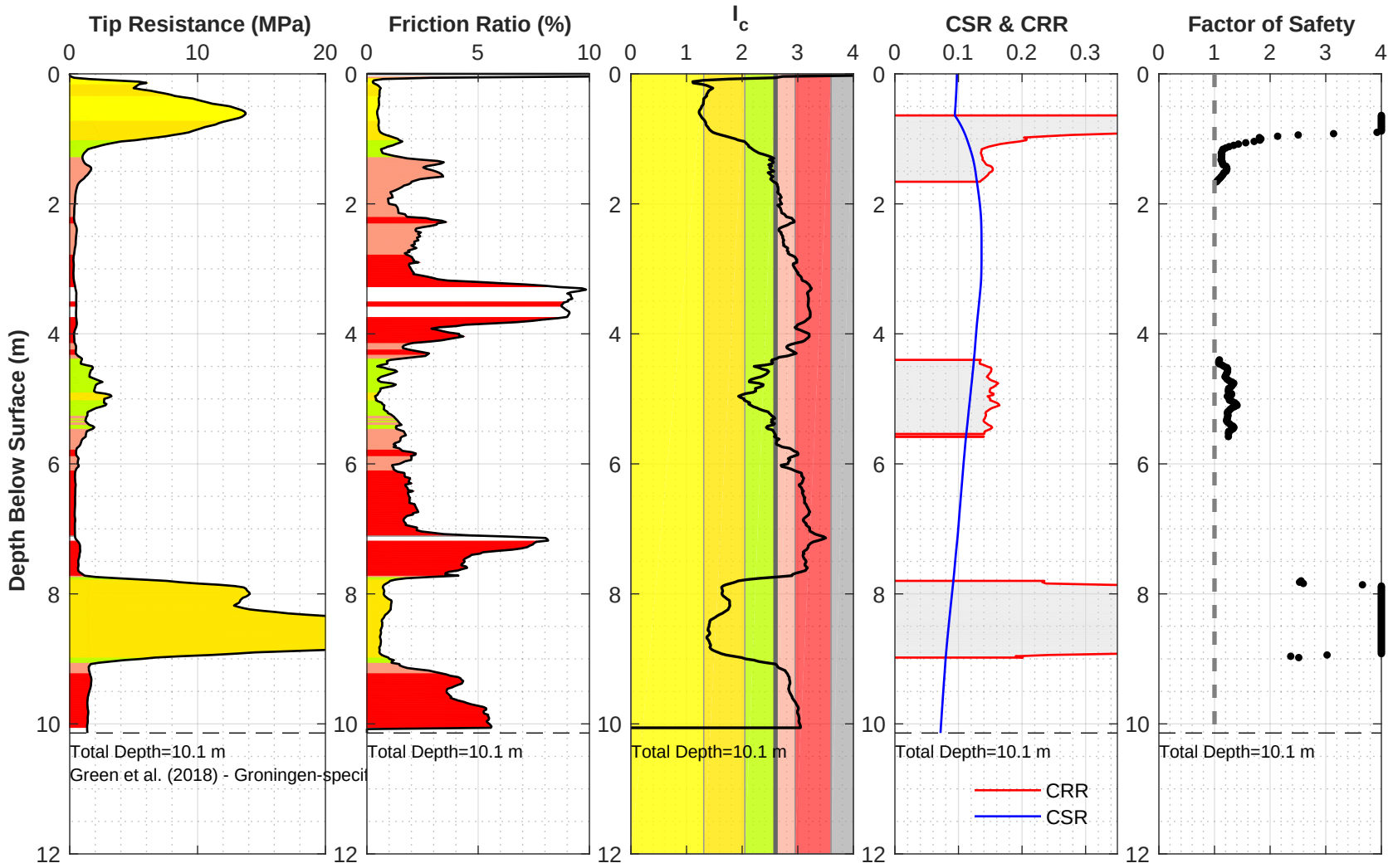
Location: 21225_274_coord
Surface EL: 1.1 m +/- (NAP)
Cone Diameter: 43.7 mm

Thin Layer Correction: NCEER (Youd et al. 2001)
Analysis Title: NC
Mw: 3.9 amax (g): 0.15



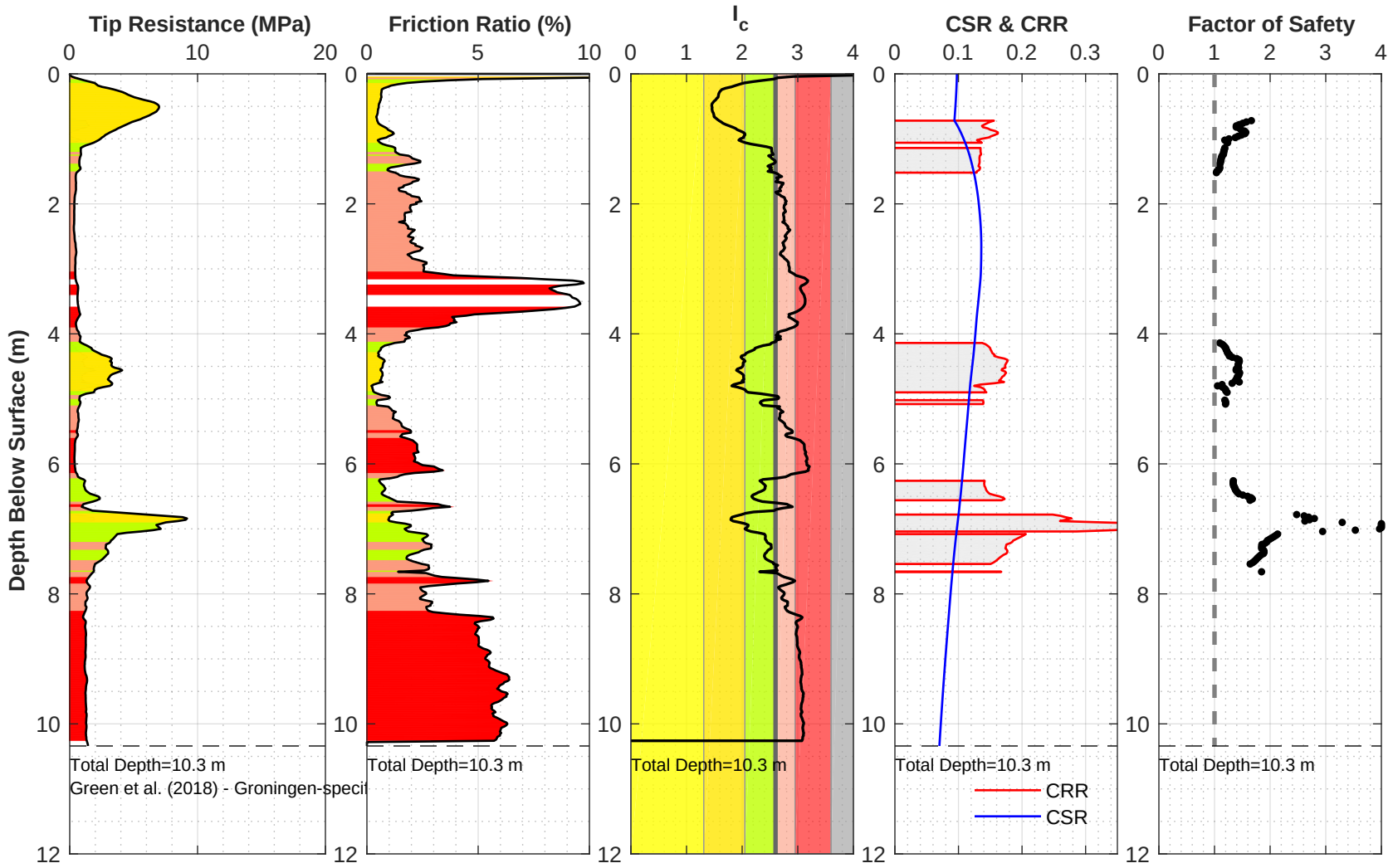
Location: 21225_275_coord
Surface EL: 8.7 m +/- (NAP)
Cone Diameter: 43.7 mm

Thin Layer Correction: NCEER (Youd et al. 2001)
Analysis Title: NC
Mw: 3.9 amax (g): 0.15



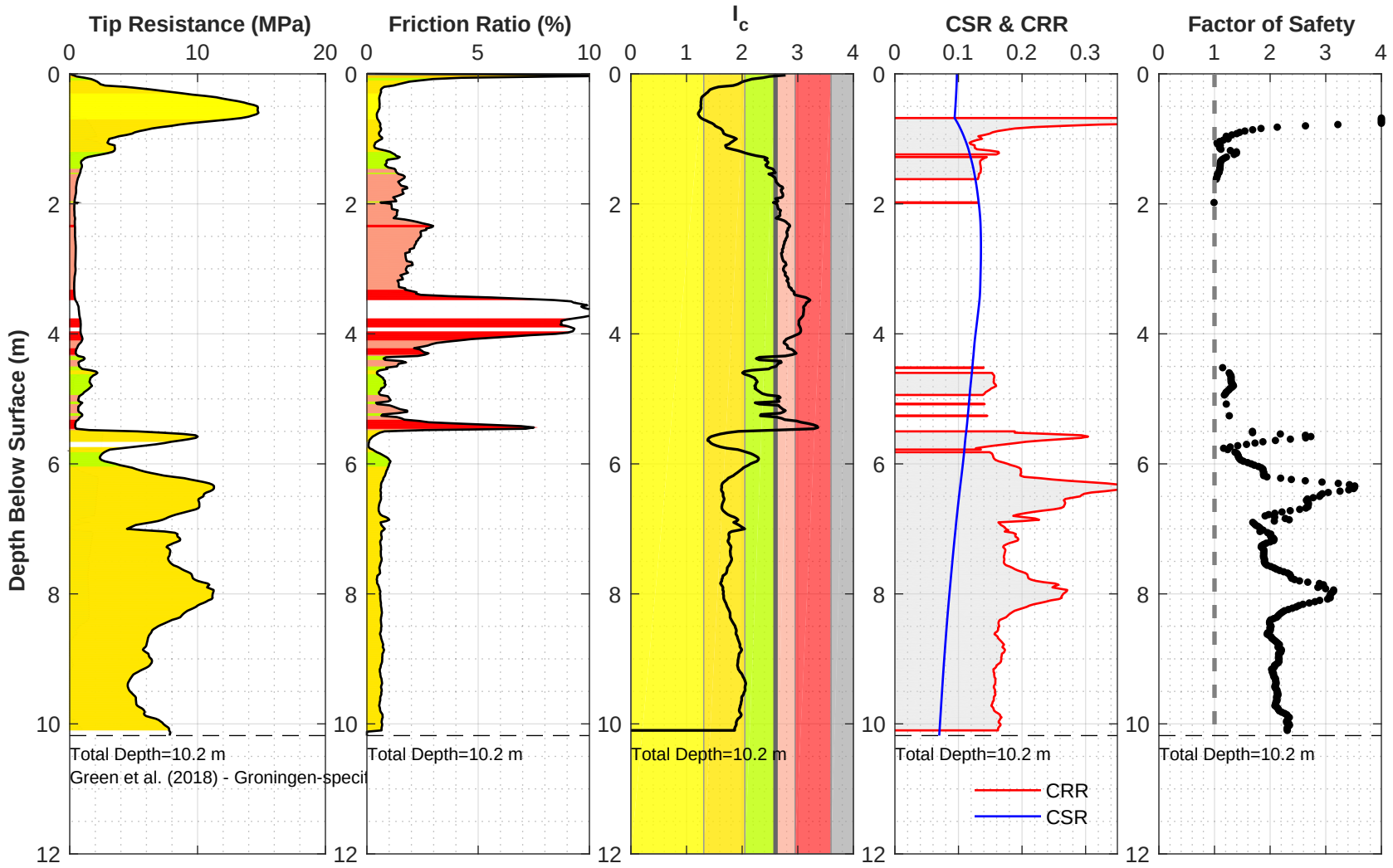
Location: 21225_276_coord
Surface EL: 1.1 m +/- (NAP)
Cone Diameter: 43.7 mm

Thin Layer Correction: NCEER (Youd et al. 2001)
Analysis Title: NC
Mw: 3.9 amax (g): 0.15



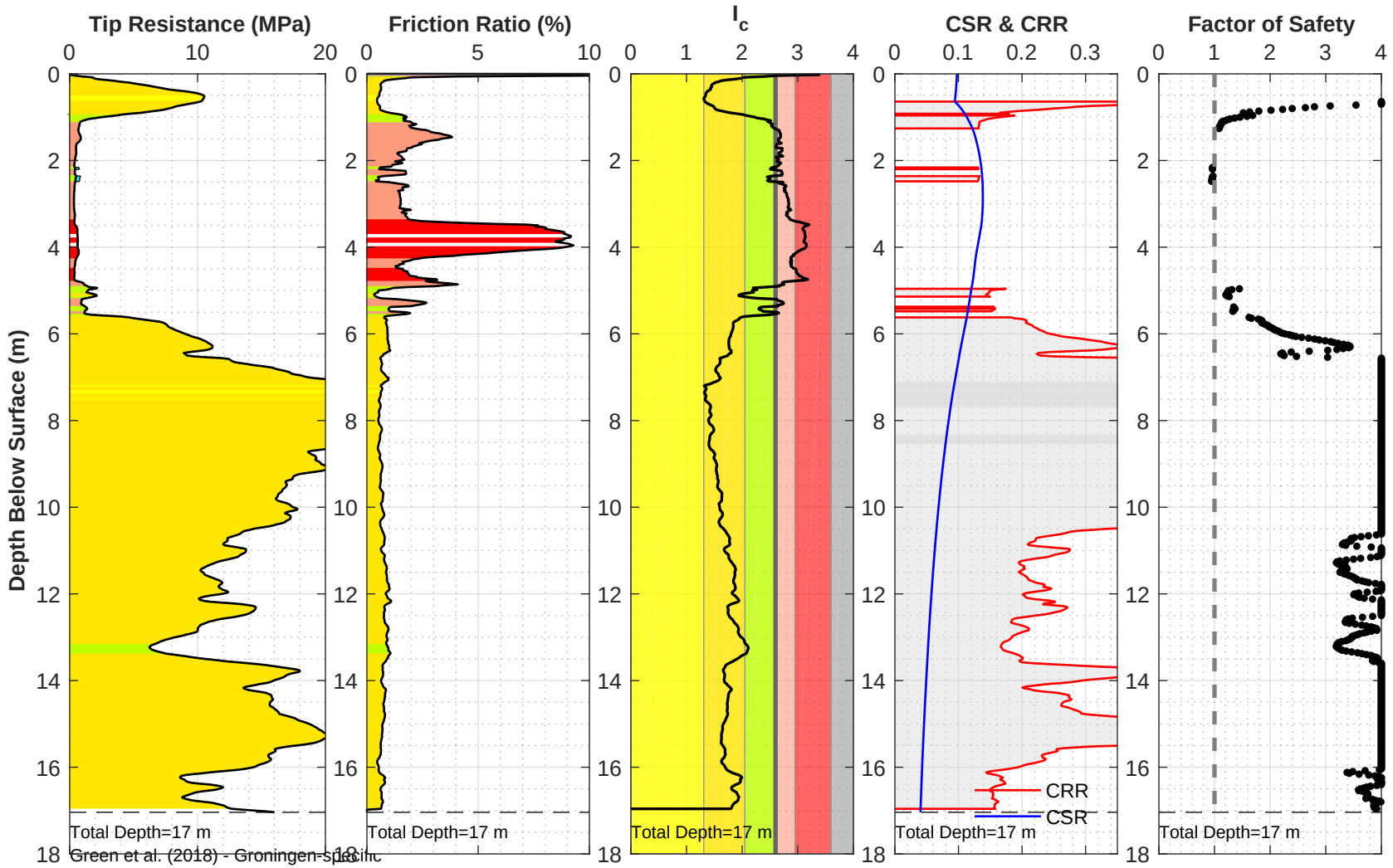
Location: 21225_277_coord
Surface EL: 1.2 m +/- (NAP)
Cone Diameter: 43.7 mm

Thin Layer Correction: NCEER (Youd et al. 2001)
Analysis Title: NC
Mw: 3.9 amax (g): 0.15



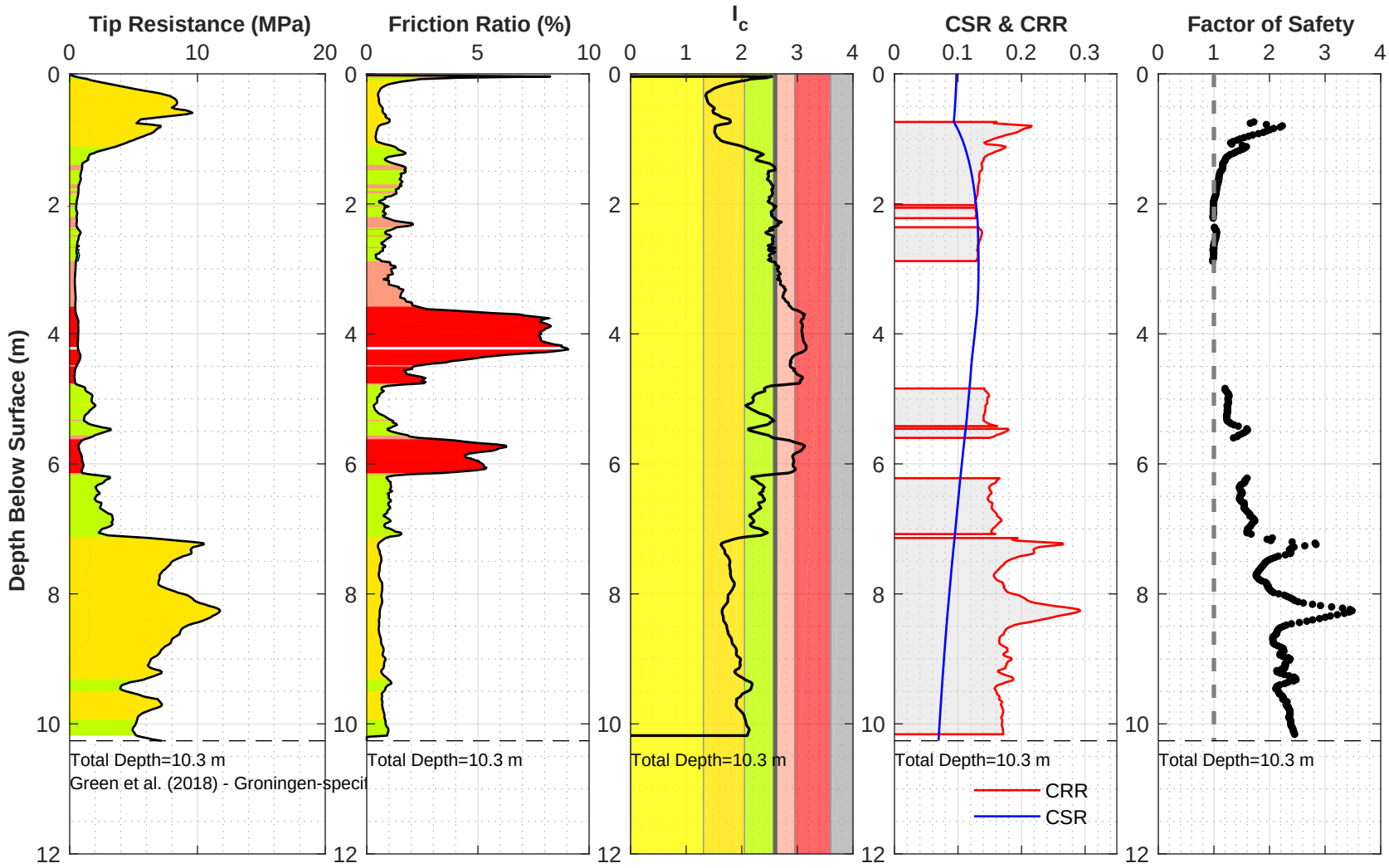
Location: 21225_278_coord
Surface EL: 1.2 m +/- (NAP)
Cone Diameter: 43.7 mm

Thin Layer Correction: NCEER (Youd et al. 2001)
Analysis Title: NC
Mw: 3.9 amax (g): 0.15



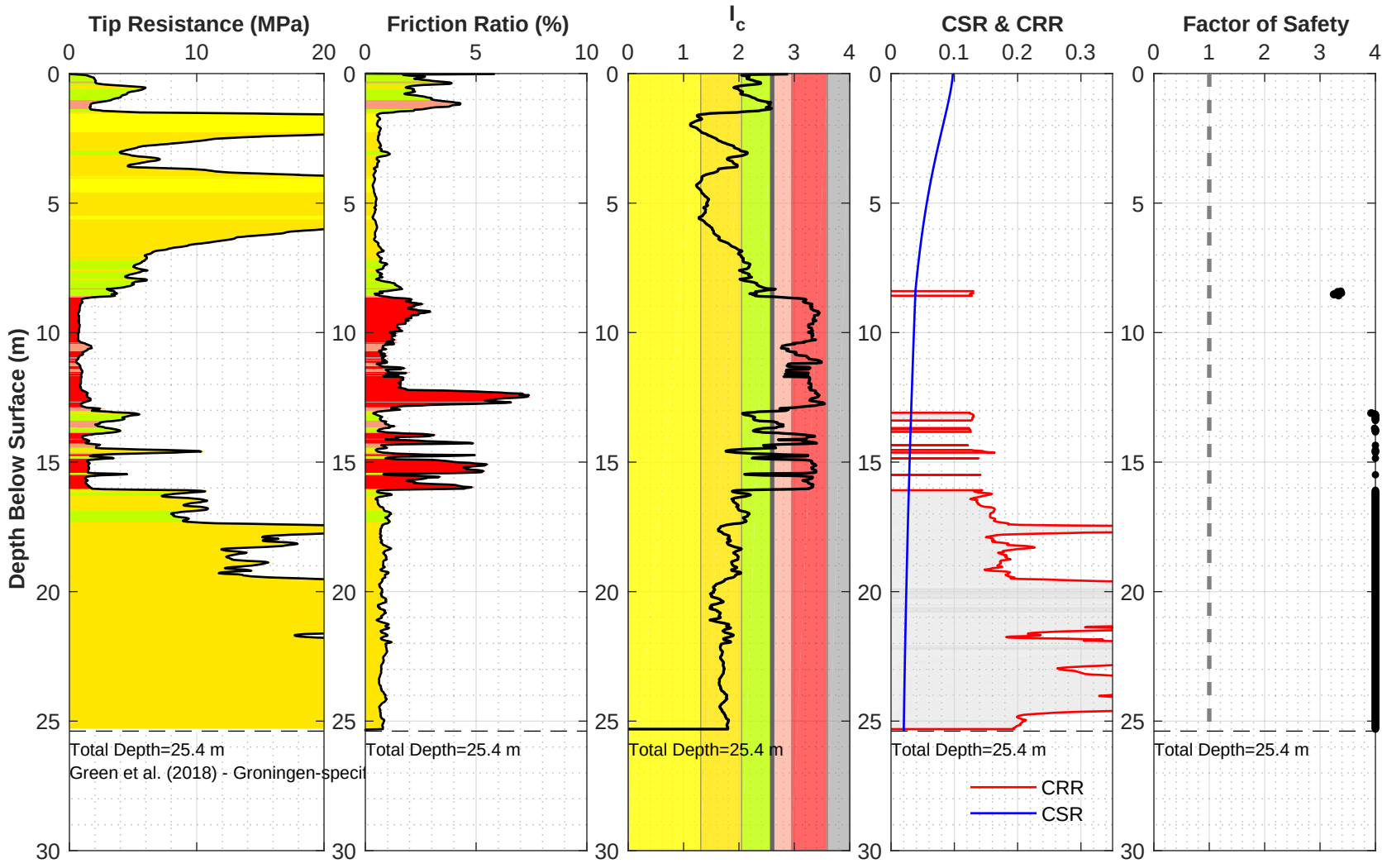
Location: 21225_279_coord
Surface EL: 1.1 m +/- (NAP)
Cone Diameter: 43.7 mm

Thin Layer Correction: NCEER (Youd et al. 2001)
Analysis Title: NC
Mw: 3.9 amax (g): 0.15



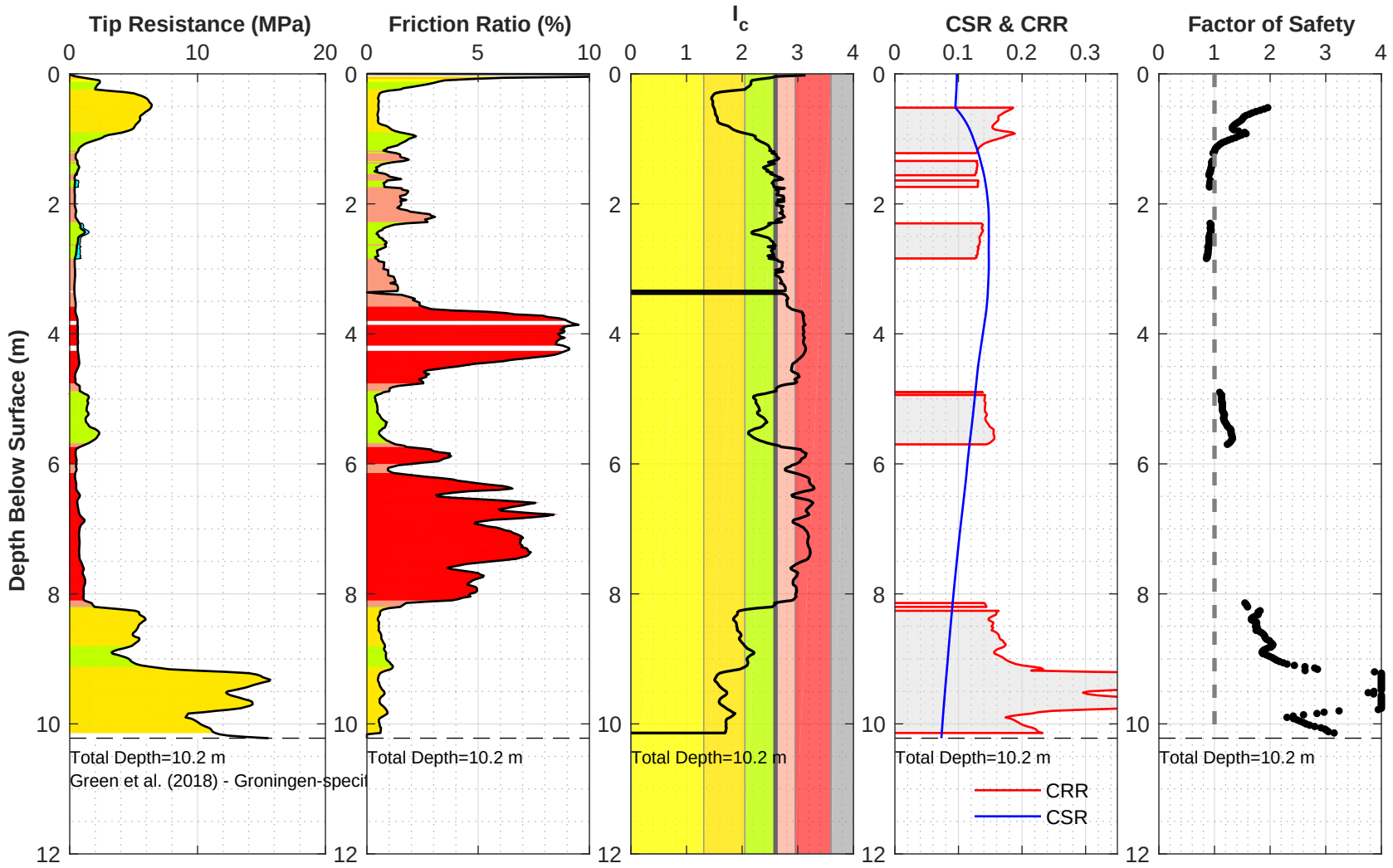
Location: 21225_280_coord
Surface EL: 1.2 m +/- (NAP)
Cone Diameter: 43.7 mm

Thin Layer Correction: NCEER (Youd et al. 2001)
Analysis Title: NC
Mw: 3.9 amax (g): 0.15



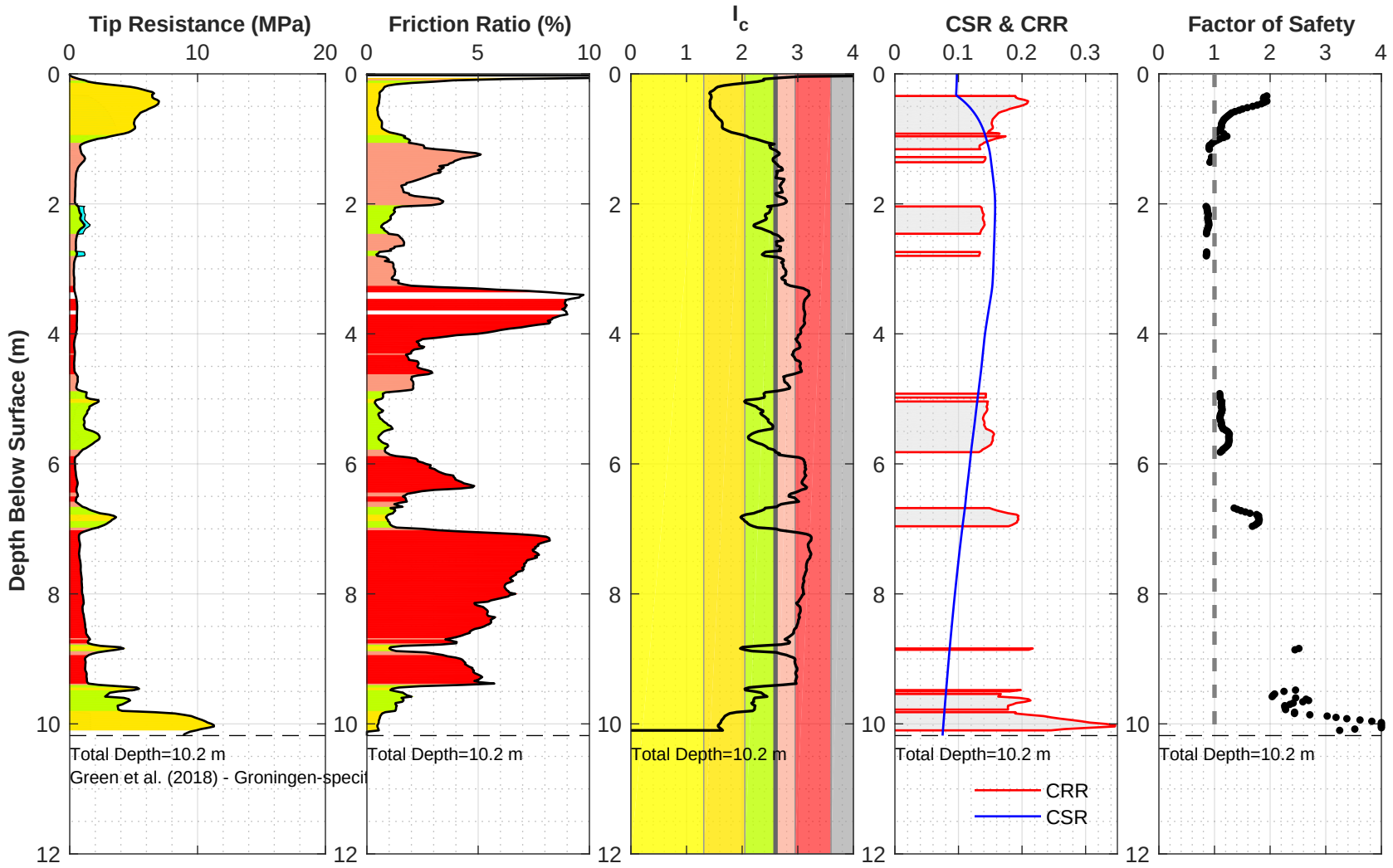
Location: 21225_281_coord
Surface EL: 8.9 m +/- (NAP)
Cone Diameter: 43.7 mm

Thin Layer Correction: NCEER (Youd et al. 2001)
Analysis Title: NC
Mw: 3.9 amax (g): 0.15



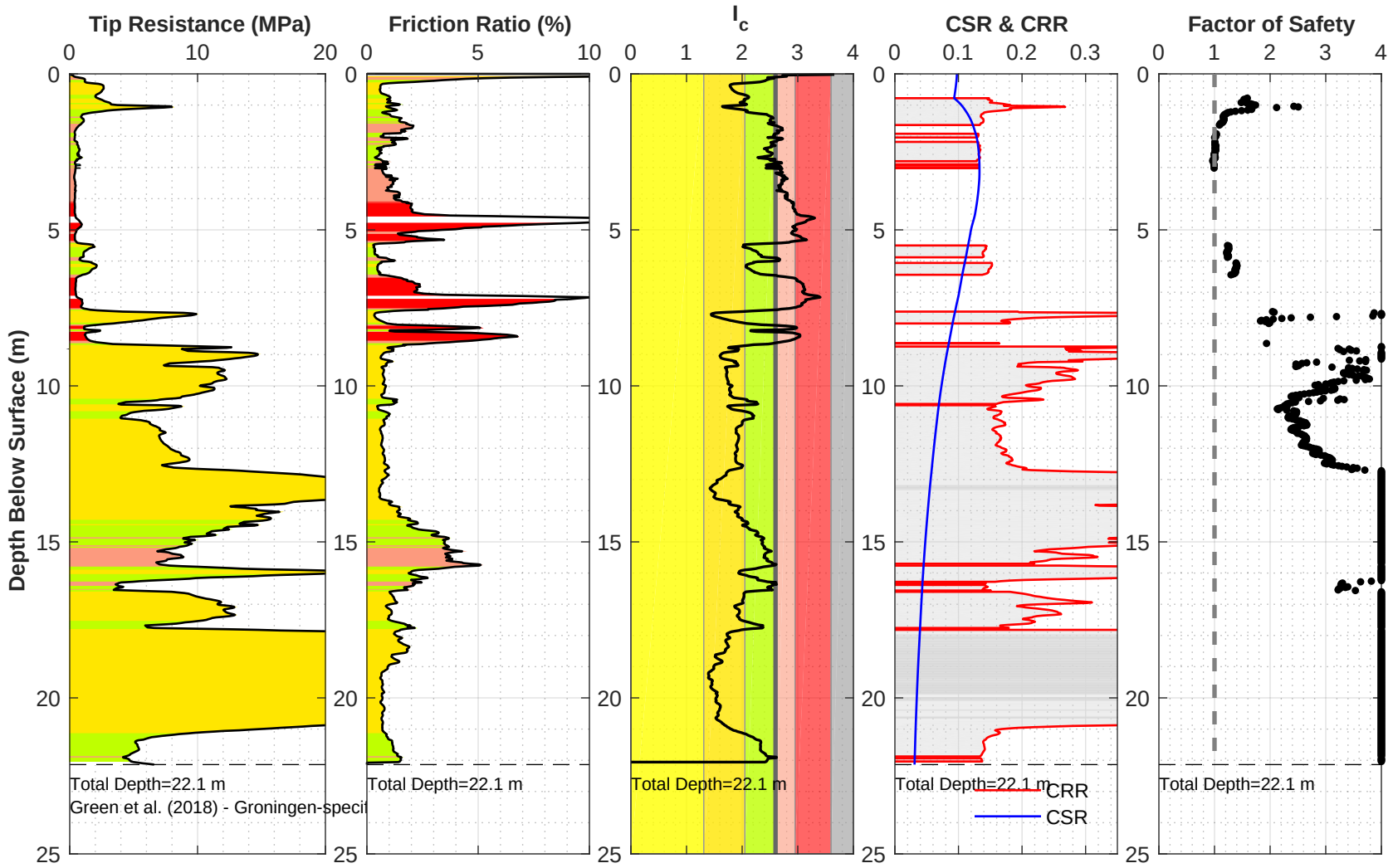
Location: 21225_282_coord
Surface EL: 1 m +/- (NAP)
Cone Diameter: 43.7 mm

Thin Layer Correction: NCEER (Youd et al. 2001)
Analysis Title: NC
Mw: 3.9 amax (g): 0.15



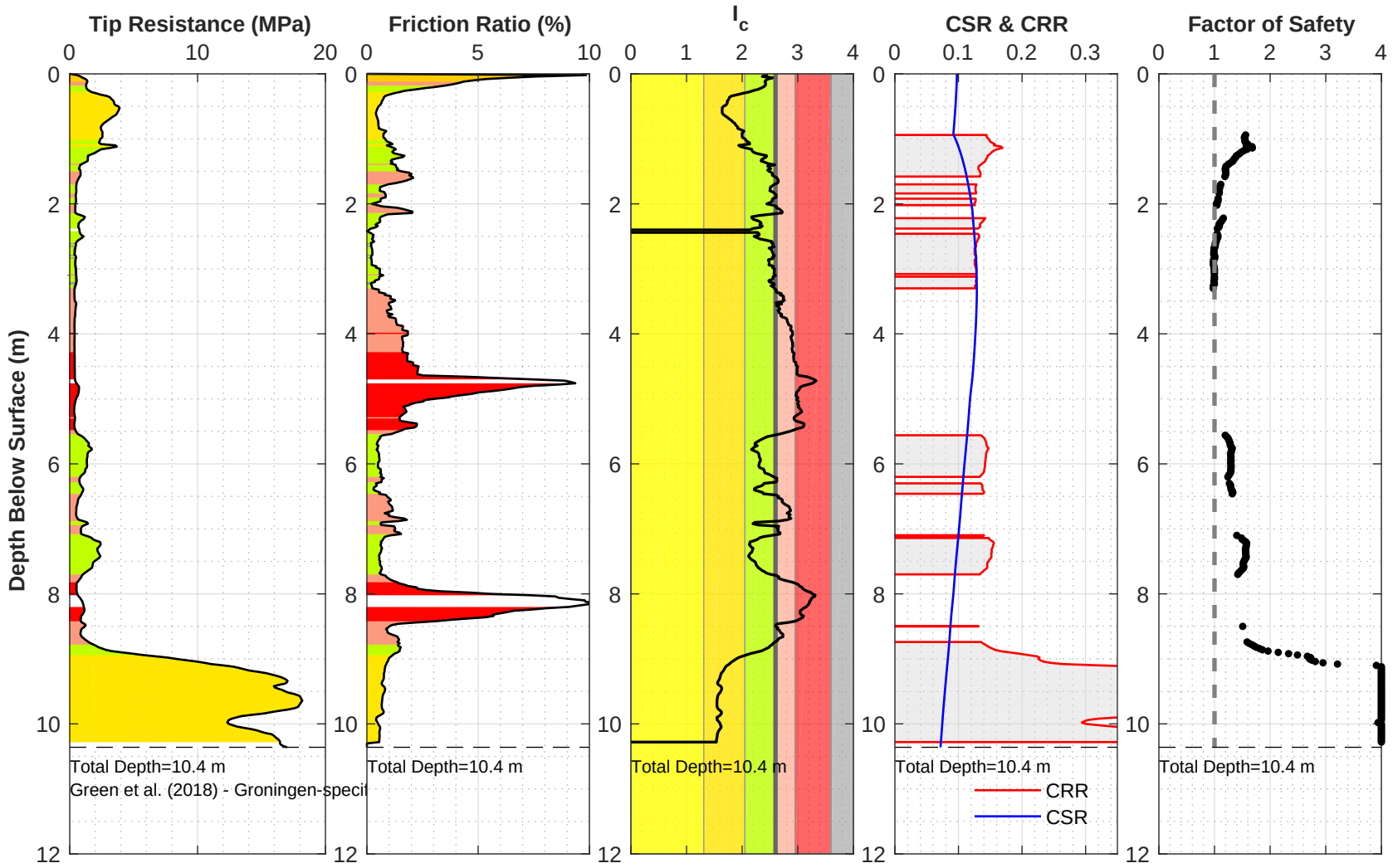
Location: 21225_283_coord
Surface EL: 0.8 m +/- (NAP)
Cone Diameter: 43.7 mm

Thin Layer Correction: NCEER (Youd et al. 2001)
Analysis Title: NC
Mw: 3.9 amax (g): 0.15



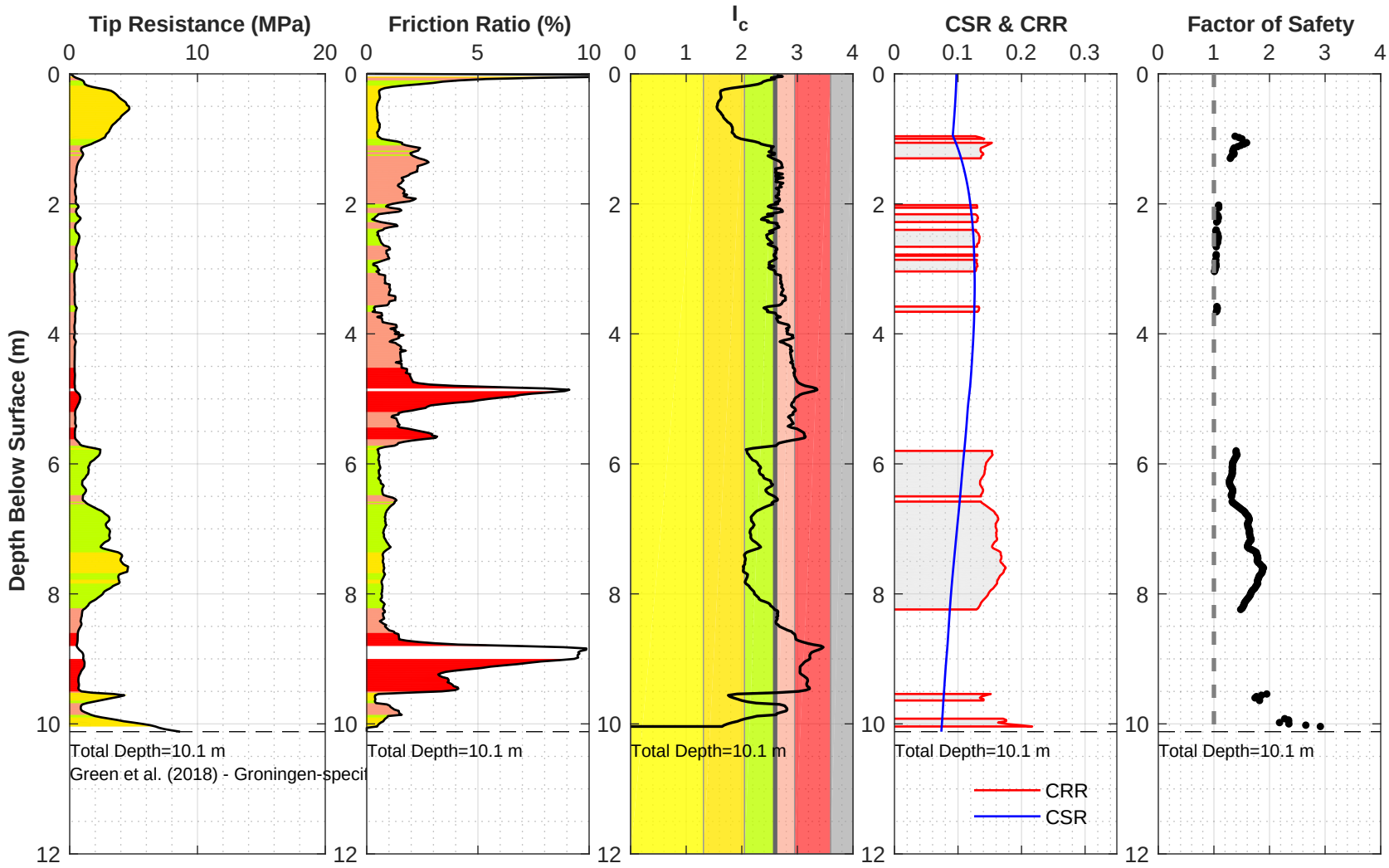
Location: 21225_284_coord
Surface EL: 1.3 m +/- (NAP)
Cone Diameter: 43.7 mm

Thin Layer Correction: NCEER (Youd et al. 2001)
Analysis Title: NC
Mw: 3.9 amax (g): 0.15



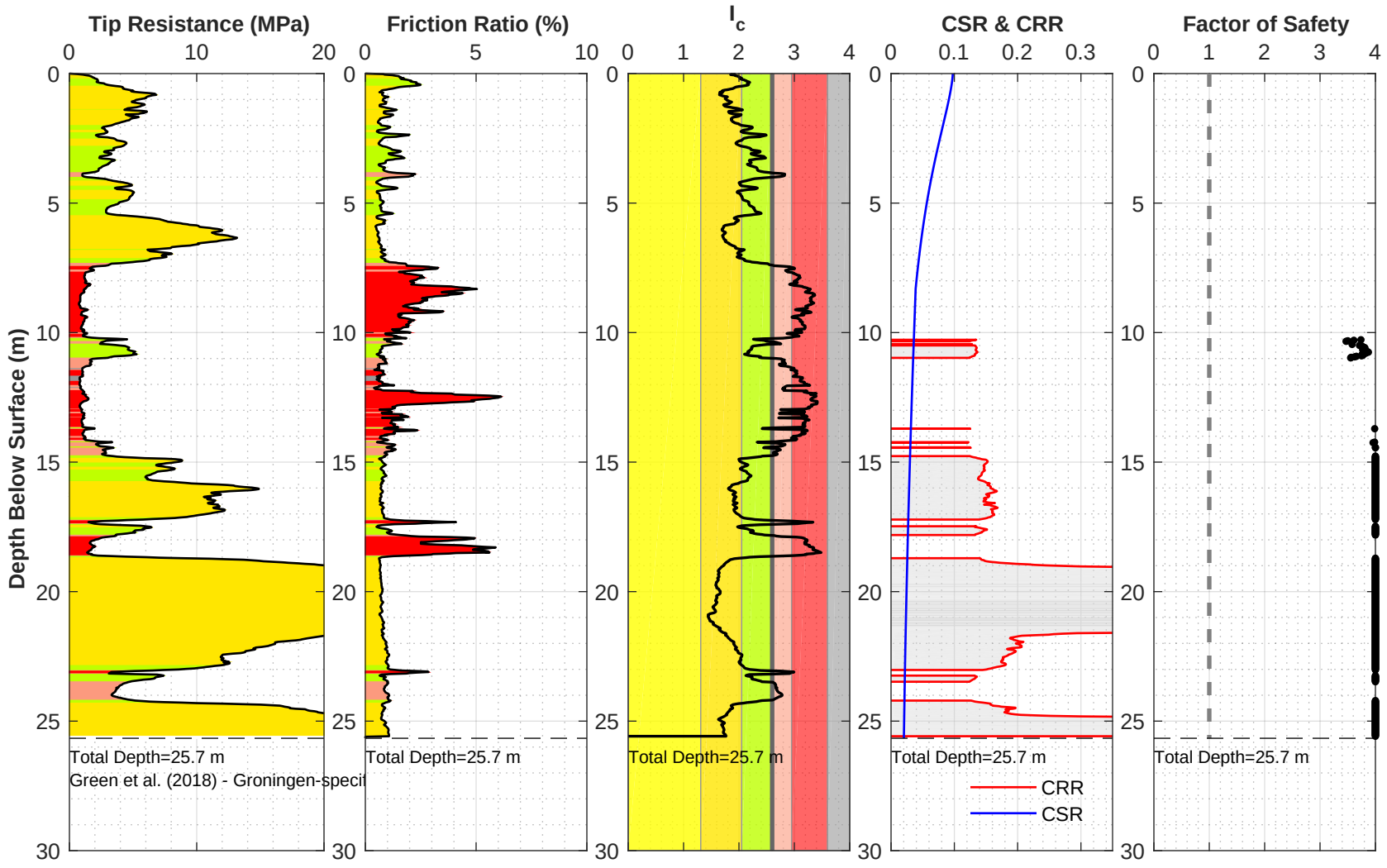
Location: 21225_285_coord
Surface EL: 1.4 m +/- (NAP)
Cone Diameter: 43.7 mm

Thin Layer Correction: NCEER (Youd et al. 2001)
Analysis Title: NC
Mw: 3.9 amax (g): 0.15



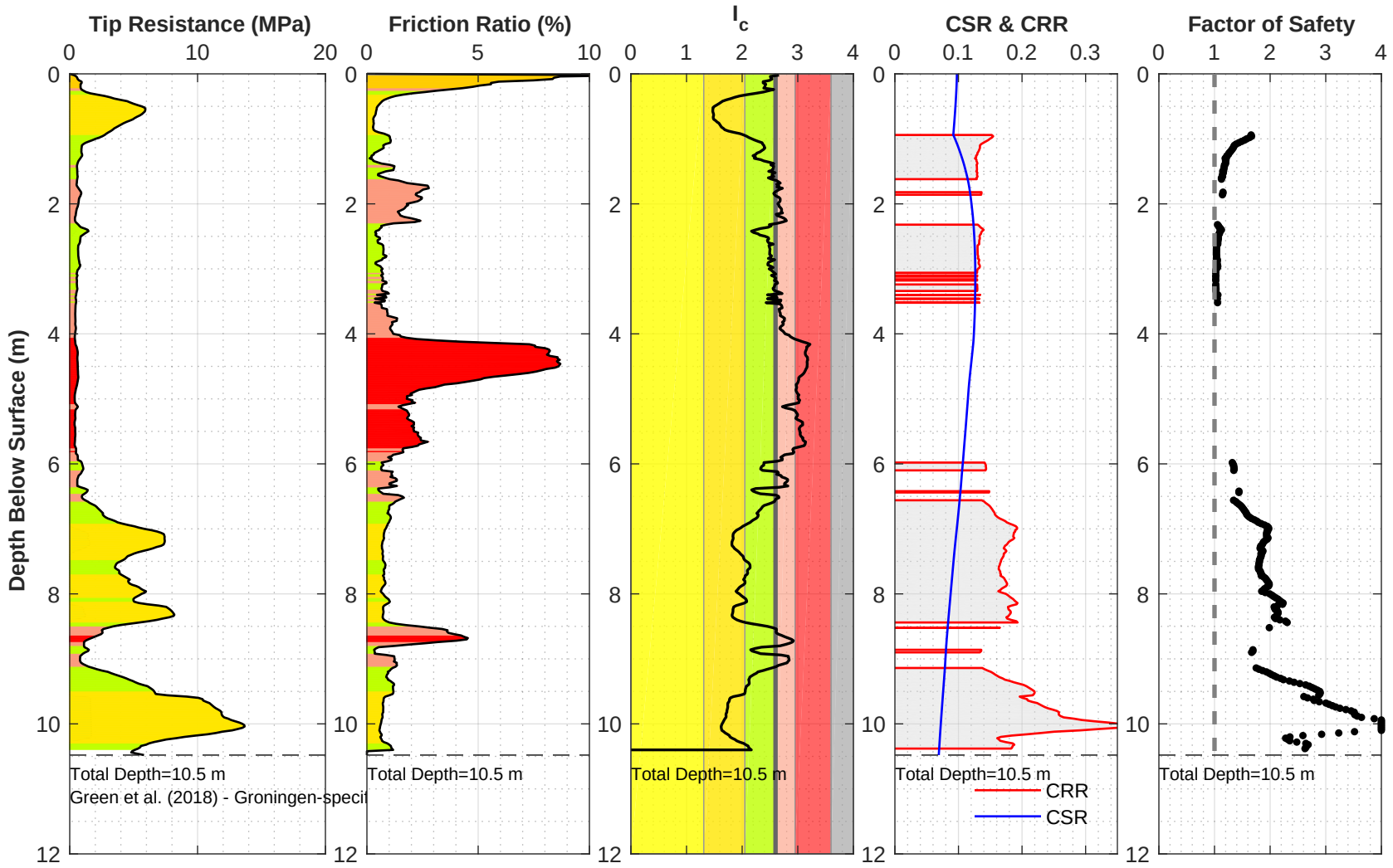
Location: 21225_286_coord
Surface EL: 1.5 m +/- (NAP)
Cone Diameter: 43.7 mm

Thin Layer Correction: NCEER (Youd et al. 2001)
Analysis Title: NC
Mw: 3.9 amax (g): 0.15



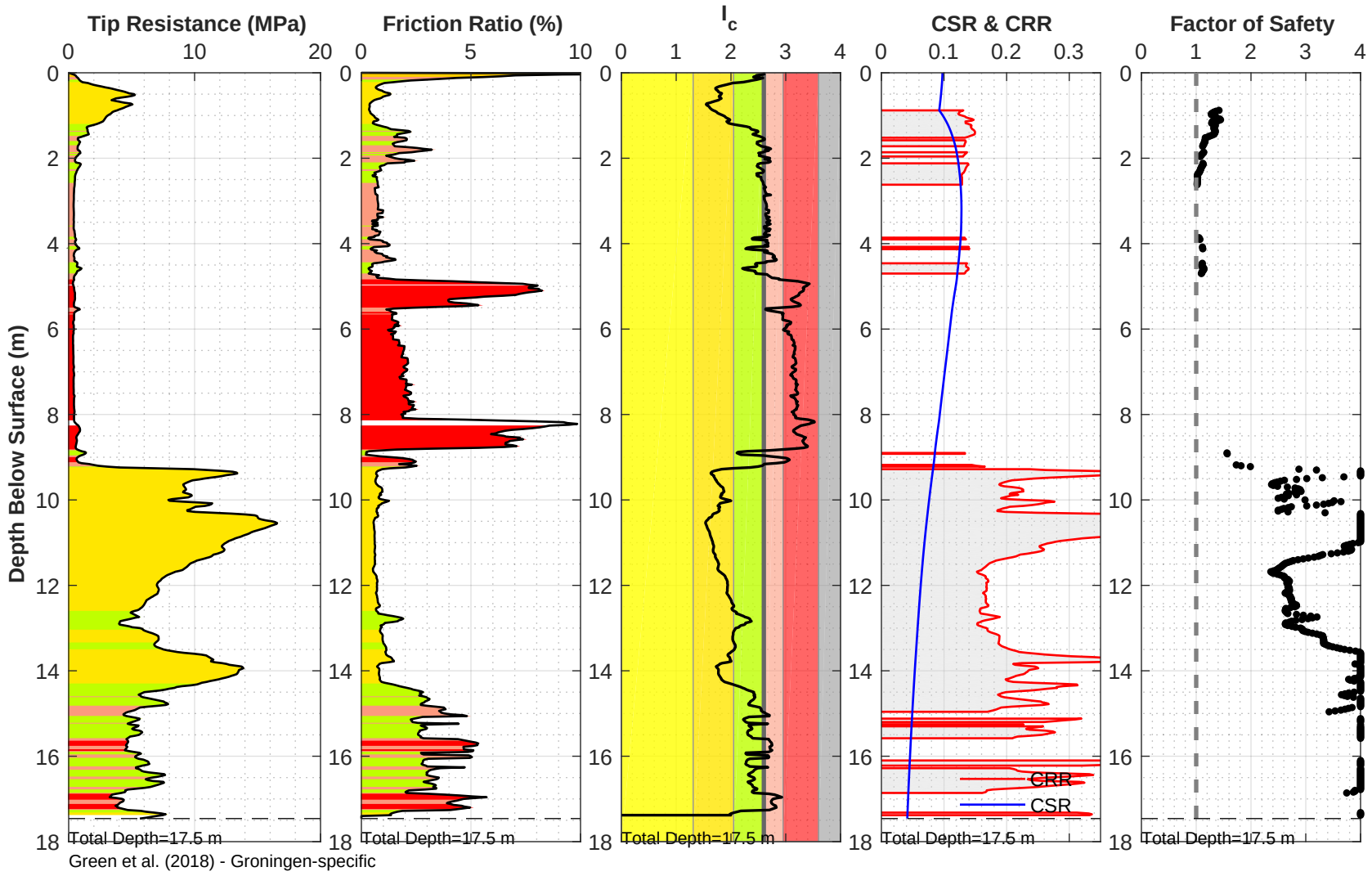
Location: 21225_287_coord
Surface EL: 8.8 m +/- (NAP)
Cone Diameter: 43.7 mm

Thin Layer Correction: NCEER (Youd et al. 2001)
Analysis Title: NC
Mw: 3.9 amax (g): 0.15



Location: 21225_288_coord
Surface EL: 1.4 m +/- (NAP)
Cone Diameter: 43.7 mm

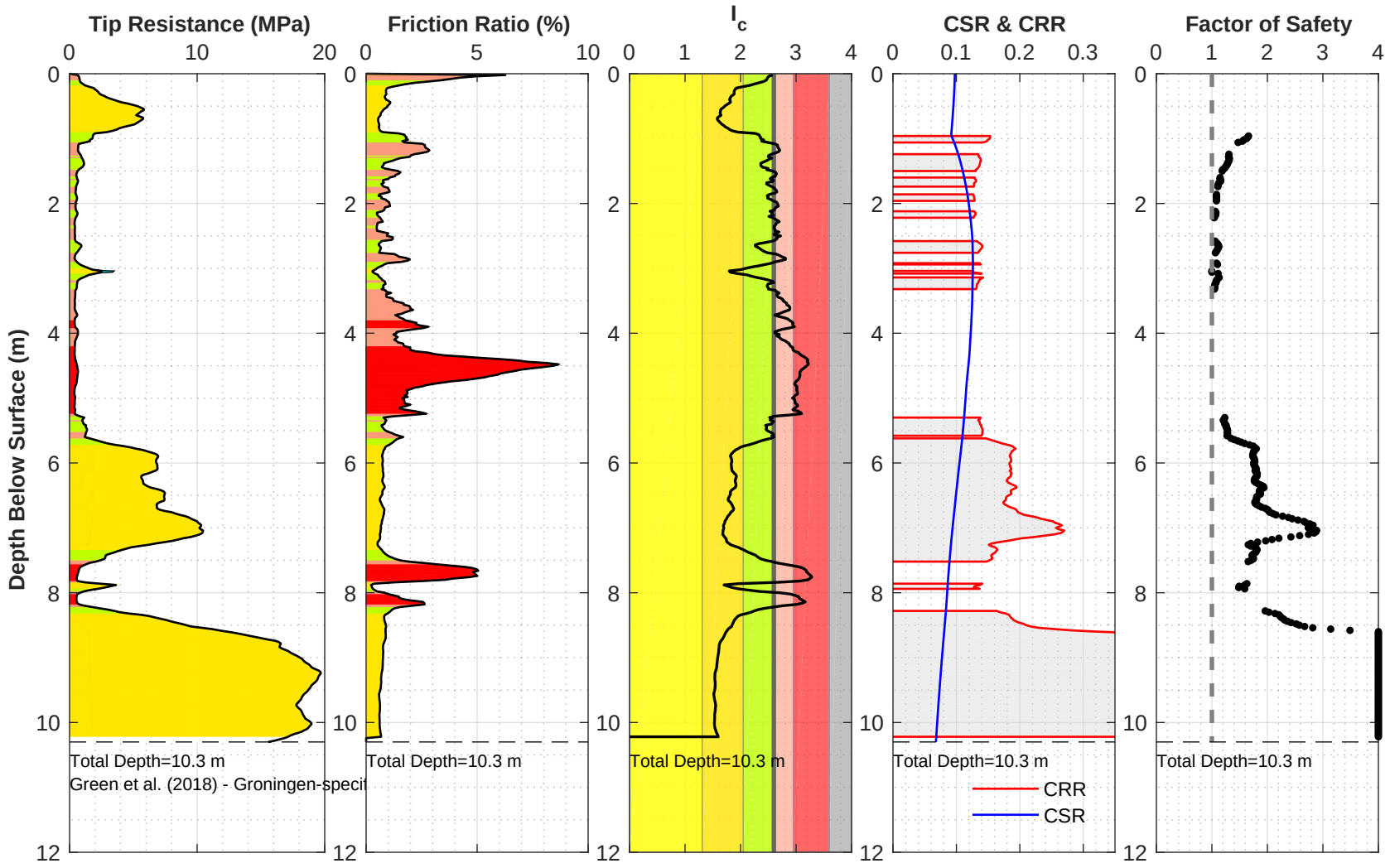
Thin Layer Correction: NCEER (Youd et al. 2001)
Analysis Title: NC
Mw: 3.9 amax (g): 0.15



Green et al. (2018) - Groningen-specific

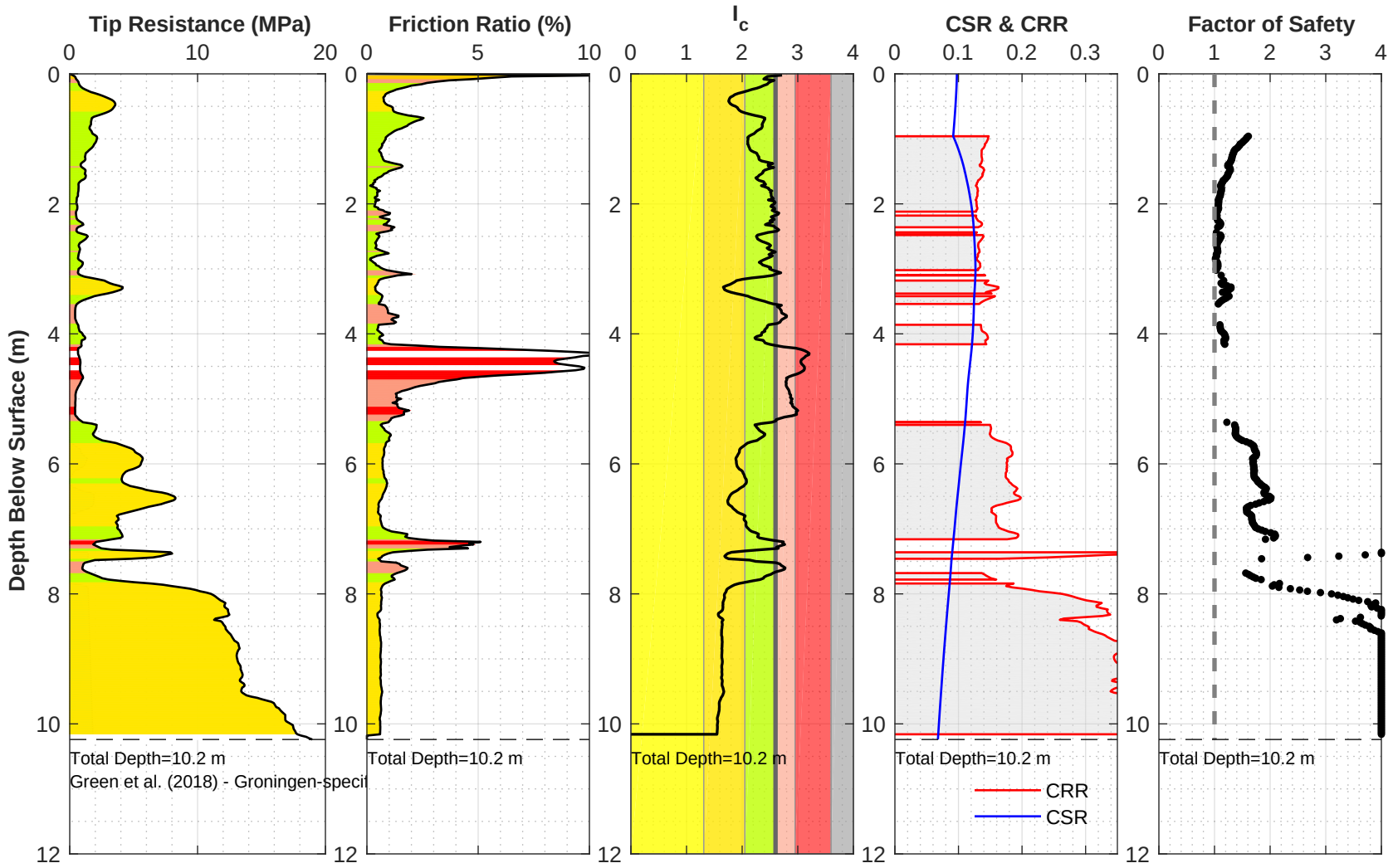
Location: 21225_289_coord
Surface EL: 1.4 m +/- (NAP)
Cone Diameter: 43.7 mm

Thin Layer Correction: NCEER (Youd et al. 2001)
Analysis Title: NC
Mw: 3.9 amax (g): 0.15



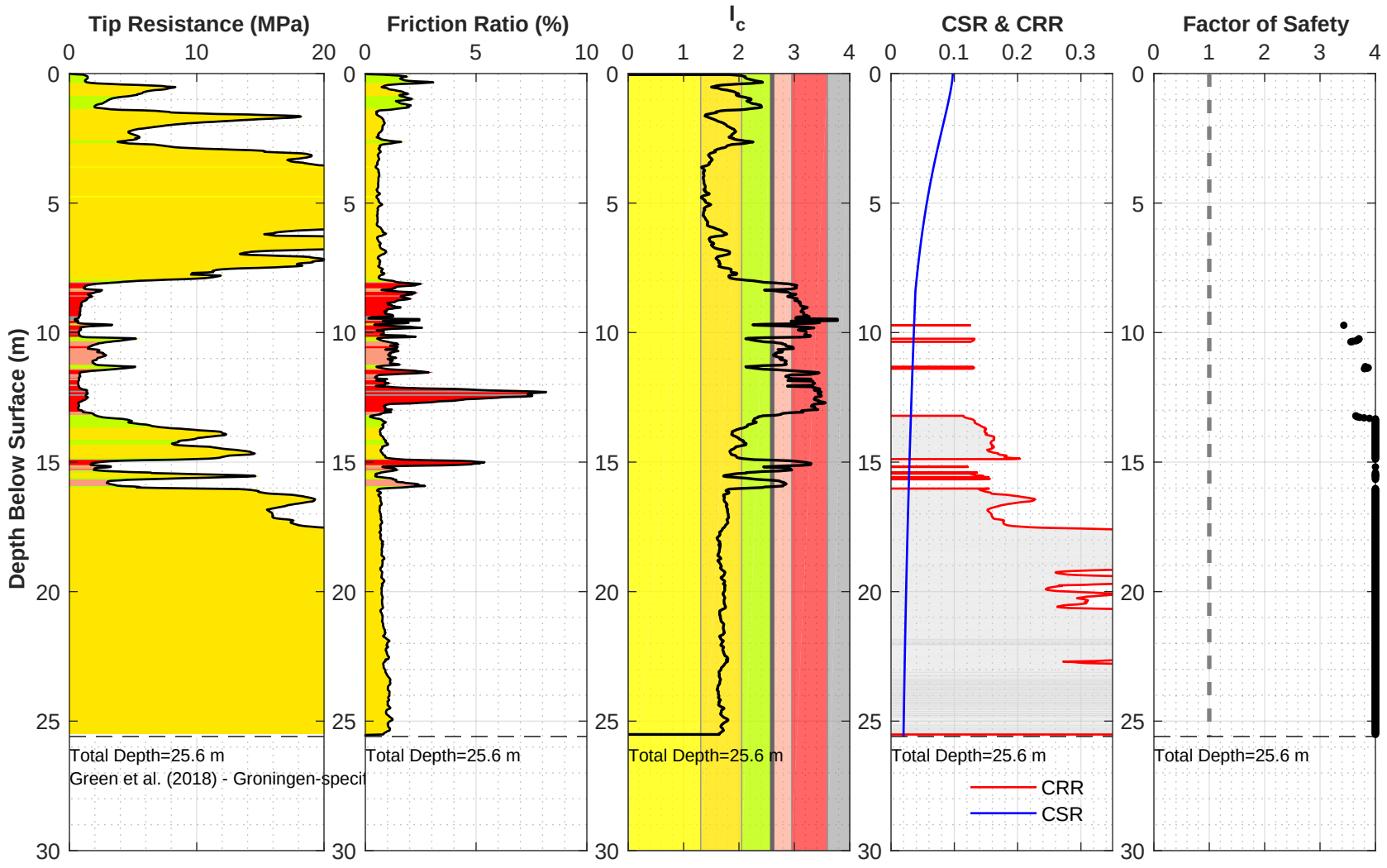
Location: 21225_290_coord
Surface EL: 1.5 m +/- (NAP)
Cone Diameter: 43.7 mm

Thin Layer Correction: NCEER (Youd et al. 2001)
Analysis Title: NC
Mw: 3.9 amax (g): 0.15



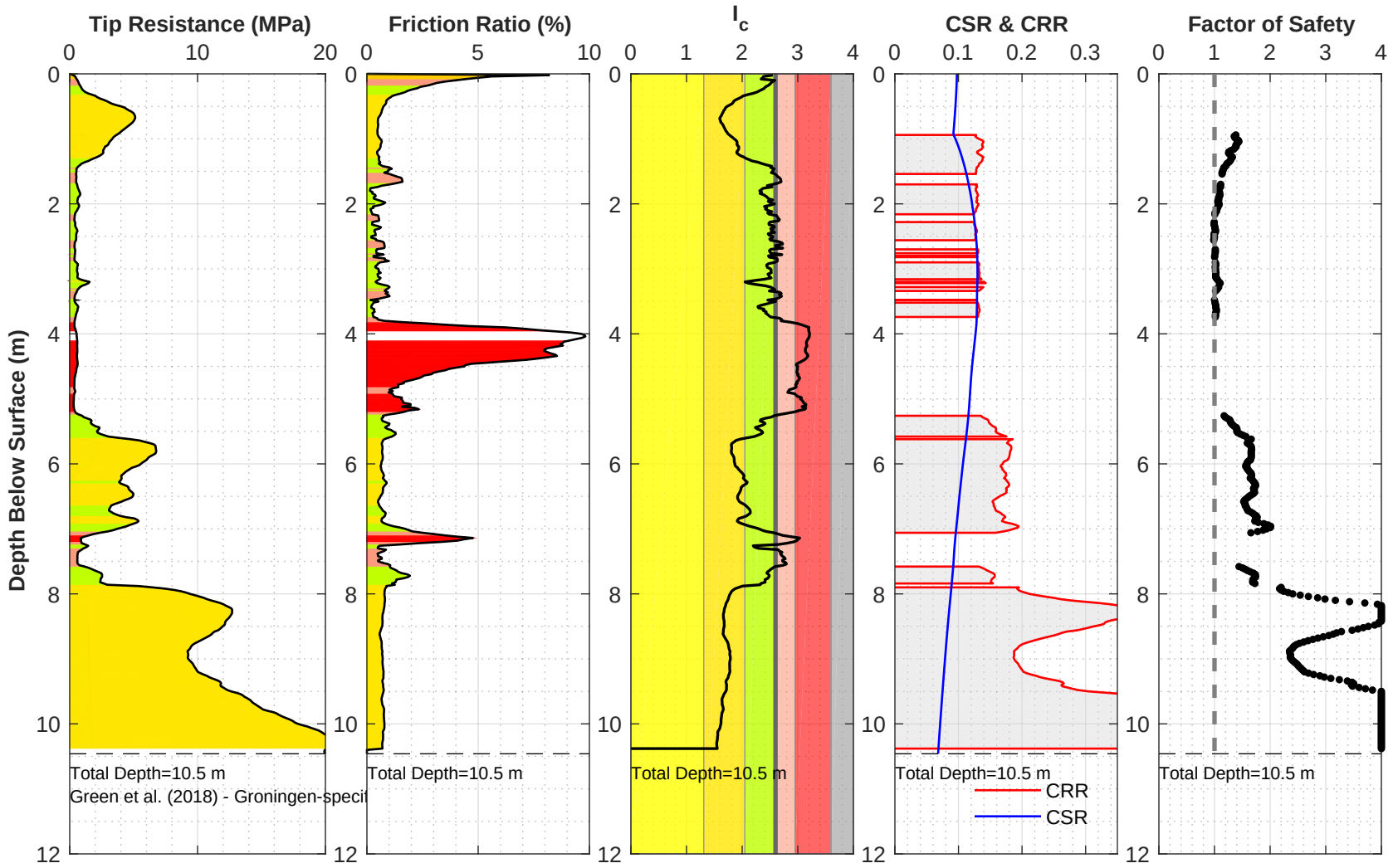
Location: 21225_291_coord
Surface EL: 1.5 m +/- (NAP)
Cone Diameter: 43.7 mm

Thin Layer Correction: NCEER (Youd et al. 2001)
Analysis Title: NC
Mw: 3.9 amax (g): 0.15



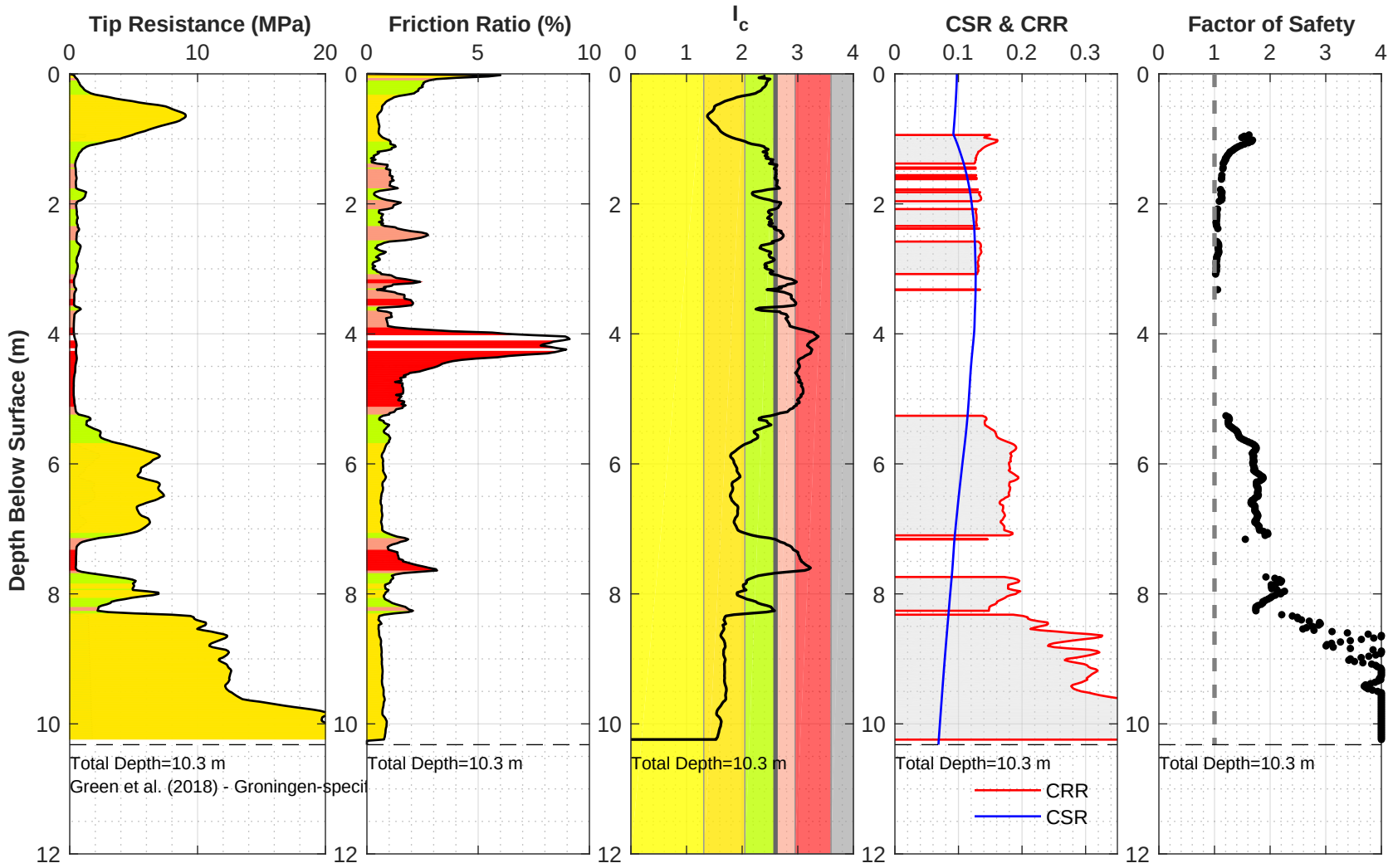
Location: 21225_292_coord
Surface EL: 8.9 m +/- (NAP)
Cone Diameter: 43.7 mm

Thin Layer Correction: NCEER (Youd et al. 2001)
Analysis Title: NC
Mw: 3.9 amax (g): 0.15



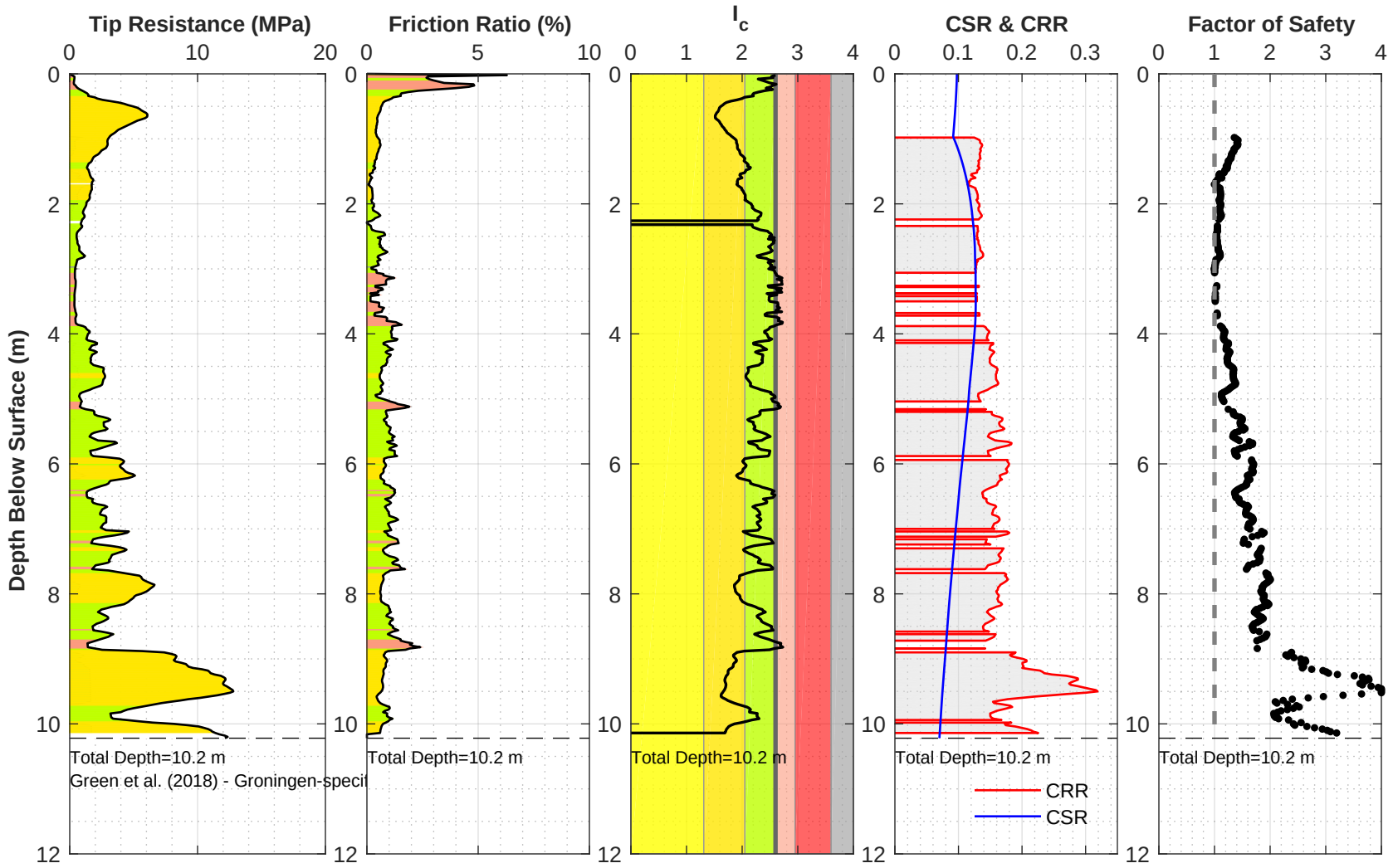
Location: 21225_293_coord
Surface EL: 1.4 m +/- (NAP)
Cone Diameter: 43.7 mm

Thin Layer Correction: NCEER (Youd et al. 2001)
Analysis Title: NC
Mw: 3.9 amax (g): 0.15



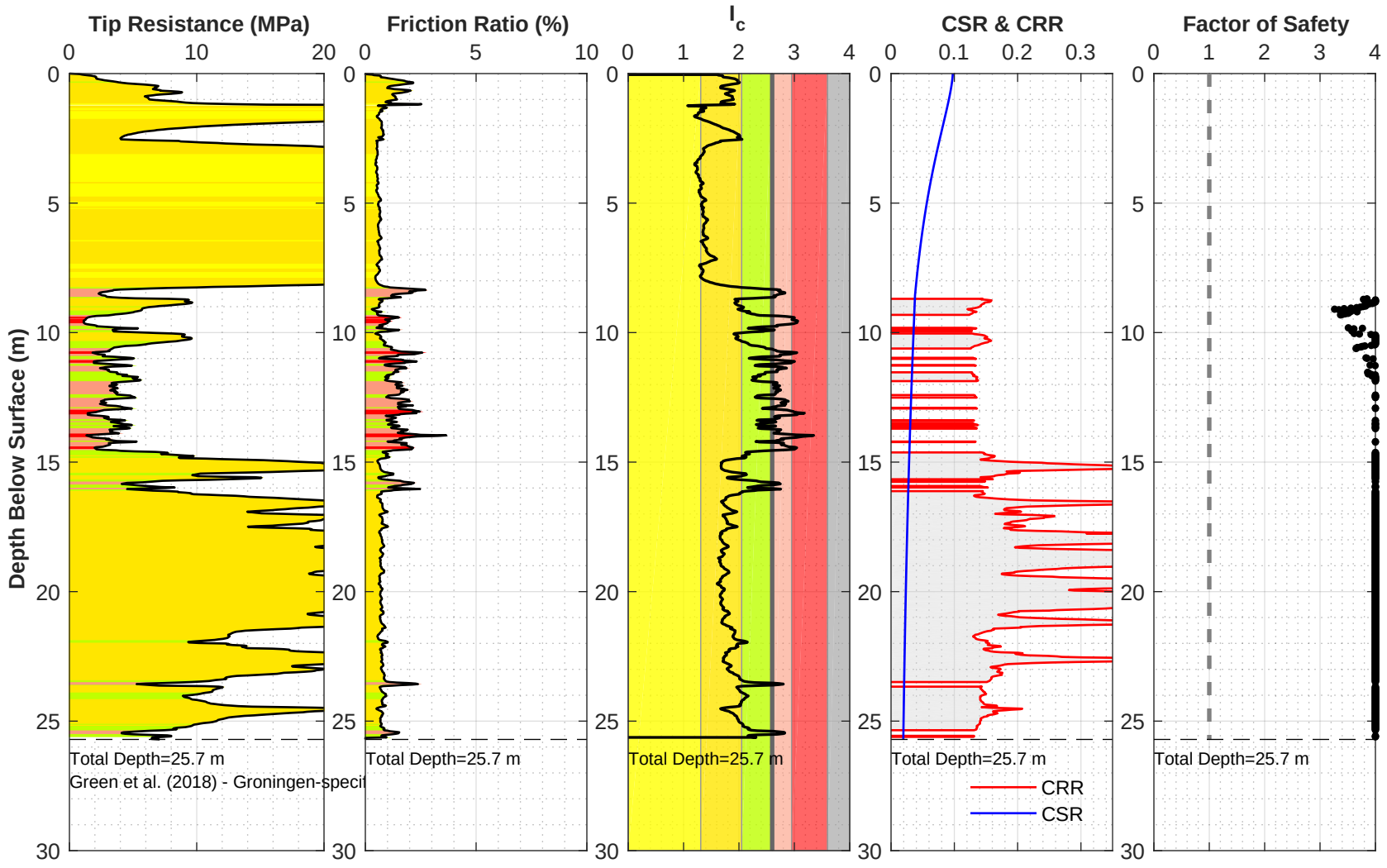
Location: 21225_294_coord
Surface EL: 1.4 m +/- (NAP)
Cone Diameter: 43.7 mm

Thin Layer Correction: NCEER (Youd et al. 2001)
Analysis Title: NC
Mw: 3.9 amax (g): 0.15



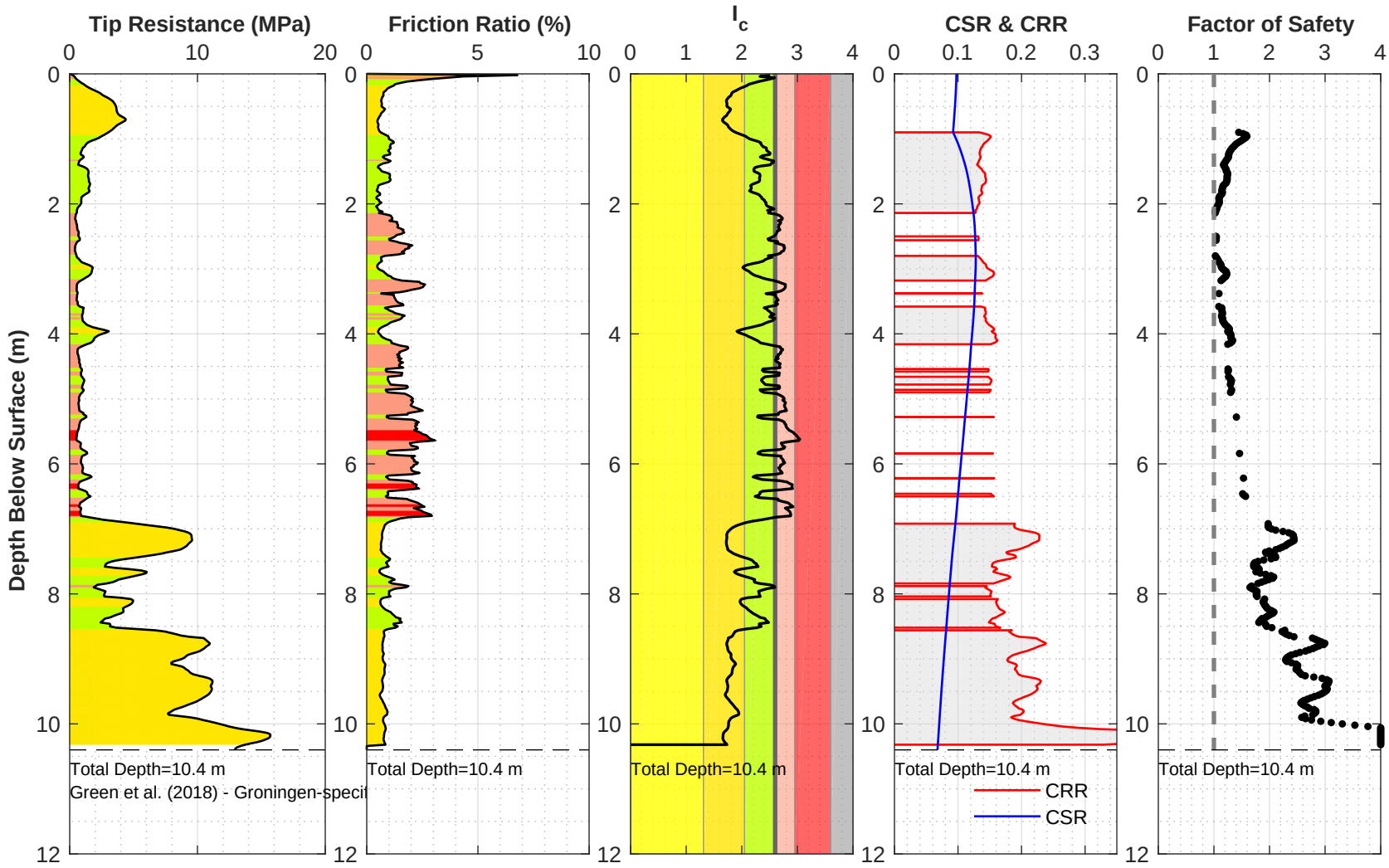
Location: 21225_295_coord
Surface EL: 1.5 m +/- (NAP)
Cone Diameter: 43.7 mm

Thin Layer Correction: NCEER (Youd et al. 2001)
Analysis Title: NC
Mw: 3.9 amax (g): 0.15



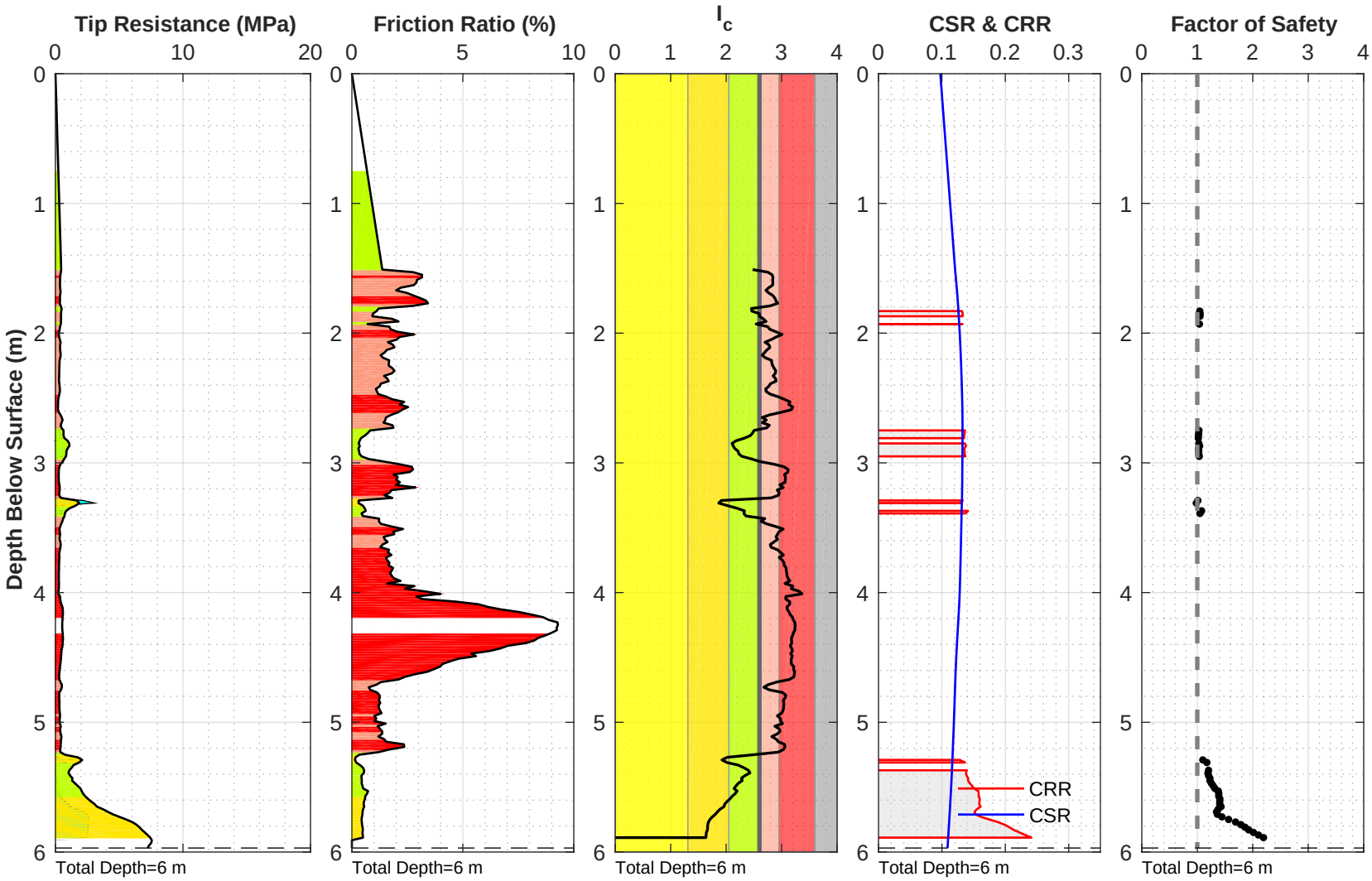
Location: 21225_296_coord
Surface EL: 9.1 m +/- (NAP)
Cone Diameter: 43.7 mm

Thin Layer Correction: NCEER (Youd et al. 2001)
Analysis Title: NC
Mw: 3.9 amax (g): 0.15



Location: 21225_297_coord
Surface EL: 1.4 m +/- (NAP)
Cone Diameter: 43.7 mm

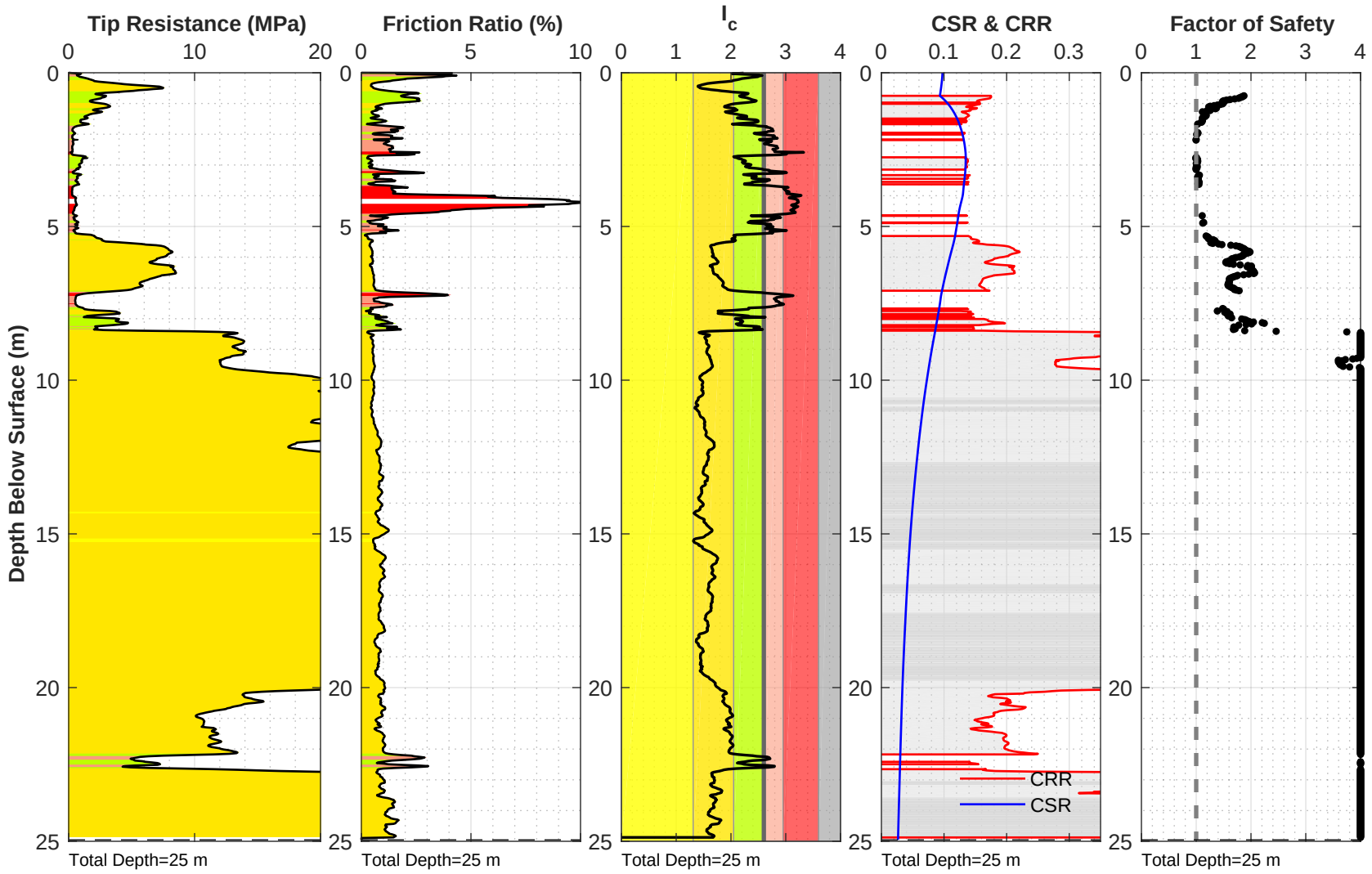
Thin Layer Correction: NCEER (Youd et al. 2001)
Analysis Title: NC
Mw: 3.9 amax (g): 0.15



Green et al. (2018) - Groningen-specific

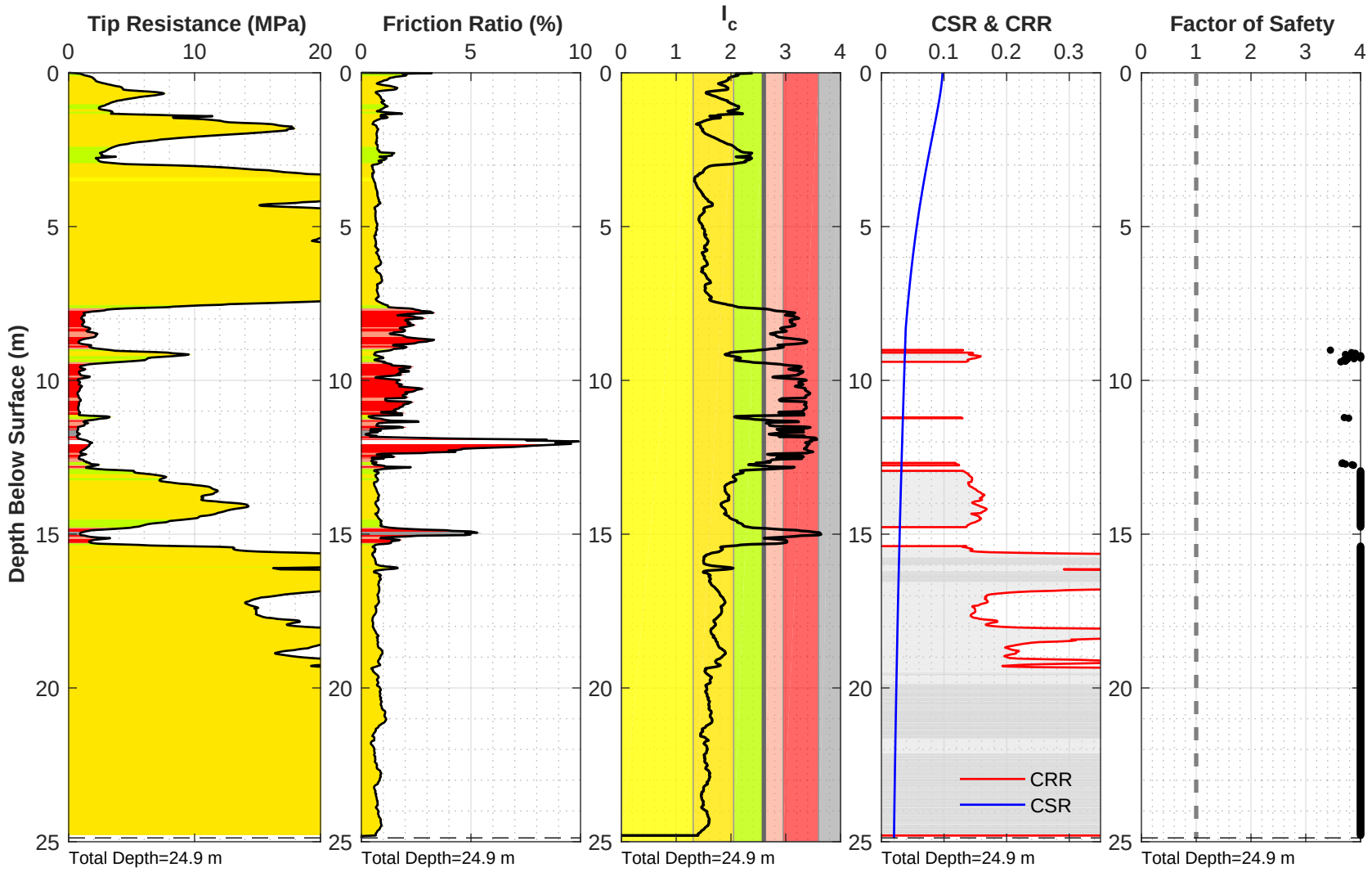
Location: S1-W48.1BIT
Surface EL: 1.2 m +/- (NAP)
Cone Diameter: 43.7 mm

Thin Layer Correction: NCEER (Youd et al. 2001)
Analysis Title: NC
Mw: 3.9 amax (g): 0.15



Green et al. (2018) - Groningen-specific
Location: S2-W48.1BIT
Surface EL: 1.3 m +/- (NAP)
Cone Diameter: 43.7 mm

Thin Layer Correction: NCEER (Youd et al. 2001)
Analysis Title: NC
Mw: 3.9 amax (g): 0.15



Green et al. (2018) - Groningen-specific

Location: S2-W48.1KR

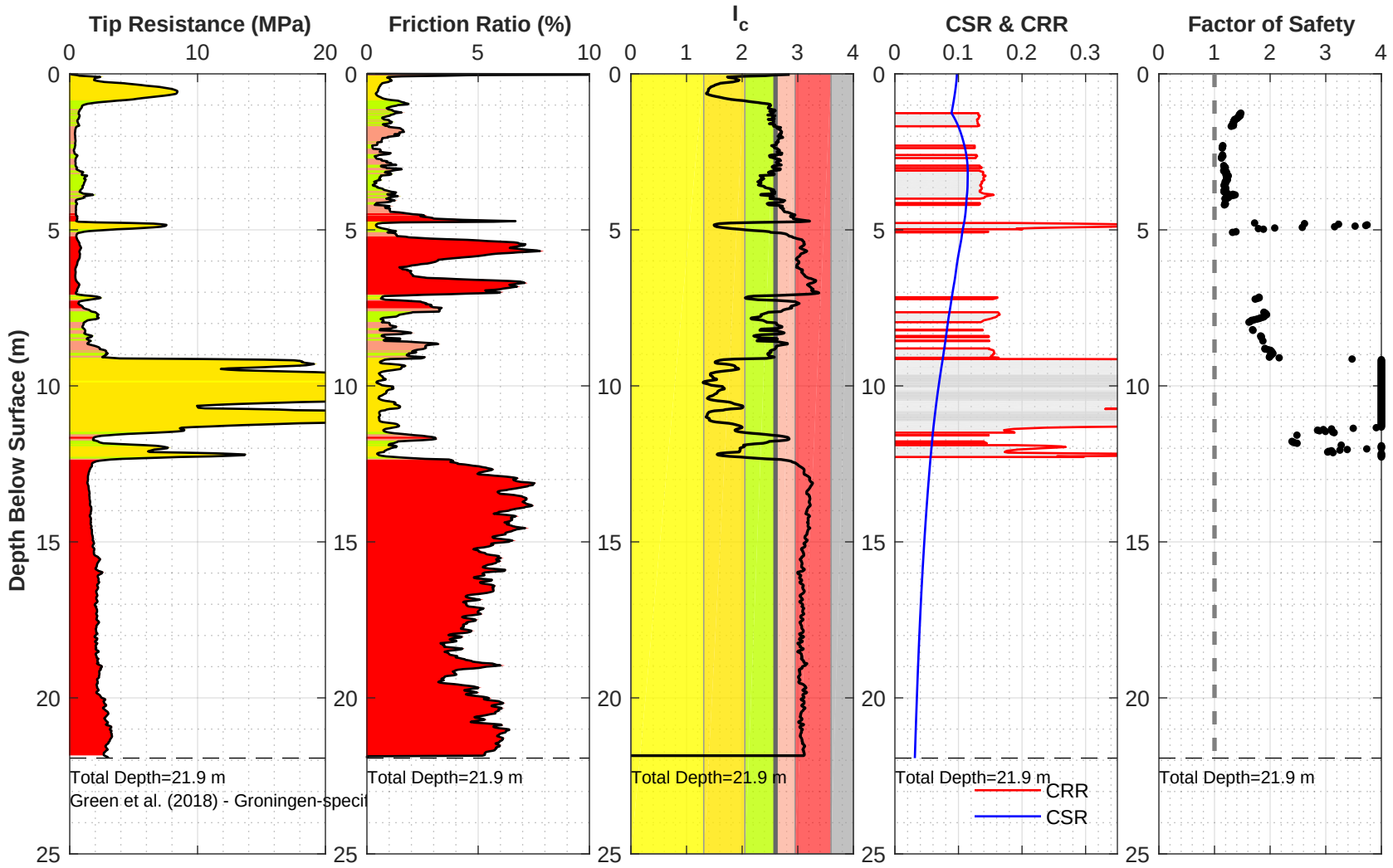
Surface EL: 8.8 m +/- (NAP)

Cone Diameter: 43.7 mm

Thin Layer Correction: NCEER (Youd et al. 2001)

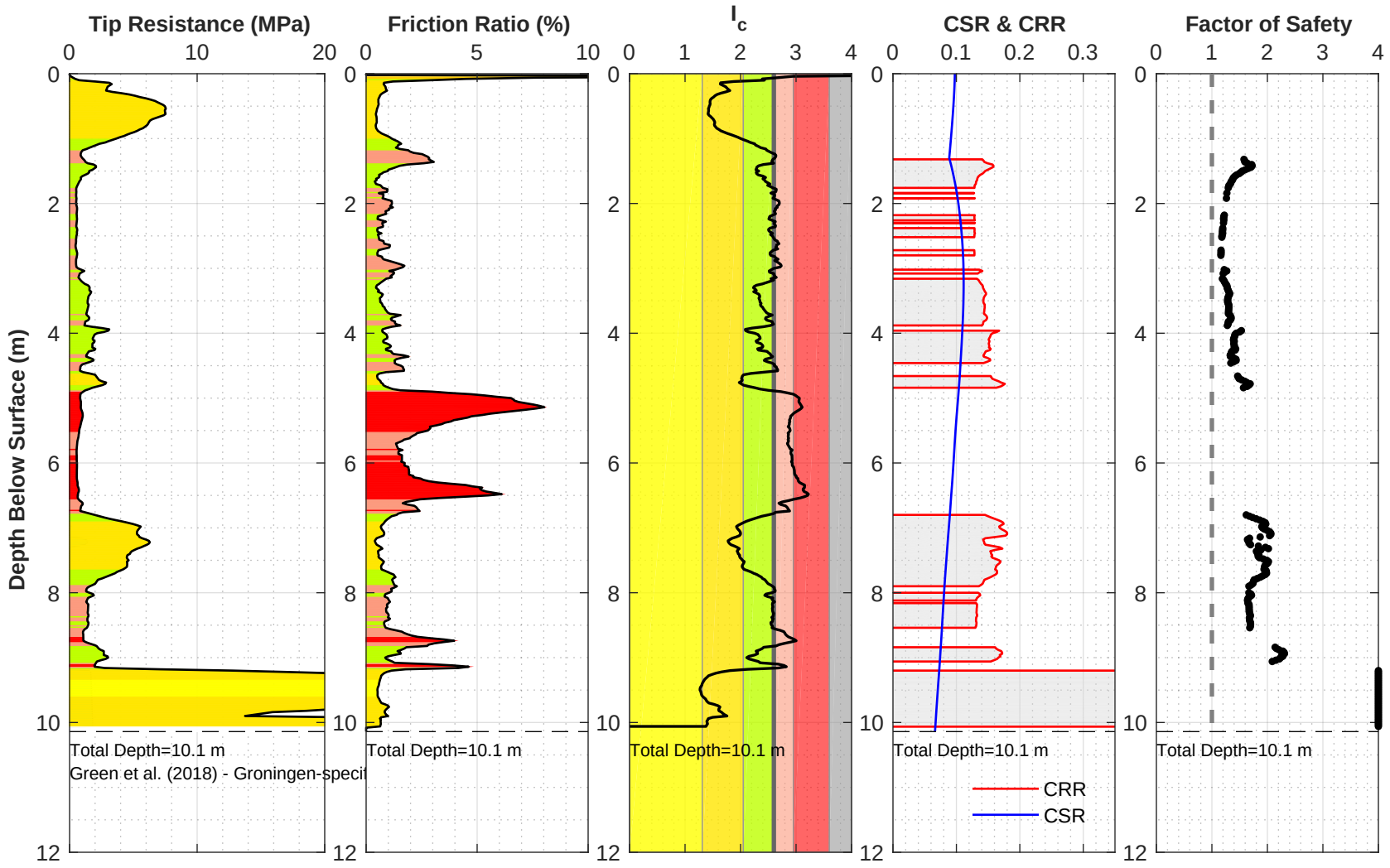
Analysis Title: NC

Mw: 3.9 amax (g): 0.15



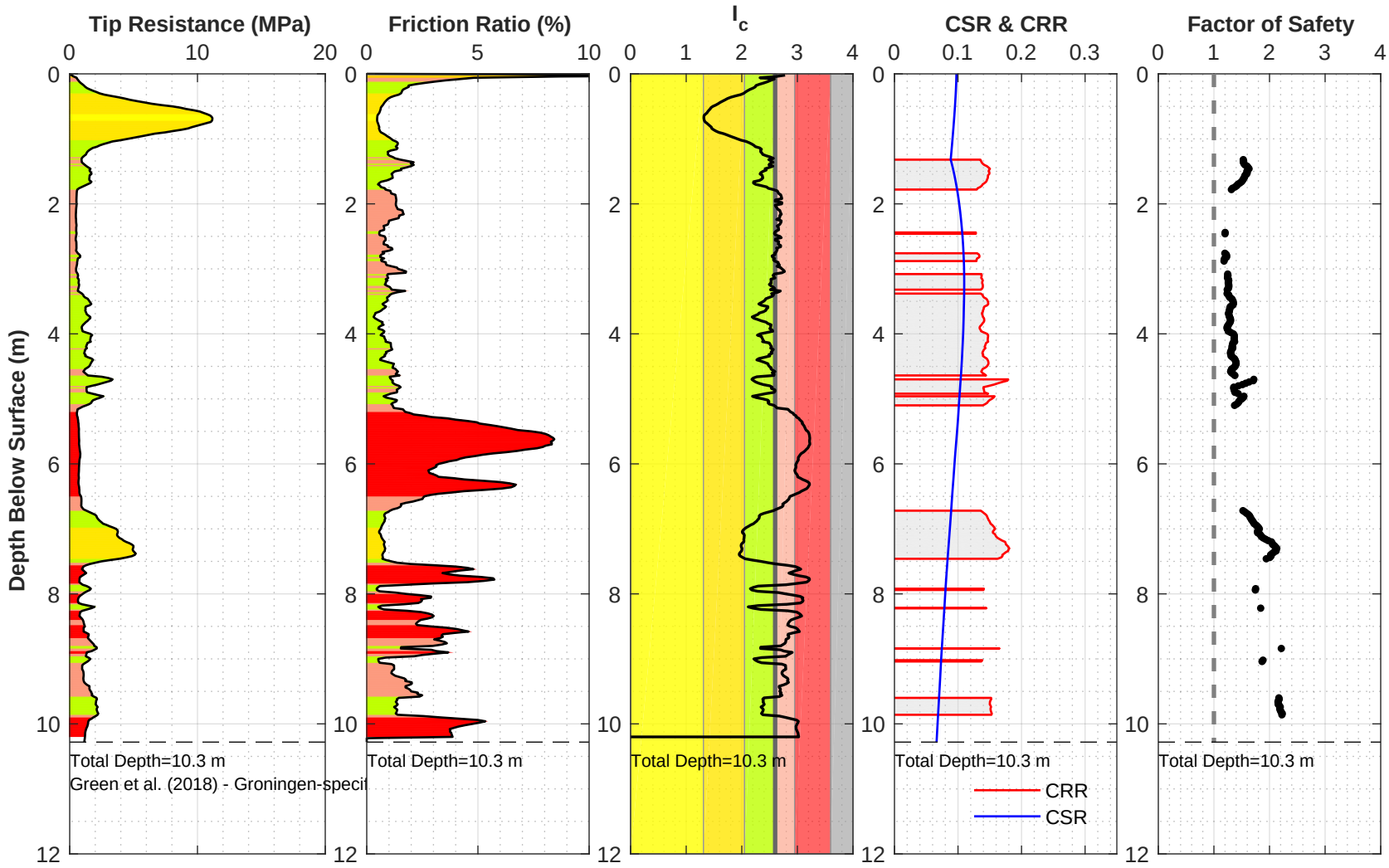
Location: 21225_234_coord
Surface EL: 1.8 m +/- (NAP)
Cone Diameter: 43.7 mm

Thin Layer Correction: NCEER (Youd et al. 2001)
Analysis Title: NC
Mw: 3.9 amax (g): 0.15



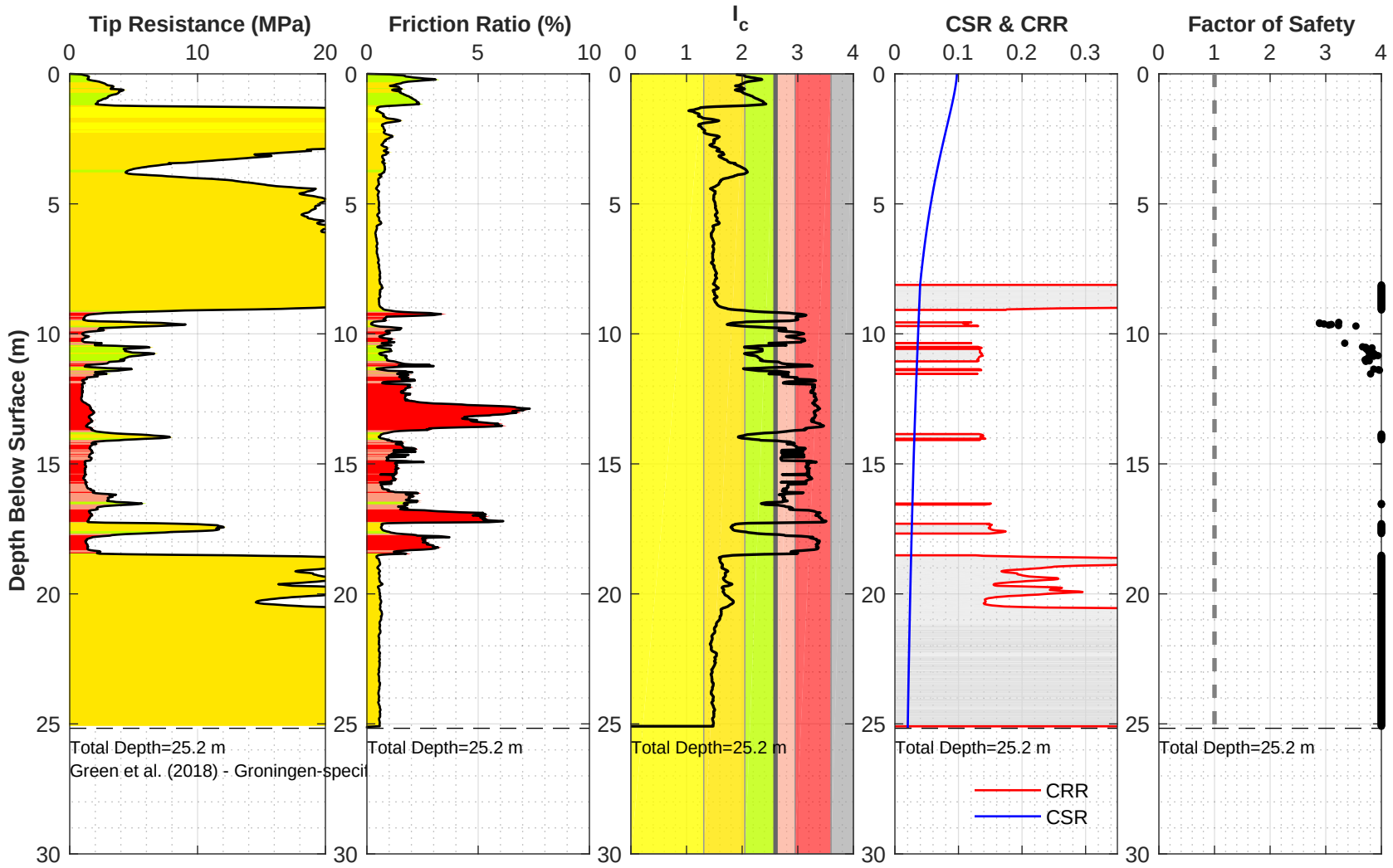
Location: 21225_235_coord
Surface EL: 1.8 m +/- (NAP)
Cone Diameter: 43.7 mm

Thin Layer Correction: NCEER (Youd et al. 2001)
Analysis Title: NC
Mw: 3.9 amax (g): 0.15



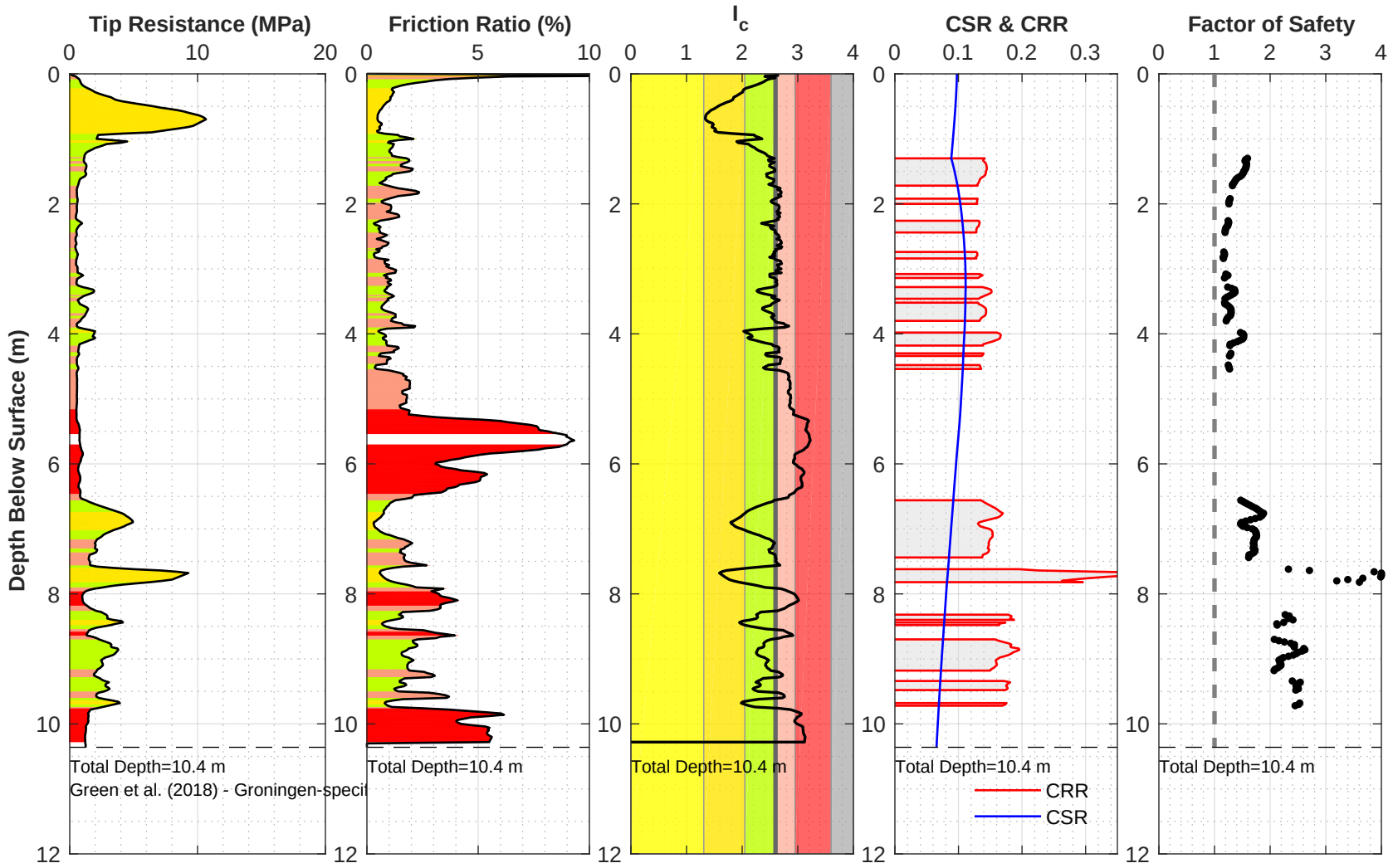
Location: 21225_236_coord
Surface EL: 1.8 m +/- (NAP)
Cone Diameter: 43.7 mm

Thin Layer Correction: NCEER (Youd et al. 2001)
Analysis Title: NC
Mw: 3.9 amax (g): 0.15



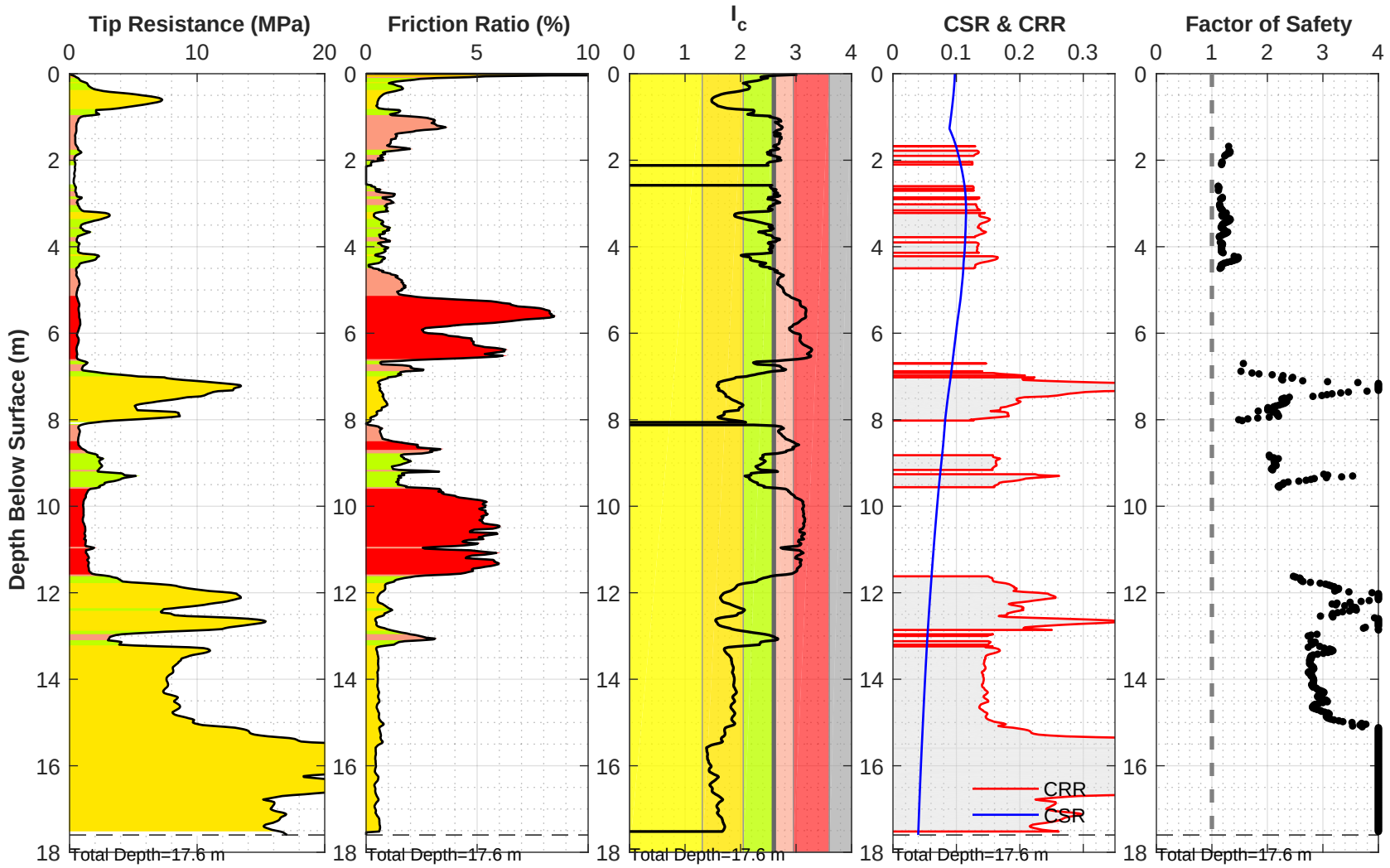
Location: 21225_237_coord
Surface EL: 8.6 m +/- (NAP)
Cone Diameter: 43.7 mm

Thin Layer Correction: NCEER (Youd et al. 2001)
Analysis Title: NC
Mw: 3.9 amax (g): 0.15



Location: 21225_238_coord
Surface EL: 1.8 m +/- (NAP)
Cone Diameter: 43.7 mm

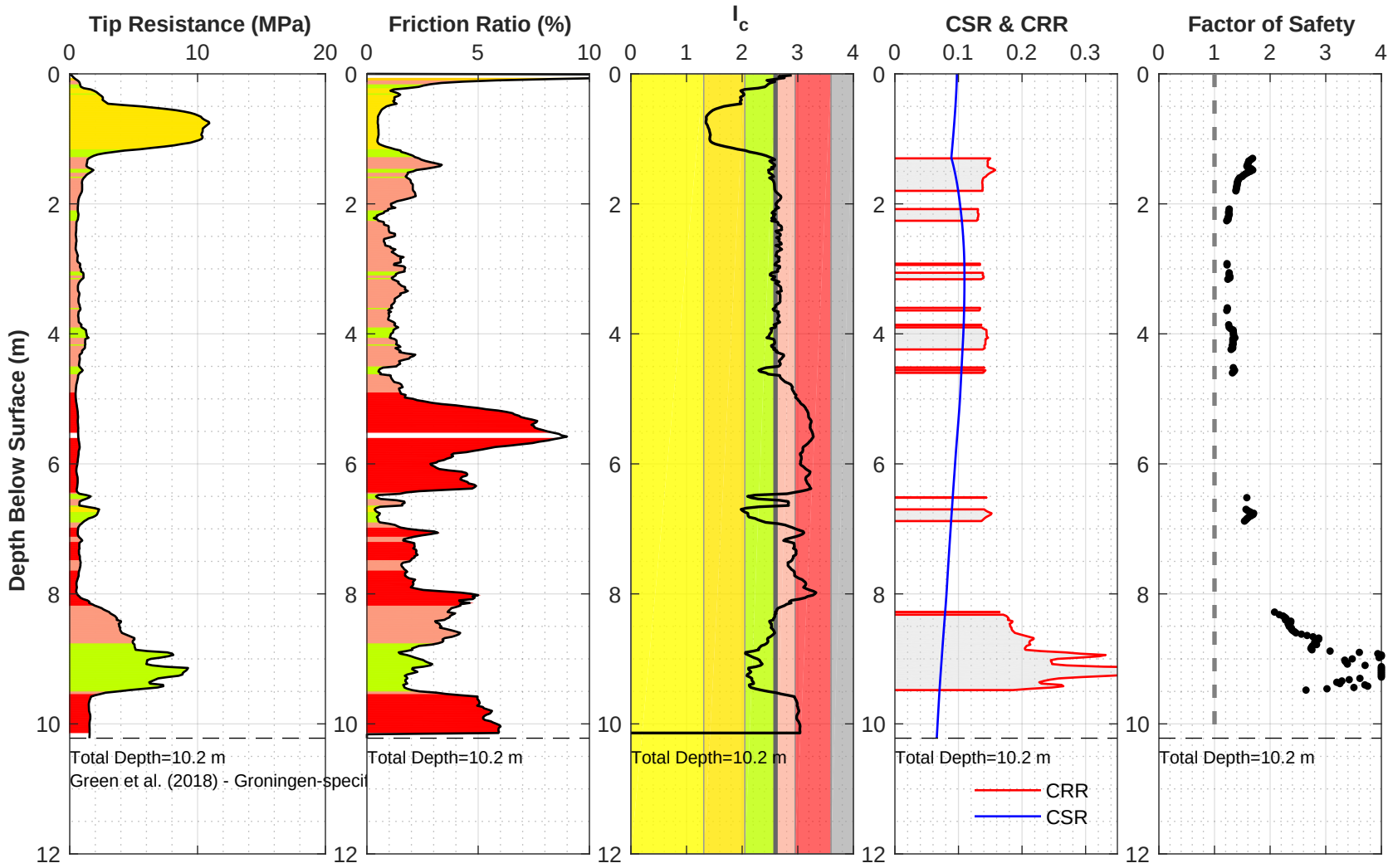
Thin Layer Correction: NCEER (Youd et al. 2001)
Analysis Title: NC
Mw: 3.9 amax (g): 0.15



Green et al. (2018) - Groningen-specific

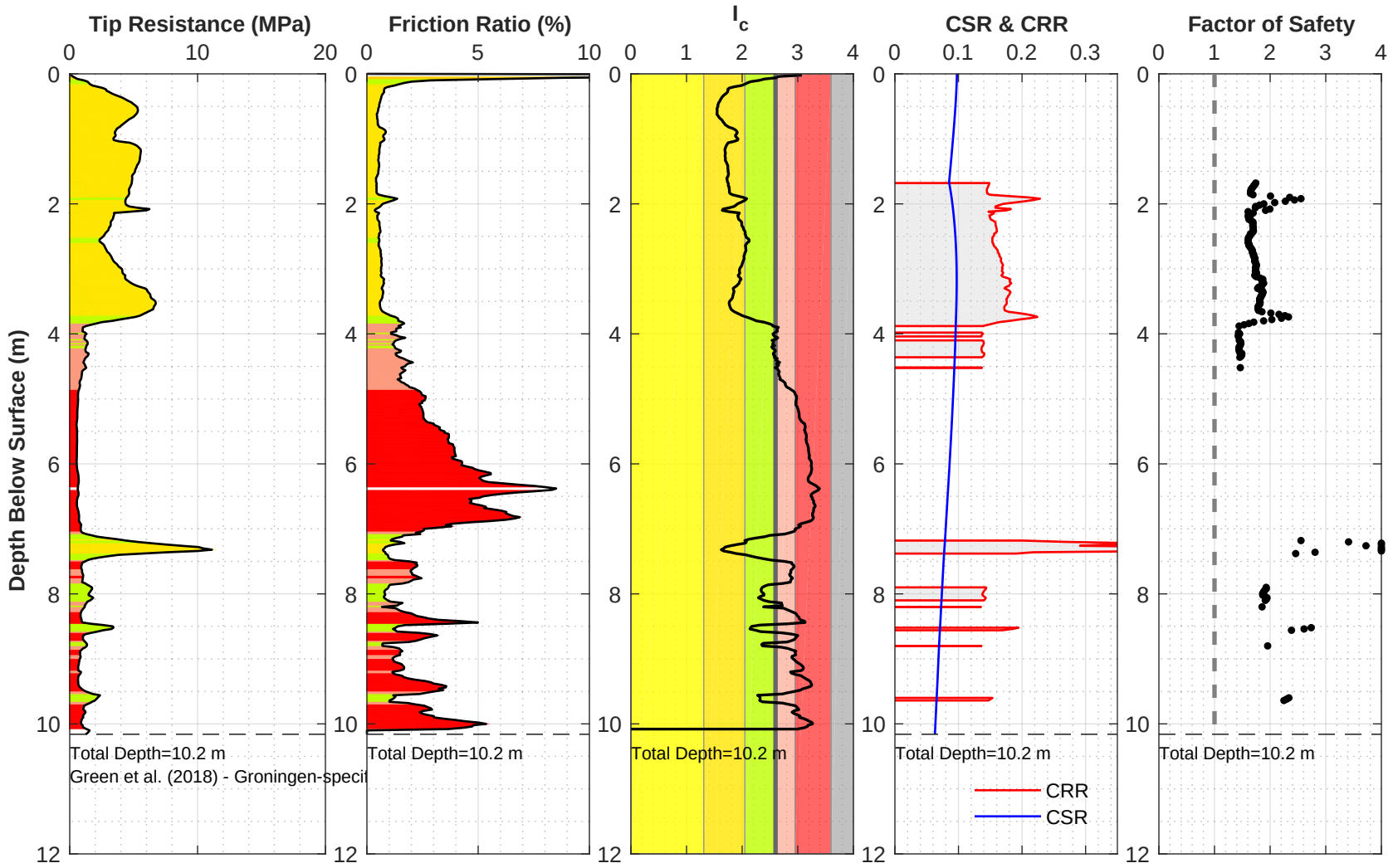
Location: 21225_239_coord
Surface EL: 1.8 m +/- (NAP)
Cone Diameter: 43.7 mm

Thin Layer Correction: NCEER (Youd et al. 2001)
Analysis Title: NC
Mw: 3.9 amax (g): 0.15



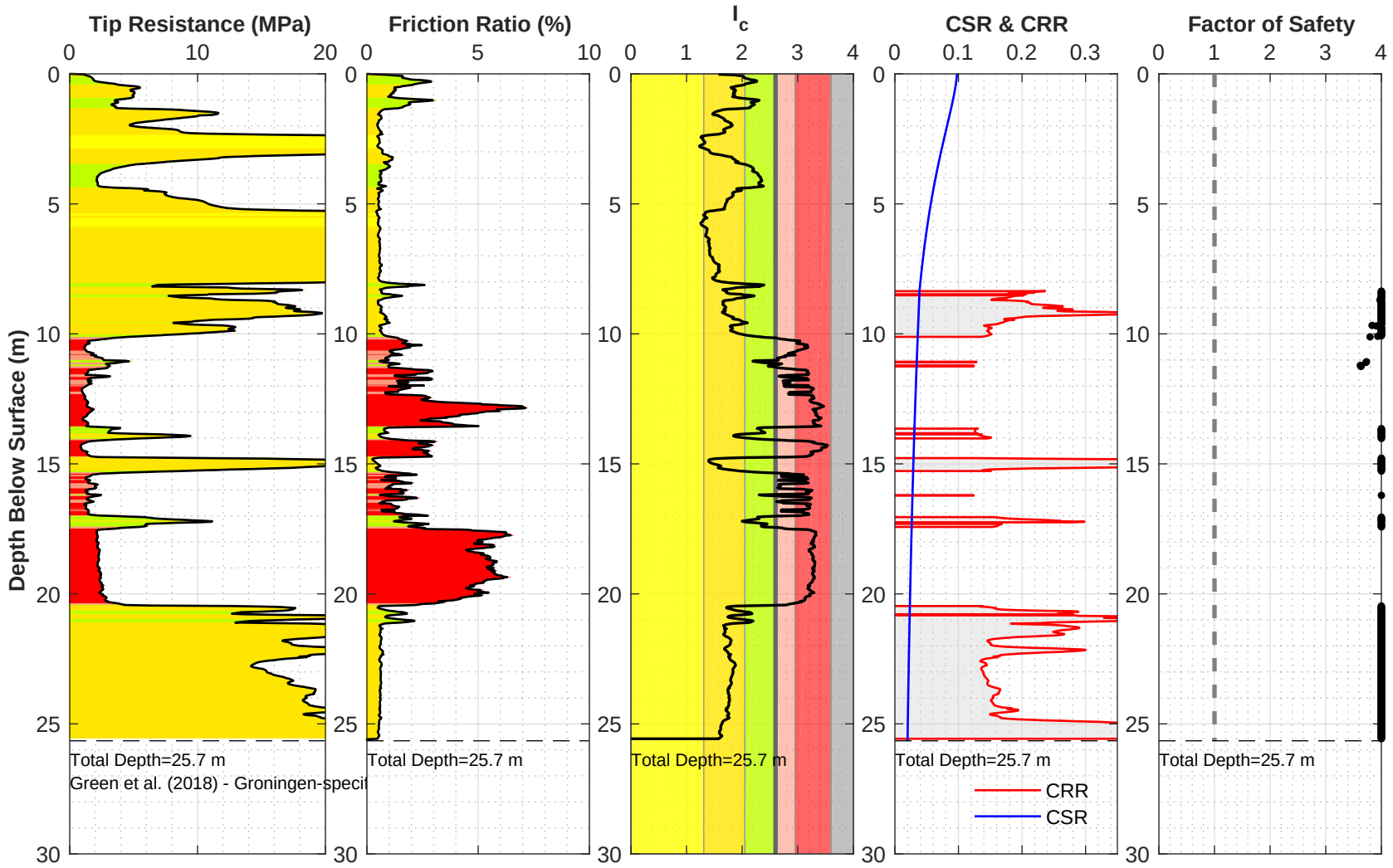
Location: 21225_240_coord
Surface EL: 1.8 m +/- (NAP)
Cone Diameter: 43.7 mm

Thin Layer Correction: NCEER (Youd et al. 2001)
Analysis Title: NC
Mw: 3.9 amax (g): 0.15



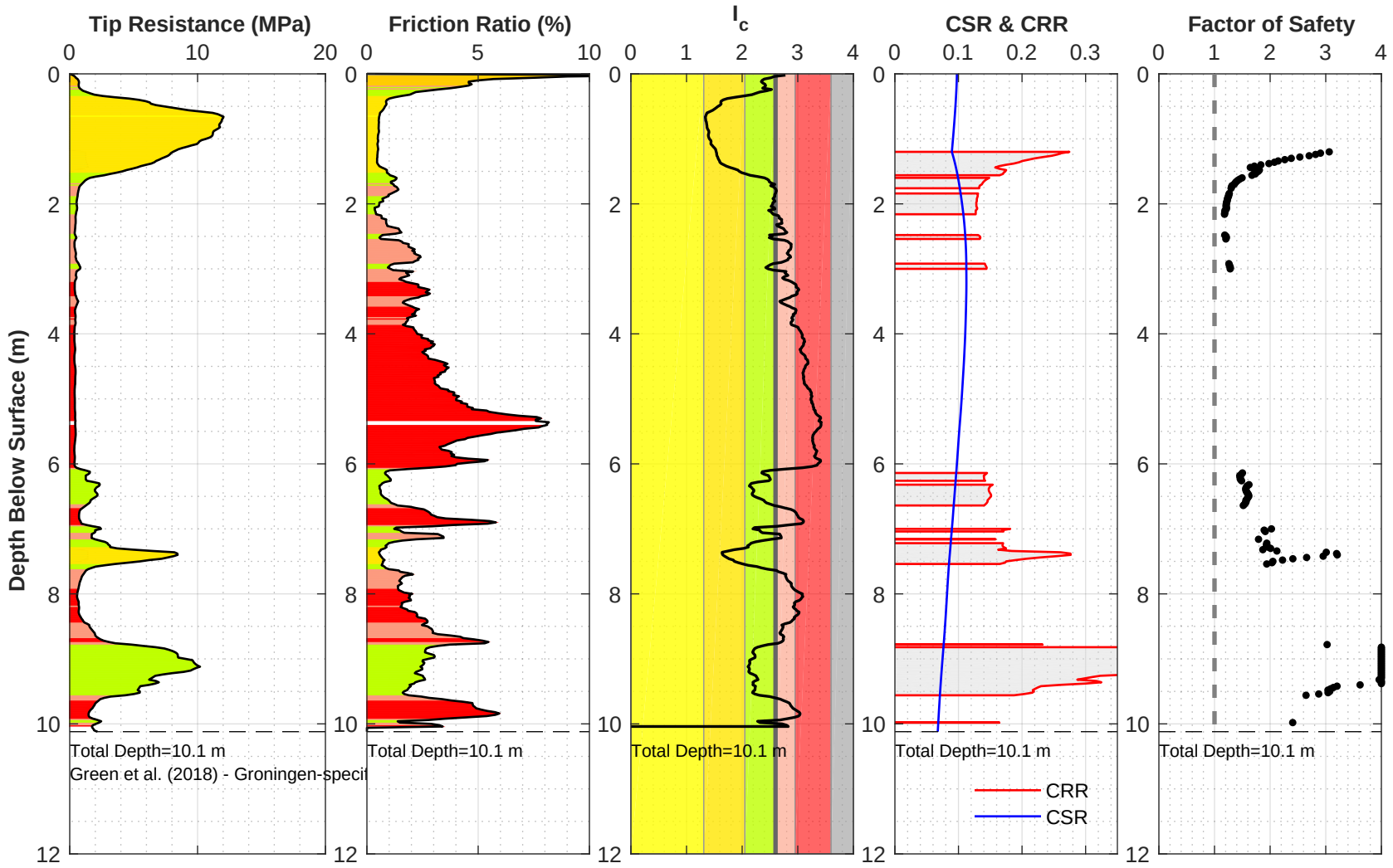
Location: 21225_241_coord
Surface EL: 2.2 m +/- (NAP)
Cone Diameter: 43.7 mm

Thin Layer Correction: NCEER (Youd et al. 2001)
Analysis Title: NC
Mw: 3.9 amax (g): 0.15



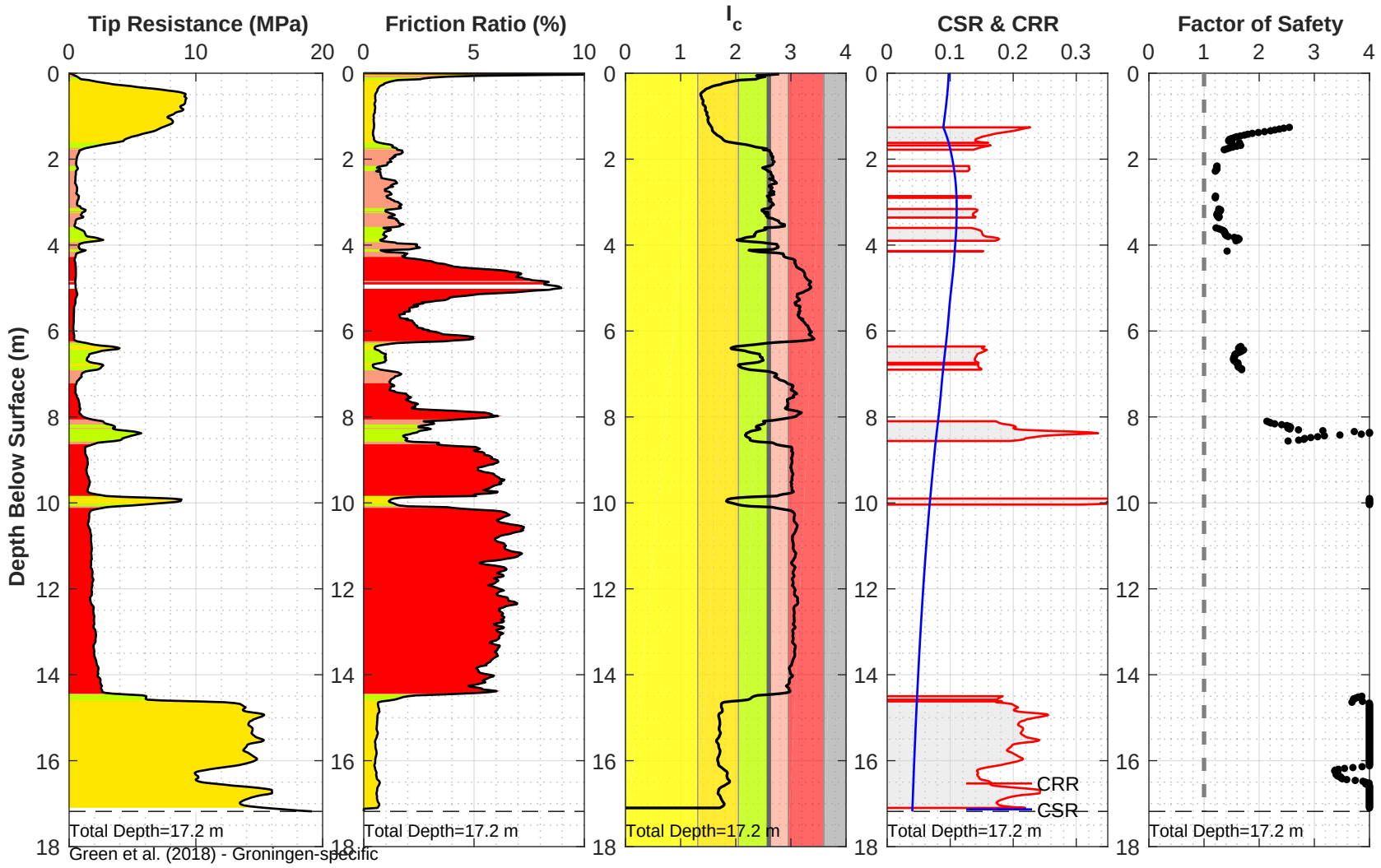
Location: 21225_242_coord
Surface EL: 8.8 m +/- (NAP)
Cone Diameter: 43.7 mm

Thin Layer Correction: NCEER (Youd et al. 2001)
Analysis Title: NC
Mw: 3.9 amax (g): 0.15



Location: 21225_243_coord
Surface EL: 1.7 m +/- (NAP)
Cone Diameter: 43.7 mm

Thin Layer Correction: NCEER (Youd et al. 2001)
Analysis Title: NC
Mw: 3.9 amax (g): 0.15



Location: 21225_244_coord
Surface EL: 1.8 m +/- (NAP)
Cone Diameter: 43.7 mm

Thin Layer Correction: NCEER (Youd et al. 2001)
Analysis Title: NC
Mw: 3.9 amax (g): 0.15

Ministerie van Infrastructuur en Milieu

> Retouradres Postbus 20904 2500 EX Den Haag

Waterschap Noorderzijlvest
T.a.v. De heer W.F. Brenkman
Postbus 18
9700 AA GRONINGEN

Bestuurskern
Dir. Algemeen Waterbeleid en Veiligheid
Afd. Waterveiligheid

Den Haag
Postbus 20904
2500 EX Den Haag

Contactpersoon
J. Poot
Senior Beleidsmedewerker

T 070-4567993
Koos.Poot@minienm.nl

Ons kenmerk
IENM/BSK-2017/172122

Uw kenmerk
Z/17/007036

Bijlage(n)
-

Datum 19 juli 2017
Betreft technische uitgangspunten voor belasting en sterkte van primaire keringen bij aardbevingen

Geachte heer Brenkman,

In uw brief van 22 juni 2017 verzoekt u mij, mede namens het waterschap Hunze en Aa's, in te stemmen met de in de memo "Eemshaven-Delfzijl - Uitgangspunten voor een aardbevingsbestendig ontwerp" vastgelegde technische uitgangspunten voor de belasting en sterkte van de primaire waterkering onder invloed van aardbevingen.

In mijn brief van 21 april 2016 heb ik ingestemd met de memo "Uitgangspunten voor een aardbevingsbestendig dijkontwerp" van Deltares van 15 april 2016. Op dat moment zou nog onderzoek plaatsvinden naar het al dan niet verweken van de ondergrond en de invloed daarvan op het versterken van de dijk. Als de verkregen inzichten daartoe aanleiding gaven, zouden de uitgangspunten worden aangevuld en/of aangescherpt.
In uw brief van 15 september 2016 heeft u mij geïnformeerd over de stand van zaken van de lopende onderzoeken naar de gevoeligheid van de ondergrond voor verweking.
Naar aanleiding van het uitgevoerde onderzoek adviseerden experts in november 2016 op een tweetrapsbenadering over te gaan:

1. Een globaal onderzoek van het gehele dijkvak om potentieel onvoldoende betrouwbare delen in beeld te krijgen.
2. Een geavanceerde analyse van de potentieel onvoldoende betrouwbare delen om te bepalen of deze wel of niet aan de veiligheidsnormen voldoen.

De uitvoering van deze aanpak is begeleid door een specialist op het gebied van risicoanalyse en het probabilistisch ontwerp van waterkeringen en gereviewd door een Amerikaanse specialist in het geotechnisch ontwerpen onder invloed van aardbevingen en een Nederlandse specialist op het vlak van het grondmechanisch ontwerp van dijken.
Het onderzoek en de analyses hebben geleid tot aanpassingen van de eerder opgestelde uitgangspunten. Met uw brief van 22 juni 2017 heeft u mij de geactualiseerde memo van 15 juni 2017 "Uitgangspunten voor een aardbevingsbestendig ontwerp" toegezonden.
Met de uitgangspunten in deze memo kan ik instemmen.

In de regeling "Veiligheid primaire waterkeringen 2017" is opgenomen dat bij de beoordeling van de veiligheid van de in Noord-Nederland gelegen waterkeringen

rekening gehouden dient te worden met de belasting door geïnduceerde aardbevingen. Deze beoordeling is een toets op maat. Daarbij kan gebruik gemaakt worden van de in de notitie van 15 juni 2017 opgenomen uitgangspunten.

De uitgangspunten voor een aardbevingsbestendig ontwerp zijn door intensief onderzoek en overleg door uw waterschap, de NAM, adviseurs en de Nationaal Coördinator Groningen tot stand gekomen. Ik heb veel waardering voor de wijze waarop deze partijen, ondanks de verschillende achtergronden, er in geslaagd zijn een gedeeld antwoord op dit, voor Nederland nieuwe vraagstuk, te vinden.

De Nationaal Coördinator Groningen, Hans Alders, de projectdirecteur bij de NAM, Thijs Jurgens, en Harm Küpers, secretaris-directeur waterschap Hunze en Aa's, heb ik een afschrift van deze brief doen toekomen.

Met vriendelijke groet,

DIRECTEUR-GENERAAL RUIMTE EN WATER, (plv.)

drs. P.R. Heij

Bestuurskern
Dir. Algemeen Waterbeleid en Veiligheid
Afd. Waterveiligheid

Datum
19 juli 2017

Ons kenmerk
IENM/BSK-2017/172122

Memo

Aan
Walja Karten (Waterschap NoorderzijlVest)

Datum	**Kenmerk**	**Aantal pagina's**
15 juni 2017	1220173-040-GEO-0011	31
Van	**Doorkiesnummer**	**E-mail**
Arjan Venmans	+31(0)88335 7263	arjan.venmans@deltares.nl

Onderwerp
Eemshaven-Delfzijl - Uitgangspunten voor een aardbevingsbestendig ontwerp

---

1 Inleiding

Vanwege de aardbevingen in Groningen heeft waterschap Noorderzijlvest een versnelde verbetering ingezet van de zeedijk tussen Eemshaven en Delfzijl. De reguliere toets- en ontwerpvoorschriften houden geen rekening met aardbevingen. Daarom heeft het waterschap in 2014 een onderzoeks- en afwegingstraject gestart, in samenwerking met Deltares. Het doel is om te komen tot een vastgestelde set van te hanteren uitgangspunten voor een sober en doelmatig aardbevingsbestendig ontwerp. Een dergelijk ontwerp biedt voldoende veiligheid tegen overstroming, maar is niet onnodig conservatief. De uitgangspunten worden vastgesteld door het Rijk, als kadersteller en toezichthouder. Daarmee geeft het Rijk duidelijkheid en zekerheid aan het waterschap als keringbeheerder en aan de NAM als financier van de meerkosten voor aardbevingsbestendigheid. Het in 2014 gestarte traject heeft in oktober 2016 geleid tot een eerste beoordelings- en ontwerpprotocol voor de zeedijk, inclusief een onderliggend uitgangspuntendocument. Naar aanleiding van de aanbevelingen van een panel van internationale experts in november 2016 (bijlage A) is eind 2016 aan dit traject een tweede spoor toegevoegd bestaande uit dynamische gekoppelde effectieve spanningsanalyses, uitgevoerd door Fugro. Hiervoor is in de periode tussen eind 2016 en maart 2017 een nieuwe beoordelings- en ontwerpmethode ontwikkeld, die bestaat uit twee stappen:

1 Een screening langs de hele zeedijk naar de gevoeligheid voor verweking van de grondslag onder de dijk, op basis van de Liquifaction Potential Index (LPI, Iwasaki et al., 1978).
2 Berekening van de kruindaling in de profielen die volgens de LPI screening maatgevend zijn, op basis van dynamische gekoppelde effectieve spanningsanalyses.

In het oorspronkelijke protocol en uitgangspuntendocument van oktober 2016 was screening nog geen aparte stap.

Jongejan et al. (2017) beschrijft de de procedure voor semi-probabilistisch ontwerp met dynamische gekoppelde effectieve spanningsanalyses (bijlage D).

Tijdens het traject heeft het waterschap diverse nationale en internationale deskundigen geraadpleegd:

- Expertise netwerk Waterkeren (ENW): schriftelijke raadpleging betreffende versie 2 van dit uitgangspuntenmemo, maart 2015.
- Expert workshop seismisch ontwerp: experts Boulanger, Chacko, Finn, Yoshida, juli 2015.
- Expert workshop terugkeertijd aardbevingsbelasting: experts Vrouwenvelder, Jongejan, Kok, Vrijling, Calle, december 2015.
- Tweede expert workshop terugkeertijd aardbevingsbelasting: experts Vrouwenvelder, Jongejan, Kok, Vrijling, Calle, december 2015.
- Expert workshop karakterisering van de verwekingsgevoeligheid: experts Towhata, Green, Kramer, mei 2016.
- Expert workshop seismisch ontwerp: experts Kramer, Green, Chacko, Towhata, november 2016, bijlage A.
- Review van LPI screening, dynamische gekoppelde effectieve spanningsberekeningen en code calibration van deze berekeningen door prof. Kramer, bijlage B.
- Review van code calibration van dynamische gekoppelde effectieve spanningsberekeningen door dr. Calle, bijlage C.

Verder heeft het waterschap alle betrokken publieke partijen tussentijds geïnformeerd door middel van een drie keer geactualiseerde uitgangspuntennotitie voor zowel primaire als regionale keringen (Deltares, 2015). Elke versie is besproken tijdens door het waterschap georganiseerde informatiebijeenkomsten.

De uitgangspunten en het protocol voor een regulier ontwerp voor hoogwaterbelasting zijn al vastgelegd in het document “Ontwerpuitgangspunten Hoogwateropgave Dijkverbetering Eemshaven-Delfzijl” (Deltares, 2016a). In het voorliggende document worden alleen de extra uitgangspunten voor een aardbevingsbestendig ontwerp behandeld. De extra uitgangspunten worden beschreven in:

- Veiligheidsfilosofie en terugkeertijd: het rapport “Code calibration for coupled, effective stress FEM-assessments of the primary flood defenses at Eemshaven-Delfzijl” (Jongejan et al., 2017).
- De wijze waarop de weerstand tegen verweking van het zand wordt bepaald in de LPI screening: “LPI screening for the Eemshaven-Delfzijl levee” (Deltares, 2017).
- De wijze waarop de weerstand tegen verweking van het zand wordt bepaald in de dynamische gekoppelde effectieve spanningsanalyses: het rapport “Code calibration for coupled, effective stress FEM-assessments of the primary flood defenses at Eemshaven-Delfzijl” (Jongejan et al., 2017).
- Aardbevingsbelasting, effect van de aardbeving op de ondergrond en de waterkering: het rapport “Evaluation of dynamic stability using code calibrated design parameters, Eemshaven-Delfzijl levee, The Netherlands” (Fugro, 2017).
- Kruindalingscriterium: appendix I.2 van het protocol “Seismisch Dijkontwerp – Protocol voor Eemshaven-Delfzijl” (Deltares, 2016b).

In paragraaf 2 is het overzicht opgenomen van de voorgestelde ontwerpuitgangspunten waarvoor vaststelling wordt gevraagd. In paragraaf 3 worden de voorgestelde ontwerpuitgangspunten nader toegelicht. Daarbij wordt achtereenvolgens ingegaan op:

- De te hanteren aardbevingsbelasting als functie van de terugkeertijd.
- Het te berekenen effect van de aardbeving op de ondergrond en de waterkering.
- De te hanteren veiligheidsfilosofie, waaruit ook de terugkeertijd voor de aardbevingsbelasting volgt.
- De wijze waarop de weerstand tegen verweking van het zand wordt gekarakteriseerd in de LPI screening en in de dynamische gekoppelde effectieve spanningsanalyses.

2 Overzicht voorgestelde ontwerpuitgangspunten

Kansverdeling aardbevingsbelasting

1 De door NAM geproduceerde en door KNMI gevalideerde resultaten uit de PSHA versie 2 “op maat” worden gebruikt voor het dijkontwerp, met als grondslag het GMPE v2 model met specifieke keuze voor M_{max} (M_{max}=5,0) en logic-tree gewichten (0; 0,5; 0,5).

Effect van aardbevingsbelasting op ondergrond en waterkering

2 De responsberekening bestaat uit twee stappen:
   1 Van een diepte van 350 m tot bovenkant Peelo formatie: 1D berekening met de *Total Stress, Equivalent Linear* rekenmethode.
   2 Van bovenkant Peelo formatie tot maaiveld: 2D berekening met dynamische gekoppelde effectieve spanningsanalyses.

3 De voor waterveiligheid relevante vervormingen tijdens en na de aardbeving worden bepaald met dynamische gekoppelde effectieve spanningsberekeningen.

Veiligheidsfilosofie

4 Het aardbevingsbestendig ontwerp vindt plaats op basis van een semi-probabilistische procedure. Door middel van rekenwaarden voor sterkte en belasting(en) wordt ervoor gezorgd dat de faalkans beneden de normwaarde (een op basis van de norm bepaalde toelaatbare waarde) blijft. Daarbij wordt rekening gehouden met de onwaarschijnlijkheid dat extreme waarden voor sterkte en belasting(en) tegelijk zullen voorkomen. Daarop aansluitend dient een dominante aardbevingsbelasting (met hoge terugkeertijd) te worden gecombineerd met een niet-dominante hydraulische belasting (met minder hoge terugkeertijd) en omgekeerd. Daarnaast moet ook het klassieke geval met alleen maatgevend hoogwater worden beschouwd. Bij elke te onderscheiden belastingcombinatie moet de kering voldoen aan de eis.

5 De invloedsfactor voor een dominante aardbevingsbelasting is 0,9. De invloedsfactor voor een dominante hydraulische belasting is 0,7.

6 Het faalkansbudget voor macrostabiliteit wordt verhoogd van 4 naar 24 %. Het faalkansbudget voor piping wordt dienovereenkomstig verlaagd van 24 naar 4 %.

7 Bij aardbevingen wordt het lengte-effect in rekening gebracht zoals beschreven in Jongejan et al. (2017). De parameters waarmee het lengte-effect wordt beschreven zijn a = 0,033 en b = 200 m.

8 Na significante vervormingen van de dijk als gevolg van een aardbevingsbelasting wordt gedurende de hersteltijd een voorwaardelijke kans van 1/10 op overstroming aangenomen.

9 Een voorwaardelijke overstromingskans van 1/10 leidt op grond van representatieve overslagberekeningen gedurende een hersteltijd van 3 maanden tot een maximaal toelaatbare kruindaling van 3 m.

10 Jongejan et al. (2017) beschrijft de procedure voor semi-probabilistisch ontwerp en de daarin toe te passen partiële veiligheidsfactoren voor alle van belang zijnde stochastische variabelen.

Weerstand tegen verweking in de LPI screening en in de dynamische gekoppelde effectieve spanningsanalyses

11 Een CPT datapunt wordt als zand geclassificeerd als de *soil type behaviour index* I_c volgens (Robertson & Wride, 1998) kleiner of gelijk is aan 2,6.

12 Rond discrete overgangszones zand/klei wordt over 0,2 m de conuswaarde in de zandlaag gecorrigeerd.

13 De weerstand tegen verweking wordt berekend op basis van:
- correlaties met sonderingen volgens Boulanger & Idriss (2014) in afzettingen die bestaan uit zand, al dan niet afgewisseld met relatief dikke kleilagen, waarin de I_c waarde kleiner is dan 2,05.
- cyclische laboratoriumproeven op ongeroerde monsters in afzettingen die bestaan uit een afwisseling van relatief dunne zand- en kleilaagjes, waarin de de I_c waarden tussen 2,05 en 2,6 liggen (afzettingen van het *Tfsc* type).

14 In de screening wordt de LPI bepaald op basis van alle data punten in de sondering met I_c kleiner dan of gelijk aan 2,6. Appendix G van Jongejan (2017) beschrijft de bepaling van de representatieve waarde van de conusweerstand en de weerstand tegen verweking voor de dynamische gekoppelde effectieve spanningsanalyses.

15 Op de genormaliseerde conusweerstand wordt een *fines* toeslag toegepast om te corrigeren voor het gunstige effect van het gehalte fijne fractie volgens Boulanger and Idriss (2014), met $CFC = 0$.

16 De magnitude scaling factor wordt bepaald volgens Boulanger and Idriss (2014).

17 De correctiefactor voor de verticale spanning K_σ en de correctiefactor voor statische schuifspanning K_α voor zand in taluds worden bepaald volgens Boulanger & Idriss (2014). In de LPI screening op basis van de sonderingen aan de zeezijde van de dijk wordt gerekend met $K_\alpha = 1$.

18 Voor de correctiefactor voor de leeftijd van de afzettingen K_{DR} wordt voor de relatief jonge holocene afzettingen een waarde 1 aangehouden, voor het pleistocene zand een waarde van 1,3.

3 Toelichting voorgestelde ontwerpuitgangspunten

3.1 Aardbevingsbelasting

De te hanteren aardbevingsbelasting heeft een overheersende invloed op het aardbevingsbestendig ontwerp van waterkeringen en andere objecten.

De kansverdeling wordt afgeleid uit een zogenaamde *Probabilistic Seismic Hazard Analysis* (PSHA). Hierna wordt kort beschreven voor welke PSHA versies door KNMI en NAM al resultaten zijn geleverd en welke specifieke vervolgontwikkeling heeft plaatsgevonden voor Eemshaven-Delfzijl.

Van 16 tot en met 18 juli 2015 heeft het waterschap vijf gerenommeerde internationale experts geconsulteerd op het gebied van *Geotechnical Earthquake Engineering*. De voornaamste aanbeveling van die kant was om in dialoog met NAM en KNMI te komen tot een PSHA “op maat” voor de waterkeringen. “Op maat” wil zeggen dat uit de PSHA aardbevingssignalen op diepte worden bepaald, bij de juiste terugkeertijd. Met deze aardbevingssignalen kan vervolgens weer de seismische respons van de dijk worden bepaald. Met hulp van dergelijke responsberekeningen worden piekversnellingen aan maaiveld begrensd door de beperkte sterkte van bovenste grondlagen. Daardoor resulteert minder aardbevingsbelasting op de waterkering die boven op deze grondlagen ligt.

PSHA versie 0 van KNMI. Tot en met juli 2015 is voor de waterkeringen gewerkt met de resultaten van een PSHA versie 0. Deze versie 0 is in 2013 opgezet door KNMI, voor NEN, in samenwerking met NAM (KNMI, 2013). Versie 0 is opgezet voor de in februari 2015 uitgekomen Nationale Praktijkrichtlijn (NPR) van de NEN (NEN, 2015). Deze NPR is alleen van toepassing op gebouwen. Versie 0 levert voor elke locatie een kansverdeling op voor de piekversnelling aan het maaiveld (*Peak Ground Acceleration,* PGA). In versie 0 is een maximum magnitude van 5 aangenomen en een gemiddeld jaarlijks aantal significante bevingen van 40. In maart 2015 is voor het dijkontwerp al voorzichtig geanticipeerd op ontwikkelingen in volgende PSHA versies, door te kiezen voor 27 significante aardbevingen per jaar.

PSHA versie 1 van KNMI. Oktober 2015 heeft KNMI versie 1 openbaar gemaakt (KNMI, 2015). Versie 1 is gebruikt voor een update van de NEN-NPR kaart, die in december 2015 is uitgebracht. Het gebruikte seismologisch model is weer opgezet in samenwerking met NAM. Ook in versie 1 is door KNMI een maximum magnitude van 5 aangenomen, in combinatie met een significant aantal jaarlijkse aardbevingen van 22,7. Direct vanaf de beschikbaarheid is versie 1 binnen het lopende referentieontwerp in gebruik genomen voor de seismische responsberekeningen van de dijk Eemshaven-Delfzijl. Gebruik van dergelijke responsberekeningen is aanbevolen door de internationale experts. Daartoe worden in Groningen gemeten aardbevingssignalen geschaald naar rato van de ontwerpwaarden aan het maaiveld, nadat deze signalen eerst op de meetlocatie naar diepte zijn vertaald.

PSHA versie 2 van NAM. Begin november 2015 heeft NAM de resultaten van PSHA versie 2 aan de minister van EZ opgeleverd, waarna halfjaarlijks updates zullen volgen (NAM, 2015). De PSHA is opgezet voor gebouwen en levert alleen informatie voor een terugkeertijd van 475 jaar. In versie 2 wordt voor het eerst onderscheid gemaakt tussen de versnellingen op

diepte en de daarmee locatie-specifiek bepaalde versnellingen aan maaiveld, rekening houdend met lokale grondcondities.

PSHA versie 2 "op maat" voor Eemshaven-Delfzijl. Op 7 december 2015 heeft NAM de PSHA "op maat" voor Eemshaven-Delfzijl opgeleverd (Bommer & Bourne, 2015), zoals aanbevolen door de experts. In aansluiting op de KNMI keuze voor versie 1 is daarbij een maximum magnitude van 5 gehanteerd. Ten opzichte van versie 1 levert deze analyse voor het eerst direct informatie op diepte, waaruit de benodigde aardbevingssignalen op diepte kunnen worden afgeleid. Dat maakt de met versie 2 bepaalde signalen beter geschikt voor een seismische responsberekening op de door de experts aanbevolen methode dan de met versie 1 bepaalde signalen.

De voor het ontwerp gebruikte versie PSHA versie 2 "op maat" heeft als grondslag het GMPE v2 model met specifieke keuze voor M_{max} (M_{max}=5,0) en logic-tree gewichten (0; 0,5; 0,5). Dit uitgangspunt sluit aan bij de meest actuele (internationale) kennis.

Voorgesteld uitgangspunt voor primaire keringen:

1 De door NAM geproduceerde en door KNMI gevalideerde resultaten uit de PSHA versie 2 "op maat" worden gebruikt voor het dijkontwerp, met als grondslag het GMPE v2 model met specifieke keuze voor M_{max} (M_{max}=5,0) en logic-tree gewichten (0; 0,5; 0,5).

3.2 Effect op ondergrond en waterkering

Macroinstabiliteit (hellinginstabiliteit en verlies van horizontaal evenwicht) en hoogteverlies worden beschouwd als de twee mechanismen met een verhoogde faalkans door aardbevingsbelasting. Als uitgangspunt voor het seismisch ontwerp gelden de methoden en modellen die door de internationale experts zijn geaccordeerd of aanbevolen. Daarom is vanaf september 2015 een overstap gemaakt naar seismische responsberekeningen op basis van versnellingssignalen op diepte, in plaats van direct gebruik van piekversnellingen aan maaiveld.

Hierna volgt voor de te hanteren methoden en modellen een samenvatting van de relevante uitgangspunten.

Seismische responsberekening. De responsberekening bestaat uit twee stappen:

1 Van een diepte van 350 m tot bovenkant Peelo formatie: 1D berekening met de *Total Stress, Equivalent Linear* rekenmethode. *Total Stress* wil zeggen dat het constitutieve model niet zelf de generatie van waterspanningen voorspelt (in tegenstelling tot *Effective Stress*).
2 Van bovenkant Peelo formatie tot maaiveld: 2D berekening met dynamische gekoppelde effectieve spanningsanalyses.

Het gebruik van de *Total Stress, Equivalent Linear* rekenmethode is in overeenstemming met de aanbevelingen van de expertgroepen:

- Expertbijeenkomst juli 2015: het versnellingssignaal ter plaatse van het dijklichaam en het cyclisch schuifspanningsverloop over de diepte dient te worden bepaald met 1D *Total Stress* responsberekeningen

- Expertbijeenkomst 12 en 13 mei 2016: een verwekingsanalyse volgens Boulanger & Idriss (2014) moet om consistentieredenen worden gecombineerd met een schuifspannings-verloop dat is bepaald met de *equivalent linear* methode.

De *equivalent linear* methode behelst een analyse in het frequentiedomein. Dit geeft de mogelijkheid om zowel van basis naar maaiveld te rekenen (convolutie), als ook andersom (deconvolutie). De niet-lineaire stijfheid en demping als functie van schuifrek worden op benaderende wijze in rekening gebracht door iteratieve aanpassing van de waarde die geldt voor de hele berekening. Vanwege deze aanpak zal deze software in het algemeen echter te veel demping introduceren bij hogere frequenties in combinatie met schuifrekniveaus vanaf 0,4 %. In die gevallen is voor het berekenen van de versnelling in principe een *Nonlinear* analyse in het tijdsdomein nodig.

Een alternatieve *Nonlinear* analyse zou worden uitgevoerd het tijdsdomein (bijvoorbeeld met de Deepsoil software). Dit biedt de mogelijkheid om per tijdstap een andere waarde voor demping en stijfheid te gebruiken. De Deepsoil software gebruikt daarbij dezelfde materiaalkarakterisering als voor een analyse in het frequentiedomein. In een “nonlinear” berekening met Deepsoil is elke laag in feite een element waarbinnen de schuifrekken en schuifspanningen als constant worden beschouwd. De versnellingen worden berekend op de randen van de elementen. De elementafmetingen moeten. handmatig worden beperkt om de beweging van schuifgolven te kunnen volgen, zoals beschreven in de Deepsoil handleiding (Hashash, 2015).

Bij verkennende berekeningen met de specifieke frequentieinhoud van de aardbevingssignalen voor Eemshaven-Delfzijl (Deltares, 2016c) bleek de equivalent linear methode echter altijd het meest conservatief, ook bij schuifrekniveaus boven 0,4 %. Daarom is gebruik van de *equivalent linear* methode in dit geval voldoende voor zowel de bepaling van het schuifspanningsverloop als ook voor de bepaling van de versnellingen van het dijklichaam.

Volgens NPR 9998 moeten in de responsberekening als belasting minimaal zeven verschillende aardbevingssignalen worden aangebracht. Overeenkomstig het review advies van prof. Kramer zijn elf verschillende aardbevingssignalen toegepast.

Jongejan et al. (2017) geeft de partiële factor die moet worden toegepast op de signalen aan de basis van de 2D modellen.

Vervormingsberekening tijdens en na de aardbeving. Conform het advies uit de expert workshop van november 2016 (bijlage A) wordt de kruindaling berekend met dynamische gekoppelde effectieve spanningsberekeningen.

Voorgestelde uitgangspunten voor primaire keringen:

2 De responsberekening bestaat uit twee stappen:
   1 Van een diepte van 350 m tot bovenkant Peelo formatie: 1D berekening met de *Total Stress, Equivalent Linear* rekenmethode.
   2 Van bovenkant Peelo formatie tot maaiveld: 2D berekening met dynamische gekoppelde effectieve spanningsanalyses.
3 De voor waterveiligheid significante vervormingen tijdens en na de aardbeving worden bepaald met dynamische gekoppelde effectieve spanningsberekeningen.

3.3 Veiligheidsfilosofie

De binnen een semi-probabilistisch ontwerp te hanteren terugkeertijd voor de aardbevingsbelasting volgt uit de faalkanseis voor een bepaald mechanisme in een doorsnede, in combinatie met een zogenaamde invloedsfactor voor de aardbevingsbelasting. De faalkanseis in de doorsnede is weer afhankelijk van de norm, de faalkansbegroting en het in rekening te brengen lengte-effect. Door middel van een reststerkte-aanname kan ten slotte rekening worden gehouden met de kans op overstroming gedurende de herstelperiode. Hierna wordt kort toegelicht wat deze begrippen en parameters betekenen en welke uitgangspunten op dat gebied worden voorgesteld. De uitgangspunten zijn eerst bijgesteld en daarna vastgesteld in overleg met een nationale expertgroep die is bijeengekomen op 9 december 2015 en op 17 februari 2016. De veiligheidsfilosofie wordt nader beschreven en onderbouwd in Jongejan et al. (2017).

Vooraf wordt hier al gemeld dat toepassing van de voorgestelde uitgangspunten voor macrostabiliteit (afschuiven) op traject 6_7 resulteert in een terugkeertijd van ongeveer 2300 jaar en op traject 6_6 in een terugkeertijd van ongeveer 1100 (Jongejan et al., 2017, paragraaf 8.1).

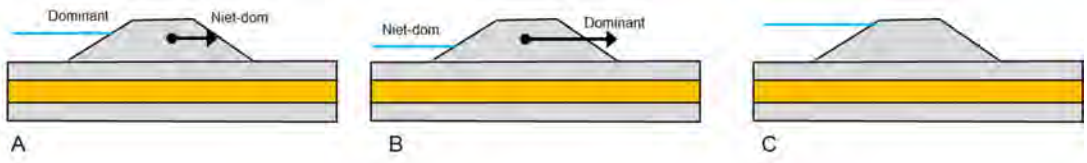
Mechanismen. Een aardbeving kan hoogteverlies en andere schade (losgeraakte bekleding, scheuren) veroorzaken. Daarbij is het van belang dat zich onder invloed van de cyclische aardbevingsbelasting in losgepakt zand tijdelijk een grote verwekingsgraad kan opbouwen, door wateroverspanning. Volledig verweekt zand gedraagt zich als drijfzand. Hoogteverlies en schade worden dus zowel veroorzaakt door macro-instabiliteit (taludinstabiliteit en verlies van horizontaal evenwicht) als door eerst wegpersen en daarna compacteren van verweekt zand. De gebeurtenissen kunnen gelijktijdig voorkomen, maar dat hoeft niet. Grote afschuiving en kruindaling zal vooral ontstaan wanneer ondiepe losgepakte zandlagen door de cyclische belasting verweken, zonder dat er vervormingsbeperkende maatregelen zijn genomen.

Figuur 3.1 Macroinstabiliteit en kruindaling door aardbeving, onder invloed van verweking

Ontwerpstappen. Ter beoordeling van de aardbevingsbestendigheid moeten de volgende drie stappen worden doorlopen:

1 Bepaal de in rekening te brengen versnellingssignalen tussen 350 m diepte en bovenkant Peelo formatie met hulp van 1D *Equivalent Linear* responsberekeningen. Maak hierbij gebruik van gegeven versnellingssignalen aan de basis, afgeleid uit PSHA versie 2 “op maat” (zie paragraaf 3.1).
2 Bereken de versnellingssignalen tussen de bovenkant van de Peelo formatie en het dijklichaam uit 2D dynamische gekoppelde effectieve spanningsanalyses.
3 Bepaal het benodigde ontwerp om te voldoen aan de eis aan de kruindaling van de dijk tijdens en direct na de aardbeving. Dit dient te gebeuren met dynamische gekoppelde effectieve spanningsanalyses onder invloed van de versnellingssignalen. De ontwerpmaatregelen kunnen bestaan uit (een combinatie van) extra berm, drainage, stabiliteitsscherm en verbetering van losgepakt zand.

Semi-probabilistisch ontwerp. Het voorgeschreven ontwerpinstrumentarium 2014 (OI2014) gaat uit van een semi-probabilistisch ontwerp per mechanisme en doorsnede. Door middel van rekenwaarden voor sterkte en belasting(en) wordt er voor gezorgd dat de faalkans beneden de normwaarde blijft. Daarbij wordt rekening gehouden met de onwaarschijnlijkheid dat extreme waarden voor sterkte en belasting(en) tegelijk zullen voorkomen. Daarop aansluitend dient een dominante aardbevingsbelasting (met hoge terugkeertijd) te worden gecombineerd met een niet-dominante hydraulische belasting (met minder hoge terugkeertijd) en omgekeerd (CUR, 1997). Daarnaast moet ook het klassieke geval met alleen maatgevend hoogwater worden beschouwd. Vervolgens wordt ontworpen op het meest ongunstige geval binnen deze drie belastinggevallen. Voor de niet-dominante hydraulische belasting wordt het 1-jaars maximum aangehouden, op basis van het advies uit de expertbijeenkomst van 9 december 2015. De drie te beschouwen gevallen worden getoond in Figuur 3.2.



Figuur 3.2 Schematische weergave van de semi-probabilistisch te toetsen belastinggevallen: In geval A is de hydraulische belasting dominant, in geval B is de aardbevingsbelasting dominant en in geval C is er alleen sprake van een maatgevend hoogwater.

Invloedsfactor. Voor het bepalen van de terugkeertijd voor een dominante en niet-dominante belasting is een waarde nodig voor de zogenaamde invloedsfactor $\alpha_{belasting}$ (CUR, 1997; ISO, 2013). Deze factor geeft aan hoe groot de invloed van de onzekerheid in de belasting is op de faalkans. Hoe groter de $\alpha_{belasting}$, hoe groter de terugkeertijd van de rekenwaarde voor de belasting. Volgens ISO is $\alpha_{belasting}$ = 0.7 een veilige waarde voor een dominante belasting en is $\alpha_{belasting}$ = $0.4 \cdot 0.7$ een veilige waarde voor de daarmee te combineren niet-dominante belasting. Door het ExpertiseNetwerk Waterkeren (ENW) wordt voor aardbevingsbelasting echter de hogere waarde α_{PGA} = 0.9 geadviseerd (ENW, 2014a). Dit is bevestigd door de probabilistische FORM analyses in Jongejan et al. (2017).

Norm. De norm op de waterkering legt wettelijk vast wat de maximaal toelaatbare kans is op verlies van de kerende functie voor een bepaald dijktraject. Hoe groter de norm, hoe groter de terugkeertijd van de rekenwaarde voor de belasting (en dus hoe kleiner de maximaal toelaatbare faalkans). Voor Eemshaven-Delfzijl is in het OI2014 versie 3 een maximaal toelaatbare faalkans (afkeurgrens) vastgelegd voor de faalkans per dijktraject. Deze afkeurgrens bedraagt 1/1000 per jaar voor dijktraject 6_6 en 1/3000 per jaar voor dijktraject 6_7.

Faalkansbudget. In het OI2014 is verder ook een “standaard” faalkansbegroting vastgelegd. Deze legt vast welk deel van de normwaarde beschikbaar is voor dat mechanisme. Hoe kleiner het budget, hoe groter de terugkeertijd van de rekenwaarde voor de belasting. Volgens de standaard begroting is het budget 4% voor macrostabiliteit en 24% voor ontoelaatbare overloop en golfoverslag. Het OI2014 staat het toe om de budgetverdeling voor een heel dijktraject aan te passen. In het geval van Eemshaven-Delfzijl heeft het waterschap er als uitgangspunt voor gekozen om het budget voor macrostabiliteit te verhogen tot 24 %, door middel van een lager budget voor piping (van 24 % naar 4 %). Zo wordt meer ruimte gegeven voor het mechanisme dat bij aardbevingen een verhoogde kans van optreden heeft.

Lengte-effect. Het OI2014 beschrijft hoe de faalkanseis per mechanisme moet worden doorvertaald van de trajectlengte naar de lengte van onafhankelijke doorsneden (lengte-effect). Het lengte-effect brengt tot uitdrukking dat de faalkans voor een lange dijk groter is dan de faalkans voor een korte dijk. Hoe groter het lengte-effect, hoe groter de terugkeertijd. In eerste instantie is op basis van het advies uit de expertbijeenkomst van 9 december 2015 ervoor gekozen om deze parameters niet aan te passen in het geval van een dominante aardbevingsbelasting. Nadere beschouwing van het lengte-effect (Jongejan et al., 2017) heeft geleid tot aanpassing van de parameters. De parameters waarmee het lengte-effect wordt beschreven zijn a = 0,033 en b = 200 m. Op traject 6_7 resulteert dit in een terugkeertijd van ongeveer 2300 jaar en op traject 6_6 in een terugkeertijd van ongeveer 1100 jaar.

Reststerkte. Als uitgangspunt voor het ontwerp van Eemshaven-Delfzijl is een reststerkte-aanname geïntroduceerd bij grote vervormingen door een dominante aardbeving. Dat is gedaan omdat grote vervormingen door een dominante aardbeving niet zullen samenvallen met extreem hoogwater. In analogie met de gangbare praktijk voor buitenwaartse instabiliteit (bij laag water) is de reststerkte uitgedrukt in een voorwaardelijke kans op overstroming na het optreden van schade. Hoe groter de voorwaardelijke kans, hoe groter de terugkeertijd. De voorwaardelijke kans is geschat op 1/10, overeenkomstig de waarde die in de Leidraad Ontwerpen Rivieren wordt aangehouden in het vergelijkbare geval van schade zonder hoogwater door extreme regenval (TAW, 1985; TAW, 1989). Dit wil zeggen dat de terugkeertijd waaronder geen grote vervormingen van de dijk mogen optreden tien keer kleiner wordt aangenomen dan de terugkeertijd waaronder geen overstroming mag optreden.

Stabiliteitscriterium. Er is geen expliciet criterium geformuleerd voor stabiliteit tijdens en direct na de aardbeving. Indien de stabiliteit niet voldoende is zal dit leiden tot grote vervormingen en grote kruindaling, en zal niet worden voldaan aan het kruindalingscriterium. Daarom is de enige toets die plaatsvindt, die van de kruindaling.

Kruindalingscriterium. Uit representatieve overslagberekeningen is gebleken dat bij de voorwaardelijke kans van 1/10 een kruindalingscriterium van 3 m kan worden gehanteerd, indien wordt uitgegaan van een hersteltijd van 3 maanden (Deltares, 2016b, appendix I.2).

Onzekerheid berekeningen. Jongejan et al. (2017) beschrijft de procedure voor semi-probabilistisch ontwerp en de daarin toe te passen partiële veiligheidsfactoren voor alle van belang zijnde stochastische variabelen.

Voorgestelde uitgangspunten voor primaire keringen:

4 Het aardbevingsbestendig ontwerp vindt plaats op basis van een semi-probabilistische procedure. Door middel van rekenwaarden voor sterkte en belasting(en) wordt ervoor gezorgd dat de faalkans beneden de normwaarde (een op basis van de norm bepaalde toelaatbare waarde) blijft. Daarbij wordt rekening gehouden met de onwaarschijnlijkheid dat extreme waarden voor sterkte en belasting(en) tegelijk zullen voorkomen. Daarop aansluitend dient een dominante aardbevingsbelasting (met hoge terugkeertijd) te worden gecombineerd met een niet-dominante hydraulische belasting (met minder hoge terugkeertijd) en omgekeerd. Daarnaast moet ook het klassieke geval met alleen maatgevend hoogwater worden beschouwd. Bij elke te onderscheiden belastingcombinatie moet de kering voldoen aan de eis.

5 De invloedsfactor voor een dominante aardbevingsbelasting is 0,9. De invloedsfactor voor een dominante hydraulische belasting is 0,7.

6 Het faalkansbudget voor macrostabiliteit wordt verhoogd van 4 naar 24 %. Het faalkansbudget voor piping wordt dienovereenkomstig verlaagd van 24 naar 4 %.

7 Bij aardbevingen wordt het lengte-effect in rekening gebracht zoals beschreven in Jongejan et al. (2017). De parameters waarmee het lengte-effect wordt beschreven zijn a = 0,033 en b = 200 m.

8 Na significante vervormingen van de dijk als gevolg van een aardbevingsbelasting wordt gedurende de hersteltijd een voorwaardelijke kans van 1/10 op overstroming aangenomen.

9 Een voorwaardelijke overstromingskans van 1/10 leidt op grond van representatieve overslagberekeningen gedurende een hersteltijd van 3 maanden tot een maximaal toelaatbare kruindaling van 3 m.

10 Jongejan et al. (2017) beschrijft de procedure voor semi-probabilistisch ontwerp en de daarin toe te passen partiële veiligheidsfactoren voor alle van belang zijnde stochastische variabelen.

3.4 Weerstand tegen verweking van het zand

Classificatie van zandlagen. De *soil type behaviour index* I_c volgens (Robertson & Wride, 1998) wordt gebruikt voor het bepalen van de grondsoort die aan een CPT meting is gekoppeld en voor correlaties met de *fines content*. De index wordt uit de conusweerstand en de wrijving berekend. Voor I_c waarden kleiner dan 2,05 mag schoon zand worden verondersteld. Bij I_c waarden tussen 2,05 en 3 is waarschijnlijk sprake van zand/klei overgangen. Deze afzettingen blijken ook lage genormaliseerde conusweerstanden te hebben.

De correlatie tussen de klei fractie (percentage klei lagen) en de gemeten conusweerstand en *soil type behaviour index* I_c voor de Groningse gelaagde afzettingen is nader onderzocht om een grenswaarde vast te stellen tussen zand en klei (Deltares, 2016c). Uit de analyse blijkt dat

er een redelijk duidelijke correlatie bestaat tussen I_c en de klei fractie. Ook blijkt dat een I_c boven de 3 wijst op een pure kleilaag. Dit wijkt af van de waarde van 2,6 die in de meeste literatuur hiervoor wordt genoemd.

Correcties voor zand/klei overgangen en gelaagde afzettingen. Op de overgangen tussen zand en klei wordt de in zand gemeten conusweerstand beïnvloed door de kleilaag aan bovenzijde en onderzijde. De dikte van dergelijke overgangszones is maximaal 0,2 m (Deltares, 2016c). Om deze reden wordt een correctie op de conusweerstand toegepast.

In de LPI screening kan de dunne laag correctie op twee wijzen worden toegepast:
- Volgens de aanbevelingen van NCEER (1997) en Moss et al. (2006). De correctie wordt toegepast op alle potentieel als zand aangemerkte datapunten (met I_c waarden kleiner dan 2,6).
- Door in de eerste en laatste 0,2 m van de zandlaag een conusweerstand en een wrijvingsgetal te hanteren die overeenkomen met het gemiddelde van de volgende/vorige 0,2 m. De correctie wordt toegepast op alle potentieel als zand aangemerkte datapunten in overgangszones (met I_c waarden tussen 2,05 en 2,6).

Uit vergelijking van de gecorrigeerde conusweerstanden zijn geen significante verschillen gebleken die de LPI screening significant beinvloeden.

In de bepaling van de weerstand tegen verweking in de dynamische gekoppelde effectieve spanningsanalyses wordt de dunne laag correctie toegepast volgens de aanbevelingen van NCEER (1997) en Moss et al. (2006).

Voor afzettingen van het *Tfsc* type, met regelmatige afwisseling van dunne zand en kleilaagjes, wordt de sterkte onder cyclische belasting niet afgeleid uit de conusweerstand maar uit laboratoriumproeven (Jongejan et al., 2017, appendix D).

Veiligheidsfactor tegen volledige verweking. Door de cyclische aardbevingsbelasting kan tijdelijke verweking ontstaan in losgepakte zandlagen. Verweekt zand gedraagt zich als drijfzand, dat het gewicht van de dijk niet meer kan dragen. De weerstand tegen verweking van het zand wordt bepaald:
- Uit de conusweerstand gemeten in sonderingen in afzettingen die bestaan uit zand of uit afwisselingen van zand met relatief dikke kleilagen, volgens Boulanger & Idriss (2014). Dit model is internationaal gangbaar. Het model is empirisch en gebaseerd op ervaringen met tektonische aardbevingen van verschillende magnitudes.
- Uit cyclische laboratoriumproeven op ongeroerde monsters uit afzettingen die bestaan uit een afwisseling van relatief dunne zand- en kleilaagjes, de zogenaamde gelamineerde wadzand afzettingen.

Representatieve waarde van de genormaliseerde conusweerstand. In de screening wordt de LPI bepaald op basis van alle data punten in de sondering met I_c kleiner dan 2,6.

De bepaling van de representatieve waarde van de conusweerstand en de weerstand tegen verweking voor de dynamische gekoppelde effectieve spanningsanalyses gebeurt volgens Jongejan et al. (2017), appendix G.

***Fines* toeslag**. De *fines* toeslag volgens Boulanger and Idriss (2014) wordt toegepast op de conusweerstand, met *CFC* = 0.

Magnitude Scaling Factor. De magnitude scaling factor volgens Boulanger and Idriss (2014) wordt gebruikt.

Correctiefactoren voor de verticale spanning K_σ en statische schuifspanning K_α. De factor K_σ brengt in rekening dat de verwekingsgevoeligheid toeneemt bij een hogere effectieve verticale spanning, en dezelfde relatieve schuifspanningsamplitude CSR. De factor K_σ wordt bepaald volgens (Idriss & Boulanger, 2014).

De correctiefactor voor de statische schuifspanning K_α brengt het effect van de statische schuifspanning op de verwekingsgevoeligheid in rekening. Deze parameter is van belang voor zand in taluds. De LPI screening wordt uitgevoerd op basis van de sonderingen aan de zeezijde van de dijk, waarbij een horizontaal maaiveld wordt verondersteld (α=0). Om deze reden wordt een waarde K_α =1 gehanteerd.

Correctiefactor voor de leeftijd van de afzettingen K_{DR}. De gegevens in de database van Idriss & Boulanger hebben grotendeels betrekking op holoceen zand en jonge zandaanvullingen. Het is aannemelijk dat de bepaling van de $CRR_{7.5}$ vooral wordt bepaald door opgebracht zand met een leeftijd van minder dan 200 jaar. De leeftijd van het pleistocene Boxtel zand is 20.000 jaar en de leeftijd van het pleistocene Peelo zand is 425.000 jaar. De grotere weerstand tegen verweken bij dergelijke hoge leeftijden is in diverse onderzoeken aangetoond, maar is (nog) niet in normen of leidraden opgenomen. De relaties tussen leeftijd en relatieve verwekingsweerstand volgens (Arango & Migues, 1996), (Hayati & Andrus, 2009) en (Green, Maurer, Bradley, Wotherspoon, & Cubrinovski, 2013) zijn vergeleken in (Deltares, 2016c). De relaties volgens (Hayati & Andrus, 2009) en (Green, Maurer, Bradley, Wotherspoon, & Cubrinovski, 2013) zijn vrijwel aan elkaar gelijk. Indien de Green & Maurer functie wordt verschoven zodat de K_{DR} waarde bij een leeftijd van 200 jaar gelijk wordt aan 1, is de waarde bij een leeftijd van 20.000 jaar gelijk aan 1,3.

Voor de relatief jonge holocene afzettingen wordt dient K_{DR}=1 aangehouden.

Voorgestelde uitgangspunten voor primaire keringen:

11 Een CPT datapunt wordt als zand geclassificeerd als de *soil type behaviour index* I_c volgens (Robertson & Wride, 1998) kleiner of gelijk is aan 2,6.

12 Rond discrete overgangszones zand/klei wordt over 0,2 m de conuswaarde in de zandlaag gecorrigeerd.

13 De weerstand tegen verweking wordt berekend op basis van:
- correlaties met sonderingen volgens Boulanger & Idriss (2014) in afzettingen die bestaan uit zand, al dan niet afgewisseld met relatief dikke kleilagen, waarin de I_c waarde kleiner is dan 2,05.
- cyclische laboratoriumproeven op ongeroerde monsters in afzettingen die bestaan uit een afwisseling van relatief dunne zand- en kleilaagjes, waarin de de I_c waarden tussen 2,05 en 2,6 liggen (afzettingen van het *Tfsc* type).

14 In de screening wordt de LPI bepaald op basis van alle data punten in de sondering met Ic kleiner dan of gelijk aan 2,6. Appendix G van Jongejan (2017) beschrijft de bepaling van de representatieve waarde van de conusweerstand en de weerstand tegen verweking voor de dynamische gekoppelde effectieve spanningsanalyses.

15 Op de genormaliseerde conusweerstand wordt een *fines* toeslag toegepast om te corrigeren voor het gunstige effect van het gehalte fijne fractie volgens Boulanger and Idriss (2014), met $CFC = 0$.

16 De magnitude scaling factor wordt bepaald volgens Boulanger and Idriss (2014).

17 De correctiefactor voor de verticale spanning K_σ en de correctiefactor voor statische schuifspanning K_α voor zand in taluds worden bepaald volgens Boulanger & Idriss (2014). In de LPI screening op basis van de sonderingen aan de zeezijde van de dijk wordt gerekend met $K_\alpha = 1$.

18 Voor de correctiefactor voor de leeftijd van de afzettingen K_{DR} wordt voor de relatief jonge holocene afzettingen een waarde 1 aangehouden, voor het pleistocene zand een waarde van 1,3.

4 Referenties

Arango, I., & Migues, R. (1996). *Investigation of the seismic liquefaction of old sand deposits.* Rep. on Research, Bechtel Corporation, National Science Foundation Grant No. CMS-94-16169.

Bommer, J., & Bourne, S. (2015). *Seismic Hazard Analysis for the Eemshaven-Delfzijl Sea Levee, a report prepared for NAM.*

Boulanger, R., & Idriss, I. (2014). *CPT and SPT based liquefaction triggering procedures.*

CUR. (1997). *Kansen in de Civiele Techniek, deel 1.* CUR.

Deltares. (2015e). *Aardbevingsbestendige waterkeringen, Opties voor een haalbaar en betaalbaar ontwerp, versie 3.* Deltares rapport nr. 1220173-002-GEO-0001-v3.

Deltares. (2016a). *Ontwerpuitgangspunten Hoogwaterbelasting Dijkversterking Eemshaven-Delfzijl.* Deltares rapport 1220173-005-GEO-0016.

Deltares. (2016b). *Seismisch Dijkontwerp, protocol voor Eemshaven-Delfzijl.* Deltares rapport nr. 1220173-024-GEO-0001.

Deltares. (2016c). *Vak 7 (km 30) - RT6500 - Comparison 1D and 2D analyses.* Deltares report 1220173-000-GEO-0014.

Deltares (2017). *LPI screening for the Eemshaven-Delfzijl levee*. Deltares report no. 1220173-024-GEO-0067, version 3.

ENW. (2014a, december 8). *Advies aardbevingsbestendige zeedijk Eemshaven – Delfzijl*. Kenmerk ENW-14-15. Retrieved from http://www.enwinfo.nl/images/pdf/adviezen-2014/ENW-14-15-Advies-WaterschapNoorderzijlvest-aardbevingsbestendige-zeedijk-Eemshaven-Delfzijl.pdf

Fugro (2017). *Evaluation of dynamic stability using code calibrated design parameters, Eemshaven-Delfzijl levee, The Netherlands*. 1 March 2017, contract no. 1016-0459-000, version 00.

Green, R. A., Maurer, B. W., Bradley, B. A., Wotherspoon, L., & Cubrinovski, M. (2013). *Implications from liquefaction observations in New Zealand for interpreting paleoliquefaction data in the central eastern United States.* U.S. Geological Society Final Technical Report Award No. G12AP20002.

Hashash, Y. M. (2015). *Deepsoil, Nonlinear and Equivalent Linear Seismic Site Response of One-Dimensional Soil Columns, version 6.1.* University of Illinois.

Hayati, H., & Andrus, R. (2009). *Updated Liquefaction Resistance Correction Factors for Aged Sands*. J. Geotech. Geoenviron. Eng., 135(11): 1683-1692.

ISO. (2013). *General principles on reliability for structures, stage 40.20.*

Iwasaki, T., Tatsuoka, F., Tokida, K., and Yasuda, S. (1978). *A practical method for assessing soil liquefaction potential based on case studies at various sites in Japan*. Proc., 2nd Int. Conf. on Microzonation, San Francisco, pp. 885−896.

Jongejan R.B., Chacko J., Giannakou A., Drosos V., Tasiopoulou P. (2017). *Code calibration for coupled, effective stress FEM-assessments of the primary flood defenses at Eemshaven-Delfzijl*. 28 February 2017.

KNMI. (2013). *Report on the expected PGV and PGA values for induced eartquakes in the Groningen area.*

KNMI. (2015, Oktober). *Probabilistic Seismic Hazard Analysis for Induced Earthquakes in Groningen; Update 2015.*

Maurer, B., Green, R., Cubrinovski, M., & Bradley, B. (2014). *Assessment of aging correction factors for liquefaction resistance at sites of recurrent liquefaction.* Tenth U.S. National Conference on Earthquake Engineering Frontiers of Earthquake Engineering.

Moss, R.E.S, Seed, R.B., Kayen, R.E., Stewart, J.P., Der Kiureghian, A. (2006). *CPT-Based Probabilistic Assessment of Seismic Soil Liquefaction Initiation*. Report no. 2005/15, Pacific Earthquake Engineering Research Center, Richmond CA.

NAM. (2015). *Hazard and Risk Assessment for Induced Seismicity in Groningen, Interim Update November 2015.*

NCEER (1997). *Proceedings of the NCEER Workshop on Evaluation of Liquefaction Resistance of Soils*.Technical Report No. NCEER-87-0022.

NEN. (2015). *NPR9998 - Beoordeling van de constructieve veiligheid van een gebouw bij nieuwbouw, verbouw en afkeuren - Grondslagen voor aardbevingsbelastingen: Geïnduceerde aardbevingen.*

Robertson, P., & Wride, C. (1998). *Evaluating cyclic liquefaction potential using the cone penetration test*. Canadian Geotechnical Journal, vol. 35, 442 - 459.

TAW. (1985). *Leidraad voor het ontwerpen van rivierdijken. Deel 1 – Bovenrivierengebied.*

TAW. (1989). *Leidraad voor het ontwerpen van rivierdijken. Deel 2 – Benedenrivierengebied.*

Kopie aan

Bert de Wolff (Waterschap NoorderzijlvesT), Geeralt van den Ham (Deltares)

A Expert workshop seismisch ontwerp: expert advies

Schiphol, 17-18 november 2016

December 3, 2016

Ms. Edith van Dijk
Principal Project Manager
Shell Global Solutions International BV

Dear Ms. Van Dijk:

This report describes the recommendations of the liquefaction expert panel engaged to review proposed protocols for evaluating the seismic stability of levees between Eemshaven and Delfzijl (E-D) in the Groningen region of the Netherlands. The recommendations are based on our reviews of documents provided to us in advance of the 17-18 November 2016 workshop, discussions held at the workshop, and discussions among the panel members following the workshop. We appreciated the clear presentations and frank discussions among the workshop participants, as they helped us to better understand the protocols that were being proposed. This understanding has allowed us to make some clear comments on the proposed protocols and to recommend a path forward.

This document provides a review and general comments on alternative approaches to evaluate the seismic stability of the E-D levee, and a recommended path forward. It does not present detailed or specific comments on the various documents we reviewed; such comments, if desired, can be compiled in a separate report.

Background
The process for evaluation of the stability of levees between Eemshaven and Delfzijl has been underway for some time. A great deal of subsurface exploration has taken place and has defined the major soil units within, underlying, and adjacent to the levees. The subsurface investigation has included extensive field and laboratory testing, and specialized laboratory testing of some of the unusual soils encountered in the investigations.

The levees are underlain by five main geologic formations. The Naaldwijk Formation extends from the original ground surface to depths of about 15 m, and consists of young, tidal and flood plain deposits including thinly interlayered loose to dense fine sands and soft to stiff silts and clays. The Naaldwijk Formation is underlain by the Nieuwkoop Formation, which consists of 0.5 m to 5 m thick layers of peat. The Naaldwijk and Nieuwkoop Formations are of Holocene age, and are underlain by Pleistocene sediments. The Boxtel Formation, comprised primarily of fine sands and silts, underlies the Naaldwijk and Nieuwkoop Formations. The Boxtel Formation is several to tens of meters thick at Eemshaven and generally less than 5 m thick and laterally discontinuous at Delfzijl. At Eemshaven, the Boxtel Formation is underlain by 3-5 m of fine to coarse sand with marine shells and shell fragments known as the Eem Formation. The Boxtel and Eem Formations are underlain all along the levee alignment by the Peelo Formation, a thick fluvio-glacial clay with some sand characterized by high penetration resistance. From the standpoint of seismic stability, the loose and soft Naaldwijk and Nieuwkoop soils are of primary concern, and particular attention is required for characterization of the interlayered Naaldwijk soils.

The levee sections vary at different locations. Near Eemshaven (km 37-38.7) the levees feature an old clay core on the landside. A short section (km 29-29.5) near Delfzijl is comprised of only sand. The great majority of the E-D levee, however, has a clay core on the outboard seaside of the levee. Many portions of the levees along the entire length from Eemshaven to Delfzijl contain loose, saturated sand that may be susceptible to liquefaction. The continuity of these sand layers is not always clear between individual explorations. Relatively thin, discontinuous pockets generally do not result in large, liquefaction-induced deformations, so the focus should be on sand layers of significant lateral continuity.

Subsurface investigations consisted of extensive cone penetration test (CPTu) soundings with various geophysical testing including shear wave velocity measurement, and gamma-gamma testing. A large number of borings were advanced with different types of sampling attempted; continuous sampling was performed in 74 Ackermann borings. Undisturbed samples were taken for consolidation, (static and cyclic) triaxial, and cyclic simple shear testing. Disturbed materials were tested for grain size characteristics, Atterberg limits, density, and water content. A recent investigation focused on collecting larger-diameter piston samples and Begeman samples of the interlayered Naaldwijk soils. These samples were then used for cyclic testing to help characterize the liquefaction resistance of these soils. An additional campaign of gel-push sampling was completed, but laboratory test results on these samples are not yet available.

Deltares Protocol

Deltares proposed a protocol for evaluating levee stability and the design of remedial measures, with the protocol based on a few different simplified models. The protocol involved: (a) performing one-dimensional site response analyses of different levee profiles (crest, landside, seaside) with PSHA-based ground motions to obtain cyclic stress ratios, (b) characterizing the cyclic resistance from the volumes of CPT data available for a given unit over stretches of levee, (c) using the maximum cyclic stress ratios of the three locations considered and a characteristic cyclic resistance to compute factors of safety against triggering of liquefaction, (d) using the lowest computed factors of safety to estimate pore pressure ratios – typically assuming pore pressure ratios of 1.0 for soils with factors of safety less than or equal to 1.0 and estimating excess pore pressure ratios in soils that did not liquefy from a laboratory test-based relationship, and (e) using the effective stresses corresponding to the computed pore pressure ratios to perform levee stability and settlement analyses. The stability analyses were to be performed using a displacement-compatible pseudo-static acceleration obtained by means of Newmark rigid sliding block analyses. The simplified models were incorporated in a framework that was described as being “semi-probabilistic.” The expert panel had comments on a number of components of the protocol, which were expressed verbally at the workshop and are repeated herein:

1. The use of the CPT for estimation of the liquefaction resistance of the soils along the E-D levee is considered appropriate for primarily sand layers of recognizable thickness. However, the in-situ characterization of the interlayered tidal deposits and the older Pleistocene deposits is challenging, regardless of the technique used. In particular the CPT resistance of thin layers that are not easily detected may not provide representative cyclic resistance values of these thin layers. Note that undisturbed sampling and laboratory testing of these deposits provides information on the liquefaction response of these soils, but there are also limitations with that approach (e.g., sample disturbance, load path, etc.). Nevertheless, the laboratory data represents the behavior of the Groningen soils themselves rather than empiricism imported from elsewhere under different geologic and tectonic conditions; the laboratory test results should be carefully compared with empirical case history-based results to estimate

liquefaction resistance. The laboratory tests performed to date show that for most interlayered materials, the direct use of the CPT penetration resistance in these deposits is conservative (i.e., use of penetration resistance with no corrections applied for layering to estimate liquefaction triggering resistance and post-liquefaction shear strength, and ignoring effects of mixing, during large deformations appears to be conservative). By contrast, the CPT tip resistances in the primarily sand layers typically show higher cyclic resistance than the laboratory test results.

2. Interpretations described as being “conservative” were introduced at different stages of the protocol. For example, a thin-layer correction factor of 1.8 is recommended, even though the best estimate value appears to be on the order of 3.0-3.5; the 33rd percentile CPT resistance of a volume of data which may include transitions from clay to sand in excessively thin layers is used for sand layers; treating the entire thickness of the interlayered materials as a single layer; ignoring fines corrections on the tip resistances of sand sub-layers within the interlayered deposits; and treating the lowest factor of safety over the height of a particular soil layer as being representative of the entire layer. The basis for, and degree of, the conservatisms were not described/quantified, so it is impossible to determine the probability associated with each. There was no indication of a consistent approach for making the conservative interpretations, and thus the degree of conservatism in each must be considered to be both unknown and inconsistent.
3. The conservative interpretations were applied to components of the stability evaluation process that built upon each other; thus, the results from the protocol will be affected by a compounding of conservatisms that will likely induce a conservative bias of unknown degree. This is inconsistent with a probabilistic (or semi-probabilistic) approach to evaluating the levee stability. The protocol would appear to estimate uncertainties about a biased mean or median estimate. In some cases the averaging of properties and strata, or ignoring where CPT data are representative, can result in misleading conclusions regarding the liquefaction resistance of the unit, and subsequently, the potential for liquefaction-induced deformations.
4. The relationship proposed to predict excess pore pressures from factor of safety is dated and very approximate. It is expected to provide, at best, a crude estimate of induced pore pressure for soils that do not liquefy. Other procedures that yield more accurate predictions of pore pressure are available.We believe it is more appropriate to use modern coupled-effective stress approaches for realistic evaluations of stability.
5. The sliding block analysis, in which a potentially unstable mass of soil is assumed to exhibit rigid-perfectly plastic behavior, is not applicable to stability evaluations involving significant amounts of liquefiable soil. The behavior of liquefiable soils subjected to cyclic loading is extremely complex and very different than that assumed in sliding block analyses; consequently displacement predictions based on that method are unreliable. The inability of the sliding block model to capture the complex mobilization of shearing resistance in liquefiable soils and its inability to model the actual mechanism(s) causing permanent deformations of the Groningen levees are significant factors. Given these limitations, the use of such a procedure to assess a critical yield acceleration is unreliable.
6. The proposed stability analyses are performed using effective stress strength parameters for both coarse- and fine-grained soils, and use estimated effective stresses at the end of shaking to compute shear strengths. This approach ignores the contributions of dilatancy to the shear strength of coarse-grained soils, and implies that drained strengths will be used for both coarse- and fine-grained soils. The effective stress at the end of shaking in coarse-grained soils is not the effective stress that would exist at failure – depending on their state, coarse-grained soils will tend to dilate (or

contract, if very loose) as they are sheared which will lead to changes in effective stress and shear strength as shearing progresses. Fine-grained soils have very low permeability, and would almost certainly be loaded under undrained conditions during and shortly after earthquake shaking. Since they are not heavily overconsolidated, the clays at the Groningen levee site would be expected to generate positive pore pressures that would cause their shear strength to be lower than the strength implied by drained loading. These pore pressures are most easily accounted for by using total stress (undrained) strengths in the short-term, total stress stability analyses.

On the basis of these comments, the expert panel judged the proposed Deltares protocol to be unsuitable for evaluation of the seismic stability of the levees, and for design of remedial measures. Some elements of the protocol could, after modification, be useful as part of a screening analysis to identify portions of the levee where liquefaction effects are likely to be more severe.

Fugro Effective Stress Analyses

Fugro reported on their interpretation of field and laboratory tests and presented the results of an extensive series of nonlinear, effective stress, finite difference analyses of two levee sections – one near Eemshaven and the other near Delfzijl. The field and laboratory test results were clearly presented and discussed. The interpretation of the test results appeared to be generally appropriate, although several comments are noted below. They described their numerical models of the two levee sections and the results of their analyses of the sections when subjected to different input motions developed from a PSHA and deterministic site response analyses.

1. Properly performed, nonlinear, effective stress analyses are suitable, and in fact preferred, for critical projects such as evaluation of the seismic stability of the Groningen levees. Effective stress analyses allow consideration of site-specific geometry/material behavior and interaction of modeled sites with specific ground motions. They also allow the identification of realistic deformation mechanisms without the constraints associated with many simplified methods of analysis. They require good site characterization and validated constitutive models – validation should be based on ability to represent material behavior at the element level, observed in high-quality laboratory tests, and also system level behavior of sites observed in well-documented field case histories and physical model tests. The levee response will likely be highly nonlinear and can be sensitive to constitutive model characteristics and numerical integration schemes. Multiple, redundant analyses should be performed for critical projects – using as a minimum different constitutive models and, where necessary, different numerical codes.
2. Dynamic effective stress analyses have developed to the point where they can provide useful indications of the performance of systems affected by liquefiable soils. However, they are very time-consuming and should therefore be performed only on levee sections at locations deemed to have significant potential for liquefaction-related damage.
3. With well-calibrated and validated constitutive models embedded in reliable numerical tools, dynamic effective stress analyses using multiple input motions can provide an indication of the range of expected levels of performance. They also allow evaluation of the sensitivity of response to various input parameters and modeling assumptions. It will be important, however, to recognize potential uncertainties in constitutive models and numerical analyses. For critical projects, parallel analyses should be performed using different constitutive models and different numerical tools. FLAC with UBCsand and PM4sand are good, but these analyses should be supplemented by parallel check

analyses using a different computational tool, e.g., OpenSees with PDMY model or FLIP with cocktail glass model.

4. The results of the Fugro numerical analyses included sensitivity analyses that help identify the most influential variables affecting levee crest settlement. They do not, however, address the uncertainty in crest settlement, which is necessary in order to properly characterize stability hazards given the requirements of limiting failure to a probability related to the high-water flooding probability. Procedures for estimating the distribution of crest settlement are required.

General Comments

A number of general comments came up during discussions during and following the workshop. These comments relate to the seismic stability evaluation, but relate to broader issues than the approaches pursued by Deltares and Fugro.

1. Performance standards should be explicitly identified, on a location-specific basis if necessary. Various documents have described performance requirements in terms of crest settlement (using values ranging from 0.10 m to 1.0 m) and in terms of allowable flooding probabilities. The standards should be stated in clear, unambiguous terms so that they are clearly understood by everyone performing and reviewing the levee stability evaluation. We understand that the performance criteria are to be expressed probabilistically, i.e., relative to the probability of flooding under high-water conditions. This type of criterion requires characterization of uncertainty in the seismic performance evaluation.
2. The impacts of repair methods on normal operation of levees and on performance during other extreme loading conditions must be considered when evaluating the need for, or selecting between alternative retrofits. For example, the use of an impermeable structural wall (e.g., a sheet pile wall) on the landside of the levee could cause the water level within the levee to rise during storm events and potentially reduce the stability of the levee under these conditions. Similarly, the use of anchors between parallel rows of bulkheads may increase the risk of piping. Preparedness for emergency situations (quick restoration) is also important.
3. Empirical relationships based on data from many soils under many different conditions can be very useful for estimating soil properties and their variation with in-situ conditions. However, they may not account for site-specific conditions in the way that laboratory tests on undisturbed samples from the site of interest can. Careful attention should be paid to the integration of site-specific data with data from empirical relationships to ensure that pertinent site-specific soil characteristics are properly accounted for.
4. While the use of probabilistic methods often provides guidance and improved decision making, this is only the case where the available data and geotechnical analyses are sufficiently developed to meaningfully capture the uncertainties and the full range of scenarios can be properly analyzed. For example, soil samples from the same site and the same depth may exhibit different behaviors during laboratory tests but we do not definitively know whether the differences are random, due to sample disturbance, heterogeneity of in-situ ground, etc. The results of probabilistic approaches should be checked by deterministic evaluations using reliable analytical models and reasonably conservative design parameters.

Recommendations

The Groningen levees span a considerable distance with variable soil conditions over their length. A great deal of effort has been expended in field and laboratory investigations of the properties of the soils that underlie the levees, and a great deal of effort will be required to

identify seismically vulnerable portions of the levee, and to design remedial measures for those portions. In the interests of both cost and time, it will be necessary to adopt an efficient approach to the seismic stability evaluation. We recommend that the seismic stability evaluation consist of two phases, a preliminary screening phase and a detailed analysis phase.

1. In the first phase, simplified procedures based on available CPT data should be used to estimate the potential liquefaction severity at each point where CPT data is available. The actual, best-estimate CPT data (rather than a percentile value from data aggregated over a large volume) should be used in these analyses. In addition to evaluations of factors of safety at each CPT location, we recommend that liquefaction severity be characterized using the Liquefaction Potential Index (LPI). Where the initially estimated liquefaction severity is significant, careful evaluation of the data should be conducted to confirm if the basic CPT data are representative of the resistance of the unit, whether detailed investigation is warranted for the vulnerable layers, or whether alternative sources such as laboratory test data should be used to evaluate liquefaction triggering.
2. If the Phase 1 analyses show a significant risk of liquefaction-related damage, a secondary phase involving detailed, nonlinear, effective stress analysis of levee sections that do not pass the preliminary screening should be initiated. In such cases, we recommend an approach based on two-dimensional, nonlinear, effective stress response analyses. Analyses should use multiple codes with multiple constitutive models to represent model uncertainty. Sensitivity analyses should be performed to identify important variables and compute uncertainty in crest settlement using simple methods such as point estimation, FOSM, or FORM – these ultimately would predict the distribution of crest settlement conditional upon a ground motion level (Sa [T], PGA, $PGA_{7.5}$, etc.).

The results of these analyses can be presented in the form of crest settlement fragility curves, which could then be convolved with PGA or PGA7.5 hazard curves to obtain crest settlement hazard curves – the design of remedial measures could then be based on allowable crest settlement for some design return period. The crest settlement hazard curve could also be interpreted in terms of the mean annual probability of exceeding various levels of crest settlement.

An immediate action that will expedite the implementation of the two-phase protocol includes performing a detailed, nonlinear, effective stress analysis parametric study of the two levee sections that were already analyzed, using motions scaled to increasing amplitudes. The results of this parametric study will help determine the threshold LPI value for intolerable levee deformations. The study should also help confirm the selection of LPI as a screening tool and guide the selection of threshold LPI values for triggering more sophisticated analyses.

Summary
We appreciate the opportunity to collect our thoughts and impressions and present them in the form of comments and recommendations that represent the consensus of the liquefaction expert panel. We believe that the phased approach described in this report provides a logical, methodical, and efficient path toward evaluation of seismic stability of the levees and toward design of any required improvements to them. We would be happy to answer any questions that you or others have about the comments and recommendations presented herein.

Sincerely,

Jacob Chacko
Russell A. Green
Steven L. Kramer
Ikuo Towhata

B Review letter prof. Kramer

STEVEN L. KRAMER, PH.D.
Consulting Engineer

5141 189th Avenue NE
Sammamish, WA 98074
(425) 836-4754

March 1, 2017

Dr. Mattijs de Mooij
Advisor
Nationaal Coördinator Groningen
Paterswoldseweg 1, 9726 BA
Groningen, Postbus 3006
9701 DA Groningen

Dear Dr. de Mooij,

I am writing to present my conclusions regarding the reports regarding seismic stability evaluations for the Eemshaven-Delfzijl levees that I have reviewed in draft form over the past several weeks. My reviews included the report on liquefaction potential index (LPI) screening analyses prepared by Deltares and the code calibration report prepared by Fugro. The code calibration report made use of two-dimensional, nonlinear dynamic analyses that I also reviewed.

I found the Deltares report on the LPI screening analyses to present the results of the screening analyses clearly and accurately. The analyses were based on soil conditions interpreted reasonably from the results of an extensive subsurface investigation program, and on ground motion hazards characterized by a state-of-the-art probabilistic seismic hazard analysis. I believe that the LPI screening analyses have identified the locations along the levee that are most likely to experience significant crest settlements, and have flagged those locations for more detailed analyses.

The detailed analyses used in the code calibration process described in the Fugro report included two-dimensional, nonlinear effective stress site response analyses performed using the finite difference code, FLAC. These analyses appear to have been performed with a high level of care and detail, and their results have been used to characterize the relationship between crest settlement and the various loading, material, and geometric parameters that affect it. The Fugro team also performed innovative analyses that helped characterize the behavior of the complex interlayered soils of Unit 8, which were critical to the evaluation of seismic stability.
I also reviewed and commented upon various aspects of the code calibration portion of the Fugro report. Reliability analyses and the requirements of the Dutch codes are beyond my area of technical expertise so my comments related primarily to the clarity and consistency of the descriptions of those analyses.

It has been a pleasure to work with you and the other professionals investigating the seismic stability of the Eemshaven-Delfzijl levees. I trust that this letter provides the information you require at this time. Please do not hesitate to contact me if you have any questions.

Sincerely,

Steven L. Kramer
Consulting Engineer

C Review letter dr. Calle

E.O.F Calle
Adviseur Waterveiligheid
Nesciohove 26
2726BH Zoetermeer
mob.: 0650202068

Zoetermeer, 3 Maart 2017.

Aan de heer drs. Mattijs de Mooij,
Adviseur, Nationaal Coördinator Groningen
Postbus 3006,
9701DA Groningen

Betr. Review Deltares Rapport

Geachte heer De Mooij,

Hiermee deel ik u de bevindingen mee van mijn review van het rapport:

Code calibration for coupled, effective stress FEM-assessments of the primary flood defenses at Eemshaven-Delfzijl

Auteurs: Ruben Jongejan (Jongejan RMC), Jacob Chacko (Fugro), Amalia Giannaku (Fugro) en Vasileos Drossos (Fugro).

Het rapport bevat componenten op het gebied van seismische technieken voor dammen (en dijken) en componenten op het gebied van de probabilistische veiligheidsfilosofie van dijken (waterkeringen) in Nederland. Bij de review heb ik me hoofdzakelijk gericht op de veiligheidsfilosofie en hieraan gerelateerde probabilistische betrouwbaarheidsanalyses. Dit omdat seismiek niet tot mijn expertise behoort en ook omdat seismische aspecten door internationaal erkende vakspecialisten werden (en deels al waren) gereviewd. Hierbij heb ik alleen gekeken naar de helderheid en consistentie van de beschrijvingen.

Het hoofdprobleem in het rapport betreft het optuigen van een methode voor het afleiden van aan te houden rekenwaarden van belasting- en sterkteparameters bij het ontwerpen van aardbevingsbestendige dijken, met behulp van de door Fugro ontwikkelde methode, gebaseerd op dynamische numerieke-analyses om de stabiliteit en kruindaling van aarden dammen tijdens en na aardbevingen te berekenen. Die ontwerpen moeten zodanig zijn dat dijken voldoen aan de in de Nederlandse wet vastgelegde veiligheidsnormen, in termen van nog net acceptabel kleine overstromingskansen (doorbraakkansen) in de zogenoemde normtrajecten van de primaire waterkeringen.

De reeks interpretatie/vertaal-slagen die hiervoor doorlopen moet worden, namelijk van "trajectkansen" → "toelaatbare bijdragen door de verschillende potentiële faalmechanismen" → "toelaatbare doorbraakkansen per faalmechanisme per dwarsdoorsnede" en, ten slotte, de vertaling van de laatste naar een rekenvoorschrift (karakteristieke waarden en partiële veiligheidsfactoren voor de rekenmodellen waarmee de veiligheid tegen een falen door een aardbeving wordt geverifieerd, is in het document helder beschreven.

De gekozen opzetten bij de vertaalslagen zijn conform geaccepteerde inzichten en uitgangspunten op het gebied van de probabilistische veiligheidsfilosofie voor de hoogwaterbescherming in Nederland, zoals beschreven in de Leidraad Grondslagen voor Waterveiligheid en andere leidraden van het ENW (Expertise Netwerk Waterveiligheid). Bij de vertaalslagen is gezocht naar optimale, maar nog wel voldoende veilige, aannamen om onnodig conservatisme in de beoogde ontwerpregels te vermijden. De aanpak is "State of the Art".

Gegeven de tijdsdruk op het project zijn voor de review conceptversies van het rapport van 15 en 24 februari 2017 gebruikt. In deze conceptversies is via kantlijnopmerkingen en "track changes" commentaar gegeven. In de versie van 28 februari is dit commentaar verwerkt; dit is wat mij betreft akkoord.

Mocht u nog vragen hebben, dan zal ik die graag, voor zover dat binnen mijn bereik ligt, beantwoorden.

Met vriendelijke groet,

Ed Calle

D Rapport 'Code calibration for coupled, effective stress FEM-assessments of the primary flood defenses at Eemshaven-Delfzijl' (Jongejan et al., 2017)

Code calibration for coupled, effective stress FEM-assessments of the primary flood defenses at Eemshaven-Delfzijl

Final report

28 February 2017

Authors:
Ruben Jongejan (RMC)
Jacob Chacko (Fugro)
Amalia Giannakou (Fugro)
Vasileios Drosos (Fugro)
Panagiota Tasiopoulou (Fugro)

Table of contents

1 Introduction 1

2 Flood protection standards and code calibration 2

3 Proposed code calibration procedure and action items 5

4 Action item 1: characterize uncertainties 7
- 4.1 Spectral acceleration (T=0.85s) at Top of Bedrock NSUB (SA_{NSUB}) 7
- 4.2 Spectral acceleration (T=0.85s) at Base of 2D Numerical Models (SA_{model_base}) 9
- 4.3 $CRR_{M=7.5}$ in sand deposits 11
- 4.4 $CRR_{M=5.0}$ in laminated deposits 11
- 4.5 Uncertainty related to residual strength ($\varepsilon_{Su/p'}$) 12
- 4.6 Model Uncertainty (ε_M) 13
- 4.7 Uncertainties related to motion characteristics 14
- 4.8 Overview of stochastic variables 15

5 Action item 2: FORM analyses using the simplified liquefaction procedure 17
- 5.1 Limit state function 17
- 5.2 Input of probabilistic analyses 18
- 5.3 Results of FORM-analyses 18
- 5.4 Discussion 19

6 Action item 3: FORM analyses using the 2D effective stress model 20
- 6.1 Limit state function 20
- 6.2 Input of probabilistic analyses 20
- 6.3 Results of FORM-analyses 21
- 6.4 Discussion 23

7 Action item 4: Revisiting the length effect 24
- 7.1 Introduction: cross-sectional and system-level reliability assessments 24
- 7.2 The length effect and cross-sectional target reliabilities 27
- 7.3 Characterizing the length effect: the parameter a 29
- 7.4 Characterizing the length effect: the parameter b 29
  - 7.4.1 Theory 29
  - 7.4.2 Sensitivity analyses 30
  - 7.4.3 Comparison with earthquake damage observations to embankments 32
  - 7.4.4 Proposed b-value 35
- 7.5 Updated cross-sectional target reliabilities 36

8 Action item 5: Synthesis 37
- 8.1 From calculated FORM-influence coefficients and target reliabilities to design values 37
- 8.2 Uncertainty related to motions 39
- 8.3 Uncertainty related to stratigraphy 39
- 8.4 Sea level (load combination) 39

References 40

Appendix A First Order Reliability Method (FORM) 42

Appendix B Design point values 45

Appendix C Uncertainty in site response analysis up to the model base 46

Appendix D Cyclic Resistance of Laminated Deposits 50

Appendix E Residual strength 66

Appendix F Model uncertainty 68

Appendix G Volume effects 71

Appendix H Uncertainty related to motions 79

Appendix I Results of FORM-analyses for the 2D finite elements model 84

Appendix J Sensitivity analyses on design sea water level 90

1 Introduction

This document concerns the derivation of design values for use with the assessment method developed by Fugro for the primary flood defenses at Eemshaven-Delfzijl (Fugro 2016a; Fugro 2016b). This method involves:

1. A fully coupled, dynamic, effective stress co-seismic analysis, in which displacements are calculated with dynamic FEM-calculations while excess pore pressures are being generated.
2. A static post-seismic analysis, in which residual displacements are calculated with the excess pore pressures and deformations at the end of shaking as a starting point.

This document presents the results of a code calibration study for the abovementioned numerical analyses. It also provides background information about the Dutch flood protection standards and code calibration studies in general. The code calibrated assessment procedure is summarized in chapter 8.

The code calibration assessment procedure has been developed for assessing the seismic stability of the Eemshaven-Delfzijl sea dikes. For other applications, such as for regional flood defenses, it is recommended to verify the applicability of the design values presented herein with probabilistic analyses.

2 Flood protection standards and code calibration

The Dutch flood protection standards are defined in terms of maximum allowable probabilities of flooding. The maximum allowable probabilities of flooding range from 1/100 per year to 1/100,000 per year. The Eemshaven-Delfzijl project covers parts of two different segments: segment 6-6 with a standard of 1/1,000 per year and segment 6-7 with a standard of 1/3,000 per year (Figure 1).

Figure 1. Overview of segments in the Flood Protection Act (in Dutch: Waterwet).

There are essentially two approaches for assessing whether a flood defense complies with a flood protection standard:

1. Probabilistic (using e.g. Monte Carlo, FORM)
2. Semi-probabilistic (design value or partial factor approach)

While the outcomes of probabilistic analyses can be compared directly to reliability requirements, most engineers are unfamiliar with probabilistic methods. Probabilistic analyses can also be prohibitively time consuming, which is the case for the model considered herein. A semi-probabilistic procedure is essentially an approximate procedure for evaluating whether a probability of flooding is smaller than required by law.

Probabilistic and semi-probabilistic safety assessments are closely related. Both rely on the same reliability requirements, the same limit state functions and the same probability distributions of stochastic variables. The only difference concerns the fact that a semi-probabilistic approach rests on a number of simplifications and approximations, giving it the appearance of a deterministic procedure.

In probabilistic safety assessments, analysts consider the probability that the ultimate limit state is exceeded, i.e. that load (S) exceeds resistance (R). The failure probability, P(S>R), should not exceed some maximum allowable or target probability of failure (P_T).

In semi-probabilistic assessments, analysts consider the difference between the design values of load (S_d) and strength (R_d): S_d should not exceed R_d. Design values are representative values such as 5th or 95th quantile values or 1/10.000 yr^{-1} water levels, factored with partial safety factors, see equations (1) and (2). Note that the

definitions from the Eurocode have been adopted here, similar terms may have different meanings in other codes.

$$S_d = S_{rep} \cdot \gamma_S \quad (1)$$

$$R_d = R_{rep} / \gamma_R \quad (2)$$

Where:

S_d	Design value of uncertain load variable
R_d	Design value of uncertain resistance variable
γ_S, γ_R	Partial factors

Design values, and hence (partial) safety factors, should be defined in such a manner that $S_d \leq R_d$ implies that the probability of failure meets the reliability requirement: $P(S>R) \leq P_T$. The relationship between probabilistic and semi-probability safety assessments is illustrated in Figure 2.

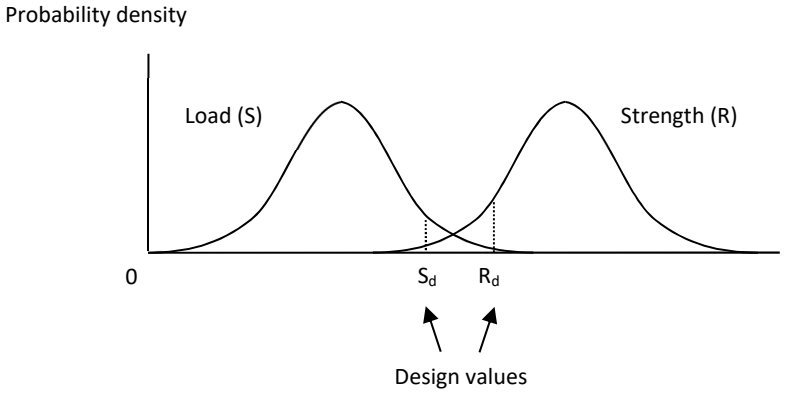


Figure 2. The probability density functions of load (S) and strength (R), and the design values of load and strength (S_d) and (R_d).

A close link between probabilistic and semi-probabilistic assessments can be achieved by equating the design values of the different stochastic variables to their design point values (see Figure 3 for a graphical representation):

$$X_d = F_X^{-1}(\Phi(-\alpha_X \cdot \beta_T)) \quad (3)$$

Where:

$F_X^{-1}(\cdot)$	Inverse of the cumulative distribution function of stochastic variable X
X_d	Design value of stochastic variable X
β_T	Target reliability index, which equals $\Phi(1-P_T)$
α_X	Influence coefficient for stochastic variable X

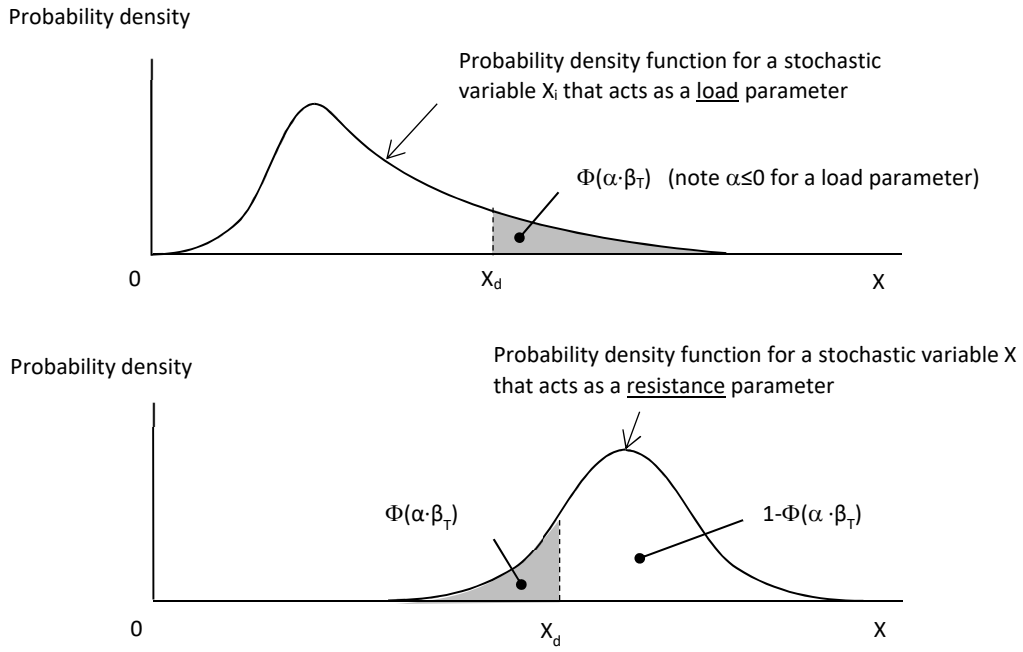


Figure 3. The design point values of stochastic load and resistance variables and their probabilities of exceedance.

For a normally distributed stochastic variable, equation (3) yields:

$$X_d = \mu_X - \alpha_X \cdot \beta_T \cdot \sigma_X \quad (4)$$

Where:

μ_X Mean value of the normally distributed variable X

σ_X Standard deviation of the normally distributed variable X

The above shows that a code calibration essentially revolves around:

1. the specification of appropriate target reliabilities and
2. the specification of appropriate influence coefficients.

NB1

In principle, there is no objection to extending the fully probabilistic PSHA to a fully probabilistic system-level reliability analysis. The reason for not doing so and opting for a semi-probabilistic approach is purely pragmatic.

NB2

The Dutch flood protection standards (2017 onwards) say nothing about the loads that primary flood defenses should be able to withstand. Without code calibration, appropriate design loads would remain unspecified. The same goes for resistance.

NB3

The terms “load” and “demand” are used as synonyms throughout this document. The same goes for “resistance” and “capacity”. While the terms “load” and “resistance” are commonly used in hydraulic engineering, the terms “demand” and “capacity” appear to be more common in earthquake engineering.

NB4

The fact that PSHAs are fully probabilistic and the fact that e.g. Boulanger & Idriss (2014) and Green et al. (2016) have characterized the uncertainties related to liquefaction triggering relationships by probability distributions shows that probabilistic concepts and techniques are already quite common in earthquake engineering. This has made it easier to relate earthquake models (for demand and capacity) to probabilistic standards.

3 Proposed code calibration procedure and action items

An overview of the steps taken to arrive at a calibrated semi-probabilistic assessment rule is given below.

Action item		Description	Objective
1	Characterize the uncertainties related to the input and output of the Fugro model (i.e. coupled, effective stress FEM)	1. Specify which variables should be treated as deterministic or stochastic 2. Specify distributions for the different stochastic variables 3. Describe the decay of spatial correlation for the different stochastic variables, or -as a first step- describe qualitatively what an (uncertain) realization of each individual stochastic variable could look like 4. Specify the meaning of the design values that are typically used in reliability analyses (e.g. the $CRR_{7,5,1atm}$-curve in B&I2014 rests on the 16% quantile value of an error term) On the basis of the results of the abovementioned steps, it will be possible to give an indication of the level of conservatism in the calculations presented by Fugro at the expert meeting and, hence, the direction of the outcomes of the code calibration exercise. This will be for useful decision making and/or for managing expectations.	Define the input of subsequent analyses Give an early impression of the level of conservatism in previous analyses
2	Derive (preliminary) estimates of design values from a probabilistic analysis using the simplified liquefaction procedure and the uncertainties specified by e.g. Green et al. (2016)	1. Specify the limit state function 2. Specify the uncertainties 3. Carry out a series of FORM analysis to “get a feel” for likely design point values. These can be used as input (starting point) for a FORM-analysis using the Fugro model (action item 3) and for informing the final choice of design values (action item 4). NB: Liquefaction triggering is a necessary but insufficient condition for failure of the Eemshaven-Delfzijl primary flood defense. This means that the limit state function considered here cannot be used as a basis for limit state design or safety assessments. This action item merely serves to put the results of more advanced analyses (action item 3) into perspective.	Get a feel for influence coefficients
3	FORM analysis using the Fugro model	1. Select start values for the first FORM iteration (design point estimate) 2. Compute partial derivatives 3. Normalize stochastic variables 4. Calculate estimate of the design point 5. Iterate (successive substitution)	Get a feel for influence coefficients
4	Revisit previous assumptions concerning the length effect	The cross sectional reliability requirement depends on (1) the flood protection standard, (2) the allowable contribution of slope instability to the probability of flooding, (3) a probability of flooding given severe earthquake damage and (4) a length effect factor. The length effect factor will be re-evaluated on the basis of (1) the results of the screening exercise and (2) a probabilistic analysis using the outcrossing method. The outcomes of the latter analysis depends on (1) the influence coefficients of the different stochastic variables and (2) their autocorrelation functions. This means there is a link with action items 1 to 3.	Define cross-sectional target reliabilities

5	Make an informed decision about design values	On the basis of the results of the abovementioned actions: decide on appropriate design values.	Establish design values on the basis of influence coefficients and target reliabilities (decision informed by results from action items above)

4 Action item 1: characterize uncertainties

The following stochastic variables were considered in the FORM-analyses with the FE-model:

1. The seismic demand at the base of the 2D numerical models (SA_{model_base}). The distribution of this stochastic variable rests on a convolution of the uncertainty related to the acceleration at the North Sea Upper Base and the uncertainty in the site response up to the base of the model.
2. The cyclic resistance ratio (CRR) of sand deposits
3. The cyclic resistance ratio of laminated deposits
4. The uncertainty related to residual strength ($\varepsilon_{Su/p'}$)
5. Model uncertainty (ε_M)

Two other important sources of uncertainty are:

1. The uncertainty related to stratification in the top 30 meters.
2. The uncertainty related to the characteristics of spectrally matched motions.

Each probabilistic analyses has been carried out for a given stratigraphy and a given motion. The uncertainty related to stratification can be dealt with by carrying out sensitivity analyses and (if needed) by combining the results of the assessments for the different stratifications with their probabilities (see ENW 2012). The same applies to the uncertainty related to motions, see section 4.7.

The five stochastic variables mentioned above are believed to be the most important ones in a probabilistic analysis for a given stratigraphy (top 30m) and a given motion. The fact that all other variables have been treated as deterministic is conservative within the present context. This is because this leads to a (slight) overestimation of the relative importance of the uncertainty related to the abovementioned stochastic variables, leading to more conservative design values for these variables.

4.1 Spectral acceleration (T=0.85s) at Top of Bedrock NSUB (SA_{NSUB})

The spectral period of 0.85 s has been selected as being representative of seismic demand in the FORM analyses with the FE model FE since:

a. it is near the fundamental period of the 1D soil column that extends from top of bedrock (at about -350 m depth) to the ground surface; and
b. it is near the fundamental period of the 2D numerical models.

The hazard curve of the spectral acceleration at the top of bedrock (NSUB) for a spectral period T=0.85s provided by KNMI has been approximated with a lognormal distribution (Figure 4 and Figure 5). Since the hazard curves at Eemshaven and Delfzijl locations are different, different lognormal distributions are used to approximate the hazard curves at top of bedrock for these locations.

Care was taken so that the fitted lognormal distribution is closest to the target curve around the design point. FORM analyses results indicate that the exceedance probability of the design point value of SA(0.85) is smaller than 1/1000 per year (i.e.: >1000 year return period). The difference of between the lognormal fit and the target curve at exceedance probabilities greater than 1/1000 per year (i.e. <1000 year return periods) does not influence results of the FORM-analysis.

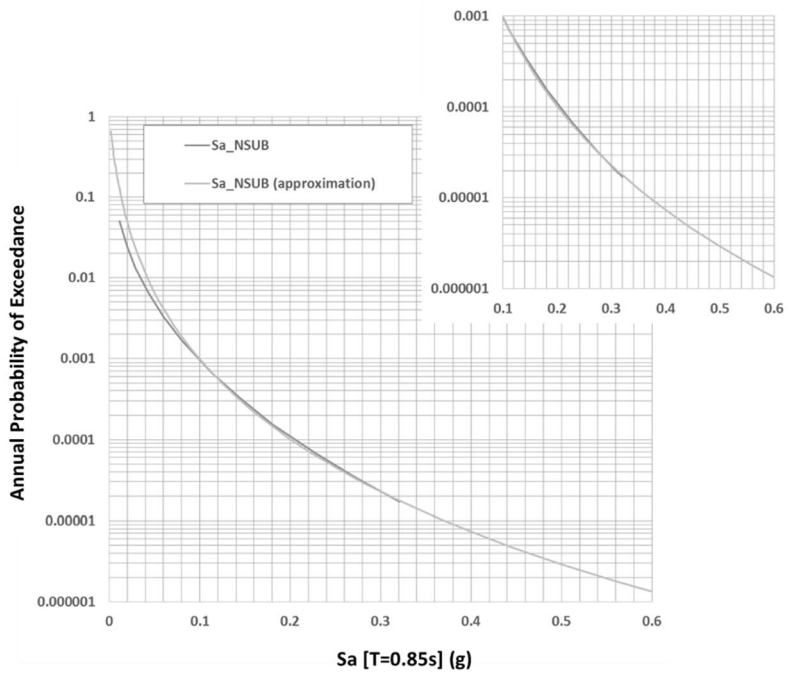


Figure 4. Spectral acceleration (T=0.85s) hazard curve at the top of bedrock at Eemshaven and approximation with a lognormal distribution [hazard curve provided by KNMI]. Lognormal distribution with $\mu_{ln(SA)}$ = -5.77 and $\sigma_{ln(SA)}$ = 1.12.

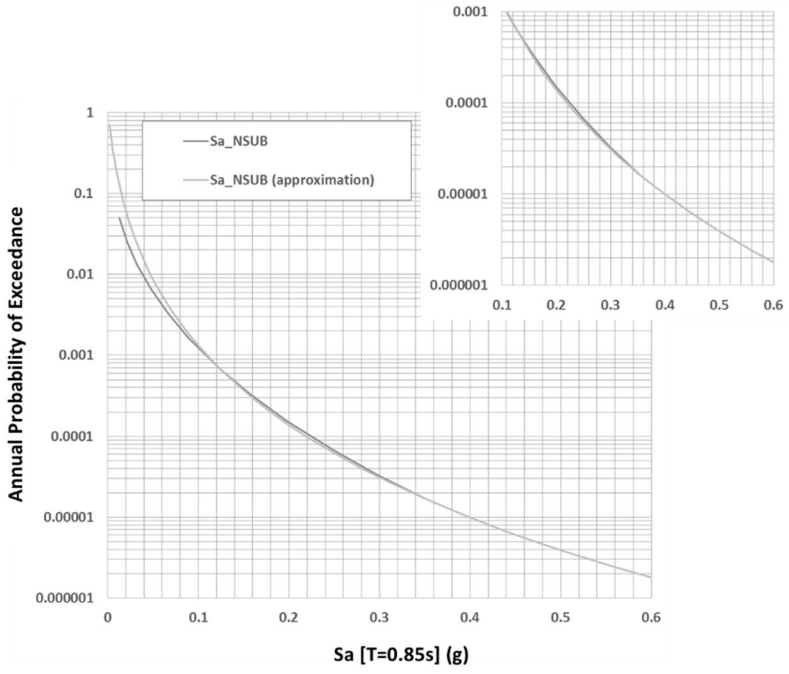


Figure 5. Spectral acceleration (T=0.85s) hazard curve at the top of bedrock at Delfzijl and approximation with a lognormal distribution [hazard curve provided by KNMI]. Lognormal distribution with $\mu_{ln(SA)}$ = -5.61 and $\sigma_{ln(SA)}$ = 1.10.

The mean and standard deviations of the lognormal distributions used to approximate the hazard curves at the top of bedrock are summarized in Table 1.

4.2 Spectral acceleration (T=0.85s) at Base of 2D Numerical Models (SA_{model_base})

The hazard curve of the spectral acceleration at base of the numerical model for a spectral period T=0.85s (i.e. NAP -30 m for Eemshaven and NAP-20m for Delfzijl, see Appendix C) is estimated following the procedure by Bazzurro and Cornell (2004) and Stewart et al. (2014) by a convolution of the hazard curve at top of bedrock (SA_{NSUB}) with the probability distribution of the site amplification factor described in Appendix C (Figure 6). Monte Carlo simulations were also performed for the convolution of the bedrock hazard curve and the site amplification probability distribution and similar results were obtained. The hazard curves of the spectral acceleration at the base of the numerical models (SA_{model_base}) for a spectral period T=0.85s was approximated with a lognormal distribution (Figure 7 and Figure 8). The mean and standard deviations of the lognormal distributions used to approximate the hazard curves at the base of the numerical models are summarized in Table 1.

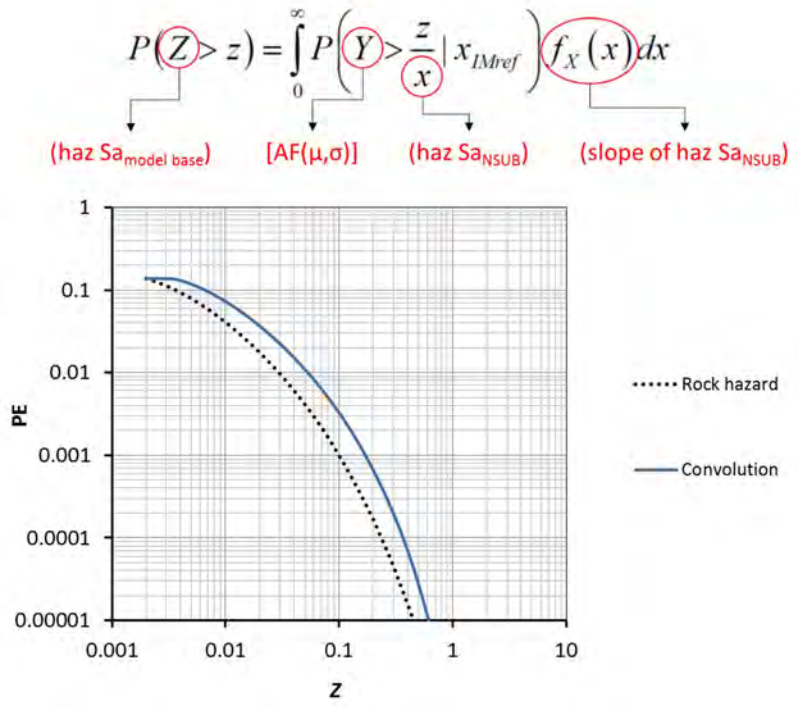


Figure 6. Example convolution results of rock hazard curve and probability distribution of site amplification factors (Stewart et al. 2014).

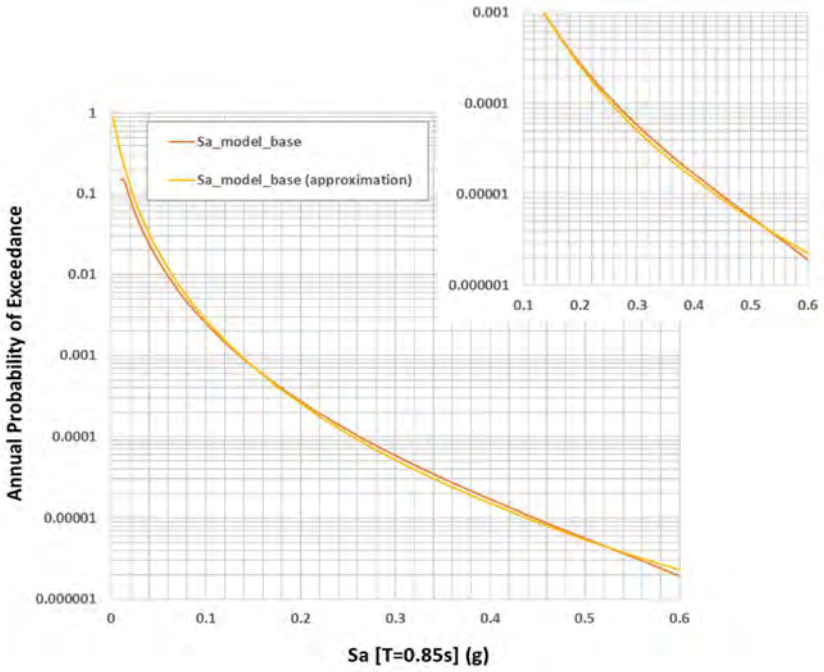


Figure 7. Convolved spectral acceleration (T=0.85s) hazard curve at the base of 2D model at Eemshaven and approximation with a lognormal distribution. Lognormal distribution with $\mu_{ln(SA)}$ = -5.05 and $\sigma_{ln(SA)}$ = 0.99.

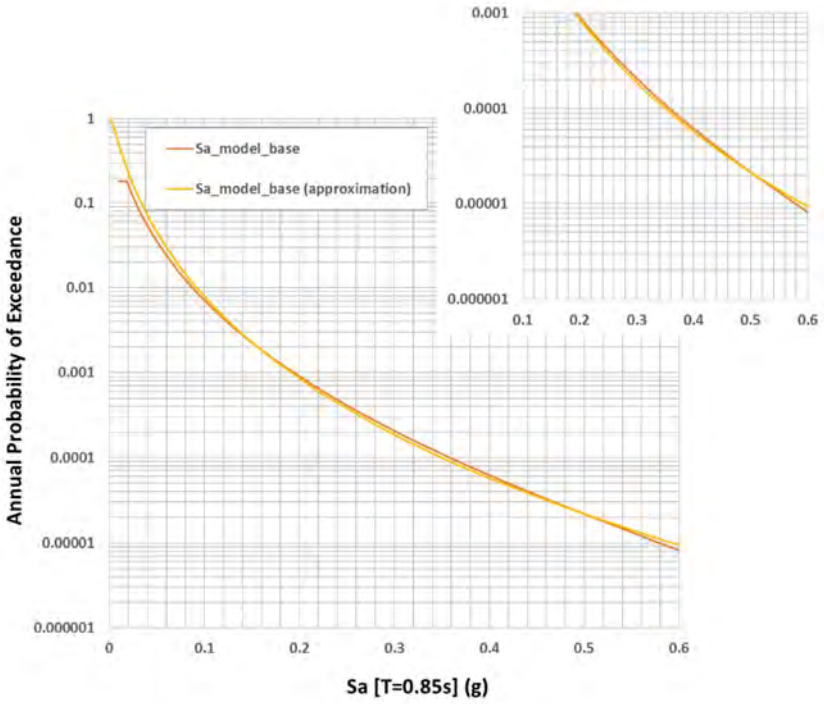


Figure 8. Convolved spectral acceleration (T=0.85s) hazard curve at the base of 2D model at Delfzijl and approximation with a lognormal distribution. Lognormal distribution with $\mu_{ln(SA)}$ = -4.62 and $\sigma_{ln(SA)}$ = 0.96.

4.3 $CRR_{M=7.5}$ in sand deposits

The probability distribution of the cyclic resistance at a reference magnitude M=7.5 (or 15 cycles) of sand layers with no clay laminations present at the Eemshaven area was estimated from the equation below proposed by Boulanger and Idriss (2014) using:

- the probability distribution of local q_{c1Ncs} values from CPT data that classified as Soil Behavior Type 6 per Robertson (1990) classification (Fugro 2016c). These q_{c1Ncs} values include thin layer correction and fines content correction (Fugro 2016c). In a uniform model, soil properties are assumed to be constant within an entire layer. This may lead to a significant overestimation of probabilities of failure when composite behavior is more accurately described by the spatial averages of individual data points (e.g. Vanmarcke 2011). A sensitivity study into such volume effects indicates that the use spatially distributed resistance values gives a result that is similar to the use of median resistance values in a uniform model, see Appendix G for further details. This is why the median of local q_{c1Ncs} values was selected for use with the Boulanger and Idriss (2014) relationship between q_{c1Ncs} and CRR.
- the model uncertainty term $\varepsilon_{\ln(R)}$ proposed by Boulanger and Idriss (2014) has a normal distribution with a mean value of 0 and a standard deviation of 0.2:

$$CRR_{M=7.5,\sigma'_v=1atm} = \exp\left(\frac{q_{c1Ncs}}{113} + \left(\frac{q_{c1Ncs}}{1000}\right)^2 - \left(\frac{q_{c1Ncs}}{140}\right)^3 + \left(\frac{q_{c1Ncs}}{137}\right)^4 - 2.60 + \varepsilon_{\ln(R)}\right)$$

On the basis of the above, a probability distribution of the $CRR_{M=7.5}$ has been derived, using the local median q_{c1Ncs} value and the $CRR_{M=7.5}$ curve of Boulanger and Idriss (2014).

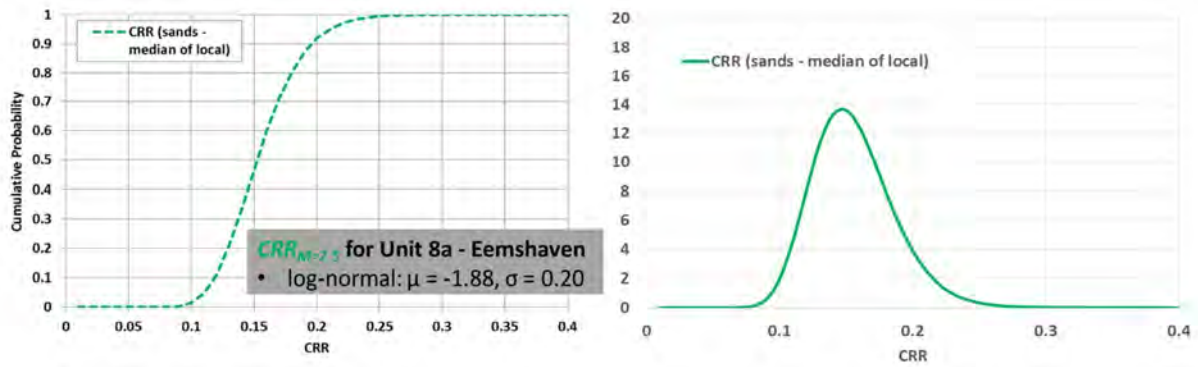


Figure 9. Probability distribution (left) and probability density function (right) of $CRR_{M=7.5}$ for sands at Eemshaven based on the median of local q_{c1Ncs} values.

4.4 $CRR_{M=5.0}$ in laminated deposits

The liquefaction triggering resistance from CPT measurements in laminated deposits appears to underestimate the triggering resistance of these deposits when compared to results from cyclic laboratory tests on laminated "undisturbed" samples (Fugro 2016c). This is most likely due to the significant influence of the clay layers on the CPT tip resistance measured within the thin "sandwiched" sand layers whose thickness is less than 10 to 20 cm.

Interpreted advanced cyclic laboratory tests on "undisturbed" laminated samples and numerical simulation results were used to develop a probability distribution of the cyclic resistance of laminated deposits at the Delfzijl side of the levee for locations were Unit 8 is present for use in FORM analyses as discussed in detail in Appendix D.

Cyclic resistance was defined at a reference magnitude M=5.0 (or 4 cycles) using the Boulanger and Idriss (2014) Magnitude Scaling Factor. It is noted that CRR for layered sands defined at 4 cycles (or for M=5.0) is used only as a reference to identify which triggering curve is used in the numerical analyses, since in the

constitutive models used in the numerical evaluations to simulate sand behavior, the complete liquefaction triggering curve is used rather than one value.

The probability distributions of the $CRR_{M=5}$ for laminated deposits after accounting for volume effects (spatial averaging, see Appendix G) are shown in Figure 10. Note: the means and standard deviations in Figure 10 concern the natural logarithms of the CRRs.

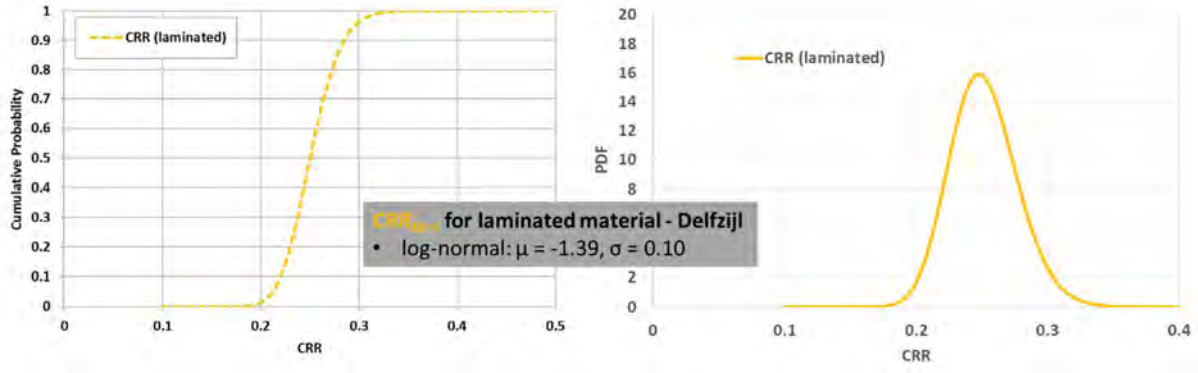


Figure 10. Probability distribution (left) and probability density function (right) of $CRR_{M=5}$ for laminated deposits at Delfzijl before and after accounting for volume effects.

The probability distribution of the CRR for laminated deposits shown above has been specified for a different magnitude than the non-laminated wadzand deposits encountered at Eemshaven. For the non-laminated wadzand deposits encountered at Eemshaven, the Boulanger and Idriss (2014) empirical correlation of $CRR_{M=7.5}$ (defined as CRR at 15 cycles) with q_{c1Ncs} was used for the estimation of liquefaction triggering resistance. For the laminated sand and clay layers within the wadzand deposits interpreted lab results were used to estimate liquefaction triggering resistance at 4 cycles ($CRR_{M=5.0}$), which is the estimated equivalent number of cycles for an M=5 earthquake (the primary contributor to the ground motion hazard for the return periods of interest) using the Boulanger and Idriss (2014) Magnitude Scaling Factor.

4.5 Uncertainty related to residual strength ($\varepsilon_{Su/p'}$)

Post-earthquake stability analyses were performed by assigning residual strength (i.e. defined as the ratio of residual undrained shear strength and in situ initial vertical effective stress, S_r/σ_{vc}') for areas where the maximum excess pore pressure during shaking exceeded a specified threshold indicative of liquefaction. The following distributions were considered:

- mean residual strength and standard deviation as proposed by Kramer and Wang (2015), which is about 0.37 for the range of conditions applicable (green lines in Figure 11 below). This is considered to be the preferred basis for probabilistic analyses since it includes an empirically based uncertainty term, without bias. The proposed relationship for mean residual strength by Kramer and Wang (2015) is a function of normalized SPT blowcounts (N_{160}). We have used Idriss and Boulanger (2008) correlation to convert N_{160} to q_{c1Ncs}. In order to account for the uncertainty in the conversion factor we have also considered a higher value for the standard deviation of 0.45 (red lines in Figure 11 below). We note that FORM analyses were performed considering both standard deviation values and results were found to be largely similar.
- residual strength proposed by Idriss and Boulanger (2008) assuming void redistribution effects are significant. A clear definition of the uncertainty in residual strength estimates is not available. An estimate of the uncertainty on residual shear strength was developed assuming that the proposed curve represents median values (despite a likely safe bias) and using engineering judgment to develop an estimate of the standard deviation on the assumed median residual strength curve. More details are provided in Appendix E. This residual strength distribution has been used to evaluate the sensitivity of the calculated FORM influence coefficients to different assumptions concerning residual strength.

A comparison of the two residual strength distributions considered is shown in Figure 11.

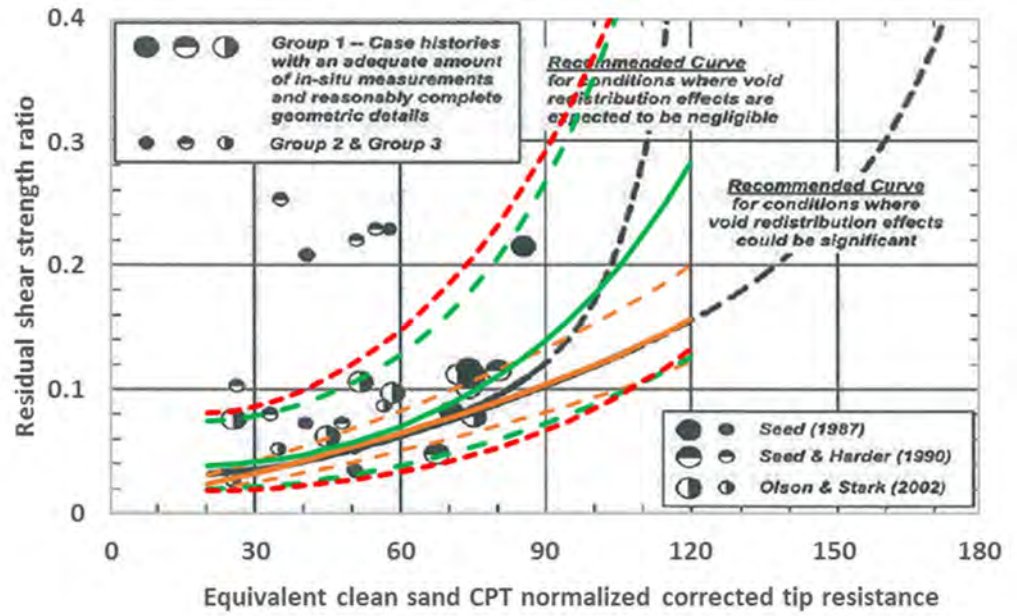


Figure 11. Uncertainty related to residual strength (95%-confidence interval) based on Kramer and Wang (2015) using the standard deviation proposed by the authors (green dashed curves) and an increased standard deviation of 0.45 (red dashed curves) to account for uncertainty in the conversion from $(N1)_{60}$ to q_{c1Ncs} , and Idriss and Boulanger (2008) assuming void redistribution and engineering judgment for the estimation of standard deviation (orange curves).

4.6 Model Uncertainty (ε_M)

This term accounts for the potential difference between numerical model prediction and observed levee response. The expert panel (2016) has recommended a comparison of constitutive models and their implementations for informing choices concerning model uncertainty. Various sensitivity studies have shown that the differences between the computed crest settlements with two different constitutive models (UBCsand and PM4sand) are relatively small (Fugro 2016a). A comparison of computed settlements with different computer codes (i.e. different implementations of these constitutive models) could not be carried out because of time constraints. In view of this the model uncertainty has conservatively been assumed to be considerable, even though the differences between different computer codes are expected to be significantly smaller than those between different constitutive models. A detailed discussion on the characterization of model uncertainty is included in Appendix F.

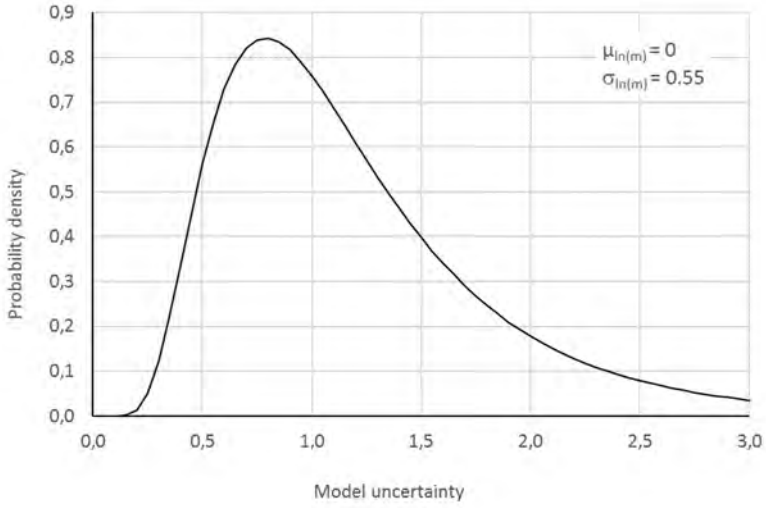


Figure 12. Model uncertainty.

4.7 Uncertainties related to motion characteristics

Ground motion characteristics mainly relate to amplitude, frequency content, and duration, but also to other characteristics of the ground motion that have to do with the details of the ground motion time history such as phasing, presence of velocity pulses that may create larger slope displacements, etc. The FE analyses have been conducted using motions that have been matched to a target spectral shape. Sensitivity analyses have been conducted to assess the variations in response for 7 different, two component motions (Fugro 2016a).

The effect of the uncertainties related to the characteristics of ground motion can be handled via scenarios. In that case, failure probabilities are first calculated for a set of motions and then combined, see Appendix H. For deriving design values for an assessment for an individual ground motion, FORM-analyses have been conducted using a single motion with a duration $D_{5\text{-}75}$ that is greater than the expected durations for 3000-6000 year return period ground motions in Groningen. Sensitivity analyses were also conducted with a shorter duration motion because the spectral acceleration at the design point has a significantly longer return period. In Groningen, duration and spectral acceleration are inversely correlated (Bommer et al. 2015). Longer return periods are associated with higher spectral accelerations and smaller duration motions.

4.8 Overview of stochastic variables

An overview of the stochastic variables, their distributions, autocorrelations and representative values is given in Table 1.

Table 1. Overview of stochastic variables.

Variable	Unit	Distribution type	Distribution parameters*	Mean (m) and standard deviation (sd)*	Motivation	Spatial correlation (also see section 7.4)
Spectral acceleration (T=0.85s) at NSUB (SA_{NSUB})**	g	Lognormal	Eemshaven μ = -5.77 σ = 1.12 Delfzijl μ = -5.61 σ = 1.10	Eemshaven m = 0.0058 g sd = 0.0092 g Delfzijl m = 0.0067 g sd = 0.0103 g	From KNMI hazard curves for Groningen	Strongly correlated over distances of several km
Spectral acceleration (T=0.85s) at base of model (SA_{model_base})	g	Lognormal	Eemshaven μ = -5.05 σ = 0.99 Delfzijl μ = -4.62 σ = 0.96	Eemshaven m = 0.0105 g sd = 0.0135 g Delfzijl m = 0.0156 g sd = 0.0135 g	Convolution of amplification factor distribution at base of 2D FE model and hazard curve at NSUB following Stewart et al (2014) procedure. The estimation of the amplification factor at base of FE models is described in Appendix C.	Strongly correlated over distances of several km
$CRR_{M=7.5}$ in sand deposits	-	Lognormal	μ = -1.88 σ = 0.20 (distribution of point values in the regional data set: μ = -1.80 σ = 0.30)	m = 0.16 sd = 0.03 (distribution of point values in the regional data set: m = 0.17 sd = 0.05)	Volume effects have been accounted for to obtain a distribution from a local data set of q_{c1Ncs}-values that can be used in a uniform model. For further details, , see Appendix G. The distribution of point values rests on a convolution of the model uncertainty term in the CRR-relationship by Boulanger & Idriss (2014), with μ = 0 and σ = 0.2, and the distribution of q_{c1Ncs} values in sand from a regional data set. This distribution has only been used for sensitivity analyses.	Strongly correlated over distances of several km for a given geological unit. Motivation: The $CRR_{M=7.5}$-values are derived from an empirical relationship that rests on back-calculations of historic events. Length effects are reflected in the individual historic observations. The above means that the uncertainty related to $CRR_{M=7.5}$ could be thought of as a model uncertainty which is typically assumed to be strongly spatially correlated.
$CRR_{M=5.0}$ in laminated deposits (from lab data)	-	Lognormal	μ = -1.39 σ = 0.10 (without spatial averaging: μ = -1.40 σ = 0.20)	m = 0.25 sd = 0.03 (without spatial averaging: m = 0.25 sd = 0.05)	Based on regressions of lab test results and numerical simulations (see Appendix D). Volume effects have been accounted for. For a discussion on volume effects, see Appendix G.	ρ_0 = 0 - 0.5 k = 100-150m (+ sensitivity analyses) A correlation distance (k) that is in line with the value used for material properties in slope stability analyses in the Netherlands seems justified. The variance is largely related to the variations in clay content (void ratio). For a given void ratio, the resistances are spatially correlated. A review of CPT-

Variable	Unit	Distribution type	Distribution parameters*	Mean (m) and standard deviation (sd)*	Motivation	Spatial correlation (also see section 7.4)
						data indicate that similar clay contents extend over distances of tens to hundreds of meters. A lower limit of the autocorrelation function (ρ_0) greater than zero seems reasonable because there is also an element of (spatially correlated) knowledge uncertainty related to the $CRR_{M=5.0}$ in layered deposits.
$\varepsilon_{Su/p'}$ (uncertainty related to Su/p' given median value of q_{c1Ncs})	-	Lognormal	$\mu = 0$ $\sigma = 0.45$ $\mu = 0$ $\sigma = 0.15$	m = 1.11 sd =0.52 m = 1.01 sd = 0.15	Su/p' from Kramer and Wang (2015). $Su/p' = f(q_{c1Ncs,50\%}) \cdot \varepsilon_{Su/p'}$ With $f(q_{c1Ncs,50\%})$ from Idriss & Boulanger (2008) with void ratio distribution. For further details, see Appendix E.	Strongly correlated over distances of several km (essentially model uncertainty)
Geometric parameters (crest height, width etc.)	m	Deterministic	-	-	Dimensions are well known	-
Model Uncertainty	-	Lognormal	$\mu = 0$ $\sigma = 0.55$	m = 1.16 sd = 0.69	Distribution based on engineering judgement, see Appendix F. The distribution corresponds to a probability of an error of at least a factor 2 of 10%.	Strongly correlated over distances of several km

* The values of μ and σ in this table are the means and standard deviations of the natural logarithms of the lognormally distributed variables. They are not the means and standard deviations of the lognormally distributed variables themselves, which have been indicated by m and sd respectively.

** This distribution will not play a role in the FORM-analyses. It is only mentioned here to be able to calculate the difference between the design value of the Spectral acceleration (T=0.85s) with and without a design value for the uncertainty in the response analysis.

5 Action item 2: FORM analyses using the simplified liquefaction procedure

The objective of this action item is to "get a feel" for the relative importance of the various uncertainties from probabilistic analyses with the simplified liquefaction procedure. The usefulness of this action item rests on the premise that the relative importance of stochastic variables that determine liquefaction triggering is broadly similar within a simplified liquefaction triggering analysis (the basis of the screening method) and more advanced FEM deformation analyses. The results presented below have been used for selecting the start values for the FORM-analyses with the FEM model, to reduce the required number of iterations. They have also been used for quality assurance, to make it easier to spot errors.

5.1 Limit state function

The simplified liquefaction procedure involves an evaluation of a "factor of safety" (FS_{liq}) against liquefaction (see Idriss & Boulanger 2008; Boulanger & Idriss 2014; Green et al. 2016). Note that FS_{liq} is a stochastic variable and not a partial factor.

$$FS_{liq} = CRR_{7,5,1atm} / CSR_{7,5,1atm} \quad (5)$$

$$CSR_{7,5,1atm} = 0{,}65 \cdot \sigma_v/\sigma'_v \cdot PGA/g \cdot r_d \cdot 1/MSF \cdot 1/ K_\sigma \quad (6)$$

$$CSR_{7,5,1atm} = c \cdot PGA \quad (7)$$

$$CRR_{7,5,1atm} = \exp[q_{c1Ncs}/113 + (q_{c1Ncs}/1000)^2 - (q_{c1Ncs}/140)^3 + (q_{c1Ncs}/137)^4 - C_o + \varepsilon_{ln(CRR)}] \quad (8)$$

Since $FS_{liq}<1$ implies liquefaction, the limit state function for liquefaction triggering can be written as follows:

$$Z = 1 - CRR_{7,5,1atm} / CSR_{7,5,1atm} \quad (9)$$

or (similar to Boulanger & Idriss 2014):

$$Z=\ln(CRR_{7,5,1atm}) - \ln(CSR_{7,5,1atm}) \quad (10)$$

or:

$$Z=\ln(CRR_{7,5,1atm}) - \ln(c \cdot PGA) \quad (11)$$

Where:

$CRR_{7,5,1atm}$	Cyclic resistance ratio (-)
$CSR_{7,5,1atm}$	Cyclic stress ratio (-)
PGA	Peak ground acceleration at the surface of the soil profile (m/s^2)
g	Gravitational acceleration (m/s^2)
σ_v	Total effective stress (kPa)
σ'_v	Effective vertical stress (kPa)
r_d	Depth reduction factor (-)
$\varepsilon_{ln(CRR)}$	Uncertainty term
MSF	Magnitude scaling factor (-)
K_σ	Overburden correction factor (-)
c	Constant (-)
q_{c1Ncs}	Equivalent, normalized cone resistance for clean sand (-)
C_0	Constant (-)

A PSHA has been carried out to estimate the seismic hazard at the top of North Sea Upper Base (NSUB) at a depth of about 350m by KNMI. For the estimation of PGA at the ground surface, amplification factors or functions (AF) have been estimated as a function of the spectral acceleration at NSUB by Bommer et al. (2015).

For every location and period, the parameter values of the following equation can be found in "V2_Site Response Zonations_date.xlsx":

$$\ln(AF) = f_1 + f_2 (PGA_{NSUB} + f_3) / f_3 + u \cdot \sigma_{lnAF} \quad (12)$$

Where:

AF Amplification factor (-)
f_1, f_2, f_3 Constants (-)
PGA_{NSUB} Peak ground acceleration at North Sea Upper Base (g)
u Standard normal variable (-)
σ_{lnAF} Standard deviation of the natural logarithm of the uncertainty related to the amplification function (-)

5.2 Input of probabilistic analyses

An overview of the stochastic variables and their distributions is given in Table 2.

Table 2. Overview of stochastic variables.

Variable	Unit	Distribution type	Distribution parameters	Mean (m) and standard deviation (sd)*	Motivation
PGA	g	Lognormal	μ = -3.95 σ = 0.61	m = 0.0232 g sd = 0.0156 g	The PGA hazard curve was estimated following the procedure by Bazzurro and Cornell (2004) and Stewart et al. (2014) by a convolution of the hazard curve at top of bedrock (PGA_{NSUB}) with the probability distribution of the site amplification factor by Bommer et al (2015) for Eemshaven (i.e. zone number 1035). Monte Carlo simulations were also performed for the convolution of the bedrock hazard curve and the site amplification probability distribution and similar results were obtained. The hazard curve of PGA at the ground surface was approximated with a lognormal distribution.
$CRR_{M=7.5}$ in sand deposits	-	Lognormal	μ = -1.88 σ = 0.20	m = 0.16 sd = 0.03	Based on a convolution of the model uncertainty term in the CRR-relationship by Boulanger & Idriss (2014), with μ = 0 and σ = 0.2, and the median of local q_{c1Ncs}-values in sand, see Appendix G for further details.

5.3 Results of FORM-analyses

The squared influence coefficients per stochastic variable are shown in Figure 13 below. The influence coefficients are identical for different values of the constant c (see equation (7)), and thus the same for different (target) reliabilities. For more information about FORM, see Appendix A.

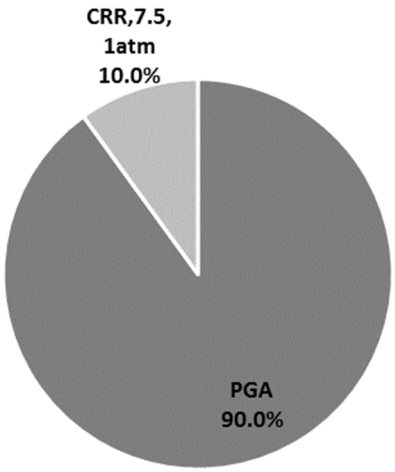


Figure 13. FORM-results for a simplified liquefaction triggering analysis.

For a range of c-values (see equation (7)) that seem reasonable for Eemshaven, the calculated reliability indices range from about 2.2 to 3.2.

5.4 Discussion

The results shown above are in line with:

1. the fact that the return period of the earthquake load is widely regarded as an all-important parameter,
2. the fact that a widely used “deterministic” triggering relationship corresponds to merely a 16%-quantile for model uncertainty (Boulanger & Idriss 2014).

6 Action item 3: FORM analyses using the 2D effective stress model

The objective of this action item is to "get a feel" for the relative importance of the various uncertainties from probabilistic analyses with the Fugro model. For more information about FORM, see Appendix A.

6.1 Limit state function

The limit state function is:

$$Z = c_{crit} - m \cdot C \qquad (13)$$

Where

c_{crit} Critical crest settlement (m); c_{crit} = 3 m
C Computed crest settlement (m)
m Model uncertainty factor (-)

Crest settlements are calculated with dynamic effective stress FEM-analyses. For further details on the calculation procedure, the reader is referred to the guideline prepared by Fugro (2016b).

6.2 Input of probabilistic analyses

For an overview of the stochastic variables and their distributions, the reader is referred to Table 1 in chapter 4. The stratigraphies for the Eemshaven and Delfzijl levees that have been considered in FORM-analyses are given in Figure 14 and Figure 15 below. Conservative stratigraphies have deliberately been selected to minimize the gap between reliability indices close to target reliability indices. Additional stratigraphies have been considered in Fugro (2016a) as a part of sensitivity analyses.

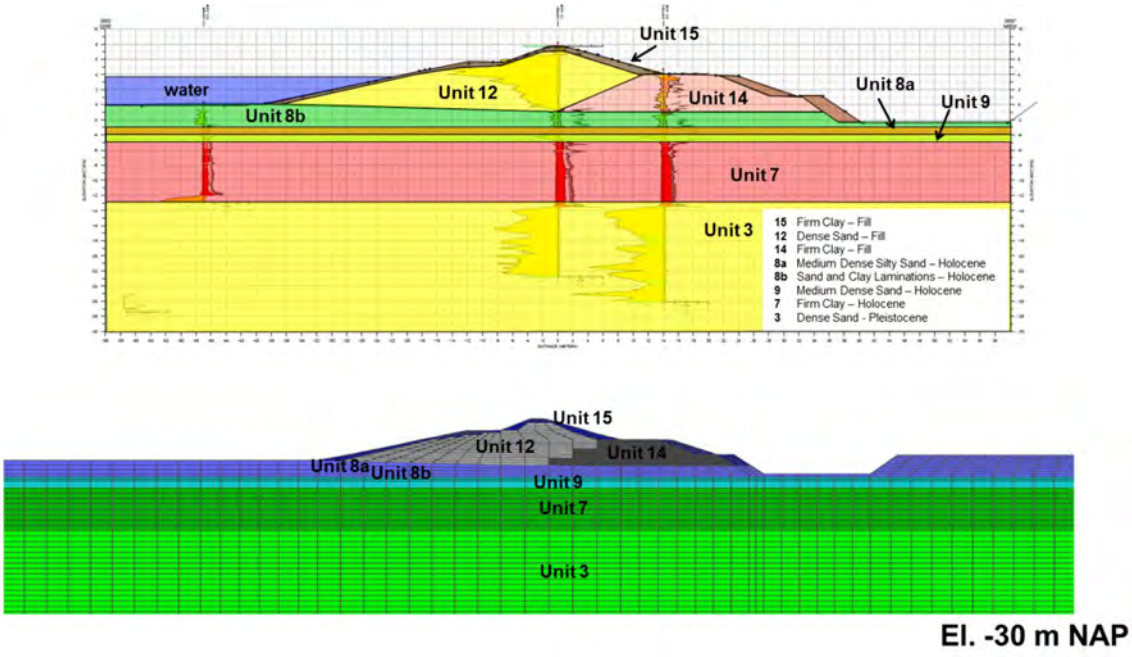


Figure 14. The stratigraphy for the Eemshaven cross-section considered in the FORM-analysis.

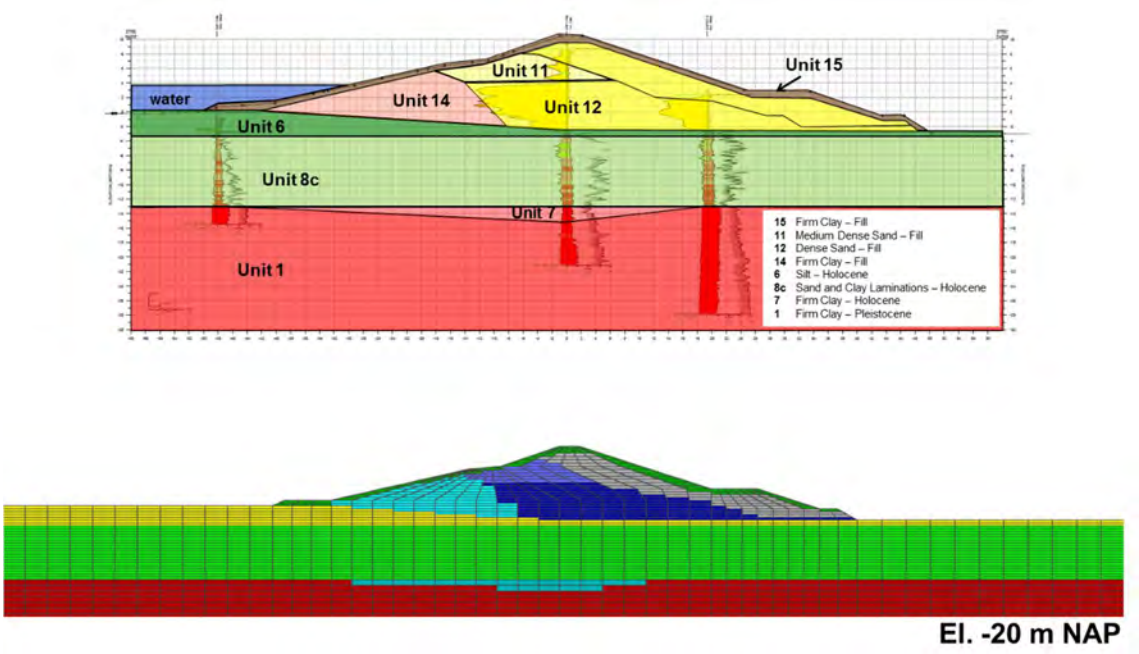


Figure 15. The stratigraphy for the Delfzijl cross-section considered in the FORM-analysis.

6.3 Results of FORM-analyses

The results of the FORM analyses using the 2D FEM results are presented in this section. The following cases were examined:

Base case

A. Eemshaven cross-section; Su/p' according to Kramer & Wang (2015); ground motion 4; using the median of local q_{c1Ncs}-values.
B. Delfzijl cross-section; Su/p' according to Kramer & Wang (2015); ground motion 4; using the median of local q_{c1Ncs}-values.

Sensitivity analyses

1. Eemshaven cross-section; Su/p' according to Kramer & Wang (2015); ground motion 6; using the median of local q_{c1Ncs}-values.
2. Delfzijl cross-section; Su/p' according to Kramer & Wang (2015); ground motion 6; using the median of local q_{c1Ncs}-values.
3. Eemshaven cross-section; Su/p' according to Idriss & Boulanger (2008); ground motion 4; using a regional data set of q_{c1Ncs}-values without spatial averaging.
4. Delfzijl cross-section; Su/p' according to Idriss & Boulanger (2008); ground motion 4; using a regional data set of q_{c1Ncs}-values without spatial averaging.

All FORM-analyses have been performed using a response surface. For both base cases, the design point (crest settlement and partial derivatives) has been verified using targeted FE-analyses (usually a set of 9 FE-analyses). The same applies to sensitivity analyses no. 3 and 4. For sensitivity analyses no. 1 and 2, only the crest settlement in the design point has been verified with a single, targeted FE-analysis.

The squared influence coefficients per stochastic variable are shown in Figure 16 to Figure 18 below for the cases examined. The calculated reliability indices are also shown on the figure for every case.

For a detailed overview of the results of the FORM-analyses, the reader is referred to Appendix I.

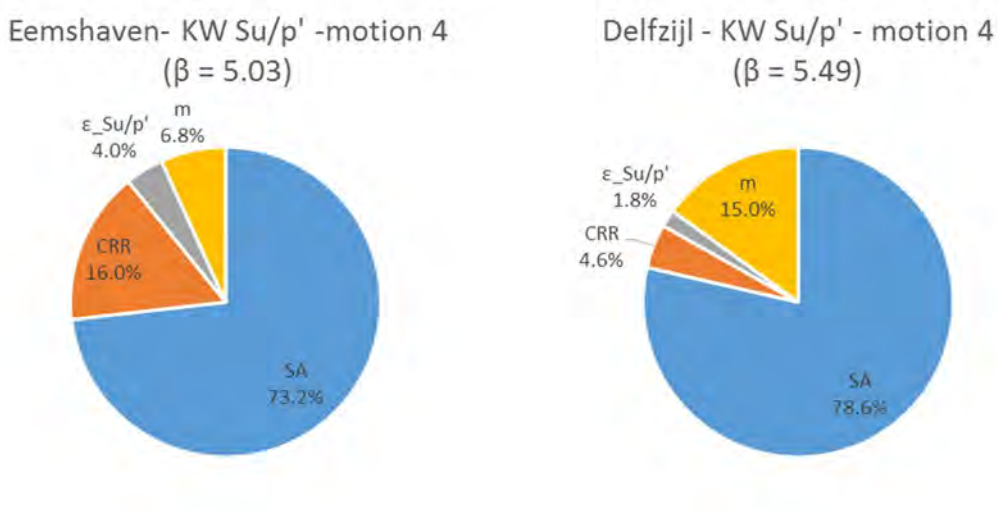


Figure 16. Base case A (left) and B (right): squared influence coefficients and reliability indices from FORM-analyses with the 2D FE model with Su/p' according to Kramer & Wang (2015) and the median of local qc1Ncs-values, for ground motion 4.

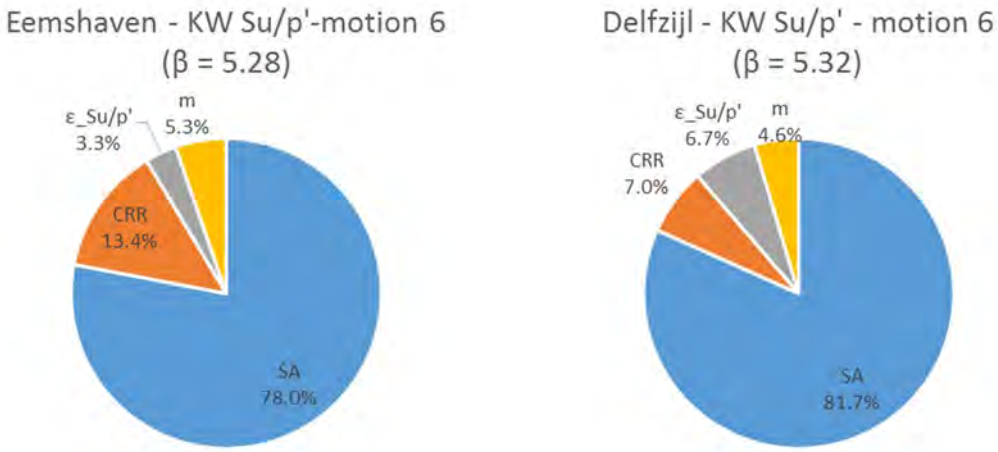


Figure 17. Sensitivity analyses 1 (left) and 2 (right): squared influence coefficients and reliability indices from FORM-analyses with the 2D FE model with Su/p' according to Kramer & Wang (2015) and the median of local qc1Ncs-values, for ground motion 6.

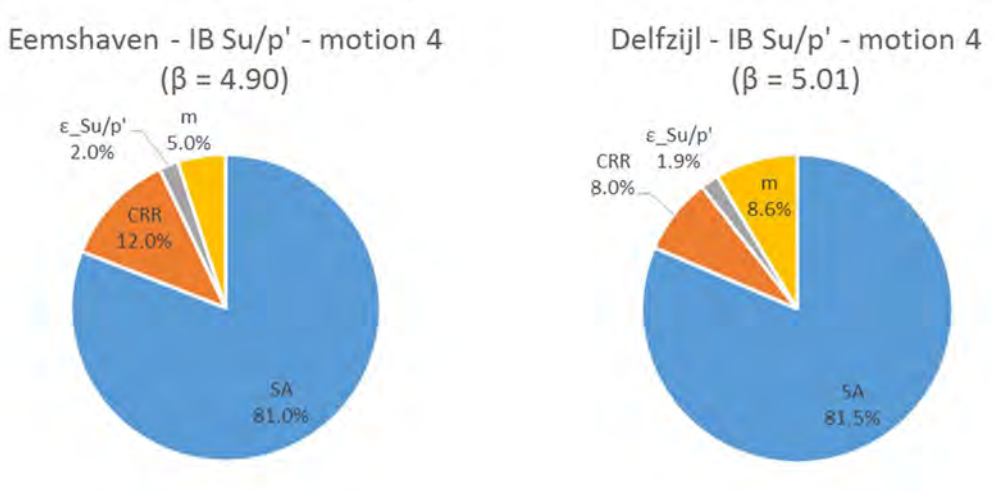


Figure 18. Sensitivity analyses 3 (left) and 4 (right): squared influence coefficients and reliability indices from FORM-analyses with the 2D FE model with Su/p' according to Idriss & Boulanger (2008), using a regional data set of q_{c1Ncs}-values without spatial averaging, for ground motion 4.

6.4 Discussion

The calculated influence coefficients for Eemshaven and Delfzijl appear broadly similar. The uncertainty related to the spectral acceleration is relatively important. This is in line with the results of the FORM-analyses for liquefaction triggering with the simplified liquefaction procedure (see chapter 5). It is also in line with the observation that the return period of the seismic action is widely considered to be an all-important parameter.

The calculated reliability indices are high, even though conservative assumptions have been made concerning stratigraphy: a reliability index of 5 corresponds to a probability of failure of about 1/3.500.000 per year ($2{,}9.10^{-7}$ per year). The calculated reliability indices are significantly greater than the ones calculated for liquefaction triggering in chapter 5. This is consistent with the fact that the FORM-analysis in chapter 5 concerns the probability that $FSl_{iq}<1$ somewhere. This is not the same as actual failure.

Analyses were conducted for two different residual strength distributions. As was to be expected on the basis of the similarities between the relationships presented in Figure 11 for lower values of q_{cN1cs}, the calculated reliability indices and influence coefficients are broadly similar.

A sensitivity analysis with a shorter duration motion shows a higher reliability index. The influence coefficient of ground motion is somewhat reduced.

The calculated influence coefficients are broadly similar across all cases.

7 Action item 4: Revisiting the length effect

7.1 Introduction: cross-sectional and system-level reliability assessments

The Dutch flood protection standards are defined in terms of maximum allowable probabilities of flooding. These standards are system-level reliability requirements: they apply to segments of about 5 to over 40 kilometers in length. The probability of flooding is the probability that a segment fails somewhere, for whatever reason, leading to the flooding of the hinterland (Figure 19).

A **segment** can be decomposed into sections. **Sections** are defined here as continuous lengths in which load and resistance properties are statistically homogeneous. The term "**uniform length**" is used here to refer to a length in which the spatial variability of demand and capacity along the dike can be ignored when evaluating a limit state function.[1] A reliability analysis for a uniform length is commonly referred to as a cross-sectional analysis. Segments may consist of numerous sections, and sections of numerous uniform lengths, see also Figure 20.

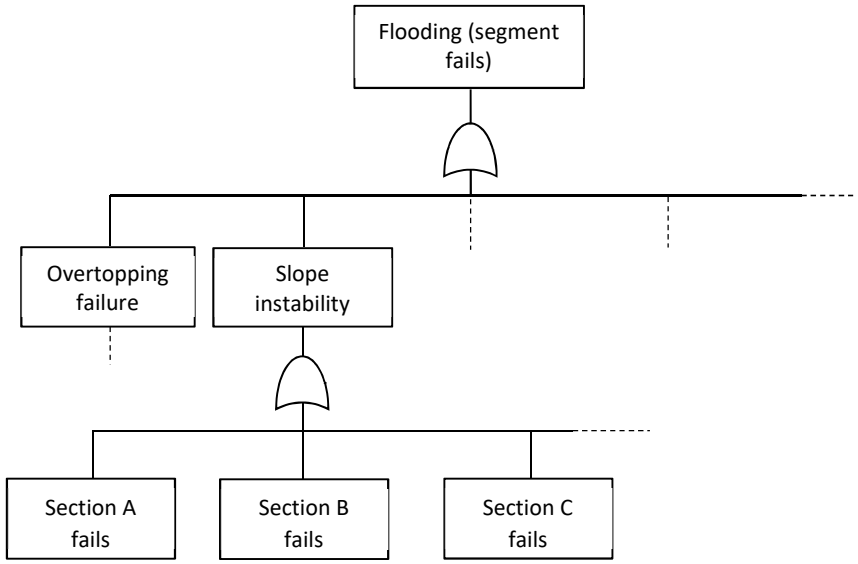


Figure 19. Fault tree for a segment.

Note that different terms and definitions are sometimes used for similar concepts. For instance, the USACE (2013): I-5) says: "A levee reach is defined for the purpose of risk analysis as a continuous length of levee exhibiting homogeneity of construction, geotechnical conditions, hydrologic and hydraulic loading conditions, consequences of failure, and possibly other features relevant to performance and risk". The main differences with a "section", as defined above, concerns the fact that only features related to performance are considered here and that a "section" could also be a dune or a structure. Jongejan & Maaskant (2015) used the term "cross-section" instead of "uniform length". Kwak et al. (forthcoming) use the term "reach" for "section" and "segment" for "uniform length".

[1] Demand and capacity may concern point values or spatial averages, depending on the limit state function.

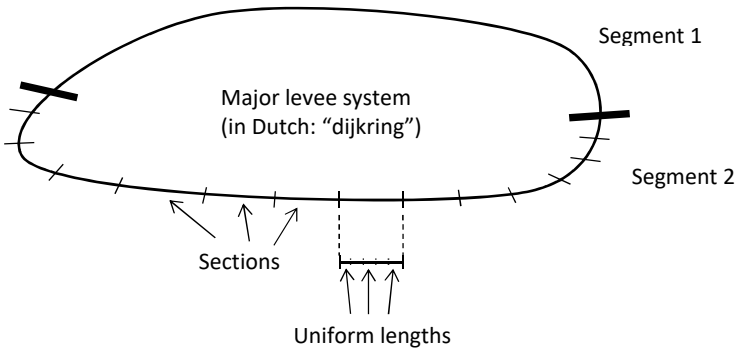


Figure 20. Major levee system, segments, sections and cross-sections.

The failure probability for a uniform length, $P(F_i)$, is the probability that the limit state function is smaller than zero in a 2-dimensional or cross-sectional analysis:

$$P(F_i) = P(Z_i<0) \quad (14)$$

Where
Z_i Limit state function of uniform length i (i=1..n); $Z_i<0$ indicates failure

A segment can be thought of as a series system consisting of numerous uniform lengths (grouped into sections). A segment's failure probability, $P(F_{system})$, follows from[2]:

$$P(F_{system}) = P(Z_1<0 \cup Z_2<0 \cup \ldots \cup Z_n<0) \quad (15)$$

The failure probability of a series system lies between the following bounds:

$$P(F_{system}) = \max(P(Z_i)<0) \quad \text{Lower bound (perfectly correlated limit state functions)} \quad (16)$$

$$P(F_{system}) = 1 - \Pi_{i=1\ldots n}(1 - P(Z_i<0)) \quad \text{Upper bound (independent limit state functions)} \quad (17)$$

For sufficiently small failure probabilities, the upper bound can be approximated by:

$$P(F_{system}) \approx \Sigma(P(Z_i<0)) \quad (18)$$

When the limit state functions of the different uniform lengths are strongly correlated, the system failure probability tends to the lower bound. When the limit state functions are weakly correlated, the system failure probability tends to the upper bound. The difference between expressions (16) and (17) is also strongly influenced by variations in cross-sectional failure probabilities. A single weak spot may strongly influence a series-system reliability, regardless of spatial correlations.

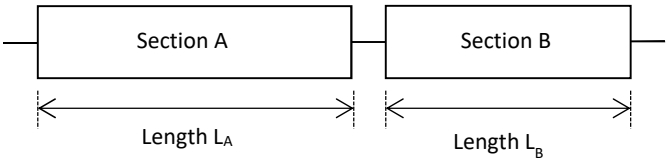
The system failure probability for a particular failure mechanism can be calculated on the basis of:
1. cross-sectional failure probabilities (identical throughout each section),
2. the effect of spatial correlations within each section and
3. the correlations between sections.

This is illustrated by Figure 21. Note that uniform lengths could be treated like sections when calculating a segment's failure probability. A distinction is made here because the homogeneity within sections allows for the use of relatively efficient computational techniques to calculate the failure probability of a section. A section is essentially a series system of uniform lengths, i.e. a system of correlated components. It can also be modelled as a series system of independent equivalent lengths. These independent equivalent lengths depend on the correlations between uniform lengths. With such an independent equivalent length, the failure

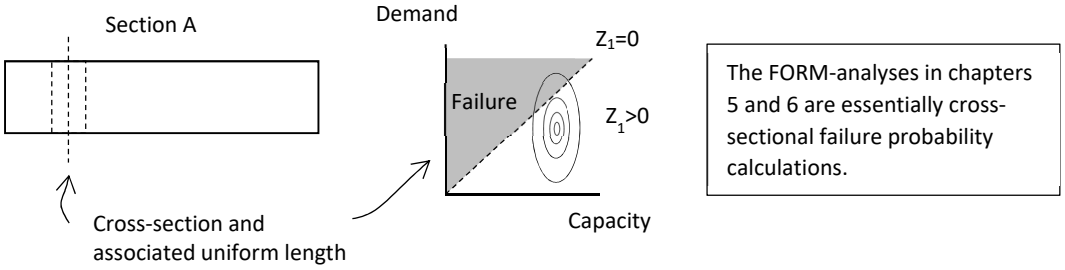
[2] For reasons of simplicity, only a single failure mechanism is considered here.

probability for a single uniform length can be scaled directly to the failure probability of an entire section (see e.g. Vrouwenvelder 2006).

Consider a series system (segment) that consists of two components (sections)

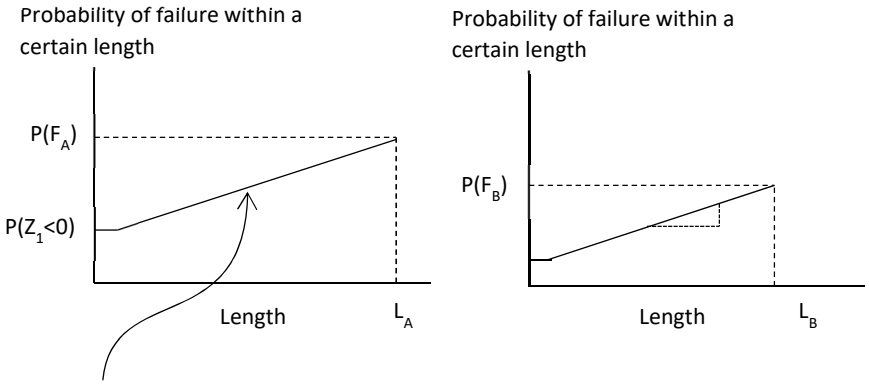


1. Calculate cross-sectional failure probabilities
(example for section A only)



The FORM-analyses in chapters 5 and 6 are essentially cross-sectional failure probability calculations.

2. Calculate each section's failure probability, based on spatial correlations and cross-sectional reliabilities

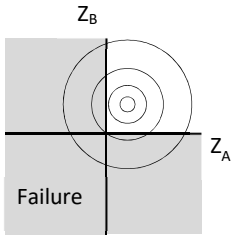


The steepness of this line depends on the (spatial) autocorrelation function of the limit state function Z_1

3. Combine the sections, taking their correlations and varying reliabilities into account

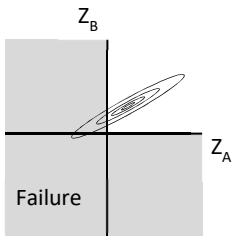
$P(F_{system}) = P(F_A \cup F_B) = P(Z_A<0 \cup Z_B<0)$

No correlation ($\rho_{Z_AZ_B}= 0$)



$P(Z_A<0 \cup Z_B<0) \approx P(Z_A<0) + P(Z_B<0)$

Strong correlation ($\rho_{Z_AZ_B} \approx 1$)



$P(Z_A<0 \cup Z_B<0) \approx \max(P(Z_A<0) , P(Z_B<0))$

Figure 21. Schematic overview of a system reliability analysis.

When engineers evaluate the reliability of e.g. a dike section using a semi-probabilistic or deterministic method, they carry out a 2-dimensional analysis. To be able to evaluate an individual cross-section without having to carry out a full system-level reliability analysis, the system-level reliability requirement has to be transformed into a cross-sectional reliability requirement.

7.2 The length effect and cross-sectional target reliabilities

When the limit state functions of different uniform lengths are not perfectly correlated, the system failure probability increases with the number of uniform lengths (Figure 22). This means that the system failure probability increases with length. This phenomenon is called the length effect.

The above can be understood as follows. When capacity is uncertain *and* spatially variable, it is uncertain (1) which spot is actually the weakest and (2) how weak this weakest spot actually is. This also explains why people that inspect levees during high waters do not stand still: the probability that they observe a sign of weakness increases with every step they take. Note that the spatial variability of demand can also lead to a length effect: the probability of observing a particular seismic demand *somewhere* in Groningen is higher than the probability that it is observed *at any specific location* in Groningen.

Figure 22. The length effect: the greater the number of uniform lengths that could fail independently, the greater the probability of flooding.

The Dutch flood protection standards are defined in terms of maximum allowable probabilities of flooding per segment ("dijktraject"). Cross-sectional target reliabilities for evaluating the probability of severe earthquake damage can be derived from these standards with the following expression:

$$P_T = P_{max} \cdot f / P_{F|D} / N \quad (19)$$

with:

$$N = a \cdot L / b \quad (20)$$

Where

P_T	Cross-sectional target failure probability for a seismic stability assessment (per year)
P_{max}	Maximum allowable probability of flooding (per year)
f	Maximum allowable contribution of instability to the probability of flooding (-)
$P_{F\|D}$	Probability of flooding given severe earthquake damage, defined as a crest settlement ≥3m (-)
N	Length effect factor for severe earthquake damage (-)
L	Length of segment (m)
a	Fraction of the total length of the segment that dominates the probability of failure of the segment for the failure mechanism under consideration (-)
b	Independent equivalent lengths within the abovementioned part of the segment (m)

The parameters a and b model a segment that consists of different sections with different characteristics in a simplified, equivalent manner, as shown in Figure 23. The failure probability of a segment is usually determined by a relatively short distance over which the probabilities of failure are relatively high, which is expressed by the a-value. Note that failure probabilities are usually plotted on a log-scale because they easily vary of orders

of magnitude; combining failure probabilities of e.g. 1/1000 and 1/100.000 gives a system failure probability close to 1/1000. Within the "critical length" (i.e. "a · L"), the effect of decay of spatial correlation can be modelled by means of "independent equivalent lengths". This is reflected by the b-value.

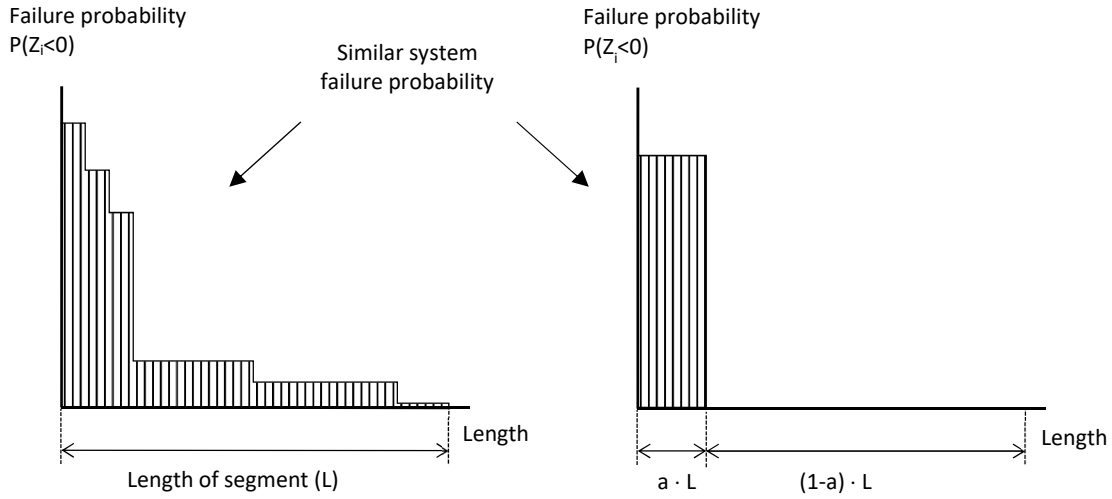


Figure 23. A simplified, equivalent way of describing a segment's reliability (the widths of the bars are independent equivalent lengths, or b-values).

The parameter values that have been assumed so far are shown in Table 3, together with the resulting target reliabilities.

Table 3. From standard of protection to cross-sectional target reliabilities for seismic stability assessments. Original values.

Variable	**Unit**	**Segment**	
		6_6 (includes Eemshaven)	**6_7 (includes Delfzijl)**
P_{max}	**per year**	**1/1,000**	**1/3,000**
f	-	0.24	0.24
$P_{F\|D}$	-	0.1	0.1
$P_{T,segment}$	**per year**	**0.0024**	**0.0008**
L	m	46100	38600
a	-	0.033	0.033
b	m	50	50
N	-	31.4	26.5
P_T	**Per year**	**7.64E-05**	**3.02E-05**
β_T	**-**	**3.79**	**4.01**

The values of parameters a and b in Table 3 were selected at a meeting held in December 2015. Back then, it was proposed to hold on to the values that are more commonly used in slope stability assessments in the Netherlands, i.e. a=0.033 (=1/30) and b=50m.[3] This was expected to be somewhat conservative, but little was known at the time about the seismic stability of the Eemshaven-Delfzijl levees. It was therefore proposed to revisit the length effect when the results of the first seismic stability assessments would come available (Figure 24). This action item could be viewed as a follow-up on the abovementioned proposal. It draws upon the results of the LPI-screening (Deltares 2017) and the FORM-analyses presented in chapter Figure 24 to re-evaluate the length effect.

[3] The value a=0.033 stems from an old study for the Alblasserwaard (one of the Dutch major levee systems) in which 10% of the levee system was found to be sensitive to slope instability. This value of 10% was divided in 3 following discussions over the effects of spatial correlations. The value has found its way into Dutch guidelines and is now widely used in slope stability assessments. The background of b=50m will be discussed in section 7.4. It rests on probabilistic analyses and is in line with the lengths of slope failures.

Aanwezig: Ton Vrouwenvelder (TNO), Ruben Jongejan (RMC), Matthijs Kok (TUD/HKV), Han Vrijling (Horvat), Ed Calle (Deltares), Marcel Visschedijk (Deltares, namens Noorderzijlvest), Bert de Wolff (namens Noorderzijlvest), Sjoerd de Wit (NAM), Geeralt van den Ham (notulist), Vincent Mures (NCG), Ate Wijnstra (Noorderzijlvest)

(page 1)

Met welk lengte-effect moet worden gerekend voor macrostabiliteit en hoogte, bij het bepalen van de maximaal toelaatbare faalkans in een doorsnede?

De correlatielengte voor aardbevingsbelasting is kleiner dan voor waterstandsbelasting en de invloedsfactor van de aardbevingsbelasting groter (0.9). Gegeven bovenstaande wordt voorgesteld om bij macrostabiliteit vast te houden aan de vertaling van eis per traject naar eis per doorsnede voor de situatie zonder aardbeving (conform OI2014, met a=0.033 en b=50 m). Dit lijkt enigszins conservatief, maar de gegevens ontbreken voor een betere inschatting en verwacht wordt dat het effect gering zal zijn.

(page 3)

- Voorgesteld wordt een nieuwe sessie te plannen zodra ontwerpprotocol D-E klaar is, met nieuwe verdeling pga (versie 2) en daarop gebaseerde nieuwe $\alpha_{aardbeving}$. Ook als de eerste ontwerpervaringen zijn opgedaan, is het verstandig om nog een keer samen te komen omdat dan de consequenties van keuzes beter bekend zullen zijn.

(page 7)

Figure 24. Quotes from the minutes of the meeting of December 2015 on the length effect (in Dutch).

7.3 Characterizing the length effect: the parameter a

The parameter a is defined as the fraction of the total length of the segment that dominates the probability of failure of a segment for the failure mechanism under consideration. Based on an LPI-screening for 11.5 km, 3 to 5 profiles have been selected for a detailed assessment to be able to give conclusions concerning the reliability of the entire stretch (Deltares 2017). These profiles are representative for a combined length of several hundred meters. Because of e.g. variations in stratigraphy, these four profiles are also unlikely to have identical failure probabilities. Considering this, there seems to be no obvious reason to move away from a=0.033.

7.4 Characterizing the length effect: the parameter b

7.4.1 Theory

The following theory forms the basis of the b=50m mentioned in section 7.2 that underlies the cross-sectional reliability requirements for slope stability assessments in the Netherlands (Calle & Barends 1990; Vrouwenvelder & Calle 2003). A levee could be thought of as a series system of statistically homogenous lengths. The failure probability of such a statistically homogeneous length L_{hom} can be approximated by (see e.g. Jongejan 2012 for a derivation):

$$P(F_{Lhom}) = 1-(1-P(F_{cross})) \cdot \exp(- L_{hom} /(2\pi) * \sqrt{(-d^2\rho_Z(0)/d\Delta^2)} \cdot \exp(-\beta_{cross}^2/2)) \quad (21)$$

Where:

$P(F_{Lhom})$ Failure probability of a statistically homogeneous length (per year)
$P(F_{cross})$ Cross-sectional probability of failure (per year)
β_{cross} Cross-sectional reliability index (-)

The statistically homogenous length (L_{hom}) could be thought of, approximately, as a series system of independent, characteristics lengths (b):

$$b = P(F_{cross}) \cdot 2\pi / \sqrt{(-d^2\rho_Z(0)/d\Delta^2)} \cdot \exp(\beta_{cross}^2/2) \quad (22)$$

which may be approximated as follows if β_{cross}, is positive and not very small, e.g. $\beta_{cross}>2$ (Vrouwenvelder 2006):

$$b = \mathrm{sqrt}(2\pi) / (\mathrm{sqrt}(-d^2\rho_Z(0)/d\Delta^2) \cdot \beta_{cross}) \quad (23)$$

The autocorrelation function of the limit state function can be approximated by the weighted sum of the autocorrelation functions for capacity and demand, with their weights being the squared influence coefficients:

$$\rho_Z(\Delta) = \Sigma\alpha_X^2 \, \rho_X(\Delta) \quad (24)$$

Where

$\rho_Z(\Delta)$ Value of the autocorrelation function of the limit state function, evaluated at lag Δ (-)

$\rho_X(\Delta)$ Value of the autocorrelation function of stochastic variable X, evaluated at lag Δ (-)

The different stochastic variables have different autocorrelation functions. The type of autocorrelation function that is widely used in stability analyses in the Netherlands has the following function form (Van Balen et al. 2016):

$$\rho_X(\Delta) = (1-\rho_0) \cdot \exp(-(\Delta/k)^2) + \rho_0 \quad (25)$$

Where:

ρ_0 Lower bound of the autocorrelation function (-)

k Spatial correlation length parameter (m)

Δ Distance/lag (m)

Examples of autocorrelation functions are given in Figure 25. A lower limit of the autocorrelation function greater than zero implies that part of the uncertainty related to a variable is (spatially correlated) epistemic uncertainty.

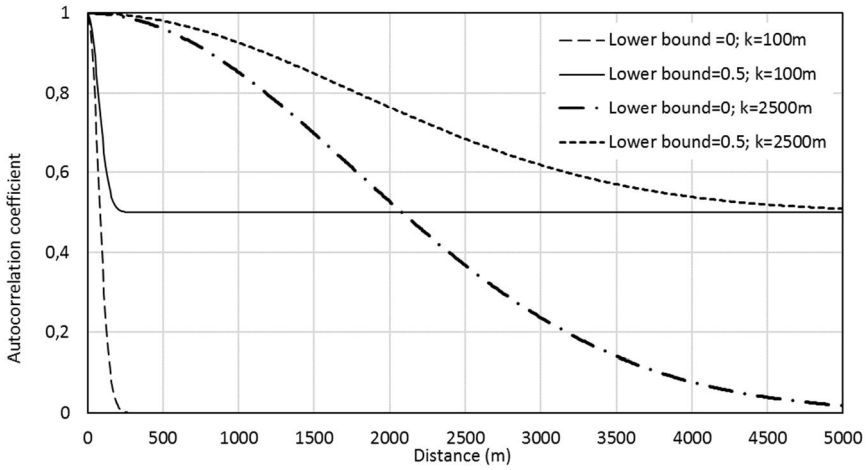


Figure 25. Examples of autocorrelation functions.

7.4.2 Sensitivity analyses

To inform a decision concerning the length effect, various sensitivity analyses have been performed. To simplify these analyses, the various stochastic variables from Table 1 have been grouped/combined into a stochastic variable that is strongly spatially correlated (named “demand” hereafter) and one that is not (named “capacity”). Treating the underlying variables separately does not change the results as long as each of these variables has the same autocorrelation function, see equation (24).

Not all variables are equally spatially variable. The ground motion, for instance, is strongly spatially correlated. The cyclic resistance ratio for layered deposits, on the other hand, is relatively weakly spatially correlated[4]. The influence coefficient from the FORM-analyses has been used as a reference for the influence coefficient of capacity, i.e. $\alpha_C^2 \approx 0.06$. The influence coefficient of capacity has also been increased to show the influence of e.g. treating the uncertainty related to $\varepsilon_{Su/p'}$ as equally spatially variable as the uncertainty related to the CRR in layered deposits (doing so would lead to $\alpha_C^2 \approx 0.08$; a higher value of 0.1 has been used instead). Similarly, it has been decreased ($\alpha_C^2 \approx 0.2$), which could be a reasonable approximation for cases without layered deposits. This is because the CRR for sand is based on an empirical relationship that rests on back-calculations of case histories (see also section 7.4.3). The influence coefficient for demand has been calculated by adding the squared influence coefficients of the remaining stochastic variables.

The results of the sensitivity analyses are shown in Table 4. The reported b-values stem from equation (22).

Table 4. Sensitivity analyses related to the length effect.

Case no.	β_{cross}	Capacity			Demand			b (m)
		α_C^2	$\rho_{0,C}$	k_C (m)	α_D^2	$\rho_{0,D}$	k_D (m)	
1	3	0,06	0,5	100	0,94	0	5000	310
2	4	0,06	0,5	100	0,94	0	5000	240
3	4	0,06	0,5	100	0,94	1	-	242
4	4	0,06	0,5	100	0,94	0	5000	240
5	4	0,06	0	150	0,94	0	5000	255
6	4	0,06	0,5	150	0,94	0	5000	357
7	4	0,1	0,5	100	0,9	0	5000	187
8	4	0,02	0,5	150	0,98	0	5000	600
9	4	0,5	0	100	0,5	1	-	59
10	4	0,5	0,5	100	0,5	1	-	84
11	4	0,5	0	150	0,5	1	-	89

Table 4 illustrates the following:

1. As shown by cases 1 and 2, the length effect increases with increasing reliability indices (as it should). A reliability index of 4 is close to the target reliability (slightly conservative). This is why this reliability index has been considered in the remaining case studies.
2. As shown by cases 2 and 3, the precise autocorrelation function for demand is largely irrelevant to the length effect, as long as this variable is much more strongly spatially correlated than capacity. The length effect is most strongly influenced by (1) the relative importance of the uncertainty related to capacity and (2) the autocorrelation function of capacity.
3. As shown by cases 3, 4 and 5, the length-effect depends on the autocorrelation function of the most weakly spatially correlated variables.
4. As shown by cases 6 and 7, the length effect increases (i.e. b decreases) when the relative importance of the uncertainty related to the spatially variable stochastic variables increases (i.e. α_C^2 increases, α_D^2 decreases).
5. As shown by cases 7 and 8, the length effect decreases (i.e. b increases) when the relative importance of the uncertainty related to the strongly spatially correlated stochastic variables increases (e.i. α_D^2 increases, α_C^2 decreases).
6. Cases 9 to 11 (bottom rows) show that the same procedure leads to b=50m-100m for inputs that are more common in slope stability assessments with a dominant hydraulic load (no earthquake). These analyses illustrate why b=50m is used as a basis for cross-sectional stability assessments in the WBI (the WBI is the instrument provided by the Minister for safety assessments).

The b-values in Table 4 for seismic stability are high compared to the b-value of 50m that underlies the Dutch technical guidelines for slope stability assessments (TAW 2001). This stems from the fact that the uncertainties related to strongly spatially variable stochastic variables are more important in seismic stability analyses than in high water stability analyses, making the limit state function fluctuate more slowly along the length of the dike.

[4] The CRR referred to here concerns a local average, see also Appendix G. Correlation distances for point values are considerably shorter.

7.4.3 Comparison with earthquake damage observations to embankments

Abstract
To verify whether the use of b-values of 200m to 350 m rather than 50m is justified for deriving cross-sectional reliability requirements for seismic stability assessments, the calculated b-values have been compared to damage observations from Japan and related academic research into spatial correlations. These comparisons show that embankment failures can indeed lead to significant damages that extend over hundreds of meters. The comparisons point to even higher b-values than those shown in Table 4. The conditions underlying the Japanese case histories and the conditions in Groningen differ markedly however. Hence, while the b-values in Table 4 still appear low in the light of damage observations, the use of higher values purely on the basis of damage observations is not considered prudent.

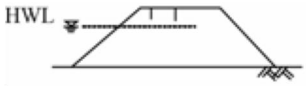
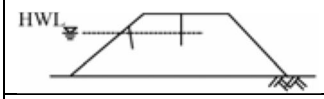
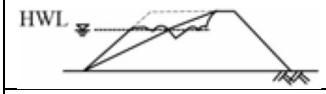
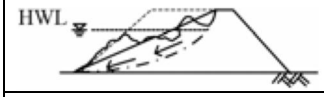
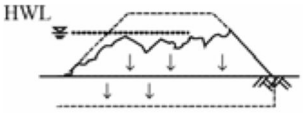
Interpreting independent, equivalent length as expected failure lengths
An independent equivalent length is often interpreted as the expected length of failures. This may not be correct, however, when the distributions of stochastic variables rest on back-analyses of case histories. Length effects are inherent to historical observations. When, for instance, liquefaction was not observed in a particular earthquake, it was not observed *anywhere* in the affected region. When distributions rest on back-calculations of case histories, the computed b-value should be interpreted as the length in which a levee is expected to fail somewhere (with a particular probability). In such cases, the computed b-value should be greater than the expected length of failures.

The distribution of the cyclic resistance ratio of sand deposits rests on an empirical relationship that originates from back-analyses of case histories. Hence, for Eemshaven, where sand deposits are critical, the computed b-value should be greater than the expected length of failures. This is different for Delfzijl. Here, laminated deposits are critical. The distribution of the cyclic resistance ratio of laminated deposits rests on laboratory tests, not back-analyses. Hence, at Delfzijl, the computed b-values should be interpretable as the expected lengths of slope failures.

The independent, equivalent length and damage observations
Sasaki and Tamura (2007) present an overview of earthquake damages to embankments in Japan from 1993 onwards (the original reports are in Japanese). Data from their publication has been summarized in Table 5 below.

The average damaged lengths in Table 5 have been calculated by dividing the total damaged lengths by the number of places where damages occurred. The severity of the damages associated with the total damaged lengths is often unclear. This is unfortunate since the length of damage depends on the (definition of the) damage state (see also Kwak et al. 2016). The average length of total collapse caused by liquefaction of the foundation in the Niigata-ken earthquake, which seems to be closest to the failure mechanism considered here, is 957 m. This clearly shows that liquefaction can lead to significant damage over considerable distances. Without accounting for the type/severity of damage, the average damaged lengths range from 317m to 1,732m.

Table 5. Overview of damages reported by Sasaki and Tamura (2007). Figures and quotes from Table 1 and Figure 2 in Sasaki and Tamura (2007).

Year	Earthquake	Severity of damage	Total damaged length (m)	No. of damaged stretches	Average damage length (m)
1993	Kushiro-oki (M=7.8)	Not clearly described ("liquefaction inside embankments, 3-d response of dike"); Kushiro river	10,100	28	361
		Not clearly described ("liquefaction inside embankments, 3-d response of dike"); Tokachi river	9,200	20	460
1993	Hokkaido Nansei-oki (M=7.8)	Not clearly described ("crest cave-in along diagonal slip plane")	6,600	18	367
1995	Hyogo-ken Nanbu (M=7.2)	Not clearly described ("separation into blocks, submerged into liquefied subsoil layer")	5,700	18	317
2000	Tottori-ken Seibu (M=7.3)	Not clearly described ("Bend of dike bottom, transverse cracks at a curvilinear part"	20,700	32	647
2003	Miyagi-ken Hokubu (M=6.4)	Not clearly described ("flow-like deformation")	Not available	66	Not available
2003	Tokachi-oki (M=8.0)	Not clearly described ("elongation of sluice gate length")	16,000	26	615
2004	Niigata-ken Chuetsu (M=6.8)	"Longitudinal cracks (shallower than H.W.L.)" 	6,997	8	875
		"Longitudinal cracks (deeper than H.W.L.)" 	449	1	449
		"Transverse cracks (shallower than H.W.L.)"	-	-	-
		"Transverse cracks (deeper than H.W.L.)" 	-	-	-
		"Slide of slope (failure of crest)" 	8,659	5	1,732
		"Total collapse of crest, no original shape remaining (liquefaction of foundation)" 	2,871	3	957

More details on the damages caused by the 1995 Hyogoken-Nanbu earthquake can be found in Matsuo (1996). According to Matsuo (1996), the Torishima dike along the Yodo-gawa was strongly impacted by the earthquake. A continuous crest settlements of 2-3 meters was observed over a distance of about 1.4 kilometers see Figure 26. This amount of crest settlement is broadly in line with the definition of the limit state considered here.

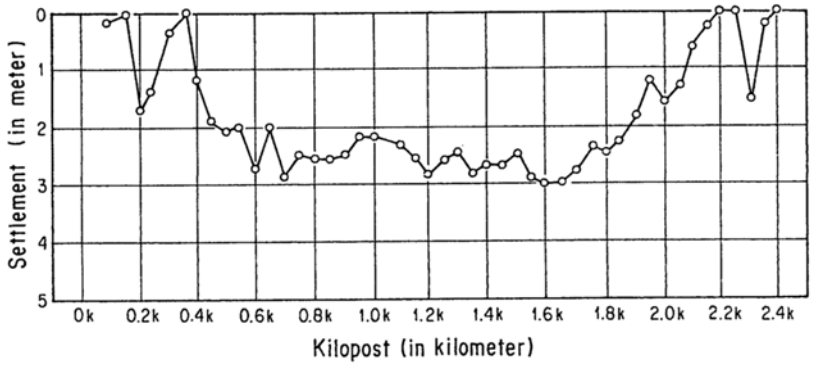


Fig. 1. Settlement of the Torishima Dike

Figure 26. Damages caused by the 1995 Hyogoken-Nanbu earthquake and a profile of observed crest settlement of the Torishima dike along the Yodo-gawa (from: Matsuo 1996).

The Japanese damage records indicate that liquefaction can lead to significant damage or collapse over lengths of a kilometer or more. It also appears that damages, irrespective of their severity, can easily extend over hundreds of meters. All average damage lengths in Table 5 far exceed 50m.

Damage observations and empirical autocorrelation functions

Observed damage lengths are influenced by the difference between capacity and demand: when design loads are strongly exceeded, damaged lengths are likely to much higher than when design loads are barely or not at all exceeded. To correct for this effect, back-analyses of the spatial pattern of damage states were performed by Kwak et al. (2016) *conditional on the seismic demands that led to these damages*. Two different fragility curves were used in these back-analyses, conditional on ground water level. Empirical autocorrelations functions of capacity were derived from the damages observed in the 2004 Niigata-ken Chuetsu earthquake and the 2007 Niigata-ken Chuetsu-oki earthquakes.

The squared exponential autocorrelation functions for capacity and demand from Kwak et al. (forthcoming) are considered here. Using the distribution of capacity and the distribution of demand *conditional on the M6.6 event*, α_C^2 is around 0.75. Results of sensitivity analyses with these autocorrelation functions are shown in Table 6.

Table 6. The calculated b-values for a M=6.4 earthquake using the empirical autocorrelation function developed by Kwak et al. (2016).

Case no.	β_{cross}	Capacity			Demand			b (m)
		α^2	ρ_0	k (m)	α^2	ρ_0	k (m)	
1	3	0,75	0	2765	0,25	0	8000	1869
2	4	0,75	0	2765	0,25	0	8000	1402

The results shown in Table 6 are in reasonable agreement with the damage reports from Table 4: the b-values are broadly in line with the average length of severe damage/collapse.

The empirical autocorrelation function of capacity developed by Kwak et al. (2016) is a property of the capacity the levee system for which it has been derived. The autocorrelation function of demand could be different from earthquake to earthquake. Using the (modified) autocorrelation function for capacity by Kwak et al. (2016), the b-values have been recalculated for several cases from Table 4. Results are shown in Table 7.

Table 7. Sensitivity analysis using an empirical autocorrelation function developed by Kwak et al. (2016).

Case no.	β_{cross}	Capacity			Demand			b (m)
		α^2	ρ_0	k (m)	α^2	ρ_0	k (m)	
1	4	0,08	0	2765	0,92	0	5000	1780
2	4	0,1	0	2765	0,9	0	5000	1780
3	4	0,02	0	2765	0,98	0	5000	1990

The b-values from Table 7 are significantly greater than the ones from Table 4. This could be because the results shown in Table 4 are conservative. It could also be, however, that the variations in the reliability of the Japanese levee systems were underestimated in the back analyses with the use of only two different fragility curves. The empirical autocorrelation function then describes the combined effect of:

1. changes in the reliability of cross-sections along the entire length of levee due (not fully accounted for by the two fragility curves) and
2. variations in material properties within homogenous lengths.

If so, the empirical autocorrelation function should be used in combination with a relatively high a-value in equation (20), i.e. a>0.033. After all, if the two fragility curves underestimate the variations in cross-sectional reliabilities, there could still be important variations within the "critical length" (= a · L). Note that a=0.033 in combination with the b-values from Table 4 (about 200-400m) leads to broadly similar cross-sectional reliability requirements to a=0.3 with the b-values from Table 7. Taking the empirical autocorrelation by Kwak et al. (forthcoming) in combination with a=0.033 would lead to target failure probabilities that are about a factor 10 greater. This would translate into a significant reduction of return periods (amongst other). Given that this research is relatively recent and has not been previously applied in projects, such a reduction in demand is not considered prudent for an assessment of a critical infrastructure like the Eemshaven-Delfzijl sea dike.

Discussion

While it is difficult to base a decision on a particular b-value purely on Japanese damage records, these records do suggest that embankment failures can extend over hundreds of meters. It also seems that b=200-350m is more realistic than b=50m.

It is important to note that the earthquakes covered by Sasaki and Tamura (2007), Matsuo (1996) and Kwak et al. (2016) had considerably greater magnitudes (M>6) than the maximum magnitude of around 5 expected in Groningen (NAM 2016). Also, soil conditions and levee designs differ in Groningen and Japan. This means that damage observations from Japan may not be entirely representative for Groningen. This is also why damage observations have been used to put the results of the "bottom-up" sensitivity analyses (Table 4) into perspective rather than the other way round.

7.4.4 Proposed b-value

Based on the results of the sensitivity analyses in Table 4 and the discussion above, a b-value of 200-350 m seems justified. The use of the lowest value from this range is proposed, i.e. b=200m. Should this still turn out to be too optimistic, the assumed 3 month repair time seems too pessimistic. This is because this month repair rests on the premise that earthquake damages may occur over several kilometers (Figure 24).

> Schade zal wellicht optreden over enkele km's. Noodreparatie kan ook bestaan uit alleen herstellen bekleding buitentalud. Groot deel dijk heeft kleikern aan buitenzijde. Een hersteltijd van 1 jaar wordt als lang beoordeeld: noodreparatie moet sneller kunnen. Een hersteltijd van 3 maanden is aannemelijker. (page 7)

Figure 27. Quotes from the minutes of the meeting of December 2015 on the length effect (in Dutch).

A repair time shorter than 3 months leads to a smaller probability of flooding in case of significant earthquake damage (i.e. $P_{F|D}$<1/10). Taken together, b=200m and $P_{F|D}$=1/10 seem to be a prudent basis for cross-sectional seismic stability assessments of the Eemshaven-Delfzijl sea dikes.

7.5 Updated cross-sectional target reliabilities

The following parameter values are proposed to characterize the length effect:

1. a = 0.033 (same as before)
2. b = 200m (before: 50m)

The impact of increasing the b-value from 50 to 200m leads to changes in the cross-sectional target reliabilities for segments 6-6 and 6-7, as shown in Table 8.

Table 8. Updated cross-sectional target reliabilities for assessing seismic stability.

Segment	Standard of protection (per year)	Cross-sectional target reliability for a=0.033 and b=50m (original, see Table 3)		Cross-sectional target reliability for a=0.033 and b=200m (proposed)	
		P_T	β_T	P_T	**β_T**
6_6 (includes Eemshaven)	1/1,000	7.64-05	3.79	2.79E-04	**3.45**
6_7 (includes Delfzijl)	1/3,000	3.02-05	4.01	1.09E-04	**3.70**

The changes in cross-sectional target reliabilities lead to a reduction of the return periods of the design values of the spectral accelerations at NSUB by about a factor 3, see also chapter 8. The changes also affect the design values of the other stochastic variables, albeit to a lesser extent. This is because their influence coefficients are relatively small.

8 Action item 5: Synthesis

8.1 From calculated FORM-influence coefficients and target reliabilities to design values

Design values have been derived on the basis of:

1. the influence coefficients obtained from FORM-analyses with the FE-model and
2. the target reliabilities from Table 8 in section 7.5, i.e. $\beta_T = 3.45$ (segment 6-6, Eemshaven) and $\beta_T = 3.70$ (segment 6-7, Delfzijl).

Table 9 and Table 10 show the cumulative probabilities of the design values that seem reasonable on the basis of the calculated FORM-influence coefficients and target reliabilities. As discussed in chapter 2, a design value can be split into a representative value and a partial factor (last two columns).

The design values in Table 9 and Table 10 all rest on influence coefficients that are greater than those obtained from FORM-analyses. The sum of squared influence coefficients on which the design values are based is an indicator of the amount of conservatism in the semi-probabilistic rule. For Eemshaven and Delfzijl, these sums are about 1.1. Recommended design values, based on Table 9 and Table 10, are shown in Table 11.

Table 9. From calculated influence coefficients and target reliability to design values. Results for the Eemshaven base case (segment 6-6).

Stochastic variable	Calculated		Possible basis for assessment					
	α^2	α	α^2	α	β_T	Cumulative probability	Representative value, quantile	Partial factor
Spectral acceleration at model base	0.732	-0.856	-	-	-	-	-	-
Spectral acceleration at NSUB	0.725	-0.851	0.81	-0.9	3.45	9.991E-01 per year	1056 year return period	1.0
Uncertainty in site response	0.007	-0.086	0.01	-0.1	3.45	0.635	50%	1.04
CRRM=7.5 in sand deposits	0.160	0.400	0.18	0.42	3.45	0.074	15%	1.09
Uncertainty related to residual strength*	0.040	0.200	0.04	0.21	3.45	0.234	50%	1.39
Model Uncertainty	0.068	0.261	0.08	0.28	3.45	0.167	50%	1.70
Total	1	-	1.12	-	-	-	-	-

** For residual strengths according to Kramer and Wang (2015).*

Table 10. From calculated influence coefficients and target reliability to design values. Results for the Delfzijl base case (segment 6-7).

Stochastic variable	Calculated		Possible basis for assessment					
	α^2	α	α^2	α	β_T	Cumulative probability	Representative value, quantile	Partial factor
Spectral acceleration at model base	0.786	-0.887	-	-	-	-	-	-
Spectral acceleration at NSUB	0.778	-0.882	0.81	-0.9	3.70	9.996E-01 per year	2290 year return period	-

Uncertainty in site response	0.008	-0.089	0.01	-0.1	3.70	0.644	50%	1.04
$CRR_{M=5.0}$ of laminated deposit	0.046	0.214	0.09	0.3	3.70	0.133	15%	1.01
Uncertainty related to residual strength*	0.018	0.134	0.03	0.16	3.70	0.277	50%	1.31
Model Uncertainty	0.150	0.387	0.17	0.41	3.70	0.070	50%	2.30
Total	1	-	1.10	-	-	-	-	-

** For residual strengths according to Kramer and Wang (2015).*

Recommended design values

The following design values are recommended for use with the Guideline for conducting dynamic effective stress analyses (Fugro 2016b).

Table 11. Recommended design values.

Stochastic variable	Representative value	Partial factor segment 6-6	Partial factor segment 6-7
Spectral acceleration at NSUB	Segment 6-6: 1100 year return period Segment 6-7: 2300 year return period	1.0	1.0
Uncertainty in site response	Median, i.e. time history amplitudes at model base, calculated on the basis of median properties ("best estimate")	1.05	1.05
CRR in sand deposits	16% quantile value of the $CRR_{M=7.5}$ from the probabilistic Boulanger & Idriss (2014) relationship for the median of local q_{c1Ncs}-values Put differently: the $CRR_{M=7.5}$ according to the "deterministic" relationship proposed by Boulanger & Idriss (2014) for the median of local q_{c1Ncs}-values.	1.10*	1.10
CRR in laminated deposits	16% quantile of the distribution of the spatial average at four cycles (regional data set)	1.0	1.0
Uncertainty related to residual strength in sand deposits **	Median, i.e. $(\varepsilon_{lnSu/p'})_{rep} = 1$	1.4 on $(S_{u/p'})_{rep}$, see equation (26)	1.4 on $(S_{u/p'})_{rep}$, see equation (26)
Uncertainty related to residual strength in laminated deposits **	Median, i.e. $(\varepsilon_{lnSu/p'})_{rep} = 1$	1.3 on $(S_{u/p'})_{rep}$, see equation (26)	1.3 on $(S_{u/p'})_{rep}$, see equation (26)
Model Uncertainty	Median, i.e. the computed crest settlement from an unbiased model	1.7	2.3

* *This is broadly equivalent to the use of a 25% quantile of qc1Ncs together with the deterministic Boulanger & Idriss (2014) relationship between qc1Ncs and CRR, which is more conservative than the 33% quantile proposed by Boulanger & Montgomery (2016) for cases like these where the dimensions of relevant deformations far exceed the sale of fluctuation.*

** *For residual strengths according to Kramer and Wang (2015).*

The design value of residual strength can be calculated using:

$$\left(\frac{Su}{p'}\right)_d = \frac{exp\left(-8.444 + 0.109\,(N_1)_{60} + 5.379\,p'^{0.1}\right)}{\gamma_{res}\,p'} \quad (26)$$

with γ_{res}=1.4 (sand deposit) or γ_{res}=1.3 (laminated deposit) and $(N_1)_{60}$ according to Idriss & Boulanger (2008):

$$(N_1)_{60} = 46 \cdot (0.478\,q_{c1N}^{0.264} - 1.063)^2 \quad (27)$$

where:

$(Su/p')_d$ Design value of normalized residual strength (-)
p' Initial effective vertical stress (atm)
$(N_1)_{60}$ Normalized SPT blow count (-), median value
q_{c1N} Normalized cone tip resistance (-)

8.2 Uncertainty related to motions

The following procedure is recommended for dealing with the uncertainty related to motions (see also Appendix H):

1. Select 11 independent motions with appropriate seismological characteristics (e.g. amplitude, frequency content and duration).
2. Compute crest settlements for each motion using the design values from Table 11.
3. Analyze the results: outliers should be understood.
4. The (subjective) probability that the crest settlement for a randomly selected motion exceeds the limit state should be less than 25%. If, for instance, all 11 motions are considered to be equally likely, the limit state should not be exceeded for more than 2 motions.

Note that it might be incorrect to treat the 11 motions as equally likely or to assume that the 11 selected motions span the entire set of possible motions. In some cases, it might be reasonable to assign low subjective probabilities to particular motions or to treat the 11 motions as members of a subset of relatively pessimistic motions.

8.3 Uncertainty related to stratigraphy

The uncertainty related to stratigraphy can be dealt with as follows:

1. consider a conservative, realistic stratigraphy,
2. carry out sensitivity analyses,
3. make an informed judgment.

A more rigorous procedure for dealing with uncertainty related to stratigraphy is given by ENW (2012). It is summarized in Appendix H (for motions, not stratigraphies). This procedure is laborious, however, since it involves a large number of evaluations of the limit state function.

8.4 Sea level (load combination)

The combination of a severe earthquake and an extremely high or low sea level is unlikely because water levels and earthquakes are uncorrelated and because both types of events have relatively short durations. Note that a higher water level on the sea side need not be conservative. It is recommended to use as a design sea level, whichever of the following is the most conservative:

1. the water level that is expected to be exceeded once a year (1 year return period) or
2. the low tide.

References

Van Balen, W. et al., 2016. *Hydra-Ring 2.0, Probabilistics toolbox for the WTI2017, Technical Reference Manual*, Deltares, report no. 1230088-DSC-0072.

Bazzurro & Cornell, 2004. Nonlinear Soil-Site Effects in Probabilistic Seismic-Hazard Analysis. *Bulletin of the Seismological Society of America*, 94(6), pp.2110–2123.

Bommer, J.J. et al., 2015. *Development of Version 2 GMPEs for Response Spectral Accelerations and Significant Durations from Induced Earthquakes in the Groningen Field* November 2. J. Van Elk & D. Doornhof, eds., NAM.

Boulanger, R.W. & Idriss, I.M., 2014. *CPT and SPT based liquefaction triggering procedures*, Report No. UCD/CGM-14/01, Center for Geotechnical Modeling, Department of Civil & Environmental Engineering, College of Engineering, University of California at Davis.

Boulanger, R.W. & Montgomery, J., 2016. Nonlinear deformation analyses of an embankment dam on a spatially variable liquefiable deposit. *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, 91, pp.222–233. Available at: http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S026772611630104X.

Boulanger, R.W. & Montgomery, J., 2015. Nonlinear Deformation Analyses of an Embankment Dam on a Spatially Variable Liquefiable Deposit. In *6th International Conference on Earthquake Geotechnical Engineering*. Christchurch, New Zealand.

Calle, E.O.F., 2007. Statistiek bij Regionale Proevenverzamelingen deel 1. *Geotechniek*, July.

Calle, E.O.F., 2008. Statistiek bij Regionale Proevenverzamelingen deel 2. *Geotechniek*, Januari.

Calle, E.O.F. & Barends, F.B.J., 1990. *PROSTAB een computerprogramma voor probabilistische analyse van stabiliteit van taluds*, Grondmechanica Delft, CO-266484/32.

Deltares, 2017. *LPI screening for the Eemshaven-Delfzijl levee*, Deltares report no. 1220173-024-GEO-0067, version 3.

ENW, 2012. *Technisch Rapport Grondmechanisch Schematiseren bij Dijken*, Expertisenetwerk Waterveiligheid.

Expert Panel, 2016. *Expert Panel Report*, 2 December 2016. Letter addressed to E. van Dijk by Chacko, J. Green, R.A. Kramer, S.L. Towhata, I.

Fugro, 2016a. *Evaluation of dynamic stability Eemshaven-Delfzijl levee, The Netherlands*, Fugro, 2 December 2016, contract no. 1016-0459-000.

Fugro, 2016b. *Guidelines for dynamic effective stress finite element analyses Eemshaven-Delfzijl levee Groningen, the Netherlands*, Fugro, 10 August 2016, 1st issue, Contract No. 1016-0459-000.

Fugro, 2016c. *Interpretive report, Delfzijl / Eemshaven Levee Project in Groningen, the Netherlands, prepared for Nederlandse Aardolie Maatschappij B.V.* November.,

Green, R. et al., 2016. *Unbiased Cyclic Resistance Ratio Relationships for Evaluating Liquefaction Potential in Groningen*,

Idriss, I.M. & Boulanger, R.W., 2008. *Soil liquefaction during earthquakes*, EERI monograph MNO-12, Earthquake Engineering Research Institute.

Itasca, 2011. *Fast Lagrangian Analysis of Continua (FLAC2D)*, Version 6.0.

Jongejan, R.B., 2012. *Het lengte-effect in een statistisch homogeen vak*, Memorandum, 11 February 2012, Jongejan RMC.

Jongejan, R.B. & Maaskant, B., 2015. Quantifying Flood Risks in the Netherlands. *Risk Analysis*, 35(2), pp.252–264. Available at: http://doi.wiley.com/10.1111/risa.12285.

Kramer, S.L. & Wang, C.-H., 2015. Empirical Model for Estimation of the Residual Strength of Liquefied Soil. *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering*, 141(9), p.4015038. Available at: http://ascelibrary.org/doi/10.1061/%28ASCE%29GT.1943-5606.0001317.

Kwak, D.Y. et al., Methods for Probabilistic Seismic Levee System Reliability Analysis. In *Georisk 2017*.

Kwak, D.Y. et al., 2016. Seismic Levee System Fragility Considering Spatial Correlation of Demands and Component Fragilities. *Earthquake Spectra*, 32(4), pp.2207–2228. Available at: http://earthquakespectra.org/doi/10.1193/083115EQS132M.

Matsuo, O., 1996. Damage to river dikes. *Soils and Foundations*, (Special issue, January 1996), pp.235–240.

Montgomery, J., 2015. *Issues in nonlinear deformation analysis of embankment dams affected by liquefaction*. University of California, Davis.

NAM, 2016. Toelichting resultaten Mmax-workshop.

Robertson, P.K., 1990. Soil classification using the cone penetration test. *Canadian Geotechnical Journal*, 27(1), pp.151–58.

Sasaki, Y. & Tamura, K., 2007. Failure mode of embankments due to recent earthquakes in Japan. In *4th International Conference on Earthquake Geotechnical Engineering, June 25028, 2007*. Thessaloniki, Greece: Paper No.1479.

Stewart, J., Afshari, K. & Hashash, Y.M., 2014. *Guidelines for Performing Hazard-Consistent One-Dimensional Ground Response Analysis for Ground Motion*, Pacific Earthquake Engineering Research Center.

TAW, 1989. *Leidraad voor het ontwerpen van rivierdijken deel 2 benedenrivierengebied*, Technische Adviescommissie voor de Waterkeringen.

TAW, 2001. *Technisch Rapport Waterkerende Grondconstructies; Geotechnische aspecten van dijken, dammen en boezemkaden*, Technische Adviescommissie voor de Waterkeringen.

USACE, 2013. *Engineering and design of I-Walls*, Washington, DC.

Vanmarcke, E., 2011. Risk of Limit-Equilibrium Failure of Long Earth Slopes: How It Depends on Length. In *Georisk 2011*. Reston, VA: American Society of Civil Engineers, pp. 1–24.

VanMarcke, E.., 1977. Reliability of Earth Slopes. *Journal of the Geotechnical Engineering Division*, 103(11), pp.1247–1265.

Vrouwenvelder, T., 2006. Spatial effects in reliability analysis of flood protection systems. In *Second IFED Forum*. Lake Louise, Canada.

Vrouwenvelder, T. & Calle, E., 2003. Measuring Spatial Correlation of Soil Properties. *Heron*, 48(4).

Appendix A First Order Reliability Method (FORM)

FORM is an efficient, approximate technique for computing probabilities of failure. In this appendix, a brief overview is given of the steps in a FORM analysis, together with an example.

FORM step by step
FORM is an iterative procedures that requires only few evaluations of a limit state function compared to e.g. Monte Carlo simulation. FORM calculation involves the following steps:

Step 1: Select start values
Select values for the stochastic variables for the evaluation of the limit state function (Z). Note: Z<0 implies failure, Z>0 implies the opposite.

Step 2: Calculate partial derivatives
Calculate the partial derivatives of the limit state function with respect to the different stochastic variables. This can be done by perturbing input values or by looking at the results of sensitivity analyses that have already been carried out.

Step 3: Transform all non-normally distributed variables to normally distributed variables.
This can be done on the basis of the following equations:

$$\sigma_{Xnorm,i} = \varphi\{ \Phi^{-1}(F_{X,i}(X_{i,0})) \} / f_{X,i}(X_{i,0}) \quad (28)$$

$$\mu_{Xnorm,i} = X_{i,0} - \Phi^{-1}(F_{X,i}(X_{i,0})) \cdot \sigma_{Xnorm,i} \quad (29)$$

Where:
$\sigma_{Xnorm,i}$ Standard deviation
$\mu_{Xnorm,i}$ Expected value
$\varphi(\cdot)$ Standard normal probability density function
$\Phi(\cdot)$ Standard normal distribution function
$F_{X,i}(X_{i,0})$ Cumulative distribution function of variable X_i, evaluated at $X_{i,0}$
$f_{X,i}(X_{i,0})$ Probability density function of variable X_i, evaluated at $X_{i,0}$

To check the end-result, the cumulative probabilities of $F_{X,i}(X_{i,0})$ and $\Phi(\sigma_{Xnorm,i}/\mu_{Xnorm,i})$ could be compared. These should be identical. The same should hold true for the probability densities.

Step 4: Calculate the standard deviation and expected value of the (normalized) limit state function
The standard deviation follows from:

$$\sigma_Z = (\Sigma (\partial Z/\partial X_i \cdot \sigma_{Xnorm,i})^2)^{1/2} \quad (30)$$

Where:
$\partial Z/\partial X_i$ Partial derivative of the limit state function with respect to stochastic variable X_i, evaluated at $X_{i,0}$.

The expected value follows from:

$$\mu_Z = Z(\underline{X_0}) + \Sigma\{\partial Z/\partial X_i \cdot (\mu_{Xnorm,i} - X_{i,0})\} \quad (31)$$

Where:
$\underline{X_0}$ Vector of the start values of all stochastic variables

Step 6: Calculate influence coefficients and reliability index
The influence coefficients follow from the product of the partial derivatives and the standard deviations from step 3.

$$\alpha_{Xi} = (\partial Z/\partial X_i \cdot \sigma_{Xnorm,i}) / \sigma_Z \quad (32)$$

The reliability index follows from:

$$\beta = \sigma_Z / \mu_Z \quad (33)$$

Step 6: Repeat steps 2-5, starting from the expected design point
The previous steps should be repeated until convergences is obtained. This can be done through successive substitution, i.e. by using the quantile values corresponding to the computed β and α-values as the start values for the next FORM iteration. The resulting reliability index is related to the probability of failure as follows:

$$P(F) = \Phi(-\beta) \quad (34)$$

The accuracy of a FORM computation can be checked by e.g. a Monte Carlo simulation. For a linear limit state function with independent, normally distributed variables, FORM yields the exact same result as MC or numerical integration.

Example
The following code could be run in e.g. Matlab or Octave. It concerns a simple, hypothetical limit state function with two lognormally distributed variables: demand and capacity. Note: the lognormally distributed variables are given here by the normal distributions of their natural logarithms. This is why normalization does not play a role here.

```
function [ Z ] = Z(x1,x2)

Z = exp(x2) - exp(x1);

endfunction
```

```
function [ ] = FORM(n)
% n = Number of FORM iterations, e.g. n=50 (increase until convergence is reached)

fun = "Z";      % here: Z = C - D

%% Distributions of stochastic variables
median_D    = 50;           % D = Demand
mu_lnD      = log(median_D);
sd_lnD      = 0.4;

median_C    = 200;        %C = Capacity
mu_lnC      = log(median_C);
sd_lnC      = 0.40;

%% Rename
mu1         = mu_lnD;
sd1         = sd_lnD;
mu2         = mu_lnC;
sd2         = sd_lnC;

%% Select start values for FORM iterations
x1(1)  = mu1;
x2(1)  = mu2;
```

```
%% Select parameter values for FORM iterations
r  = 0.8;            % relaxation factor: this factor helps to arrive at the design point in a more gentle manner
dx = 0.001;          % perturbation for computing partial derivatives

%% FORM iterations
for i = 2:n;
    dZ_dx1(i)     = ( feval( "Z", x1(i-1)+dx , x2(i-1) ) - feval( "Z", x1(i-1) , x2(i-1)) ) / dx;
    dZ_dx2(i)     = ( feval( "Z", x1(i-1) , x2(i-1)+dx ) - feval( "Z", x1(i-1) , x2(i-1)) ) / dx;

    mu_Z(i)  = feval(fun,x1(i-1),x2(i-1)) + ( dZ_dx1(i)*(mu1-x1(i-1)) + dZ_dx2(i)*(mu2-x2(i-1)) );

    sd_Z(i)   = sqrt( (dZ_dx1(i) * sd1)^2 + (dZ_dx2(i) * sd2)^2 );

    Beta(i)   = mu_Z(i)/sd_Z(i);

    a1(i)     = - dZ_dx1(i) * sd1 / sd_Z(i);
    a2(i)     = - dZ_dx2(i) * sd2 / sd_Z(i);

    x1d(i)    = mu1 + a1(i)*Beta(i)*sd1;
    x2d(i)    = mu2 + a2(i)*Beta(i)*sd2;

    x1(i)     = r*x1(i-1)+(1-r)*x1d(i);
    x2(i)     = r*x2(i-1)+(1-r)*x2d(i);
endfor

Beta   = Beta(n)
Pf     = normcdf(-Beta)

alpha_D = a1(n)
alpha_C = a2(n)


%% Check FORM results
% The limit state function should be equal to zero in the design point:
Z = feval( "Z", x1(n),x2(n))

% The probability of failure can also be computed using Monte Carlo simulation:
Pf_MC   = sum( exp(normrnd(mu1,sd1,1e7,1)) > exp(normrnd(mu2,sd2,1e7,1)) ) /1e7
```

In this case, FORM gives a failure probability of 0.0071. Monte Carlo gives practically the same result. The number of evaluations of the limit state function is several orders of magnitude smaller when using FORM, however.

For normalizing a Weibull distributed variable:

```
pdf_x = wblpdf( x, scale , shape );
cdf_x = wblcdf( x, scale , shape );

sd = normpdf( norminv( cdf_x ) ) / pdf_x;
mu = x - norminv( cdf_x ) * sd;
```

Indices have to be added to the x-values when this piece of code is placed within the FORM-loop shown above.

Appendix B Design point values

An overview of the **cumulative probabilities** of the design point values of capacity variables (α>0) is given below, together with the *exceedance probabilities* of demand variables (α<0), for a range of reliability indices.

α	**Reliability index β**								
	3	**3,2**	**3,4**	**3,6**	**3,8**	**4**	**4,2**	**4,4**	**4,6**
1,00	**1,35E-03**	**6,87E-04**	**3,37E-04**	**1,59E-04**	**7,23E-05**	**3,17E-05**	**1,33E-05**	**5,41E-06**	**2,11E-06**
0,95	**2,19E-03**	**1,18E-03**	**6,19E-04**	**3,13E-04**	**1,53E-04**	**7,23E-05**	**3,30E-05**	**1,46E-05**	**6,21E-06**
0,90	**3,47E-03**	**1,99E-03**	**1,11E-03**	**5,98E-04**	**3,13E-04**	**1,59E-04**	**7,84E-05**	**3,75E-05**	**1,74E-05**
0,85	**5,39E-03**	**3,26E-03**	**1,93E-03**	**1,11E-03**	**6,19E-04**	**3,37E-04**	**1,78E-04**	**9,20E-05**	**4,61E-05**
0,80	**8,20E-03**	**5,23E-03**	**3,26E-03**	**1,99E-03**	**1,18E-03**	**6,87E-04**	**3,90E-04**	**2,16E-04**	**1,17E-04**
0,75	**1,22E-02**	**8,20E-03**	**5,39E-03**	**3,47E-03**	**2,19E-03**	**1,35E-03**	**8,16E-04**	**4,83E-04**	**2,80E-04**
0,70	**1,79E-02**	**1,25E-02**	**8,66E-03**	**5,87E-03**	**3,91E-03**	**2,56E-03**	**1,64E-03**	**1,04E-03**	**6,41E-04**
0,65	**2,56E-02**	**1,88E-02**	**1,36E-02**	**9,64E-03**	**6,76E-03**	**4,66E-03**	**3,17E-03**	**2,12E-03**	**1,39E-03**
0,60	**3,59E-02**	**2,74E-02**	**2,07E-02**	**1,54E-02**	**1,13E-02**	**8,20E-03**	**5,87E-03**	**4,15E-03**	**2,89E-03**
0,55	**4,95E-02**	**3,92E-02**	**3,07E-02**	**2,39E-02**	**1,83E-02**	**1,39E-02**	**1,04E-02**	**7,76E-03**	**5,70E-03**
0,50	**6,68E-02**	**5,48E-02**	**4,46E-02**	**3,59E-02**	**2,87E-02**	**2,28E-02**	**1,79E-02**	**1,39E-02**	**1,07E-02**
0,45	**8,85E-02**	**7,49E-02**	**6,30E-02**	**5,26E-02**	**4,36E-02**	**3,59E-02**	**2,94E-02**	**2,39E-02**	**1,92E-02**
0,40	**1,15E-01**	**1,00E-01**	**8,69E-02**	**7,49E-02**	**6,43E-02**	**5,48E-02**	**4,65E-02**	**3,92E-02**	**3,29E-02**
0,35	**1,47E-01**	**1,31E-01**	**1,17E-01**	**1,04E-01**	**9,18E-02**	**8,08E-02**	**7,08E-02**	**6,18E-02**	**5,37E-02**
0,30	**1,84E-01**	**1,69E-01**	**1,54E-01**	**1,40E-01**	**1,27E-01**	**1,15E-01**	**1,04E-01**	**9,34E-02**	**8,38E-02**
0,25	**2,27E-01**	**2,12E-01**	**1,98E-01**	**1,84E-01**	**1,71E-01**	**1,59E-01**	**1,47E-01**	**1,36E-01**	**1,25E-01**
0,20	**2,74E-01**	**2,61E-01**	**2,48E-01**	**2,36E-01**	**2,24E-01**	**2,12E-01**	**2,00E-01**	**1,89E-01**	**1,79E-01**
0,15	**3,26E-01**	**3,16E-01**	**3,05E-01**	**2,95E-01**	**2,84E-01**	**2,74E-01**	**2,64E-01**	**2,55E-01**	**2,45E-01**
0,10	**3,82E-01**	**3,74E-01**	**3,67E-01**	**3,59E-01**	**3,52E-01**	**3,45E-01**	**3,37E-01**	**3,30E-01**	**3,23E-01**
0,05	**4,40E-01**	**4,36E-01**	**4,33E-01**	**4,29E-01**	**4,25E-01**	**4,21E-01**	**4,17E-01**	**4,13E-01**	**4,09E-01**
0,00	**5,00E-01**	**5,00E-01**	**5,00E-01**	**5,00E-01**	**5,00E-01**	**5,00E-01**	**5,00E-01**	**5,00E-01**	**5,00E-01**
-0,05	*4,40E-01*	*4,36E-01*	*4,33E-01*	*4,29E-01*	*4,25E-01*	*4,21E-01*	*4,17E-01*	*4,13E-01*	*4,09E-01*
-0,10	*3,82E-01*	*3,74E-01*	*3,67E-01*	*3,59E-01*	*3,52E-01*	*3,45E-01*	*3,37E-01*	*3,30E-01*	*3,23E-01*
-0,15	*3,26E-01*	*3,16E-01*	*3,05E-01*	*2,95E-01*	*2,84E-01*	*2,74E-01*	*2,64E-01*	*2,55E-01*	*2,45E-01*
-0,20	*2,74E-01*	*2,61E-01*	*2,48E-01*	*2,36E-01*	*2,24E-01*	*2,12E-01*	*2,00E-01*	*1,89E-01*	*1,79E-01*
-0,25	*2,27E-01*	*2,12E-01*	*1,98E-01*	*1,84E-01*	*1,71E-01*	*1,59E-01*	*1,47E-01*	*1,36E-01*	*1,25E-01*
-0,30	*1,84E-01*	*1,69E-01*	*1,54E-01*	*1,40E-01*	*1,27E-01*	*1,15E-01*	*1,04E-01*	*9,34E-02*	*8,38E-02*
-0,35	*1,47E-01*	*1,31E-01*	*1,17E-01*	*1,04E-01*	*9,18E-02*	*8,08E-02*	*7,08E-02*	*6,18E-02*	*5,37E-02*
-0,40	*1,15E-01*	*1,00E-01*	*8,69E-02*	*7,49E-02*	*6,43E-02*	*5,48E-02*	*4,65E-02*	*3,92E-02*	*3,29E-02*
-0,45	*8,85E-02*	*7,49E-02*	*6,30E-02*	*5,26E-02*	*4,36E-02*	*3,59E-02*	*2,94E-02*	*2,39E-02*	*1,92E-02*
-0,50	*6,68E-02*	*5,48E-02*	*4,46E-02*	*3,59E-02*	*2,87E-02*	*2,28E-02*	*1,79E-02*	*1,39E-02*	*1,07E-02*
-0,55	*4,95E-02*	*3,92E-02*	*3,07E-02*	*2,39E-02*	*1,83E-02*	*1,39E-02*	*1,04E-02*	*7,76E-03*	*5,70E-03*
-0,60	*3,59E-02*	*2,74E-02*	*2,07E-02*	*1,54E-02*	*1,13E-02*	*8,20E-03*	*5,87E-03*	*4,15E-03*	*2,89E-03*
-0,65	*2,56E-02*	*1,88E-02*	*1,36E-02*	*9,64E-03*	*6,76E-03*	*4,66E-03*	*3,17E-03*	*2,12E-03*	*1,39E-03*
-0,70	*1,79E-02*	*1,25E-02*	*8,66E-03*	*5,87E-03*	*3,91E-03*	*2,56E-03*	*1,64E-03*	*1,04E-03*	*6,41E-04*
-0,75	*1,22E-02*	*8,20E-03*	*5,39E-03*	*3,47E-03*	*2,19E-03*	*1,35E-03*	*8,16E-04*	*4,83E-04*	*2,80E-04*
-0,80	*8,20E-03*	*5,23E-03*	*3,26E-03*	*1,99E-03*	*1,18E-03*	*6,87E-04*	*3,90E-04*	*2,16E-04*	*1,17E-04*
-0,85	*5,39E-03*	*3,26E-03*	*1,93E-03*	*1,11E-03*	*6,19E-04*	*3,37E-04*	*1,78E-04*	*9,20E-05*	*4,61E-05*
-0,90	*3,47E-03*	*1,99E-03*	*1,11E-03*	*5,98E-04*	*3,13E-04*	*1,59E-04*	*7,84E-05*	*3,75E-05*	*1,74E-05*
-0,95	*2,19E-03*	*1,18E-03*	*6,19E-04*	*3,13E-04*	*1,53E-04*	*7,23E-05*	*3,30E-05*	*1,46E-05*	*6,21E-06*
-1,00	*1,35E-03*	*6,87E-04*	*3,37E-04*	*1,59E-04*	*7,23E-05*	*3,17E-05*	*1,33E-05*	*5,41E-06*	*2,11E-06*

Appendix C Uncertainty in site response analysis up to the model base

The following memo has been reviewed by J. Bommer and A. Rodriguez Marek.

To: **Julian Bommer and Adrian Rodriguez-Marek**

Copy: **Sjoerd de Wit, Jan Van Elk, Edith Van Dijk; NAM**

From: **Amalia Giannakou, Panagiotis Georgarakos and Jacob Chacko; Fugro**

Subject: Estimation of Amplification Factor from top of Bedrock to Base of 2D Finite Element Models of Eemshaven-Delfzijl Levee, Groningen, The Netherlands

---

Introduction and Background

Gas-extraction-induced earthquakes occur in the Groningen area. Consequently earthquake effects are to be considered in the levee reconstruction program for the Eemshaven-Delfzijl levee. In particular the presence of potentially liquefiable Holocene tidal deposits (i.e. the so-called "wadzand" deposits) underlying parts of the Eemshaven-Delfzijl levee have raised the issue of liquefaction-induced instability. Since the effect of liquefaction on structures and liquefaction-induced deformations cannot easily be assessed using simplified techniques, the dynamic stability of the levee at two locations was evaluated by Fugro using advanced numerical procedures. The 2D dynamic analyses were conducted using nonlinear, fully coupled, effective stress models (Fugro 2016). The 2D FE models extend from the top of levee to El. -30 m NAP at the Eemshaven area and to El. -20m NAP at the Delfzijl area (Figure 1). The results of the analyses were presented at the Liquefaction Expert Panel during the Workshop in Amsterdam (November 17th-18th 2016).

An effort is currently underway to:

- Characterize the uncertainties related to the input and output of the 2D FE dynamic analyses model (i.e. coupled, effective stress FEM)
- Perform FORM analysis using the 2D FE dynamic analyses model; and
- Make an informed decision about design values including length effects that contribute to the design return period.

For Step 1 above it is necessary to specify distributions for the different stochastic variables that affect the problem. The main stochastic variables associated with the seismic demand that is used as input in the 2D FE model include:

- the spectral acceleration at NSUB and
- the Amplification Factor from top of rock (NSUB) to the base of the 2D FE models (currently at El. -30 m and -20 m NAP).

Design spectra provided by KNMI were used to define the seismic demand at the top of NSUB for the design return period. For the estimation of the distribution of spectral acceleration values at top of NSUB, the seismic hazard curve for T=0.85sec at the top of NSUB is used. The seismic hazard curve is approximated with a logarithmic probability density function and this distribution is used in the FORM analyses.

In addition to the spectral acceleration at the top of bedrock (NSUB) the amplification of the ground motion from the top of bedrock to the base of the 2D FE models (i.e. NAP -30 m and -20 m) needs to also be considered. In the V2 Groningen report (Bommer et al 2015), only the Amplification Factor from top of rock to the ground surface is provided (Equations ES.15 and Es.16).

This project memorandum presents a methodology to derive estimates of amplification factor from top of rock (NSUB) to the base of the FE models (NAP -30 m and -20 m) following the procedure of Stewart et al (2014).

Proposed Approach

For the estimation of the amplification factor at the base of the 2D FE models we have followed the approach of Stewart et al (2014) for fitting ground response analysis results to a site amplification function.

1D equivalent linear site response analyses were performed at select locations along the levee to propagate the motion from the top of NSUB to the base of the 2D FE model. The deep shear wave velocity profiles provided by Professor Rodriguez-Marek in an email dated October 4th 2016 were used (Vs_profiles_levee_csv_mod_with corrected u0_20160902_GdL_ARM.xlsx).

Equivalent linear site response analyses were performed for different amplitudes of input motions. Results of the site response analyses were regressed using the following functional form:

$$\ln \overline{Y}(f) = f_1 + f_2 \ln\left(\frac{x_{IMref} + f_3}{f_3}\right)$$

and constraining f_3 to a value of 0.5, the same value used in Bommer et al (2015). Regression of the site response analyses results was performed to estimate f_1 and f_2 factors. For the estimation of f_1 (which represents weak-motion (linear) amplification) site response analyses were performed for an input PGA amplitude of 0.01g. The amplification factor at the base of the FE models was defined as the ratio of the outcrop motion at NAP -20 m (or -30m) to the outcrop motion at the top of NSUB.

Estimation of Amplification Factor from NSUB to Base of 2D FE Model

This section presents example results for the Delfzijl area using the approach described above. Site response analyses were performed at the Delfzijl side of the levee using 7 ground motions with 2 horizontal components matched to the normalized target spectrum at top of NSUB. Ground motions were scaled to PGA values of 0.01g, 0.1g, 0.16g, 0.2g, 0.3g 0.4g, and 0.5g to obtain amplification factors at multiple hazard levels. The estimated V_{s30} value below -20m NAP is 288 m/s. Figure 2 presents regression results of the amplification factor using $f_1 = 0.67$, $f_2 = -0.49$ and $f_3 = 0.5$.

Figure 2 presents the mean amplification factor between top of NSUB and El – 20 m. No site specific geotechnical data are available below NAP -20 m and the deep velocity profiles at the Delfzijl side (i.e. between NAP -20m to top of NSUB) are almost the same. Much of the site to site variability is thus expected to be related to the soils above NAP -20 meters. The minimum value of the standard deviation for site-to-site variability for amplification ratios between NSUB and the ground surface is constrained to 0.2 in Bommer et al (2015). When we compare the variation in amplification ratios between NSUB and the ground surface from 9 different profiles in the Delfzijl area, we estimate a standard deviation of 0.2, which is associated largely with variability above El. -20 meters. Therefore we propose to reduce the standard deviation for site-to-site variability in amplification ratios between top of NSUB and the base of the FE models to 0.1 (in natural log units).

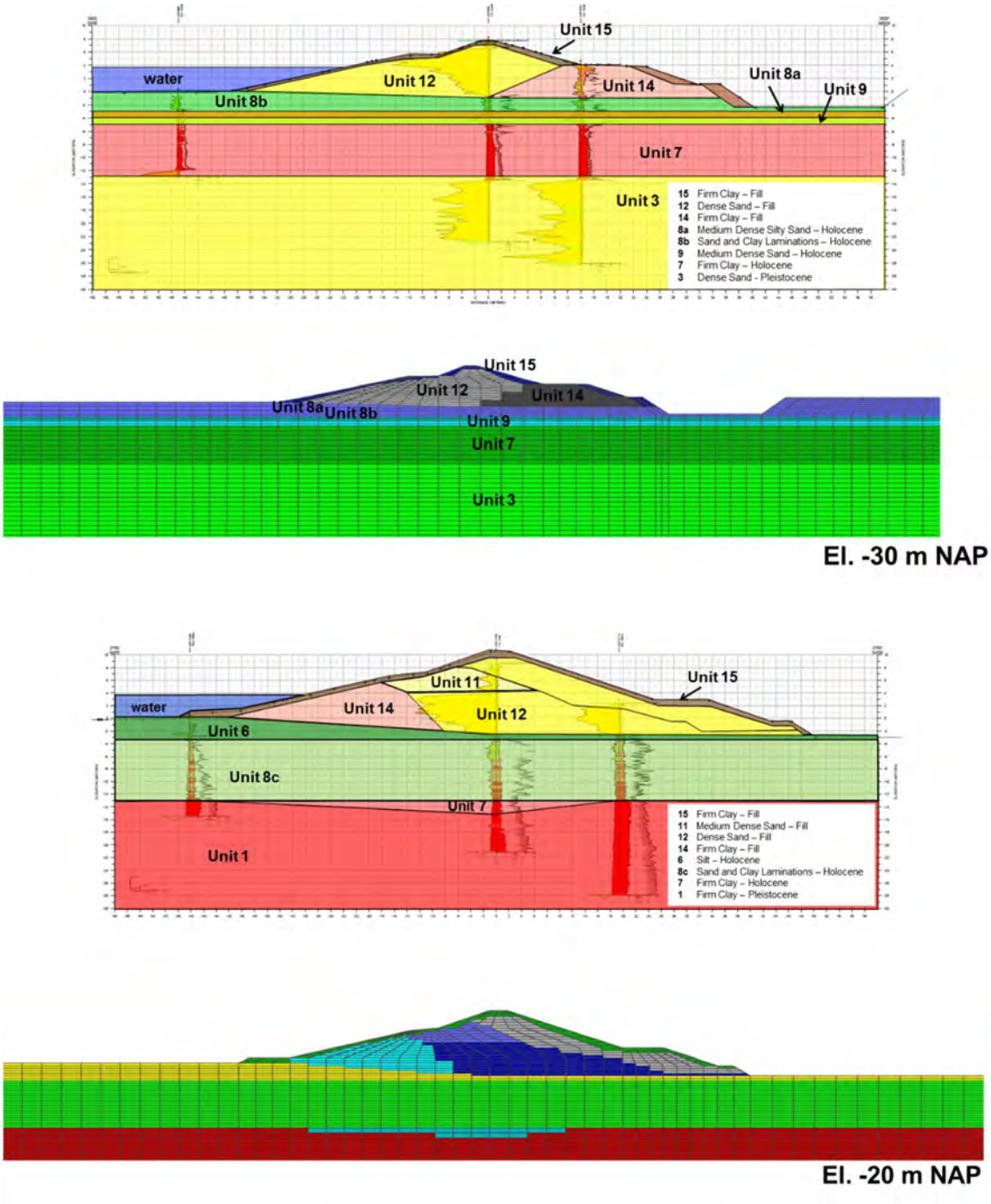


Figure 1. FE models at Eemshaven (upper illustration) and Delfzijl (lower illustration) side of the levee.

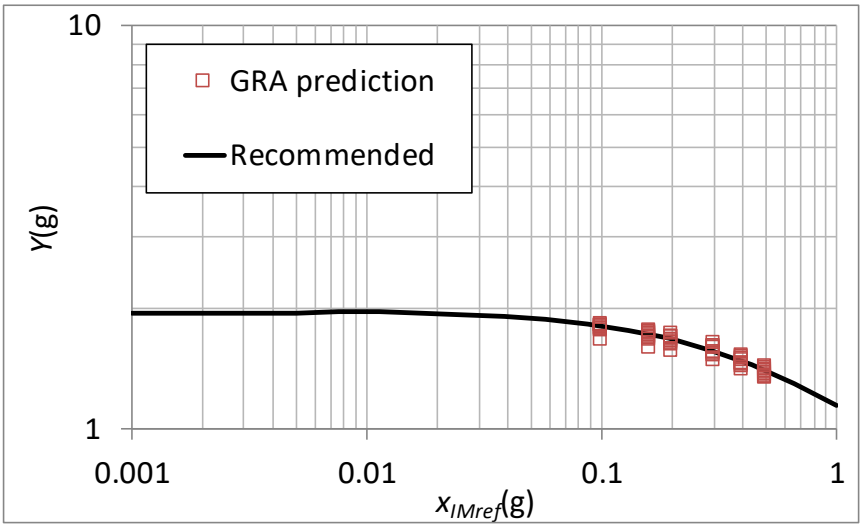


Figure 2. Mean amplification values for Sa (0.85 sec) from GRA and mean fit using equation above with f_3 fixed at 0.5.

The resulting equation for the mean amplification factor from top of NSUB to NAP-20 m is shown below:

$$\ln(AF) = 0.67 - 0.49\ln[(SaNU_B, g + 0.5)/0.5]$$

The proposed standard deviation of the amplification function is 0.1 (ln units).

References

Bommer, J.J., Dost B., Edwards B., Kruiver P.P., Meijers P., Ntinalexis M., Polidoro B., Rodriguez-Marek A. and Stafford P.J. (2015) "Development of Version 2 GMPEs for Response Spectral Accelerations and Significant Durations from Induced Earthquakes in the Groningen Field", Report Groningen Seismic Hazard and Risk Assessment Model.

Fugro (2016) "Evaluation of Dynamic Stability Eemshaven-Delfzijl Levee, the Netherlands", prepared for NAM, December 2016

Stewart J.P and Hashash, Y. M. A. (2014). "Guidelines for Performing Hazard-Consistent One-Dimensional Ground Response Analysis for Ground Motion Prediction," PEER Report 2014/16, October 2014.

Note: The coefficients for Eemshaven are f_1 = 0.37, f_2 = -0.32, f_3 = 0.5 and ϕ = 0.1.

Appendix D Cyclic Resistance of Laminated Deposits

The following memo has been prepared by Fugro on January 31st 2017 and has been revised on February 10th to address comments by Professor S. Kramer

INTRODUCTION AND BACKGROUND

Gas-extraction-induced earthquakes occur in the Groningen area. Consequently earthquake effects are to be considered in the levee reconstruction program for the Eemshaven-Delfzijl levee. In particular the presence of potentially liquefiable Holocene tidal deposits (i.e. the so-called "wadzand" deposits) underlying parts of the Eemshaven-Delfzijl levee have raised the issue of liquefaction-induced instability.

In order to estimate the liquefaction triggering resistance of these deposits empirical procedures based on measured CPT tip resistance were used (i.e. Boulanger and Idriss 2014) as well as a series of advanced cyclic laboratory tests on "undisturbed" samples (Fugro 2016a). As discussed in Fugro (2016b) although liquefaction triggering resistance from CPT measurements in uniform sand deposits compared reasonably well with cyclic laboratory test results on "undisturbed" samples from uniform sands (differences in results were mainly attributed to effects of sample disturbance resulting to loosening of samples tested in the lab), liquefaction triggering resistance from CPT measurements in laminated deposits appear to underestimate the triggering resistance of these deposits when compared to results from cyclic laboratory tests on laminated "undisturbed" samples. This is most likely due to the significant influence of the clay layers on the CPT tip resistance measured within the thin "sandwiched" sand layers whose thickness is less than 10 to 20 cm in thickness.

Laminated deposits are mostly present between km 27.2 to 28.5 (Section L) and around km 29.5 (Section K) at the Delfzijl side as well as around km 36.0 (Section D) at the Eemhaven side.

In order evaluate the cyclic resistance of laminated deposits the following were considered:

1. CDSS and CTX test results on laminated deposits. Five (5) CDSS and seven (7) CTX cyclic tests were performed on laminated "undisturbed" samples obtained with Piston and Begemann samplers (Fugro 2016a). Additionally, three (3) CDSS and seven (7) CTX were performed on laminated "undisturbed" samples (without static bias) obtained with the Gel Push sampler. The results of these additional tests have been interpreted and are plotted together with the interpreted lab results presented in Fugro 2016b.
2. Numerical simulations of cyclic response of laminated samples performed to evaluate the conversion factor between Cyclic Simple Shear and Cyclic Triaxial tests on laminated samples
3. Numerical simulations of the response of laminated samples under cyclic simple shear loading conditions to develop liquefaction triggering curves for samples with different percentages of clay laminations

This project memorandum presents interpreted laboratory test results on laminated samples and results of numerical evaluations of the cyclic behavior of laminated soils and provides recommendations for the cyclic resistance of laminated deposits.

EVALUATION OF LIQUEFACTION TRIGGERING FROM CYCLIC LABORATORY TESTS

A series of stress controlled Cyclic Direct Simple Shear (CDSS) and Cyclic Triaxial (CTX) tests was performed on "undisturbed" samples (i.e. obtained with Piston and Begemann samplers) from "wadzand" deposits (Fugro 2016a).

Five (5) CDSS tests were performed on samples that included clay laminations and seven (7) CTX tests were performed on laminated/stratified coarse- and fine-grained materials. Interpretations of these test results in the form of liquefaction triggering curves were presented in Fugro (2016b).

Fugro performed an additional site investigation campaign in October 2016 using the Gel Push sampler to collect high quality "undisturbed" samples from the tidal deposits at the same locations where Piston and Begemann samples were collected. Xrays and MSCL scanning was performed on select Gel Push Tubes. Review of Xray and MSCL results indicated less disturbance (i.e. higher quality samples) effects on Gel Push samples compared to Piston and Begemann samples.

Additional cyclic tests were performed on select Gel Push samples. Three (3) CDSS tests and seven (7) CTX tests were performed on laminated Gel Push samples. In addition, six (6) CDSS tests were performed on uniform sand samples. These additional cyclic test results on Gel Push samples together with Xray and MSCL scans of the Gel Push Tubes will be included in an Addendum to the Factual Report, currently under preparation.

A summary of the tests performed on uniform and laminated tidal deposits without bias is presented in Table 1. The reported void ratios on Table 1 are the initial void ratios of the overall sample consisting of either sand only (Unit 8a) or sand/clay laminations (Units 8b and 8c).

Table 1. Summary of Cyclic Tests on Laminated and Uniform Samples (no bias)

Unit	**Initial void ratio, e_0**	**Description**	**CPT classification zone - I_c**	**Tests**
8a	~ 0.62 – 0.76	mainly sand (non-laminated, not seen in Delfzijl)	CPT classification zone 6 (Robertson) I_c < ~2.05	CSS03 (B), CSS05 (B), CSS15R (P), CSS08 (GP), CSS22R (GP), CSS23(GP), CSS27(GP), CSS28(GP), CSS25(GP)
8b	~ 0.79 – 0.92 (lower end of the void ratio range for laminated deposits, primarily from Eemshaven boreholes)	laminated, with higher percentages of sands	CPT classification zone 5 (Robertson) ~2.05< I_c <~2.6	CSS13 (P), CSS17(P), CSS18 (P), CSS19 (GP), CSS20 (GP), CSS21 (GP) CTX06 (P), CTX07 (P), CTX08 (GP), CTX12 (GP)
8c	~ 0.99 – 1.25 (higher end of the void ratio range for laminated deposits, from Delfzijl boreholes)	laminated, with lower percentages of sands and higher percentages of clay	CPT classification zones 5 and 4 (Robertson) 5 : ~2.05< I_c <~2.6 4 : 2.6< I_c <2.95 (screened out in simplified method)	CTX01 (P), CTX02 (P), CTX03R (P), CTX17(GP), CTX10 (GP), CTX14 (GP), CTX16 (GP), CTX15 (GP)

Unit	Initial void ratio, e_0	Description	CPT classification zone - I_c	Tests
9a	~ 0.63 – 0.75	Grey or dark grey fine sand	CPT classification zone 6 (Robertson) I_c < ~2.05	CCS01 (P), CCS07R (P), CCS11 (P)
9b, 9c	~ 0.95, 1.18	Grey or dark grey fine sand with thin laminae of dark clay and silt.	CPT classification zones 5 and 4 (Robertson) 5 : ~2.05< I_c <~2.6 4 : 2.6< I_c <2.95	CTX04 (P), CTX05 (P)

Figure 1 presents the Cyclic Stress Ratio (CSR) as a function of the number of cycles to liquefaction from the CDSS and CTX tests performed on Piston, Begemann and Gel Push samples from tidal deposits without static bias. For the CDSS tests without bias, liquefaction was considered to have triggered at 3.0 percent Single Amplitude shear strain. For the CTX tests without bias liquefaction was considered to have triggered at 1.5-2 percent Single Amplitude axial strain. We note that the CSRs of the CTX tests on laminated samples plotted on Figure 1 have been multiplied by a factor of 0.8 to convert to equivalent cyclic simple shear loading conditions based on results of numerical simulations as discussed in the following section.

As discussed in Fugro (2016b) due to the variable nature of the inter-tidal deposits, it is near impossible to identify identical samples with the same void ratio (relative density or percentage clay layers) for cyclic testing at multiple cyclic stress ratios. Therefore, it was not possible to characterize laminated samples in terms of relative density since the direct measurement of minimum/maximum density is not possible on each variable sample. In order to provide a basis for identifying similar samples and to develop reasonable cyclic resistance versus number of cycles relationships, the initial sample void ratio was used as an indicator and is plotted next to each test on Figure 1. These void ratio values provide an indication of absence of thin fine-grained layers within the sample (corresponding to void ratios less than about 0.76, Unit 8a, from uniform samples collected from Eemshaven boreholes) or presence of thin fine grained layers within the sample (void ratios of about 0.85, Unit 8b, from laminated samples primarily collected from Eemshaven boreholes and void ratios higher than 1 from laminated samples primarily collected from Delfzijl boreholes). As shown on this figure the samples tested all have different void ratios.

On Figure 1 liquefaction triggering curves are shown for:

- Relatively Uniform sand, Unit 8a (solid black line) present at Eemshaven explorations (i.e km 38.5, 38.0, 37.5 and 37.2). This unit is practically absent from Delfzijl explorations (i.e. it could only be identified in about 2% of the total CPT penetration length performed at Delfzijl side). The dashed black line is the interpreted liquefaction triggering curve for Unit 8a in Fugro 2016b that was also used in the effective stress dynamic levee stability evaluations (Fugro, 2016c).
- Laminated sand and clay deposits with higher percentages of sands, Unit 8b, (solid blue line) present primarily at Eemshaven explorations and to a lesser degree at Delfzijl explorations (i.e. only 2 of the 12 laminated samples tested from Delfzijl explorations had initial void ratios less than 1). The dashed blue line is the interpreted liquefaction triggering curve for Unit 8b in Fugro 2016b that was also used in the effective stress dynamic levee stability evaluations (Fugro, 2016c).
- Laminated sand and clay deposits with lower percentages of sands, Unit 8c, (solid purple line) present at Delfzijl explorations (i.e. only 10 of the 12 samples tested from Delfzijl explorations had initial void ratios larger than 1)

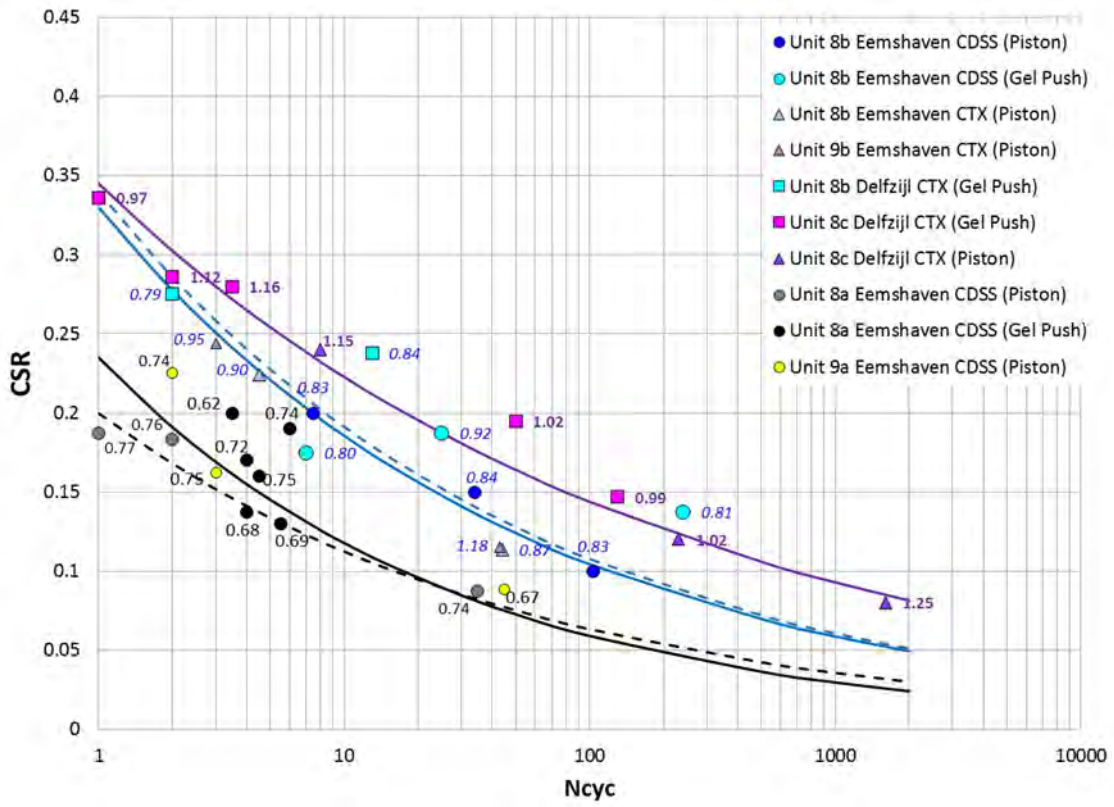


Figure 1. Liquefaction Triggering Resistance of Uniform (Unit 8a, Unit 9a) and Laminated Samples (Unit 8b, Unit 8c, Unit 9b) from Tidal Deposits (no static bias). The initial void ratio (before application of consolidation stress) is plotted next to each test.

NUMERICAL SIMULATIONS OF CYCLIC RESPONSE OF LAMINATED DEPOSITS

Evaluation of Conversion Factor from Cyclic Triaxial to Cyclic Simple Shear Loading

Two types of cyclic testing were used to assess the liquefaction triggering of the tidal deposits: i) CTX and ii) CDSS tests. Although CDSS tests provide more representative loading conditions, the small specimen height (i.e. 3 cm) in combination with the nature of the laminated deposits (i.e. clay lamination thicknesses on the order of 1-2 cm) necessitated the testing of taller specimens for the laminated samples. Therefore CTX tests were performed for most of the laminated samples although a number of CDSS tests were also performed on specimens with clay laminations.

In order to correlate the two cyclic testing types, Seed and Peacock (1971) recommended a conversion factor applied on the CSR_{TX} (i.e. cyclic stress ratio from triaxial testing) ranging from 0.6 to 0.7 for normally consolidated specimens based on data for clean sands. The recommended conversion factor depended on the value of the coefficient of earth pressure at rest, Ko.

For fine-grained samples, Donahue et al (2007) reported that:

- when studying the liquefaction susceptibility of a normally consolidated fine-grained soil deposit after the 1989 Loma Prieta earthquake, Boulanger et al. (1998) used a conversion factor of 0.7
- Sancio (2003) found a conversion factor of 0.85 when testing shallow, fine-grained soils from Adapazari with a PI < 12, at a mean effective stress of 100 kPa.

Donahue et al (2007) used a conversion factor of 0.84 based on results from CDSS and CTX tests on fine-grained samples reconstituted with the Slurry Deposition Method and tested at an effective confining pressure of 50 kPa.

In order to evaluate the conversion factor between CTX and CDSS tests on laminated deposits, numerical simulations were performed with the finite difference code FLAC2D (Itasca 2016).

As a first step, numerical simulations were performed to estimate the conversion factor between CTX and CDSS tests on a uniform sand sample (i.e. Unit 8a). PM4Sand constitutive model was used to model the cyclic behavior of a uniform sand sample under cyclic direct simple shear loading conditions. The model was calibrated to the liquefaction triggering curve for Unit 8a (black line) shown on Figure 1 (Fugro, 2016c).

Having simulated the CDSS test results on a uniform sand sample, numerical simulations of a uniform sand sample under cyclic plane strain compression loading conditions (Ko=1) were performed to approximate the CTX test. Figure 2 presents liquefaction triggering results from numerical simulations of a uniform sand sample under cyclic direct simple shear and plane strain compression (CPSC) loading conditions for different CSR. The resulting conversion factors range between 0.64 and 0.72 for a uniform sand sample which are in agreement with the range proposed by Seed and Peacock (1971) for uniform sands.

As a second step, numerical simulations were performed to estimate the conversion factor between CTX and CDSS tests on a laminated sample. First numerical simulations of test CTX07 (i.e. CSR=0.28, initial void ratio e0=0.9) on a laminated sample were performed. Figure 3 shows a photo of Sample CTX07, the X-ray section and the detailed 2D numerical model. The clay laminations were identified in the sample using the X-ray section, leading to the idealized numerical grid shown in the same Figure 3. The calibrated parameters for PM4Sand were used for the sand layers within the sample while the clay layers were modeled with a Mohr-Coulomb model. The deformed shape of the numerical model is compared with the cyclic triaxial sample on Figure 4, showing somewhat similar characteristics. Also, shown on Figure 5 is the development of cyclic strains versus cycles of loading. Both experiment and simulation suggest triggering (1.5% axial strain) at about 4 to 4.5 cycles. The cyclic responses are also compared in terms of stress-strain plots, and as stress paths. Again similar trends are noted in both experiment and simulation despite the idealization of the clay laminations and the differences in loading conditions (plane-strain versus triaxial).

Having simulated the cyclic behavior of a laminated sample under cyclic triaxial conditions reasonably, numerical simulations of the same laminated sample under cyclic simple shear conditions were performed. Figure 6 presents liquefaction triggering results from numerical simulations of a laminated sample under cyclic direct simple shear and plane strain compression loading conditions for different CSR. The resulting conversion factors range between 0.78 and 0.83 for a laminated sample which are higher than the conversion factors of uniform sand deposits, but in line with experimental findings on fine-grained samples discussed above.

Based on the above a conversion factor of 0.8 was applied on the CSRTX for the laminated samples.

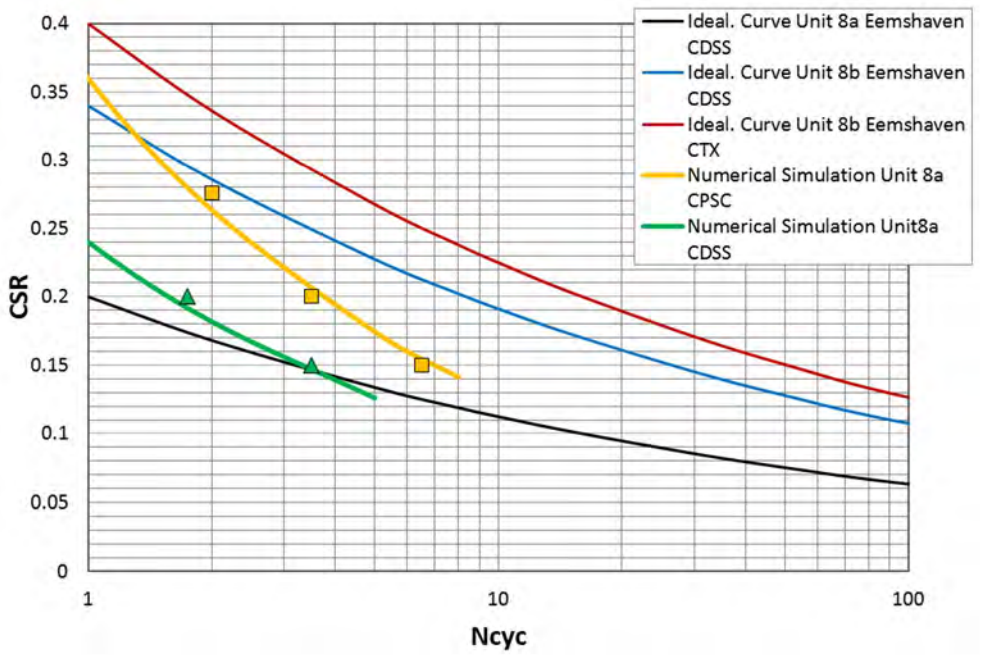


Figure 2. Liquefaction triggering curves obtained from numerical simulations of CDSS and CPSC loading conditions on uniform sand (Unit 8a).

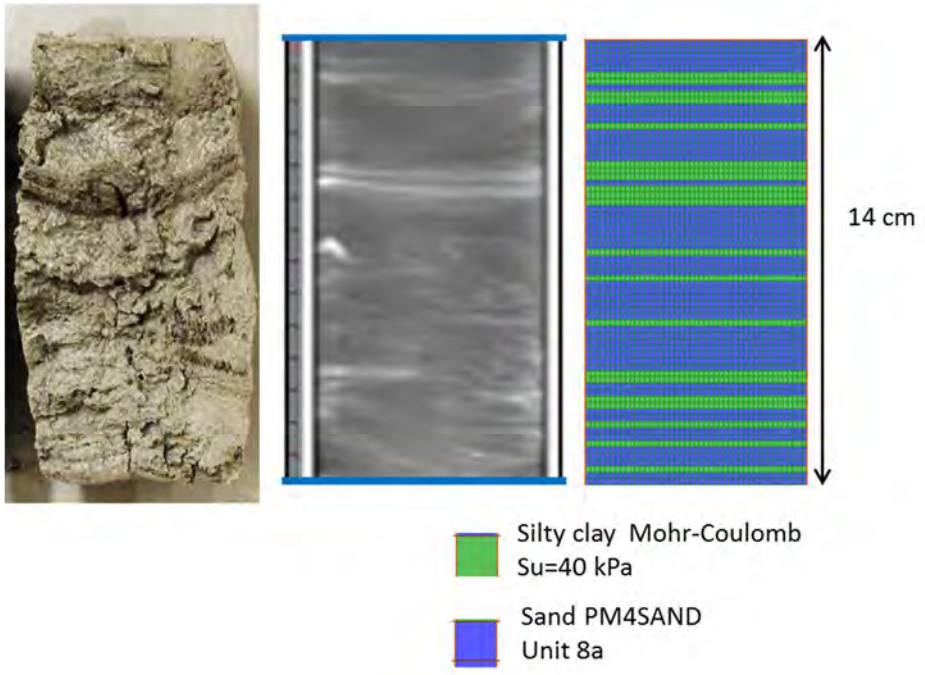


Figure 3. Photo, X-ray section and numerical model of laminated sample CTX07.

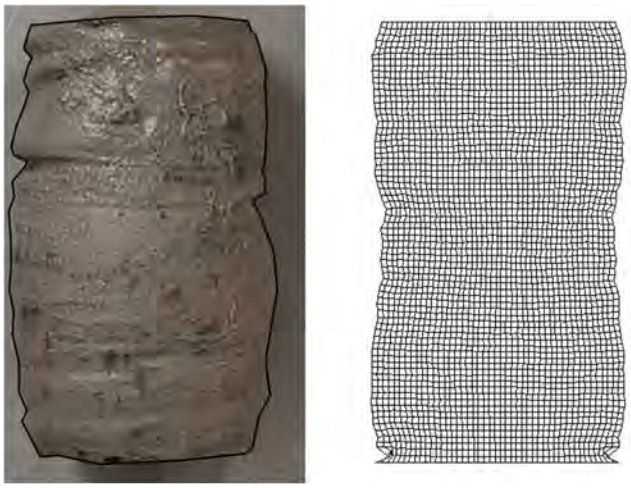


Figure 4. Photo (left) and deformed grid (right) of laminate sample CTX07 at the end of cyclic loading.

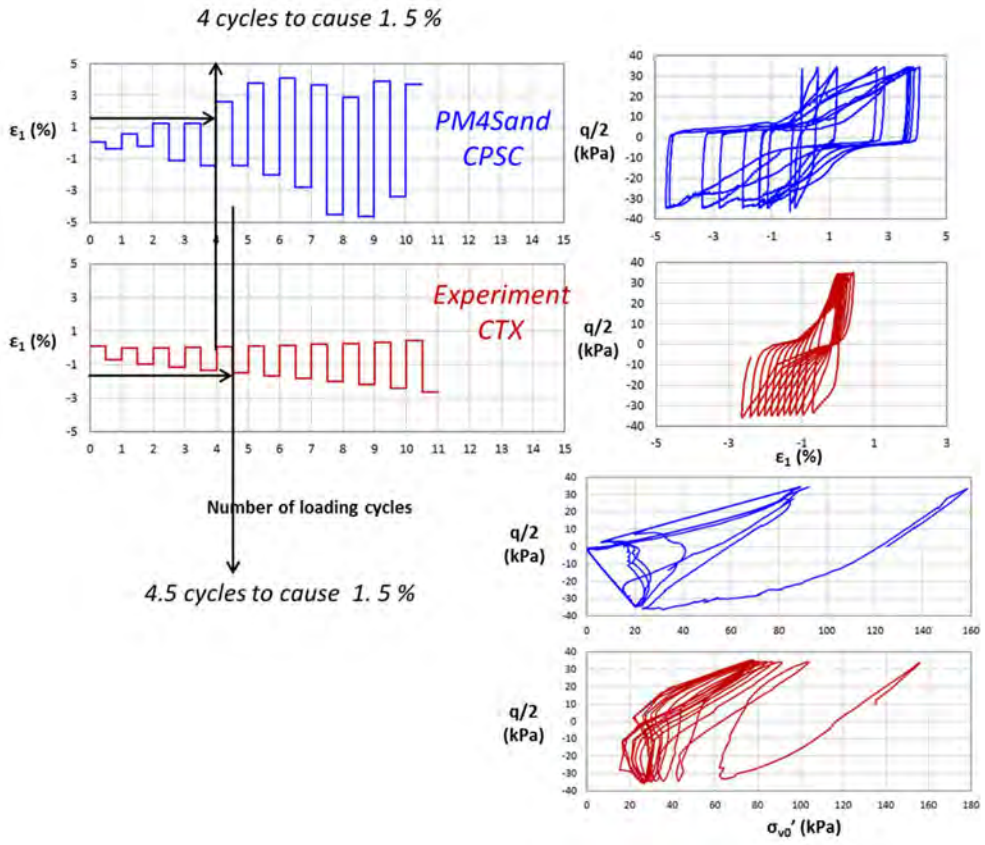


Figure 5. Comparison between numerical and experimental results for laminated sample CTX07.

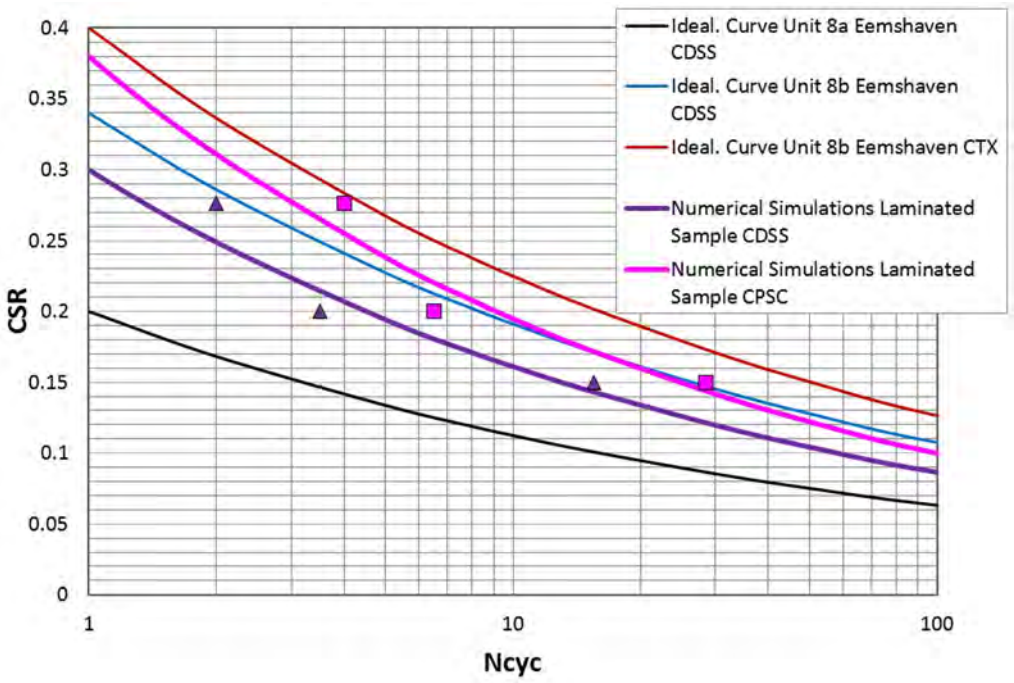


Figure 6. Liquefaction triggering curves obtained from numerical simulations of CDSS and CPSC loading conditions on laminated sample (shown on Figure 3).

Evaluation of Liquefaction Triggering

Numerical simulations of laminated samples under cyclic direct simple shear loading conditions were performed in order to develop estimates of liquefaction triggering resistance for different percentages of clay laminations within the sample.

First numerical simulations of test CDSS18 (i.e. CSR=0.2, initial void ratio e0=0.83) on a laminated sample were performed. Figure 7 shows a photograph of Sample CDSS18. Two clay sub-layers/laminations are identified in the sample. The calibrated parameters for PM4Sand and UBCSAND for Unit 8a were used for the sand layers within the sample while the clay layers were modeled with a Mohr-Coulomb model. Figure 8 presents a comparison between the laboratory test and numerical simulation test results. The percentage of clay laminations (CPL) within this sample was estimated to be on the order of 40% (defined as the total thickness of clay laminations within the sample divided by the sample height). Using the same configuration (CPL=40%), the numerical model was subjected to CSR=0.15 in an attempt to reproduce the test CDSS17 (e0=0.84). The comparison between numerical and experimental results for CDSS17 is shown on Figure 9.

Having simulated reasonably the CDSS test results on a laminated sample, parametric numerical simulations of CDSS tests on laminated samples with different percentages of clay laminations and different distributions of clay laminations within the sample were performed in order to evaluate the liquefaction triggering resistance of laminated sample. Simulations were performed at different CSR values. Analyses were performed using both PM4Sand and UBCSAND models (calibrated to Unit 8a triggering curves) to simulate the sand layer behavior.

Figure 10 presents results of numerical simulations of CDSS tests on laminated samples with clay lamination percentages (CLP) ranging from 10% to 60% (grey lines) plotted together with interpreted lab results shown on Figure 1. Different distributions of clay laminations within the sample were assumed in the numerical simulations of of CDSS tests (example schematizations shown on Figure 11a).

The numerical results shown on this figure are from analyses using UBCSand to model the sand layer behavior. As shown on Figure 10:

- numerical simulations of CDSS tests on laminated samples with CLP of 40% (i.e. higher sand percentage within the sample) produce results close to the liquefaction triggering curve from lab results for Unit 8b (blue line)
- numerical simulations of CDSS tests on laminated samples with CLP of 60% (i.e. lower percentages of sands and higher percentages of clay) produce results close to the liquefaction triggering curve from lab results for Unit 8c (purple line)
- results of numerical simulations show that even the presence of a small amount of clay laminations in the sample (i.e. CLP 10%) results in an increase of cyclic resistance compared to the uniform sand sample

It is also noted that results of parametric numerical analyses of different distributions of clay and sand layers within a sample for a given CLP (Figure 11a) indicate that the distribution of the clay layers within the sample does not significantly change the triggering resistance.

Figure 11b presents a comparison of the liquefaction triggering curves derived from numerical simulations of CDSS tests on laminated samples using PM4Sand and UBCSand to model the sand layers. As shown on Figure 11, the two models predict a similar trend.

The black line on Figures 11a and 11b correspond to the triggering resistance of a sand layer without clay laminations.

We note that as discussed in Fugro (2016c) numerical analyses results indicate that void redistribution effects, tend to be reduced as the thickness of sand layers decreases, or as the percentage of clay interlayers increases.

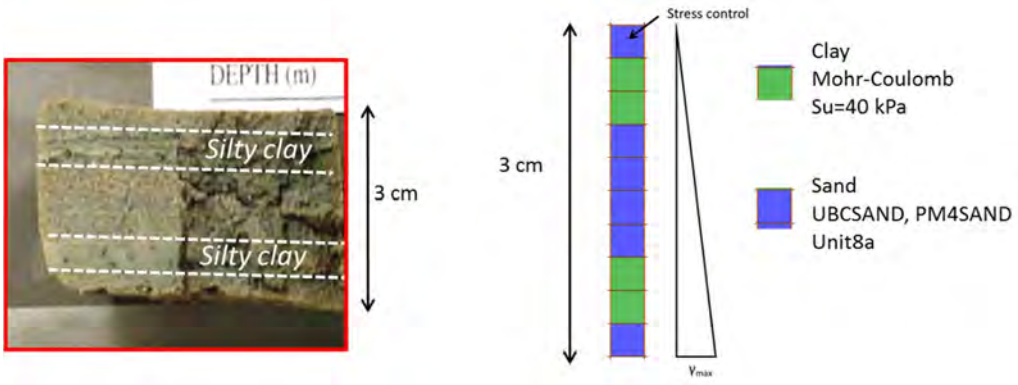


Figure 7. Photo and numerical model of laminated sample CDSS18.

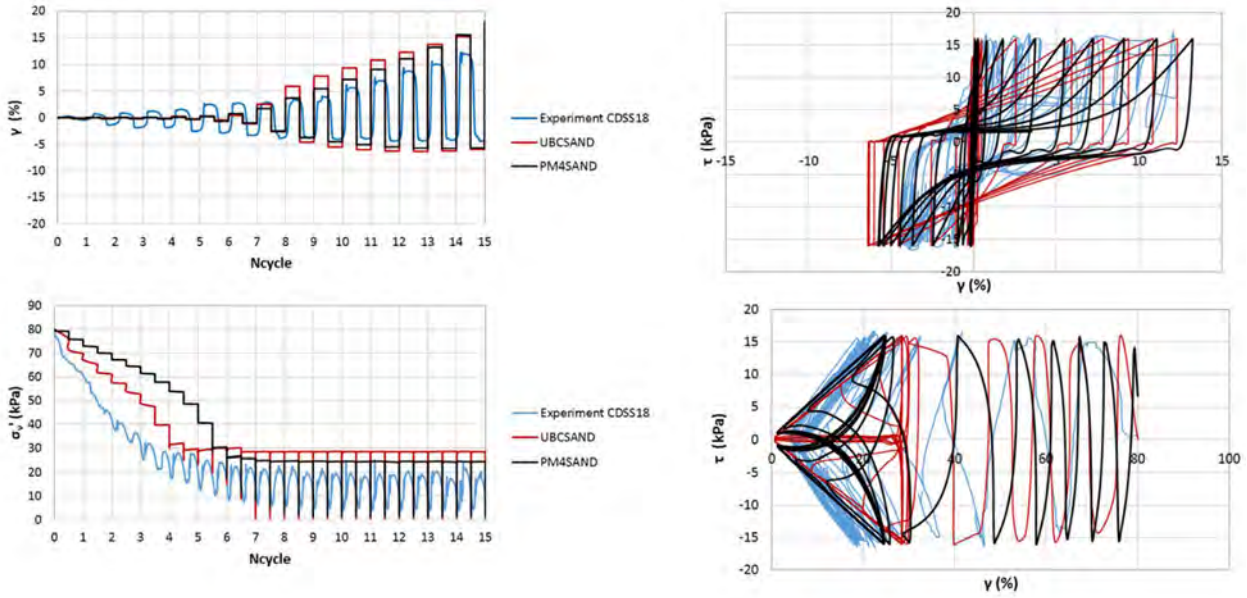


Figure 8. Comparison between numerical and experimental results for laminated sample CDSS18.

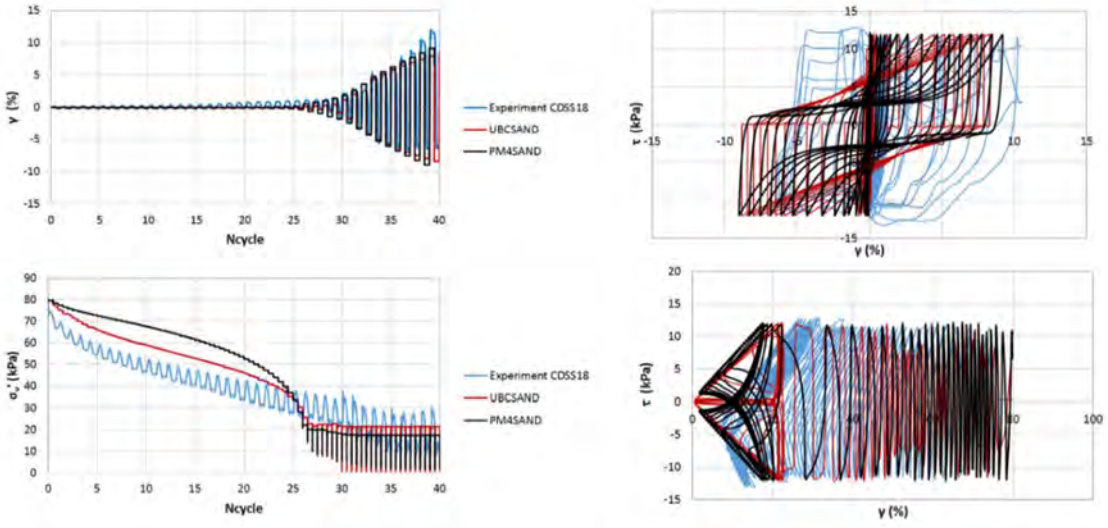


Figure 9. Comparison between numerical and experimental results for laminated sample CDSS17.

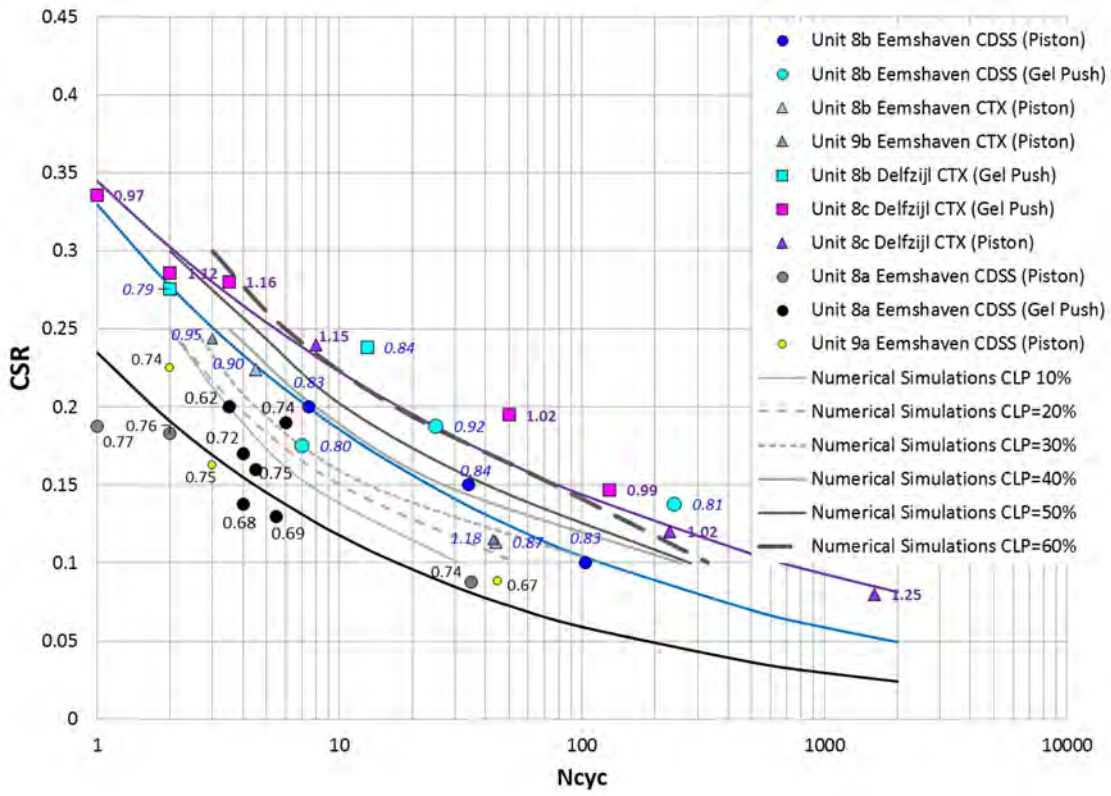


Figure 10. Liquefaction Triggering Resistance Curves from Numerical Simulations of CDSS tests on Laminated Samples with different clay lamination percentages.

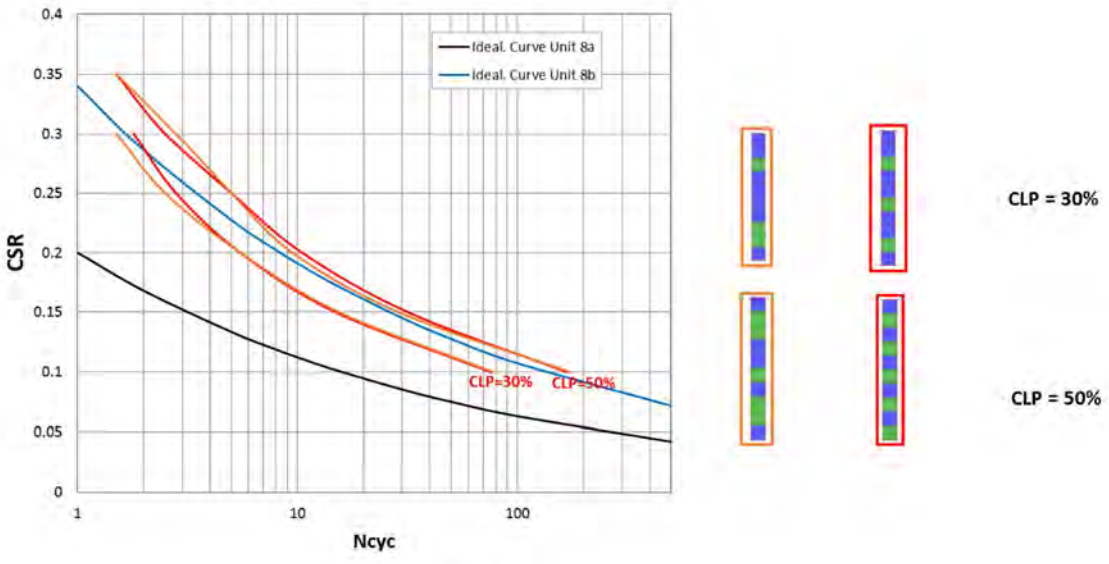


Figure 11a. Numerical simulation results for CLP 30% and 50% assuming different distributions of clay laminations within the sample.

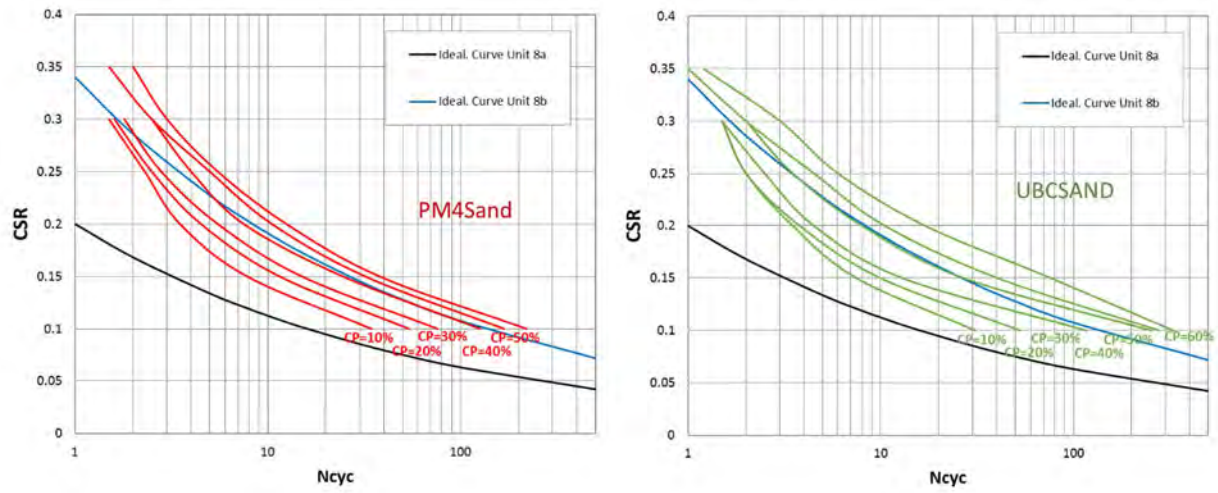


Figure 11b. Liquefaction Triggering Resistance Curves obtained from Numerical Simulations of CDSS tests on Laminated Samples with different clay lamination percentages (left: PM4Sand and right: UBCSAND).

PROPOSED CRR DISTRIBUTION FOR LAMINATED DEPOSITS

Interpreted laboratory test results and numerical simulations were used to develop a proposed distribution of the cyclic resistance (CRR) of laminated deposits at the Delfzijl side of the levee for locations were Unit 8 is present for use in FORM analyses. For these evaluations the number of cycles corresponding to a magnitude M 5 earthquake (i.e. N=4) was estimated using the MSF of Boulanger and Idriss (2014).

As discussed previously the cyclic test results were evaluated considering separate groups of materials including: Unit 8b – Laminated materials with a higher percentage of sands ($0.79 < e_o < 0.92$) and Unit 8c – Laminated materials with a lower percentage of sands ($0.99 < e_o < 1.25$). These laboratory test data were regressed to develop distributions of cyclic resistance for each group of samples. Figure 12 shows the regressions for Unit 8b samples including the mean and 90% confidence interval, while Figure 13 shows the regression for Unit 8c samples.

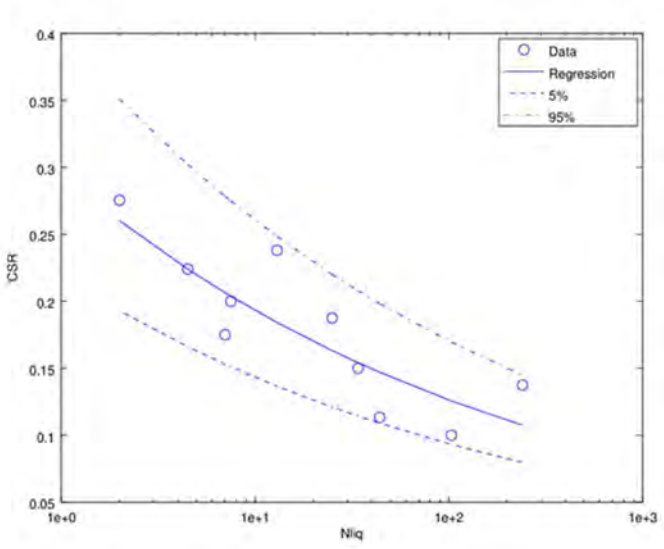


Figure 12. CRR for Unit 8b samples.

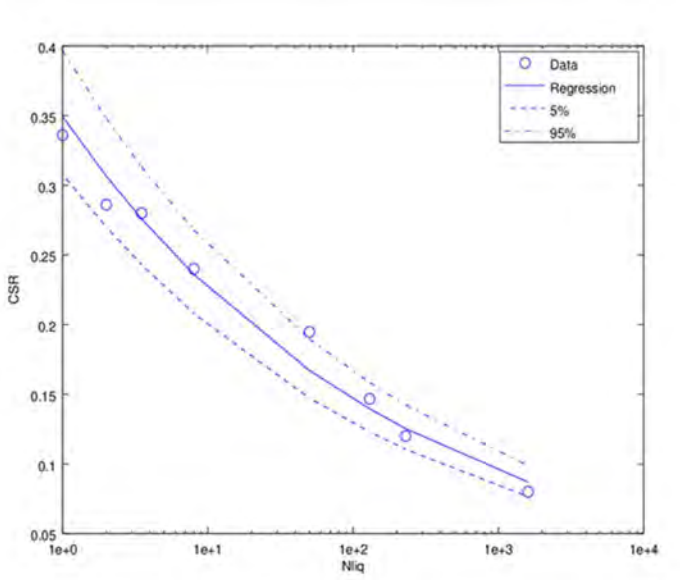


Figure 13. CRR for Unit 8c samples.

The CPT classification data also provide an indicator of the relevant content of sand within the laminated deposits. Qualitative assessments of the available CPT data suggest that in Delfzijl the laminated deposits are composed of about 50% of Unit 8b type material and 50% Unit 8c type material.

For these evaluations the number of cycles corresponding to a magnitude M 5 earthquake (i.e. N=4) was estimated using the MSF of Boulanger and Idriss (2014). Probability density functions corresponding to the cyclic resistance at 4 cycles were calculated for the Unit 8b and Unit 8c materials above and a combined distribution developed assuming equal weights to each of the two distributions. These probability density functions are shown on Figure 14.

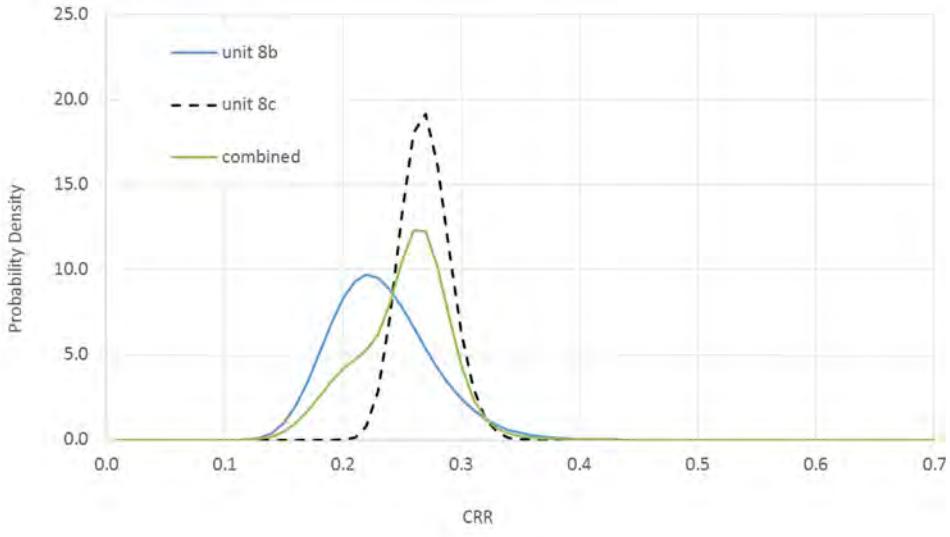


Figure 14. Probability Density Function for Unit 8b, 8c and combined.

The cumulative probability density of the combined distribution is shown relative to the lognormal fit of the distribution on Figure 15.

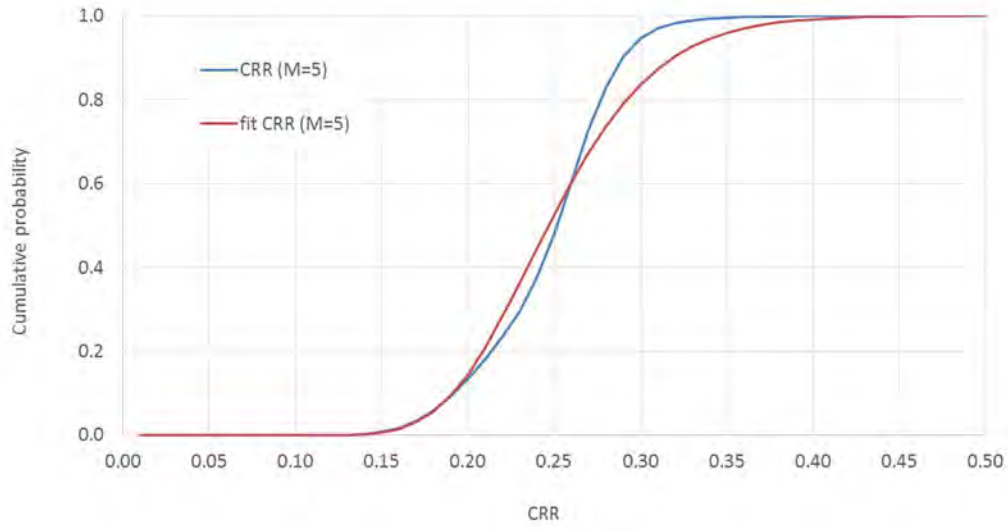


Figure 15. CRR for M=5, Delfzijl. Lognormal with μ= -1.4 and σ = 0.2.

The CRR distribution for the laminated materials is compared with the typical curves calculated from laboratory tests and numerical modeling on Figure 16. The following observations are made.

- Non-laminated sand layers (i.e. Robertson Zone 6) appear to be present in no more than 2% of the CPT data collected in Delfzijl. Estimated CRR for the laminated materials is interpreted to be mostly above the liquefaction triggering results of non-laminated sand layers (i.e. Unit 8a, black curve on Figure 16).
- A ~60% cumulative probability is assigned to liquefaction triggering results from laminated samples with initial void ratios larger than 1 as shown on Figure 16 (CLP 60%). These samples with lower percentages of sands and higher percentages of clay are considered representative of the Delfzijl conditions.
- The triggering curve used for laminated samples with initial void ratios of about 0.8 (i.e. Unt 8b in Fugro's numerical evaluations, blue curve on Figure 13) is derived primarily from CSS tests on samples from Eemshaven borehole 38.0 where a larger percentage of sand is present within the laminated deposits (CLP=40% based on numerical simulation results) compared to Delfzijl explorations based on both CPT data and borehole sample descriptions. Theses resistances are interpreted to have a 36% quantile value.
- A 10% cumulative probability corresponds to the triggering curve derived from numerical simulation results of CDSS tests on laminated samples with CLP 10% (grey curve on Figure 13) since even a small percentage of clay laminations leads to an increase of liquefaction triggering resistance as was shown from numerical simulation results. This percentage of clay laminations is considered to be low for the conditions encountered at Delfzijl explorations.
- An approximately 85% cumulative probability is assigned to the resistance level based on numerical simulations of CDSS tests on laminated samples with CLP=70%.

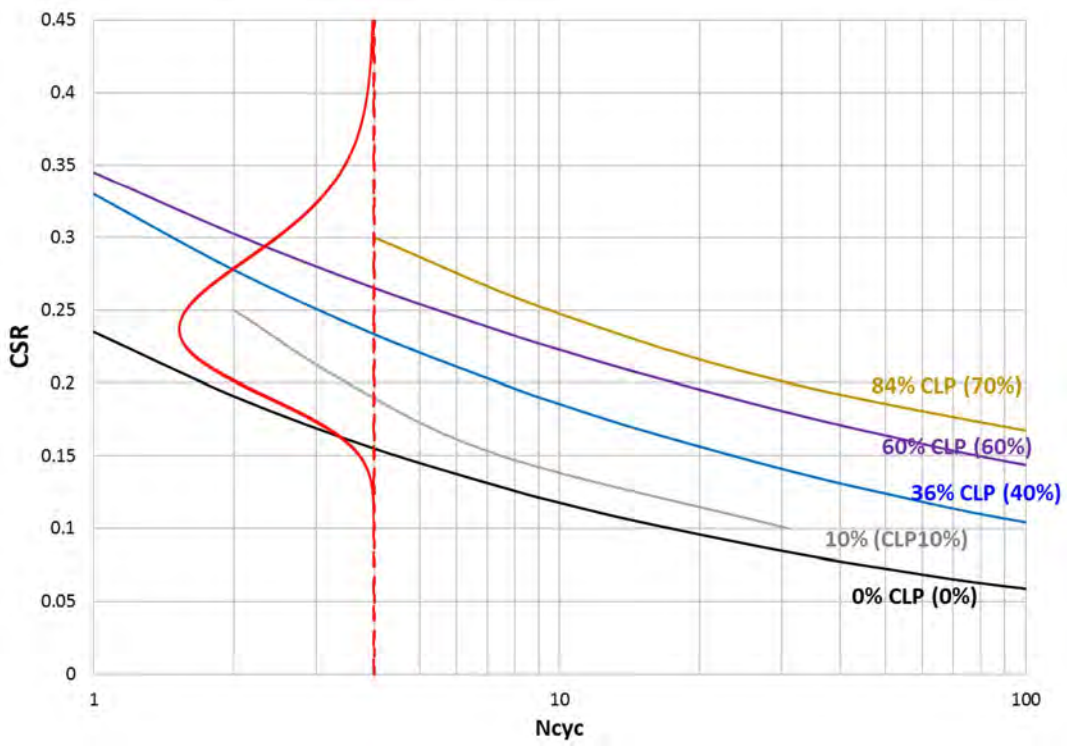


Figure 16. Quantile Values for the typical CRR curves.

REFERENCES

Boulanger R. W., Meyers M. W., Mejia L. H. & Idriss I. M. (1998) “Behavior of a fine-grained soil during the Loma Prieta earthquake,” Canadian Geotechnical Journal, Vol. 35, pp. 146-158.

Donahue J. L., Bray J. D., and Riemer M. F. (2007) The Liquefaction Susceptibility, Resistance, and Response of Silty and Clayey Soils, U.S.G.S. Award Number: 05HQGR0009, November

Fugro (2016a) Site investigation and Cyclic Laboratory Testing, Factual data report, Delfzijl / Eemshaven Levee Project in Groningen, the Netherlands, prepared for Nederlandse Aardolie Maatschappij B.V., November

Fugro (2016b) Interpretive report, Delfzijl / Eemshaven Levee Project in Groningen, the Netherlands, prepared for Nederlandse Aardolie Maatschappij B.V., November

Fugro (2016c) Evaluation of Dynamic Stability Eemshaven-Delfzijl Levee, the Netherlands, prepared for NAM, December 2016

Sancio, R. B., Bray, J. D., Riemer, M. F. and Durgunoglu, T. (2003) "An assessment of the liquefaction susceptibility of Adapazari silt," 2003 Pacific Conference on Earthquake Engineering, Christchurch, New Zealand.

Seed, H. B. and Peacock, W. H. (1971) “Test procedures for measuring soil liquefaction characteristics,” Journal of Soil Mechanics and Foundations Division, ASCE, Vol. 97, No 8, pp. 1099-1119.

Appendix E Residual strength

Documented cases have shown that post-earthquake stability may be critical even if stability is ensured during shaking (e.g. Lower San Fernando dam case history).

Sand Layers. As mentioned in Fugro (2016a) post earthquake stability analyses were performed by assigning residual strength (i.e. defined as the ratio of residual undrained shear strength and in situ initial vertical effective stress, S_r/σ_{vc}') as a function of q_{c1Ncs} as proposed by Idriss and Boulanger (2008) for areas where the maximum excess pore pressure during shaking exceeded a specified threshold indicative of liquefaction. Fugro (2016a) considered that void redistribution effects could be significant and used the lower of the two curves plotted in Figure 28.

Since both the Cyclic Resistance Ratio (i.e. CRR) to liquefaction triggering and residual strength are a function of q_{c1Ncs}, this means that in general when CRR increases then the residual strength ratio S_r/σ_{vc}' should also increase and vice versa.

Laminated deposits within Unit 8. As discussed in Fugro (2016a) the presence of clay interlayers does create permeability contrasts that theoretically would allow for the development of void redistribution. However, given the limited thickness of the individual sand layers, the volume of water that could migrate upwards is limited. Moreover, Unit 8 is typically characterized by an overall low hydraulic conductivity, likely due to the limited lateral continuity and thickness of the sand sub-layers. In the absence of the ability for water inflow, the potential for suppression of dilation will be limited, and shear resistance will likely increase as shear strains exceed 5 to 15 percent. Additionally, due to the relatively low percentage of sand sublayers within the unit and the limited thickness of the sand sublayers, even the occurrence of relatively large shear strains (10 or 20%) within the layers will likely not result in large horizontal deformations prior to the development of dilation-induced shear resistance. Parametric numerical evaluations performed in Fugro (2016a) also point to the mitigating effect of thin layers in laminated deposits on the potential for void redistribution.

Despite the above we have conservatively used the residual strength defined above for sand layers also for the laminated soils. Since the CRR for the laminated soils is defined from laboratory test data, the residual strength for the laminated soils was estimated through a back-calculated q_{c1Ncs}. The value was backcalculated from the CRR value used for the laminated deposits in the FE analyses using the Boulanger and Idriss (2014) relationship.

A clear definition of the uncertainty in residual strength estimates is not available. For the purpose of these evaluations we have assumed that the uncertainty increases as the CRR (or q_{c1Ncs}) increases based on the fact that the recommended relationship by Idriss and Boulanger (2008) is extrapolated for larger q_{c1Ncs} values (i.e. dashed black lines in Figure 28 below). We have used a lognormal distribution to model the uncertainty on CRR with $\mu=0$ and $\sigma=0.15$. Figure 28 shows the resulting 95% confidence interval of residual strength ratios using the uncertainty term described above. The uncertainty is intended to cover both the range of data used to develop the empirical relationship as well as factors such as possible effects of mixing during large deformations etc.

An alternative probability distribution for residual strength based on Kramer and Wang (2015) was also considered in the FORM analyses. The Kramer and Wang (2015) probability distribution for residual strength is based an empirical model consistent with steady-state concepts and behavior observed in laboratory tests and also calibrated on the basis of residual strengths back-calculated from flow-side case histories. The Kramer and Wang (2015) model predicts residual strengths as a function of normalized SPT blowcounts (N_{160}) and as a function of overburden stress. A comparison of the residual strength distributions considered in the FORM analyses is shown on Figure 28. Boulanger and Idriss (2008) relationship between N_{160} and q_{c1Ncs} was used to plot the residual strength proposed by Kramer and Wang (2015) as a function of normalized tip resistance. The residual strength curves plotted on Figure 28 from Kramer and Wang (2015) were derived for 1.5 atm overburden stress.

In order to account for the uncertainty on the conversion between N_{160} and q_{c1Ncs} the standard deviation considered in Kramer and Wang (2015) was increased from 0.37 (green curves) to 0.45 (red curves).

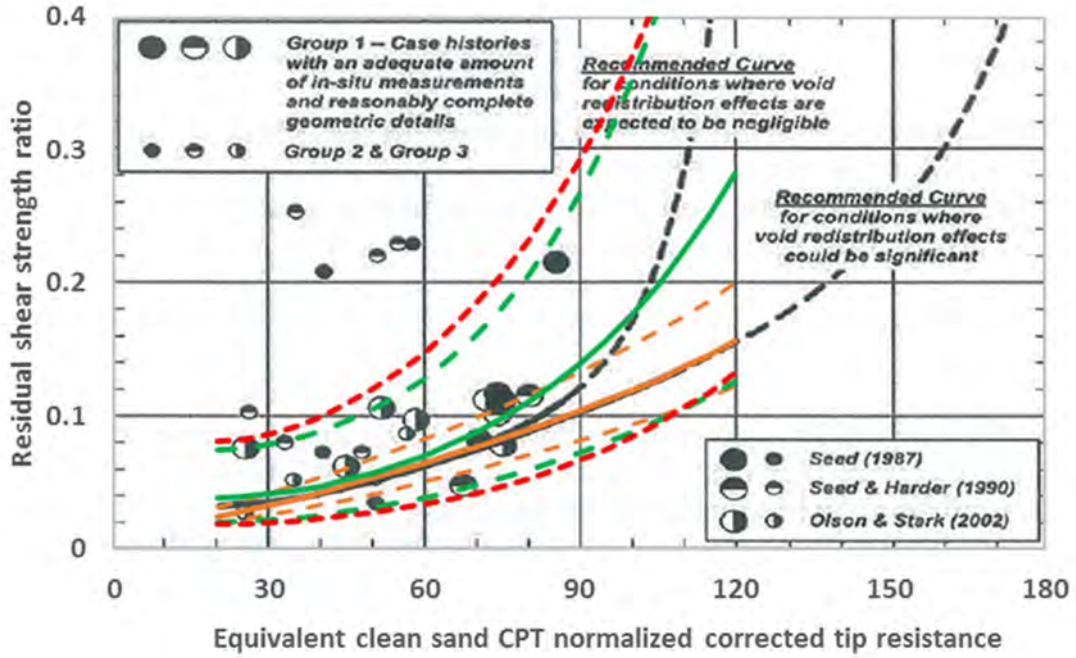


Figure 28. Uncertainty related to residual strength (95%-confidence interval) based on Kramer and Wang (2015) using the standard deviation proposed by the authors (green dashed curves) and an increased standard deviation of 0.45 (red dashed curves) to account for uncertainty in the conversion from $(N1)_{60}$ to q_{c1Ncs} , and Idriss and Boulanger (2008) assuming void redistribution and engineering judgment for the estimation of standard deviation (orange curves).

Appendix F Model uncertainty

Two dimensional, effective-stress, dynamic analyses were performed using the finite difference code FLAC (Itasca 2011). Two different constitutive models were used to model the effective stress behavior of coarse-grained layers to account for epistemic uncertainty: UBCSand, developed by Professor Peter Byrne and his team at the University of British Columbia; and PM4Sand developed by Professor Ross Boulanger and Dr Katerina Ziotopoulou at UC Davis. Both constitutive models were calibrated against site-specific cyclic laboratory tests in order to capture soil triggering and strain accumulation behavior for both level (no-bias) and sloping ground (with static-bias) conditions. The reasonable comparison between observed and simulated behavior suggests that the calibrated constitutive models can be tailored to adequately simulate cyclic soil behavior at the element level both in terms of liquefaction triggering and in terms of post-liquefaction shear strain accumulation (Fugro 2016a).

In order to validate the constitutive models used for the liquefiable sands (i.e. determine the degree to which a model is an accurate representation of the real world from the perspective of the intended uses of the model) and evaluate the predictability of the implemented constitutive model at a system level, numerical simulations of real-scale boundary-value problems, such as case histories and centrifuge experiments, were performed and numerical results were compared with recorded measurements in the field and in the centrifuge, respectively. The case studies (case histories or centrifuge tests) used for validation involved liquefaction induced displacements of slopes and embankments founded on liquefiable layers in order to validate the ability of the two models to predict liquefaction induced deformations (Fugro 2016a).

Several "deterministic" sensitivity analyses have been carried out with two different constitutive models. Differences between computed crest settlements with PM4sand and UBCsand were found to be smaller than a factor 1.3 for all motions considered, for a given stratigraphy and return period Figure 29. Differences of about a factor 1.1-1.2 were found for 10 different stratigraphies (for a given motion and return period) and for 2 different return periods (for a given motion and 2 different stratigraphies), see Figure 30 and Figure 31.

As indicated in the expert panel report from December 3rd 2016 (Expert Panel 2016), with well-calibrated and validated constitutive models embedded in reliable numerical tools, dynamic effective stress analyses using multiple input motions can provide an indication of the range of expected levels of performance. They also allow evaluation of the sensitivity of response to various input parameters and modeling assumptions. It is important, however, to recognize potential uncertainties in constitutive models and numerical analyses. For critical projects, parallel analyses would ideally be performed using different constitutive models and different numerical tools. As described above, in Fugro (2016a) the computer code FLAC was used with two different calibrated and validated constitutive models to simulate the behavior of liquefiable sands. Ideally these analyses should be supplemented by parallel check analyses using a different computational tool (e.g., OpenSees with PDMY model or FLIP with cocktail glass model). Due to time constraints additional analyses with a different computational software have not been performed. To account for this we have introduced a model uncertainty term in the limit state function.

Considering the results of the "deterministic" sensitivity analyses, a model uncertainty distribution with $\mu_{ln(m)}=0$ $\sigma_{ln(m)}=0.42$ would seem reasonable. However, considering the fact that sensitivity analyses have only been carried out with different constitutive models, but not with different software packages, a wider distribution has been assumed. We have assumed that the crest settlements estimated in Fugro (2016a) correspond to the mean value of observed settlements and that there is a 10% probability of exceedance of the predicted crest settlements by a factor of 2. The resulting model uncertainty function is a lognormal distribution with $\mu_{ln(m)}=0$ and $\sigma_{ln(m)}=0.55$ (Figure 32).

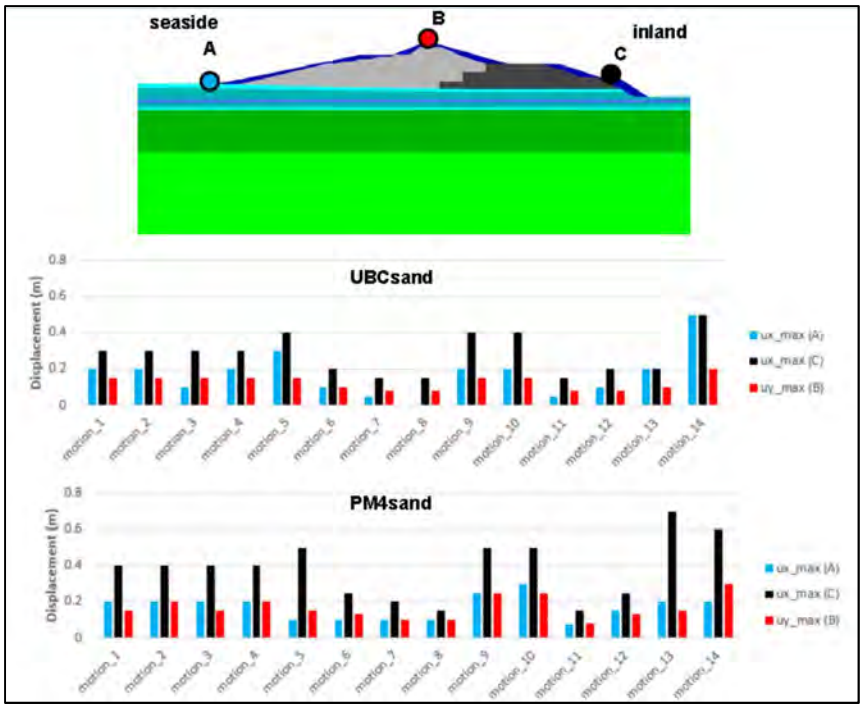


Figure 29. Calculated displacements with UBCsand and PM4sand for 14 different motions (Fugro 2016a: Figure 6-29b, page 42).

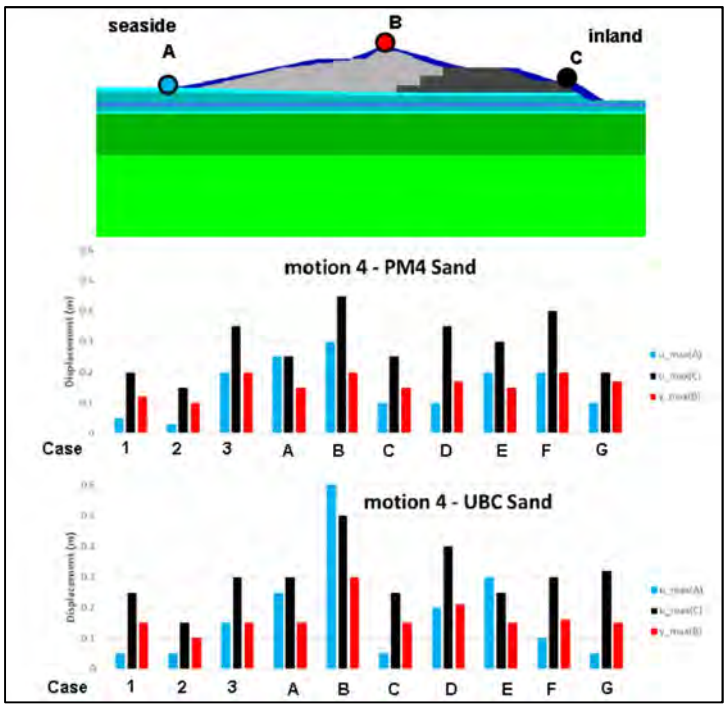


Figure 30. Calculated displacements with UBCsand and PM4sand for 10 different stratigraphies (Fugro 2016a: Figure 6-31b, page 45).

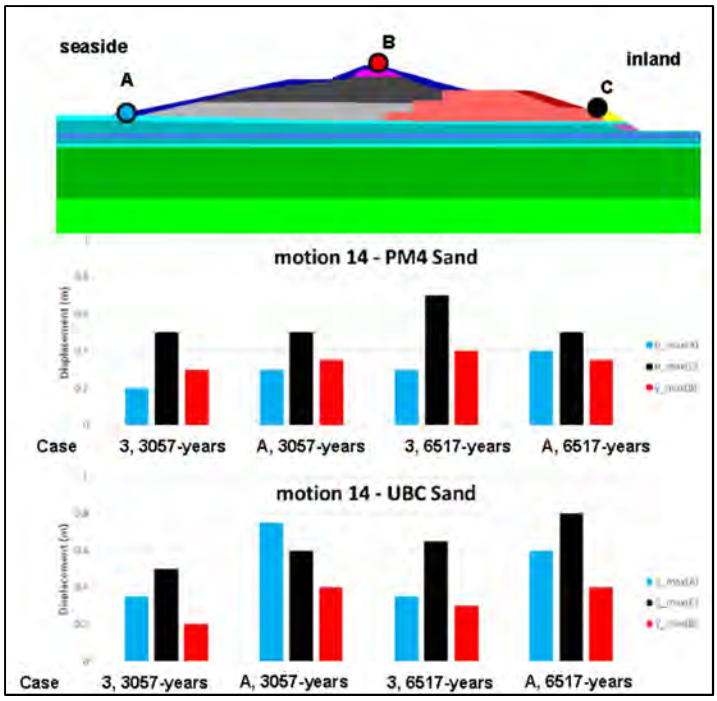


Figure 31. Calculated displacements with UBCsand and PM4sand for 2 different return periods, for 2 different stratigraphies (Fugro 2016a: Figure 6-32b, page 47).

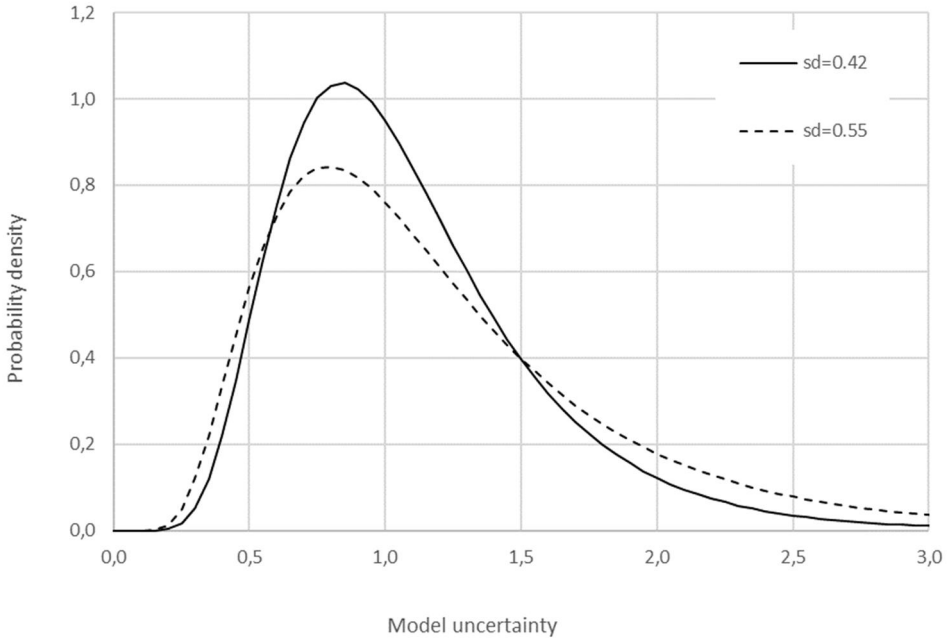


Figure 32. Model uncertainty: lognormal distributions for distribution parameters $\mu_{ln(X)}=0$ and $\sigma_{ln(X)}=0.42$, and $\mu_{ln(X)}=0$ and $\sigma_{ln(X)}=0.55$.

Appendix G Volume effects

Introduction

A laminated deposit consists of a series of alternating sand and clay layers. The resistance of the deposit to liquefaction depends on the composite behavior of these layers. Each lab test gives the resistance to liquefaction of a relatively small volume of laminated material.

Similarly, uniform sand deposits encountered at Eemshaven are characterized by a probability distribution of cyclic resistance based on q_{c1Ncs} values measured in uniform sands at Eemshaven (i.e. Unit 8a, see Fugro 2016c).

It is possible to fit numerous samples into the volume of Unit 8 that plays in a role in a seismic stability analysis. Layers of laminated material as well as sands without clay laminations of variable relative densities are treated as uniform in stability analyses (spatial variability within layers is not modelled explicitly). It is therefore important to specify the distribution that describes the uncertainty related to the composite behavior of such a larger volume of liquefiable material.

The uncertain resistance of such a larger volume (or the resistance of an "equivalent uniform layer") is denoted by CRR in this Appendix. The uncertain resistance of a small volume (sample size) is denoted by $\underline{CRR}$. The difference between the distributions of CRR and $\underline{CRR}$ is caused by the effects ("volume effects") of spatial variability.

Spatial variability could turn out to be favorable, when local weakness are compensated by strengths elsewhere. It could, however, also turn out to be unfavorable, when local weaknesses dominate composite behavior:

1. In case of (only) a "weakest link/series system"-effect, the standard deviation of CRR will be smaller than the standard deviation of $\underline{CRR}$. The mean value of CRR will also be smaller than the mean value of $\underline{CRR}$.
2. In case of (only) spatial averaging, the standard deviation of CRR will be smaller than the standard deviation of $\underline{CRR}$, while the expected values of both variables will be the same (their median values could be different).
3. In case of (only) a "strongest link/parallel system"-effect, the standard deviation of CRR will be smaller than the standard deviation of $\underline{CRR}$ but the mean value of CRR will be greater.

In normal slope stability analyses, some degree of spatial averaging of resistance properties over the slip plane is typically assumed (VanMarcke 1977; Calle & Barends 1990).

An approximate way of modelling the two types of spatial variability described above would be to model a layer as a composite of n x m x p smaller volumes with random/uncertain resistances, denoted by $\underline{CRR}_{i,j,k}$, with i=1..n and j=1..m and k=1..p. This is shown schematically in Figure below. Each element in Figure has a resistance that can be described by the same distribution, but that can be different for each element. Note that it seems reasonable to assume that correlation distances are much smaller in a vertical direction than in the horizontal plane.

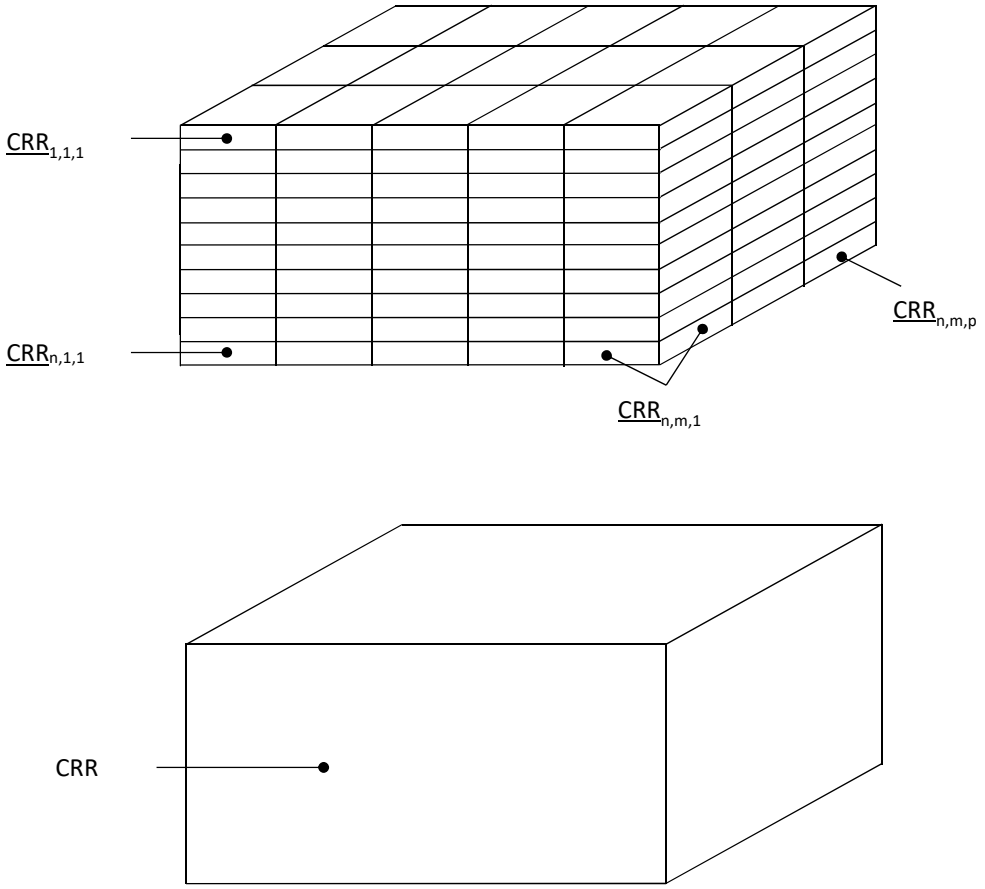


Figure 33. Illustration of a heterogeneous model and an equivalent uniform model.

The heterogeneous model shown in Figure 33 Figure merely serves an illustrative purpose. It would be too time-consuming to use it for deriving a distribution for CRR. Doing so could also easily yield a false sense of accuracy, since such an analysis would involve modelling assumptions that would themselves be highly uncertain (e.g. assumptions concerning the correlation structure).

Sensitivity analyses

It is possible to get insight into volume effects from simplified numerical simulations. This can be done by comparing the computed crest settlements for a cross-section with uniform properties across a sand layer and a similar cross-section in which the layer has spatially variable properties. The following analyses have been performed (Figure 34):

1. An analysis in which the CRR varies in both a horizontal and vertical direction with 2 random assignments of CRR-values.
2. An analysis in which the CRR within a layer only varies along the vertical (horizontal continuity).

It is stressed that these cases are highly schematic: they do not accurately reflect reality. The spatial variations have not been constructed with a random fields model, as done by Montgomery & Boulanger (Montgomery 2015; Boulanger & Montgomery 2015; Boulanger & Montgomery 2016). Rather, 5%, 50% and 95% quantile values from the CRR-distribution have been assigned randomly within the liquefiable layer.

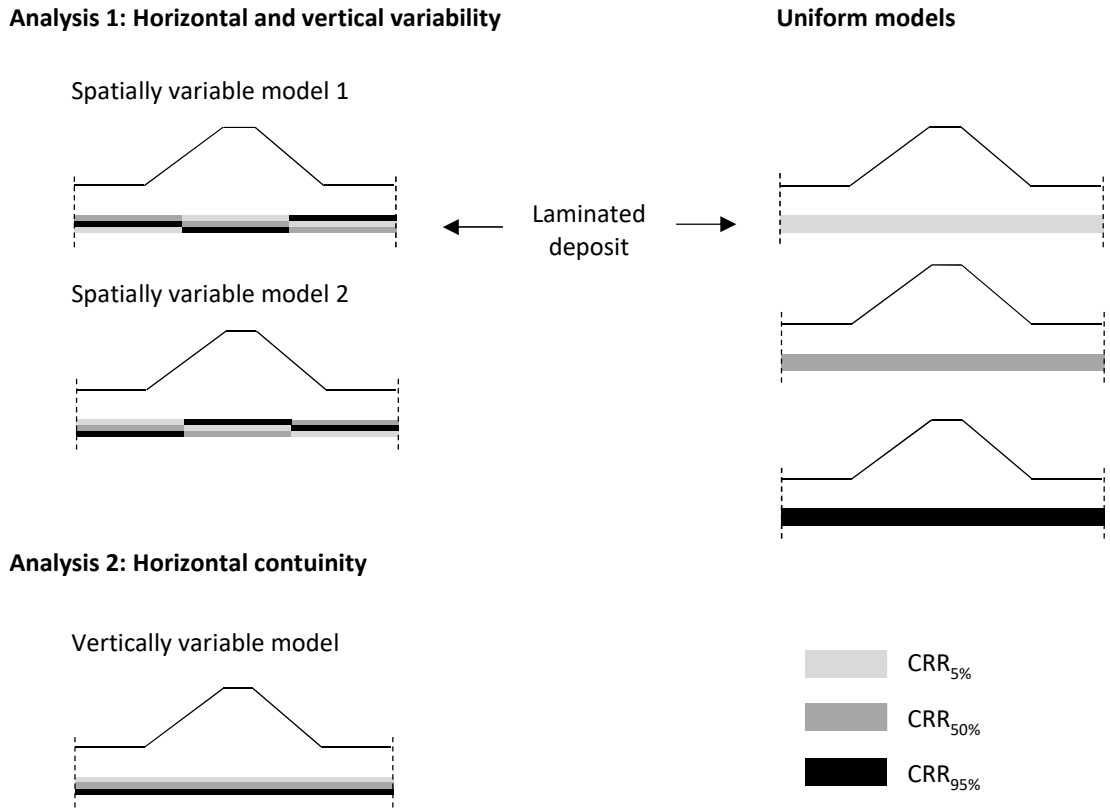


Figure 34. Sensitivity studies to get a feel for the effect of spatial variability within interlayered deposits.

Note that the effect of variability in the third dimension (perpendicular to this sheet of paper) cannot be dealt with in a 2D-model. It seems reasonable, however, to assume that variability in the third dimension reinforces the behavior observed in the 2D-senstivity analysis.

Numerical models simulating the idealized schematizations shown in Figure 34 were developed for the evaluation of volume effects. Analyses were performed with the finite difference code FLAC. The UBCSand constitutive model was used to simulate the sand behavior. The model parameters were calibrated to cyclic resistances corresponding to 5% (pink line, Figure 35), 50% (blue line, Figure 35) and 95% (cyan line, Figure 35) of the CRR-distribution for uniform sands encountered at Eemshaven since this distribution results in lower (less favorable) cyclic resistance values compared to the distribution used for laminated deposits.

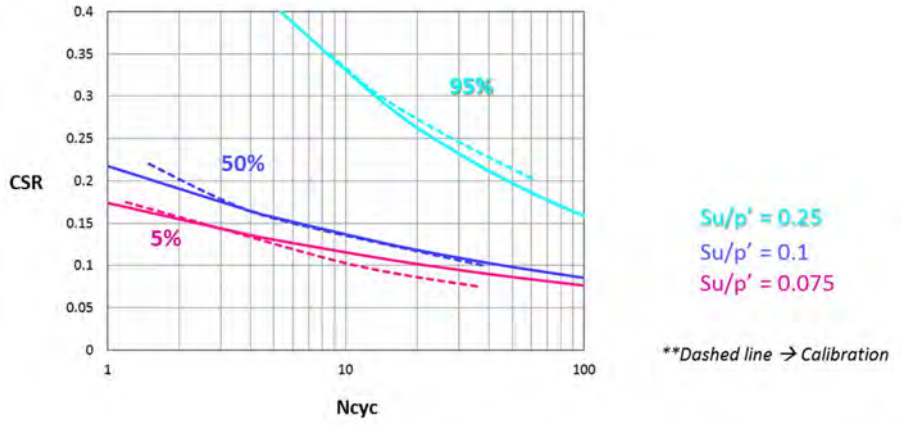


Figure 35. Calibrated constitutive model to different 5%, 50% and 95% percentiles of CRR for Eemshaven.

Analysis 1: Horizontal and vertical variability

The numerical models for the spatially variable case and the uniform case for Unit 8 are shown on Figure 36. Results of numerical evaluations of volume effects are shown in Figure 37 in the form of co-seismic and post-seismic crest settlements for the following cases:

- Model with spatial variability 1 in Unit 8 (upper-left illustration Figure 26)
- Model with spatial variability 2 in Unit 8 (mid-left illustration Figure 26)
- Uniform Unit 8 modeled with the 5% quantile value of CRR
- Uniform Unit 8 modeled with the 50% quantile value of CRR
- Uniform Unit 8 modeled with the 95% quantile value of CRR

As shown in Figure 37, the spatially variable Unit 8 properties result in decreased crest settlements compared to the cases where Unit 8 properties are uniformly modeled using 5% and 50% quantile CRR values. It is worth noting that the both models with spatial variability 1 and 2 give similar results.

Analysis 2: Horizontal continuity / Vertical Variability

The numerical model for the vertically variable case (where horizontal continuity is maintained) is shown in Figure 36 (bottom). As shown in the graph of Figure 37, the vertical variability in the properties of Unit 8 leads to crest settlements similar to the case where Unit 8 properties are uniformly modeled using 50% quantile CRR values.

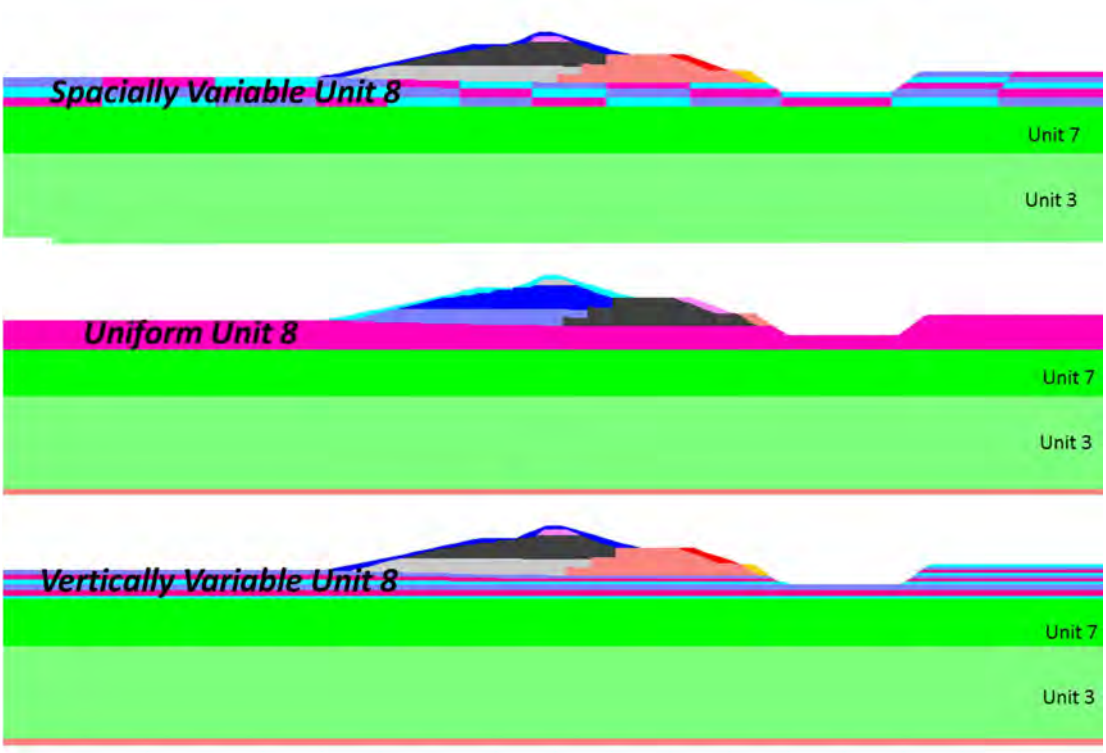


Figure 36. Numerical Models for Assessment of Spatial Variability of Unit 8.

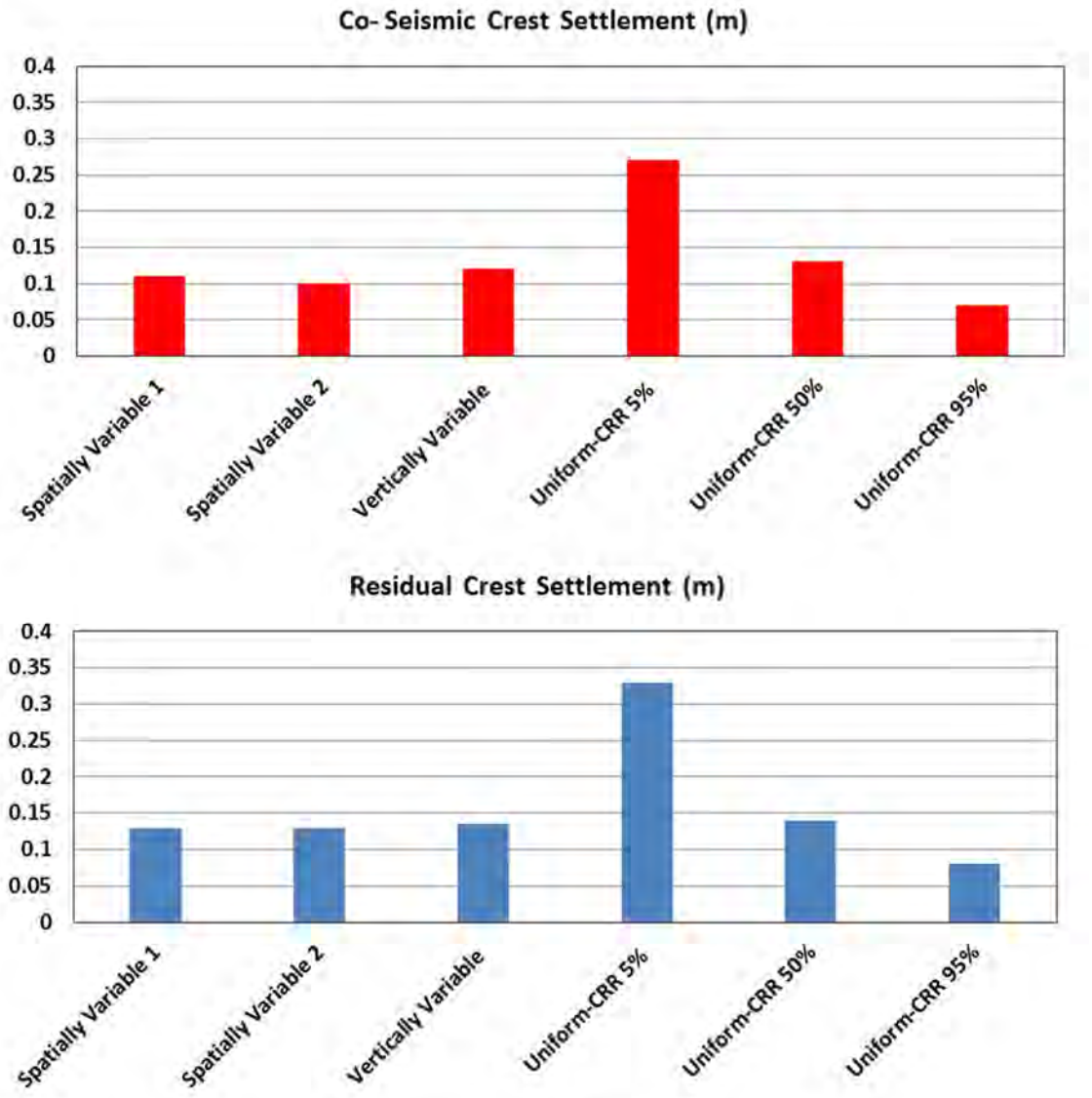


Figure 37. Estimated crest settlements using spatially variable and uniform properties for Unit 8.

Discussion

The results shown in Figure 37 indicate that spatially averaged CRR-values should be used in a uniform model to mimic the results of a model in which the spatial variability of CRR-values within deposits is modelled explicitly (a random fields model). This finding is in line with a comparison between numerical analyses using a random fields model and a uniform model performed for a dam by Boulanger & Montgomery (2016). In this case study, a random fields model with a coefficient of variation of $(N_1)_{60cs}$ of 0,4 and a scale of fluctuation in of 20 m horizontally and 1 m vertically was compared to a uniform model. The case study concerned large deformations, as is the case here. Boulanger & Montgomery (2016) recommend a 33rd percentile value for use in deterministic analyses (conservative) and a range of 30-70% in risk assessments.

The abovementioned sensitivity analyses and more detailed case study all assumed that the uncertainty related to the cyclic resistance ratio or $(N_1)_{60cs}$ can be attributed to fluctuations of point values relative to a spatial average or median value. In case of a regional data set, i.e. a data set that consists of measurements from various locations (or case histories), the local average or median can be uncertain as well. This part of the variance should not be treated as spatially variable in a cross-sectional reliability analysis. Considering this, the uncertainty related to a local average may be expressed as follows (after TAW 2001):

$$\sigma_X = \sigma_{\underline{X}} \cdot \{ (1-\omega) + \omega \cdot \Omega^2 \}^{1/2} \qquad (35)$$

Where:

σ_X Standard deviation of the spatial average of stochastic variable $\underline{X}$ (-)

ω Part of the total variance that can be attributed to fluctuations of point values relative to the local average (-)

Ω Variance reduction factor (-); $0 \leq \Omega \leq 1$

Recommended $CRR_{M=5.0}$-distribution for laminated deposits for use in a uniform model

Based on the results of the sensitivity analyses and the case study by Boulanger & Montgomery (2016), a variance reduction factor Ω of 0 seems reasonable. Note: the average of a lognormally distributed variable is higher than its median value. The difference is negligible however, for the distribution of the CRR for laminated deposits (a factor 1.02). This means that the distribution of the local average is almost identical to the distribution of the local median.

Since the $\underline{CRR}$-distribution for laminated deposits is based on a regional data set, i.e. samples taken at various locations, a value of ω of 0.75 is proposed here. This value in line with Dutch engineering practice for dealing with regional data sets in slope stability assessments (e.g. TAW 1989: page 90; TAW 2001: page 254), see also Calle (2007; 2008) for a statistical basis/interpretation.

The distributions of the point values and the local medians of the cyclic resistance ratio of a laminated deposit are given in Table 12. These distributions are shown in Figure 38.

Table 12. Distributions of cyclic resistance ratios for laminated deposits. Both distributions rest on a regional data set.

Variable	Symbol	Distribution type	Parameter values
Point value of CRR (unsuitable for use in a uniform model)	$\underline{CRR}$	Lognormal	$\mu_{\ln(\underline{CRR})} = -1.4$ $\sigma_{\ln(\underline{CRR})} = 0.2$
Local average of CRR	CRR	Lognormal	$\mu_{\ln(CRR)} = -1.39$ $\sigma_{\ln(CRR)} = 0.1$

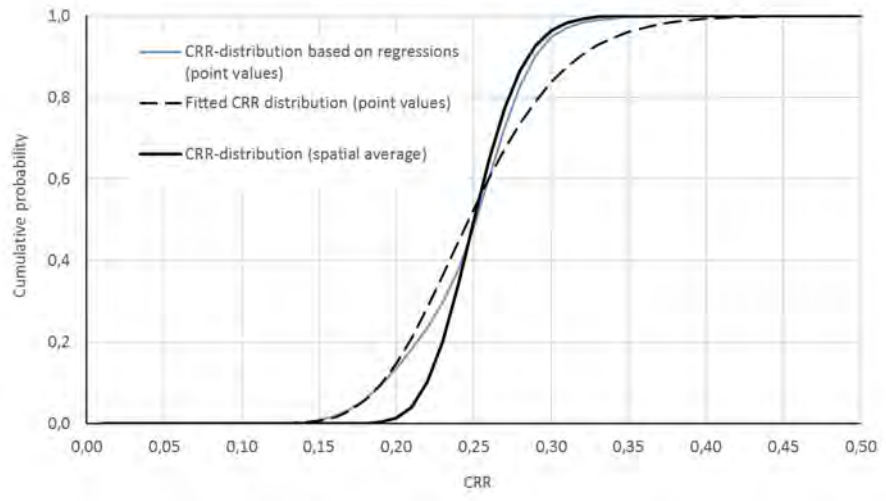


Figure 38. Cyclic resistance ratio for laminated deposits.

Recommended $CRR_{M=7.5}$-distribution for sand deposits for use in a uniform model

The distribution of point values of q_{c1Ncs} for any given layer rests a local CPT data, i.e. a local data set. Within a local data set, regional variations are small. This implies $\omega \approx 1$ in equation (35) (see also TAW 1989, TAW 2001). Based on the results of the sensitivity analyses and the case study by Boulanger & Montgomery (2016) (that all essentially rest on the assumption $\omega=1$), the use of the median of q_{c1Ncs} from the local data set is recommended (not the mean; the median could be about 10% smaller). This means that the distribution of $CRR_{M=7.5}$ for sand deposits for use in a uniform model follows directly from the median of local q_{c1Ncs}-values and the probabilistic relationship between the cyclic resistance ratio and q_{c1Ncs} of Boulanger and Idriss (2014).

The distributions of the point values and the local medians of the cyclic resistance ratio of a sand deposit are given in Table 13. These distributions are shown in Figure 39.

Table 13. Distributions of cyclic resistance ratios for sand deposits.

Stochastic variable	Symbol	Distribution type	Parameter values
Point value of CRR in the local data set (unsuitable for use in a uniform model)	$\underline{CRR}$	Lognormal	$\mu_{ln(\underline{CRR})} = -1.88$ $\sigma_{ln(\underline{CRR})} = 0.22$
Local median of CRR	CRR	Lognormal	$\mu_{ln(CRR)} = -1.88$ $\sigma_{ln(CRR)} = 0.20$
Point value of CRR in the regional data set (unsuitable for use in a uniform model; used in sensitivity analyses because the distribution is relatively wide)	$\underline{CRR}$	Lognormal	$\mu_{ln(\underline{CRR})} = -1.80$ $\sigma_{ln(\underline{CRR})} = 0.30$

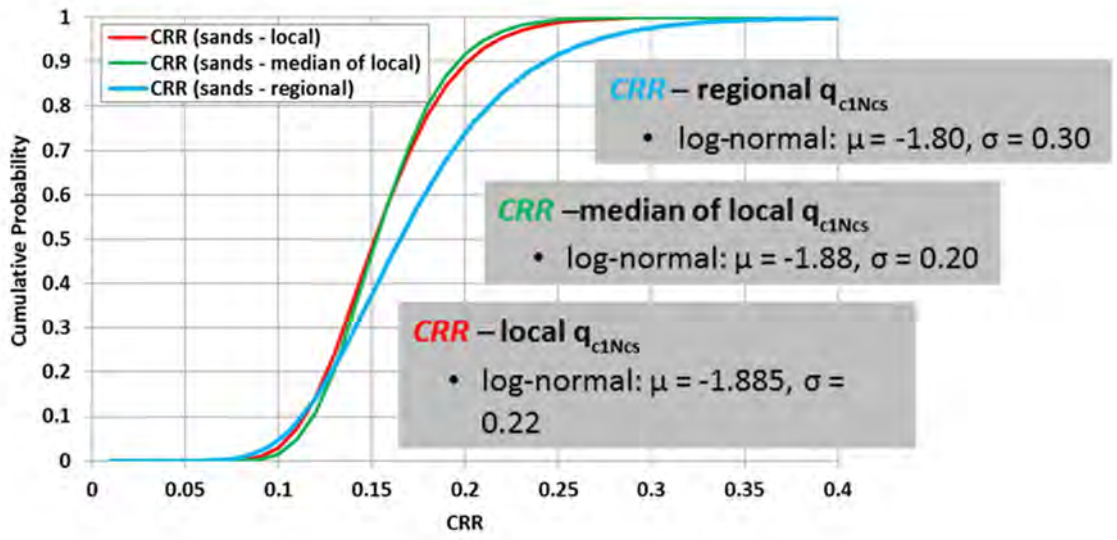


Figure 39. Cyclic resistance ratio for sand deposits.

The left-hand tail of the distribution for point values of q_{c1Ncs} is largely determined by the uncertainty in the Boulanger & Idriss (2014)-relationship, as shown by the FORM influence coefficients (Figure 40). This explains why the left-hand tails of the distributions for point values and the median of q_{c1Ncs} are rather similar. This means that the assumption of $\omega \approx 1$ in equation (35) hardy influences the results of FORM-analyses and semi-probabilistic assessments.

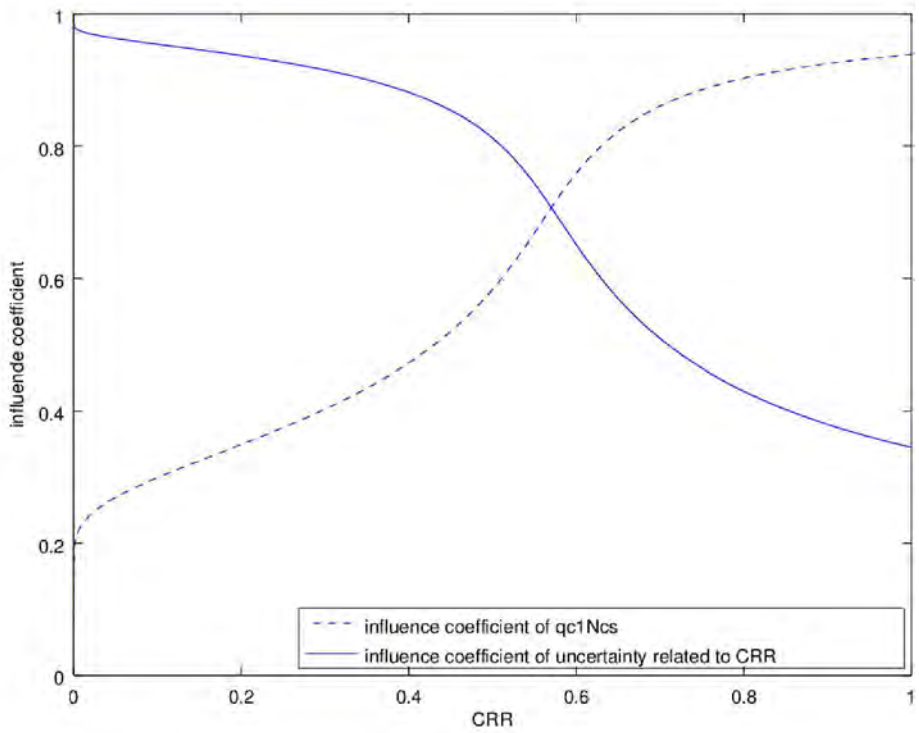


Figure 40. FORM-influence coefficients for the convolution of local point values of q_{c1Ncs} and the uncertainty in the Boulanger & Idriss (2014) relationship.

Appendix H Uncertainty related to motions

Computed displacements depend on the selected ground motion (spectrally matched to the target design spectrum). This is because matched motions have different characteristics such as duration and velocity pulses. This uncertainty cannot easily be modelled by continuous stochastic variables. This can be dealt with in a simpler manner by conditioning computed deformations and failure probabilities on motions, and to consider the subjective probabilities ("degrees of belief") associated with each motion. This is discussed below.

Theory
Consider a set of i=1..n motions that spans all possible motions. Probabilities of failure could be calculated for each given motion. The probability of failure then equals:

$$P(F) = \sum P(F|M_i) \cdot P(M_i) \quad (36)$$

Where:
- $P(F)$ Probability of failure (per year)
- $P(F|M_i)$ Probability of failure given motion i (per year), i=1..n. A motion is thought of here as a "basic" time series that can be scaled to whatever spectral acceleration. This, however, is an oversimplification. When motions are matched to a particular spectrum, their durations are held constant, even though motions should have shorter durations for higher accelerations in the Groningen area. This is an important reason why the selection of "basic" motions should depend on the target design spectrum. This issue is discussed at the end of this section.
- $P(M_i)$ Probability of motion i (-). Note that $\sum P(M_i)=1$. The motions M_i are mutually exclusive, collectively exhaustive.

In a probabilistic assessment, the failure probabilities for the different motions could be obtained from e.g. MC or FORM-analyses. These could then be combined with the probabilities assigned to each motion into a probability of failure, P(F). This failure probability could then be compared to the target failure probability, P_T.

In a semi-probabilistic assessment, the following procedure could be followed (in line with the procedure described in ENW 2012), i.e.:

1. For each motion:
    a. Vary the target reliability index (or target failure probability) and compute the associated design values, using a functional relationship between reliability indices and design values (see equation (3))
    b. Select the target reliability index for which a calculation with the design values from step 1a just leads to the critical crest settlement (limit state function equal to zero).
    c. Calculate the probability of failure associated with the reliability index from step 1b.
    d. Multiply the probability of failure from step c with the probability of the motion under consideration.
2. Take the sum of the results from step 1. This is an estimate of the probability of failure (see equation (36)).
3. Compare the estimate of the probability of failure from step 2 to the target failure probability.

The procedure described above is theoretically correct but impractical since it involves a large number of evaluations of the limit state function.

Pragmatic way forward
The number of evaluations could be strongly reduced if we were able to identify a motion M_d for which the following holds:

$$P(F) \leq P(F|M_d) \quad (37)$$

Obviously, taking the most conservative motion ($M_d = M_n$), would certainly satisfy the condition given by equation (37). This, however, would also be highly conservative.

To be able to define the design motion in probabilistic terms, we could order the motions on the basis of their conditional failure probabilities, with motion 1 having the smallest failure probability and motion n the highest, i.e.

$$P(F|M_i) \leq P(F|M_w) \qquad \text{with} \qquad i < w \tag{38}$$

The following procedure is suggested for dealing with the uncertainty related to motions:

1. Select independent motions with appropriate seismological characteristics, including duration.
2. Compute crest settlements for each motion (semi-probabilistically). This is an important step because it is difficult to predetermine which motion gives the greatest deformation.
3. Analyze the results: outliers should be understood.
4. A slightly conservative motion should be treated as representative, which could be interpreted as a motion an "exceedance probability" of 20% (see below).
   Note that it might be incorrect to treat the motions being considered as equally likely or to assume that the 11 selected motions span the entire set of possible motions. In some cases, it might be reasonable to assign low subjective probabilities to particular motions or to treat the set of motions as a subset of relatively pessimistic scenarios. This means that M_d need not be a conservative motion within the set of motions being considered.

Even when the differences between the failure probabilities for different motions are substantial, a motion with an "exceedance probability" in of 20% is still likely to be sufficiently conservative, even when the failure probabilities per motion differ substantially. To illustrate this, consider the following purely hypothetical examples.

Case 1
Consider 4 equally probable motions, each with a different (conditional) failure probability. The "overall" failure probability equals $1{,}875 \cdot P_0$ (Table 14). This is smaller than $P(F|M_3)$, which implies that motion 3 could be used as a basis for a simplified assessment. This is a motion with a cumulative probability of 75%, or an "exceedance probability" of 25%.

Table 14. Hypothetical case 1: four equally likely motions with associated failure probabilities that differ up to a factor 8.

Motion	$P(M_i)$	Cumulative probability	$P(F\|M_i)$	$P(M_i) \cdot P(F\|M_i)$
1	1/4	1/4	$1/2 \cdot P_0$	$1/8 \cdot P_0$
2	1/4	2/4	P_0	$1/4 \cdot P_0$
3	1/4	3/4	$\mathbf{2 \cdot P_0}$	$1/2 \cdot P_0$
4	1/4	1	$4 \cdot P_0$	P_0
Sum	1	-	-	$\mathbf{1{,}875 \cdot P_0}$

Case 2
Consider 11 equally probable motions, with (conditional) failure probabilities that increase exponentially. The smallest and highest failure probabilities differ by a factor 100. The "overall" failure probability equals $24{,}48 \cdot P_0$ (see Table 15). Here, the "design motion" has a cumulative probability of 8/11, or an "exceedance probability" of 27%.

Table 15. Hypothetical case 2: four equally likely motions with associated failure probabilities that differ up to a factor 100.

Motion	$P(M_i)$	Cumulative probability	$P(F\|M_i)$	$P(M_i) \cdot P(F\|M_i)$
1	1/11	1/11	$1{,}00 \cdot P_0$	$0{,}09 \cdot P_0$
2	1/11	2/11	$1{,}58 \cdot P_0$	$0{,}14 \cdot P_0$
3	1/11	3/11	$2{,}51 \cdot P_0$	$0{,}23 \cdot P_0$
4	1/11	4/11	$3{,}98 \cdot P_0$	$0{,}36 \cdot P_0$
5	1/11	5/11	$6{,}31 \cdot P_0$	$0{,}57 \cdot P_0$
6	1/11	6/11	$10{,}00 \cdot P_0$	$0{,}91 \cdot P_0$

7	1/11	7/11	15,85 · P_0	1,44 · P_0
8	1/11	8/11	**25,12** · P_0	2,28 · P_0
9	1/11	9/11	39,81 · P_0	3,62 · P_0
10	1/11	10/11	63,10 · P_0	5,74 · P_0
11	1/11	1	100,00 · P_0	9,09 · P_0
Sum				**24,48 · P_0**

The use of motions with a fixed duration in FORM-analyses

The same (scaled) motion (motion 4) has been used in the FORM-analyses. For the relatively low exceedance probability of the design point value of the spectral acceleration, a motion with a shorter duration than the duration of motion 4 would have been appropriate (e.g. 1.5 seconds rather than 4.2 seconds). The fact that duration has not been adjusted has led to overestimation of the probability of failure (conservatism). This, however, is largely irrelevant for our purposes. More important is that it has also led to overestimation of the relative importance of the uncertainty related to the spectral acceleration of the model base, i.e. overestimation of $\alpha_{SAmodel\_base}^2$ (and underestimation of the squared other influence coefficients). This is because it has "fattened the tail of the load distribution". When deciding on design values, this has to be kept in mind.

Figure 41 plots significant duration (D5-75) and cumulative absolute velocity (CAV) estimates of the 11 motions used for the design basis case for Eemshaven section presented in the LPI-screening report (Deltares 2017) versus post-seismic crest settlements. The estimated significant duration for a 3057-year return period event using Bommer et al. (2015) empirical correlation for Groningen is 3.8 seconds. For the FORM analysis, motion 4 was considered representative of the entire suite of 11 motions. Motion 6 was considered in a sensitivity analysis.

Figure 42 plots significant duration (D5-75) and cumulative absolute velocity (CAV) estimates of the 11 motions used for the design basis case for Delfzijl section presented in the LPI-screening report (Deltares 2017) versus post-seismic crest settlements. The estimated significant duration for a 6537-year return period event using Bommer et al (2015) empirical correlation for Groningen is 3.6 seconds. For the FORM analysis, motion 4 was considered representative of the entire suite of 11 motions. Motion 6 was considered in a sensitivity analysis.

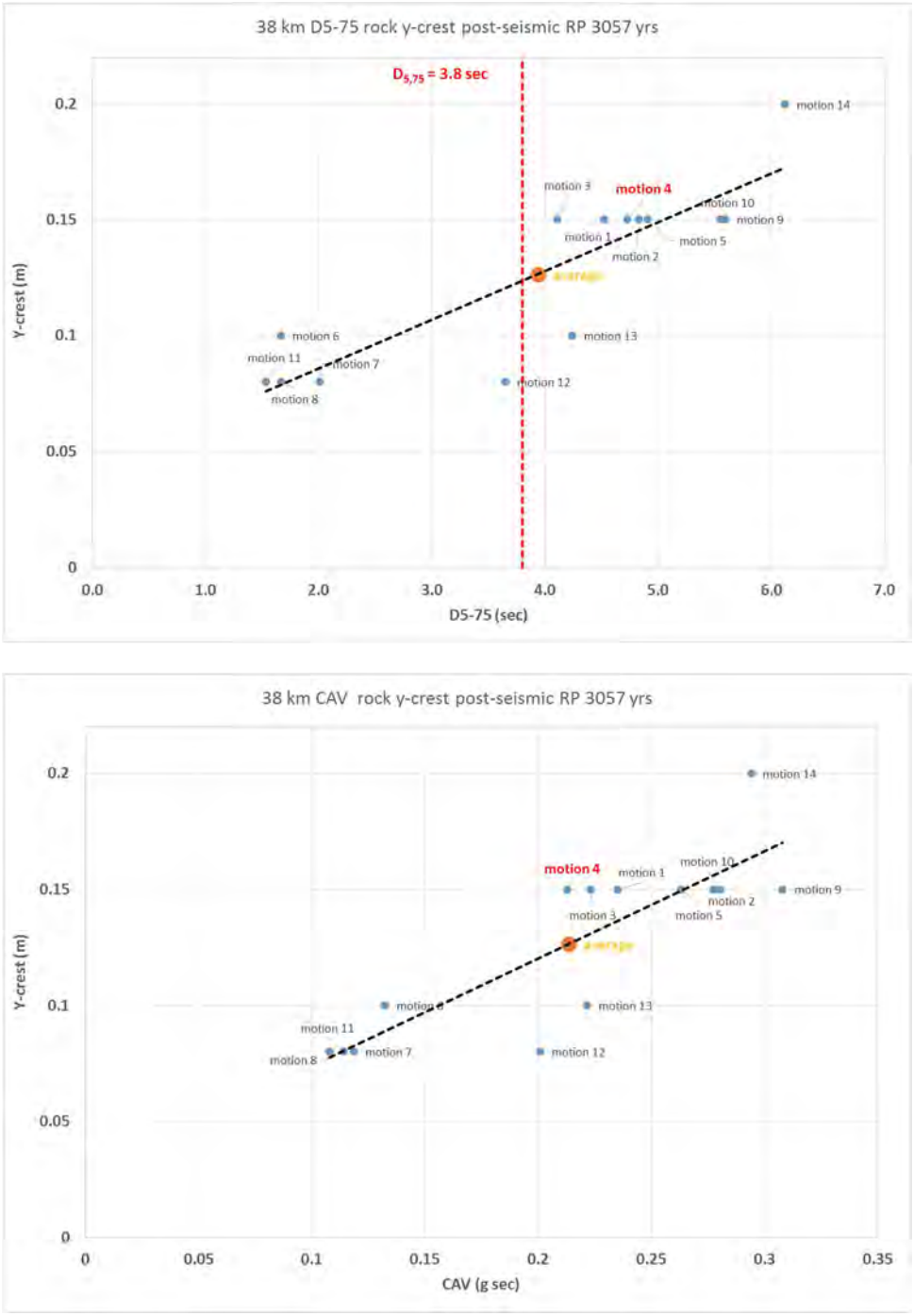


Figure 41. Range of crest settlements versus significant duration (upper illustration) and cumulative absolute velocity (lower illustration) from 14 different ground motions for Eemshaven Design Basis Case (Deltares 2017).

Figure 42. Range of crest settlements versus significant duration (upper illustration) and cumulative absolute velocity (lower illustration) from 14 different ground motions for Delfzijl Design Basis Case (Deltares 2017).

Appendix I Results of FORM-analyses for the 2D finite elements model

An overview of the results of the FORM-analyses are in the tables below. Prior to the FORM-iterations shown in these tables, at least 15 iterations were carried out.

Table 16. Results of FORM-analyses for Eemshaven profile using the median of local q_{c1Ncs} data [Base case A : Su/p' according to Kramer & Wang (2015); ground motion 4]

No.	Sa [g] ($=e^{x1}$)	CRR [-] ($=e^{x2}$)	εSu/p' [-] ($=e^{x3}$)	m [-] ($=e^{x4}$)	Z [m]	$\partial Z/\partial x_1$	$\partial Z/\partial x_2$	$\partial Z/\partial x_3$	$\partial Z/\partial x_4$	μ_Z	σ_Z	Beta	α_{x1}^2	α_{x2}^2	α_{x3}^2	α_{x4}^2	x_{1d}	x_{2d}	x_{3d}	x_{4d}
0	0.450	0.100	0.700	2.000	0.148	-5.310	10.677	3.540	-2.999	30.630	6.120	5.005	0.738	0.122	0.068	0.073	-0.794	-2.224	-0.586	0.742
1	0.450	0.102	0.669	2.020	0.137	-5.418	11.790	3.153	-3.011	31.418	6.252	5.025	0.736	0.142	0.052	0.070	-0.782	-2.254	-0.513	0.732
2	0.452	0.102	0.654	2.032	0.114	-5.484	12.409	3.016	-3.035	31.914	6.345	5.030	0.732	0.153	0.046	0.069	-0.790	-2.268	-0.484	0.728
3	0.452	0.102	0.646	2.039	0.093	-5.543	12.717	2.958	-3.057	32.280	6.417	5.030	0.731	0.157	0.043	0.069	-0.792	-2.274	-0.470	0.725
4	0.452	0.103	0.642	2.044	0.075	-5.589	12.885	2.934	-3.076	32.547	6.470	5.031	0.731	0.159	0.042	0.068	-0.791	-2.276	-0.462	0.724
5	0.453	0.103	0.640	2.048	0.061	-5.623	12.987	2.927	-3.091	32.743	6.508	5.031	0.732	0.159	0.041	0.068	-0.790	-2.277	-0.458	0.723
6	0.453	0.103	0.638	2.050	0.049	-5.649	13.056	2.927	-3.103	32.889	6.537	5.031	0.732	0.160	0.041	0.068	-0.790	-2.277	-0.456	0.722
7	0.453	0.103	0.637	2.052	0.040	-5.668	13.105	2.930	-3.113	33.000	6.560	5.031	0.732	0.160	0.040	0.068	-0.789	-2.277	-0.455	0.722
8	0.453	0.103	0.637	2.053	0.032	-5.683	13.142	2.934	-3.121	33.087	6.577	5.031	0.732	0.160	0.040	0.068	-0.789	-2.277	-0.454	0.722
9	0.453	0.103	0.636	2.055	0.026	-5.695	13.171	2.938	-3.128	33.155	6.590	5.031	0.732	0.160	0.040	0.068	-0.789	-2.277	-0.454	0.722
10	0.454	0.103	0.636	2.055	0.021	-5.704	13.193	2.941	-3.133	33.210	6.601	5.031	0.732	0.160	0.040	0.068	-0.789	-2.277	-0.454	0.722
11	0.454	0.103	0.636	2.056	0.017	-5.712	13.210	2.945	-3.137	33.253	6.610	5.031	0.732	0.160	0.040	0.068	-0.789	-2.277	-0.454	0.722
12	0.454	0.103	0.636	2.057	0.014	-5.718	13.224	2.947	-3.140	33.288	6.616	5.031	0.732	0.160	0.040	0.068	-0.789	-2.277	-0.454	0.722
13	0.454	0.103	0.636	2.057	0.011	-5.722	13.235	2.950	-3.143	33.316	6.622	5.031	0.732	0.160	0.040	0.068	-0.789	-2.277	-0.454	0.722

The design point has been verified using the FEM analysis. The final step of FORM analysis based on the response space results to a crest settlement of 1.45 m, the calculated crest settlement from FEM analysis is 1.50 m. A final FORM iteration using numerical analyses leads to similar influence factors (α_i^2), as shown in the table below.

No.	Sa [g] ($=e^{x1}$)	CRR [-] ($=e^{x2}$)	εSu/p' [-] ($=e^{x3}$)	m [-] ($=e^{x4}$)	Z [m]	$\partial Z/\partial x_1$	$\partial Z/\partial x_2$	$\partial Z/\partial x_3$	$\partial Z/\partial x_4$	α_{x1}^2	α_{x2}^2	α_{x3}^2	α_{x4}^2
final	0.454	0.103	0.636	2.057	-0.085	-6.171	13.371	3.085	-3.245	0.753	0.144	0.039	0.064

Table 17. Results of FORM-analyses for the Delfzijl profile with spatial averaging [Base case B : Su/p' according to Kramer and Wang (2015); ground motion 4]

No.	Sa [g] ($=e^{x1}$)	CRR [-] ($=e^{x2}$)	εSu/p' [-] ($=e^{x3}$)	m [-] ($=e^{x4}$)	Z [m]	$\partial Z/\partial x_1$	$\partial Z/\partial x_2$	$\partial Z/\partial x_3$	$\partial Z/\partial x_4$	μ_Z	σ_Z	Beta	α_{x1}^2	α_{x2}^2	α_{x3}^2	α_{x4}^2	x_{1d}	x_{2d}	x_{3d}	x_{4d}
0	1.100	0.220	0.700	3.000	-0.016	-4.160	9.747	1.325	-3.171	24.766	4.505	5.497	0.786	0.047	0.018	0.150	0.058	-1.509	-0.327	1.171
1	1.092	0.220	0.704	3.044	-0.012	-4.157	9.708	1.331	-3.168	24.748	4.502	5.497	0.786	0.047	0.018	0.150	0.059	-1.509	-0.329	1.170
2	1.086	0.220	0.707	3.079	-0.010	-4.155	9.680	1.336	-3.165	24.732	4.499	5.497	0.786	0.046	0.018	0.150	0.059	-1.508	-0.330	1.170
3	1.081	0.221	0.709	3.107	-0.008	-4.152	9.660	1.338	-3.163	24.716	4.496	5.498	0.786	0.046	0.018	0.150	0.059	-1.508	-0.331	1.170
4	1.077	0.221	0.711	3.129	-0.006	-4.150	9.645	1.340	-3.161	24.703	4.493	5.498	0.786	0.046	0.018	0.150	0.060	-1.508	-0.332	1.170
5	1.074	0.221	0.712	3.148	-0.005	-4.148	9.635	1.342	-3.160	24.692	4.491	5.498	0.786	0.046	0.018	0.150	0.060	-1.508	-0.333	1.170
6	1.071	0.221	0.713	3.162	-0.004	-4.147	9.627	1.342	-3.159	24.682	4.490	5.498	0.786	0.046	0.018	0.150	0.060	-1.508	-0.333	1.170
7	1.069	0.221	0.714	3.174	-0.003	-4.145	9.621	1.343	-3.158	24.675	4.488	5.498	0.786	0.046	0.018	0.150	0.060	-1.508	-0.333	1.170
8	1.068	0.221	0.715	3.184	-0.002	-4.144	9.617	1.343	-3.157	24.668	4.487	5.498	0.786	0.046	0.018	0.150	0.059	-1.508	-0.333	1.170
9	1.066	0.221	0.715	3.192	-0.002	-4.143	9.613	1.343	-3.157	24.663	4.486	5.498	0.786	0.046	0.018	0.150	0.059	-1.508	-0.333	1.170
10	1.065	0.221	0.715	3.198	-0.001	-4.143	9.611	1.343	-3.156	24.659	4.485	5.498	0.786	0.046	0.018	0.150	0.059	-1.508	-0.333	1.170
11	1.065	0.221	0.716	3.203	-0.001	-4.142	9.609	1.344	-3.156	24.656	4.485	5.498	0.786	0.046	0.018	0.150	0.059	-1.508	-0.334	1.170
12	1.064	0.221	0.716	3.207	-0.001	-4.142	9.607	1.344	-3.156	24.654	4.484	5.498	0.786	0.046	0.018	0.150	0.059	-1.508	-0.334	1.170
13	1.063	0.221	0.716	3.210	-0.001	-4.141	9.606	1.344	-3.156	24.652	4.484	5.498	0.786	0.046	0.018	0.150	0.059	-1.508	-0.334	1.170

The design point has been verified using the FEM analysis. The final step of FORM analysis based on the response space results to a crest settlement of 0.98 m, the calculated crest settlement from FEM analysis is 0.95 m. A final FORM iteration using numerical analyses leads to similar influence factors (α_i^2), as shown in the table below.

No.	Sa [g] ($=e^{x1}$)	CRR [-] ($=e^{x2}$)	εSu/p' [-] ($=e^{x3}$)	m [-] ($=e^{x4}$)	Z [m]	$\partial Z/\partial x_1$	$\partial Z/\partial x_2$	$\partial Z/\partial x_3$	$\partial Z/\partial x_4$	α_{x1}^2	α_{x2}^2	α_{x3}^2	α_{x4}^2
final	1.060	0.220	0.720	3.210	-0.049	-3.852	9.630	1.605	-3.207	0.750	0.051	0.029	0.171

Table 18. Results of FORM-analyses for the Eemshaven profile using the median of local q_{c1Ncs} data [Sensitivity case 1 : Su/p' according to Kramer & Wang (2015); motion 6]

No.	Sa [g] ($=e^{x1}$)	CRR [-] ($=e^{x2}$)	εSu/p' [-] ($=e^{x3}$)	m [-] ($=e^{x4}$)	Z [m]	$\partial Z/\partial x_1$	$\partial Z/\partial x_2$	$\partial Z/\partial x_3$	$\partial Z/\partial x_4$	μ_Z	σ_Z	Beta	α_{x1}^2	α_{x2}^2	α_{x3}^2	α_{x4}^2	x_{1d}	x_{2d}	x_{3d}	x_{4d}
0	0.634	0.104	0.663	2.071	0.054	-6.616	13.604	3.001	-3.098	39.162	7.418	5.279	0.780	0.135	0.033	0.053	-0.435	-2.267	-0.432	0.667
1	0.636	0.104	0.662	2.058	0.050	-6.623	13.620	3.002	-3.103	39.203	7.426	5.279	0.780	0.135	0.033	0.053	-0.436	-2.267	-0.432	0.667
2	0.637	0.104	0.660	2.047	0.046	-6.629	13.634	3.003	-3.107	39.240	7.433	5.279	0.780	0.135	0.033	0.053	-0.436	-2.267	-0.432	0.668
3	0.638	0.104	0.659	2.037	0.042	-6.634	13.647	3.004	-3.111	39.274	7.439	5.279	0.779	0.135	0.033	0.053	-0.436	-2.267	-0.432	0.668
4	0.639	0.104	0.658	2.028	0.038	-6.639	13.658	3.004	-3.115	39.304	7.445	5.280	0.779	0.135	0.033	0.053	-0.436	-2.267	-0.431	0.668
5	0.639	0.104	0.657	2.020	0.035	-6.643	13.668	3.006	-3.118	39.332	7.450	5.280	0.779	0.135	0.033	0.053	-0.436	-2.267	-0.431	0.668
6	0.640	0.104	0.657	2.013	0.032	-6.647	13.676	3.007	-3.121	39.357	7.454	5.280	0.779	0.135	0.033	0.053	-0.436	-2.267	-0.431	0.669
7	0.641	0.104	0.656	2.007	0.029	-6.651	13.684	3.008	-3.124	39.380	7.459	5.280	0.779	0.135	0.033	0.053	-0.436	-2.267	-0.431	0.669
8	0.641	0.104	0.655	2.001	0.027	-6.655	13.692	3.009	-3.127	39.402	7.463	5.280	0.779	0.135	0.033	0.053	-0.436	-2.267	-0.431	0.669
9	0.642	0.104	0.655	1.996	0.025	-6.658	13.698	3.010	-3.129	39.421	7.466	5.280	0.779	0.135	0.033	0.053	-0.436	-2.267	-0.431	0.669
10	0.642	0.104	0.654	1.992	0.023	-6.661	13.704	3.011	-3.131	39.439	7.470	5.280	0.779	0.135	0.033	0.053	-0.436	-2.267	-0.431	0.670
11	0.643	0.104	0.654	1.988	0.021	-6.663	13.710	3.011	-3.133	39.456	7.473	5.280	0.779	0.135	0.033	0.053	-0.436	-2.267	-0.431	0.670
12	0.643	0.104	0.653	1.985	0.019	-6.666	13.715	3.012	-3.135	39.471	7.476	5.280	0.779	0.135	0.033	0.053	-0.436	-2.267	-0.431	0.670
13	0.644	0.104	0.653	1.982	0.017	-6.668	13.720	3.013	-3.137	39.485	7.478	5.280	0.779	0.135	0.033	0.053	-0.436	-2.267	-0.431	0.670

The design point has been verified using the FEM analysis. The final step of FORM analysis based on the response space results to a crest settlement of 1.51 m, the calculated crest settlement from FEM analysis is 1.52 m.

Table 19. Results of FORM-analyses for the Delfzijl profile with spatial averaging [Sensitivity case 2 : Su/p' according to Kramer and Wang (2015); ground motion 6]

No.	Sa [g] ($=e^{x1}$)	CRR [-] ($=e^{x2}$)	εSu/p' [-] ($=e^{x3}$)	m [-] ($=e^{x4}$)	Z [m]	$\partial Z/\partial x_1$	$\partial Z/\partial x_2$	$\partial Z/\partial x_3$	$\partial Z/\partial x_4$	μ_Z	σ_Z	Beta	α_{x1}^2	α_{x2}^2	α_{x3}^2	α_{x4}^2	x_{1d}	x_{2d}	x_{3d}	x_{4d}
0	1.000	0.214	0.536	1.904	-0.181	-8.018	22.520	4.885	-3.346	45.268	8.517	5.315	0.817	0.070	0.067	0.047	-0.008	-1.541	-0.617	0.632
1	0.999	0.214	0.537	1.900	-0.147	-7.942	22.322	4.836	-3.310	44.835	8.436	5.315	0.817	0.070	0.067	0.047	-0.009	-1.541	-0.617	0.631
2	0.997	0.214	0.537	1.895	-0.119	-7.880	22.157	4.797	-3.280	44.482	8.370	5.315	0.817	0.070	0.067	0.046	-0.009	-1.541	-0.617	0.630
3	0.996	0.214	0.538	1.892	-0.097	-7.830	22.021	4.766	-3.257	44.195	8.316	5.314	0.817	0.070	0.067	0.046	-0.009	-1.541	-0.617	0.630
4	0.995	0.214	0.538	1.889	-0.078	-7.789	21.909	4.741	-3.237	43.961	8.273	5.314	0.817	0.070	0.066	0.046	-0.009	-1.541	-0.617	0.629
5	0.994	0.214	0.538	1.886	-0.063	-7.756	21.817	4.720	-3.222	43.771	8.237	5.314	0.817	0.070	0.066	0.046	-0.009	-1.541	-0.617	0.629
6	0.994	0.214	0.539	1.884	-0.051	-7.729	21.741	4.704	-3.209	43.617	8.208	5.314	0.817	0.070	0.066	0.046	-0.009	-1.541	-0.617	0.628
7	0.993	0.214	0.539	1.882	-0.042	-7.707	21.680	4.690	-3.199	43.491	8.185	5.314	0.817	0.070	0.066	0.046	-0.009	-1.541	-0.617	0.628
8	0.993	0.214	0.539	1.881	-0.034	-7.689	21.630	4.679	-3.191	43.389	8.166	5.314	0.817	0.070	0.066	0.046	-0.009	-1.541	-0.617	0.628
9	0.993	0.214	0.539	1.879	-0.027	-7.674	21.590	4.670	-3.184	43.307	8.150	5.314	0.817	0.070	0.066	0.046	-0.009	-1.541	-0.617	0.628
10	0.992	0.214	0.539	1.878	-0.022	-7.663	21.557	4.663	-3.178	43.239	8.137	5.314	0.817	0.070	0.066	0.046	-0.009	-1.541	-0.617	0.628
11	0.992	0.214	0.539	1.877	-0.018	-7.653	21.530	4.657	-3.174	43.185	8.127	5.314	0.817	0.070	0.067	0.046	-0.009	-1.541	-0.617	0.628
12	0.992	0.214	0.539	1.876	-0.015	-7.645	21.508	4.653	-3.170	43.141	8.119	5.314	0.817	0.070	0.067	0.046	-0.009	-1.541	-0.617	0.628
13	0.992	0.214	0.540	1.876	-0.012	-7.639	21.490	4.649	-3.167	43.105	8.112	5.314	0.817	0.070	0.067	0.046	-0.009	-1.541	-0.617	0.628

The design point has been verified using the FEM analysis. The final step of FORM analysis based on the response space results to a crest settlement of 1.60 m, the calculated crest settlement from FEM analysis is 1.70 m.

Table 20. Results of FORM-analyses for the Eemshaven profile without spatial averaging [Sensitivity case 3 : Su/p' according to Idriss and Boulanger 2008; ground motion 4]

No.	Sa [g] ($=e^{x1}$)	CRR [-] ($=e^{x2}$)	εSu/p' [-] ($=e^{x3}$)	m [-] ($=e^{x4}$)	Z [m]	$\partial Z/\partial x_1$	$\partial Z/\partial x_2$	$\partial Z/\partial x_3$	$\partial Z/\partial x_4$	μ_Z	σ_Z	Beta	α_{x1}^2	α_{x2}^2	α_{x3}^2	α_{x4}^2	x_{1d}	x_{2d}	x_{3d}	x_{4d}
0	0.500	0.100	0.900	2.000	-0.198	-7.376	9.128	7.361	-3.363	39.631	8.091	4.898	0.815	0.115	0.019	0.052	-0.673	-2.297	-0.100	0.616
1	0.502	0.100	0.901	1.969	-0.160	-7.267	9.024	7.284	-3.324	39.067	7.976	4.898	0.814	0.115	0.019	0.053	-0.676	-2.299	-0.101	0.617
2	0.503	0.100	0.902	1.946	-0.130	-7.182	8.936	7.222	-3.292	38.625	7.886	4.898	0.813	0.116	0.019	0.053	-0.678	-2.299	-0.101	0.618
3	0.504	0.100	0.902	1.927	-0.105	-7.116	8.863	7.172	-3.266	38.276	7.816	4.897	0.813	0.116	0.019	0.053	-0.680	-2.300	-0.101	0.619
4	0.505	0.100	0.902	1.913	-0.085	-7.064	8.803	7.131	-3.245	38.001	7.760	4.897	0.812	0.116	0.019	0.053	-0.681	-2.300	-0.101	0.619
5	0.505	0.100	0.903	1.902	-0.069	-7.023	8.755	7.098	-3.228	37.782	7.715	4.897	0.812	0.116	0.019	0.053	-0.681	-2.300	-0.101	0.620
6	0.505	0.100	0.903	1.893	-0.056	-6.991	8.716	7.071	-3.214	37.608	7.680	4.897	0.812	0.116	0.019	0.053	-0.681	-2.300	-0.101	0.620
7	0.505	0.100	0.903	1.886	-0.045	-6.965	8.685	7.049	-3.203	37.469	7.652	4.897	0.812	0.116	0.019	0.053	-0.682	-2.300	-0.101	0.620
8	0.505	0.100	0.903	1.881	-0.037	-6.944	8.660	7.031	-3.194	37.359	7.629	4.897	0.812	0.116	0.019	0.053	-0.682	-2.300	-0.102	0.620
9	0.505	0.100	0.903	1.876	-0.030	-6.928	8.639	7.016	-3.186	37.270	7.611	4.897	0.812	0.116	0.019	0.053	-0.682	-2.300	-0.102	0.620
10	0.506	0.100	0.903	1.873	-0.024	-6.914	8.623	7.004	-3.181	37.199	7.597	4.897	0.812	0.116	0.019	0.053	-0.682	-2.300	-0.102	0.620
11	0.506	0.100	0.903	1.870	-0.020	-6.904	8.610	6.994	-3.176	37.142	7.585	4.897	0.812	0.116	0.019	0.053	-0.682	-2.300	-0.102	0.620
12	0.506	0.100	0.903	1.868	-0.016	-6.895	8.599	6.986	-3.172	37.096	7.576	4.897	0.812	0.116	0.019	0.053	-0.682	-2.300	-0.102	0.620
13	0.506	0.100	0.903	1.866	-0.013	-6.888	8.591	6.980	-3.169	37.059	7.569	4.897	0.812	0.116	0.019	0.053	-0.682	-2.300	-0.102	0.620

The design point has been verified using the FEM analysis. The final step of FORM analysis based on the response space results to a crest settlement of 1.62 m, while the calculated crest settlement from FEM analysis is 1.60 m. A final FORM iteration using numerical analysis results concludes to similar influence factors (α_i^2) as shown in the table below.

No.	Sa [g] ($=e^{x1}$)	CRR [-] ($=e^{x2}$)	εSu/p' [-] ($=e^{x3}$)	m [-] ($=e^{x4}$)	Z [m]	$\partial Z/\partial x_1$	$\partial Z/\partial x_2$	$\partial Z/\partial x_3$	$\partial Z/\partial x_4$	α_{x1}^2	α_{x2}^2	α_{x3}^2	α_{x4}^2
final	0.506	0.100	0.900	1.870	0.008	-6.545	8.415	5.610	-3.147	0.806	0.122	0.014	0.058

Table 21. Results of FORM-analyses for the Delfzijl profile without spatial averaging [Sensitivity case 4 : Su/p' according to Idriss and Boulanger 2008; ground motion 4]

No.	Sa [g] ($=e^{x1}$)	CRR [-] ($=e^{x2}$)	εSu/p' [-] ($=e^{x3}$)	m [-] ($=e^{x4}$)	Z [m]	$\partial Z/\partial x_1$	$\partial Z/\partial x_2$	$\partial Z/\partial x_3$	$\partial Z/\partial x_4$	μ_Z	σ_Z	Beta	α_{x1}^2	α_{x2}^2	α_{x3}^2	α_{x4}^2	x_{1d}	x_{2d}	x_{3d}	x_{4d}
0	0.800	0.190	0.900	2.300	-0.145	-5.843	8.997	5.367	-3.393	31.285	6.232	5.020	0.810	0.083	0.017	0.090	-0.282	-1.690	-0.097	0.827
1	0.791	0.189	0.901	2.297	-0.127	-5.847	8.933	5.447	-3.374	31.264	6.230	5.019	0.812	0.082	0.017	0.089	-0.279	-1.688	-0.099	0.822
2	0.784	0.188	0.902	2.293	-0.110	-5.842	8.881	5.497	-3.355	31.211	6.221	5.017	0.813	0.082	0.018	0.088	-0.277	-1.687	-0.100	0.819
3	0.778	0.188	0.903	2.288	-0.094	-5.833	8.837	5.528	-3.338	31.142	6.208	5.016	0.814	0.081	0.018	0.087	-0.276	-1.686	-0.101	0.816
4	0.774	0.187	0.903	2.282	-0.079	-5.822	8.801	5.546	-3.322	31.067	6.194	5.016	0.814	0.081	0.018	0.087	-0.275	-1.685	-0.101	0.814
5	0.771	0.187	0.903	2.277	-0.067	-5.810	8.771	5.557	-3.309	30.993	6.180	5.015	0.815	0.081	0.018	0.087	-0.275	-1.685	-0.101	0.812
6	0.769	0.186	0.903	2.272	-0.056	-5.798	8.746	5.562	-3.297	30.924	6.167	5.015	0.815	0.080	0.018	0.086	-0.274	-1.684	-0.102	0.811
7	0.767	0.186	0.903	2.268	-0.047	-5.787	8.725	5.565	-3.287	30.861	6.154	5.014	0.815	0.080	0.018	0.086	-0.274	-1.684	-0.102	0.810
8	0.766	0.186	0.903	2.264	-0.039	-5.777	8.708	5.565	-3.279	30.805	6.144	5.014	0.815	0.080	0.018	0.086	-0.274	-1.684	-0.102	0.809
9	0.765	0.186	0.903	2.261	-0.032	-5.769	8.694	5.565	-3.272	30.756	6.134	5.014	0.815	0.080	0.019	0.086	-0.274	-1.684	-0.102	0.809
10	0.764	0.186	0.903	2.258	-0.027	-5.761	8.683	5.564	-3.266	30.714	6.126	5.014	0.815	0.080	0.019	0.086	-0.274	-1.684	-0.102	0.809
11	0.763	0.186	0.903	2.255	-0.022	-5.755	8.674	5.562	-3.261	30.678	6.119	5.014	0.815	0.080	0.019	0.086	-0.275	-1.684	-0.103	0.808
12	0.762	0.186	0.903	2.253	-0.019	-5.749	8.666	5.561	-3.257	30.648	6.113	5.014	0.815	0.080	0.019	0.086	-0.275	-1.684	-0.103	0.808
13	0.762	0.186	0.903	2.251	-0.015	-5.744	8.660	5.560	-3.253	30.622	6.108	5.013	0.815	0.080	0.019	0.086	-0.275	-1.684	-0.103	0.808

The design point has been verified using the FEM analysis. The final step of FORM analysis based on the response space results to a crest settlement of 1.34 m, while the calculated crest settlement from FEM analysis is 1.30 m. A final FORM iteration using numerical analysis results concludes to similar influence factors (α_i^2) as shown in the table below.

No.	Sa [g] ($=e^{x1}$)	CRR [-] ($=e^{x2}$)	εSu/p' [-] ($=e^{x3}$)	m [-] ($=e^{x4}$)	Z [m]	$\partial Z/\partial x_1$	$\partial Z/\partial x_2$	$\partial Z/\partial x_3$	$\partial Z/\partial x_4$	α_{x1}^2	α_{x2}^2	α_{x3}^2	α_{x4}^2
final	0.762	0.186	0.903	2.250	0.075	-5.625	7.875	5.625	-3.076	0.828	0.070	0.020	0.081

Appendix J Sensitivity analyses on design sea water level

In Fugro (2016c) dynamic levee stability evaluations the water table level for earthquake loading (i.e. corresponding to a 1-year flood event) was used in the analyses together with the application of earthquake loading. The water level corresponding to the 1-year flood event is at El. +3.75m NAP at seaside for both Eemshaven and Delfzijl.

Since water pressure acts as a stabilizing force on the seaside levee slope, the use of the higher water levels associated with the 1-year flood event may be an unconservative assumption in terms of levee crest settlements. To address this issue, additional numerical analyses were performed assuming mean high water level (i.e. El. +1.93m NAP for both Eemshaven Delfzijl) and mean low tides water level (i.e. El. -0.7m NAP for Eemshaven and El. -1.85m NAP for Delfzijl) to evaluate its influence on dynamically induced crest settlements. The water levels are shown schematically on Figure 43.

Results of the sensitivity analyses on the water level are shown on Figure 44 for Eemshaven and Figure 45 for Delfzijl. The figures plot contours of post seismic crest settlement for the 1-year flood event (upper illustration), mean high water level (illustration in the middle) and mean low tides water level (lower illustration). As shown on these figures the crest settlements are not significantly affected for the water levels considered.

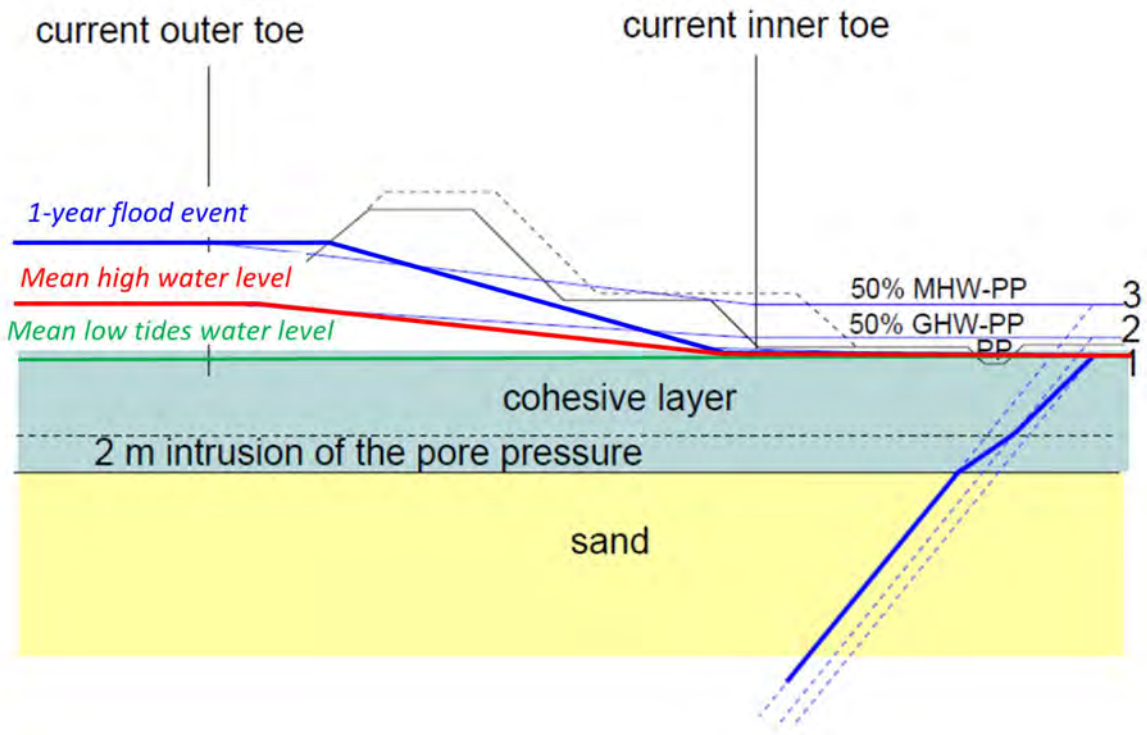


Figure 43. Schematization of 1-year flood event (blue line), mean high (red line) and mean low tides (green line) water levels.

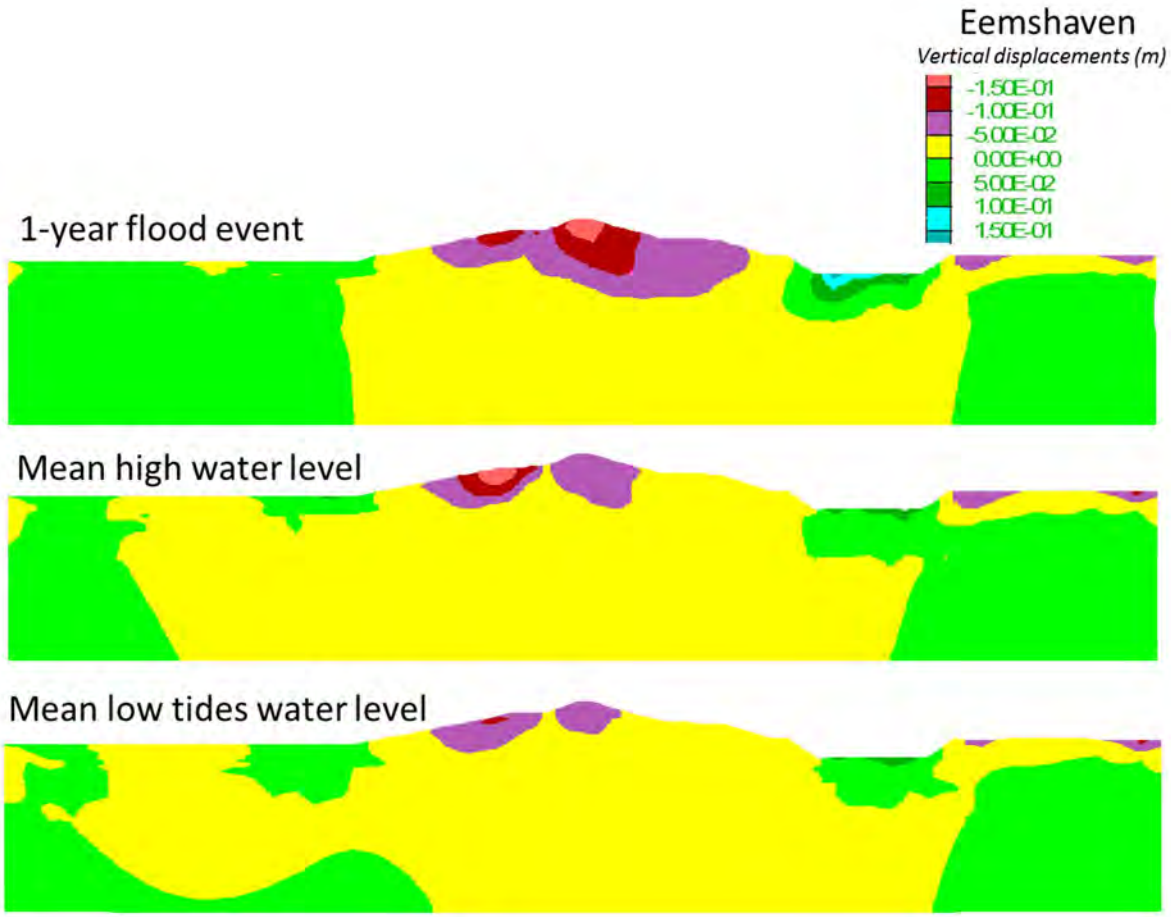


Figure 44. Contours of residual vertical displacements in Eemshaven for 1-year flood event (blue line in Figure 43), mean high (red line in Figure 43) and mean low tides (green line in Figure 43) water level conditions.

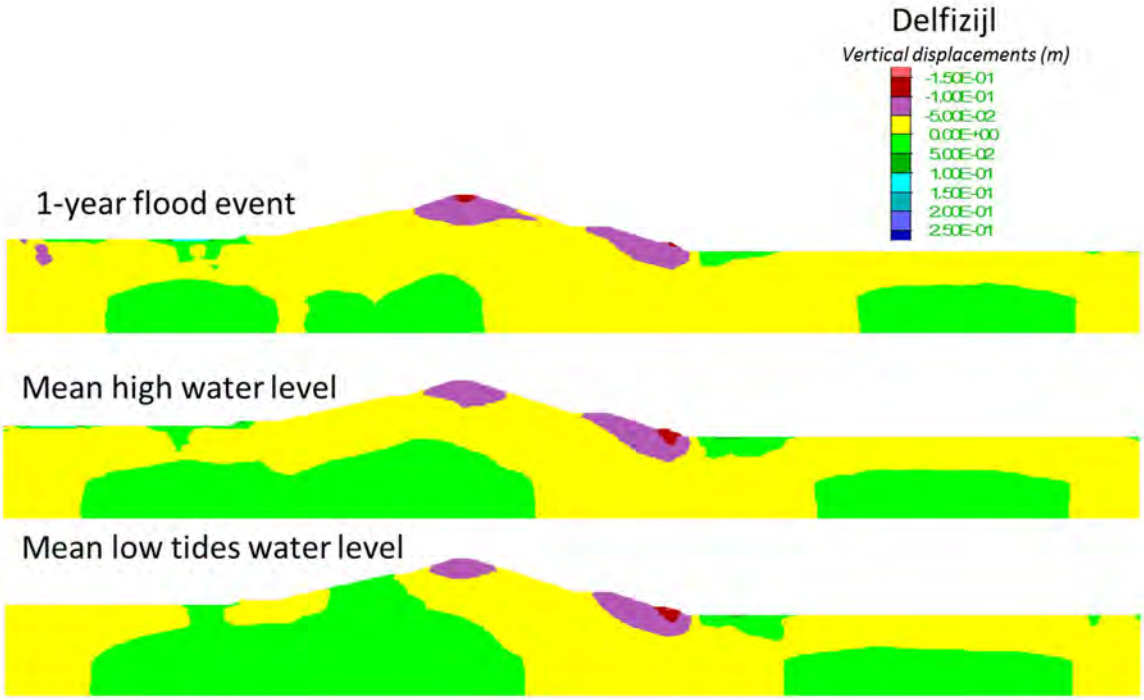


Figure 45. Contours of residual vertical displacements in Delfzijl for 1-year flood event (blue line in Figure 43), mean high (red line in Figure 43) and mean low tides (green line in Figure 43) water level conditions.

Bijlage 9

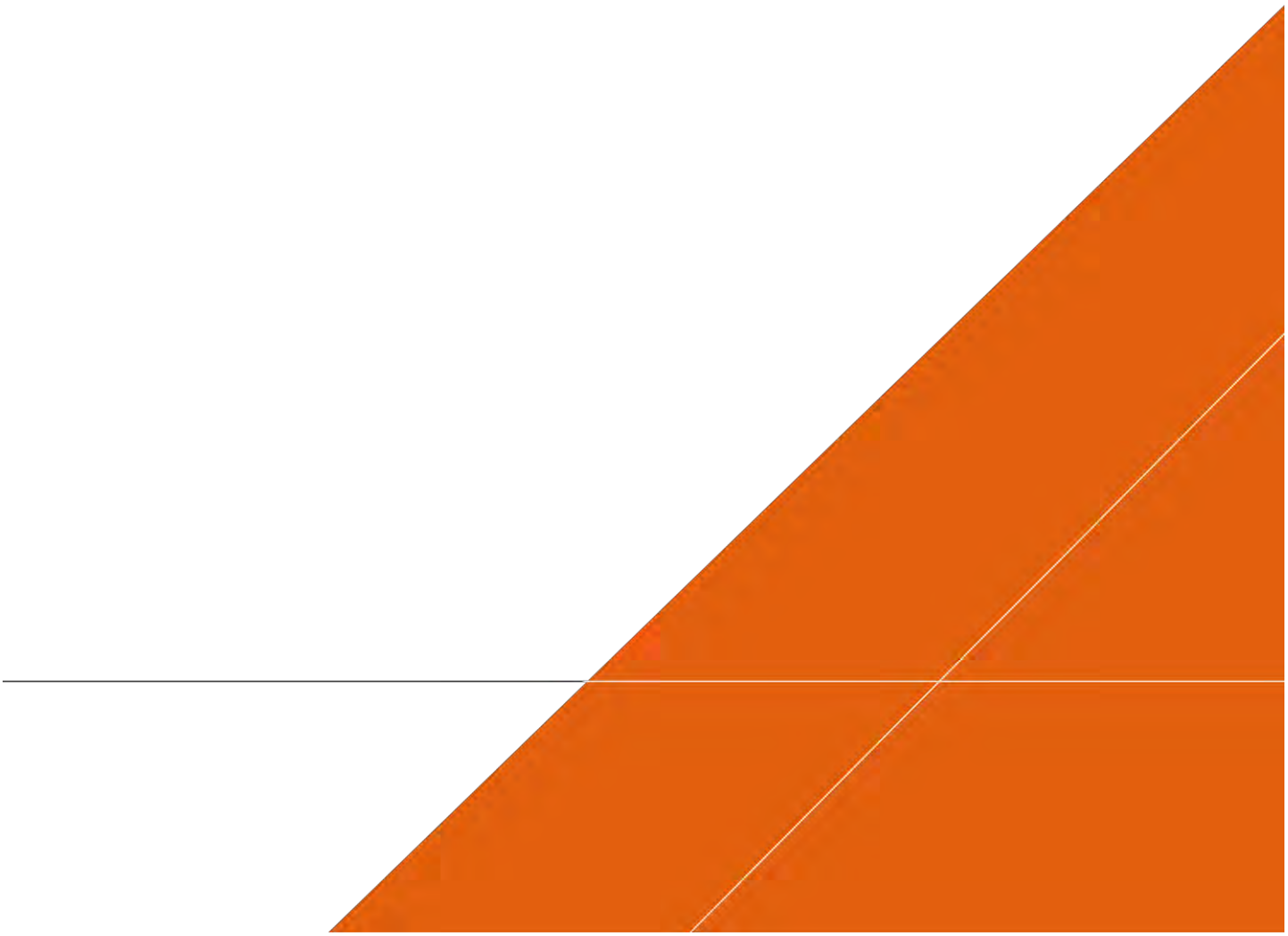
Externe veiligheid

ARCADIS Design & Consultancy for natural and built assets

KWANTITATIEVE RISICOANALYSE (QRA) VOOR NAM INRICHTING TERNAARD-200

Nederlandse Aardolie Maatschappij B.V.

29 JUNI 2018



Contactpersonen

ALEXANDER KLAESSEN
Senior Engineer Veiligheid

T +31 88 426 1261
M +31 6 46 88 1425
E alexander.klaessen@arcadis.com

Arcadis Nederland B.V.
Postbus 4205
3006 AE Rotterdam
Nederland

©ARCADIS. Alle rechten voorbehouden. Behoudens uitzonderingen door de wet gesteld, mag zonder schriftelijke toestemming van de rechthebbenden niets uit dit document worden verveelvoudigd en/of openbaar worden gemaakt door middel van druk, fotokopie, digitale reproductie of anderszins.

Disclaimer

ARCADIS wijst er nadrukkelijk op dat de in dit rapport gegeven uitkomsten en adviezen afhankelijk zijn van de uitvoering van de kwantitatieve risico-analyse (QRA). De wijze van uitvoering is vastgelegd in de door RIVM CEV opgestelde Handleiding Risicoberekeningen BEVI (HRB) en het door de overheid voorgeschreven gebruik van het rekenpakket Safeti-NL binnen het kader van de zogenoemde externe veiligheid.

SAMENVATTING

Context

Op verzoek van de Nederlandse Aardolie Maatschappij B.V. (NAM) heeft Arcadis voor de gaswinningsinstallatie Ternaard-200(hierna te noemen inrichting Ternaard-200) een kwantitatieve risicoanalyse (QRA) uitgevoerd volgens de Handleiding Risicoberekeningen BEVI [ref. 6].

Voor de inrichting Ternaard-200 moet een vergunning aangevraagd worden in het kader van de Wet algemene bepalingen omgevingsrecht (Wabo) voor het oprichten en in werking hebben van de inrichting. Voor de vergunningaanvraag dient rekening gehouden te worden met de risico's voor de externe veiligheid (d.w.z. het risico buiten de inrichting). De risico's worden in kaart gebracht voor de situatie zoals voorzien voor de duur van de vergunning.

De inrichting is bestemd voor het produceren en afvoeren van aardgas, afkomstig uit de op het terrein gelegen put. Het aardgas gaat via een bovengrondse en later ondergrondse leiding via Moddergat-1 naar gasbehandelingsinstallatie Anjum-1.

In deze QRA zijn de externe veiligheidsrisico's getoetst aan de normen voor niet-categoriale inrichtingen uit het Besluit Externe Veiligheid Inrichtingen [ref. 2].

De risico's worden uitgedrukt in het Plaatsgebonden risico (PR) en het Groepsrisico (GR).

Methode

In de voorliggende QRA zijn de risico's ten gevolge van het mogelijk vrijkomen van gevaarlijke stoffen door lekkages of het falen van de omhulling, zogenaamde "Loss Of Containment" (LOC) gebeurtenissen, volgens de voorgeschreven methode zo realistisch mogelijk gekwantificeerd.

De QRA heeft betrekking op de gehele inrichting. In de huidige situatie betreft dit de putten en de leidingen. Ook de exportleiding tot aan de inrichtingsgrens maakt deel uit van de inrichting Ternaard-200.

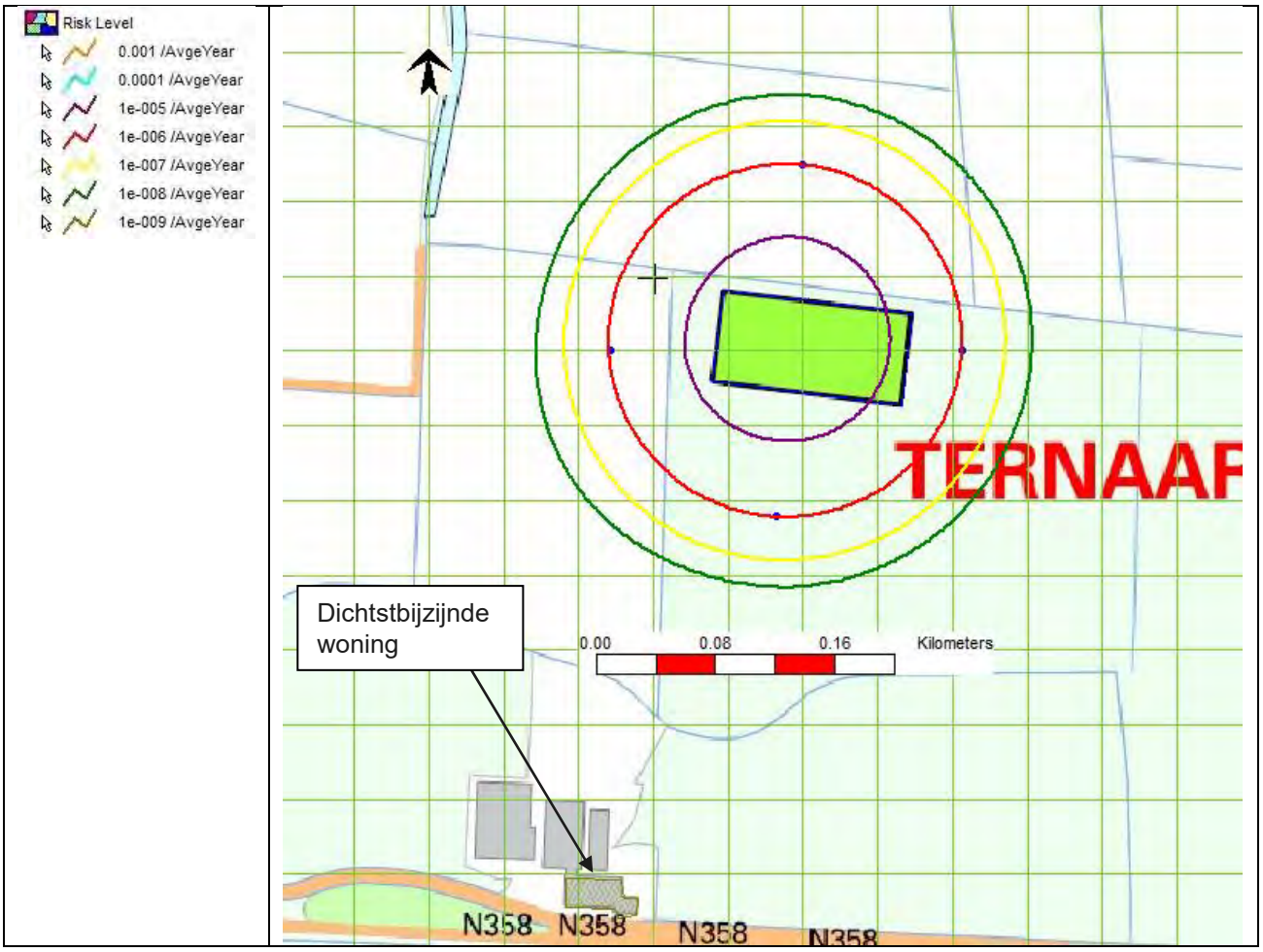
De scenario's voor de QRA zijn opgesteld in overeenstemming met de Handleiding Risicoberekeningen BEVI (HRB) [ref. 6]. De gehanteerde uitgangspunten in de modellering zijn beschreven in hoofdstuk 3 en hoofdstuk 10 van het HRB.

Voor het bepalen van de effecten en het berekenen van de risico's is gebruik gemaakt van het softwarepakket Safeti-NL (met grotendeels niet wijzigbare Nederlandse instellingen) [ref. 1]. Dit pakket is door de Nederlandse overheid aangewezen als verplicht programma voor het uitvoeren van QRA's in het kader van het BEVI.

Resultaten

Het resultaat van deze analyse is de berekening van het Plaatsgebonden Risico (PR) en het Groepsrisico (GR) ten gevolge van de activiteiten op deze locatie. De risico's worden uitgedrukt als de kans op dodelijk letsel per jaar.

De plaatsgebonden risicocontouren zijn weergegeven in onderstaande figuur. Gridgrootte is 50 m.



In de nabijheid van de inrichting Ternaard-200 zijn beperkt kwetsbare objecten aanwezig.

Het dichtstbijzijnde beperkt kwetsbare object betreft een woning. De woning ligt op 338 m ten zuiden vanaf de inrichtingsgrens. Alle beperkt kwetsbare objecten liggen buiten de 10^{-6} per jaar PR contour.

De 10^{-6} per jaar PR contour ligt buiten de grenzen van de inrichting. De maximale afstand vanaf de inrichtingsgrens tot de 10^{-6} PR contour bedraagt ca. 90 m (noordelijke richting).

De belangrijkste bijdragen aan de 10^{-6} per jaar plaatsgebonden risicocontour worden geleverd door de volgende scenario's:

- Production tubing blowout gasproductieput TRN-201 (directe ontsteking);
- Production tubing blowout gasproductieput TRN-201 (vertraagde ontsteking);
- Casing blowout gasproductieput TRN-201 (directe ontsteking).

De grootste effectafstand wordt veroorzaakt door terugstroom bij leidingbreuk van de 12" leiding transportleiding naar Moddergat-1 (directe ontsteking). Indien een horizontale toortsbrand ontstaat, heeft deze een effectafstand van 209 m. Binnen deze afstand heeft een onbeschermd persoon een kans groter dan 1% op overlijden. Dit effect heeft geen invloed op de dichtstbijzijnde woning, die zich op ongeveer 340 m in zuidelijke richting van de 12" transportleiding bevindt.

Conclusies

De 10^{-6} per jaar PR-contour reikt buiten de inrichtingsgrens. Binnen de 10^{-6} per jaar PR contour bevinden zich geen (beperkt) kwetsbare objecten. Het berekende Plaatsgebonden Risico voldoet aan de normstelling in het BEVI [ref. 2].

Het groepsrisico voor de inrichting Ternaard-200 is nihil vanwege de geringe populatie binnen het invloedgebied van de inrichting Ternaard-200.

Het groepsrisico overschrijdt de oriënterende normwaarden zoals gedefinieerd in het BEVI [ref. 2] niet.

AFKORTINGEN

BEVI	Besluit Externe Veiligheid Inrichtingen
BLEVE	Boiling Liquid Expanding Vapour Explosion
GR	Groepsrisico
HRB	Handleiding Risicoberekeningen BEVI
LFL	Lower Flammability Limit
LOC	Loss Of Containment
LP	Long pipeline
LR	Line rupture
NAM	Nederlandse Aardolie Maatschappij B.V.
PEFS	Process Engineering Flow Scheme
PFS	Process Flow Scheme
PR	Plaatsgebonden Risico
QRA	Quantitative Risk Assessment
REVI	Regeling Externe Veiligheid Inrichtingen
RIVM	Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu
RRP	Risk Ranking Points
SodM	Staatstoezicht op de Mijnen
TRN	Naam gasproductieput op de inrichting Ternaard-200
VROM	Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieu (tegenwoordig Ministerie voor Infrastructuur en Milieu, WIA)
Wabo	Wet algemene bepalingen omgevingsrecht

INHOUDSOPGAVE

SAMENVATTING 3

AFKORTINGEN 6

1 INLEIDING 9
1.1 Aanleiding 9
1.2 Toetsingskader Externe Veiligheid 9
1.2.1 Het beleid 9
1.2.2 Plaatsgebonden risico en groepsrisico 9
1.2.2.1 Plaatsgebonden risico 9
1.2.2.2 Groepsrisico 10
1.3 Gebruikte informatiebronnen 11
1.4 Leeswijzer 11

2 BESCHRIJVING INRICHTING 12
2.1 Gegevens inrichting 12
2.2 Algemene procesbeschrijving 13
2.3 Materialen, samenstellingen en voorbeeldstoffen 13

3 UITGANGSPUNTEN QRA 16
3.1 Algemeen 16
3.2 Selectie van installaties voor de QRA 16
3.3 Beschrijving van de insluitsystemen 16

4 LOC SCENARIO'S 18
4.1 Uitstroming 18
4.1.1 Algemeen 18
4.1.2 Locatie specifiek 19
4.1.3 Tijdsafhankelijkheid 20
4.1.4 Uitstromingsrichting en duur 21
4.2 Initiële faalkansen 22

5 EFFECTBEREKENING 24

5.1 Algemeen 24
5.2 Weer en ruwheidslengte 24
5.3 Ontstekingskansen 24
5.3.1 Directe ontsteking 24
5.3.2 Vertraagde ontsteking 24

6 BLOOTSTELLING EN SCHADE 25
6.1 Populatie & Risk Ranking Points (RRP) 25
6.2 Modelering van de schade 26
6.2.1 Blootstelling van personen aan warmtestraling 26
6.3 Effectafstanden dominante scenario's 26
6.3.1 Effectafstanden weerklasse F1,5 m/s 26
6.3.2 Effectafstanden weerklasse D5,0 m/s 27

7 QRA RESULTATEN 28
7.1 Plaatsgebonden risico 29
7.2 Groepsrisico 30

8 CONCLUSIES 31
8.1 Toetsing PR aan acceptatiecriteria 31
8.2 Toetsing GR aan acceptatiecriteria 31

9 REFERENTIES 32

10 DEFINITIES 33

BIJLAGEN

BIJLAGE A : SCENARIO'S TERNAARD-200 35
Bijlage A.1: Vessel en Pipe Scenario's 36

COLOFON 37

1 INLEIDING

1.1 Aanleiding

Op verzoek van de Nederlandse Aardolie Maatschappij B.V. (NAM) heeft Arcadis voor de gaswinningsinstallatie Ternaard-200 (hierna te noemen inrichting Ternaard-200) een kwantitatieve risicoanalyse (QRA) uitgevoerd volgens de Handleiding Risicoberekeningen BEVI [ref. 6].

Voor de inrichting Ternaard-200 moet een vergunning aangevraagd worden in het kader van de Wet algemene bepalingen omgevingsrecht (Wabo) voor het oprichten en in werking hebben van de inrichting. De QRA rapportage is deel van deze vergunningaanvraag.

Voor de vergunningaanvraag dient rekening gehouden te worden met de risico's voor de externe veiligheid (d.w.z. het risico buiten de inrichting). De risico's worden in kaart gebracht voor de situatie zoals voorzien voor de duur van de vergunning.

In deze QRA zijn de externe veiligheidsrisico's getoetst aan de normen voor niet-categoriale inrichtingen uit het Besluit Externe Veiligheid Inrichtingen [ref. 2].

De risico's worden uitgedrukt in het Plaatsgebonden risico (PR) en het Groepsrisico (GR).

1.2 Toetsingskader Externe Veiligheid

1.2.1 Het beleid

In Nederland is in 2004 het Besluit Externe Veiligheid Inrichtingen (BEVI) [ref. 2] en de Regeling Externe Veiligheid Inrichten (REVI) [ref. 3] in werking getreden. In aanvulling hierop is per 1 juli 2015 de gewijzigde Regeling Externe Veiligheid Inrichtingen (REVI) van kracht [ref. 3].

Door de gewijzigde REVI worden mijnbouwwerken aangewezen via artikel 1b, onderdeel i. De inrichting Ternaard-200 is een dergelijk mijnbouwwerk.

Het aanwijzen van mijnbouwwerken sluit aan bij het beleid om inrichtingen met gevaarlijke stoffen, waarvan risicocontouren buiten de grenzen van de inrichting vallen, aan te wijzen als BEVI-inrichtingen. Kort gezegd geldt voor mijnbouwwerken dat zij aangewezen worden als bedoeld in de Mijnbouwwet, tevens een inrichting zijn in de zin van artikel 1.1 van de Wet milieubeheer en dat er gevaarlijke stoffen aanwezig zijn. Hierdoor worden mijnbouwinrichtingen aangewezen als niet-categoriale inrichtingen.

De in deze QRA berekende risico's worden getoetst aan de risiconormen voor externe veiligheid met betrekking tot niet-categoriale inrichtingen, zoals deze in BEVI zijn vastgelegd.

In de REVI is onder andere vastgelegd, dat voor de inrichtingen die nu onder het BEVI vallen een QRA opgesteld dient te worden, waarbij gerekend moet worden conform de Handleiding Risicoberekening BEVI (HRB) versie 3.3 met gebruik van Safeti-NL versie 6.54.

1.2.2 Plaatsgebonden risico en groepsrisico

De externe veiligheidsrisico's worden uitgedrukt in het Plaatsgebonden Risico (PR) en het Groepsrisico (GR) zoals gedefinieerd in het BEVI [ref. 2].

1.2.2.1 Plaatsgebonden risico

Het PR is de kans op overlijden die een onbeschermd fictief persoon loopt als hij zich gedurende een jaar continu op een bepaalde plaats zou bevinden. Punten met een gelijk PR worden met elkaar verbonden en vormen zodanig de iso-risico-contouren.

Voor het Plaatsgebonden Risico staan in het BEVI grens- en richtwaarden vermeld voor kwetsbare en beperkt kwetsbare objecten in nieuwe en bestaande situaties. Ook dient rekening te worden gehouden met de geprojecteerde objecten in het geldende bestemmingsplan. Voorbeelden van kwetsbare objecten zijn woningen in woonwijken, scholen en ziekenhuizen. Enkele voorbeelden van beperkt kwetsbare objecten zijn verspreid liggende woningen, dienst- en bedrijfswoningen, kleine hotels en restaurants, sport-, kampeer- en recreatie terreinen met minder dan 50 mensen.

De grens- en richtwaarden voor nieuwe situaties, en op termijn ook voor bestaande situaties, staan in de volgende tabel.

Object	Norm
(Geprojecteerd) kwetsbaar	Grenswaarde PR 10^{-6} / jaar
(Geprojecteerd) beperkt kwetsbaar	Richtwaarde PR 10^{-6} / jaar

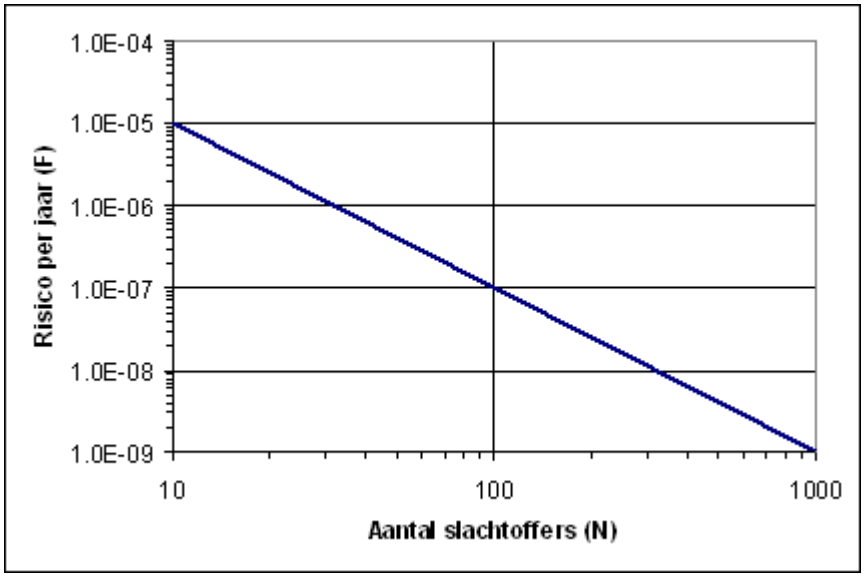
Tabel 1.1: Risico normering PR BEVI inrichtingen.

1.2.2.2 Groepsrisico

Het GR is de gecombineerde kans op ongevallen waarbij een groep van ten minste het gegeven aantal personen gelijktijdig dodelijk slachtoffer wordt. Het GR wordt grafisch weergegeven in een zogenaamde f-N curve. Deze grafiek geeft het mogelijke aantal dodelijke slachtoffers (N) weer met de bijbehorende kans van optreden (f).

Voor het groepsrisico geldt geen harde norm. In het besluit is een voorschrift opgenomen op grond waarvan inzicht moet worden gegeven in de actuele hoogte van het groepsrisico en de bijdrage aan het groepsrisico van ruimtelijke ontwikkelingen of risicovolle activiteiten. Bij de toetsing van het groepsrisico wordt een oriëntatiewaarde gebruikt. Het is vervolgens aan het bevoegd gezag om de verantwoording van het groepsrisico op te stellen volgens de verantwoordingsplicht [ref. 5] en om onder meer overleg te voeren met de brandweer. Hierbij wordt niet alleen gekeken naar de ligging van het groepsrisico ten opzichte van de oriëntatiewaarde, maar dient een afweging van belangen gemaakt te worden en wordt rekening gehouden met de aanwezige rampenbestrijdingsplannen en -middelen en de zelfredzaamheid van personen. Ook genomen maatregelen ter voorkoming en beperking van escalatie, welke niet in een QRA verdisconteerd kunnen worden, kunnen hierbij worden beschouwd.

De voor het groepsrisico van toepassing zijnde oriënterende waarde is weergegeven in Figuur 1.1.



Figuur 1.1: Ligging oriënterende waarden voor het Groepsrisico.

1.3 Gebruikte informatiebronnen

In de risicoberekening wordt uitgegaan van een representatieve bedrijfssituatie in overeenstemming met de vergunning. Dit leidt tot een modellering die conservatief is ten opzichte van de normale bedrijfsvoering.

Bij het opstellen van de QRA is gebruik gemaakt van de volgende tekeningen en documenten:

- Kadastrale / Situatiekaart 2018, EP201804202586001.
- Plattegrondtekeningen 2018, EP201804202586002.
- Schema hoofdprocesleidingen Ternaard-200, EP201804202586003.
- Schematische weergave proces Ternaard-200, EP201804202586004.
- *Ternaard Development, Part II* – Design Basis and Design Requirements [ref. 8];
- Technical Scope Definition, Ternaard Development TRN-2 HP KiSS hook up + Pipeline.

1.4 Leeswijzer

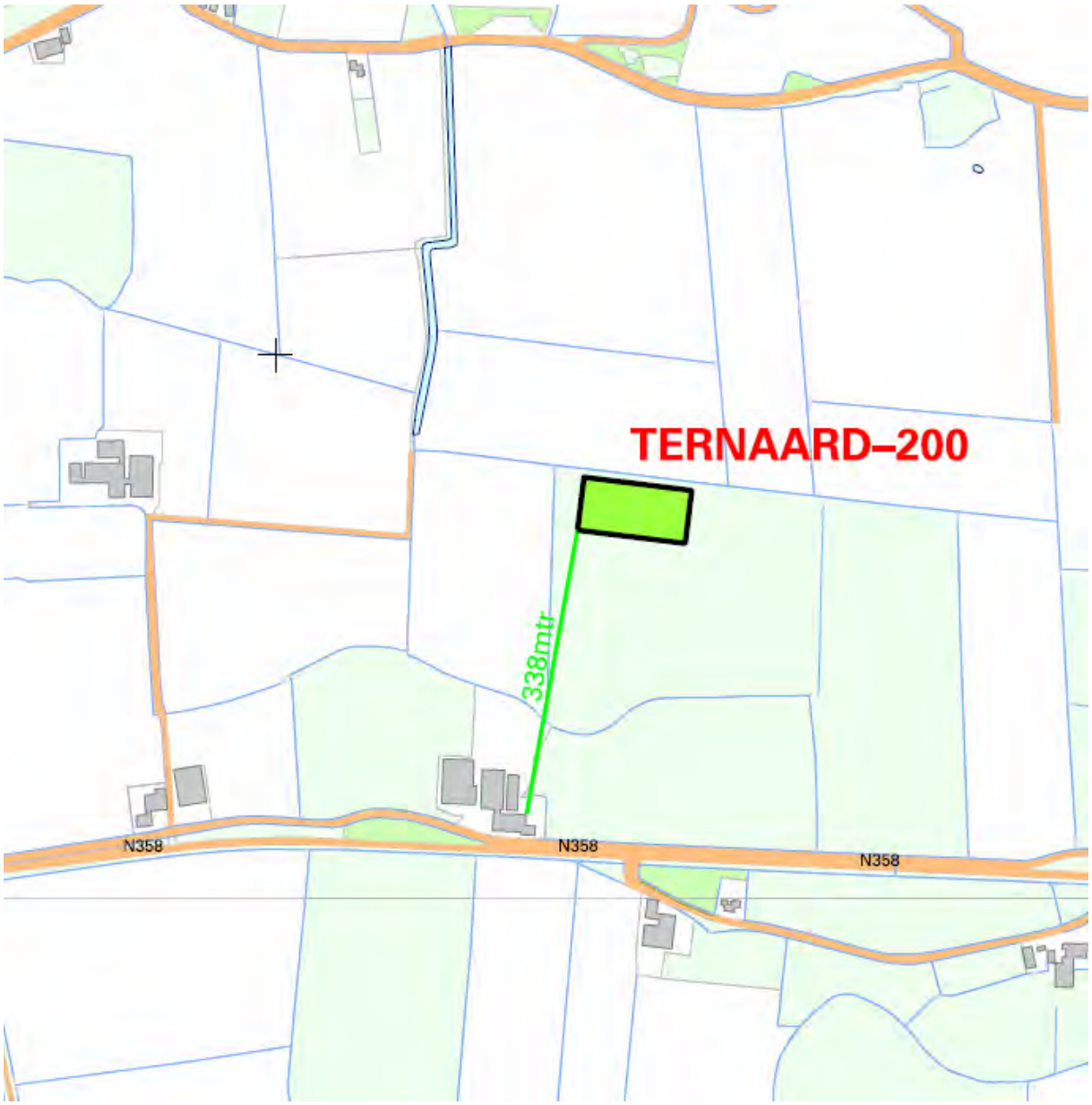
In hoofdstuk 2 van dit rapport wordt de inrichting beschreven. De uitgangspunten van de QRA staan in hoofdstuk 3. LOC scenario's met uitstromingen en initiële faalkansen worden beschreven in hoofdstuk 4.

De voor de effectberekeningen benodigde achtergrondinformatie is in hoofdstuk 5 opgenomen.
Tot slot betreffen hoofdstukken 6, 7 en 8 respectievelijk de blootstelling & schade, QRA resultaten en conclusies. In de bijlage is een overzicht van de QRA berekeningsparameters opgenomen.

2 BESCHRIJVING INRICHTING

2.1 Gegevens inrichting

De inrichting is gelegen in de gemeente Dongeradeel, provincie Friesland Zie ook Figuur 2.1.



Figuur 2.1: Omgeving inrichting Ternaard-200.

De inrichting is gelegen op een afstand van circa 1 kilometer ten noordoosten van Ternaard. De inrichting is gelegen in een agrarische omgeving. De dichtstbijzijnde woonbebouwing ligt ten zuiden van de inrichting op een afstand van 338 meter vanaf de inrichtingsgrens. De inrichting is bereikbaar via een openbare weg en is ontsloten door middel van een toegangsweg.

Op de inrichting Ternaard-200 wordt (zoet) aardgas geproduceerd uit de op de inrichting gelegen opererende put en afgevoerd.

Het geproduceerde gas op locatie Ternaard-200 wordt door middel van een bovengrondse en later ondergrondse natgastransportleiding via NAM-inrichting Moddergat-1 afgevoerd naar de op circa 15 kilometer afstand gelegen NAM-inrichting Anjum-1, waar het gas in overeenstemming wordt gebracht met de specificaties die door GasTerra B.V. zijn vastgesteld.

Figuur 2.2 toont de lay-out van de inrichting Ternaard-200.

2.2 Algemene procesbeschrijving

Een algemeen overzicht van de processen op de inrichting Ternaard-200 is gegeven in Figuur 2.3.

De inrichting bestaat uit een puttenterrein met een gasproductie-eenheid en een terrein waar de transportleidingen en andere ondersteunende systemen al dan niet tijdelijk worden opgesteld.

Op inrichting Ternaard-200 is één put aanwezig. Put TRN-201 is een gasproductieput.

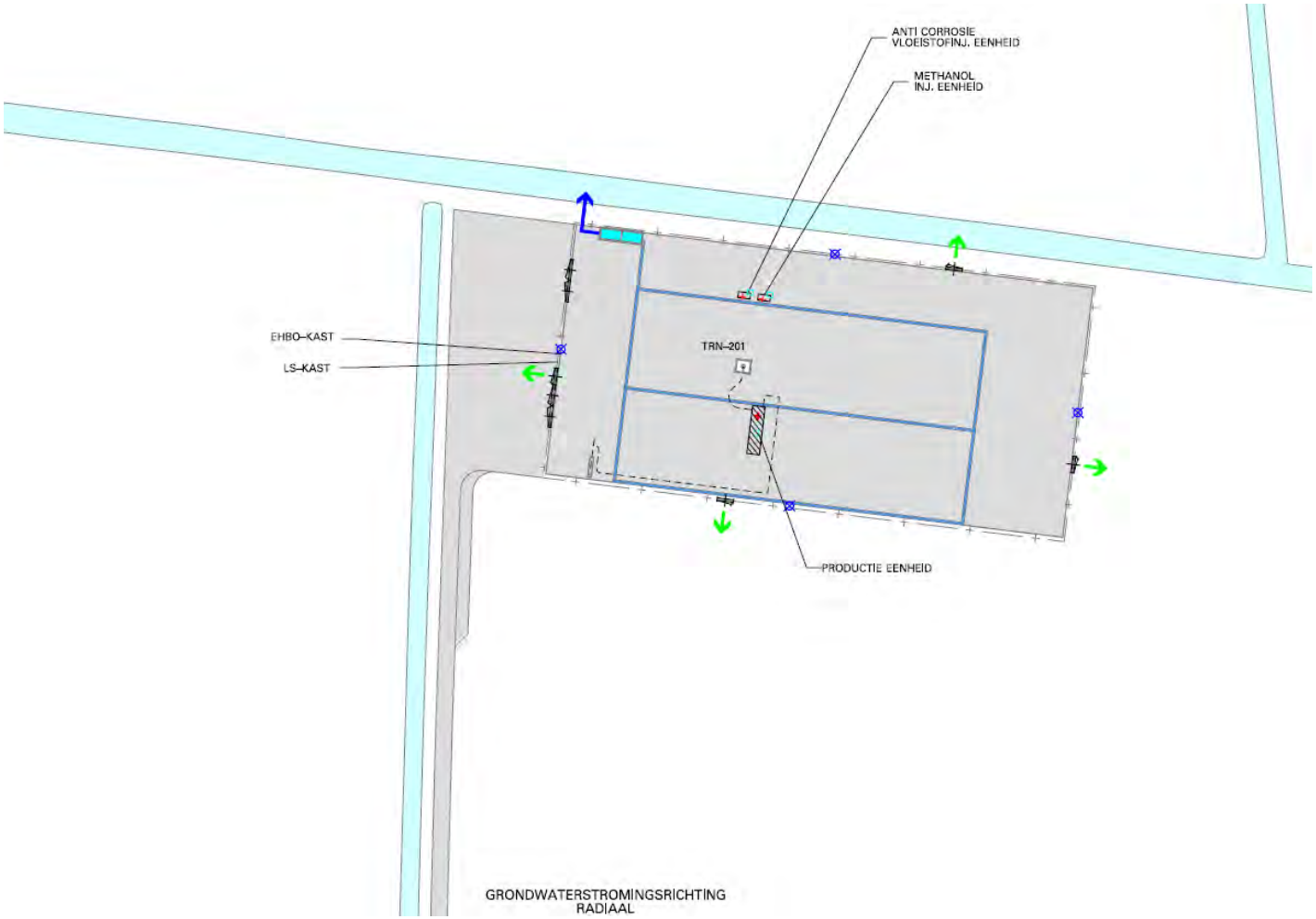
Op gasproductieput TRN-201 is een productie-eenheid (Kiss-unit) aangesloten. Deze eenheid is de verbinding tussen de putmond van de put en de transportleiding. De installatie bestaat uit een productiegedeelte (leidingwerk, kleppen, meetstraat, een hydraulische eenheid en een draintank), een calibratiehuisje en een elektro/instrumentatiehuisje.

2.3 Materialen, samenstellingen en voorbeeldstoffen

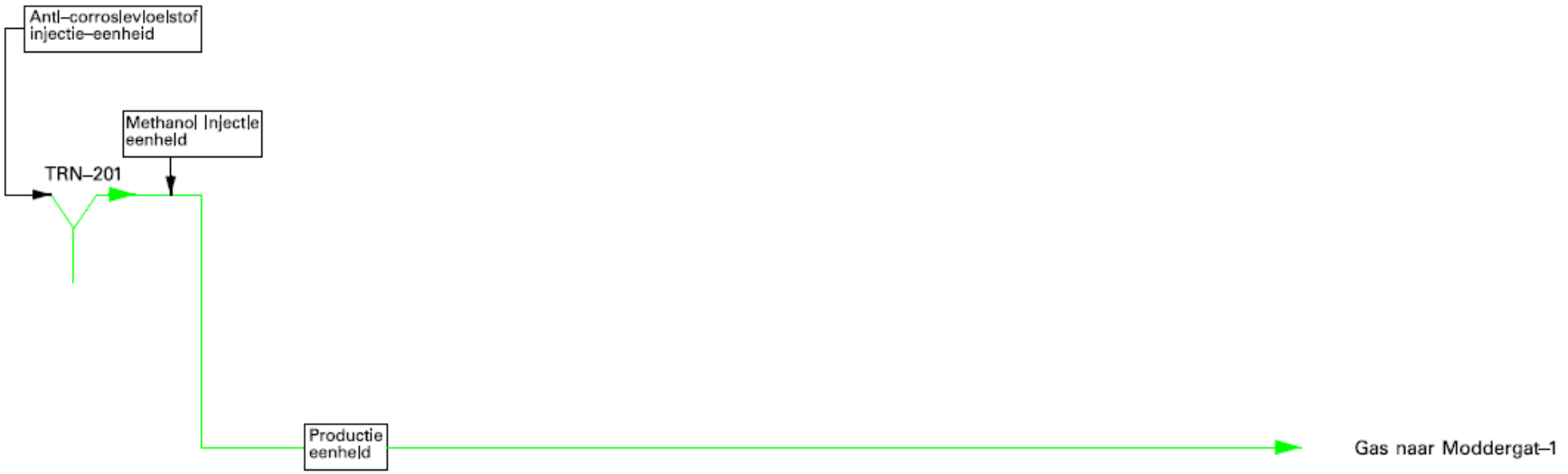
De risico's die op de inrichting aanwezig zijn, worden bepaald door de aard van de binnen de inrichting aanwezige gevaarlijke stoffen. In dit geval is dit zoet aardgas. Zoet aardgas bestaat grotendeels uit methaan (CH4) met kleine hoeveelheden zwaardere koolwaterstoffen, stikstof, en water.

Het HRB [ref. 6] schrijft voor dat methaan gebruikt wordt als voorbeeldstof voor de modellering van risico's met zoet aardgas.

Het methanol injectiesysteem en anti-corrosiesysteem worden in deze QRA niet beschouwd omdat chemicaliëninjectie systemen volgens HRB [ref. 6] een verwaarloosbare bijdrage aan het risico voor de externe veiligheid van mijnbouwinstallaties leveren.



Figuur 2.2: Plotplan inrichting Ternaard-200.



Figuur 2.3: Overzicht proces inrichting Ternaard-200.

3 UITGANGSPUNTEN QRA

3.1 Algemeen

In de risicoberekening worden de effecten bepaald die kunnen leiden tot dodelijke slachtoffers buiten de inrichting ten gevolge van het vrijkomen van gevaarlijke stoffen, in combinatie met de kans op dergelijke ongewenste effecten.

De modellering bestaat dus uit twee achtereenvolgende stappen, de effectmodellering en de risicomodellering:

- Effectmodellering modelleert achtereenvolgens de uitstroming, de verspreiding van brandbare en/of toxische stoffen en het optreden van mogelijk letale effecten zoals explosieoverdruk, warmtestraling en toxische effecten.
- In de Risicomodellering worden aan de hand van de verschillende letale effecten en blootstellingsduur, ontstekingsbronnen, initiële faalkansen en kansverdeling van de gebeurtenissenboom het PR en GR berekend.

Voor het bepalen van de effecten en risico's is gebruikgemaakt van het softwarepakket Safeti-NL, versie 6.54 [ref. 1], dat door de Nederlandse overheid is aangewezen als verplicht pakket voor het uitvoeren van QRA's in het kader van het BEVI [ref. 2].

De voorgeschreven kwantitatieve risicoanalyse voor externe veiligheid begint met het identificeren van initiële Loss of Containment (LOC) scenario's waarbij gevaarlijke stoffen vrij kunnen komen. Deze scenario's beschrijven de vrijgekomen stof, de uitstroomcondities en de waarschijnlijkheid. De initiële gebeurtenissen worden verderop in dit hoofdstuk en in hoofdstuk 4 beschreven.

Voor de uiteindelijke brandbare effecten kennen deze initiële scenario's daarnaast een aantal vervolgscenario's zoals plasvorming, verdamping uit de plas, het optreden van explosies en wolkbranden (flash fire). De vervolgscenario's zijn onder meer afhankelijk van het optreden van directe en vertraagde ontsteking. De vervolggebeurtenissen zijn in hoofdstuk 5 verder uitgewerkt.

Verder wordt opgemerkt dat de risico's ten gevolge van LOC-scenario's buiten de inrichting, zoals breuk van de exportleiding, in deze risicoanalyse niet gekwantificeerd zijn.

3.2 Selectie van installaties voor de QRA

Voor QRA's voor de mijnbouwinrichtingen wordt geen subselectie toegepast, omdat de systeeminhoud ten opzichte van de doorzet door de installatie gering is waardoor de subselectie tot een incorrecte selectie van de voor het externe veiligheidsrisico bepalende installatieonderdelen zou kunnen leiden.

- De anti-corrosievloeistof injectie-eenheid en methanol injectie-eenheid worden in deze QRA niet beschouwd vanwege het buiten beschouwing laten van chemicaliëninjectie systemen met een operationele druk lager dan 10 barg [ref. 6].

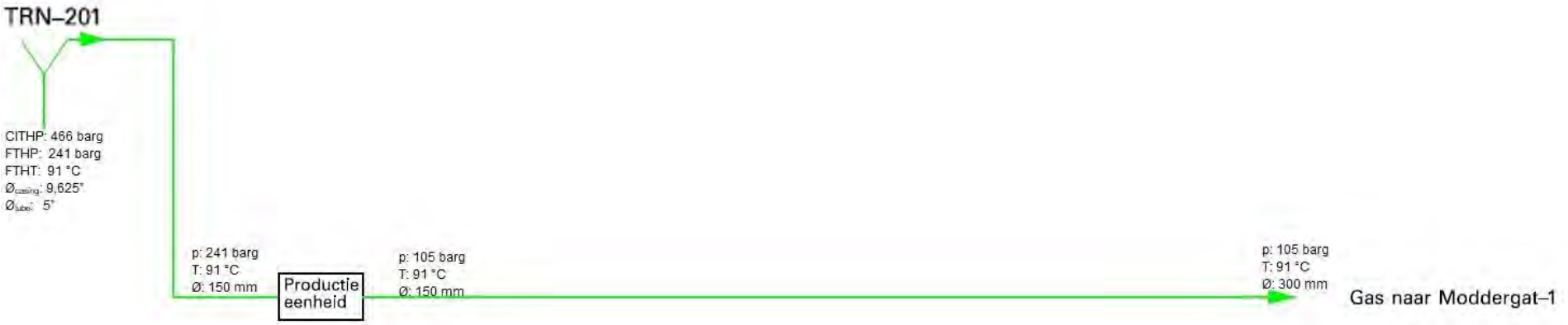
3.3 Beschrijving van de insluitsystemen

Bij de QRA van inrichting Ternaard-200 is het hele systeem niet opgedeeld in insluitsystemen, maar in secties met vergelijkbare procescondities. Het aardgassysteem is weergegeven in Figuur 3.1.

Bij iedere sectie zijn de operationele procescondities vermeld.

De specifieke procescondities worden gebruikt om de uitstromingen te berekenen (zie hoofdstuk 4). Daarbij is rekening gehouden met het mogelijk leegstromen van het gehele systeem.

Figuur 3.1 laat zien dat de drukken van de aardgasstroom hoger zijn dan 16 barg. Dit betekent dat de uitstromingsberekeningen van de aardgasstroom voor de inrichting Ternaard-200 volgens de voor de mijnbouw specifieke manier gedaan zijn (zie par. 10.8.2 HRB).



Figuur 3.1: Process flow diagram aardgasstroom inrichting Ternaard-200.

4 LOC SCENARIO'S

4.1 Uitstroming

4.1.1 Algemeen

Van de vele mogelijke LOC scenario's op een aardgaswinningslocatie is slechts een beperkt aantal scenario's bepalend voor het risico. Een scenario is bepalend als het een significante bijdrage levert aan de 10^{-6} per jaar PR contour. Ook is een scenario bepalend als het significant bijdraagt aan de hoogte van het groepsrisico.

Verder zijn voor deze QRA conform het HRB [ref. 6] de volgende aannames en uitgangspunten toegepast:

- Domino-effecten, scenario's waarbij het falen geïnitieerd wordt door een ander scenario, zijn niet expliciet meegenomen.
- Gevaren van buiten inrichting Ternaard-200 zijn niet meegenomen in deze QRA. Er zijn geen windmolens en geen vliegvelden binnen een straal van 1 kilometer [ref. 7] in de omgeving.

Conform het HRB [ref. 6] dienen er voor ieder installatiedeel maximaal drie verschillende uitstroomscenario's beschouwd te worden:

1. *Catastrofaal falen: Instantaan vrijkomen van de gehele inhoud*

Voor een vat/tank/warmtewisselaar komt instantaan falen neer op het instantaan wegnemen van de omhulling van het vat of de tank/warmtewisselaar, hetgeen leidt tot het instantaan en impulsloos vrijkomen van de inhoud, gevolgd door de gesommeerde toevoer vanuit up- en downstream systemen. Dit is niet van toepassing voor inrichting Ternaard-200.

2. *Catastrofaal falen: Continue uitstroming / leidingbreuk*

Voor een vat/tank/warmtewisselaar betekent catastrofaal falen het in 10 minuten leegstromen bij gelijke druk, in een continue stroom, gevolgd door de toestroming vanuit de rest van de insluitsystemen. Dit is niet van toepassing voor inrichting Ternaard-200.

Voor onderdelen zonder noemenswaardige hold-up, zoals leidingen, compressoren, pompen, wordt dit scenario (leidingbreuk) ook wel beschreven als guillotinebreuk met toevoeging vanuit beide zijden van de breuk. Beide uitstromingen worden in dat geval als twee onafhankelijke uitstroomscenario's gemodelleerd.

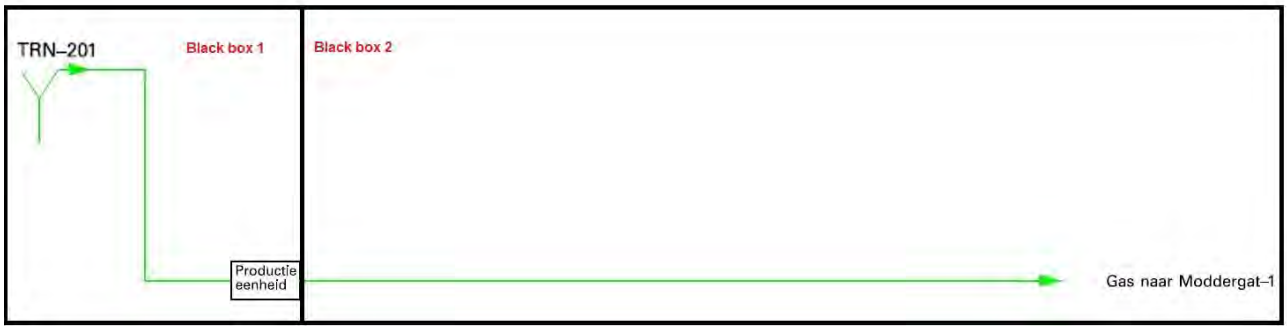
3. *Lekkage*

Een klein lek wordt meestal gemodelleerd als een lek van 10 mm (tanks/vaten/warmtewisselaars) of een gat in een leiding ter grootte van 10% van de uitstroomdiameter met een maximum van 50 mm indien een leiding bovengronds is of een gat in de leiding ter grootte van 20 mm indien de leiding ondergronds is.

Deze standaard scenario's zijn aangehouden voor alle systemen waarvoor HRB geen alternatieve scenario's voorgeschreven heeft.

4.1.2 Locatie specifiek

De installatie-onderdelen van de hoofdgasstroom waarbij de operationele druk hoger is dan 16 barg van de inrichting Ternaard-200 zijn gemodelleerd middels twee 'black boxen'. Onderstaande figuur laat zien welke installatiedelen gemodelleerd worden door middel van een black box.



Figuur 4.1: Onderverdeling hoofdgasstroom van de inrichting Ternaard-200 in twee black boxen.

Onderstaande tabellen geven de invoerwaardes weer van de black boxen.

	Toevoerleiding		Afvoerleiding	
	Waarde	**Oorsprong waarde**	**Waarde**	**Oorsprong waarde**
Druk [barg]	241	FTHP TRN-201	105	Maximum flowline druk na drukreductie
Temperatuur [°C]	76	Maximale temperatuur Long Pipeline model	76	Maximale temperatuur Long Pipeline model
Pumped inflow [kg/s]	10,7	Maximale pumped inflow Long Pipeline model	0	-
Leidingdiameter [mm]	125	Tubing-diameter gasproductieput TRN-201	300	Diameter leiding transportModdergat-1
Leidinglengte [km]	6,458	Tube lengte van reservoir naar oppervlakte	7,8	Leidinglengte transportleiding naar Moddergat-1 [ref. 6]

Tabel 4.1: Invoerwaardes black box 1.

	Toevoerleiding		Afvoerleiding	
	Waarde	**Oorsprong waarde**	**Waarde**	**Oorsprong waarde**
Druk [barg]	105	Maximum flowline druk na drukreductie	105	Maximum flowline druk na drukreductie
Temperatuur [°C]	76	Maximale temperatuur Long Pipeline model	76	Maximale temperatuur Long Pipeline model
Pumped inflow [kg/s]	10,7	Maximale pumped inflow Long Pipeline model	0	-
Leidingdiameter [mm]	125	Tubing-diameter gasproductieput TRN-201	300	Diameter leiding transportModdergat-1

	Toevoerleiding		Afvoerleiding	
	Waarde	Oorsprong waarde	Waarde	Oorsprong waarde
Leidinglengte [km]	6,458	Tube lengte van reservoir naar oppervlakte	7,8	Leidinglengte transportleiding naar Moddergat-1 [ref. 6]

Tabel 4.2: Invoerwaardes black box 2.

Een overzicht van de scenario-afhankelijke invoergegevens is opgenomen in Bijlage A. Scenario's waarvan de uitstroming met behulp van de standaard scenario's uit Safeti-NL zijn berekend, zijn vermeld in Bijlage A.1.

4.1.3 Tijdsafhankelijkheid

Voor mijnbouwinstallaties is nalevering van brandbare stoffen uit pijpleidingen en andere procesonderdelen van belang voor het bepalen van de effecten en daarmee de risico's voor de externe veiligheid.

De inhoud van de procesonderdelen is over het algemeen te gering om een bijdrage te leveren aan het externe risico. De nalevering uit overige procesonderdelen is daarentegen vaak vele malen groter dan de inhoud van een installatie. Dit vanwege de (relatief) geringe inhoud van het procesonderdeel en de (relatief) grote doorzetten.

Rekenwijze grote uitstromingen volgens HRB hoofdstuk 10

De default rekenwijze beschreven in het HRB hoofdstuk 10 is van toepassing als het installatie-onderdeel voldoet aan de volgende voorwaarden:

- het insluitsysteem bevat ontvlambare gassen of een (ongestabiliseerd) mengsel van ontvlambare gassen en vloeistoffen;
- de operationele druk in het insluitsysteem is 16 barg of hoger;
- het aandeel toxische componenten, in het bijzonder H2S, is 4,3 vol% of kleiner;
- de druk in de toevoer- en/of afvoerleidingen mag niet beduidend lager zijn dan die van het falend installatie onderdeel.

De inrichting en de omgeving worden beschouwd als één systeem dat gemodelleerd wordt met het Long Pipeline model. Voor bovengrondse installatie-onderdelen wordt de nalevering vanuit stroomopwaartse en van stroomafwaartse richting afzonderlijk beschouwd. Dit resulteert in twee verschillende Long Pipeline scenario's. Voor ondergrondse installaties worden de twee bijdragen gecombineerd in één Long Pipeline scenario.

In een Long Pipeline scenario wordt onderscheid gemaakt naar directe ontsteking en vertraagde ontsteking. De effecten van de directe ontsteking zijn gebaseerd op het gemiddelde uitstroomdebiet tussen 0 en 20s. De effecten van de vertraagde ontsteking zijn gebaseerd op het gemiddelde uitstroomdebiet tussen 20-140s. Beide gebeurtenissen leiden tot een fakkelbrand.

De karakteristieken van de Long Pipeline hangen af van de eigenschappen van de toevoer- en afvoerleidingen. Afgezien van de aanwezigheid van eventuele inbloksystemen, is de verdere layout van de inrichting een 'black box'.

Rekenwijze grote uitstromingen volgens hoofdstuk 3 HRB

Bij grote gasuitstromingen zal de druk in het systeem snel afnemen. Hierdoor zal ook de uitstroming, afhankelijk van de beschikbare hoeveelheid gas, snel afnemen. Voor de LOC scenario's catastrofaal falen wordt verondersteld dat er een uitstroming plaatsvindt ter grootte van de maximale nalevering vanuit de rest van het systeem. Hierbij is rekening gehouden met de nominale capaciteit van de installatie.

Bij het bepalen van de uitstroming uit een groot lek in een niet-'debietgeregeld' systeem wordt uitgegaan van de maximale voeding vanuit alle aangesloten installaties. Dit debiet wordt met behulp van Safeti-NL

berekend. Daarbij wordt bij grote gashoudende systemen rekening gehouden met de drukval door het leeglopen van het systeem en door wrijvingsverliezen. Voor transportleidingen wordt daarbij gebruik gemaakt van het 'Long Pipeline Model'. Dit model middelt het uitstromingsdebiet over de eerste 20 s in het geval van directe ontsteking en over 20-140 s in het geval van vertraagde ontsteking. Indien het quotiënt van de lengte van de leiding en de diameter van de leiding kleiner is dan 1000, dan mag het 'Long Pipeline Model' niet toegepast worden. In dit geval wordt de leiding gemodelleerd met het

'Line Rupture Model' en wordt de totale uitgestroomde hoeveelheid berekend op basis van de inhoud van het leegstromende vat en de nalevering gedurende de tijd tot insluiting (bij niet-debietgeregelde systemen is dit in de regel 30 minuten).

De toevoer vanuit een 'debietgeregeld' systeem naar een andere sectie wordt bij L/D<1000 (geen long pipeline) gelijk genomen aan 150% van de nominale doorzet, tenzij nauwkeurigere data beschikbaar is. Voorbeelden van een debietgeregeld systeem zijn pompen en compressoren. Ook flow regelaars worden hier beschouwd als debietgeregeld, voor zover een LOC niet resulteert in het opensturen van de afsluiter. Ook hier wordt het 'Line rupture' model gebruikt met een uitgestroomde hoeveelheid gelijk aan de inhoud van het falende vat en de nalevering tot insluiting.

Kleine uitstromingen

Voor kleine gasuitstromingen is aangenomen dat de druk in het systeem gehandhaafd blijft en dat het uitstroomdebiet constant is. Kleine uitstromingen zijn voorzien voor lekkages uit gaten tot een grootte van 50 mm. De karakteristieken van het lekmodel hangen af van de eigenschappen van de gemodelleerde equipment.

4.1.4 Uitstromingsrichting en duur

In de risicoberekeningen is aangenomen dat de uitstroming vanuit bovengrondse installaties altijd horizontaal gericht is. Safeti-NL modelleert de uitstroomrichting in geval van dispersie met de wind mee, waarbij de kansverdeling voor de uitstroomrichting gelijk is aan de gekozen windverdeling.

De risico's van horizontaal uitstromende toortsbranden worden in Safeti-NL uniform over alle richtingen verdeeld.

De uitstromingsduur van alle LOC scenario's is gesteld op 30 minuten. Conform het HRB [ref. 6] kan de uitstroomduur beperkt worden afhankelijk van de aard van het insluitsysteem; dit is voor de inrichting Ternaard-200 echter niet van toepassing.

Aangezien de effecten van brand- en explosiescenario's in de eerste 20 seconden bepalend zijn voor de risico's, is een maximale uitstroomduur van 30 minuten conservatief.

4.2 Initiële faalkansen

Voor leidingen zijn de volgende LOC scenario's beschouwd:

- Bovengrondse leidingbreuk: vier scenario's met een horizontale uitstroming met toevoer vanuit één zijde van de breuk.
- Voor bovengrondse transportleidingen wordt gerekend met een lek van 10% van de nominale diameter, maximaal 50 mm.
- Ondergrondse leidingbreuk: twee scenario's met een verticale uitstroming met toevoer vanuit beide zijdes van de breuk.
- Voor ondergrondse transportleidingen wordt gerekend met een lek van 20 mm.

Bij het bepalen van de faalkansen zijn de volgende uitgangspunten gehanteerd:

- Voor de relatief korte procesleidingen is een lengte van 10 m genomen.
- Voor de relatief lange leidingen is in Safeti-NL een route gemodelleerd. Voor deze routes is vervolgens de faalkans per meter per jaar ingegeven.
- Voor de leidingen zijn de faalfrequenties gebruikt van procesleidingen.
- In de standaard faalfrequenties van procesleidingen zijn flenzen en kleppen meegerekend.
- In de standaard faalfrequenties van hogedruk-gastransportleidingen zijn kleppen meegerekend.

Opgemerkt dient te worden dat de risico's ten gevolge van LOC scenario's buiten de inrichting in deze risicoanalyse niet gekwantificeerd zijn.

In Tabel 4.3 zijn de initiële LOC scenario's weergegeven voor de hoofdprocesleidingen en equipment en in Tabel 4.4 zijn de parameters en initiële LOC scenario's voor de put aanwezig op inrichting Ternaard-200 getoond.

Installatie onderdeel	Lengte (m) of Inhoud (m^3)	Leiding binnen diameter (mm)	Lek diameter (mm)	Generieke faalkans (per jaar of per handeling)		Initiële faalkans gebruikt in QRA (exclusief ontstekingskans)	
				Breuk/ Cata-strofaal	Lek	Breuk/ Cata-strofaal	Lek
Flexibele flowline TRN-201	10	100	10	$1,5 \cdot 10^{-6}$	$1,0 \cdot 10^{-5}$	$3,0 \cdot 10^{-6}$	$2,0 \cdot 10^{-5}$
Leiding in productie eenheid	Route	150	15	$1,0 \cdot 10^{-7}$	$5,0 \cdot 10^{-7}$	Route	Route
Leiding vanaf productie eenheid naar transportleiding	Route	150	15	$1,0 \cdot 10^{-7}$	$5,0 \cdot 10^{-7}$	Route	Route
Exportleiding naar MGT-1	Route	300	30	$1,0 \cdot 10^{-7}$	$5,0 \cdot 10^{-7}$	Route	Route

Tabel 4.3: Initiële LOC scenario's voor de hoofdprocesleidingen en equipment.

Parameter	TRN-201
Tube lengte naar reservoir (m)	6458
Tube diameter (inch)	5
Casing diameter (inch)	9,625
CITHP (barg)	466
FTHP (barg)	241
FTHT (°C)	91
Productiedebiet (Nm3/dag)	2.300.000
TBOP (Nm3/dag)	2.040.000
CBOP (Nm3/dag)	3.430.000
Wireline (activiteit per jaar)	1
Coiled Tubing (activiteit per jaar)	0,03
Work Over (activiteit per jaar)	0,13
Productie tubing blowout, directe ontsteking (per jaar)	$2{,}97 \cdot 10^{-6}$
Productie tubing blowout, vertraagde ontsteking (per jaar)	$3{,}00 \cdot 10^{-5}$
Other tubing blowout, directe ontsteking (per jaar)	$4{,}12 \cdot 10^{-6}$
Other tubing blowout, vertraagde ontsteking (per jaar)	$4{,}17 \cdot 10^{-5}$
Casing blowout, directe ontsteking (per jaar)	$7{,}14 \cdot 10^{-7}$
Casing blowout, vertraagde ontsteking (per jaar)	$7{,}22 \cdot 10^{-6}$
Vertical Tube Lekkage (per jaar)	$5{,}24 \cdot 10^{-5}$
Horizontal Tube Lekkage (per jaar)	$1{,}19 \cdot 10^{-5}$

Tabel 4.4: Parameters en initiële LOC scenario's voor de put aanwezig op inrichting Ternaard-200.

5 EFFECTBEREKENING

5.1 Algemeen

De effectberekeningen zijn uitgevoerd aan de hand van de standaard gebeurtenissenbomen waarmee Safeti-NL [ref. 1] rekent (zie HRB [ref. 6] voor details). Bij de effectberekeningen zijn onderstaande uitgangspunten gehanteerd.

Bij het vrijkomen van aardgas zijn de brand- en eventueel explosie-effecten bepalend voor de risico's in de omgeving. Er worden alleen effecten berekend die bij personen in de omgeving onmiddellijk (bij een blootstelling van maximaal 30 minuten) tot letale gezondheidsschade kunnen leiden.

5.2 Weer en ruwheidslengte

De gegevens van het algemene weerstation van "Leeuwarden" zijn gebruikt voor de QRA berekening. Dit is het dichtstbijzijnde weerstation voor de inrichting Ternaard-200.

Voor het modelleren van de uitstroming, dispersie en toorts- en wolkbranden is uitgegaan van de in Tabel 5.1 opgenomen parameters.

Parameter	Waarde dag	Waarde nacht
Atmosferische temperatuur	12,0°C	8,0°C
Oppervlakte temperatuur	9,8°C	9,8°C
Relatieve lucht vochtigheid	76,5%	86,3%
Terreinruwheid	0,3 m	0,3 m

Tabel 5.1: Overzicht belangrijkste algemene parameters modellering.

De ruwheidslengte is een (kunstmatige) lengtemaat die de invloed van de omgeving op de windsnelheid aangeeft. Een aerodynamische ruwheidslengte van 0,3 meter is de default waarde voor Nederland en typerend voor een omgeving met lage gewassen en hier en daar grote obstakels.

5.3 Ontstekingskansen

5.3.1 Directe ontsteking

De kans op directe ontsteking hangt samen met de soort vrijkomende stof. Aardgas met methaan als voornaamste component wordt beschouwd als laag reactief gas. Gestabiliseerd aardgascondensaat is een klasse 1 vloeistof. Ongestabiliseerd aardgascondensaat is een klasse 0 vloeistof.

5.3.2 Vertraagde ontsteking

Voor de ontsteking van afdrijvende brandbare gaswolken wordt rekening gehouden met aanwezige ontstekingsbronnen op de locatie en in de omgeving. Potentiële ontstekingsbronnen zijn het verkeer en de aanwezige personen in de omgeving.

Verder is voor de PR berekening aangenomen dat vertraagde ontsteking alleen plaatsvindt wanneer de LFL contour buiten de terreingrens komt.

Ontstekingsbronnen buiten de inrichting zijn de in de omgeving van de inrichting ingevoerde populatie, die automatisch door Safeti-NL wordt meegenomen als ontstekingsbron.

Volgens de Handleiding Risicoberekeningen BEVI [ref. 6] wordt aangenomen dat de ontstekingskans van omliggende lokale wegen opgenomen is in de ontstekingskans van de bevolking.

6 BLOOTSTELLING EN SCHADE

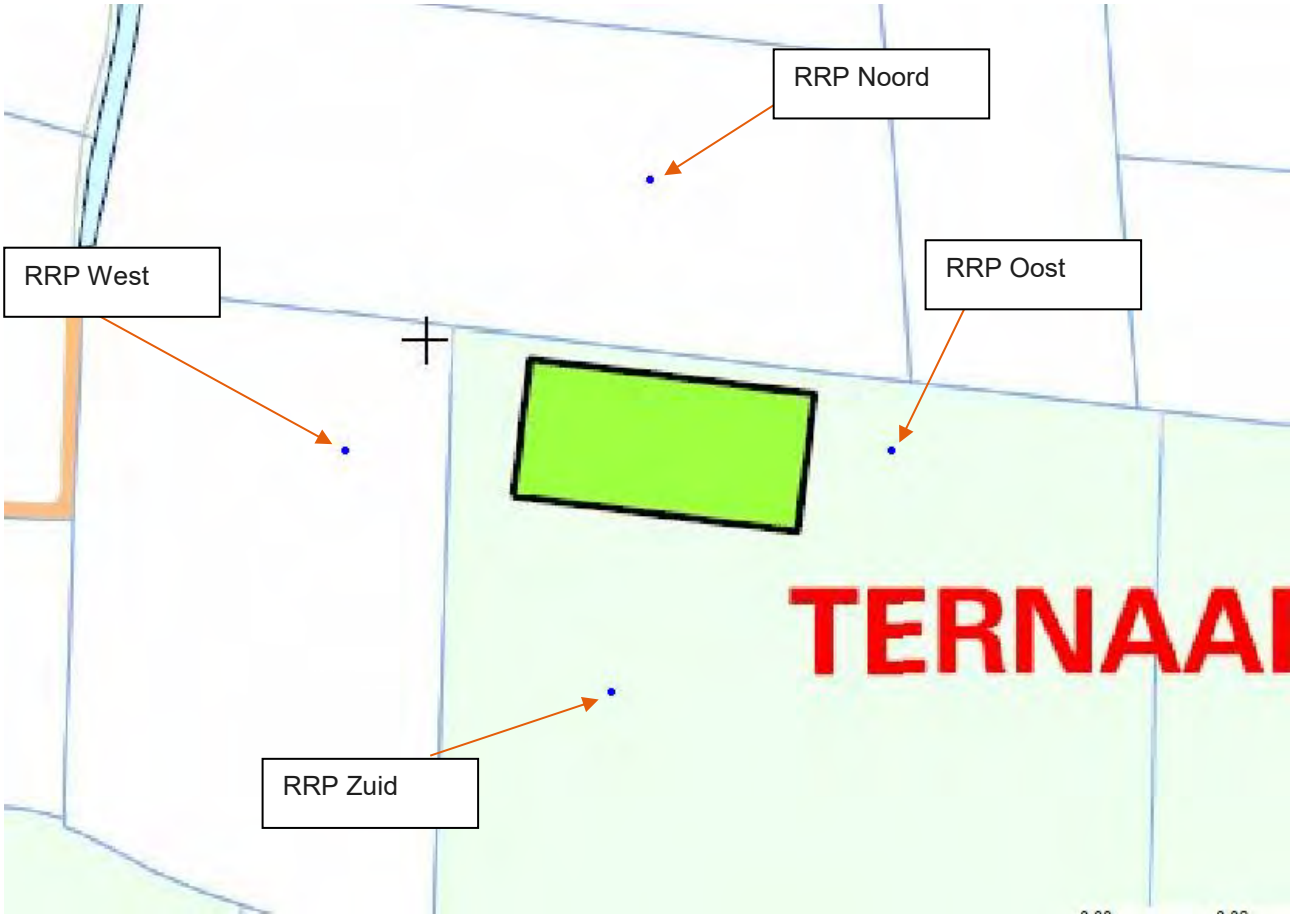
6.1 Populatie & Risk Ranking Points (RRP)

Het geschatte aantal personen in de omgeving staat vermeld in de Tabel 6.1. De gegevens zijn gebaseerd op de kadastrale-/situatiekaart van de inrichting Ternaard-200, EP201804202586001.
Het gaat hier om beperkt kwetsbare objecten (woonbebouwingen) vanwege de lage bebouwingsdichtheid (<2 woningen per hectare).

Naam	Aantal personen (dag)	Aantal personen (nacht)	Soort object
Woning zuidelijk	1,2/huis	2,4/huis	Beperkt kwetsbaar

Tabel 6.1: Ingevoerde populatie rondom de inrichting Ternaard-200.

Om de bijdrage van verschillende scenario's aan de ligging van de PR contour op de inrichtingsgrens te bepalen, zijn meerdere Risk Ranking points (RRP) gedefinieerd. Deze punten zijn aangegeven in Figuur 6.1.



Figuur 6.1: Risk Ranking Points, inrichting Ternaard-200.

6.2 Modelering van de schade

In een QRA wordt alleen naar dodelijke slachtoffers gekeken. Effecten met mogelijk dodelijke gevolgen zijn overdruk (ten gevolge van explosie), warmtestraling, wolkbrand en blootstelling aan toxische stoffen. Bij de scenario's van de inrichting Ternaard-200 speelt alleen de warmtestraling als gevolg van fakkelbranden een rol voor de externe veiligheid.

6.2.1 Blootstelling van personen aan warmtestraling

De warmtestraling van een brand (BLEVE, toorts- en plasbrand) kan leiden tot dodelijke effecten.

Voor toorts- en plasbranden berekent Safeti-NL de letaliteit met een probitfunctie, die een relatie legt tussen blootstelling (intensiteit warmtestraling), blootstellingsduur en de kans om te overlijden. Zo resulteert 20 seconden blootstelling aan een warmtestraling van 35 kW/m^2 en 9,8 kW/m^2 in respectievelijk 100% letaliteit en 1% letaliteit.

Voor het plaatsgebonden risico (PR) wordt ervan uitgegaan dat een persoon zich buiten bevindt, onbeschermd door kleding of op een andere wijze. Het groepsrisico (GR) houdt rekening met de beschermende werking van gebouwen en kleding.

6.3 Effectafstanden dominante scenario's

6.3.1 Effectafstanden weerklasse F1,5 m/s

In het kader van onder andere de rampenbestrijding is het van belang om de effectafstanden van de verschillende scenario's te kennen. De effectafstanden van de grootste en risico dominerende scenario's tijdens weerklasse F1,5 m/s zijn hieronder weergegeven.

Scenario	Effect	Safeti-NL Effectafstand [m][1]
Terugstroom bij leidingbreuk van de 12"transportleiding naar Moddergat-1 (directe ontsteking)	Horizontale toortsbrand	145 / 205
Terugstroom bij leidingbreuk van de 6" leiding in de productie eenheid (directe ontsteking)	Horizontale toortsbrand	126 / 178
Terugstroom bij leidingbreuk van de 6" leiding naar de transportleiding (directe ontsteking)	Horizontale toortsbrand	126 / 178

[1)] Toortsbrand 35 kW/m^2 / 9,8 kW/m^2 (100% respectievelijk 1% letaliteit).

Tabel 6.2: Effectafstanden van de grootste en risico dominerende scenario's tijdens weerklasse F1,5 voor de inrichting Ternaard-200.

De grootste effectafstand voor deze weerklasse wordt veroorzaakt door terugstroom bij leidingbreuk van de 12" transportleiding naar Moddergat-1 (directe ontsteking). Indien een horizontale toortsbrand ontstaat, heeft deze een effectafstand van 205 m. Binnen deze afstand heeft een onbeschermd persoon een kans groter dan 1% op overlijden. Dit effect heeft geen invloed op de dichtstbijzijnde woning, die zich op ongeveer 340 m in zuidelijke richting van de 12" transportleiding bevindt.

6.3.2 Effectafstanden weerklasse D5,0 m/s

In het kader van onder andere de rampenbestrijding is het van belang om de effectafstanden van de verschillende scenario's te kennen. De effectafstanden van de grootste en risico dominerende scenario's tijdens weerklasse D5 m/s zijn hieronder weergegeven.

Scenario	Effect	Safeti-NL Effectafstand [m][1]
Terugstroom bij leidingbreuk van de 12"transportleiding naar Moddergat-1 (directe ontsteking)	Horizontale toortsbrand	153 / 209
Terugstroom bij leidingbreuk van de 6" leiding in de productie eenheid (directe ontsteking)	Horizontale toortsbrand	135 / 182
Terugstroom bij leidingbreuk van de 6" leiding naar de transportleiding (directe ontsteking)	Horizontale toortsbrand	135 / 182

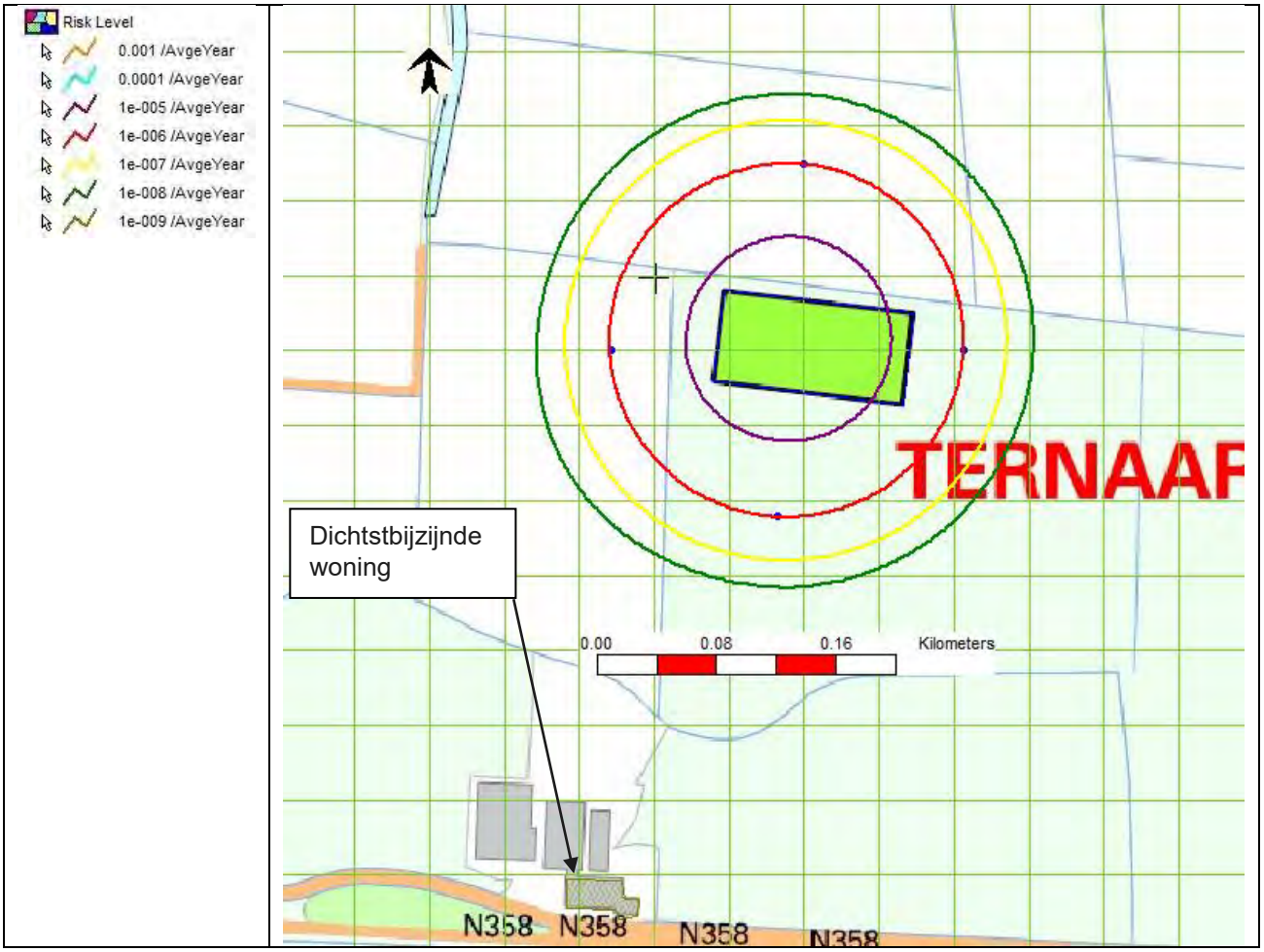
[1)] Toortsbrand 35 kW/m^2 / 9,8 kW/m^2 (100% respectievelijk 1% letaliteit).

Tabel 6.3: Effectafstanden van de grootste en risico dominerende scenario's tijdens weerklasse D5 voor de inrichting Ternaard-200.

De grootste effectafstand voor deze weerklasse wordt veroorzaakt door terugstroom bij leidingbreuk van de 12" transportleiding naar Moddergat-1 (directe ontsteking). Indien een horizontale toortsbrand ontstaat, heeft deze een effectafstand van 209 m. Binnen deze afstand heeft een onbeschermd persoon een kans groter dan 1% op overlijden. Dit effect heeft geen invloed op de dichtstbijzijnde woning, die zich op ongeveer 340 m in zuidelijke richting van de 12" transportleiding bevindt.

7 QRA RESULTATEN

De plaatsgebonden risicocontouren zijn weergegeven in onderstaande figuur.



Figuur 7.1: PR contouren inrichting Ternaard-200. Grid grootte is 50 meter.

In de nabijheid van de inrichting Ternaard-200 zijn beperkt kwetsbare objecten aanwezig.

Het dichtstbijzijnde beperkt kwetsbare object betreft een woning. De woning ligt op 338 m ten zuiden vanaf de inrichtingsgrens. Alle beperkt kwetsbare objecten liggen buiten de 10^{-6} per jaar PR contour.

De 10^{-6} per jaar PR contour ligt buiten de grenzen van de inrichting. De maximale afstand vanaf de inrichtingsgrens tot de 10^{-6} PR contour bedraagt ca. 90 m (noordelijke richting).

7.1 Plaatsgebonden risico

Het plaatsgebonden risico is geanalyseerd voor een aantal belangrijke punten. In dit geval op/nabij de 10^{-6} PR risicocontour in, noord, west, zuid en oostelijke richting. Er zijn geen risicobepalende scenario's gelokaliseerd op de woning ten oosten van de inrichting. De risicobepalende scenario's op de resterende punten zijn weergegeven in onderstaande tabellen

Scenario	Risico	%
Production tubing blowout gasproductieput TRN-201 (directe ontsteking)	$5{,}0 \cdot 10^{-7}$	54,2
Production tubing blowout gasproductieput TRN-201 (vertraagde ontsteking)	$3{,}0 \cdot 10^{-7}$	32,3
Casing blowout gasproductieput TRN-201 (directe ontsteking)	$7{,}4 \cdot 10^{-8}$	8,1
Overig	$4{,}9 \cdot 10^{-8}$	5,3
Totaal	**$9{,}2 \cdot 10^{-7}$**	**100,0**

Tabel 7.1: Bijdrage scenario's aan 10^{-6} per jaar PR contour ten noorden van de inrichting.

Scenario	Risico	%
Production tubing blowout gasproductieput TRN-201 (directe ontsteking)	$4{,}8 \cdot 10^{-7}$	55,4
Production tubing blowout gasproductieput TRN-201 (vertraagde ontsteking)	$2{,}4 \cdot 10^{-7}$	28,3
Casing blowout gasproductieput TRN-201 (directe ontsteking)	$7{,}6 \cdot 10^{-8}$	8,8
Overig	$6{,}5 \cdot 10^{-8}$	7,5
Totaal	**$8{,}6 \cdot 10^{-7}$**	**100,0**

Tabel 7.2: Bijdrage scenario's aan 10^{-6} per jaar PR contour ten oosten van de inrichting.

Scenario	Risico	%
Production tubing blowout gasproductieput TRN-201 (directe ontsteking)	$5{,}0 \cdot 10^{-7}$	51,9
Production tubing blowout gasproductieput TRN-201 (vertraagde ontsteking)	$3{,}1 \cdot 10^{-7}$	32,1
Casing blowout gasproductieput TRN-201 (directe ontsteking)	$5{,}4 \cdot 10^{-8}$	5,6
Overig	$1{,}0 \cdot 10^{-7}$	10,4
Totaal	**$9{,}7 \cdot 10^{-7}$**	**100,0**

Tabel 7.3: Bijdrage scenario's aan 10^{-6} per jaar PR contour ten westen van de inrichting.

Scenario	Risico	%
Production tubing blowout gasproductieput TRN-201 (directe ontsteking)	$4{,}8 \cdot 10^{-7}$	51,2
Production tubing blowout gasproductieput TRN-201 (vertraagde ontsteking)	$3{,}0 \cdot 10^{-7}$	31,8
Overig	$5{,}3 \cdot 10^{-8}$	5,6
Totaal	**$1{,}1 \cdot 10^{-7}$**	**11,4**

Tabel 7.4: Bijdrage scenario's aan 10^{-6} per jaar PR contour ten zuiden van de inrichting.

7.2 Groepsrisico

Het groepsrisico voor de inrichting Ternaard-200 is nihil vanwege de geringe populatie binnen het invloedgebied van de inrichting Ternaard-200. Hierdoor berekent Safeti-NL geen Groepsrisico. Dit betekent dat het Groepsrisico de oriëntatiewaarde niet overschrijdt.

8 CONCLUSIES

In deze QRA zijn de externe risico's van de inrichting Ternaard-200 bepaald. Deze risico's zijn uitgedrukt in plaatsgebonden risico (PR) en groepsrisico (GR) per jaar.

De 10^{-6} per jaar PR contour ligt buiten de grenzen van de inrichting. De maximale afstand vanaf de inrichtingsgrens tot de 10^{-6} PR contour bedraagt ca. 90 m (noordelijke richting). De dichtstbijzijnde woning ligt ten zuiden van de inrichting op een afstand van 338 m vanaf de inrichtingsgrens. Deze woning bevindt zich buiten de 10^{-6} per jaar PR contour.

Het groepsrisico overschrijdt de oriënterende normwaarden zoals gedefinieerd in het BEVI [ref. 2] niet.

De belangrijkste bijdragen aan de 10^{-6} per jaar plaatsgebonden risicocontour worden geleverd door de volgende scenario's:

- Production tubing blowout gasproductieput TRN-201 (directe ontsteking);
- Production tubing blowout gasproductieput TRN-201 (vertraagde ontsteking);
- Casing blowout gasproductieput TRN-201 (directe ontsteking).

De grootste effectafstand wordt veroorzaakt door terugstroom bij leidingbreuk van de 12" leiding van de 12" transportleiding naar Moddergat-1 (directe ontsteking). Indien een horizontale toortsbrand ontstaat, heeft deze een effectafstand van 209 m. Binnen deze afstand heeft een onbeschermd persoon een kans groter dan 1% op overlijden. Dit effect heeft geen invloed op de dichtstbijzijnde woning, die zich op ongeveer 340 m in zuidelijke richting van de 12" transportleiding bevindt.

8.1 Toetsing PR aan acceptatiecriteria

Het berekende Plaatsgebonden Risico voldoet aan de normstelling in het BEVI [ref. 3].

8.2 Toetsing GR aan acceptatiecriteria

Het groepsrisico van de inrichting Ternaard-200 overschrijdt de oriëntatiewaarde niet.

9 REFERENTIES

1 DNV, Safeti-NL V6,54 – juli 2009; zie RIVM - Safeti-NL (http://www.rivm.nl/milieuportaal/bibliotheek/modellen/safeti-nl.jsp).
2 *Besluit Externe Veiligheid Inrichtingen*, Ministerie VROM, Staatsblad 250, 27 mei 2004. Laatst gewijzigd 9 september 2008 en op 13 februari 2009 in werking getreden, Staatscourant 47, 12 februari 2009.
3 *Regeling Externe Veiligheid Inrichtingen*, Ministerie VROM, nr. EV2004084072, 8 september 2004; Laatst gewijzigd 4 juni 2015 en op 1 juli 2015 in werking getreden, Staatscourant 14437,18 juni 2015
4 *Registratiebesluit Externe Veiligheid*, Ministerie VROM, 22 maart 2007, Staatsblad 2007 -102, STB10898.
5 *Handreiking Verantwoordingsplicht Groepsrisico*, Ministerie VROM, november 2007.
6 *Handleiding Risicoberekeningen BEVI*, RIVM, versie 3.3, 1 juli 2015.
7 *Risicokaart Luchtvaartongeval,* http://www.risicokaart.nl/informatie_over_risicos/luchtvaartongeval/
8 *Ternaard Development, Part II: Design Basis and Design Requirements*, NAM, EP201502207862, 23 september 2015.

10 DEFINITIES

Kwetsbaar object:

a. Woningen, niet zijnde woningen als bedoeld in onderdeel a, onder beperkt kwetsbaar object

b. Gebouwen bestemd voor het verblijf, al dan niet gedurende een gedeelte van de dag, van minderjarigen, ouderen, zieken of gehandicapten, zoals:

1. Ziekenhuizen, bejaardenhuizen en verpleeghuizen;
2. Scholen, of
3. Gebouwen of gedeelten daarvan, bestemd voor dagopvang van minderjarigen.

c. Gebouwen waarin doorgaans grote aantallen personen gedurende een groot gedeelte van de dag aanwezig zijn, zoals:

1. kantoorgebouwen en hotels met een bruto vloeroppervlak van meer dan 1500 m2 per object, of
2. complexen waarin meer dan 5 winkels zijn gevestigd en waarvan het gezamenlijk bruto vloeroppervlak meer dan 1000 m2 bedraagt en winkels met een totaal bruto vloeroppervlak van meer dan 2000 m2 per winkel, voor zover in die complexen of in die winkels een supermarkt, hypermarkt of warenhuis is gevestigd.

d. kampeer- en andere recreatieterreinen bestemd voor het verblijf van meer dan 50 personen gedurende meerdere aaneengesloten dagen.

Kwetsbare objecten die behoren tot het terrein van een BEVI inrichting worden niet beschouwd als kwetsbaar object met betrekking tot risico's ten gevolge van de eigen inrichting (art 1, lid 2).

Wel wordt de aanwezige populatie meegenomen in de berekening van het groepsrisico.

Beperkt kwetsbaar object:

a. Woningen:

1. verspreid liggende woningen van derden met een dichtheid van maximaal twee woningen per hectare, en
2. dienst- en bedrijfswoningen van derden;

b. kantoorgebouwen, mits geen kwetsbaar object;

c. hotels en restaurants, mits geen kwetsbaar object;

d. winkels, mits geen kwetsbaar object;

e. sporthallen, zwembaden en speeltuinen;

f. sport- en kampeerterreinen en terreinen bestemd voor recreatieve doeleinden, mits geen kwetsbaar object;

g. bedrijfsgebouwen, mits geen kwetsbaar object;

h. objecten die met de onder a tot en met e en g genoemde gelijkgesteld kunnen worden uit hoofde van de gemiddelde tijd per dag gedurende welke personen daar verblijven, het aantal personen dat daarin doorgaans aanwezig is en de mogelijkheden voor zelfredzaamheid bij een ongeval, voor zover die objecten geen kwetsbare objecten zijn, en

i. objecten met een hoge infrastructurele waarde, zoals een telefoon- of elektriciteitscentrale, of een gebouw met vluchtleidingsapparatuur, voor zover die objecten wegens de aard van de gevaarlijke stoffen die bij een ongeval kunnen vrijkomen, bescherming verdienen tegen de gevolgen van dat ongeval.

Beperkt kwetsbare objecten die behoren tot het terrein van een BEVI inrichting worden niet beschouwd als beperkt kwetsbaar object met betrekking tot risico's ten gevolge van de eigen inrichting (art 1, lid 2).

Wel wordt de aanwezige populatie meegenomen in de berekening van het groepsrisico.

Geprojecteerd object:

Een nog niet aanwezig object dat op grond van het voor het desbetreffende gebied geldende bestemmingsplan toelaatbaar is.

Plaatsgebonden risico:

Risico op een plaats buiten een inrichting, uitgedrukt als de kans per jaar dat een persoon die onafgebroken en onbeschermd op die plaats zou verblijven, overlijdt als rechtstreeks gevolg van een ongewoon voorval binnen die inrichting waarbij een gevaarlijke stof, gevaarlijke afvalstof of bestrijdingsmiddel betrokken is.

Het plaatsgevonden risico wordt weergegeven als iso-risicocontouren (plaatsen met een gelijke PR) op een plattegrond.

Opgemerkt dient te worden dat het plaatsgebonden risico een genormaliseerde risicomaat is en geen maat is voor het daadwerkelijke risico voor personen in de omgeving.

Groepsrisico:

Cumulatieve kansen per jaar dat ten minste 10, 100 of 1,000 personen overlijden als rechtstreeks gevolg van hun aanwezigheid in het invloedsgebied van een inrichting en een ongewoon voorval binnen die inrichting waarbij een gevaarlijke stof betrokken is.

Het groepsrisico wordt uitgedrukt in een grafiek, zogenaamde FN-curve, waarin de groepsgrootte van aantallen slachtoffers (x-as) uitgezet wordt tegen de cumulatieve kans dat een dergelijke groep slachtoffer wordt van een ongeval (y-as).

Grenswaarde:

Een grenswaarde geeft de kwaliteit aan die op het in de maatregel aangegeven tijdstip ten minste moet zijn bereikt, en die, waar zij aanwezig is, ten minste moet worden in stand gehouden.

Dit betekent dat er altijd moet worden voldaan aan de grenswaarde.

Richtwaarde:

Een richtwaarde geeft de kwaliteit aan die op het in de maatregel aangegeven tijdstip zoveel mogelijk moet zijn bereikt, en die, waar zij aanwezig is, zoveel mogelijk moet worden in stand gehouden.

Dit betekent dat erom gewichtige redenen mag worden afgeweken van de richtwaarde.

Oriëntatiewaarde:

De oriëntatiewaarde is de toetsingswaarde. Dit betekent dat er bij een overschrijding een politieke afweging moet worden gemaakt van de risico's tegen de maatschappelijke baten en kosten van een risicovolle activiteit.

BIJLAGE A : SCENARIO'S TERNAARD-200

De naamgeving van scenario's in Safeti-NL wordt opgebouwd uit de volgende mogelijkheden.

Systeem	Benaming	Scenario	Scenario
Putten	P	1a	Production blowout
		1b	Tubing blowout
		1c	Casing Blowout
		2a	Verticale lek
		2b	Horizontale lek
Leidingen	L	1, 1t	Breuk bovengrondse aardgasleiding, Breuk terugstroming bovengrondse aardgasleiding.
		2	Lek bovengrondse aardgasleiding.

Hierbij staat "t" voor "terugstroom"

Bijlage A.1: Vessel en Pipe Scenario's

Folder	Leiding route	Scenario naam	Discharge Material	Inventory specification	Mass Inventory	Temperature	Pressure (gauge)	Event Probability	Event Frequency	Scenario Type	Hole Diameter	Pipe Length	Internal Diameter	Distance To Break	Relative Aperture	Outdoor Release Direction
					kg	degC	bar	fraction	/AvgeYear		mm	m	mm	m	fraction	
Gas		P1a Production tubing blowout TRN-2 0-20s	METHANE	0 By Mass	1000000	76	105		2.97E-06	7 Long Pipeline		7800	279.5085	7800	0.2	0 Horizontal
Gas		P1a Production tubing blowout TRN-2 20-140s	METHANE	0 By Mass	1000000	76	105		3.00E-05	7 Long Pipeline		7800	279.5085	7800	0.2	0 Horizontal
Gas		P1b Other tubing blowout TRN-2 0-20s	METHANE	0 By Mass	1000000	76	466		4.12E-06	7 Long Pipeline		6458	125	6458	1	2 Vertical
Gas		P1b Other tubing blowout TRN-2 20-140s	METHANE	0 By Mass	1000000	76	466		4.17E-05	7 Long Pipeline		6458	125	6458	1	2 Vertical
Gas		P1c Casing blowout TRN-2 0-20s	METHANE	0 By Mass	1000000	76	466		7.14E-07	7 Long Pipeline		6458	240.625	6458	1	2 Vertical
Gas		P1c Casing blowout TRN-2 20-140s	METHANE	0 By Mass	1000000	76	466		7.22E-06	7 Long Pipeline		6458	240.625	6458	1	2 Vertical
Gas		P2a Vertical tubing leak TRN-2	METHANE	0 By Mass	1000000	92	241		5.24E-05	4 Leak	12.7					2 Vertical
Gas		P2b Horizontal tubing leak TRN-2	METHANE	0 By Mass	1000000	92	241		1.19E-05	4 Leak	12.7					0 Horizontal
Gas		L1 Flowline 6" Flex TRN-2 to KISS 0-20s	METHANE	0 By Mass	1000000	76	105		2.00E-08	7 Long Pipeline		6458	125	6458	0.64	0 Horizontal
Gas		L1 Flowline 6" Flex TRN-2 to KISS 20-140s	METHANE	0 By Mass	1000000	76	105		4.80E-07	7 Long Pipeline		6458	125	6458	0.64	0 Horizontal
Gas		L1t Flowline 6" Flex TRN-2 to KISS 0-20s	METHANE	0 By Mass	1000000	76	105		4.50E-08	7 Long Pipeline		7800	300	7800	0.2	0 Horizontal
Gas		L1t Flowline 6" Flex TRN-2 to KISS 20-140s	METHANE	0 By Mass	1000000	76	105		4.55E-07	7 Long Pipeline		7800	300	7800	0.2	0 Horizontal
Gas		L2 Flowline 6" Flex TRN-2 to KISS	METHANE	0 By Mass	1000000	92	105		2.50E-06	4 Leak	10					0 Horizontal
Gas	6" Kiss Skid	L1 6" leiding in KISS	METHANE	0 By Mass	1000000	76	105	4.00E-09		7 Long Pipeline		6458	125	6458	1	0 Horizontal
Gas	6" Kiss Skid	L1 6" leiding in KISS 20-140s	METHANE	0 By Mass	1000000	76	105	9.60E-08		7 Long Pipeline		6458	125	6458	1	0 Horizontal
Gas	6" Kiss Skid	L1t 6" leiding in KISS 0-20s	METHANE	0 By Mass	1000000	76	105	9.00E-09		7 Long Pipeline		7800	300	7800	0.25	0 Horizontal
Gas	6" Kiss Skid	L1t 6" leiding in KISS 20-140s	METHANE	0 By Mass	1000000	76	105	9.10E-08		7 Long Pipeline		7800	300	7800	0.25	0 Horizontal
Gas	6" Kiss Skid	L2 6" leiding in KISS	METHANE	0 By Mass	1000000	92	105	5.00E-07		4 Leak	15	5500	150	5500	1	0 Horizontal
Gas	van 6" KISS naar 12"	L1 6" leiding KISS naar 12" MGT 0-20s	METHANE	0 By Mass	1000000	76	105	4.00E-09		7 Long Pipeline		6458	125	6458	1	0 Horizontal
Gas	van 6" KISS naar 12"	L1 6" leiding KISS naar 12" MGT 20-140s	METHANE	0 By Mass	1000000	76	105	9.60E-08		7 Long Pipeline		6458	125	6458	1	0 Horizontal
Gas	van 6" KISS naar 12"	L1t 6" leiding KISS naar 12" MGT 0-20s	METHANE	0 By Mass	1000000	76	105	9.00E-09		7 Long Pipeline		7800	300	7800	0.25	0 Horizontal
Gas	van 6" KISS naar 12"	L1t 6" leiding KISS naar 12" MGT 20-140s	METHANE	0 By Mass	1000000	76	105	9.10E-08		7 Long Pipeline		7800	300	7800	0.25	0 Horizontal
Gas	van 6" KISS naar 12"	L2 6" leiding KISS naar 12" MGT	METHANE	0 By Mass	1000000	92	105	5.00E-07		4 Leak	15					0 Horizontal
Gas	12" BG to MGT	L1 12" BG to MGT 0-20s	METHANE	0 By Mass	1000000	76	105	4.00E-09		7 Long Pipeline		6458	125	6458	1	0 Horizontal
Gas	12" BG to MGT	L1 12" BG to MGT 20-140s	METHANE	0 By Mass	1000000	76	105	9.60E-08		7 Long Pipeline		6458	125	6458	1	0 Horizontal
Gas	12" BG to MGT	L1t 12" BG to MGT 0-20s	METHANE	0 By Mass	1000000	76	105	9.00E-09		7 Long Pipeline		7800	300	7800	1	0 Horizontal
Gas	12" BG to MGT	L1t 12" BG to MGT 20-140s	METHANE	0 By Mass	1000000	76	105	9.10E-08		7 Long Pipeline		7800	300	7800	1	0 Horizontal
Gas	12" BG to MGT	L2 12" BG to MGT	METHANE	0 By Mass	1000000	92	105	5.00E-07		4 Leak	30					0 Horizontal

COLOFON

KWANTITATIEVE RISICOANALYSE (QRA) VOOR NAM INRICHTING TERNAARD-200
NEDERLANDSE AARDOLIE MAATSCHAPPIJ B.V.

AUTEUR

ir. L.A. Klaessen

PROJECTNUMMER

C05011.000390.0400

ONZE REFERENTIE

079835758 B

DATUM

29 juni 2018

STATUS

Definitief

GECONTROLEERD DOOR

ing. M. de Maaijer
Senior Specialist Explosie Veiligheid

Arcadis Nederland B.V.

Postbus 4205
3006 AE Rotterdam
Nederland
+31 (0)88 4261 261

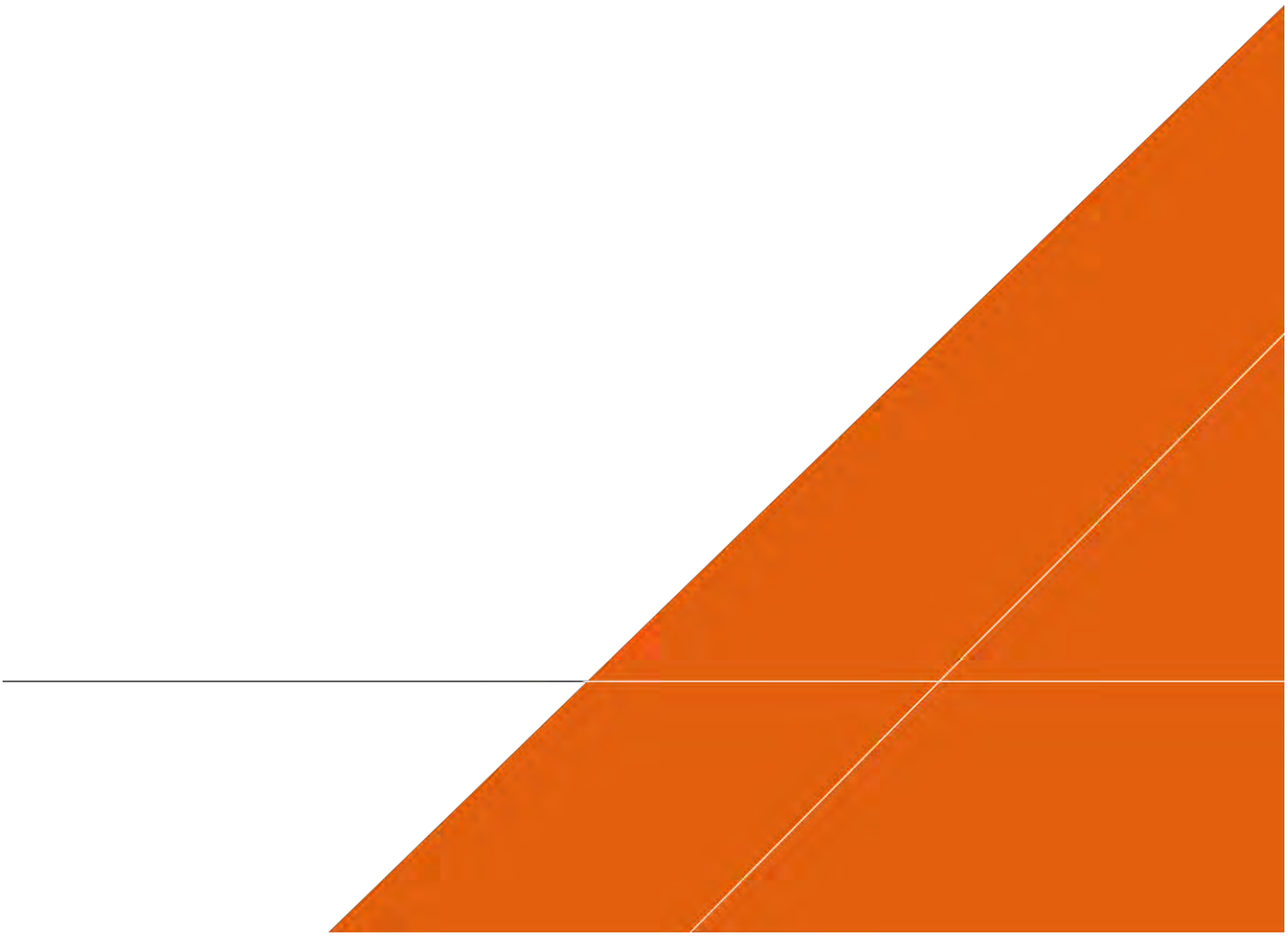
www.arcadis.com

ARCADIS Design & Consultancy for natural and built assets

KWANTITATIEVE RISICOANALYSE (QRA) VOOR NAM INRICHTING MODDERGAT-1

Nederlandse Aardolie Maatschappij B.V.

29 JUNI 2018



Contactpersonen

L.A. KLAESSEN MSC

Arcadis Nederland B.V.
Postbus 4205
3006 AE Rotterdam
Nederland

©ARCADIS. Alle rechten voorbehouden. Behoudens uitzonderingen door de wet gesteld, mag zonder schriftelijke toestemming van de rechthebbenden niets uit dit document worden verveelvoudigd en/of openbaar worden gemaakt door middel van druk, fotokopie, digitale reproductie of anderszins.

Disclaimer

ARCADIS wijst er nadrukkelijk op dat de in dit rapport gegeven uitkomsten en adviezen afhankelijk zijn van de uitvoering van de kwantitatieve risicoanalyse (QRA). De wijze van uitvoering is vastgelegd in de door RIVM CEV opgestelde Handleiding Risicoberekeningen BEVI (HRB) en het door de overheid voorgeschreven gebruik van het rekenpakket Safeti-NL binnen het kader van de zogenoemde externe veiligheid.

SAMENVATTING

Context
Op verzoek van de Nederlandse Aardolie Maatschappij B.V. (NAM) heeft Arcadis voor de gaswinningsinstallatie Moddergat-1(hierna te noemen inrichting Moddergat-1) een kwantitatieve risicoanalyse (QRA) uitgevoerd volgens de Handleiding Risicoberekeningen BEVI [ref. 6].

Voor de inrichting Moddergat-1 moet een vergunning aangevraagd worden in het kader van de Wet algemene bepalingen omgevingsrecht (Wabo) voor het veranderen en in werking hebben van de inrichting. Voor de vergunningaanvraag dient rekening gehouden te worden met de risico's voor de externe veiligheid (d.w.z. het risico buiten de inrichting). De risico's worden in kaart gebracht voor de situatie zoals voorzien voor de duur van de vergunning.

De inrichting is bestemd voor het produceren en afvoeren van aardgas, afkomstig uit de op het terrein gelegen putten en de transportleiding van inrichting Ternaard-200. Het aardgas gaat via een bovengrondse en later ondergrondse leiding via Moddergat-1 naar gasbehandelingsinstallatie Anjum-1.

In deze QRA zijn de externe veiligheidsrisico's getoetst aan de normen voor niet-categoriale inrichtingen uit het Besluit Externe Veiligheid Inrichtingen [ref. 2].

De risico's worden uitgedrukt in het Plaatsgebonden risico (PR) en het Groepsrisico (GR).

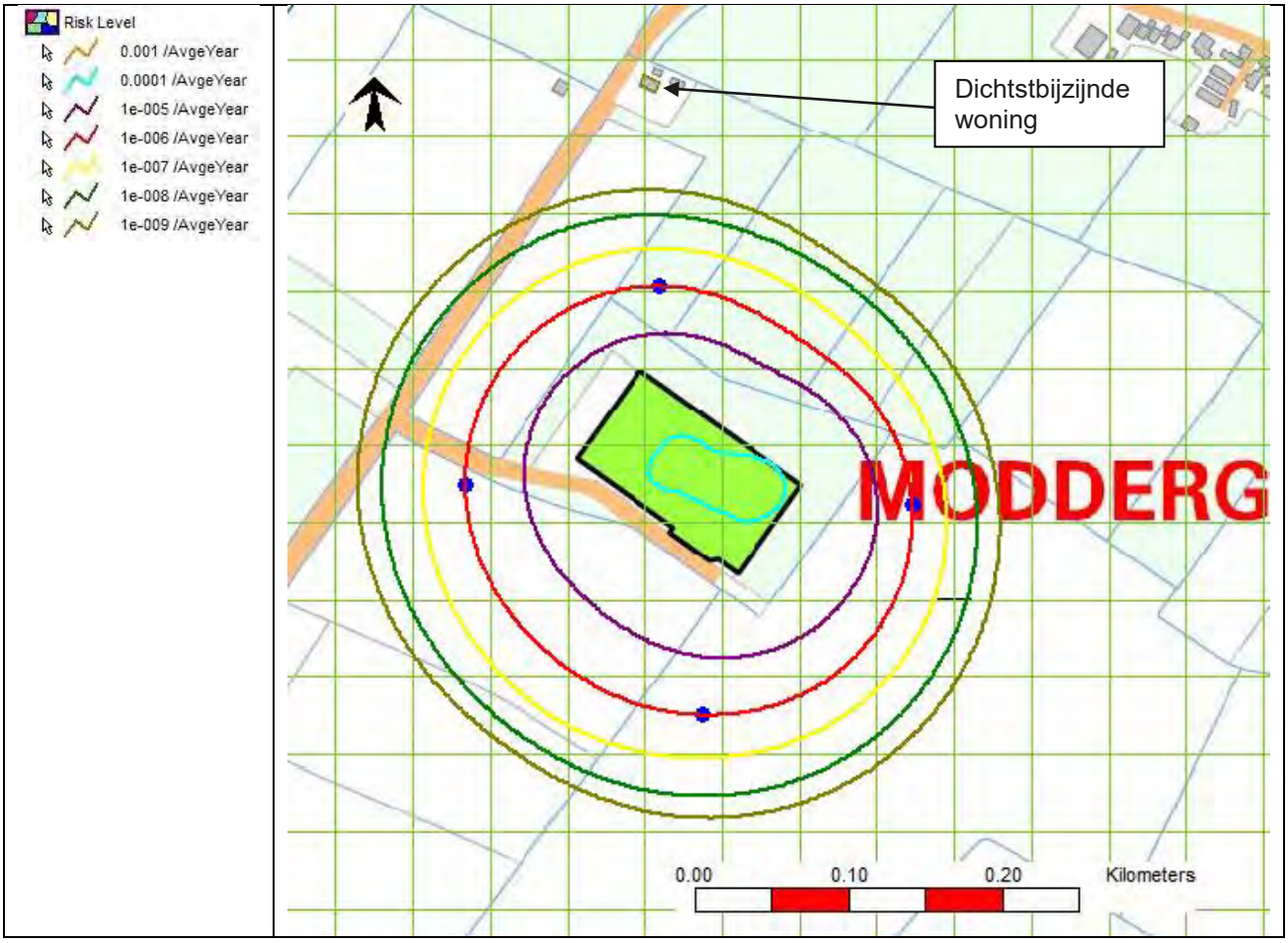
Methode
In de voorliggende QRA zijn de risico's ten gevolge van het mogelijk vrijkomen van gevaarlijke stoffen door lekkages of het falen van de omhulling, zogenaamde "Loss Of Containment" (LOC) gebeurtenissen, volgens de voorgeschreven methode zo realistisch mogelijk gekwantificeerd.
De QRA heeft betrekking op de gehele inrichting. In de huidige situatie betreft dit de putten en de leidingen. Ook de importleiding vanaf de inrichtingsgrens en de exportleiding tot aan de inrichtingsgrens maken deel uit van de locatie Moddergat-1.

De scenario's voor de QRA zijn opgesteld in overeenstemming met de Handleiding Risicoberekeningen BEVI (HRB) [ref. 6]. De gehanteerde uitgangspunten in de modellering zijn beschreven in hoofdstuk 3 en hoofdstuk 10 van het HRB.

Voor het bepalen van de effecten en het berekenen van de risico's is gebruik gemaakt van het softwarepakket Safeti-NL (met grotendeels niet wijzigbare Nederlandse instellingen) [ref. 1]. Dit pakket is door de Nederlandse overheid aangewezen als verplicht programma voor het uitvoeren van QRA's in het kader van het BEVI.

Resultaten
Het resultaat van deze analyse is de berekening van het Plaatsgebonden Risico (PR) en het Groepsrisico (GR) ten gevolge van de activiteiten op deze locatie. De risico's worden uitgedrukt als de kans op dodelijk letsel per jaar.

De plaatsgebonden risicocontouren zijn weergegeven in onderstaande figuur. Gridgrootte is 50 m.



In de nabijheid van de locatie Moddergat-1 zijn beperkt kwetsbare objecten aanwezig. Het dichtstbijzijnde beperkt kwetsbaar object betreft woonbebouwing en deze ligt op circa 180 m ten noorden vanaf de inrichtingsgrens buiten de 10^{-6} per jaar PR contour.
De 10^{-6} per jaar PR contour ligt buiten de grenzen van de inrichting. De maximale afstand vanaf de inrichtingsgrens tot de 10^{-6} PR contour bedraagt circa 110 m (zuidwestelijke richting).

De belangrijkste bijdragen aan de 10^{-6} per jaar plaatsgebonden risicocontour worden geleverd door de volgende scenario's:

- Leidingbreuk van de 8" leiding van productie-eenheid MGT-2 naar manifold (vertraagde ontsteking).
- Terugstroom bij leidingbreuk van de 4" flexibele leiding naar productie-eenheid MGT-4 (directe ontsteking); Leidingbreuk van de 8" leiding van productie-eenheid MGT-3 naar manifold (vertraagde ontsteking).
- Terugstroom bij leidingbreuk van de 8" leiding van productie-eenheid MGT-2 naar manifold (vertraagde ontsteking).

De grootste effectafstand wordt veroorzaakt door een leidingbreuk van de 8" leiding van de KISS-skid (behorend bij gasproductieput MGT-2) naar de gasmanifold (directe ontsteking). Indien een toortsbrand ontstaat, heeft deze een effectafstand van 190 m. Binnen deze afstand heeft een onbeschermd persoon een kans groter dan 1% op overlijden. Dat betekent dat het effect geen invloed heeft op de dichtstbijzijnde woning, die zich op ongeveer 260 m in noordelijke richting van de 8" leiding van productie-eenheid MGT-2 naar de gasmanifold bevindt.

Conclusies
De 10^{-6} per jaar PR-contour reikt buiten de inrichtingsgrens. Binnen de 10^{-6} per jaar PR contour bevinden zich geen (beperkt) kwetsbare objecten. Het berekende Plaatsgebonden Risico voldoet aan de normstelling in het BEVI [ref. 2].
Het groepsrisico voor de inrichting Moddergat-1 is nihil vanwege de geringe populatie binnen het invloedgebied van de inrichting Moddergat-1.

Het groepsrisico overschrijdt de oriënterende normwaarden zoals gedefinieerd in het BEVI [ref. 2] niet.

AFKORTINGEN

BEVI	Besluit Externe Veiligheid Inrichtingen
BLEVE	Boiling Liquid Expanding Vapour Explosion
GR	Groepsrisico
HRB	Handleiding Risicoberekeningen BEVI
LFL	Lower Flammability Limit
LOC	Loss Of Containment
LP	Long pipeline
LR	Line rupture
MGT	Gasproductieput behorend bij inrichting Moddergat-1
NAM	Nederlandse Aardolie Maatschappij B.V.
PEFS	Process Engineering Flow Scheme
PFS	Process Flow Scheme
PR	Plaatsgebonden Risico
QRA	Quantitative Risk Assessment
REVI	Regeling Externe Veiligheid Inrichtingen
RIVM	Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu
RRP	Risk Ranking Points
SodM	Staatstoezicht op de Mijnen
VROM	Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieu (tegenwoordig Ministerie voor Infrastructuur en Milieu, WIA)
Wabo	Wet algemene bepalingen omgevingsrecht

INHOUDSOPGAVE

SAMENVATTING 3

AFKORTINGEN 6

1 INLEIDING 9
1.1 Aanleiding 9
1.2 Toetsingskader Externe Veiligheid 9
1.2.1 Het beleid 9
1.2.2 Plaatsgebonden risico en groepsrisico 9
1.2.2.1 Plaatsgebonden risico 9
1.2.2.2 Groepsrisico 10
1.3 Gebruikte informatiebronnen 11
1.4 Leeswijzer 11

2 BESCHRIJVING INRICHTING 12
2.1 Gegevens inrichting 12
2.2 Algemene procesbeschrijving 13
2.3 Materialen, samenstellingen en voorbeeldstoffen 13

3 UITGANGSPUNTEN QRA 16
3.1 Algemeen 16
3.2 Selectie van installaties voor de QRA 16
3.3 Beschrijving van de insluitsystemen 16

4 LOC SCENARIO'S 18
4.1 Uitstroming 18
4.1.1 Algemeen 18
4.1.2 Locatie specifiek 19
4.1.3 Tijdsafhankelijkheid 20
4.1.4 Uitstromingsrichting en duur 21
4.2 Initiële faalkansen 21

5 EFFECTBEREKENING 25

5.1 Algemeen 25
5.2 Weer en ruwheidslengte 25
5.3 Ontstekingskansen 25
5.3.1 Directe ontsteking 25
5.3.2 Vertraagde ontsteking 25

6 BLOOTSTELLING EN SCHADE 26
6.1 Populatie & Risk Ranking Points (RRP) 26
6.2 Modelering van de schade 27
6.2.1 Blootstelling van personen aan warmtestraling 27
6.3 Effectafstanden dominante scenario's 27
6.3.1 Effectafstanden weerklasse F1,5 m/s 27
6.3.2 Effectafstanden weerklasse D5,0 m/s 28

7 QRA RESULTATEN 29
7.1 Plaatsgebonden risico 30
7.2 Groepsrisico 34

8 CONCLUSIES 35
8.1 Toetsing PR aan acceptatiecriteria 35
8.2 Toetsing GR aan acceptatiecriteria 35

9 REFERENTIES 36

10 DEFINITIES 37

BIJLAGEN

BIJLAGE A : SCENARIO'S MODDERGAT-1 39
Bijlage A.1: Vessel en Pipe Scenario's 40

COLOFON 45

1 INLEIDING

1.1 Aanleiding

Op verzoek van de Nederlandse Aardolie Maatschappij B.V. (NAM) heeft Arcadis voor de gaswinningsinstallatie Moddergat-1(hierna te noemen inrichting Moddergat-1) een kwantitatieve risicoanalyse (QRA) uitgevoerd volgens de Handleiding Risicoberekeningen BEVI [ref. 6].

Voor de inrichting Moddergat-1 moet een vergunning aangevraagd worden in het kader van de Wet algemene bepalingen omgevingsrecht (Wabo) voor het veranderen en in werking hebben van de inrichting. De QRA rapportage is deel van deze vergunningaanvraag.

Voor de vergunningaanvraag dient rekening gehouden te worden met de risico's voor de externe veiligheid (d.w.z. het risico buiten de inrichting). De risico's worden in kaart gebracht voor de situatie zoals voorzien voor de duur van de vergunning.

In deze QRA zijn de externe veiligheidsrisico's getoetst aan de normen voor niet-categoriale inrichtingen uit het Besluit Externe Veiligheid Inrichtingen [ref. 2].

De risico's worden uitgedrukt in het Plaatsgebonden risico (PR) en het Groepsrisico (GR).

1.2 Toetsingskader Externe Veiligheid

1.2.1 Het beleid

In Nederland is in 2004 het Besluit Externe Veiligheid Inrichtingen (BEVI) [ref. 2] en de Regeling Externe Veiligheid Inrichten (REVI) [ref. 3] in werking getreden. In aanvulling hierop is per 1 juli 2015 de gewijzigde Regeling Externe Veiligheid Inrichtingen (REVI) van kracht [ref. 3].

Door de gewijzigde REVI worden mijnbouwwerken aangewezen via artikel 1b, onderdeel i.
De inrichting Moddergat-1 is een dergelijk mijnbouwwerk.

Het aanwijzen van mijnbouwwerken sluit aan bij het beleid om inrichtingen met gevaarlijke stoffen, waarvan risicocontouren buiten de grenzen van de inrichting vallen, aan te wijzen als BEVI-inrichtingen. Kort gezegd geldt voor mijnbouwwerken dat zij aangewezen worden als bedoeld in de Mijnbouwwet, tevens een inrichting zijn in de zin van artikel 1.1 van de Wet milieubeheer en dat er gevaarlijke stoffen aanwezig zijn. Hierdoor worden mijnbouwinrichtingen aangewezen als niet-categoriale inrichtingen.

De in deze QRA berekende risico's worden getoetst aan de risiconormen voor externe veiligheid met betrekking tot niet-categoriale inrichtingen, zoals deze in BEVI zijn vastgelegd.

In de REVI is onder andere vastgelegd, dat voor de inrichtingen die nu onder het BEVI vallen een QRA opgesteld dient te worden, waarbij gerekend moet worden conform de Handleiding Risicoberekening BEVI (HRB) versie 3.3 met gebruik van Safeti-NL versie 6.54.

1.2.2 Plaatsgebonden risico en groepsrisico

De externe veiligheidsrisico's worden uitgedrukt in het Plaatsgebonden Risico (PR) en het Groepsrisico (GR) zoals gedefinieerd in het BEVI [ref. 2].

1.2.2.1 Plaatsgebonden risico

Het PR is de kans op overlijden die een onbeschermd fictief persoon loopt als hij zich gedurende een jaar continu op een bepaalde plaats zou bevinden. Punten met een gelijk PR worden met elkaar verbonden en vormen zodanig de iso-risico-contouren.

Voor het Plaatsgebonden Risico staan in het BEVI grens- en richtwaarden vermeld voor kwetsbare en beperkt kwetsbare objecten in nieuwe en bestaande situaties. Ook dient rekening te worden gehouden met de geprojecteerde objecten in het geldende bestemmingsplan. Voorbeelden van kwetsbare objecten zijn woningen in woonwijken, scholen en ziekenhuizen.

Enkele voorbeelden van beperkt kwetsbare objecten zijn verspreid liggende woningen, dienst- en bedrijfswoningen, kleine hotels en restaurants, sport-, kampeer- en recreatie terreinen met minder dan 50 mensen.

De grens- en richtwaarden voor nieuwe situaties, en op termijn ook voor bestaande situaties, staan in de volgende tabel.

Object	Norm
(Geprojecteerd) kwetsbaar	Grenswaarde PR 10^{-6} / jaar
(Geprojecteerd) beperkt kwetsbaar	Richtwaarde PR 10^{-6} / jaar

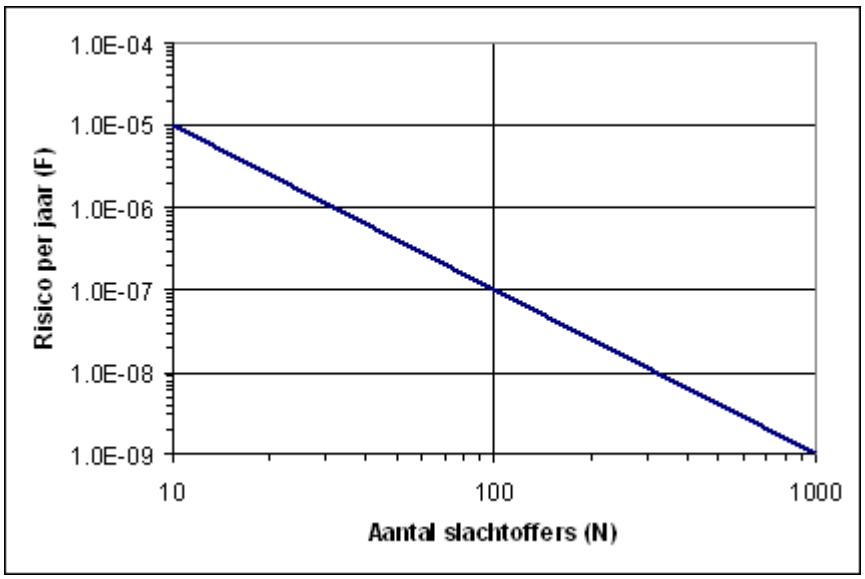
Tabel 1.1: Risico normering PR BEVI inrichtingen.

1.2.2.2 Groepsrisico

Het GR is de gecombineerde kans op ongevallen waarbij een groep van ten minste het gegeven aantal personen gelijktijdig dodelijk slachtoffer wordt. Het GR wordt grafisch weergegeven in een zogenaamde f-N curve. Deze grafiek geeft het mogelijke aantal dodelijke slachtoffers (N) weer met de bijbehorende kans van optreden (f).

Voor het groepsrisico geldt geen harde norm. In het besluit is een voorschrift opgenomen op grond waarvan inzicht moet worden gegeven in de actuele hoogte van het groepsrisico en de bijdrage aan het groepsrisico van ruimtelijke ontwikkelingen of risicovolle activiteiten. Bij de toetsing van het groepsrisico wordt een oriëntatiewaarde gebruikt. Het is vervolgens aan het bevoegd gezag om de verantwoording van het groepsrisico op te stellen volgens de verantwoordingsplicht [ref. 5] en om onder meer overleg te voeren met de brandweer. Hierbij wordt niet alleen gekeken naar de ligging van het groepsrisico ten opzichte van de oriëntatiewaarde, maar dient een afweging van belangen gemaakt te worden en wordt rekening gehouden met de aanwezige rampenbestrijdingsplannen en -middelen en de zelfredzaamheid van personen. Ook genomen maatregelen ter voorkoming en beperking van escalatie, welke niet in een QRA verdisconteerd kunnen worden, kunnen hierbij worden beschouwd.

De voor het groepsrisico van toepassing zijnde oriënterende waarde is weergegeven in Figuur 1.1.



Figuur 1.1: Ligging oriënterende waarden voor het Groepsrisico.

1.3 Gebruikte informatiebronnen

In de risicoberekening wordt uitgegaan van een representatieve bedrijfssituatie in overeenstemming met de vergunning. Dit leidt tot een modellering die conservatief is ten opzichte van de normale bedrijfsvoering.

Bij het opstellen van de QRA is gebruik gemaakt van de volgende tekeningen en documenten:

- Kadastrale / Situatiekaart 2014, EP201804200863001.
- Plattegrondtekeningen 2014, EP201804200863002.
- Schema hoofdprocesleidingen Moddergat-1, EP201804200863003.
- Schematische weergave proces Moddergat-1, EP201804200863004.
- Bijlage 1, Beschrijving van de Locatie Moddergat-1 [ref. 7].
- PFS:
    - NAM-TL-3635002-000-0001 rev DA.
    - NAM-TL-3635002-000-0002 rev 0A.
- PEFS:
    - NAM-TL-3635003-000-0001 rev EA.
    - NAM-TL-3635003-000-0006 rev CA.
    - NAM-TL-3635003-000-0007 rev 0A.
    - NAM-TL-3635003-000-0008 rev 0A.
    - NAM-TL-3635003-000-0010 rev EA.
- Putgegevens 2018, email van W. Staghouwer naar R. Hoving-Braams (beiden van de NAM), ontvangen 27 maart 2018

1.4 Leeswijzer

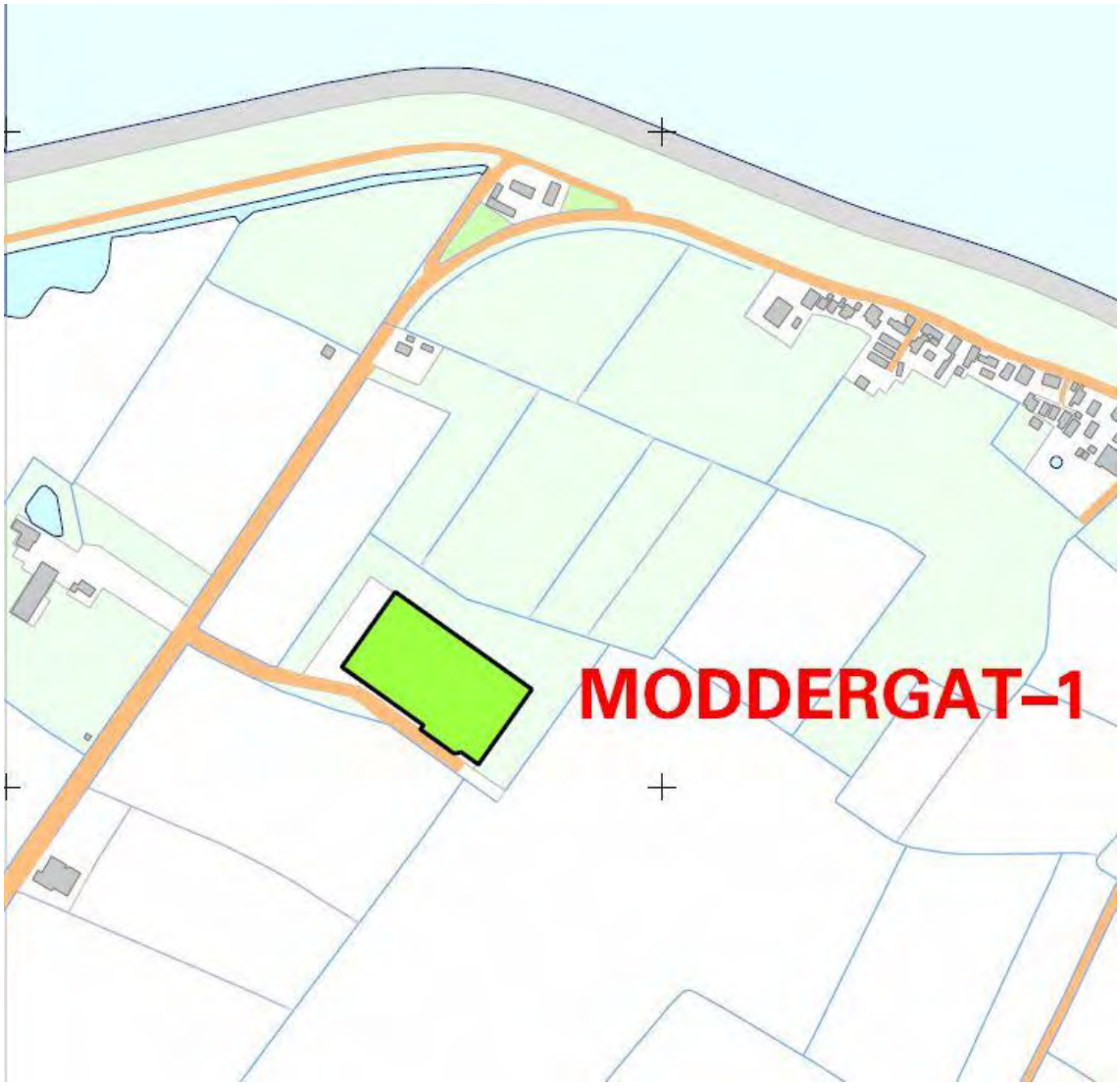
In hoofdstuk 2 van dit rapport wordt de inrichting beschreven. De uitgangspunten van de QRA staan in hoofdstuk 3. LOC scenario's met uitstromingen en initiële faalkansen worden beschreven in hoofdstuk 4.

De voor de effectberekeningen benodigde achtergrondinformatie is in hoofdstuk 5 opgenomen.
Tot slot betreffen hoofdstukken 6, 7 en 8 respectievelijk de blootstelling & schade, QRA resultaten en conclusies. In de bijlage is een overzicht van de QRA berekeningsparameters opgenomen.

2 BESCHRIJVING INRICHTING

2.1 Gegevens inrichting

De inrichting is gelegen in de gemeente Dongeradeel, Provincie Friesland. Zie ook Figuur 2.1.



Figuur 2.1: Omgeving inrichting Moddergat-1.

De locatie is gelegen op een afstand van circa 335 m ten zuidwesten van de woonkern Moddergat. De locatie is gelegen in een agrarische omgeving. De dichtstbijzijnde woonbebouwing ligt op een afstand vanaf de inrichtingsgrens van respectievelijk circa 180 m ten noorden van de locatie, circa 195 m ten westen van de locatie en 260 m ten zuidwesten van de locatie. De locatie is bereikbaar via een openbare weg en is ontsloten door middel van een toegangsweg.

Op locatie Moddergat-1 wordt zoet aardgas geproduceerd uit de op de locatie gelegen putten. Een transportleiding vanuit inrichting Ternaard-200 voert aardgas met een bovengrondse en later ondergrondse leiding via Moddergat-1 naar gasbehandelingsinstallatie Anjum-1.

Het op locatie Moddergat-1 geproduceerde gas wordt door middel van de ondergrondse natgastransportleiding afgevoerd naar de op circa 5 km afstand gelegen gasbehandelingsinstallatie Anjum, waar het gas in overeenstemming wordt gebracht met de specificaties die door GasTerra B.V. zijn vastgesteld.

Figuur 2.2 toont de lay-out van de inrichting Moddergat-1 met daarop aangegeven de installatie-onderdelen.

2.2 Algemene procesbeschrijving

Een algemeen overzicht van de processen op de inrichting Moddergat-1 is gegeven in Figuur 2.3.

De inrichting bestaat uit een puttenterrein met gasproductie-eenheden en een terrein waar de transportleidingen en andere ondersteunende systemen al dan niet tijdelijk worden opgesteld.

Op inrichting Moddergat-1 zijn vijf gasproductieputten aanwezig, MGT-1, MGT-2, MGT-3, MGT-4 en MGT-5.

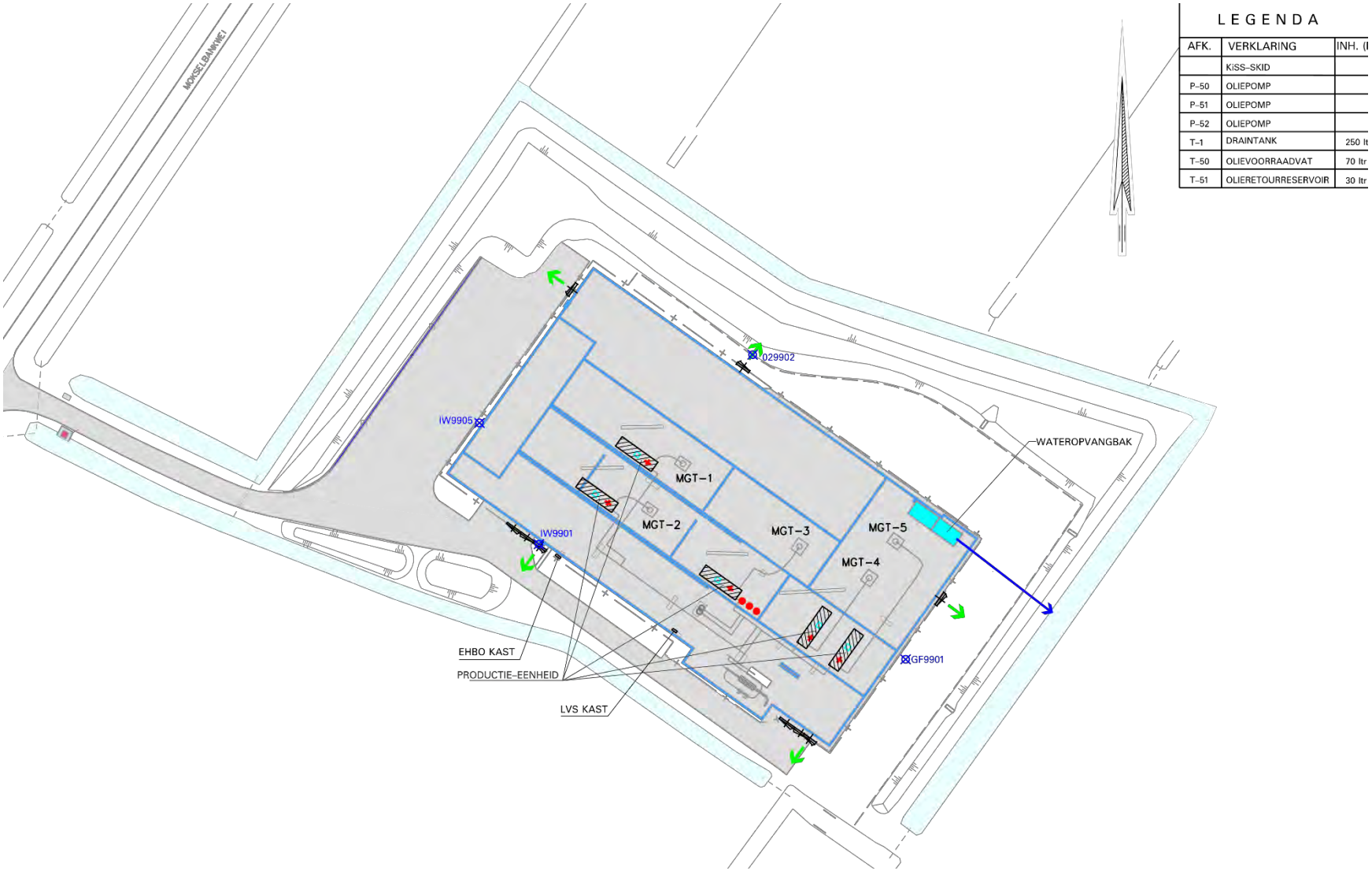
Op alle gasproductieputten zijn een productie-eenheden (KiSS-units) aangesloten. Deze eenheid is de verbinding tussen de putmond van de put en de transportleiding. De productie-eenheid bestaat uit een productiegedeelte (leidingwerk, kleppen, meetstraat, een hydraulische eenheid en een draintank), een calibratiehuisje en een elektro/instrumentatiehuisje.

De reservoirvloeistoffen en gassen afkomstig uit de productieputten worden door middel van bovengrondse productieleidingen via het productiemanifold naar de ondergrondse natgastransportleiding afgevoerd.
De bovengrondse transportleiding vanuit inrichting Ternaard-200 loopt over de inrichting en is aangesloten op dezelfde ondergrondse natgastransportleiding.

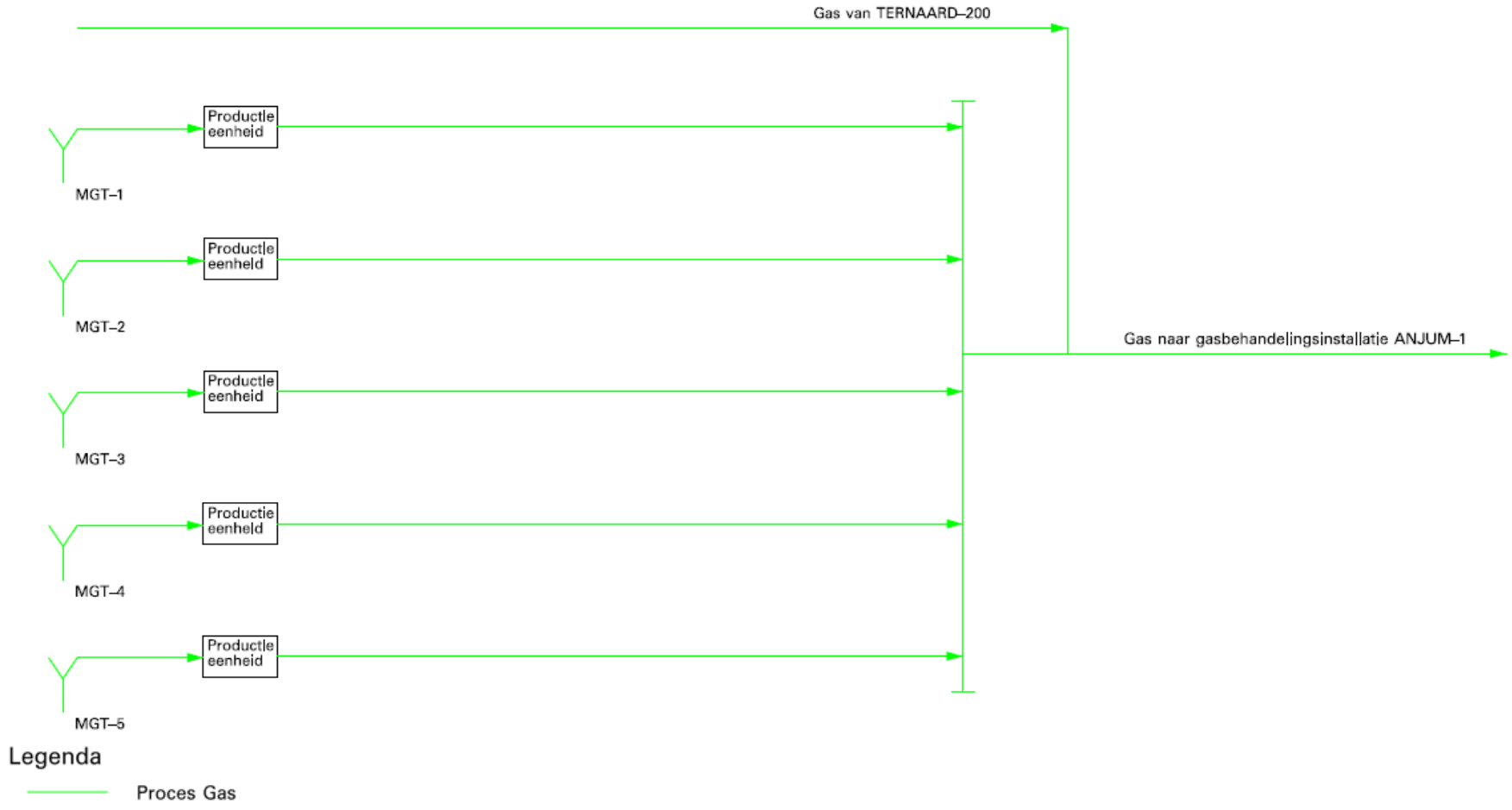
2.3 Materialen, samenstellingen en voorbeeldstoffen

De risico's die op de inrichting aanwezig zijn, worden bepaald door de aard van de binnen de inrichting aanwezige gevaarlijke stoffen. In dit geval is dit zoet aardgas. Zoet aardgas bestaat grotendeels uit methaan (CH_4) met kleine hoeveelheden zwaardere koolwaterstoffen, stikstof, en water.

Het HRB [ref. 6] schrijft voor dat methaan gebruikt wordt als voorbeeldstof voor de modellering van risico's met zoet aardgas.



Figuur 2.2: Plotplan inrichting Moddergat-1.



Figuur 2.3: Overzicht proces inrichting Moddergat-1.

3 UITGANGSPUNTEN QRA

3.1 Algemeen

In de risicoberekening worden de effecten bepaald die kunnen leiden tot dodelijke slachtoffers buiten de inrichting ten gevolge van het vrijkomen van gevaarlijke stoffen, in combinatie met de kans op dergelijke ongewenste effecten.

De modellering bestaat dus uit twee achtereenvolgende stappen, de effectmodellering en de risicomodellering:

- Effectmodellering modelleert achtereenvolgens de uitstroming, de verspreiding van brandbare en/of toxische stoffen en het optreden van mogelijk letale effecten zoals explosieoverdruk, warmtestraling en toxische effecten.
- In de Risicomodellering worden aan de hand van de verschillende letale effecten en blootstellingsduur, ontstekingsbronnen, initiële faalkansen en kansverdeling van de gebeurtenissenboom het PR en GR berekend.

Voor het bepalen van de effecten en risico's is gebruikgemaakt van het softwarepakket Safeti-NL, versie 6.54 [ref. 1], dat door de Nederlandse overheid is aangewezen als verplicht pakket voor het uitvoeren van QRA's in het kader van het BEVI [ref. 2].

De voorgeschreven kwantitatieve risicoanalyse voor externe veiligheid begint met het identificeren van initiële Loss of Containment (LOC) scenario's waarbij gevaarlijke stoffen vrij kunnen komen. Deze scenario's beschrijven de vrijgekomen stof, de uitstroomcondities en de waarschijnlijkheid. De initiële gebeurtenissen worden verderop in dit hoofdstuk en in hoofdstuk 4 beschreven.

Voor de uiteindelijke brandbare effecten kennen deze initiële scenario's daarnaast een aantal vervolgscenario's zoals plasvorming, verdamping uit de plas, het optreden van explosies en wolkbranden (flash fire). De vervolgscenario's zijn onder meer afhankelijk van het optreden van directe en vertraagde ontsteking. De vervolggebeurtenissen zijn in hoofdstuk 5 verder uitgewerkt.

Verder wordt opgemerkt dat de risico's ten gevolge van LOC-scenario's buiten de inrichting, zoals breuk van de exportleiding, in deze risicoanalyse niet gekwantificeerd zijn.

3.2 Selectie van installaties voor de QRA

Voor QRA's voor de mijnbouwinrichtingen wordt geen subselectie toegepast, omdat de systeeminhoud ten opzichte van de doorzet door de installatie gering is waardoor de subselectie tot een incorrecte selectie van de voor het externe veiligheidsrisico bepalende installatieonderdelen zou kunnen leiden.

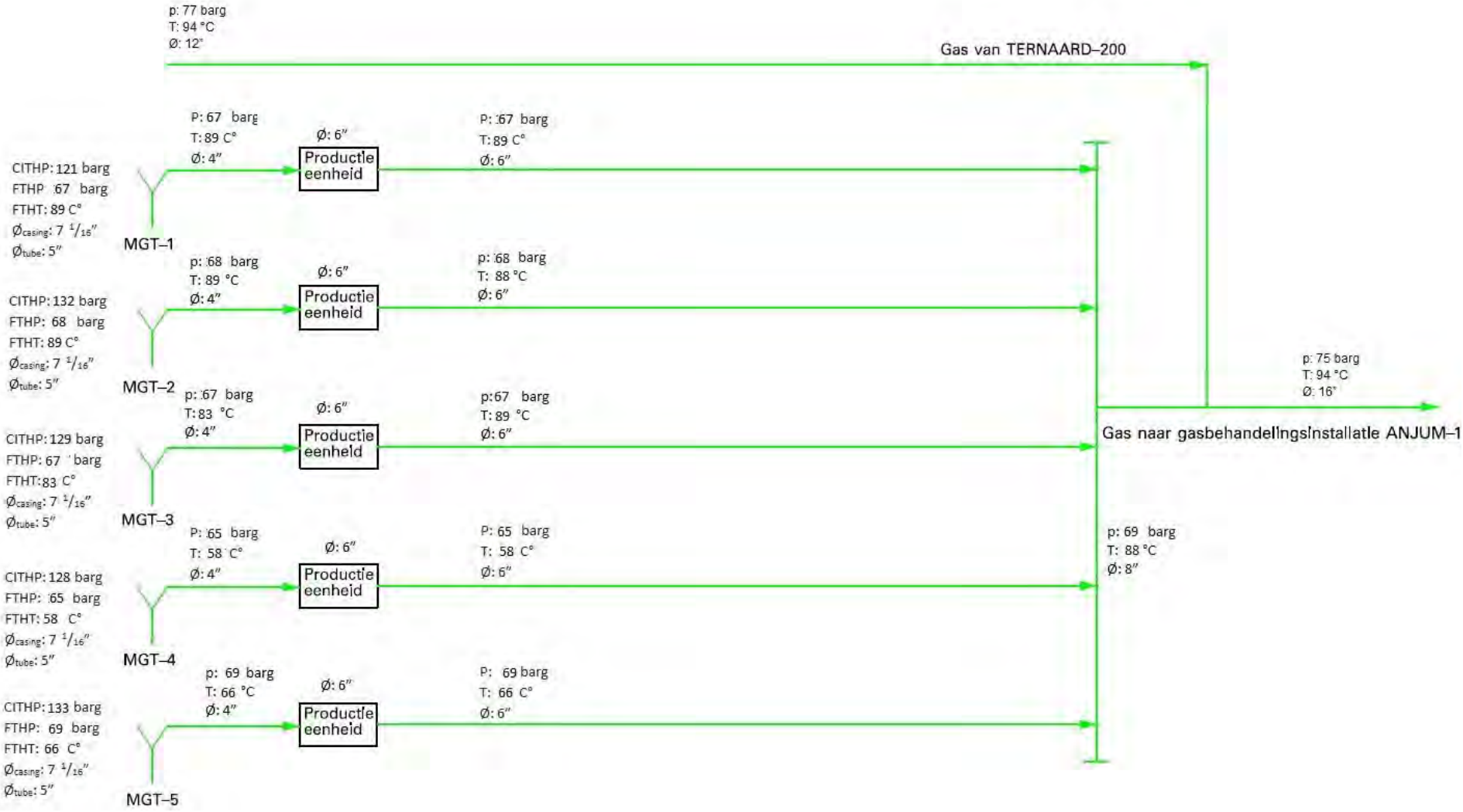
3.3 Beschrijving van de insluitsystemen

Bij de QRA van inrichting Moddergat-1 is het hele systeem niet opgedeeld in insluitsystemen, maar in secties met vergelijkbare procescondities. Het aardgassysteem is weergegeven in Figuur 3.1.

Bij iedere sectie zijn de operationele procescondities vermeld.

De specifieke procescondities worden gebruikt om de uitstromingen te berekenen (zie hoofdstuk 4). Daarbij is rekening gehouden met het mogelijk leegstromen van het gehele systeem.

Figuur 3.1 laat zien dat de drukken van de aardgasstroom hoger zijn dan 16 barg. Dit betekent dat de uitstromingsberekeningen van de aardgasstroom voor de inrichting Moddergat-1 volgens de voor de mijnbouw specifieke manier gedaan zijn (zie par. 10.8.2 HRB).



Figuur 3.1: Process flow diagram aardgasstroom inrichting Moddergat-1.

4 LOC SCENARIO'S

4.1 Uitstroming

4.1.1 Algemeen

Van de vele mogelijke LOC scenario's op een aardgaswinningslocatie is slechts een beperkt aantal scenario's bepalend voor het risico. Een scenario is bepalend als het een significante bijdrage levert aan de 10^{-6} per jaar PR contour. Ook is een scenario bepalend als het significant bijdraagt aan de hoogte van het groepsrisico.

Verder zijn voor deze QRA conform het HRB [ref. 6] de volgende aannames en uitgangspunten toegepast:

- Domino-effecten, scenario's waarbij het falen geïnitieerd wordt door een ander scenario, zijn niet expliciet meegenomen.
- Gevaren van buiten inrichting Moddergat-1 zijn niet meegenomen in deze QRA. Er zijn geen windmolens en geen vliegvelden binnen een straal van 1 km [ref. 8] in de omgeving.

Conform het HRB [ref. 6] dienen er voor ieder installatiedeel maximaal drie verschillende uitstroomscenario's beschouwd te worden:

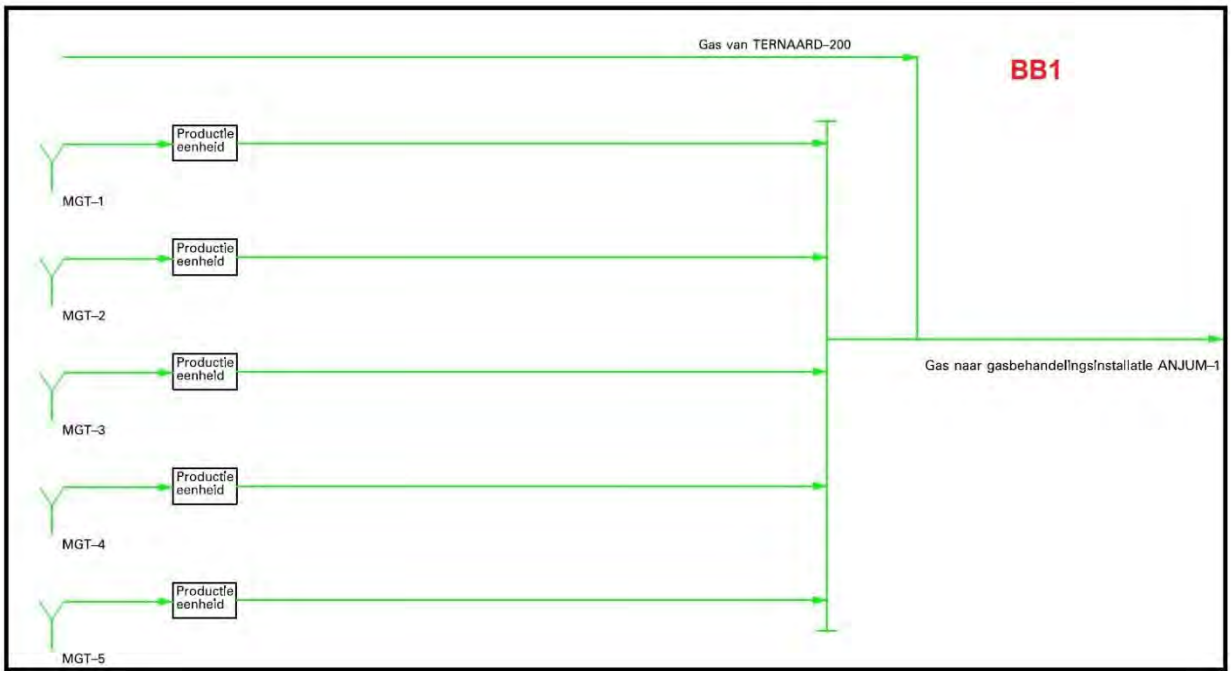
Catastrofaal falen
Instantaan vrijkomen van de gehele inhoud
Voor een vat/tank/warmtewisselaar komt instantaan falen neer op het instantaan wegnemen van de omhulling van het vat of de tank/warmtewisselaar, hetgeen leidt tot het instantaan en impulsloos vrijkomen van de inhoud, gevolgd door de gesommeerde toevoer vanuit up- en downstream systemen. Dit is niet van toepassing voor inrichting Moddergat-1.

Continue uitstroming / leidingbreuk
Voor een vat/tank/warmtewisselaar betekent catastrofaal falen het in 10 minuten leegstromen bij gelijke druk, in een continue stroom, gevolgd door de toestroming vanuit de rest van de insluitsystemen. Dit is niet van toepassing voor inrichting Moddergat-1.
Voor onderdelen zonder noemenswaardige hold-up, zoals leidingen, compressoren, pompen, wordt dit scenario (leidingbreuk) ook wel beschreven als guillotinebreuk met toevoeging vanuit beide zijden van de breuk. Beide uitstromingen worden in dat geval als twee onafhankelijke uitstroomscenario's gemodelleerd.

Lekkage
Een klein lek wordt meestal gemodelleerd als een lek van 10 mm (tanks/vaten/warmtewisselaars) of een gat in een leiding ter grootte van 10% van de uitstroomdiameter met een maximum van 50 mm indien een leiding bovengronds is of een gat in de leiding ter grootte van 20 mm indien de leiding ondergronds is.
Deze standaard scenario's zijn aangehouden voor alle systemen waarvoor HRB geen alternatieve scenario's voorgeschreven heeft.

4.1.2 Locatie specifiek

De installatie-onderdelen van de hoofdgasstroom waarbij de operationele druk hoger is dan 16 barg van de inrichting Moddergat-1 zijn gemodelleerd middels een 'black box'. Onderstaande figuur laat zien welke installatiedelen gemodelleerd worden door middel van een black box.



Figuur 4.1: Onderverdeling hoofdgasstroom van de inrichting Moddergat-1 in één black box.

Onderstaande tabellen geven de invoerwaardes weer van de black box.

	Toevoerleiding		Afvoerleiding	
	Waarde	**Oorsprong waarde**	**Waarde**	**Oorsprong waarde**
Druk [barg]	77	Druk in transportleiding van Ternaard-200	75	Druk in transportleiding naar Anjum
Temperatuur [°C]	76	Maximale temperatuur Long Pipeline model	76	Maximale temperatuur Long Pipeline model
Pumped inflow [kg/s]	28,5	Maximale pumped inflow Long Pipeline model	0,1	Voorgeschreven waarde bij leidinglengtes kleiner dan 10 km [ref. 6]
Leidingdiameter [mm]	394	Equivalente diameter van de 5 tubing-diameters van de putten en de 12" transportleiding van Ternaard-200	374	Binnendiameter transportleiding naar Anjum
Leidinglengte [km]	7,8	Leidinglengte transportleiding van Ternaard-200	7,35	Leidinglengte transportleiding naar Anjum

Tabel 4.1: Invoerwaardes black box.

Een overzicht van de scenario-afhankelijke invoergegevens is opgenomen in Bijlage A. Scenario's waarvan de uitstroming met behulp van de standaard scenario's uit Safeti-NL zijn berekend, zijn vermeld in Bijlage A.1.

4.1.3 Tijdsafhankelijkheid

Voor mijnbouwinstallaties is nalevering van brandbare stoffen uit pijpleidingen en andere procesonderdelen van belang voor het bepalen van de effecten en daarmee de risico's voor de externe veiligheid.

De inhoud van de procesonderdelen is over het algemeen te gering om een bijdrage te leveren aan het externe risico. De nalevering uit overige procesonderdelen is daarentegen vaak vele malen groter dan de inhoud van een installatie. Dit vanwege de (relatief) geringe inhoud van het procesonderdeel en de (relatief) grote doorzetten.

Rekenwijze grote uitstromingen volgens HRB hoofdstuk 10
De default rekenwijze beschreven in het HRB hoofdstuk 10 is van toepassing als het installatie-onderdeel voldoet aan de volgende voorwaarden:

- Het insluitsysteem bevat ontvlambare gassen of een (ongestabiliseerd) mengsel van ontvlambare gassen en vloeistoffen.
- De operationele druk in het insluitsysteem is 16 barg of hoger.
- Het aandeel toxische componenten, in het bijzonder H2S, is 4,3 vol% of kleiner.
- De druk in de toevoer- en/of afvoerleidingen mag niet beduidend lager zijn dan die van het falend installatie onderdeel.

De inrichting en de omgeving worden beschouwd als één systeem dat gemodelleerd wordt met het Long Pipeline model. Voor bovengrondse installatie-onderdelen wordt de nalevering vanuit stroomopwaartse en van stroomafwaartse richting afzonderlijk beschouwd. Dit resulteert in twee verschillende Long Pipeline scenario's. Voor ondergrondse installaties worden de twee bijdragen gecombineerd in één Long Pipeline scenario.
In een Long Pipeline scenario wordt onderscheid gemaakt naar directe ontsteking en vertraagde ontsteking. De effecten van de directe ontsteking zijn gebaseerd op het gemiddelde uitstroomdebiet tussen 0 en 20s. De effecten van de vertraagde ontsteking zijn gebaseerd op het gemiddelde uitstroomdebiet tussen 20-140s. Beide gebeurtenissen leiden tot een fakkelbrand.

De karakteristieken van de Long Pipeline hangen af van de eigenschappen van de toevoer- en afvoerleidingen. Afgezien van de aanwezigheid van eventuele inbloksystemen, is de verdere lay-out van de inrichting een 'black box'.

Rekenwijze grote uitstromingen volgens hoofdstuk 3 HRB
Bij grote gasuitstromingen zal de druk in het systeem snel afnemen. Hierdoor zal ook de uitstroming, afhankelijk van de beschikbare hoeveelheid gas, snel afnemen. Voor de LOC scenario's catastrofaal falen wordt verondersteld dat er een uitstroming plaatsvindt ter grootte van de maximale nalevering vanuit de rest van het systeem. Hierbij is rekening gehouden met de nominale capaciteit van de installatie.
Bij het bepalen van de uitstroming uit een groot lek in een niet-'debietgeregeld' systeem wordt uitgegaan van de maximale voeding vanuit alle aangesloten installaties. Dit debiet wordt met behulp van Safeti-NL berekend. Daarbij wordt bij grote gashoudende systemen rekening gehouden met de drukval door het leeglopen van het systeem en door wrijvingsverliezen. Voor transportleidingen wordt daarbij gebruik gemaakt van het 'Long Pipeline Model'. Dit model middelt het uitstromingsdebiet over de eerste 20 s in het geval van directe ontsteking en over 20-140 s in het geval van vertraagde ontsteking. Indien het quotiënt van de lengte van de leiding en de diameter van de leiding kleiner is dan 1000, dan mag het 'Long Pipeline Model' niet toegepast worden. In dit geval wordt de leiding gemodelleerd met het

'Line Rupture Model' en wordt de totale uitgestroomde hoeveelheid berekend op basis van de inhoud van het leegstromende vat en de nalevering gedurende de tijd tot insluiting (bij niet-debietgeregelde systemen is dit in de regel 30 minuten).

De toevoer vanuit een 'debietgeregeld' systeem naar een andere sectie wordt bij L/D<1000 (geen long pipeline) gelijk genomen aan 150% van de nominale doorzet, tenzij nauwkeurigere data beschikbaar is. Voorbeelden van een debietgeregeld systeem zijn pompen en compressoren. Ook flow regelaars worden hier beschouwd als debietgeregeld, voor zover een LOC niet resulteert in het opensturen van de afsluiter. Ook hier wordt het 'Line rupture' model gebruikt met een uitgestroomde hoeveelheid gelijk aan de inhoud van het falende vat en de nalevering tot insluiting.

Kleine uitstromingen

Voor kleine gasuitstromingen is aangenomen dat de druk in het systeem gehandhaafd blijft en dat het uitstroomdebiet constant is. Kleine uitstromingen zijn voorzien voor lekkages uit gaten tot een grootte van 50 mm. De karakteristieken van het lekmodel hangen af van de eigenschappen van de gemodelleerde equipment.

4.1.4 Uitstromingsrichting en duur

In de risicoberekeningen is aangenomen dat de uitstroming vanuit bovengrondse installaties altijd horizontaal gericht is. Safeti-NL modelleert de uitstroomrichting in geval van dispersie met de wind mee, waarbij de kansverdeling voor de uitstroomrichting gelijk is aan de gekozen windverdeling.

De risico's van horizontaal uitstromende toortsbranden worden in Safeti-NL uniform over alle richtingen verdeeld.

De uitstromingsduur van alle LOC scenario's is gesteld op 30 minuten. Conform het HRB [ref. 6] kan de uitstroomduur beperkt worden afhankelijk van de aard van het insluitsysteem; dit is voor de inrichting Moddergat-1 echter niet van toepassing.

Aangezien de effecten van brand- en explosiescenario's in de eerste 20 seconden bepalend zijn voor de risico's, is een maximale uitstroomduur van 30 minuten conservatief.

4.2 Initiële faalkansen

Voor leidingen zijn de volgende LOC scenario's beschouwd:
- Bovengrondse leidingbreuk: vier scenario's met een horizontale uitstroming met toevoer vanuit één zijde van de breuk.
- Voor bovengrondse transportleidingen wordt gerekend met een lek van 10% van de nominale diameter, maximaal 50 mm.
- Ondergrondse leidingbreuk: twee scenario's met een verticale uitstroming met toevoer vanuit beide zijdes van de breuk.
- Voor ondergrondse transportleidingen wordt gerekend met een lek van 20 mm.

Bij het bepalen van de faalkansen zijn de volgende uitgangspunten gehanteerd:
- Voor de relatief korte procesleidingen is een lengte van 10 m genomen.
- Voor de relatief lange leidingen is in Safeti-NL een route gemodelleerd. Voor deze routes is vervolgens de faalkans per meter per jaar ingegeven.
- Voor de leidingen zijn de faalfrequenties gebruikt van procesleidingen.
- In de standaard faalfrequenties van procesleidingen zijn flenzen en kleppen meegerekend.
- In de standaard faalfrequenties van hogedruk-gastransportleidingen zijn kleppen meegerekend.

Opgemerkt dient te worden dat de risico's ten gevolge van LOC scenario's buiten de inrichting in deze risicoanalyse niet gekwantificeerd zijn.

In Tabel 4.2 zijn de initiële LOC scenario's weergegeven voor de hoofdprocesleidingen en equipment en in Tabel 4.3 zijn de parameters en initiële LOC scenario's voor de putten aanwezig op inrichting Moddergat-1 getoond.

Installatie onderdeel	Lengte (m) of Inhoud (m^3)	Leiding binnen diameter (mm)	Lek diameter (mm)	Generieke faalkans (per jaar of per handeling)		Initiële faalkans gebruikt in QRA (exclusief ontstekingskans)	
				Breuk/ Cata-strofaal	Lek	Breuk/ Cata-strofaal	Lek
MGT-1							
4” flexibele leiding MGT-1 naar Productie-eenheid	10	100	10	$1,5 \cdot 10^{-6}$	$1,0 \cdot 10^{-5}$	$1,5 \cdot 10^{-5}$	$1,0 \cdot 10^{-4}$
6” leiding in Productie-eenheid	route	128	12,8	$3,0 \cdot 10^{-7}$	$2,0 \cdot 10^{-6}$	route	route
6” leiding naar MGT-1/2 flowline	route	128	12,8	$3,0 \cdot 10^{-7}$	$2,0 \cdot 10^{-6}$	$1,0 \cdot 10^{-7}$	$5,0 \cdot 10^{-7}$
MGT-2							
4” flexibele leiding MGT-2 naar Productie-eenheid	10	100	10	$1,5 \cdot 10^{-6}$	$1,0 \cdot 10^{-5}$	$1,5 \cdot 10^{-5}$	$1,0 \cdot 10^{-4}$
6” leiding in Productie-eenheid	route	128	12,8	$3,0 \cdot 10^{-7}$	$2,0 \cdot 10^{-6}$	route	route
8” MGT-1/2 flowline	route	169	16,9	$1,0 \cdot 10^{-7}$	$5,0 \cdot 10^{-7}$	route	route
MGT-3							
4” flexibele leiding MGT-1 naar Productie-eenheid	10	100	10	$1,5 \cdot 10^{-6}$	$1,0 \cdot 10^{-5}$	$1,5 \cdot 10^{-5}$	$1,0 \cdot 10^{-4}$
6” vaste leiding MGT-3 naar Productie-eenheid	15	128	12,8	$3,0 \cdot 10^{-7}$	$2,0 \cdot 10^{-6}$	$4,5 \cdot 10^{-6}$	$3,0 \cdot 10^{-5}$
6” leiding in Productie-eenheid	route	128	12,8	$3,0 \cdot 10^{-7}$	$2,0 \cdot 10^{-6}$	route	route
8” leiding van Productie-eenheid naar manifold	route	169	16,9	$1,0 \cdot 10^{-7}$	$5,0 \cdot 10^{-7}$	route	route
MGT-4							
4” flexibele leiding MGT-1 naar Productie-eenheid	10	100	10	$1,5 \cdot 10^{-6}$	$1,0 \cdot 10^{-5}$	$1,5 \cdot 10^{-5}$	$1,0 \cdot 10^{-4}$
6” vaste leiding MGT-4 naar Productie-eenheid	15	128	12,8	$3,0 \cdot 10^{-7}$	$2,0 \cdot 10^{-6}$	$4,5 \cdot 10^{-6}$	$3,0 \cdot 10^{-5}$
6” leiding in Productie-eenheid	route	128	12,8	$3,0 \cdot 10^{-7}$	$2,0 \cdot 10^{-6}$	route	route
MGT-5							
4” flexibele leiding MGT-1 naar Productie-eenheid	10	100	10	$1,5 \cdot 10^{-6}$	$1,0 \cdot 10^{-5}$	$1,5 \cdot 10^{-5}$	$1,0 \cdot 10^{-4}$
6” vaste leiding MGT-5 naar Productie-eenheid	route	128	12,8	$3,0 \cdot 10^{-7}$	$2,0 \cdot 10^{-6}$	route	route
6” leiding in Productie-eenheid	route	128	12,8	$3,0 \cdot 10^{-7}$	$2,0 \cdot 10^{-6}$	route	route
6” leiding van Productie-eenheid MGT4/5 flowline	route	128	12,8	$3,0 \cdot 10^{-7}$	$2,0 \cdot 10^{-6}$	route	route

Installatie onderdeel	Lengte (m) of Inhoud (m^3)	Leiding binnen diameter (mm)	Lek diameter (mm)	Generieke faalkans (per jaar of per handeling)		Initiële faalkans gebruikt in QRA (exclusief ontstekingskans)	
				Breuk/ Cata-strofaal	Lek	Breuk/ Cata-strofaal	Lek
Overige leidingen							
8” manifold	route	169	12,8	$1{,}0 \cdot 10^{-7}$	$5{,}0 \cdot 10^{-7}$	route	route
12” ondergrondse importleiding van Ternaard-200	route	278	27,8	$7{,}0 \cdot 10^{-9}$	$6{,}3 \cdot 10^{-8}$	route	route
16” ondergrondse exportleiding naar Anjum-1	route	374	37,4	$7{,}0 \cdot 10^{-9}$	$6{,}3 \cdot 10^{-8}$	route	route

Tabel 4.2: Initiële LOC scenario’s voor de hoofdprocesleidingen en equipment.

Parameter	MGT-1	MGT-2	MGT-3	MGT-4	MGT-5
Tube lengte naar reservoir (m)	3000	3000	3000	3000	3000
Tube diameter (inch)	5	5	5	5	5
Casing diameter (inch)	7 1/16	7 1/16	7 1/16	7 1/16	7 1/16
CITHP (barg)	121	132	129	128	133
FTHP (barg)	67	68	67	65	69
FTHT (°C)	89	89	83	58	66
Productiedebiet (Nm3/dag)	0,700	1,03	0,770	0,320	1
TBOP (Nm3/dag)	1,41	2,59	1,896	3,2	3,6
CBOP (Nm3/dag)	2,4	8,86	3,079	10,8	9,5
Wireline (activiteit per jaar)	1	1	1	1	1
Coiled Tubing (activiteit per jaar)	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
Work Over (activiteit per jaar)	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13
Productie tubing blow-out, directe ontsteking (per jaar)	$2{,}97 \cdot 10^{-6}$	$2{,}97 \cdot 10^{-6}$	$2{,}97 \cdot 10^{-6}$	$2{,}97 \cdot 10^{-6}$	$2{,}97 \cdot 10^{-6}$
Productie tubing blow-out, vertraagde ontsteking (per jaar)	$3{,}00 \cdot 10^{-5}$	$3{,}00 \cdot 10^{-5}$	$3{,}00 \cdot 10^{-5}$	$3{,}00 \cdot 10^{-5}$	$3{,}00 \cdot 10^{-5}$
Other tubing blow-out, directe ontsteking (per jaar)	$1{,}83 \cdot 10^{-6}$	$1{,}83 \cdot 10^{-6}$	$1{,}83 \cdot 10^{-6}$	$1{,}83 \cdot 10^{-6}$	$1{,}83 \cdot 10^{-6}$
Other tubing blow-out, vertraagde ontsteking (per jaar)	$4{,}40 \cdot 10^{-5}$	$4{,}40 \cdot 10^{-5}$	$4{,}40 \cdot 10^{-5}$	$4{,}40 \cdot 10^{-5}$	$4{,}40 \cdot 10^{-5}$
Casing blow-out, directe ontsteking (per jaar)	$7{,}14 \cdot 10^{-7}$	$7{,}14 \cdot 10^{-7}$	$7{,}14 \cdot 10^{-7}$	$7{,}14 \cdot 10^{-7}$	$7{,}14 \cdot 10^{-7}$
Casing blow-out, vertraagde ontsteking (per jaar)	$7{,}22 \cdot 10^{-6}$	$7{,}22 \cdot 10^{-6}$	$7{,}22 \cdot 10^{-6}$	$7{,}22 \cdot 10^{-6}$	$7{,}22 \cdot 10^{-6}$
Vertical Tube Lekkage (per jaar)	$1{,}04 \cdot 10^{-4}$	$1{,}04 \cdot 10^{-4}$	$1{,}04 \cdot 10^{-4}$	$1{,}04 \cdot 10^{-4}$	$1{,}04 \cdot 10^{-4}$
Horizontal Tube Lekkage (per jaar)	$2{,}13 \cdot 10^{-5}$	$2{,}13 \cdot 10^{-5}$	$2{,}13 \cdot 10^{-5}$	$2{,}13 \cdot 10^{-5}$	$2{,}13 \cdot 10^{-5}$

Tabel 4.3: Parameters en initiële LOC scenario's voor de putten aanwezig op inrichting Moddergat-1.

5 EFFECTBEREKENING

5.1 Algemeen

De effectberekeningen zijn uitgevoerd aan de hand van de standaard gebeurtenissenbomen waarmee Safeti-NL [ref. 1] rekent (zie HRB [ref. 6] voor details). Bij de effectberekeningen zijn onderstaande uitgangspunten gehanteerd.

Bij het vrijkomen van aardgas zijn de brand- en eventueel explosie-effecten bepalend voor de risico's in de omgeving. Er worden alleen effecten berekend die bij personen in de omgeving onmiddellijk (bij een blootstelling van maximaal 30 minuten) tot letale gezondheidsschade kunnen leiden.

5.2 Weer en ruwheidslengte

De gegevens van het algemene weerstation van "Leeuwarden" zijn gebruikt voor de QRA berekening. Dit is het dichtstbijzijnde weerstation voor de inrichting Moddergat-1.

Voor het modelleren van de uitstroming, dispersie en toorts- en wolkbranden is uitgegaan van de in Tabel 5.1 opgenomen parameters.

Parameter	Waarde dag	Waarde nacht
Atmosferische temperatuur	12,0°C	8,0°C
Oppervlakte temperatuur	9,8°C	9,8°C
Relatieve lucht vochtigheid	76,5%	86,3%
Terreinruwheid	0,3 m	0,3 m

Tabel 5.1: Overzicht belangrijkste algemene parameters modellering.

De ruwheidslengte is een (kunstmatige) lengtemaat die de invloed van de omgeving op de windsnelheid aangeeft. Een aerodynamische ruwheidslengte van 0,3 meter is de default waarde voor Nederland en typerend voor een omgeving met lage gewassen en hier en daar grote obstakels.

5.3 Ontstekingskansen

5.3.1 Directe ontsteking

De kans op directe ontsteking hangt samen met de soort vrijkomende stof. Aardgas met methaan als voornaamste component wordt beschouwd als laag reactief gas.

5.3.2 Vertraagde ontsteking

Voor de ontsteking van afdrijvende brandbare gaswolken wordt rekening gehouden met aanwezige ontstekingsbronnen op de locatie en in de omgeving. Potentiële ontstekingsbronnen zijn het verkeer en de aanwezige personen in de omgeving.

Verder is voor de PR berekening aangenomen dat vertraagde ontsteking alleen plaatsvindt wanneer de LFL contour buiten de terreingrens komt.

Ontstekingsbronnen buiten de inrichting zijn de in de omgeving van de inrichting ingevoerde populatie, die automatisch door Safeti-NL wordt meegenomen als ontstekingsbron.

Volgens de Handleiding Risicoberekeningen BEVI [ref. 6] wordt aangenomen dat de ontstekingskans van omliggende lokale wegen opgenomen is in de ontstekingskans van de bevolking.

6 BLOOTSTELLING EN SCHADE

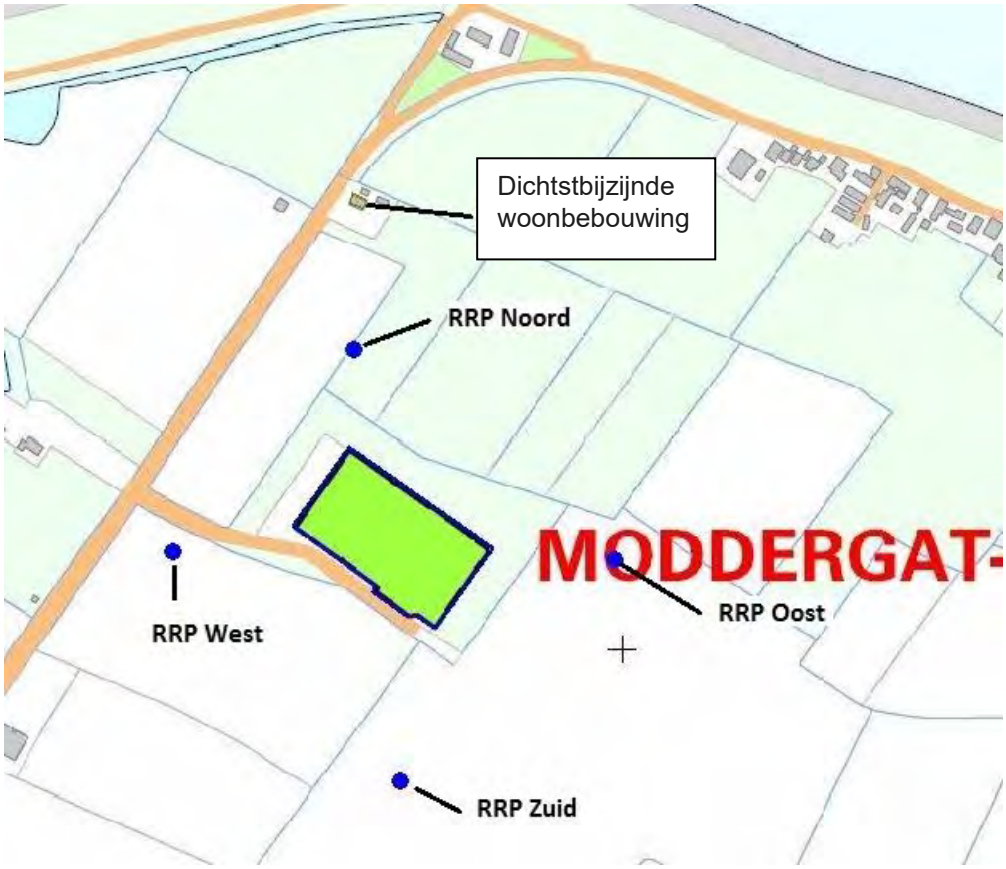
6.1 Populatie & Risk Ranking Points (RRP)

Het geschatte aantal personen in de omgeving staat vermeld in de Tabel 6.1. De gegevens zijn gebaseerd op de kadastrale-/situatiekaart van de inrichting Moddergat-1, EP201403208376001.
Het gaat hier om beperkt kwetsbare objecten (woonbebouwingen) vanwege de lage bebouwingsdichtheid (<2 woningen per hectare).

Naam	Aantal personen (dag)	Aantal personen (nacht)	Soort object
Woning noord	1,2/huis	2,4/huis	Beperkt kwetsbaar

Tabel 6.1: Ingevoerde populatie rondom de inrichting Moddergat-1.

Om de bijdrage van verschillende scenario's aan de ligging van de PR contour op de inrichtingsgrens te bepalen, zijn meerdere Risk Ranking points (RRP) gedefinieerd. Deze punten zijn aangegeven in Figuur 6.1.



Figuur 6.1: Risk Ranking Points, inrichting Moddergat-1.

6.2 Modelering van de schade

In een QRA wordt alleen naar dodelijke slachtoffers gekeken. Effecten met mogelijk dodelijke gevolgen zijn overdruk (ten gevolge van explosie), warmtestraling, wolkbrand en blootstelling aan toxische stoffen. Bij de scenario's van de inrichting Moddergat-1 speelt alleen de warmtestraling als gevolg van fakkelbranden een rol voor de externe veiligheid.

6.2.1 Blootstelling van personen aan warmtestraling

De warmtestraling van een brand (BLEVE, toorts- en plasbrand) kan leiden tot dodelijke effecten.

Voor toorts- en plasbranden berekent Safeti-NL de letaliteit met een probitfunctie, die een relatie legt tussen blootstelling (intensiteit warmtestraling), blootstellingsduur en de kans om te overlijden. Zo resulteert 20 seconden blootstelling aan een warmtestraling van 35 kW/m^2 en 9,8 kW/m^2 in respectievelijk 100% letaliteit en 1% letaliteit.

Voor het plaatsgebonden risico (PR) wordt ervan uitgegaan dat een persoon zich buiten bevindt, onbeschermd door kleding of op een andere wijze. Het groepsrisico (GR) houdt rekening met de beschermende werking van gebouwen en kleding.

6.3 Effectafstanden dominante scenario's

6.3.1 Effectafstanden weerklasse F1,5 m/s

In het kader van onder andere de rampenbestrijding is het van belang om de effectafstanden van de verschillende scenario's te kennen. De effectafstanden van de grootste en risico dominerende scenario's tijdens weerklasse F1,5 m/s zijn hieronder weergegeven.

Scenario	Effect	Safeti-NL Effectafstand [m][1]
Leidingbreuk van de 8" leiding van productie-eenheid MGT-2 naar manifold (directe ontsteking)	Horizontale toortsbrand	132 / 186
Leidingbreuk van de 8" leiding van productie-eenheid MGT-3 naar manifold (directe ontsteking)	Horizontale toortsbrand	132 / 186
Leidingbreuk van de 8" manifold (directe ontsteking)	Horizontale toortsbrand	132 / 186
Terugstroom bij leidingbreuk van de 8" manifold (directe ontsteking)	Horizontale toortsbrand	132 / 186

[1)] Toortsbrand 35 kW/m^2 / 9,8 kW/m^2 (100% respectievelijk 1% letaliteit).

Tabel 6.2: Effectafstanden van de grootste en risico dominerende scenario's tijdens weerklasse F1,5 voor de inrichting Moddergat-1.

De grootste effectafstand voor deze weerklasse wordt veroorzaakt door een leidingbreuk van de 8" leiding van productie-eenheid MGT-2 naar de gasmanifold (directe ontsteking). Indien een toortsbrand ontstaat, heeft deze een effectafstand van 186 m. Binnen deze afstand heeft een onbeschermd persoon een kans groter dan 1% op overlijden. Dat betekent dat het effect geen invloed heeft op de dichtstbijzijnde woning, die zich op ongeveer 260 m in noordelijke richting van de 8" leiding van productie-eenheid MGT-2 naar de gasmanifold bevindt.

6.3.2 Effectafstanden weerklasse D5,0 m/s

In het kader van onder andere de rampenbestrijding is het van belang om de effectafstanden van de verschillende scenario's te kennen. De effectafstanden van de grootste en risico dominerende scenario's tijdens weerklasse D5 m/s zijn hieronder weergegeven.

Scenario	Effect	Safeti-NL Effectafstand [m][1]
Leidingbreuk van de 8" leiding van productie-eenheid MGT-2 naar manifold (directe ontsteking)	Horizontale toortsbrand	140 / 190
Leidingbreuk van de 8" leiding van productie-eenheid MGT-3 naar manifold (directe ontsteking)	Horizontale toortsbrand	140 / 190
Leidingbreuk van de 8" manifold (directe ontsteking)	Horizontale toortsbrand	140 / 190
Terugstroom bij leidingbreuk van de 8" manifold (directe ontsteking)	Horizontale toortsbrand	140 / 190

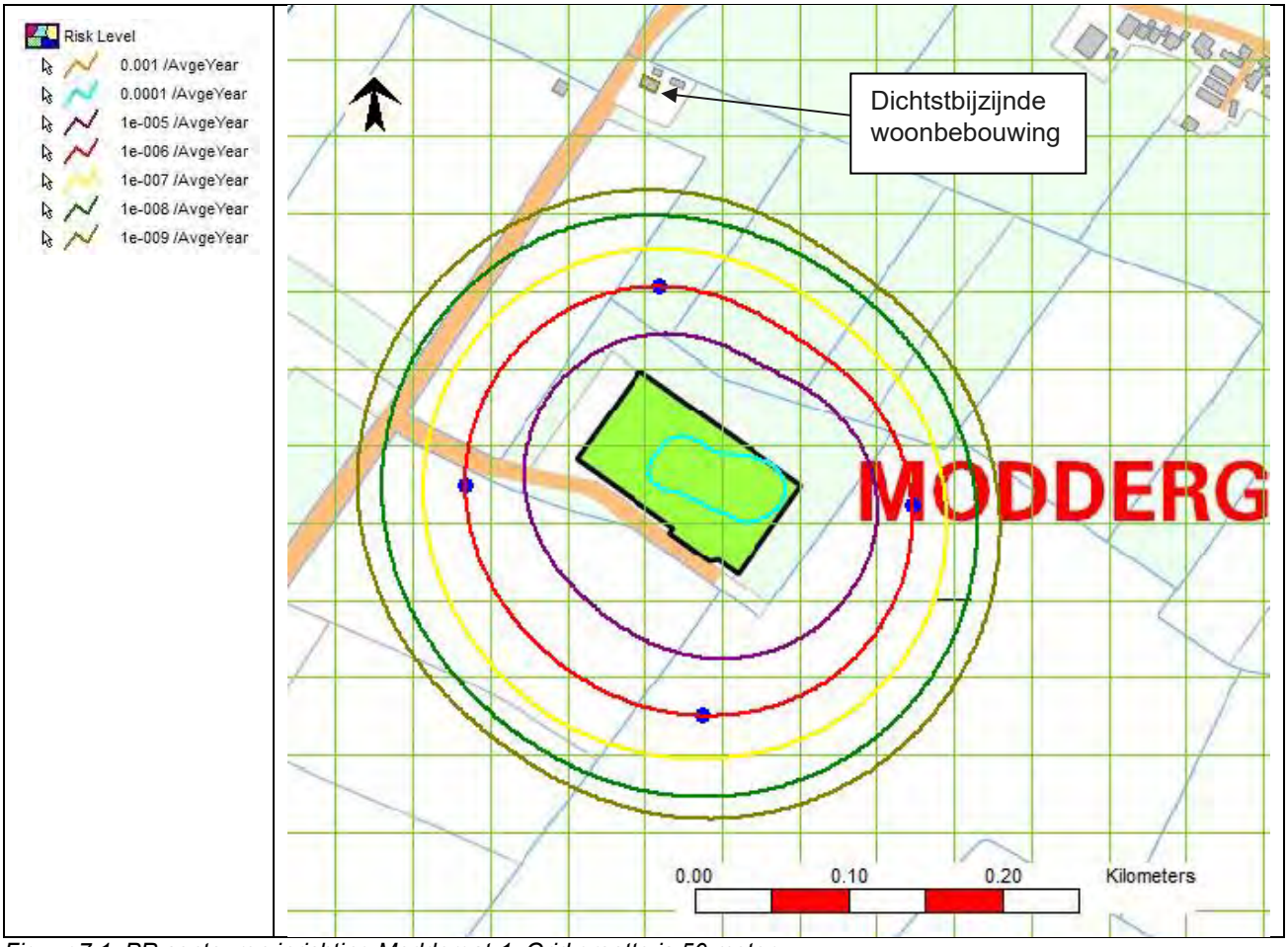
[1)] Toortsbrand 35 kW/m^2 / 9,8 kW/m^2 (100% respectievelijk 1% letaliteit).

Tabel 6.3: Effectafstanden van de grootste en risico dominerende scenario's tijdens weerklasse D5 voor de inrichting Moddergat-1.

De grootste effectafstand voor deze weerklasse wordt veroorzaakt door een leidingbreuk van de 8" leiding van productie-eenheid MGT-2 naar de gasmanifold (directe ontsteking). Indien een toortsbrand ontstaat, heeft deze een effectafstand van 190 m. Binnen deze afstand heeft een onbeschermd persoon een kans groter dan 1% op overlijden. Dat betekent dat het effect geen invloed heeft op de dichtstbijzijnde woning, die zich op ongeveer 260 m in noordelijke richting van de 8" leiding van productie-eenheid MGT-2 naar de gasmanifold bevindt.

7 QRA RESULTATEN

De plaatsgebonden risicocontouren zijn weergegeven in onderstaande figuur.



Figuur 7.1: PR contouren inrichting Moddergat-1. Grid grootte is 50 meter.

In de nabijheid van de locatie Moddergat-1 zijn beperkt kwetsbare objecten aanwezig. Het dichtstbijzijnde beperkt kwetsbaar object betreft woonbebouwing en deze ligt op circa 180 m ten noorden vanaf de inrichtingsgrens buiten de 10^{-6} per jaar PR contour.

De 10^{-6} per jaar PR contour ligt buiten de grenzen van de inrichting. De maximale afstand vanaf de inrichtingsgrens tot de 10^{-6} PR contour bedraagt circa 110 m (zuidwestelijke richting).

7.1 Plaatsgebonden risico

Het plaatsgebonden risico is geanalyseerd voor een aantal belangrijke punten. In dit geval op/nabij de 10^{-6} PR risicocontour in, noord, west, zuid en oostelijke richting. Er zijn geen risicobepalende scenario's gelokaliseerd op de dichtstbijgelegen woning ten noorden van de inrichting. De risicobepalende scenario's op de resterende punten zijn weergegeven in onderstaande tabellen

Scenario	Risico	%
Leidingbreuk van de 8" leiding van productie-eenheid MGT-2 naar manifold (vertraagde ontsteking)	$3,1 \cdot 10^{-7}$	33,1
Terugstroom bij leidingbreuk van de 8" leiding van productie-eenheid MGT-2 naar manifold (vertraagde ontsteking)	$1,8 \cdot 10^{-7}$	19,4
Leidingbreuk van de 8" leiding van productie-eenheid MGT-2 naar manifold (directe ontsteking)	$9,9 \cdot 10^{-8}$	10,4
Terugstroom bij leidingbreuk van de 8" leiding van productie-eenheid MGT-2 naar manifold (directe ontsteking)	$9,6 \cdot 10^{-8}$	10,1
Terugstroom bij leidingbreuk van de 6" vaste leiding naar productie-eenheid MGT-2 (directe ontsteking)	$5,5 \cdot 10^{-8}$	5,8
Terugstroom bij leidingbreuk van de 6" leiding van productie-eenheid MGT-1 naar manifold (directe ontsteking)	$4,6 \cdot 10^{-8}$	4,9
Leidingbreuk van de 6" vaste leiding naar productie-eenheid MGT-2 (directe ontsteking)	$4,5 \cdot 10^{-8}$	4,7
Leidingbreuk van de 6" leiding van productie-eenheid MGT-1 naar manifold (directe ontsteking)	$3,5 \cdot 10^{-8}$	3,7
Terugstroom bij leidingbreuk van de 6" vaste leiding naar productie-eenheid MGT-1 (directe ontsteking)	$1,9 \cdot 10^{-8}$	2,0
Leidingbreuk van de 8" leiding van productie-eenheid MGT-3 naar manifold (directe ontsteking)	$1,5 \cdot 10^{-8}$	1,6
Terugstroom bij leidingbreuk van de 8" leiding van productie-eenheid MGT-3 naar manifold (directe ontsteking)	$1,4 \cdot 10^{-8}$	1,4
Leidingbreuk van de 6" vaste leiding naar productie-eenheid MGT-1 (directe ontsteking)	$1,2 \cdot 10^{-8}$	1,3
Overig	$1,6 \cdot 10^{-8}$	1,7
Totaal	**$9,5 \cdot 10^{-7}$**	**100,0**

Tabel 7.1: Bijdrage scenario's aan 10^{-6} per jaar PR contour ten westen van de inrichting.

Scenario	Risico	%
Terugstroom bij leidingbreuk van de 4” flexibele leiding naar productie-eenheid MGT-4 (directe ontsteking)	$1{,}3 \cdot 10^{-7}$	15,8
Terugstroom bij leidingbreuk van de 6” vaste leiding naar productie-eenheid MGT-5 (directe ontsteking)	$7{,}3 \cdot 10^{-8}$	8,7
Leidingbreuk van de 6” vaste leiding naar productie-eenheid MGT-5 (directe ontsteking)	$6{,}4 \cdot 10^{-8}$	7,7
Leidingbreuk van de 8” leiding van productie-eenheid MGT-3 naar manifold (vertraagde ontsteking)	$6{,}2 \cdot 10^{-8}$	7,4
Terugstroom bij leidingbreuk van de 6” vaste leiding naar productie-eenheid MGT-5 (directe ontsteking)	$5{,}0 \cdot 10^{-8}$	6,0
Terugstroom bij leidingbreuk van de 6” leiding van productie-eenheid MGT-4/5 naar manifold (directe ontsteking)	$4{,}4 \cdot 10^{-8}$	5,2
Terugstroom bij leidingbreuk van de 6” vaste leiding naar productie-eenheid MGT-4 (directe ontsteking)	$4{,}3 \cdot 10^{-8}$	5,1
Leidingbreuk van de 8” leiding van productie-eenheid MGT-3 naar manifold (directe ontsteking)	$3{,}9 \cdot 10^{-8}$	4,6
Terugstroom bij leidingbreuk van de 8” leiding van productie-eenheid MGT-3 naar manifold (directe ontsteking)	$3{,}7 \cdot 10^{-8}$	4,4
Leidingbreuk van de 8” leiding van productie-eenheid MGT-4/5 naar manifold (directe ontsteking)	$3{,}4 \cdot 10^{-8}$	4,1
Leidingbreuk van de 6” vaste leiding naar productie-eenheid MGT-5 (vertraagde ontsteking)	$3{,}4 \cdot 10^{-8}$	4,1
Leidingbreuk van de 8” leiding van productie-eenheid MGT-2 naar manifold (directe ontsteking)	$3{,}4 \cdot 10^{-8}$	4,1
Leidingbreuk van de 6” vaste leiding naar productie-eenheid MGT-4 (directe ontsteking)	$3{,}4 \cdot 10^{-8}$	4,1
Terugstroom bij leidingbreuk van de 8” leiding van productie-eenheid MGT-2 naar manifold (directe ontsteking)	$3{,}1 \cdot 10^{-8}$	3,7
Terugstroom bij leidingbreuk van de 8” leiding van productie-eenheid MGT-3 naar manifold (vertraagde ontsteking)	$2{,}1 \cdot 10^{-8}$	2,5
Leidingbreuk van de 8" manifold (vertraagde ontsteking)	$1{,}7 \cdot 10^{-8}$	2,0
Terugstroom bij leidingbreuk van de 4” flexibele leiding naar productie-eenheid MGT-4 (directe ontsteking)	$1{,}7 \cdot 10^{-8}$	2,0
Leidingbreuk van de 8" manifold (directe ontsteking)	$1{,}4 \cdot 10^{-8}$	1,7
Terugstroom bij leidingbreuk van de 8" manifold (directe ontsteking)	$1{,}4 \cdot 10^{-8}$	1,7
Terugstroom bij leidingbreuk van de 6” vaste leiding naar productie-eenheid MGT-5 (vertraagde ontsteking)	$9{,}0 \cdot 10^{-9}$	1,1
Overig	$3{,}7 \cdot 10^{-8}$	4,3
Totaal	$\mathbf{8{,}4 \cdot 10^{-7}}$	**100,0**

Tabel 7.2: Bijdrage scenario’s aan 10^{-6} per jaar PR contour ten oosten van de inrichting.

Scenario	Risico	%
Leidingbreuk van de 8” leiding van productie-eenheid MGT-2 naar manifold (vertraagde ontsteking)	$1{,}7 \cdot 10^{-7}$	17,0
Leidingbreuk van de 6” vaste leiding naar productie-eenheid MGT-1 (vertraagde ontsteking)	$9{,}7 \cdot 10^{-8}$	10,0
Leidingbreuk van de 8” leiding van productie-eenheid MGT-2 naar manifold (directe ontsteking)	$8{,}5 \cdot 10^{-8}$	8,8
Terugstroom bij leidingbreuk van de 6” vaste leiding naar productie-eenheid MGT-1 (directe ontsteking)	$8{,}3 \cdot 10^{-8}$	8,5
Terugstroom bij leidingbreuk van de 8” leiding van productie-eenheid MGT-2 naar manifold (directe ontsteking)	$8{,}1 \cdot 10^{-8}$	8,3
Terugstroom bij leidingbreuk van de 8” leiding van productie-eenheid MGT-2 naar manifold (vertraagde ontsteking)	$8{,}0 \cdot 10^{-8}$	8,2
Leidingbreuk van de 6” vaste leiding naar productie-eenheid MGT-1 (directe ontsteking)	$7{,}5 \cdot 10^{-8}$	7,7
Terugstroom bij leidingbreuk van de 6” leiding van productie-eenheid MGT-1 naar manifold (directe ontsteking)	$5{,}4 \cdot 10^{-8}$	5,6
Terugstroom bij leidingbreuk van de 6” vaste leiding naar productie-eenheid MGT-2 (directe ontsteking)	$4{,}9 \cdot 10^{-8}$	5,1
Leidingbreuk van de 6” leiding van productie-eenheid MGT-1 naar manifold (directe ontsteking)	$4{,}3 \cdot 10^{-8}$	4,5
Terugstroom bij leidingbreuk van de 6” vaste leiding naar productie-eenheid MGT-1 (vertraagde ontsteking)	$4{,}0 \cdot 10^{-8}$	4,1
Leidingbreuk van de 6” vaste leiding naar productie-eenheid MGT-2 (directe ontsteking)	$3{,}9 \cdot 10^{-8}$	4,0
Leidingbreuk van de 8” leiding van productie-eenheid MGT-3 naar manifold (directe ontsteking)	$1{,}9 \cdot 10^{-8}$	2,0
Terugstroom bij leidingbreuk van de 8” leiding van productie-eenheid MGT-3 naar manifold (directe ontsteking)	$1{,}7 \cdot 10^{-8}$	1,8
Overig	$4{,}3 \cdot 10^{-8}$	4,4
Totaal	**$9{,}7 \cdot 10^{-7}$**	**100,0**

Tabel 7.3: Bijdrage scenario’s aan 10^{-6} per jaar PR contour ten noorden van de inrichting.

Scenario	Risico	%
Leidingbreuk van de 8” leiding van productie-eenheid MGT-3 naar manifold (vertraagde ontsteking)	$1{,}3 \cdot 10^{-7}$	14,1
Leidingbreuk van de 8” leiding van productie-eenheid MGT-2 naar manifold (vertraagde ontsteking)	$1{,}1 \cdot 10^{-7}$	11,8
Leidingbreuk van de 8" manifold (vertraagde ontsteking)	$7{,}4 \cdot 10^{-8}$	8,1
Leidingbreuk van de 8” leiding van productie-eenheid MGT-2 naar manifold (directe ontsteking)	$7{,}2 \cdot 10^{-8}$	8,0
Terugstroom bij leidingbreuk van de 8” leiding van productie-eenheid MGT-2 naar manifold (directe ontsteking)	$6{,}9 \cdot 10^{-8}$	7,5
Terugstroom bij leidingbreuk van de 8” leiding van productie-eenheid MGT-3 naar manifold (vertraagde ontsteking)	$6{,}3 \cdot 10^{-8}$	6,9
Terugstroom bij leidingbreuk van de 8” leiding van productie-eenheid MGT-2 naar manifold (vertraagde ontsteking)	$4{,}8 \cdot 10^{-8}$	5,3
Terugstroom bij leidingbreuk van de 8" manifold (vertraagde ontsteking)	$4{,}5 \cdot 10^{-8}$	4,9
Terugstroom bij leidingbreuk van de 6” leiding van productie-eenheid MGT-4/5 naar manifold (directe ontsteking)	$4{,}4 \cdot 10^{-8}$	4,9
Leidingbreuk van de 8” leiding van productie-eenheid MGT-3 naar manifold (directe ontsteking)	$4{,}4 \cdot 10^{-8}$	4,9
Terugstroom bij leidingbreuk van de 8” leiding van productie-eenheid MGT-3 naar manifold (directe ontsteking)	$4{,}3 \cdot 10^{-8}$	4,7
Leidingbreuk van de 8” leiding van productie-eenheid MGT-4/5 naar manifold (directe ontsteking)	$3{,}8 \cdot 10^{-8}$	4,2
Terugstroom bij leidingbreuk van de 6” vaste leiding naar productie-eenheid MGT-5 (directe ontsteking)	$3{,}0 \cdot 10^{-8}$	3,3
Leidingbreuk van de 6” vaste leiding naar productie-eenheid MGT-5 (directe ontsteking)	$2{,}3 \cdot 10^{-8}$	2,5
Terugstroom bij leidingbreuk van de 6” vaste leiding naar productie-eenheid MGT-4 (directe ontsteking)	$1{,}9 \cdot 10^{-8}$	2,1
Leidingbreuk van de 8" manifold (directe ontsteking)	$1{,}8 \cdot 10^{-8}$	2,0
Terugstroom bij leidingbreuk van de 8" manifold (directe ontsteking)	$1{,}8 \cdot 10^{-8}$	2,0
Leidingbreuk van de 6” vaste leiding naar productie-eenheid MGT-4 (directe ontsteking)	$1{,}2 \cdot 10^{-8}$	1,3
Overig	$1{,}4 \cdot 10^{-8}$	1,5
Totaal	**$9{,}1 \cdot 10^{-7}$**	**100,0**

Tabel 7.4: Bijdrage scenario’s aan 10^{-6} per jaar PR contour ten zuiden van de inrichting.

7.2 Groepsrisico

Het groepsrisico voor de inrichting Moddergat-1 is nihil vanwege de geringe populatie binnen het invloedgebied van de inrichting Moddergat-1. Hierdoor berekent Safeti-NL geen Groepsrisico. Dit betekent dat het Groepsrisico de oriëntatiewaarde niet overschrijdt.

8 CONCLUSIES

In deze QRA zijn de externe risico's van de locatie Moddergat-1 bepaald. Deze risico's zijn uitgedrukt in plaatsgebonden risico en groepsrisico per jaar.

De 10^{-6} per jaar PR contour ligt buiten de grenzen van de inrichting. De maximale afstand vanaf de inrichtingsgrens tot de 10^{-6} PR contour bedraagt ca. 110 m (zuidwestelijke richting). De dichtstbijzijnde woonbebouwing ligt op circa 180 m ten noorden vanaf de inrichtingsgrens buiten de 10^{-6} per jaar PR contour.

Het groepsrisico overschrijdt de oriënterende normwaarden zoals gedefinieerd in het BEVI [ref. 2] niet.

De belangrijkste bijdragen aan de 10^{-6} per jaar plaatsgebonden risicocontour worden geleverd door de volgende scenario's:

- Leidingbreuk van de 8" leiding van productie-eenheid MGT-2 naar manifold (vertraagde ontsteking).
- Terugstroom bij leidingbreuk van de 4" flexibele leiding naar productie-eenheid MGT-4 (directe ontsteking); Leidingbreuk van de 8" leiding van productie-eenheid MGT-3 naar manifold (vertraagde ontsteking).
- Terugstroom bij leidingbreuk van de 8" leiding van productie-eenheid MGT-2 naar manifold (vertraagde ontsteking).

De grootste effectafstand wordt veroorzaakt door een leidingbreuk van de 8" leiding van de KISS-skid (behorend bij gasproductieput MGT-2) naar de gasmanifold (directe ontsteking). Indien een toortsbrand ontstaat, heeft deze een effectafstand van 190 m. Binnen deze afstand heeft een onbeschermd persoon een kans groter dan 1% op overlijden. Dat betekent dat het effect geen invloed heeft op de dichtstbijzijnde woning, die zich op ongeveer 260 m in noordelijke richting van de 8" leiding van productie-eenheid MGT-2 naar de gasmanifold bevindt.

8.1 Toetsing PR aan acceptatiecriteria

Het berekende Plaatsgebonden Risico voldoet aan de normstelling in het BEVI [ref. 3].

8.2 Toetsing GR aan acceptatiecriteria

Het groepsrisico van de inrichting Moddergat-1 overschrijdt de oriëntatiewaarde niet.

9 REFERENTIES

1. DNV, Safeti-NL V6,54 – juli 2009; zie RIVM - Safeti-NL (http://www.rivm.nl/milieuportaal/bibliotheek/modellen/safeti-nl.jsp).
2. Besluit Externe Veiligheid Inrichtingen, Ministerie VROM, Staatsblad 250, 27 mei 2004. Laatst gewijzigd 9 september 2008 en op 13 februari 2009 in werking getreden, Staatscourant 47, 12 februari 2009.
3. Regeling Externe Veiligheid Inrichtingen, Ministerie VROM, nr. EV2004084072, 8 september 2004; Laatst gewijzigd 4 juni 2015 en op 1 juli 2015 in werking getreden, Staatscourant 14437,18 juni 2015
4. Registratiebesluit Externe Veiligheid, Ministerie VROM, 22 maart 2007, Staatsblad 2007 -102, STB10898.
5. Handreiking Verantwoordingsplicht Groepsrisico, Ministerie VROM, november 2007.
6. Handleiding Risicoberekeningen BEVI, RIVM, versie 3.3, 1 juli 2015.
7. Bijlage 1, Beschrijving van de Locatie Moddergat-1, NAM, revisie B, 5 november 2014
8. Risicokaart Luchtvaartongeval, http://www.risicokaart.nl/informatie_over_risicos/luchtvaartongeval/

10 DEFINITIES

Kwetsbaar object:

a. Woningen, niet zijnde woningen als bedoeld in onderdeel a, onder beperkt kwetsbaar object
b. Gebouwen bestemd voor het verblijf, al dan niet gedurende een gedeelte van de dag, van minderjarigen, ouderen, zieken of gehandicapten, zoals:
    1. Ziekenhuizen, bejaardenhuizen en verpleeghuizen;
    2. Scholen, of
    3. Gebouwen of gedeelten daarvan, bestemd voor dagopvang van minderjarigen.
c. Gebouwen waarin doorgaans grote aantallen personen gedurende een groot gedeelte van de dag aanwezig zijn, zoals:
    1. kantoorgebouwen en hotels met een bruto vloeroppervlak van meer dan 1.500 m^2 per object, of
    2. complexen waarin meer dan 5 winkels zijn gevestigd en waarvan het gezamenlijk bruto vloeroppervlak meer dan 1000 m2 bedraagt en winkels met een totaal bruto vloeroppervlak van meer dan 2000 m2 per winkel, voor zover in die complexen of in die winkels een supermarkt, hypermarkt of warenhuis is gevestigd.
d. kampeer- en andere recreatieterreinen bestemd voor het verblijf van meer dan 50 personen gedurende meerdere aaneengesloten dagen.

Kwetsbare objecten die behoren tot het terrein van een BEVI inrichting worden niet beschouwd als kwetsbaar object met betrekking tot risico's ten gevolge van de eigen inrichting (art 1, lid 2).
Wel wordt de aanwezige populatie meegenomen in de berekening van het groepsrisico.

Beperkt kwetsbaar object:

a. Woningen:
    1. verspreid liggende woningen van derden met een dichtheid van maximaal twee woningen per hectare, en
    2. dienst- en bedrijfswoningen van derden;
b. kantoorgebouwen, mits geen kwetsbaar object;
c. hotels en restaurants, mits geen kwetsbaar object;
d. winkels, mits geen kwetsbaar object;
e. sporthallen, zwembaden en speeltuinen;
f. sport- en kampeerterreinen en terreinen bestemd voor recreatieve doeleinden, mits geen kwetsbaar object;
g. bedrijfsgebouwen, mits geen kwetsbaar object;
h. objecten die met de onder a tot en met e en g genoemde gelijkgesteld kunnen worden uit hoofde van de gemiddelde tijd per dag gedurende welke personen daar verblijven, het aantal personen dat daarin doorgaans aanwezig is en de mogelijkheden voor zelfredzaamheid bij een ongeval, voor zover die objecten geen kwetsbare objecten zijn, en
i. objecten met een hoge infrastructurele waarde, zoals een telefoon- of elektriciteitscentrale, of een gebouw met vluchtleidingsapparatuur, voor zover die objecten wegens de aard van de gevaarlijke stoffen die bij een ongeval kunnen vrijkomen, bescherming verdienen tegen de gevolgen van dat ongeval.

Beperkt kwetsbare objecten die behoren tot het terrein van een BEVI inrichting worden niet beschouwd als beperkt kwetsbaar object met betrekking tot risico's ten gevolge van de eigen inrichting (art 1, lid 2).
Wel wordt de aanwezige populatie meegenomen in de berekening van het groepsrisico.

Geprojecteerd object:

Een nog niet aanwezig object dat op grond van het voor het desbetreffende gebied geldende bestemmingsplan toelaatbaar is.

Plaatsgebonden risico:
Risico op een plaats buiten een inrichting, uitgedrukt als de kans per jaar dat een persoon die onafgebroken en onbeschermd op die plaats zou verblijven, overlijdt als rechtstreeks gevolg van een ongewoon voorval binnen die inrichting waarbij een gevaarlijke stof, gevaarlijke afvalstof of bestrijdingsmiddel betrokken is.
Het plaatsgevonden risico wordt weergegeven als iso-risicocontouren (plaatsen met een gelijke PR) op een plattegrond.
Opgemerkt dient te worden dat het plaatsgebonden risico een genormaliseerde risicomaat is en geen maat is voor het daadwerkelijke risico voor personen in de omgeving.

Groepsrisico:
Cumulatieve kansen per jaar dat ten minste 10, 100 of 1,000 personen overlijden als rechtstreeks gevolg van hun aanwezigheid in het invloedsgebied van een inrichting en een ongewoon voorval binnen die inrichting waarbij een gevaarlijke stof betrokken is.
Het groepsrisico wordt uitgedrukt in een grafiek, zogenaamde FN-curve, waarin de groepsgrootte van aantallen slachtoffers (x-as) uitgezet wordt tegen de cumulatieve kans dat een dergelijke groep slachtoffer wordt van een ongeval (y-as).

Grenswaarde:
Een grenswaarde geeft de kwaliteit aan die op het in de maatregel aangegeven tijdstip ten minste moet zijn bereikt, en die, waar zij aanwezig is, ten minste moet worden in stand gehouden.
Dit betekent dat er altijd moet worden voldaan aan de grenswaarde.

Richtwaarde:
Een richtwaarde geeft de kwaliteit aan die op het in de maatregel aangegeven tijdstip zoveel mogelijk moet zijn bereikt, en die, waar zij aanwezig is, zoveel mogelijk moet worden in stand gehouden.
Dit betekent dat erom gewichtige redenen mag worden afgeweken van de richtwaarde.

Oriëntatiewaarde:
De oriëntatiewaarde is de toetsingswaarde. Dit betekent dat er bij een overschrijding een politieke afweging moet worden gemaakt van de risico’s tegen de maatschappelijke baten en kosten van een risicovolle activiteit.

BIJLAGE A : SCENARIO'S MODDERGAT-1

De naamgeving van scenario's in Safeti-NL wordt opgebouwd uit de volgende mogelijkheden.

Systeem	Benaming	Scenario	Scenario
Putten	P	1a	Production blow-out
		1b	Tubing blow-out
		1c	Casing blow-out
		2a	Verticale lek
		2b	Horizontale lek
Leidingen	L	1, 1t	Breuk bovengrondse aardgasleiding, Breuk terugstroming bovengrondse aardgasleiding.
		2	Lek bovengrondse aardgasleiding.

Hierbij staat "t" voor "terugstroom"

Bijlage A.1: Vessel en Pipe Scenario's

Folder	Leiding route	Scenario naam	Discharge Material	Inventory specification	Mass Inventory	Temperature	Pressure (gauge)	Event Probability	Event Frequency	Scenario Type	Hole Diameter	Pipe Length	Internal Diameter	Distance To Break	Relative Aperture	Outdoor Release Direction
					kg	degC	bar	fraction	/AvgeYear		mm	m	mm	m	fraction	
Putten		P1a Production tubing blowout MGT-1 0-20s	METHANE	0 By Mass	1000000	76	75		2.97E-06	7 Long Pipeline		7350	279.5085	7350	0.2	2 Vertical
Putten		P1a Production tubing blowout MGT-1 20-140s	METHANE	0 By Mass	1000000	76	75		3.00E-05	7 Long Pipeline		7350	279.5085	7350	0.2	2 Vertical
Putten		P1b Other tubing blowout MGT-1 0-20s	METHANE	0 By Mass	1000000	76	121		1.83E-06	7 Long Pipeline		3000	125	3000	1	2 Vertical
Putten		P1b Other tubing blowout MGT-1 20-140s	METHANE	0 By Mass	1000000	76	121		4.40E-05	7 Long Pipeline		3000	125	3000	1	2 Vertical
Putten		P1c Casing blowout MGT-1 0-20s	METHANE	0 By Mass	1000000	76	121		7.14E-07	7 Long Pipeline		3000	176.5625	3000	1	2 Vertical
Putten		P1c Casing blowout MGT-1 20-140s	METHANE	0 By Mass	1000000	76	121		7.22E-06	7 Long Pipeline		3000	176.5625	3000	1	2 Vertical
Putten		P2a Vertical tubing leak MGT-1	METHANE	0 By Mass	1000000	89	67		1.04E-04	4 Leak	12.5					2 Vertical
Putten		P2b Horizontal tubing leak MGT-1	METHANE	0 By Mass	1000000	89	67		2.13E-05	4 Leak	12.5					0 Horizontal
Putten		P1a Production tubing blowout MGT-2 0-20s	METHANE	0 By Mass	1000000	76	75		2.97E-06	7 Long Pipeline		7350	279.5085	7350	0.2	2 Vertical
Putten		P1a Production tubing blowout MGT-2 20-140s	METHANE	0 By Mass	1000000	76	75		3.00E-05	7 Long Pipeline		7350	279.5085	7350	0.2	2 Vertical
Putten		P1b Other tubing blowout MGT-2 0-20s	METHANE	0 By Mass	1000000	76	132		1.83E-06	7 Long Pipeline		3000	125	3000	1	2 Vertical
Putten		P1b Other tubing blowout MGT-2 20-140s	METHANE	0 By Mass	1000000	76	132		4.40E-05	7 Long Pipeline		3000	125	3000	1	2 Vertical
Putten		P1c Casing blowout MGT-2 0-20s	METHANE	0 By Mass	1000000	76	132		7.14E-07	7 Long Pipeline		3000	176.5625	3000	1	2 Vertical
Putten		P1c Casing blowout MGT-2 20-140s	METHANE	0 By Mass	1000000	76	132		7.22E-06	7 Long Pipeline		3000	176.5625	3000	1	2 Vertical
Putten		P2a Vertical tubing leak MGT-2	METHANE	0 By Mass	1000000	89	68		1.04E-04	4 Leak	12.5					2 Vertical
Putten		P2b Horizontal tubing leak MGT-2	METHANE	0 By Mass	1000000	89	68		2.13E-05	4 Leak	12.5					0 Horizontal
Putten		P1a Production tubing blowout MGT-3 0-20s	METHANE	0 By Mass	1000000	76	75		2.97E-06	7 Long Pipeline		7350	279.5085	7350	0.2	2 Vertical
Putten		P1a Production tubing blowout MGT-3 20-140s	METHANE	0 By Mass	1000000	76	75		3.00E-05	7 Long Pipeline		7350	279.5085	7350	0.2	2 Vertical
Putten		P1b Other tubing blowout MGT-3 0-20s	METHANE	0 By Mass	1000000	76	129		1.83E-06	7 Long Pipeline		3000	125	3000	1	2 Vertical
Putten		P1b Other tubing blowout MGT-3 20-140s	METHANE	0 By Mass	1000000	76	129		4.40E-05	7 Long Pipeline		3000	125	3000	1	2 Vertical
Putten		P1c Casing blowout MGT-3 0-20s	METHANE	0 By Mass	1000000	76	129		7.14E-07	7 Long Pipeline		3000	176.5625	3000	1	2 Vertical
Putten		P1c Casing blowout MGT-3 20-140s	METHANE	0 By Mass	1000000	76	129		7.22E-06	7 Long Pipeline		3000	176.5625	3000	1	2 Vertical
Putten		P2a Vertical tubing leak MGT-3	METHANE	0 By Mass	1000000	83	67		1.04E-04	4 Leak	12.5					2 Vertical
Putten		P2b Horizontal tubing leak MGT-3	METHANE	0 By Mass	1000000	83	67		2.13E-05	4 Leak	12.5					0 Horizontal
Putten		P1a Production tubing blowout MGT-4 0-20s	METHANE	0 By Mass	1000000	76	75		2.97E-06	7 Long Pipeline		7350	279.5085	7350	0.2	2 Vertical
Putten		P1a Production tubing blowout MGT-4 20-140s	METHANE	0 By Mass	1000000	76	75		3.00E-05	7 Long Pipeline		7350	279.5085	7350	0.2	2 Vertical
Putten		P1b Other tubing blowout MGT-4 0-20s	METHANE	0 By Mass	1000000	58	128		1.83E-06	7 Long Pipeline		3000	125	3000	1	2 Vertical
Putten		P1b Other tubing blowout MGT-4 20-140s	METHANE	0 By Mass	1000000	58	128		4.40E-05	7 Long Pipeline		3000	125	3000	1	2 Vertical
Putten		P1c Casing blowout MGT-4 0-20s	METHANE	0 By Mass	1000000	58	128		7.14E-07	7 Long Pipeline		3000	176.5625	3000	1	2 Vertical
Putten		P1c Casing blowout MGT-4 20-140s	METHANE	0 By Mass	1000000	58	128		7.22E-06	7 Long Pipeline		3000	176.5625	3000	1	2 Vertical
Putten		P2a Vertical tubing leak MGT-4	METHANE	0 By Mass	1000000	58	65		1.04E-04	4 Leak	12.5					2 Vertical
Putten		P2b Horizontal tubing leak MGT-4	METHANE	0 By Mass	1000000	58	65		2.13E-05	4 Leak	12.5					0 Horizontal
Putten		P1a Production tubing blowout MGT-5 0-20s	METHANE	0 By Mass	1000000	76	75		2.97E-06	7 Long Pipeline		7350	279.5085	7350	0.2	2 Vertical
Putten		P1a Production tubing blowout MGT-5 20-140s	METHANE	0 By Mass	1000000	76	75		3.00E-05	7 Long Pipeline		7350	279.5085	7350	0.2	2 Vertical
Putten		P1b Other tubing blowout MGT-5 0-20s	METHANE	0 By Mass	1000000	66	133		1.83E-06	7 Long Pipeline		3000	125	3000	1	2 Vertical
Putten		P1b Other tubing blowout MGT-5 20-140s	METHANE	0 By Mass	1000000	66	133		4.40E-05	7 Long Pipeline		3000	125	3000	1	2 Vertical
Putten		P1c Casing blowout MGT-5 0-20s	METHANE	0 By Mass	1000000	66	133		7.14E-07	7 Long Pipeline		3000	176.5625	3000	1	2 Vertical
Putten		P1c Casing blowout MGT-5 20-140s	METHANE	0 By Mass	1000000	66	133		7.22E-06	7 Long Pipeline		3000	176.5625	3000	1	2 Vertical
Putten		P2a Vertical tubing leak MGT-5	METHANE	0 By Mass	1000000	66	69		1.04E-04	4 Leak	12.5					2 Vertical
Putten		P2b Horizontal tubing leak MGT-5	METHANE	0 By Mass	1000000	66	69		2.13E-05	4 Leak	12.5					0 Horizontal
naar KISS		LB1 4" flexibel van MGT-1 0-20s	METHANE	0 By Mass	1000000	76	77		1.35E-06	7 Long Pipeline		7800	223.6068	7800	0.2	0 Horizontal

Folder	Leiding route	Scenario naam	Discharge Material	Inventory specification	Mass Inventory	Temperature	Pressure (gauge)	Event Probability	Event Frequency	Scenario Type	Hole Diameter
					kg	degC	bar	fraction	/AvgeYear		mm
naar KISS		LB1 4" flexibel van MGT-1 20-140s	METHANE	0 By Mass	1000000	76	77		1.37E-05	7 Long Pipeline	
naar KISS		LB1t 4" flexibel van MGT-1 0-20s	METHANE	0 By Mass	1000000	76	75		1.35E-06	7 Long Pipeline	
naar KISS		LB1t 4" flexibel van MGT-1 20-140s	METHANE	0 By Mass	1000000	76	75		1.37E-05	7 Long Pipeline	
naar KISS		LB2 4" flexibel van MGT-1	METHANE	0 By Mass	1000000	88	67		1.00E-04	4 Leak	1
naar KISS		LB1 4" flexibel van MGT-2 0-20s	METHANE	0 By Mass	1000000	76	77		1.35E-06	7 Long Pipeline	
naar KISS		LB1 4" flexibel van MGT-2 20-140s	METHANE	0 By Mass	1000000	76	77		1.37E-05	7 Long Pipeline	
naar KISS		LB1t 4" flexibel van MGT-2 0-20s	METHANE	0 By Mass	1000000	76	75		1.35E-06	7 Long Pipeline	
naar KISS		LB1t 4" flexibel van MGT-2 20-140s	METHANE	0 By Mass	1000000	76	75		1.37E-05	7 Long Pipeline	
naar KISS		LB2 4" flexibel van MGT-2	METHANE	0 By Mass	1000000	88	68		1.00E-04	4 Leak	1
naar KISS		LB1 4" flexibel van MGT-3 0-20s	METHANE	0 By Mass	1000000	76	77		1.35E-06	7 Long Pipeline	
naar KISS		LB1 4" flexibel van MGT-3 20-140s	METHANE	0 By Mass	1000000	76	77		1.37E-05	7 Long Pipeline	
naar KISS		LB1t 4" flexibel van MGT-3 0-20s	METHANE	0 By Mass	1000000	76	75		1.35E-06	7 Long Pipeline	
naar KISS		LB1t 4" flexibel van MGT-3 20-140s	METHANE	0 By Mass	1000000	76	75		1.37E-05	7 Long Pipeline	
naar KISS		LB2 4" flexibel van MGT-3	METHANE	0 By Mass	1000000	88	67		1.00E-04	4 Leak	1
naar KISS		LB1 6" vaste leiding van MGT-3 0-20s	METHANE	0 By Mass	1000000	76	77		4.05E-07	7 Long Pipeline	
naar KISS		LB1 6" vaste leiding van MGT-3 20-140s	METHANE	0 By Mass	1000000	76	77		4.10E-06	7 Long Pipeline	
naar KISS		LB1t 6" vaste leiding van MGT-3 0-20s	METHANE	0 By Mass	1000000	76	75		4.05E-07	7 Long Pipeline	
naar KISS		LB1t 6" vaste leiding van MGT-3 20-140s	METHANE	0 By Mass	1000000	76	75		4.10E-06	7 Long Pipeline	
naar KISS		LB2 6" vaste leiding van MGT-3	METHANE	0 By Mass	1000000	88	67		3.00E-05	4 Leak	12.
naar KISS		LB1 4" flexibel van MGT-4 0-20s	METHANE	0 By Mass	1000000	76	77		1.35E-06	7 Long Pipeline	
naar KISS		LB1 4" flexibel van MGT-4 20-140s	METHANE	0 By Mass	1000000	76	77		1.37E-05	7 Long Pipeline	
naar KISS		LB1t 4" flexibel van MGT-4 0-20s	METHANE	0 By Mass	1000000	76	75		1.35E-06	7 Long Pipeline	
naar KISS		LB1t 4" flexibel van MGT-4 20-140s	METHANE	0 By Mass	1000000	76	75		1.37E-05	7 Long Pipeline	
naar KISS		LB2 4" flexibel van MGT-4	METHANE	0 By Mass	1000000	104	65		1.00E-04	4 Leak	1
naar KISS		LB1 4" Vast van MGT-4 0-20s	METHANE	0 By Mass	1000000	76	77		4.05E-07	7 Long Pipeline	
naar KISS		LB1 4" Vast van MGT-4 20-140s	METHANE	0 By Mass	1000000	76	77		4.10E-06	7 Long Pipeline	
naar KISS		LB1t 4" Vast van MGT-4 0-20s	METHANE	0 By Mass	1000000	76	75		4.05E-07	7 Long Pipeline	
naar KISS		LB1t 4" Vast van MGT-4 20-140s	METHANE	0 By Mass	1000000	76	75		4.10E-06	7 Long Pipeline	
naar KISS		LB2 4" Vast van MGT-4	METHANE	0 By Mass	1000000	104	65		3.00E-05	4 Leak	1
naar KISS		LB1 4" flexibel van MGT-5 0-20s	METHANE	0 By Mass	1000000	76	77		1.35E-06	7 Long Pipeline	
naar KISS		LB1 4" flexibel van MGT-5 20-140s	METHANE	0 By Mass	1000000	76	77		1.37E-05	7 Long Pipeline	
naar KISS		LB1t 4" flexibel van MGT-5 0-20s	METHANE	0 By Mass	1000000	76	75		1.35E-06	7 Long Pipeline	
naar KISS		LB1t 4" flexibel van MGT-5 20-140s	METHANE	0 By Mass	1000000	76	75		1.37E-05	7 Long Pipeline	
naar KISS		LB2 4" flexibel van MGT-5	METHANE	0 By Mass	1000000	118	69		1.00E-04	4 Leak	1
naar KISS	Vaste leiding van MGT-5 naar KISS	LB1 4" vaste leiding van MGT-5 0-20s	METHANE	0 By Mass	1000000	76	77	2.70E-08		7 Long Pipeline	
naar KISS	Vaste leiding van MGT-5 naar KISS	LB1 4" vaste leiding van MGT-5 20-140s	METHANE	0 By Mass	1000000	76	77	2.73E-07		7 Long Pipeline	
naar KISS	Vaste leiding van MGT-5 naar KISS	LB1t 4" vaste leiding van MGT-5 0-20s	METHANE	0 By Mass	1000000	76	75	2.70E-08		7 Long Pipeline	
naar KISS	Vaste leiding van MGT-5 naar KISS	LB1t 4" vaste leiding van MGT-5 20-140s	METHANE	0 By Mass	1000000	76	75	2.73E-07		7 Long Pipeline	
naar KISS	Vaste leiding van MGT-5 naar KISS	LB2 4" vaste leiding van MGT-5	METHANE	0 By Mass	1000000	88	69	2.00E-06		4 Leak	1
KISS	KISS-1	LB1 6" vaste leiding KISS MGT-1 0-20s	METHANE	0 By Mass	1000000	76	77	2.70E-08		7 Long Pipeline	
KISS	KISS-1	LB1 6" vaste leiding KISS MGT-1 20-140s	METHANE	0 By Mass	1000000	76	77	2.73E-07		7 Long Pipeline	

Folder	Leiding route	Scenario naam	Discharge Material	Inventory specification	Mass Inventory	Temperature	Pressure (gauge)	Event Probability	Event Frequency	Scenario Type	Hole Diameter
					kg	degC	bar	fraction	/AvgeYear		mm
KISS	KISS-1	LB1t 6" vaste leiding KISS MGT-1 0-20s	METHANE	0 By Mass	1000000	76	75	2.70E-08		7 Long Pipeline	
KISS	KISS-1	LB1t 6" vaste leiding KISS MGT-1 20-140s	METHANE	0 By Mass	1000000	76	75	2.73E-07		7 Long Pipeline	
KISS	KISS-1	LB2 6" vaste leiding KISS MGT-1	METHANE	0 By Mass	1000000	88	67	2.00E-06		4 Leak	12.7
KISS	KISS-2	LB1 6" vaste leiding KISS MGT-2 0-20s	METHANE	0 By Mass	1000000	76	77	2.70E-08		7 Long Pipeline	
KISS	KISS-2	LB1 6" vaste leiding KISS MGT-2 20-140s	METHANE	0 By Mass	1000000	76	77	2.73E-07		7 Long Pipeline	
KISS	KISS-2	LB1t 6" vaste leiding KISS MGT-2 0-20s	METHANE	0 By Mass	1000000	76	75	2.70E-08		7 Long Pipeline	
KISS	KISS-2	LB1t 6" vaste leiding KISS MGT-2 20-140s	METHANE	0 By Mass	1000000	76	75	2.73E-07		7 Long Pipeline	
KISS	KISS-2	LB2 6" vaste leiding KISS MGT-2	METHANE	0 By Mass	1000000	88	68	2.00E-06		4 Leak	12.7
KISS	KISS-3	LB1 6" vaste leiding KISS MGT-3 0-20s	METHANE	0 By Mass	1000000	76	77	2.70E-08		7 Long Pipeline	
KISS	KISS-3	LB1 6" vaste leiding KISS MGT-3 20-140s	METHANE	0 By Mass	1000000	76	77	2.73E-07		7 Long Pipeline	
KISS	KISS-3	LB1t 6" vaste leiding KISS MGT-3 0-20s	METHANE	0 By Mass	1000000	76	75	2.70E-08		7 Long Pipeline	
KISS	KISS-3	LB1t 6" vaste leiding KISS MGT-3 20-140s	METHANE	0 By Mass	1000000	76	75	2.73E-07		7 Long Pipeline	
KISS	KISS-3	LB2 6" vaste leiding KISS MGT-3	METHANE	0 By Mass	1000000	88	67	2.00E-06		4 Leak	12.7
KISS	KISS-4	LB1 6" vaste leiding KISS MGT-4 0-20s	METHANE	0 By Mass	1000000	76	77	2.70E-08		7 Long Pipeline	
KISS	KISS-4	LB1 6" vaste leiding KISS MGT-4 20-140s	METHANE	0 By Mass	1000000	76	77	2.73E-07		7 Long Pipeline	
KISS	KISS-4	LB1t 6" vaste leiding KISS MGT-4 0-20s	METHANE	0 By Mass	1000000	76	75	2.70E-08		7 Long Pipeline	
KISS	KISS-4	LB1t 6" vaste leiding KISS MGT-4 20-140s	METHANE	0 By Mass	1000000	76	75	2.73E-07		7 Long Pipeline	
KISS	KISS-4	LB2 6" vaste leiding KISS MGT-4	METHANE	0 By Mass	1000000	104	65	2.00E-06		4 Leak	12.7
KISS	KISS-5	LB1 6" vaste leiding KISS MGT-5 0-20s	METHANE	0 By Mass	1000000	76	77	2.70E-08		7 Long Pipeline	
KISS	KISS-5	LB1 6" vaste leiding KISS MGT-5 20-140s	METHANE	0 By Mass	1000000	76	77	2.73E-07		7 Long Pipeline	
KISS	KISS-5	LB1t 6" vaste leiding KISS MGT-5 0-20s	METHANE	0 By Mass	1000000	76	75	2.70E-08		7 Long Pipeline	
KISS	KISS-5	LB1t 6" vaste leiding KISS MGT-5 20-140s	METHANE	0 By Mass	1000000	76	75	2.73E-07		7 Long Pipeline	
KISS	KISS-5	LB2 6" vaste leiding KISS MGT-5	METHANE	0 By Mass	1000000	118	69	2.00E-06		4 Leak	12.7
van KISS	Van KISS MGT-1 naar manifold	LB1 6" leiding van KISS MGT-1 0-20s	METHANE	0 By Mass	1000000	76	77	2.70E-08		7 Long Pipeline	
van KISS	Van KISS MGT-1 naar manifold	LB1 6" leiding van KISS MGT-1 20-140s	METHANE	0 By Mass	1000000	76	77	2.73E-07		7 Long Pipeline	
van KISS	Van KISS MGT-1 naar manifold	LB1t 6" leiding van KISS MGT-1 0-20s	METHANE	0 By Mass	1000000	76	75	2.70E-08		7 Long Pipeline	
van KISS	Van KISS MGT-1 naar manifold	LB1t 6" leiding van KISS MGT-1 20-140s	METHANE	0 By Mass	1000000	76	75	2.73E-07		7 Long Pipeline	
van KISS	Van KISS MGT-1 naar manifold	LB2 6" leiding van KISS MGT-1	METHANE	0 By Mass	1000000	88	67	2.00E-06		4 Leak	12.7
van KISS	Van KISS MGT-2 naar manifold	LB1 8" leiding van KISS MGT-2 0-20s	METHANE	0 By Mass	1000000	76	77	9.00E-09		7 Long Pipeline	
van KISS	Van KISS MGT-2 naar manifold	LB1 8" leiding van KISS MGT-2 20-140s	METHANE	0 By Mass	1000000	76	77	9.10E-08		7 Long Pipeline	
van KISS	Van KISS MGT-2 naar manifold	LB1t 8" leiding van KISS MGT-2 0-20s	METHANE	0 By Mass	1000000	76	75	9.00E-09		7 Long Pipeline	
van KISS	Van KISS MGT-2 naar manifold	LB1t 8" leiding van KISS MGT-2 20-140s	METHANE	0 By Mass	1000000	76	75	9.10E-08		7 Long Pipeline	
van KISS	Van KISS MGT-2 naar manifold	LB2 8" leiding van KISS MGT-2	METHANE	0 By Mass	1000000	88	68	5.00E-07		4 Leak	16.9
van KISS	Van KISS MGT-3 naar manifold	LB1 8" leiding van KISS MGT-3 0-20s	METHANE	0 By Mass	1000000	76	77	9.00E-09		7 Long Pipeline	
van KISS	Van KISS MGT-3 naar manifold	LB1 8" leiding van KISS MGT-3 20-140s	METHANE	0 By Mass	1000000	76	77	9.10E-08		7 Long Pipeline	
van KISS	Van KISS MGT-3 naar manifold	LB1t 8" leiding van KISS MGT-3 0-20s	METHANE	0 By Mass	1000000	76	75	9.00E-09		7 Long Pipeline	
van KISS	Van KISS MGT-3 naar manifold	LB1t 8" leiding van KISS MGT-3 20-140s	METHANE	0 By Mass	1000000	76	75	9.10E-08		7 Long Pipeline	
van KISS	Van KISS MGT-3 naar manifold	LB2 8" leiding van KISS MGT-3	METHANE	0 By Mass	1000000	88	67	5.00E-07		4 Leak	16.9
van KISS		LB1 6" leiding van KISS MGT-4/5 0-20s	METHANE	0 By Mass	1000000	76	77		5.40E-07	7 Long Pipeline	
van KISS		LB1 6" leiding van KISS MGT-4/5 20-140s	METHANE	0 By Mass	1000000	76	77		5.46E-06	7 Long Pipeline	
van KISS		LB1t 6" leiding van KISS MGT-4/5 0-20s	METHANE	0 By Mass	1000000	76	75		5.40E-07	7 Long Pipeline	
van KISS		LB1t 6" leiding van KISS MGT-4/5 20-140s	METHANE	0 By Mass	1000000	76	75		5.46E-06	7 Long Pipeline	
van KISS		LB2 6" leiding van KISS MGT-4/5	METHANE	0 By Mass	1000000	99	67		4.00E-05	4 Leak	12.7
Manifold	Route	LB1 8" manifold 0-20s	METHANE	0 By Mass	1000000	76	77	9.00E-09		7 Long Pipeline	
Manifold	Route	LB1 8" manifold 20-140s	METHANE	0 By Mass	1000000	76	77	9.10E-08		7 Long Pipeline	
Manifold	Route	LB1t 8" manifold 0-20s	METHANE	0 By Mass	1000000	76	75	9.00E-09		7 Long Pipeline	
Manifold	Route	LB1t 8" manifold 20-140s	METHANE	0 By Mass	1000000	76	75	9.10E-08		7 Long Pipeline	
Manifold	Route	LB2 8" manifold	METHANE	0 By Mass	1000000	94	75	5.00E-07		4 Leak	16.9
Import/Export	12" importleiding van Ternaart	LB1 12" OG leiding van Tenaart 0-20s	METHANE	0 By Mass	1000000	76	77	6.30E-10		7 Long Pipeline	

Folder	Leiding route	Scenario naam	Discharge Material	Inventory specification	Mass Inventory	Temperature	Pressure (gauge)	Event Probability	Event Frequency	Scenario Type	Hole Diameter
					kg	degC	bar	fraction	/AvgeYear		mm
Import/Export	12" importleiding van Ternaart	LB1 12" OG leiding van Tenaart 20-140s	METHANE	0 By Mass	1000000	76	77	6.37E-09		7 Long Pipeline	
Import/Export	12" importleiding van Ternaart	LB2 12" OG leiding van Tenaart	METHANE	0 By Mass	1000000	94	75	6.30E-08		4 Leak	27.8
Import/Export	16" exportleiding naar Anjum	LB1 16" OG naar Anjum 0-20s	METHANE	0 By Mass	1000000	76	77	6.30E-10		7 Long Pipeline	
Import/Export	16" exportleiding naar Anjum	LB1 16" OG naar Anjum 20-140s	METHANE	0 By Mass	1000000	76	77	6.37E-09		7 Long Pipeline	
Import/Export	16" exportleiding naar Anjum	LB2 16" OG naar Anjum	METHANE	0 By Mass	1000000	94	75	6.30E-08		4 Leak	37.4

COLOFON

KWANTITATIEVE RISICOANALYSE (QRA) VOOR NAM INRICHTING MODDERGAT-1

KLANT

Nederlandse Aardolie Maatschappij B.V.

AUTEUR

ir. L.A. Klaessen

PROJECTNUMMER

C05011.000390.0500

ONZE REFERENTIE

079848893 B

DATUM

29 juni 2018

STATUS

Definitief

GECONTROLEERD DOOR

ing. M. de Maaijer
Senior specialist Explosie Veiligheid

VRIJGEGEVEN DOOR

N. van Roden
Senior adviseur

Arcadis Nederland B.V.

Postbus 4205
3006 AE Rotterdam
Nederland
+31 (0)88 4261 261

www.arcadis.com

Opdrachtgever: **Nederlandse Aardolie Maatschappij B.V**
Project: **QRA-aardgastransportleiding locatie Ternaard - Moddergat**

Kwantitatieve risicoanalyse (QRA)
Aardgastransportleiding locatie Ternaard-200 naar locatie Moddergat-1

Bilfinger Tebodin Netherlands B.V.
Jan Tinbergenstraat 101
7559 SP Hengelo

Auteur: Mike Siebum
- Telefoon: 06 15 04 78 35
- E-mail: mike.siebum@bilfinger.com

17 november 2020
Ordernummer: T55018.00
Documentnummer: 3413109
Revisie: C

Rev.	Datum	Omschrijving	Opsteller	Gecontroleerd
C	17-11-2020	Vierde versie (aangepast tracé)	M. Siebum	R. Bottenberg
B	29-10-2020	Derde versie (aangepast tracé)	M. Siebum	R. Bottenberg
A	20-09-2018	Tweede versie (opmerkingen NAM verwerkt) [T52601]	A.W.T. van Blanken	R. Bottenberg
0	03-09-2018	Eerste versie [T52601]	A.W.T. van Blanken	R. Bottenberg

© Copyright Bilfinger Tebodin

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd en/of openbaar gemaakt worden door middel van druk, fotokopie of op welke andere wijze ook zonder uitdrukkelijke toestemming van de uitgever.

Inhoudsopgave

1 Inleiding 4
1.1 Administratieve gegevens 4
1.2 Gevolgde methodiek 4
1.3 Peildatum QRA 4
2 Algemene beschrijving van de buisleiding 4
3 Beschrijving omgeving 5
3.1 Omgevingsbebouwing en gebiedsfuncties 5
3.2 Aanwezigen in de buurt van de buisleiding 5
3.3 Mogelijke gevaren van buiten de buisleiding 6
3.4 Weerstation 6
4 Beschrijving van mogelijke risico's voor de omgeving 7
4.1 Invloedsgebied 7
4.2 Plaatsgebonden risico (PR) 7
4.3 Groepsrisico (GR) 8
5 Conclusies 9
5.1 Plaatsgebonden risico 9
5.2 Groepsrisico 9
Bijlage 1: Ligging van de leiding (aangepast tracé) 10

1 Inleiding

Voor het project “gaswinning Ternaard” is men voornemens een ondergrondse hogedruk buisleiding aan te leggen. Voor leidingen met gevaarlijke stoffen, waaronder aardgas, moet volgens het Besluit externe veiligheid buisleidingen (Bevb) een kwantitatieve risicoanalyse (QRA) uitgevoerd worden. Dit rapport beschrijft de uitgangspunten en resultaten van de QRA voor genoemde leiding.

1.1 Administratieve gegevens

Leidingexploitant:
Nederlandse Aardolie Maatschappij B.V.
Schepersmaat 2
9405 TA Assen

Opsteller van de QRA:
Bilfinger Tebodin Netherlands B.V.
Jan Tinbergenstraat 101
7559 SP Hengelo

1.2 Gevolgde methodiek

Het plaatsgebonden risico en het groepsrisico zijn berekend conform de “Handleiding risicoberekeningen Bevb”, versie 3.1 d.d. 1 april 2020. Voor de berekeningen is het voorgeschreven rekenpakker CAROLA met versienummer 1.0.0.52 gebruikt. Het parameterbestand heeft versienummer 1.3.

1.3 Peildatum QRA

De berekeningen zijn uitgevoerd op 13 november 2020. De buisleiding gegevens zijn aangemaakt op 13 november 2020.

2 Algemene beschrijving van de buisleiding

De gegevens van de leiding zijn weergegeven in onderstaande tabel en zijn afkomstig uit het aangeleverde leidingdatabestand. De exploitant specifieke factoren voor casuïstiek (cluster 1b), actief rappel (cluster 1c) en mitigerende maatregelen corrosie staan beschreven in Module B van de Handleiding Risicoberekeningen Bevb. Deze zijn voor de NAM respectievelijk 1,000, 8,333 en 0,000.

Eigenaar	Leidingnaam	Diameter [mm]	Druk [bar]	Materiaal	Minimum dekking [m]	Datum aanleveren gegevens
Nederlandse Aardolie Maatschappij B.V.	Buisleiding aardgas – ondergronds van Ternaard-200 naar Moddergat-1	323.90	125	L415 (CS)	1.5	13-11-2020

Tabel 1: Gegevens buisleiding

Voor de leiding zijn geen risico mitigerende maatregelen verdisconteerd in de bijbehorende risicoberekeningen.

De ligging van de leiding is weergegeven in Bijlage 1.

3 Beschrijving omgeving

3.1 Omgevingsbebouwing en gebiedsfuncties

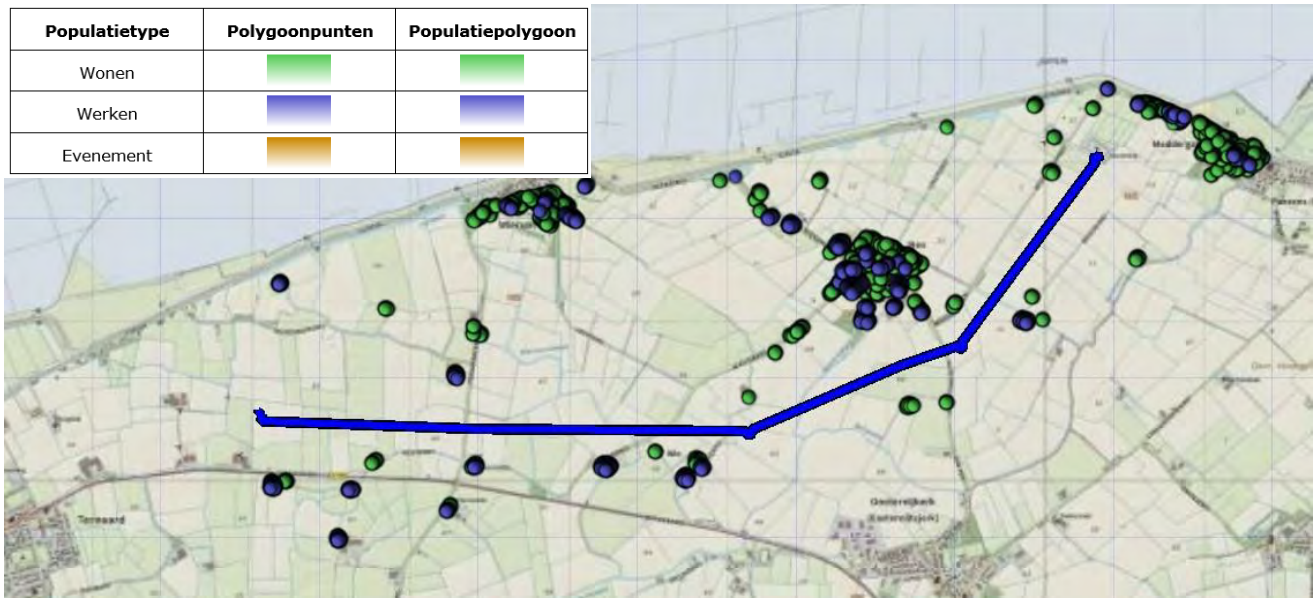
Binnen het invloedsgebied (zie paragraaf 4.1) zijn geen ontwikkelingen mogelijk (volgens de bestemmingsplannen) die van invloed kunnen zijn op de QRA.

3.2 Aanwezigen in de buurt van de buisleiding

Binnen het invloedsgebied zijn geen woonkernen. De aanwezigheidsgegevens zijn op 29 oktober 2020 opgevraagd uit de BAG-populatieservice. Het aantal aanwezigen in de buurt van de buisleiding staat aangegeven in tabel 2.

Pad	Type	Aantal	Aanwezigheidspercentage dag	Aanwezigheidspercentage nacht
Nieuwe populatiebestanden\bijeen_sport_cel_zkh-dag100-nacht80.txt	Werken	618	100	80
Nieuwe populatiebestanden\industrie-dag100-nacht30.txt	Werken	252	100	30
Nieuwe populatiebestanden\kantoor_kliniek_onderwijs_winkel-dag100-nacht0.txt	Werken	64	100	0
Nieuwe populatiebestanden\wonend_vakantiehuis-dag50-nacht100.txt	Wonen	992	50	100

Tabel 2: Aanwezigheidsgegevens en percentages



Figuur 1: Aanwezigheidsgegevens volgens de BAG-populatieservice

3.3 Mogelijke gevaren van buiten de buisleiding

Er zijn geen gevaren geïdentificeerd van buiten de buisleiding die effect kunnen hebben op de buisleiding.

3.4 Weerstation

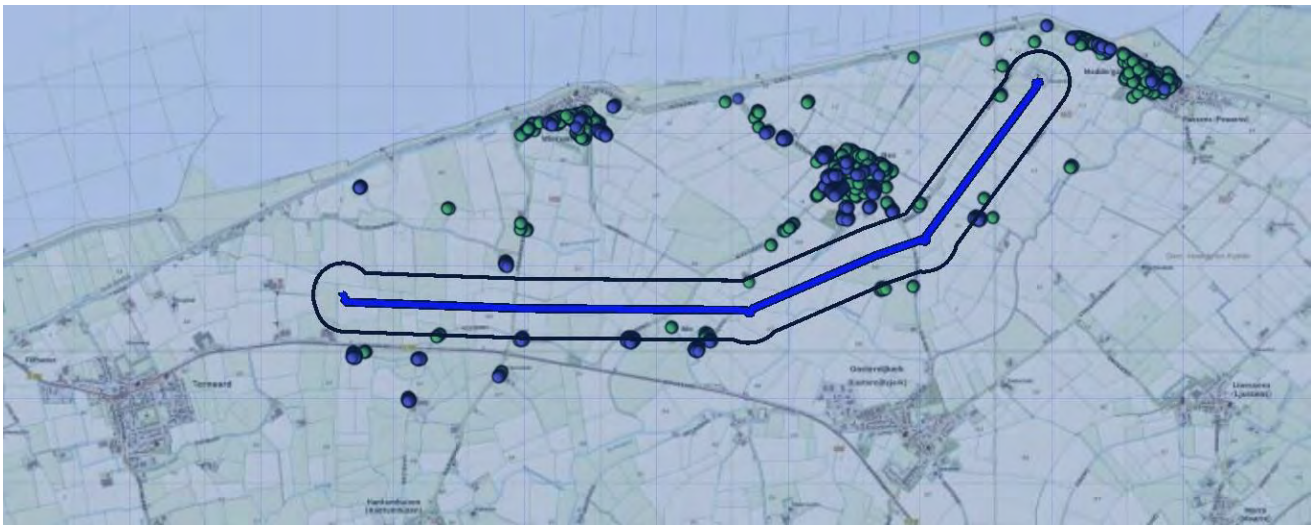
Voor de berekeningen is gebruik gemaakt van de meteorologische gegevens van het dichtstbijzijnde weerstation Leeuwarden. De gebruikte ruwheidslengte is 0,1 meter, wat representatief is voor landelijk gebied.

4 Beschrijving van mogelijke risico's voor de omgeving

Er is een risicoanalyse uitgevoerd met als doel om inzicht te krijgen in de externe risico's. De QRA is uitgevoerd met het door de overheid voorgeschreven modelleringsprogramma CAROLA. In dit hoofdstuk zijn het invloedsgebied, plaatsgebonden risico en het groepsrisico gepresenteerd, die voortkomen uit de berekeningen met CAROLA.

4.1 Invloedsgebied

In onderstaand figuur is het invloedsgebied van de buisleiding weergegeven. De zwarte lijn geeft een 1% lethaliteitsgehalte aan.

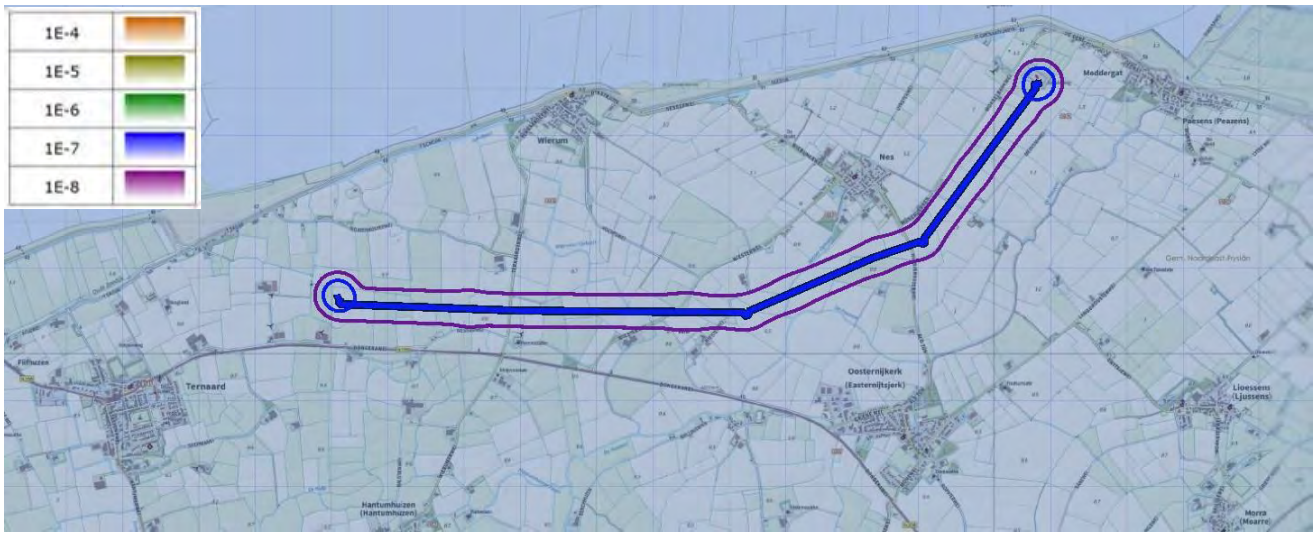


Figuur 2: Invloedsgebied

4.2 Plaatsgebonden risico (PR)

Het plaatsgebonden risico (PR) is de kans per jaar op een dodelijk ongeval ten gevolge van een ongewoon voorval (ongevalsscenario) indien een persoon (onbeschermd in de buitenlucht) zich bevindt op een bepaalde plaats waar hij voortdurend (24 uur per dag en gedurende het hele jaar) wordt blootgesteld aan de schadelijke gevolgen van een voorval. Het PR is onafhankelijk van de aanwezigen in de omgeving van de leiding. Het PR wordt weergegeven door middel van PR-contouren. De PR 10^{-6} per jaar contour laat die plaatsen zien waar de kans op het overlijden van een persoon eens in de miljoen jaar bedraagt. Ter vergelijking: de gemiddelde overlijdenskans voor een willekeurige Nederlander is circa 10^{-4} per jaar, een factor 100 hoger. Het PR is onafhankelijk van de bevolkingsverdeling in de omgeving van de inrichting.

De ondergrond met de berekende plaatsgebonden risico-contouren ten gevolge van de hogedruk aardgastransportleiding is opgenomen in 3. Geconcludeerd kan worden dat er een PR10^{-8}/jaar contour is en alleen ter plaatse van een tweetal kleine lussen in de leiding een PR10^{-7}/jaar contour. Een PR10^{-6}/jaar contour is er niet. Er wordt hierdoor voldaan aan de norm voor het plaatsgebonden risico conform het Bevb.



Figuur 3: plaatsgebonden risico rondom de aardgasleiding

4.3 Groepsrisico (GR)

Het groepsrisico is de kans per jaar dat een groep van een bepaalde grootte dodelijk slachtoffer wordt van een ongeval. Het groepsrisico wordt beschreven in een zogenaamde F(N)-curve en is afhankelijk van de bevolkingsverdeling in de omgeving van de inrichting. Op de verticale as wordt de kans weergegeven dat meer dan N-slachtoffers ten gevolge van het beschouwde scenario komen te overlijden. De kans wordt uitgedrukt in de eenheid 'per jaar'. Op de horizontale as staat het aantal slachtoffers weergegeven. Het groepsrisico kent, in vergelijking tot het plaatsgebonden risico, echter geen strikte normering. Wel wordt er uitgegaan van een oriëntatiewaarde, die recht doet aan risicoaversie (hoe groter de ramp, hoe lager het acceptabele risico).

De bebouwing binnen het invloedsgebied is relevant voor de hoogte van het groepsrisico. Omdat er binnen het invloedsgebied enkel sprake is van zeer incidentele bebouwing, is er geen sprake van een groepsrisico. De f(N)-curve zoals CAROLA deze heeft berekend is opgenomen in Figuur 4. Hierop is uitsluitend de oriëntatiewaarde te zien (rode lijn) en er is geen curve zichtbaar; er is geen sprake van een groepsrisico.

Figuur 4: f(N)-curve groepsrisico

5 Conclusies

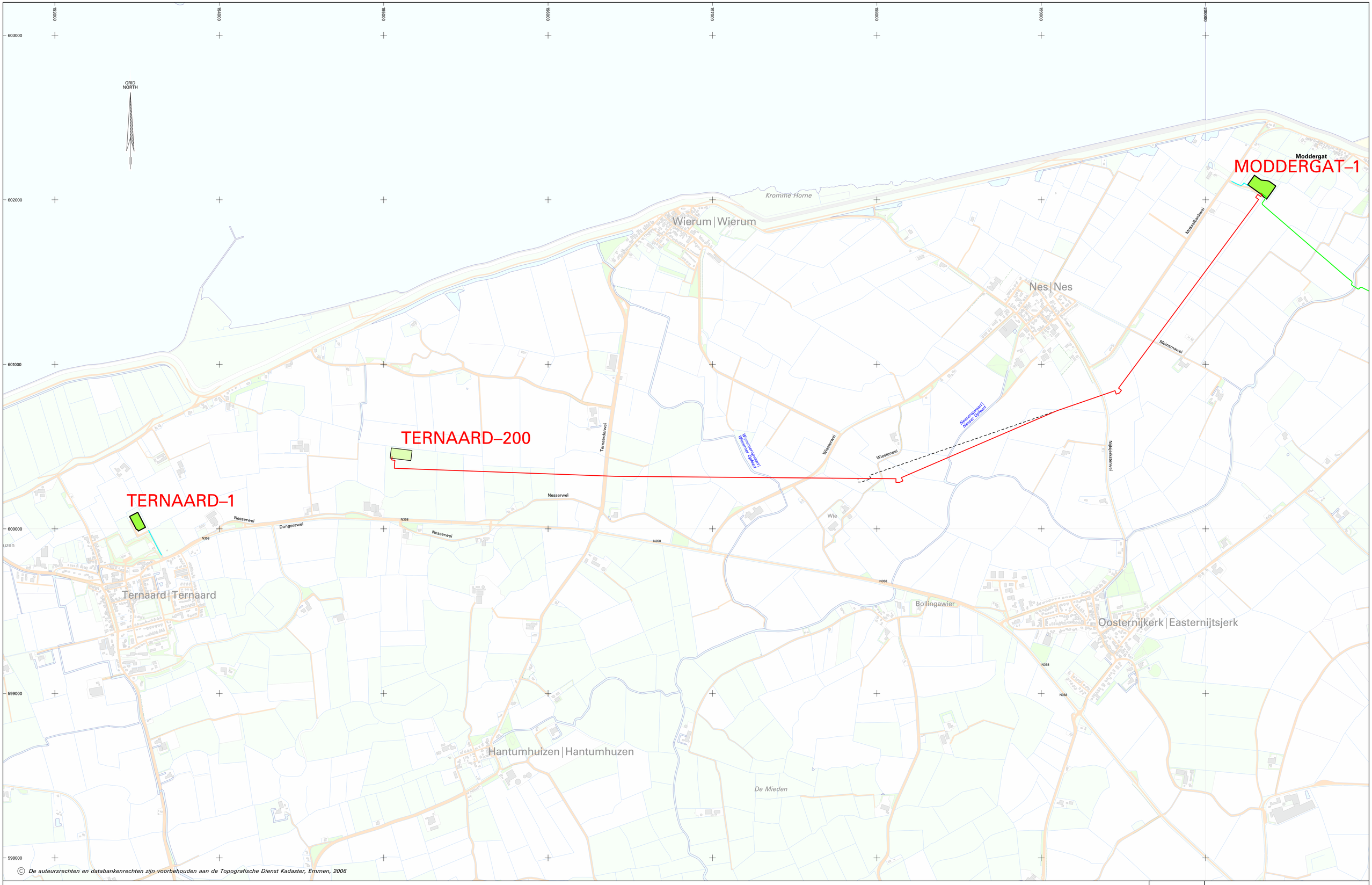
5.1 Plaatsgebonden risico

Voor de hogedruk aardgastransportleiding is geen PR10^{-6}/jaar contour berekend. Er liggen dus geen (beperkt) kwetsbare objecten binnen een PR10^{-6}/jaar contour. Dit betekent dat wordt voldaan aan de grenswaarde voor het PR uit het Bevb.

5.2 Groepsrisico

Er wordt door de incidentele bebouwing langs de leiding geen groepsrisico berekend. Er hoeft geen verantwoording van het groepsrisico plaats te vinden.

Bijlage 1: Ligging van de leiding (aangepast tracé)



© De auteursrechten en databankenrechten zijn voorbehouden aan de Topografische Dienst Kadaster, Emmen, 2006

LEGENDA

- BESTAANDE GASTRANSPORTLEIDING NAM
- WATERLEIDING NAM
- TRACEEVOORSTEL
- TRACEEVOORSTEL_OUD
- LOCATIE NAM
- LOCATIE NIEUW

0 500 m

NAM

Projection system: RD
Ellipsoide: Bessel (1841)
Datum: Amersfoort

NEDERLANDSE AARDOLIE MAATSCHAPPIJ

TRACEEVOORSTEL
12" GASLEIDING nr. 000398
TERNAARD–200 – MODDERGAT–1
Schaal 1 : 10000

Datum : 01–07–2018	Tekening nr. : EP201503203916003
Laatste wijziging : 01–09–2020	–

FORMAAT A1

Bijlage 10

Vooronderzoek NGE

VOORONDERZOEK

Leidingtracé NAM Ternaard-Moddergat

AVG Explosieven Opsporing Nederland

Vestiging Heijen:
De Grens 7 - 6598 DK Heijen
Postbus 160 - 6590 AD Gennep
Tel. : 0485-802010
Fax : 0485-802084
K.v.K. Venlo 12029421

Vestiging Kaatsheuvel:
Veerweg 10,5171 PW Kaatsheuvel
Tel. : 0416-700220
eo@avg.eu
www.explosievenopsporing.com

INHOUDSOPGAVE

1 INLEIDING 5

1.1 AANLEIDING 5

1.2 PROBLEEMSTELLING 5

1.3 DOELSTELLING 5

1.4 ONDERZOEKSGEBIED 5

1.5 ONDERZOEKSMETHODE 6

1.5.1 Algemeen 6

1.5.2 Inventarisatie bronnenmateriaal 6

1.5.3 Beoordeling bronnenmateriaal 7

1.5.4 Verantwoording 8

1.5.5 Leeswijzer 8

2 INVENTARISATIE BRONNENMATERIAAL 9

2.1 EERDER UITGEVOERDE ONDERZOEKEN 9

2.1.1 Rapportages archief AVG 9

2.1.2 Derden 9

2.2 LITERATUUR 9

2.2.1 Algemene historische context 9

2.2.2 Luchtoorlog 10

2.2.3 Bevrijding april 1945 11

2.3 COLLECTIE STAFKAARTEN TOPOGRAFISCHE DIENST KADASTER TE ZWOLLE 12

2.3.1 Geallieerde stafkaarten 12

2.3.2 Duitse stafkaarten 12

2.3.3 Overig kaartmateriaal 12

2.4 LUCHTFOTO'S 13

2.4.1 Geraadpleegde luchtfoto's 13

2.4.2 Luchtfoto-interpretatie 1944-1945 14

2.4.3 Luchtfoto-interpretatie huidige situatie 15

2.5 GEMEENTEARCHIEF DONGERADEEL 16

2.6 NIEUWSBERICHTEN 17

2.6.1 AVG collectie 17

2.7 EXPLOSIEVEN OPRUIMINGS DIENSTEN DEFENSIE (EODD) 17

2.7.1 Collectie ruimrapporten 17

2.8 COLLECTIE MIJNENKAARTEN 17

2.9 NEDERLANDS INSTITUUT VOOR MILITAIRE HISTORIE (NIMH) 17

2.9.1 Collectie Duitse verdedigingswerken 18

2.9.2 Gevechtsverslagen en rapporten mei 1940 18

2.10 PROVINCIAAL ARCHIEF 18
2.10.1 Militair Gezag 18
2.11 NATIONAAL ARCHIEF 19
2.11.1 Specifieke collecties 19
2.12 SEMI STATISCHE ARCHIEFDIENSTEN MINISTERIE VAN DEFENSIE (SSA) 21
2.12.1 Archief Mijn- en Munitie Opruimings Dienst (MMOD) 1945-1947 21
2.13 NEDERLANDS INSTITUUT VOOR OORLOGSDOCUMENTATIE (NIOD) 22
2.14 HEEMKUNDEKRINGEN EN HISTORISCHE VERENIGINGEN 26
2.15 INTERNET 26

3 CHRONOLOGIE RELEVANTE GEBEURTENISSEN 27
3.1 INLEIDING EN TABEL CHRONOLOGIE 27

4 BEOORDELING BRONNENMATERIAAL 29
4.1 INDICATIE VAN EXPLOSIEVEN IN HET ONDERZOEKSGEBIED 29
4.2 LEEMTEN IN KENNIS BRONNENMATERIAAL 29
4.3 SOORT EN VERSCHIJNINGSVORM VAN EXPLOSIEVEN 30
4.4 HORIZONTALE EN VERTICALE BEGRENZING VERDACHT GEBIED 30

5 CONCLUSIE EN AANBEVELINGEN 31
5.1 CONCLUSIE 31
5.2 ADVIES VERVOLGTRAJECT 31

6 BIJLAGEN 32
6.1 BRONNENLIJST 32
6.1.1 Archieven 32
6.1.2 Literatuur 32
6.1.3 Websites 32
6.2 CERTIFICAAT WSCS-OCE 33
6.3 RICHTLIJNEN WSCS-OCE AFBAKENING VERDACHTE GEBIEDEN 34
6.4 PRESENTATIEKAART VERZAMELDE HISTORISCHE FEITEN 35
6.5 CE-BODEMBELASTINGKAART (VERDACHT GEBIED) 37

Distributielijst
- AVG Explosieven Opsporing Nederland
- ARCADIS Nederland B.V.

Dit document is bestemd voor de opdrachtgever.

Alle rechten voorbehouden.
Niets uit deze rapportage mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen of enige andere manier, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de auteur. (Artikel 16 Auteurswet 1912). Het is de opdrachtgever toegestaan voor intern gebruik kopieën te maken zonder voorafgaande toestemming van de auteur.

Voor informatie, vragen of suggesties:
AVG Explosieven Opsporing Nederland
De Grens 7
6598 DK Heijen
Tel 0485-802020
Fax 0485-802084
Website: www.explosievenopsporing.com / www.uxo.eu
E-mail:oce@avg.eu

Opdrachtgever	ARCADIS Nederland B.V.
Rapport	2062172-VO-01
Naam	VO Leidingtracé NAM Ternaard- Moddergat
Versie	Definitief
Datum	30-11-2020
Vrijgegeven door:	Menno Abee (manager OCE)
Paraaf:	
Opgesteld door:	H. van Driel
Paraaf:	
Gecontroleerd door:	Jeffry van den Bout (coördinator OCE / senior OCE deskundige)
Paraaf:	

1 INLEIDING

1.1 Aanleiding

AVG Explosieven Opsporing Nederland (hierna: AVG) heeft in opdracht van ARCADIS Nederland B.V. een vooronderzoek naar de aanwezigheid van conventionele explosieven (hierna: CE) uitgevoerd ter plaatse van de projectlocatie Leidingtracé NAM Ternaard - Moddergat. Hier zullen in de toekomst diverse bodemingrepen worden uitgevoerd ten behoeve van de aanleg van een leiding. Het onderzoeksgebied betreft een toekomstig leidingtracé van de NAM (Nederlandse Aardolie Maatschappij).

1.2 Probleemstelling

Er kunnen als gevolg van gevechtshandelingen CE in het onderzoeksgebied zijn achtergebleven. Er ontstaat bij het spontaan aantreffen en beroeren van CE uit de Tweede Wereldoorlog mogelijk een verhoogd veiligheidsrisico. Onbedoelde detonaties kunnen bij de uitvoering van werkzaamheden in het ergste geval leiden tot dodelijk letsel en zware schade aan materieel en omgeving. Spontane CE vondsten kunnen resulteren in meerwerkkosten door stagnatie van de uitvoeringswerkzaamheden.

1.3 Doelstelling

Het doel van het vooronderzoek is om aan de hand van een breed scala aan historisch feitenmateriaal een zo genuanceerd mogelijk beeld met betrekking tot het onderzoeksgebied in de Tweede Wereldoorlog te verkrijgen. Aan de hand van deze gegevens wordt een antwoord gegeven op de vraag of en zo ja in welke delen van het onderzoeksgebied er sprake is van een verhoogd risico op het aantreffen van CE. Er zal daarnaast worden ingegaan op de te verwachten soort(en) CE, de verschijningsvorm en de mogelijke hoeveelheid. Het onderzoek resulteert in een horizontale en verticale afbakening van het verdachte gebied door middel van GIS kaartmateriaal en het advies om de werkzaamheden onder reguliere omstandigheden uit te voeren, of om vervolgstappen te zetten in de vorm van bijvoorbeeld een (projectgebonden) risicoanalyse of direct een detectieonderzoek.

1.4 Onderzoeksgebied

Het onderzoeksgebied is gelegen in het gebied tussen Ternaard en Moddergat in de gemeente Dongeradeel en betreft een toekomstig leidingtracé tussen twee gaswinlocaties. AVG maakt een onderscheid tussen het onderzoeksgebied en het analysegebied. Het analysegebied betreft het onderzoeksgebied inclusief een buffer van 181 meter. Alle oorlogshandelingen binnen het analysegebied worden in dit vooronderzoek beoordeeld. Bij een duikbombardement met afwerpmunitie op een ‘pin point target’ wordt het CE verdachte gebied bepaald door een afstand van 181 meter gemeten vanuit het hart van het doel als zijnde CE verdacht te verklaren. Een dergelijke gevechtshandeling binnen de grenzen van het analysegebied leidt automatisch tot één of meerdere CE verdachte gebieden in het onderzoeksgebied.

Afb.1.- Begrenzing onderzoeksgebied: rood omlijnd. Analysegebied: zwart omlijnd.

1.5 Onderzoeksmethode

1.5.1 Algemeen

Bij het vooronderzoek worden literatuur en historische bronnen verzameld en gestructureerd geordend. Het eindresultaat is een rapportage met een bijbehorende CE-bodembelastingkaart. Het vooronderzoek dient conform de WSCS-OCE te worden uitgevoerd.[1] Als uitgangspunt is het wijzigingsvoorstel van de WSCS-OCE van maart 2015 gebruikt.

1.5.2 Inventarisatie bronnenmateriaal

Het bronnenonderzoek vindt plaats op basis van een inventarisatie van:

- Gebeurtenissen die hebben geleid tot de mogelijke aanwezigheid van CE (indicaties);
- Gebeurtenissen die hebben geleid tot de verwijdering van CE (contra-indicaties).

Wij hebben in kader van dit onderzoek de volgende archieven en collecties geraadpleegd:

VERPLICHTE BRONNEN			
Bron	**Korte omschrijving**	**Geraadpleegd**	**Hoofdstuk**
Literatuur	O.a. En nooit was het stil	Ja	2.2
Gemeentelijk archief:			
Gemeente Dongeradeel	Vermeldingen oorlogshandelingen		
Voormalige gemeente 1940 (West-Dongeradeel)	Vermeldingen oorlogshandelingen	Ja, het archief was echter in bewerking en niet te raadplegen	2.5

[1] Werkveldspecifiek certificatieschema voor het systeemcertificaat 'Opsporen CE'

VERPLICHTE BRONNEN			
Bron	**Korte omschrijving**	**Geraadpleegd**	**Hoofdstuk**
Provinciaal archief Tresoar Leeuwarden	Vermeldingen oorlogshandelingen	Ja	2.10
Explosieven Opruimingsdienst Defensie	Geruimde explosieven (mora's/wo's), mijnenkaarten	Ja	2.7 / 2.12
Luchtfotocollectie Bibliotheek Universiteit Wageningen	Luchtfoto's Tweede Wereldoorlog	Ja	2.4
Luchtfotocollectie Topografische Dienst (Kadaster)	Luchtfoto's Tweede Wereldoorlog	Ja	2.4

NIET-VERPLICHTE BRONNEN			
Bron	**Korte omschrijving**	**Geraadpleegd**	**Hoofdstuk**
Nederlands Instituut voor Militaire Historie	Inlichtingen verzet (575 serie)	Ja	2.9
Nederlands Instituut voor Oorlogsdocumentatie	Geheime Dienst Nederland	Ja	2.13
Luchtfotocollectie The Aerial Reconnaissance Archives	Luchtfoto's Tweede Wereldoorlog	Ja	2.4
The National Archives (Londen)	2nd TAF Daily Logs	Nee	
Bundesarchiv-Militairarchiv	Duitse 88e legerkorps	Nee	
The National Archives and Records Administration (Washington)	Gegevens 8th Air Force, 9th Air Force, verschillende airborne divisions, 104th US infantry division	Nee	
Getuigen	Getuigenverslagen uit de eerste hand	Nee	
Semi Statisch Archief (SSA)	Mijn- en Munitie Opruimingsdienst	Ja	2.12
Het Nationaal Archief te Den Haag	Inspectie Bescherming Bevolking tegen luchtaanvallen	Ja	2.11
Collectie Stafkaarten Topografische Dienst Kadaster te Zwolle	Kaartmateriaal	Ja	2.3

IN DE WSCS-OCE NIET GENOEMDE BRONNEN			
Bron	**Korte omschrijving**	**Geraadpleegd**	**Hoofdstuk**
Archief AVG	Gegevens uit binnen- en buitenlandse archieven	Ja	2.6
Database AVG	O.a. oude webartikelen	Ja	2.1
Koninklijke Bibliotheek	Oude krantenberichten	Nee	
Luchtfotocollectie Luftbilddatenbank	Luchtfoto's Tweede Wereldoorlog	Ja	2.4
Centre Historique des Archives à Vincennes	Franse gevechtsverslagen	Nee	
Locatiedeskundige	Expert op het gebied van lokale historie	Nee	
Historische verenigingen	Plaatselijke archieven	Ja	2.14

1.5.3 Beoordeling bronnenmateriaal

In deze fase van het vooronderzoek worden de indicaties en contra-indicaties uit het bronnenonderzoek beoordeeld. Op basis van deze gegevens wordt gemotiveerd vastgesteld of er sprake is van een van een op CE verdacht gebied. Indien er sprake is van een verdacht gebied, dan wordt tevens bepaald: de (sub)soort, de mogelijke aantallen en de verschijningsvorm van de vermoedelijk aanwezige CE, alsmede de horizontale en verticale afbakening van het verdachte gebied.

Bij de beoordeling van bronnenmateriaal is gebruikgemaakt van het geografisch informatie systeem (GIS). De indicaties en contra-indicaties zijn vertaald naar een locatie in het RD-coördinatenstelsel en verwerkt in GIS. De GIS dataset wordt mede gebruikt om te beoordelen of het onderzoeksgebied, of delen daarvan, verdacht is op de mogelijke aanwezigheid van CE.

1.5.4 Verantwoording

Het vooronderzoek is tot stand gekomen dankzij de volgende personen:
- Dhr. H. van Driel (coördinator OCE): uitvoering van het vooronderzoek ;
- Dhr. M. Jochoms (senior OCE deskundige): interne beoordeling inhoud rapportage;
- Dhr. M.A. Abee (manager OCE): interne beoordeling opzet en inhoud rapportage;
- Dhr. J. van den Bout (coördinator OCE / senior OCE deskundige): interne beoordeling inhoud rapportage.

1.5.5 Leeswijzer

Hoofdstuk 2 bevat de resultaten van het literatuur- en het archiefonderzoek.

In hoofdstuk 3 zijn de relevante indicaties en contra-indicaties chronologisch geordend in een lijst van gebeurtenissen. In dit hoofdstuk is tevens bepaald of de lijst met gebeurtenissen voldoende indicaties bevat, waaruit blijkt dat ter plaatse van de onderzoekslocatie mogelijk CE aanwezig zijn.

Hoofdstuk 4 is het resultaat van de beoordeling van bronnenmateriaal. De bij hoofdstuk 4 behorende CE-bodembelastingkaart is opgenomen in bijlage 6.5.

Conclusies en aanbevelingen komen aan de orde in hoofdstuk 5.

2 INVENTARISATIE BRONNENMATERIAAL

2.1 Eerder uitgevoerde onderzoeken

2.1.1 Rapportages archief AVG

Er zijn door medewerkers van AVG in het verleden geen vooronderzoeken op het grondgebied van Dongeradeel uitgevoerd.

2.1.2 Derden

Er zijn in het AVG archief geen door civiele explosieven opruimingsbedrijven uitgevoerde vooronderzoeken in de regio noordoost Friesland beschikbaar.

2.2 Literatuur

2.2.1 Algemene historische context

De 6. en de 18. Armee vielen op 10 mei 1940 Nederland binnen in kader van het door Hitler bevolen Fall Gelb. De 6. Armee trok door het zuidelijk deel van Nederland richting het Albertkanaal. De hoofdaanval van de 18. Armee was gericht op de Moerdijkbruggen die door Duitse parachutisten waren veroverd. De Moerdijkbruggen waren de toegangspoort naar Vesting Holland waar het Nederlandse opperbevel, koningin Wilhelmina en de regering zetelden.

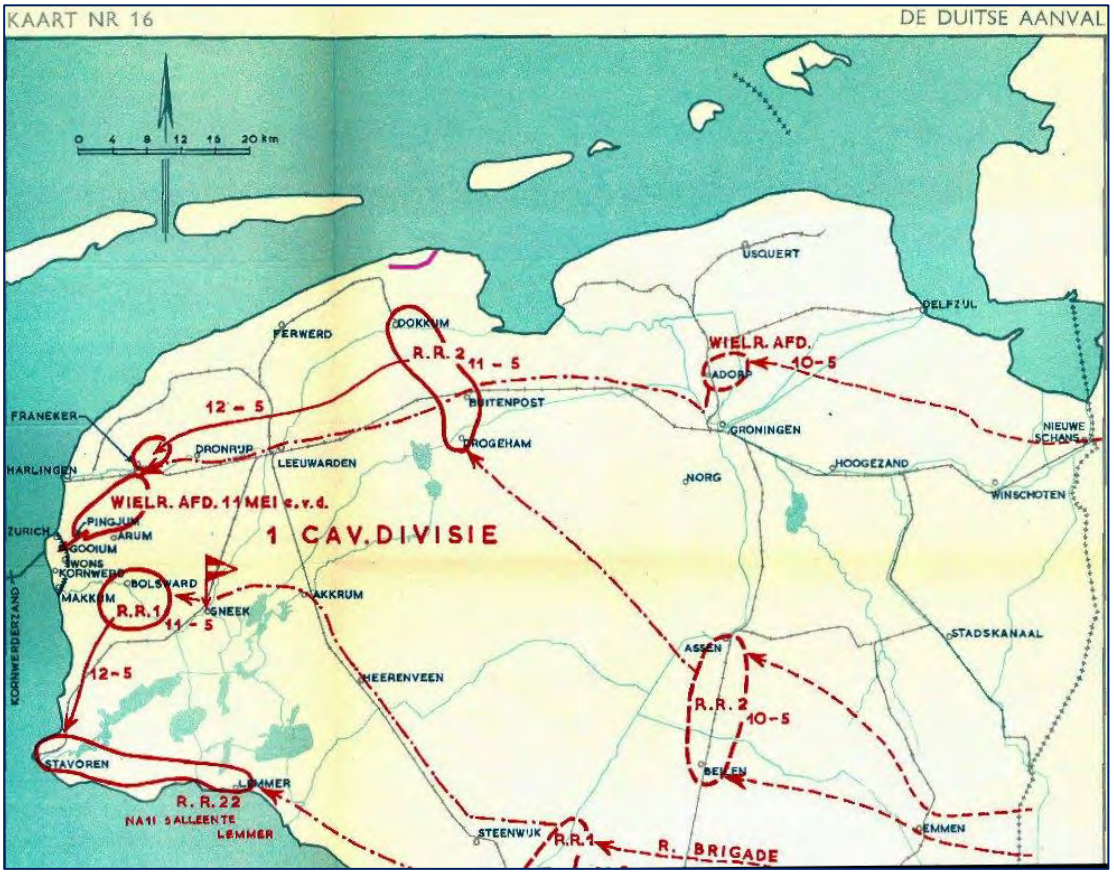
Nederland was van groot belang voor de Luftwaffe (de Duitse luchtmacht). De vliegvelden zouden worden gebruikt voor de strijd tegen Groot-Brittannië en tegelijkertijd kon het Ruhrgebied alleen afdoende worden beschermd tegen vijandelijke luchtaanvallen wanneer er Nederlands grondgebied aan het Derde Rijk was toegevoegd.

De opmarsroute van de 1. Kavallerie-Division liep door de noordelijke Nederlandse provincies. Eenheden van de desbetreffende divisie rukten onder andere op over de as Steenwijk-Heerenveen.

Er waren in het onderzoeksgebied geen belangrijke tactische objecten aanwezig. De voornaamste Nederlandse weerstandslijnen liepen door de provincies Groningen en Drenthe. De Merenlinie en de B-lijn doorsneden (gedeeltelijk) Friesland. Het voornaamste doelwit van de 1. Kavallerie-Division was de Afsluitdijk, die werd afgeschermd door de zogenaamde Wonsstelling. De Duitsers wilden het sluizencomplex van Kornwerderzand en Den Oever gebruiken om de inundaties van de Nieuwe Hollandse Waterlinie en de Grebbelinie ten koste van de Nederlandse defensie droog te leggen. De Duitse opmars door de noordelijke provincies was niet zozeer gericht op de verovering van Vesting Holland via de Afsluitdijk.[2]

De strijd in de noordelijke provincies was kleinschalig: de 1. Kavallerie-Division verloor slechts 21 man. Er was in het onderzoeksgebied geen sprake van gevechtshandelingen.

[2] H. Amersfoort, P. Kamphuis, Mei 1940. De strijd op Nederlands grondgebied ('s-Gravenhage 2005) 312-313.



Afb.2 - Situatie in 1940. Paarse streep: onderzoeksgebied. Bron afbeelding: de Groene Serie. Onderdeel: De Stelling van Den Helder

2.2.2 Luchtoorlog

In het onderstaande overzicht zijn gegevens met betrekking tot de luchtoorlog in de regio Ternaard tot Moddergat opgenomen. Vermeldingen die een directe relatie hebben met het onderzoeksgebied zijn vetgedrukt weergegeven:

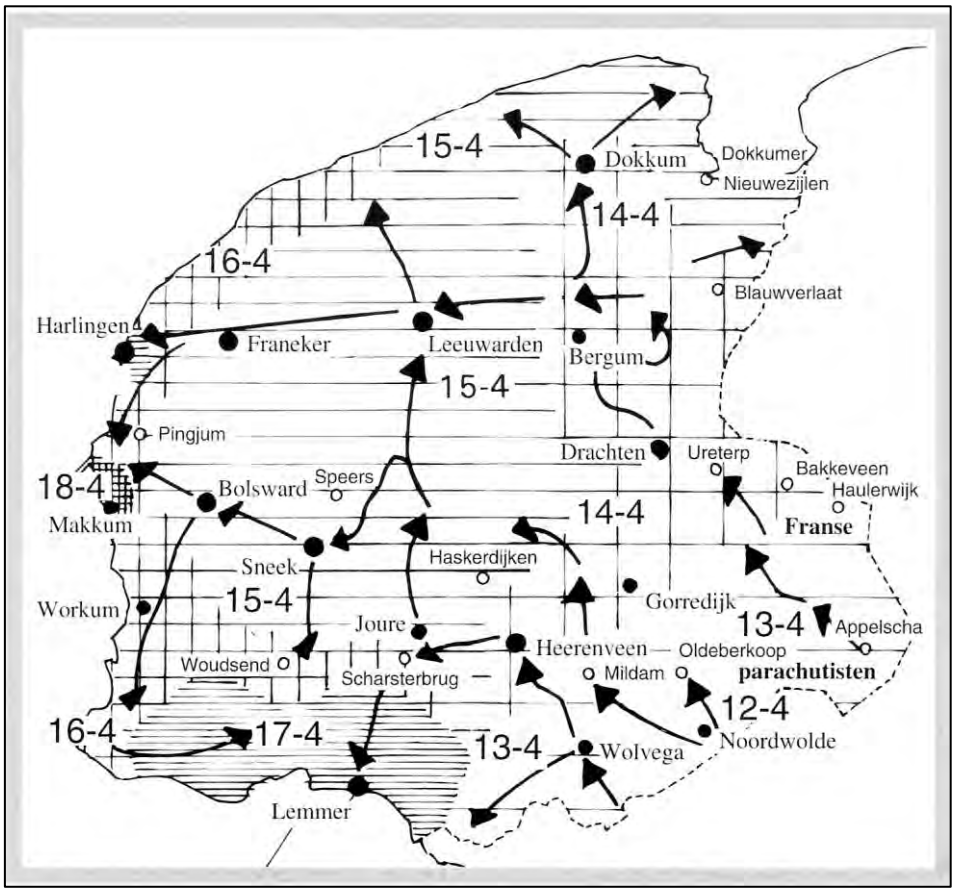
Datum	Gebeurtenis (bron: BOMBARDEMENTEN en verongelukte VLIEGTUIGEN in de periode 10 mei 1940 5 mei 1945, T. Everstein)	Relevant	Motivatie
8 mei 1941	Blenheim Mk IV P4860 XD-P van het No. 139 Jamaica squadron om 00.13 uur op het wad bij Wierum	Nee	De locatie ligt buiten de begrenzing van het analysegebied
3 augustus 1943	Wellington Mk X HF464 AS-W van het No. 166 squadron in de Waddenzee 3,5 km ten noordwesten van Ternaard	Nee	De locatie ligt buiten de begrenzing van het analysegebied

Datum	Gebeurtenis (bron: En nooit was het stil… G.J. Zwanenburg deel 1)	Relevant	Motivatie
8 mei 1941	Eén Blenheim maakt een noodlanding op hert wad bij Wierum (blz. 194)	Nee	De locatie ligt buiten de begrenzing van het analysegebied

Datum	Gebeurtenis (bron: En nooit was het stil… G.J. Zwanenburg deel 2)	Relevant	Motivatie
1940-1945	Geen relevante vermeldingen aangetroffen.	-	-

2.2.3 Bevrijding april 1945

Market Garden was in september 1944 een brug te ver, waardoor de noordelijke provincies nog maandenlang in handen van de Duitse bezetter bleven. Deze status quo veranderde voor Friesland pas in april 1945 toen de Canadese 3rd Infantry Division oprukte aan de linkerflank van II Canadian Corps. Deze divisie had een belangrijk aandeel in de bevrijding. De provincie Friesland viel op 18 april 1945 in geallieerde handen. De gevechtshandelingen in de periode van 15 tot en met 21 april 1945 worden als volgt omschreven in de 'Weekly Summary of Canadian Operations and Activities' van 3rd Canadian Infantry Division: 'Throughout the week there has been some fighting; this however has been confined almost entirely to the rounding up small bodies of enemy. The Dutch Resistance Movement, and the civilians at large have assisted considerably in this matter'.[3]



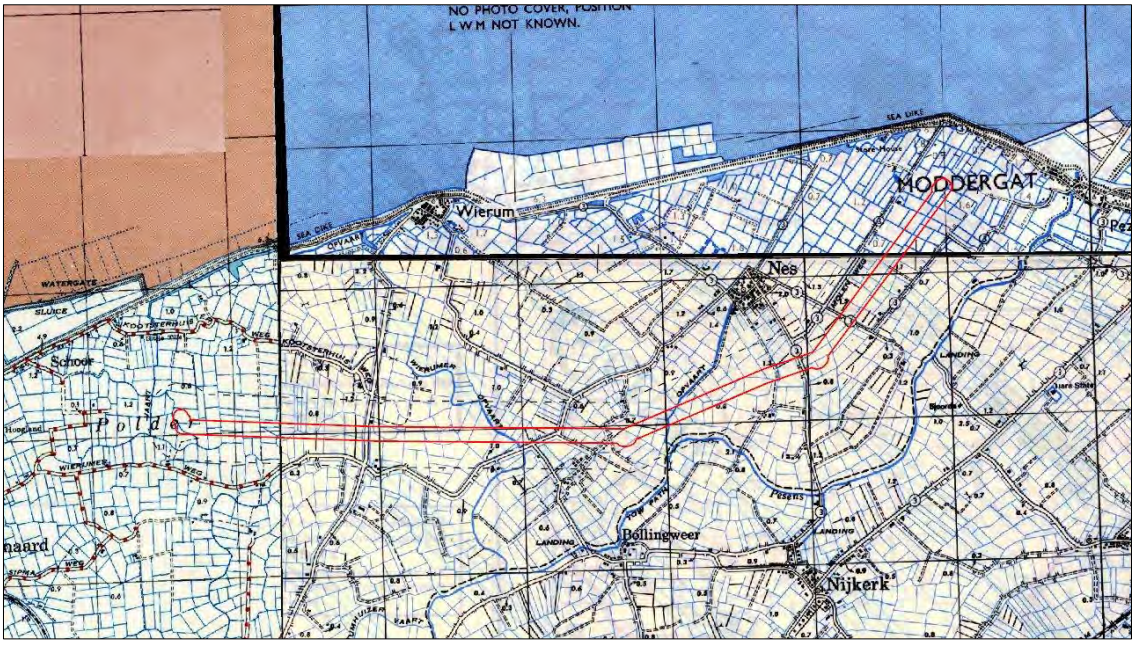
Afb.3- de bevrijding van Friesland
(bron: J.J. Huizinga, Friesland en de Tweede wereldoorlog, p. 47).

[3] Bron: The National Archives Ottawa via derden.

2.3 Collectie stafkaarten Topografische Dienst Kadaster te Zwolle

2.3.1 Geallieerde stafkaarten

Het onderzoeks/analysegebied staat op de stafkaarten, Moddergat sheet 2502 (Second edition), Anjum sheet 2602 (Second edition) en Holwerd sheet 305 (First edition) met het Nord de Guerre coördinatenstelsel. Deze stafkaarten hebben een schaal van 1:25.000. Er zijn in het AVG archief geen defence overprint stafkaarten van het analysegebied aanwezig.



Afb.4 - Geallieerde stafkaart van het onderzoeksgebied, gepositioneerd door middel van GIS. Rode omlijning: onderzoeksgebied

2.3.2 Duitse stafkaarten

Er zijn in het AVG archief relevante Duitse stafkaarten aanwezig. Dit is de Topografische Karte der Niederlande 1:50.000, Truppenkarte 6 West Leeuwarden (uitgave juli 1941), Truppenkarte 2 Ost Schiermonnikoog (uitgave januari 1941) en Truppenkarte West Schiermonnikoog (uitgave april 1941). Deze stafkaarten geven een goed beeld van het analysegebied in de Tweede Wereldoorlog. Aangezien zij vergelijkbaar zijn met de in de voorgaande paragraaf besproken exemplaren, worden zij hier niet afgebeeld.

2.3.3 Overig kaartmateriaal

In het AVG archief zijn geen andere relevante kaarten aanwezig.

2.4 Luchtfoto's

2.4.1 Geraadpleegde luchtfoto's

Het archief van de Afdeling Speciale Collecties van de Wageningen Universiteitsbibliotheek is in kader van dit vooronderzoek geraadpleegd. Dit archief bevat circa 93.000 luchtverkenningfoto's, die zijn gemaakt door de Royal Air Force (RAF) en United States Army Air Forces (USAAF) tijdens de Tweede Wereldoorlog. Er zijn hier relevante luchtfoto's van het onderzoeksgebied aanwezig.

Het archief van de Topografische Dienst te Zwolle is eveneens geraadpleegd. Dit archief bevat circa 110.000 luchtverkenningfoto's uit de oorlogsperiode, gemaakt door de RAF en USAAF. Het archief bestaat ook deels uit voor- en naoorlogse luchtfoto's. Er zijn hier relevante luchtfoto's van het onderzoeksgebied aanwezig.

Daarnaast is het archief van de Luftbilddatenbank te Estenfeld in Duitsland geraadpleegd. De Luftbilddatenbank beschikt over 500.000 eigen luchtfoto's en raadpleegt daarnaast archieven in Nederland, Amerika, Engeland en Canada. Er zijn hier relevante luchtfoto's van het onderzoeksgebied aanwezig.

De aanvullende bron National Collection of Aerial Photography (NCAP) is niet geraadpleegd, omdat de Luftbilddatenbank (die AVG wel heeft geraadpleegd) al automatisch dit archief inziet.

In de geraadpleegde bronnen worden bombardementen d.d. 29 oktober 1940 en 22 november 1940 genoemd. Er zijn in de geraadpleegde luchtfotoarchieven geen luchtfoto's beschikbaar die kort na deze gevechtshandelingen zijn gemaakt.

De volgende luchtfoto's zijn besteld en vervolgens geanalyseerd:

Datum	Vlucht	Fotonummer	Kwaliteit[4]	Collectie[5]	Geogerefereerd
20 juni 1945	34W-S0017	5031	A	LBDB	Ja
20 juni 1945	34W-S0017	5032	A	LBDB	Ja

De luchtfoto's zijn als categorie A gekwalificeerd. Dat betekent dat de verkrijgbare luchtfoto's een geringe kwalitatieve beperking hebben voor wat betreft luchtfoto interpretatie.
Van de eerst mogelijk opnamedatum na de bevrijding waren alleen opnamen van grotere hoogte beschikbaar.

[4] Geallieerde kwalificatie van fotokwaliteit. A = goed, B = matig, C = slecht.
[5] *LBDB = Luftbilddatenbank*
Kad= Kadaster

Afb.5- Luchtfoto's van het onderzoeksgebied. De luchtfoto's d.d. 20-06-1945 zijn gepositioneerd door middel van GIS.

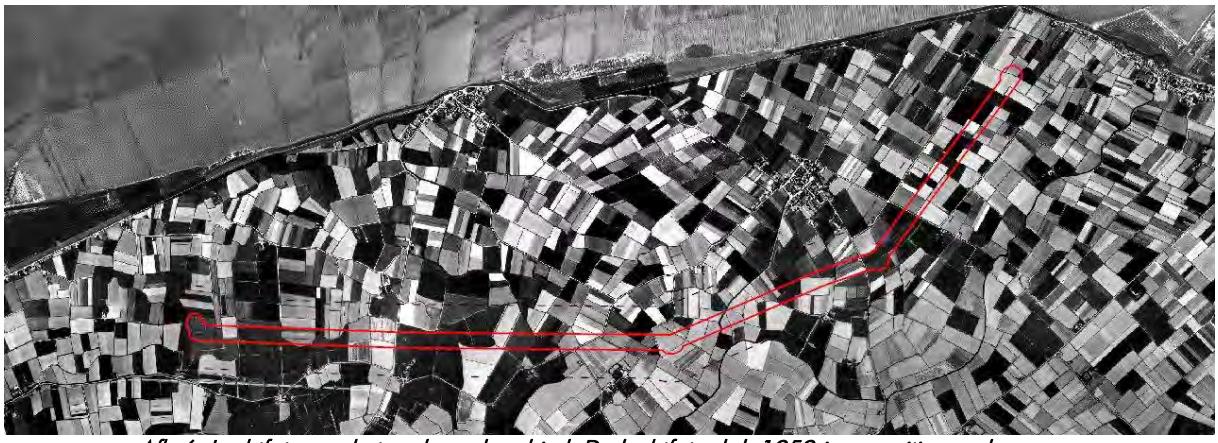
2.4.2 Luchtfoto-interpretatie 1944-1945

Een belangrijk selectiecriterium voor de luchtfoto's uit de Tweede Wereldoorlog is de opnamedatum. De voorkeur ging primair uit naar 'jonge' luchtfoto's met een zo laat mogelijke opnamedatum uit de Tweede Wereldoorlog, dat wil zeggen: luchtfoto's die na de belangrijkste gevechtshandelingen zijn gemaakt. Er is daarnaast rekening gehouden met de kwaliteit van de luchtfoto's, alsmede de schaal. Er kan naar aanleiding van de luchtfotoanalyse worden geconcludeerd dat er geen sporen van gevechtshandelingen in het onderzoeksgebied zichtbaar zijn.
De analyseresultaten zijn als volgt:

Luchtfoto	Analyseresultaat	Relevant	Motivatie
4016	Geen	Nee	Geen relevante waarnemingen
5031	Geen	Nee	Geen relevante waarnemingen
5032	Geen	Nee	Geen relevante waarnemingen

2.4.3 Luchtfoto-interpretatie huidige situatie

Het onderzoeksgebied in de huidige situatie is geanalyseerd met behulp van google maps, google earth en bing maps. Uit een vergelijking van deze luchtfoto's met de in de voorgaande paragrafen besproken exemplaren blijkt, dat er buiten de ruilverkaveling nagenoeg geen veranderingen hebben plaatsgevonden in het landschap.



Afb.6- Luchtfoto van het onderzoeksgebied. De luchtfoto d.d. 1959 is gepositioneerd door middel van GIS.

Afb.7- Luchtfoto van het onderzoeksgebied. De luchtfoto d.d. 2004 is gepositioneerd door middel van GIS.

Afb.8- Luchtfoto van het onderzoeksgebied. De luchtfoto d.d. 2009 is gepositioneerd door middel van GIS.

Afb.9- Luchtfoto van het onderzoeksgebied. De luchtfoto d.d. 2015 is gepositioneerd door middel van GIS.

2.5 Gemeentearchief Dongeradeel

De huidige gemeente Dongeradeel bestond in de Tweede Wereldoorlog uit de volgende (voormalige) gemeenten:

- West-Dongeradeel
- Oost-Dongeradeel
- Dokkum

Het onderzoeksgebied lag in de Tweede Wereldoorlog in de toenmalige gemeente West-Dongeradeel. Bij het gemeentearchief werden de volgende inventarisnummers geraadpleegd:

Archief van de gemeente West Dongeradeel 1928-1983 (Toegangnummer 004.04)	Periode
11. Stukken betreffende vordering, herstel door oorlogsschade en het herplaatsen van kerkklokken in Westdongeradeel	1942 - 1950
1228. Inventarisatielijsten van in gebruik zijnde wapens, buitgemaakte wapens en munitie van de N.B.S. in Westdongeradeel en van barakterreinen, bunkers en de schuur van De Graaf met een lijst van krijgsgevangenen in de gemeente en een inventarisatie van oorlogsbuit en goederen	1945
1239. proces verbaal van het vuurgevecht van de N.B.S. met de bezetting van de Duitse stelling "Heidelberg" te Nes	1940-1945
1240. lijst van wapens en munitie en springstoffen	1940-1945
0549. Stukken betreffende de Algemene Politieverordening	1940-1945
0576. Stukken betreffende het onderhoud van militaire graven en het overbrengen van gesneuvelde militairen met een lijst van neergestorte geallieerde vliegtuigen in de gemeente Westdongeradeel	1938-1971

Het onderzoeksresultaat is als volgt:

Datum	Bombardement en gevechtsgegevens West-Dongeradeel Gemeente Archief	Relevant	Motivatie
13-4-1945	Beschietingen tussen N.B.S en de Duitse Wehrmacht in en rondom Holwerd nabij de 'Heidelberg' (bron: inventarisnummer 1239)	Nee	De locatie bevindt zich buiten de begrenzing van het analysegebied

2.6 Nieuwsberichten

2.6.1 AVG collectie

De collectie CE gerelateerde nieuwsberichten in het AVG bedrijfsarchief is geraadpleegd. In dit archief zijn geen berichten gevonden die betrekking hebben op het onderzoeksgebied en/of de nabije omgeving.

2.7 Explosieven Opruimings Diensten Defensie (EODD)

2.7.1 Collectie ruimrapporten

De EODD houdt sinds 1970 heeft meldingen van aangetroffen CE bij. Deze meldingen zijn tot 1992 als melding opdracht en ruim rapport (MORA) en na 1992 als uitvoeringsopdracht (UO) gearchiveerd. AVG heeft het overzicht van relevante MORA's en UO's van Dongeradeel, Dokkum en Oosternijkerk opgevraagd. Er zijn in dit overzicht geen meldingen van het onderzoeksgebied en/of nabije omgeving geregistreerd.

2.8 Collectie mijnenkaarten

De collectie mijnenveldkaarten van de EODD is in kader van het vooronderzoek geraadpleegd. Dit geldt ook voor de collectie mijnenveld leg- en ruimrapporten. Er lagen geen gedocumenteerde mijnenvelden in het onderzoeksgebied.

2.9 Nederlands Instituut voor Militaire Historie (NIMH)

Het NIMH in Den Haag beheert collecties over de geschiedenis van de Nederlandse krijgsmacht in binnen- en buitenland vanaf de Tachtigjarige Oorlog tot heden. In dit archief is een groot aantal collecties met betrekking tot de landmacht, luchtmacht en marine ondergebracht.

2.9.1 Collectie Duitse verdedigingswerken

De collectie 'Duitse verdedigingswerken en inundaties van Nederlands grondgebied in de oorlog / rapporten van militaire aard vanuit bezet Nederland aan Bureau Inlichtingen Londen', ook wel bekend als de 575-serie, is opgebouwd uit inlichtingenrapporten, plattegronden en verordeningen van zowel de Duitse bezettingsmacht als van het verzet / Bureau Inlichtingen te Londen. Deze zes meter lange collectie bestaat onder andere uit afwikkelingen van de Genie, inlichtingen van de illegaliteit, kaarten van inundaties, de waterstaatkundige situatie in onder andere Gelderland, gegevens betreffende Duitse mijnenvelden, Britse en Duitse kaarten, telegrammen en Duitse voorschriften.
De volgende inventarisnummers zijn geraadpleegd:

Collectie 'Duitse verdedigingswerken en inundaties van Nederlands grondgebied in de oorlog / rapporten van militaire aard vanuit bezet Nederland aan Bureau Inlichtingen Londen'	Inventarisnummer
GB 6240-44: Stellingen in Noord-Friesland en bij Zoutkamp 3-5-'44	394
E 1487-45 Order of battle; provincies Friesland.Groningen,Drenthe e.a. (Gr. Albr.)	303
E 1628-45 Order of battle; betreft Gelderland (IJsselland en Achterhoek), provincie Utrecht, het Gooi, Betuwe en Alblasserwaard, en de provincies Friesland, Groningen en Drenthe	309

Het onderzoeksresultaat is als volgt:

Datum	Gebeurtenis (bron: Collectie 'Duitse verdedigingswerken en inundaties van Nederlands grondgebied in de oorlog / rapporten van militaire aard vanuit bezet Nederland aan Bureau Inlichtingen Londen')	Relevant	Motivatie
3 mei 1944	Tussen Nes en Wierum bevindt zich een zendstation verbonden met twee transformatorhuisjes, de hoofdweg langs het station is verspert met Spaanse ruiters (bron: inventarisnummer 394)	Nee	De locatie ligt buiten de begrenzing van het analysegebied

2.9.2 Gevechtsverslagen en rapporten mei 1940

Deze collectie bestaat uit rapporten, verslagen, dagboeken en tekeningen die door officieren, onderofficieren en manschappen werden ingeleverd bij de Krijgsgeschiedkundige Sectie van het Hoofdkwartier van de Generale Staf. Dit gebeurde in veel gevallen pas in de jaren na de Tweede Wereldoorlog. Deze evaluatieverslagen van de gevechten, die overigens tegenstrijdig kunnen zijn, vormden naast in de Militaire Spectator verschenen artikelen een belangrijke basis voor de 'Groene Serie': het eerste officiële standaardwerk over de strijd in Nederland in de meidagen van 1940.

Er zijn geen relevante inventarisnummers betreffende het onderzoeksgebied/analysegebied beschikbaar.

2.10 Provinciaal archief

2.10.1 Militair Gezag

Het Militair Gezag was verantwoordelijk voor het dagelijks bestuur van de in 1945 bevrijde delen van Nederland. In dit archief zijn doorgaans per provincie gegevens over in gemeenten aanwezige CE ondergebracht. Bij Tresoar in Leeuwarden zijn de onderstaande inventarisnummers geraadpleegd. Er is hier geen relevante informatie met betrekking tot het onderzoeks/analysegebied aanwezig.

Archieven DMC Leeuwarden (Noord-Friesland)	Periode
Doos 28 map 3. Correspondentie en lijsten van gesneuvelde of aangespoelde militairen der geallieerden of Duitsers, benevens 2 foto's van het kerkhof 'Vredenhof' te Schiermonnikoog	z.d.
Doos 28 map 4. Gegevens betreffende toestanden in de gemeenten	z.d.

Archieven DMC Leeuwarden (Noord-Friesland)	Periode
Doos 29 map 25. ' Move of German Tps. Western Holland to Germany' (stencil)	z.d.
Doos 30 map 33. Politionele rapporten van diverse gemeenten	z.d.
Doos 30 map 37. Correspondentie betr. opruimen van mijnen en ander oorlogstuig	z.d.
Doos 31 map 79. Correspondentie betreffende afgifte oorlogsbuit (geweren en munitie)	z.d.

Archieven PMC Friesland	Periode
Doos 3 map 33. Staat van oorlog en beleg. Tevens aangevende bevrijdingsdatum der gemeenten in Friesland	z.d.
Doos 8 map 118. Brandmeldingen	z.d.
Doos 8 map 119. Correspondentie inzake de Luchtbescherming	z.d.
Doos 8 map 120. Opruimen van mijnen, benevens een proces-verbaal van een dodelijk ongeval overkomen aan J. Boorsma, bij het opruimen van projectielen	z.d.
Doos 8, map 121. Aangiften van mijnenvelden met bijbehorende correspondentie	z.d.
Doos 19, map 287. Aangifte mijnen enz. Inlevering wapens enz.	z.d.

2.11 Nationaal archief

2.11.1 Specifieke collecties

Het Nationaal Archief is de grootste openbare archiefinstelling in Nederland. Het Nationaal Archief is formeel gezien een Algemeen Rijksarchief, waar onder andere het 2,1 meter lange archief van het Korps Hulpverleningsdienst van het Ministerie van Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties is ondergebracht. Het Korps Hulpverleningsdienst is de voorganger van de huidige EODD en was belast met de ruiming van CE in Nederland. Het archief van de Hulpverleningsdienst bevat onder andere registers met krantenknipsels van aangetroffen CE. Verder bevat het archief stukken betreffende (al dan niet dodelijke) ongevallen tijdens diensttijd en hulp en uitkeringen aan nabestaanden van omgekomen personeel. Daarnaast zijn er registers inzake meldingen van CE in het archief aanwezig.

In het archief van de Inspectie Bescherming Bevolking tegen Luchtaanvallen, periode 1937-1946, zijn meldingen en processen-verbaal van gemeenten over geallieerde luchtactiviteiten opgenomen. Het betreft gegevens betreffende de luchtoorlog in de provincies Groningen, Friesland, Drenthe, Overijssel, Gelderland, Utrecht, Noord-Holland, Zuid-Holland, Zeeland, Noord-Brabant en Limburg in de periode 1941-1942. De in dit archief aanwezige bronnen bevatten gegevens over onder andere bombardementen, noodafworpen en vliegtuigbeschietingen.

De volgende inventarisnummers zijn geraadpleegd:

Nationaal Archief
Hulpverleningsdienst inventarisnummer 20
Hulpverleningsdienst inventarisnummer 21
Hulpverleningsdienst inventarisnummer 22
Hulpverleningsdienst inventarisnummer 23
Hulpverleningsdienst inventarisnummer 27
Hulpverleningsdienst inventarisnummer 28
Luchtbeschermingsdienst inventarisnummer 70 Friesland

De onderzoeksresultaten zijn als volgt:

Datum	Gebeurtenis (bron: Nationaal archief)	Relevant	Motivatie
5 oktober 1940	In Moddergat is een sperballon in zee neergekomen (Bron: Toegang 70 Luchtbeschermingsdienst Westdongeradeel)	Nee	De locatie ligt buiten de begrenzing van het analysegebied
29 oktober (vermoedelijk 1940)	**Bom gevallen onder Nes, geen schade (Bron: Toegang 70 Luchtbeschermingsdienst Westdongeradeel)** (Bron: Toegang 70 Luchtbeschermingsdienst Westdongeradeel)	**Mogelijk (NALBDFRWD3.JPG)**	**Het onderzoeksgebied ligt onder Nes.**
22 november 1940	Bomaanval in de dorpen Ternaard en Hantum, bommen neergekomen in bouwland (Bron: Toegang 70 Luchtbeschermingsdienst Westdongeradeel)	Nee (NALBDFRWD5.JPG)	Ternaard en Hantum liggen buiten de begrenzing van het onderzoeksgebied
8 mei 1941	Engelse bommenwerper heeft een noodlanding gemaakt bij het dorp Wierum in de waddenzee (Bron: Toegang 70 Luchtbeschermingsdienst Westdongeradeel)	Nee	De locatie ligt buiten de begrenzing van het analysegebied
19 juni 1941	Een Pools vliegtuig komt neer ver in de Waddenzee (Bron: Toegang 70 Luchtbeschermingsdienst Westdongeradeel)	Nee	De locatie ligt buiten de begrenzing van het analysegebied
25 juni 1941	Luchtgevecht boven Wierum tussen 2 Duitse en 1 Engels vliegtuig, schade veroorzaakt aan woningen door mitrailleurkogels (Bron: Toegang 70 Luchtbeschermingsdienst Westdongeradeel)	Nee	De locatie ligt buiten de begrenzing van het analysegebied
4 juli 1941	Ongeval met een explosief voorwerp, meegenomen door 2 jongens vanuit de Waddenzee, waarbij de jongens omkomen. (Bron: Toegang 70 Luchtbeschermingsdienst Westdongeradeel)	Nee	De locatie ligt buiten de begrenzing van het analysegebied

Naoorlogse ruimingen:

Datum	Gebeurtenis (bron:Nationaal Archief)	Relevant	Motivatie
9 oktober 1959	Een Engelse vliegtuigbom (500 ponder) is gevonden in een droge sloot tegen de zeedijk onder Nes ten noorden van Dokkum 15meter van een Duitse bunker af (Bron: inventarisnr. 22)	Nee	De locatie ligt buiten de begrenzing van het analysegebied

Afb.10- Foto uit de Leeuwarder Courant d.d. 8 oktober 1959.

2.12 Semi Statische Archiefdiensten Ministerie van Defensie (SSA)

Het SSA in Rijswijk beheert de archieven van het Ministerie van Defensie voordat deze aan het Nationaal Archief worden overgedragen. In dit archief zijn bronnen met betrekking tot naoorlogse CE-ruimingen door de Mijn- en Munitie Opruimingsdienst en de Mijn Opruimings Dienst ondergebracht. Het betreft documenten uit de eerste jaren na de Tweede Wereldoorlog: een periode waarin er nog grote aantallen CE in Nederland aanwezig waren.

2.12.1 Archief Mijn- en Munitie Opruimings Dienst (MMOD) 1945-1947

De MMOD en de MOD waren na de Tweede Wereldoorlog in Nederland verantwoordelijk voor het opruimen van mijnen en achtergelaten CE. Het archief bestaat uit meldingen, kaarten, plattegronden en ruimrapporten betreffende locaties binnen Nederlandse gemeenten waar CE aanwezig waren.

Het onderzoeksresultaat is als volgt:

Datum	Gebeurtenis (bron: Archief Mijn- en Opruimingsdienst)	Relevant	Motivatie
31 januari 1946	De burgemeester verklaart dat er geen explosieve stoffen of enigerlei munitie aanwezig zijn in de gemeente.	Nee	Dit betreft een contra-indicatie voor de aanwezigheid van CE, echter werden dit soort meldingen gedaan op basis van de destijds bekende gegevens en ter bevordering van de voortgang van de wederopbouw.
5 oktober 1946	De burgemeester verklaart dat er geen explosieven aanwezig zijn in de gemeente.	Nee	Dit betreft een contra-indicatie voor de aanwezigheid van CE, echter werden dit soort meldingen gedaan op basis van de destijds bekende gegevens en ter bevordering van de voortgang van de wederopbouw.

2.13 Nederlands Instituut voor Oorlogsdocumentatie (NIOD)

Het NIOD Instituut voor Oorlogs-, Holocaust- en Genocidestudies houdt zich bezig met de bestudering van de Eerste en Tweede Wereldoorlog, de Holocaust en hedendaagse genociden. In het archief te Amsterdam is een uitgebreide collectie oorlogsdagboeken en boeken ondergebracht. Dit archief bevat daarnaast een groot aantal foto's uit de Tweede Wereldoorlog.

Bij het NIOD zijn de onderstaande collecties geraadpleegd:
- Collectie Departement van Justitie (toegangsnummer 216k)
- Collectie Generalkommissariat für das Sicherheitswesen – Höhere SS- und Polizeiführer Nord-West (toegangsnummer 077)
- Geheime Dienst Nederland (toegangsnummer 191)

Het betreft de volgende inventarisnummers.

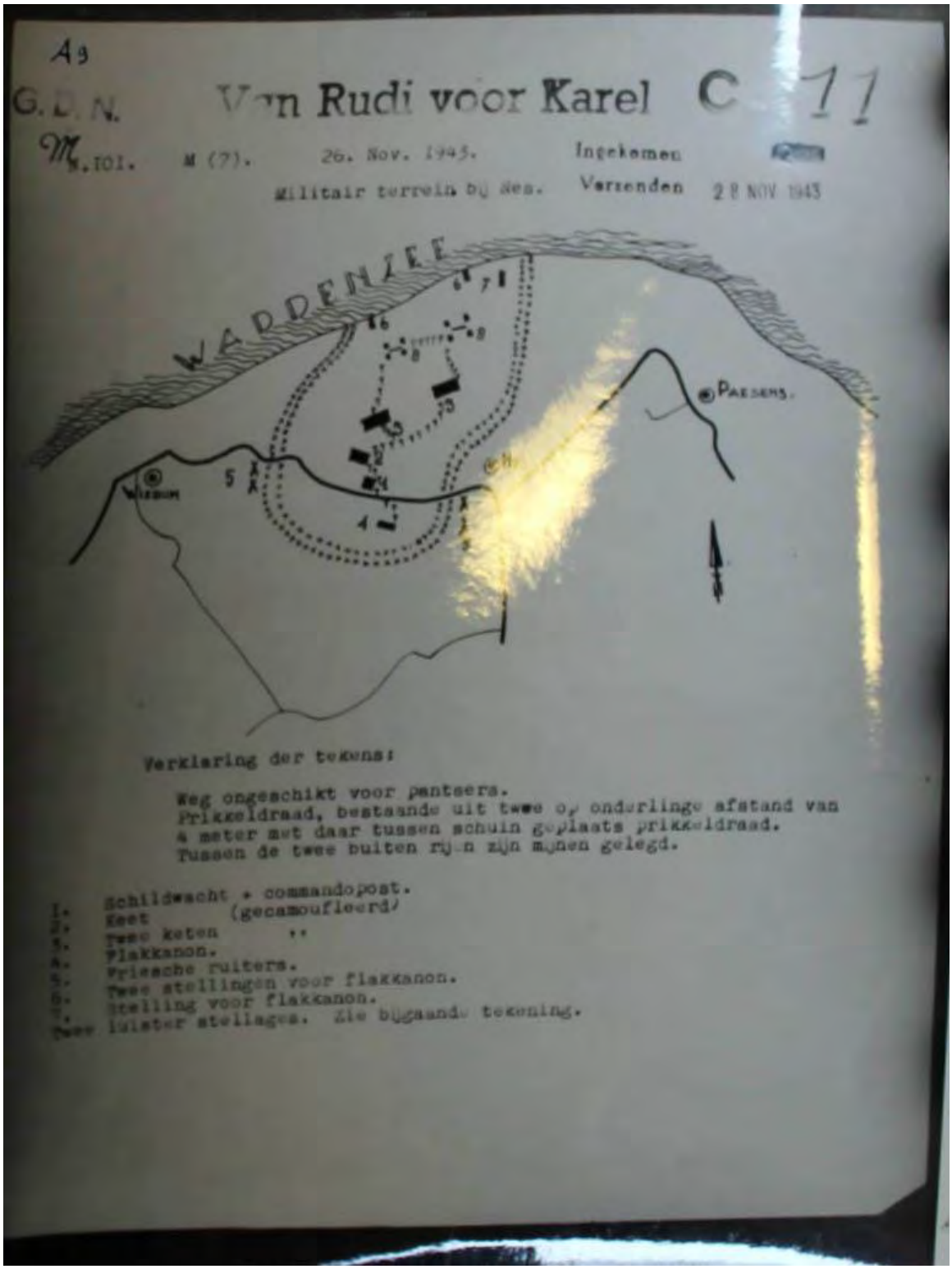
Collectie Departement van Justitie (toegangsnummer 216k), NIOD	Inventarisnummer
Rapporten van de plaatselijke luchtbeschermingsdiensten, politiekorpsen en de Marechaussee inzake het geven van het sein luchtalarm, het neerstorten van vliegtuigen en vliegtuigonderdelen en de vondst van niet-ontplofte explosieven, 23 juni 1943 - 28 april 1944.	180
Processen-verbaal van de plaatselijke luchtbeschermingsdiensten, politie en Marechaussee met betrekking tot vijandelijke vliegtuigen, bomaanvallen en ontploffingen in verschillende gemeenten.	181-185
Meldingen van verschillende gemeenten betreffende ongevallen, beschietingen, bombardementen en het afwerpen van (lege) benzinetanks door vliegtuigen.	186
Telexberichten inzake meldingen van neergestorte geallieerde bommenwerpers, 20 - 24 februari 1944.	328
Stukken betreffende het melden van schade door bombardementen en beschietingen uit vliegtuigen, 24 februari 1944 - 31 maart 1945.	329
Stukken betreffende het opstellen van processen-verbaal inzake bombardementen en beschietingen in verschillende gemeenten, 28 september 1944 - 31 maart 1945.	331
Proces-verbaal van de luchtbeschermingsleider inzake schade door luchtaanvallen door de geallieerden en afweergeschut van de Duitsers, 3 februari 1944.	477
Stukken betreffende het instellen van een onderzoek naar de gevolgen van luchtaanvallen, 8 oktober 1944 - 6 februari 1945.	493
Stukken betreffende het instellen van een onderzoek inzake het bombardement op 14 oktober, 17 oktober 1944.	624
Rapporten van de onderluitenant van de Marechaussee F. Meems inzake het vinden van benzinetanks, die uit een vliegtuig waren geworpen, alsmede de inslag van een granaat, 20 januari - 20 maart 1944.	642

Collectie Generalkommissariat für das Sicherheitswesen – Höhere SS- und Polizeiführer Nord-West (toegangsnummer 077), NIOD	Inventarisnummer
Berichtgevingen betreffende neergekomen vliegtuigen, 1943.	1759

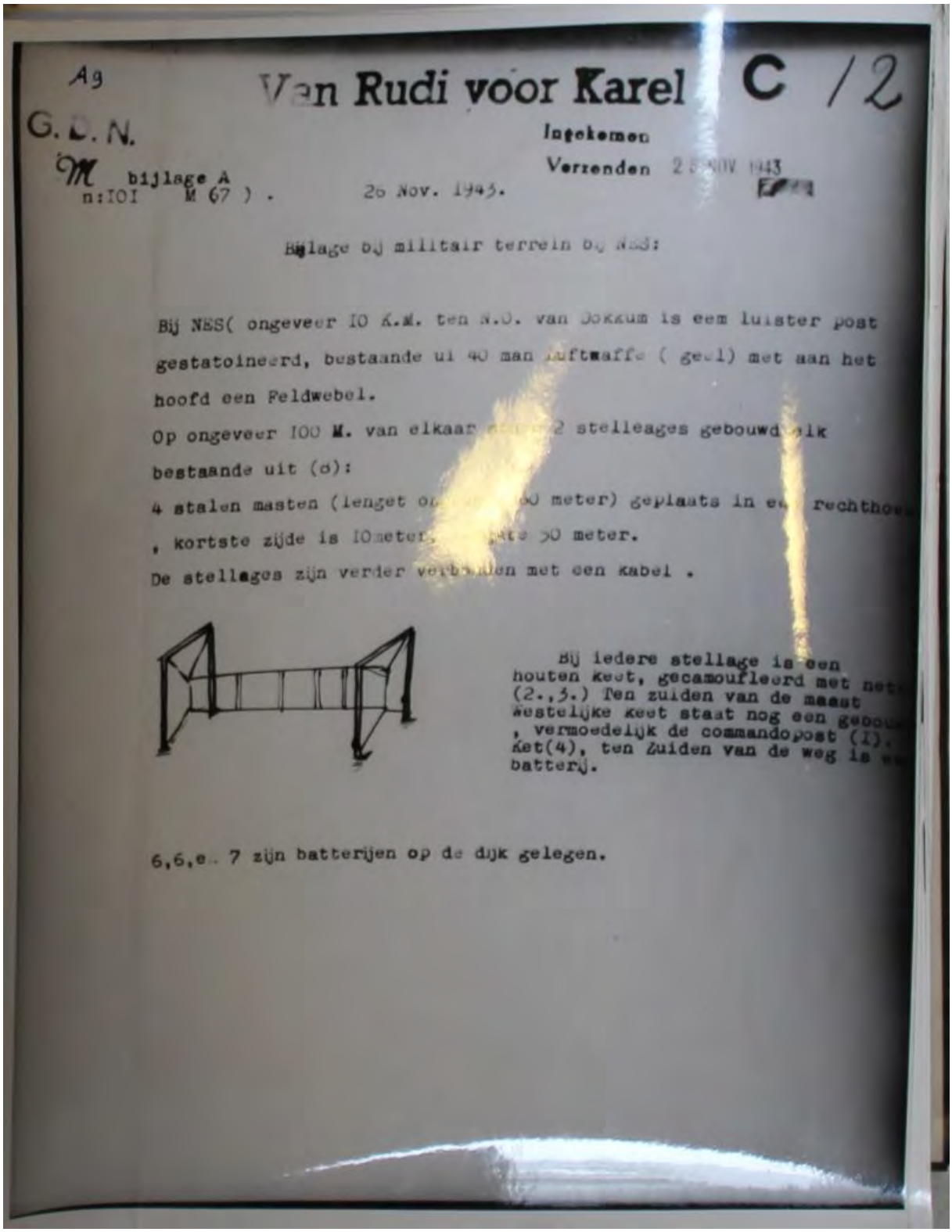
Nationaal Instituut voor Oorlogs-, Holocaust- en genocidestudies (toegangsnummer 191) Geheime Dienst Nederland	Inventarisnummer
Militaire situatie Nes	1

Het onderzoeksresultaat is als volgt:

Datum	Gebeurtenis (bron: Toegang 191 Geheime Dienst Nederland)	Relevant	Motivatie
28 november 1943	Militair terrein bij Nes: FLAK kanonnen en FLAK opstelplaatsen, twee luisterstellages omgeven door prikkeldraadversperring en mijnenveld. (inventaris nr. 1)	Nee	Deze locatie valt buiten het analysegebied



Afb. 11- Militair terrein Nes , het analysegebied ligt ten zuiden van dit terrein (Bron: NIOD- Geheime Dienst Nederland Toegang 191 inventarisnr. 1).



Ag

Van Rudi voor Karel C /2

G. D. N.

Ingekomen

Verzenden 25 NOV 1943

M bijlage A
n:IOI M 67) . 26 Nov. 1943.

Bijlage bij militair terrein bij NES:

Bij NES(ongeveer IO K.M. ten N.O. van Dokkum is een luister post gestatoineerd, bestaande uit 40 man Luftwaffe (geel) met aan het hoofd een Feldwebel.

Op ongeveer IOO M. van elkaar [illegible] stelleages gebouwd elk bestaande uit (6):

4 stalen masten (lenget o[illegible] meter) geplaats in e[illegible] rechthoe[illegible], kortste zijde is IOmeter[illegible] >0 meter.

De stellages zijn verder verbonden met een kabel .

Bij iedere stellage is een houten keet, gecamoufleerd met net[illegible] (2.,3.) Ten zuiden van de maast westelijke keet staat nog een gebou[illegible], vermoedelijk de commandopost (1). Ket(4), ten Zuiden van de weg is e[illegible] batterij.

6,6,e[illegible] 7 zijn batterijen op de dijk gelegen.

Afb. 12- Bijlage bij Militair terrein Nes (Bron: NIOD- Geheime Dienst Nederland Toegang 191 inventarisnr. 1)

2.14 Heemkundekringen en historische verenigingen

Via de website van de Historische Vereniging Noordoost Friesland zijn de publicaties doorgenomen en bestudeerd. Hieruit zijn geen relevante vermeldingen naar voren gekomen.

2.15 Internet

Op internet is de onderstaande afbeelding gevonden van de waarnemingsbunker ten noorden van Nes.

Afb.13- Bunker tussen Nes en de zeedijk (Bron: Wikipedia).

2.16 Niet verplichte bronnen

AVG beschikt niet over relevante toegangen/inventarisnummers uit het Bundesarchiv-Militärarchiv te Freiburg en The National Archives and Records Administration te Washington die relevant zijn voor dit vooronderzoek. AVG beschikt niet over contactgegevens van (mogelijk) relevante getuigen.

3 CHRONOLOGIE RELEVANTE GEBEURTENISSEN

3.1 Inleiding en tabel chronologie

AVG heeft op basis van de gegevens in hoofdstuk 2 een overzicht van relevante gebeurtenissen tijdens en na de Tweede Wereldoorlog opgesteld, waarbij gebruik is gemaakt van alle op het moment van opstellen beschikbare bronnen. Deze gegevens zijn chronologisch in een tabel verwerkt. De in deze tabel verwerkte nummering correspondeert met de in de feitenkaart verwerkte feiten en in de bodembelastingkaart afgebakende verdachte gebieden (indien van toepassing).

1940-1945						
Datum	Gebeurtenis	Hoofdstuk	Bron	Bruikbaar t.b.v. afbakening	Nr . FK[1]	Nr .CE BBK[2]
29 oktober (vermoedelijk 1940)	Bom gevallen onder Nes, geen schade	2.11	(Bron: Toegang 70 Luchtbeschermingsdienst Westdongeradeel) (Bron: Toegang 70 Luchtbeschermingsdienst Westdongeradeel)	De beschrijving is te globaal om een CE verdacht gebied af te kunnen bakenen. Er zijn bovendien geen luchtfoto's beschikbaar die kort na deze gevechtshandeling zijn gemaakt (van belang om inslagkraters in kaart te brengen).	1	--

[1] FK = Feitenkaart
[2] CE BBK = CE Bodembelastingkaart

4 BEOORDELING BRONNENMATERIAAL

4.1 Indicatie van explosieven in het onderzoeksgebied

- Er is in de meidagen van 1940 geen sprake geweest van grondgevechten in of in de directe nabijheid van het onderzoeksgebied.
- Er was in de periode voorafgaand aan de bevrijding door de geallieerden geen sprake van grondgevechten in of in de directe nabijheid van het onderzoeksgebied.
- Er waren geen militaire objecten in het onderzoeksgebied of de directe nabijheid aanwezig. De dichtstbijzijnde militaire infra was gelegen boven Nes en bestond voornamelijk uit luchtverdediging in de vorm van luisterposten en een waarnemingsbunker. Op het verzetskaartje uit 28 november 1943 wordt tevens tussen Nes en Wierum een militair terrein aangegeven met FLAK stellingen omgeven door prikkeldraadversperring en mijnen. Deze terreinen liggen buiten het analysegebied
- Er zijn geen militaire vliegtuigen in het onderzoeksgebied gecrasht.
- Er is geen sprake geweest van vliegtuigbeschietingen, noodafworpen en bombardementen in het onderzoeksgebied.
- Het onderzoeksgebied heeft niet geleden onder gevechtshandelingen.
- Er zijn in het verleden geen CE in het onderzoeksgebied of in de directe nabijheid van het onderzoeksgebied gevonden.
- Er is na de Tweede Wereldoorlog geen sprake geweest van naoorlogse bodemingrepen in het onderzoeksgebied (contra-indicaties).

Op basis van de verzamelde feiten zijn er geen indicaties beschikbaar waaruit blijkt dat er mogelijk CE in het onderzoeksgebied aanwezig zijn.

4.2 Leemten in kennis bronnenmateriaal

- Bij een historisch onderzoek kan nooit een volledig overzicht van alle bronnen worden verkregen. Er is bij dit onderzoek is er gebruik gemaakt van een bronnenselectie. Getuigen die meer kunnen vertellen over munitiedumpingen, vliegtuigcrashes en bombardementen kunnen ondertussen zijn overleden
- Luchtfoto's van de Royal Air Force geven doorgaans een betrouwbare indicatie voor wat betreft de vraag of er mogelijk CE in het onderzoeksgebied aanwezig zijn. Luchtfoto's geven altijd een momentopname weer. Er kunnen vòòr, na en tussen verschillende opnamedata in CE in het onderzoeksgebied terecht zijn gekomen. Het is, vanwege getroffen camouflagemaatregelen, maar zeer de vraag of alle geschutsopstellingen etc. op luchtfoto's kunnen worden teruggevonden
- De ruimrapporten van de EOD kennen hun beperkingen, voor wat betreft de nauwkeurigheid van de vindplaatsbeschrijvingen. Het is niet altijd mogelijk om exact aan te geven waar de CE werden aangetroffen. Deze munitie is bovendien geruimd. Dergelijke beperkingen zijn er ook bij andere geraadpleegde bronnen, zoals bijvoorbeeld documenten uit de gemeentearchieven. Er kan alleen een CE verdacht gebied worden afgebakend met behulp van concrete locatiebeschrijvingen

4.3 Soort en verschijningsvorm van explosieven

Omdat er onvoldoende of te globaal feitelijk bewijs voor de vermoedelijke aanwezigheid van CE is gevonden, zijn de soort en verschijningsvorm niet van toepassing.

4.4 Horizontale en verticale begrenzing verdacht gebied

Omdat er onvoldoende of te globaal feitelijk bewijs voor de vermoedelijke aanwezigheid van CE is gevonden, is de horizontale en verticale begrenzing van het verdachte gebied niet van toepassing.

5 CONCLUSIE EN AANBEVELINGEN

5.1 Conclusie

AVG heeft in opdracht van ARCADIS Nederland B.V. een vooronderzoek CE uitgevoerd ter plaatse van het tracé Ternaard-Moddergat.

Op basis van de beoordeling van de feiten van het vooronderzoek is geconcludeerd dat er geen (of te globale) indicaties zijn voor de mogelijke aanwezigheid van CE in het onderzoeksgebied.

5.2 Advies vervolgtraject

AVG adviseert ARCADIS Nederland B.V. de werkzaamheden onder reguliere condities uit te voeren. De kans op het aantreffen van CE is net zo groot als de gemiddelde kans op het aantreffen van CE op als 'onverdacht' aangemerkte locaties in de rest van Nederland.

6 BIJLAGEN

6.1 Bronnenlijst

6.1.1 Archieven

- Archief AVG
- Archief Explosieven Opruimings Dienst Defensie Soesterberg / Semi Statische Archief Diensten Rijswijk
- Gemeentearchief Dongeradeel
- Universiteit Wageningen, afdeling Speciale Collecties
- Kadaster Zwolle
- Nationaal Archief
- Provinciaal Archief/ Tresoar
- Nederlands Instituut voor Oorlogsdocumentatie Amsterdam

6.1.2 Literatuur

- H. Amersfoort / P. Kamphuis (red.), *Mei 1940. De strijd op Nederlands Grondgebied* ('s-Gravenhage 2005)
- C.Klep / B. Schoenmaker (red.), *De bevrijding van Nederland 1944 – 1945. Oorlog op de flank* (Den Haag 1995)
- B.C. de Pater/ B. Schoenmaker e.a., *Grote Atlas van Nederland 1930-1950* (2006)
- G.J. Zwanenburg, *En nooit was het stil….Kroniek van een Luchtoorlog. Deel 1 & 2.*(Den Haag 1990/1992)
- Ab A. Jansen, *Wespennest Leeuwarden Deel 1,2,3* (Baarn, 1979)
- Ab A Jansen, *Gevleugeld verleden* (1975)
- J. Kooistra*, Strijders onderdrukkers en bevrijders (2008)*
- Reinder H. Postma/ Yvonne te Nijenhuis, *De oorlog een gezicht gegeven Dokkum in de periode '40-'45* (Dokkum,2015)

6.1.3 Websites

- http://www.avg.eu
- http://www.explosievenopsporing.com
- http://www.explosievenopsporing.nl
- http://www.geheugenvannederland.nl
- http://www.hvnf.nl
- http://www.delpher.nl

6.2 Certificaat WSCS-OCE

TÜV NEDERLAND

AVG Explosieven Opsporing Nederland

te Kaatsheuvel

KvK-nummer: 12029421

Het managementsysteem van **AVG Explosieven Opsporing Nederland** en de toepassing daarvan voldoet aan de eisen zoals neergelegd in de norm:

Systeemcertificaat

Opsporen Conventionele Explosieven WSCS-OCE

Evaluatie van het managementsysteem heeft plaatsgevonden volgens het certificatiereglement van TÜV Nederland voor het toepassingsgebied:

Deelgebied A: Opsporing
Deelgebied B: Civieltechnische ondersteuning

Deze certificatie is onderworpen aan een jaarlijkse evaluatie door TÜV Nederland.

Registratienummer:	13380/12.2
Ingangsdatum certificaat:	09-05-2019
Certificaat geldig tot:	15-12-2021
Datum eerste certificaat:	15-12-2006

Managing Director
Dhr. E.W.A.C. Franken

TÜV Nederland
Ekkersrijt 4401
5692 DL Son en Breugel
T: +31 (0) 499 – 339 500
E: info@tuv.nl
W: www.tuv.nl

SCVE Stichting Certificering Vuurwerk & Explosieven

TÜV NEDERLAND WSCS-OCE

Aanwijzingsbeschikking Ministerie van Sociale Zaken en Werkgelegenheid onder nummer: 2014-0000086668

1 / 1

6.3 Richtlijnen WSCS-OCE afbakening verdachte gebieden

Indicatie	Algemene omschrijving	Uitgangspunt conclusie		Uitgangspunten voor afbakening verdacht gebied
		Verdacht	Onverdacht	
Crashlocatie vliegtuig	Aanwezigheid van CE vanwege de crash.	x		Situationeel te bepalen.
Krater van gedetoneerde incidentele luchtafweergranaat	Gebied waarin zich de krater van de detonatie van een incidentele luchtafweergranaat bevindt.		x	Tenzij er indicaties zijn dat het geen incidentele luchtafweergranaat betreft.
Inslagpunt van een V-1 wapen	Gebied dat is getroffen door de inslag van een V-1 wapen.	x		15 meter rondom een inslagpunt vanwege de mogelijke horizontale verplaatsing onder de grond.
Krater van een (gedeeltelijk) gedetoneerd V-1 wapen	Gebied waarin zich de krater van de detonatie van een V-1 wapen bevindt.	x		50 meter rondom een inslagpunt vanwege de mogelijke aanwezigheid van explosieve componenten.
Krater van een (gedeeltelijk) gedetoneerd V-2 wapen	Gebied waarin zich de krater van de detonatie van een V-2 wapen bevindt.	x		Situationeel te bepalen.
Dumplocatie van munitie en/of toebehoren	Dumplocatie van CE en/of toebehoren in landbodem of op waterbodem.	x		Locatie van de dump en afbakening verder situationeel te bepalen, bijvoorbeeld dumping in stilstaand of stromend water.
Ongecontroleerde (massa)explosie	(Sympathische) detonatie van een explosieven voorraad zoals ontploffing munitieopslag of munitie trein.	x		Situationeel te bepalen
Vernietigingslocatie voor CE	Eén of meerdere springputten.	x		De contour(en) van de springput(ten) en afbakening verder situationeel te bepalen, bijvoorbeeld gelet op de afstand van eventuele uitgeworpen CE buiten deze contour(en).
Vernielingslading (in werking gesteld)	Locatie van in werking gestelde vernielingslading, waarbij de mogelijkheid bestaat op het aantreffen van niet (geheel) gedetoneerde springlading(en).	x		Locatie waar de vernielingslading in werking is gesteld en afbakening verder situationeel te bepalen.
Tapijtbombardement	Gebied dat is getroffen door een bombardement met middelzware en/of zware bommenwerpers, met als doel om schade aan te richten over een groot gebied.	x		Op basis van een analyse van het inslagenpatroon[1] wordt de maximale afstand tussen twee opeenvolgende inslagen binnen een inslagpatroon bepaald. Het verdachte gebied wordt afgebakend door deze afstand te projecteren op de buitenste inslagen van het inslagenpatroon. Dat is exclusief de eventuele horizontale verplaatsing van de buitenste blindganger binnen het inslagenpatroon.
Duikbombardement op zgn. 'Pin Point Target', inslagenpatroon onbekend	Gebied dat is getroffen door een bombardement met jachtbommenwerpers, met als doel om een vooraf bepaald specifiek object te treffen.	x		Het verdachte gebied wordt bepaald door een afstand van 181 meter gemeten vanuit het hart van het doel[2/3].
Duikbombardement op zgn. 'Line Target', inslagenpatroon onbekend	Lineair gebied, nabij een spoorlijn, dat is getroffen door een bombardement met jachtbommenwerpers, met als doel om de spoorlijn te treffen.	x		Het verdachte gebied wordt bepaald door een afstand van 91 meter gemeten vanuit het hart van de spoorlijn[2/4].
Raketbeschieting op zgn. 'Pin Point Target', inslagenpatroon onbekend	Gebied dat is getroffen door een raketbeschieting met jachtbommenwerpers, met als doel om een vooraf bepaald specifiek object te treffen.	x		Het verdachte gebied wordt bepaald door een afstand van 108 meter gemeten vanuit het hart van het doel[2/5].
Raketbeschieting op zgn. 'Line Target', inslagenpatroon onbekend	Lineair gebied, nabij een spoorlijn, dat is getroffen door een raketbeschieting met jachtbommenwerpers, met als doel om de spoorlijn of treinstel op deze spoorlijn te treffen.	x		Het verdachte gebied wordt bepaald door een afstand van 80 meter gemeten vanuit het hart van de spoorlijn[2/6].

[1] Verzameling van de locaties van inslagen van één bepaald toestel of één bepaald bombardement.
[2] Afstanden zijn afkomstig van een Britse studie (empirisch onderzoek) naar de accuratesse bij aanvallen door eenmotorige duikbommenwerpers gedurende de periode oktober 1944 – april 1945 (AIR 55/322). Eventueel effect van vijandelijk luchtafweer tijdens deze duikbombardementen is niet in de studie meegenomen.
[3] De genoemde afstand is de gemiddelde afstand t.o.v. het doel waarbij opgemerkt moet worden dat 50% van de vliegtuigbommen binnen 119 meter neer is gekomen en de maximaal gemeten afstand t.o.v. het doel 181 meter was.
[4] De genoemde afstand is de gemiddelde afstand t.o.v. het doel waarbij opgemerkt moet worden dat 50 % van de vliegtuigbommen binnen 46 meter neer is gekomen en de maximaal afstand t.o.v. het doel 91 meter was.
[5] De genoemde afstand is de gemiddelde afstand t.o.v. het doel (gebouwen) waarbij opgemerkt moet worden dat de gemiddelde spreiding van de raketten t.o.v. het middelpunt van een salvo 69 meter was, en dat de gemiddelde afstand van het middelpunt van een salvo t.o.v. het doel 39 meter was.
[6] De genoemde afstand is de maximale afstand gemeten n.a.v. luchtfoto interpretatie.

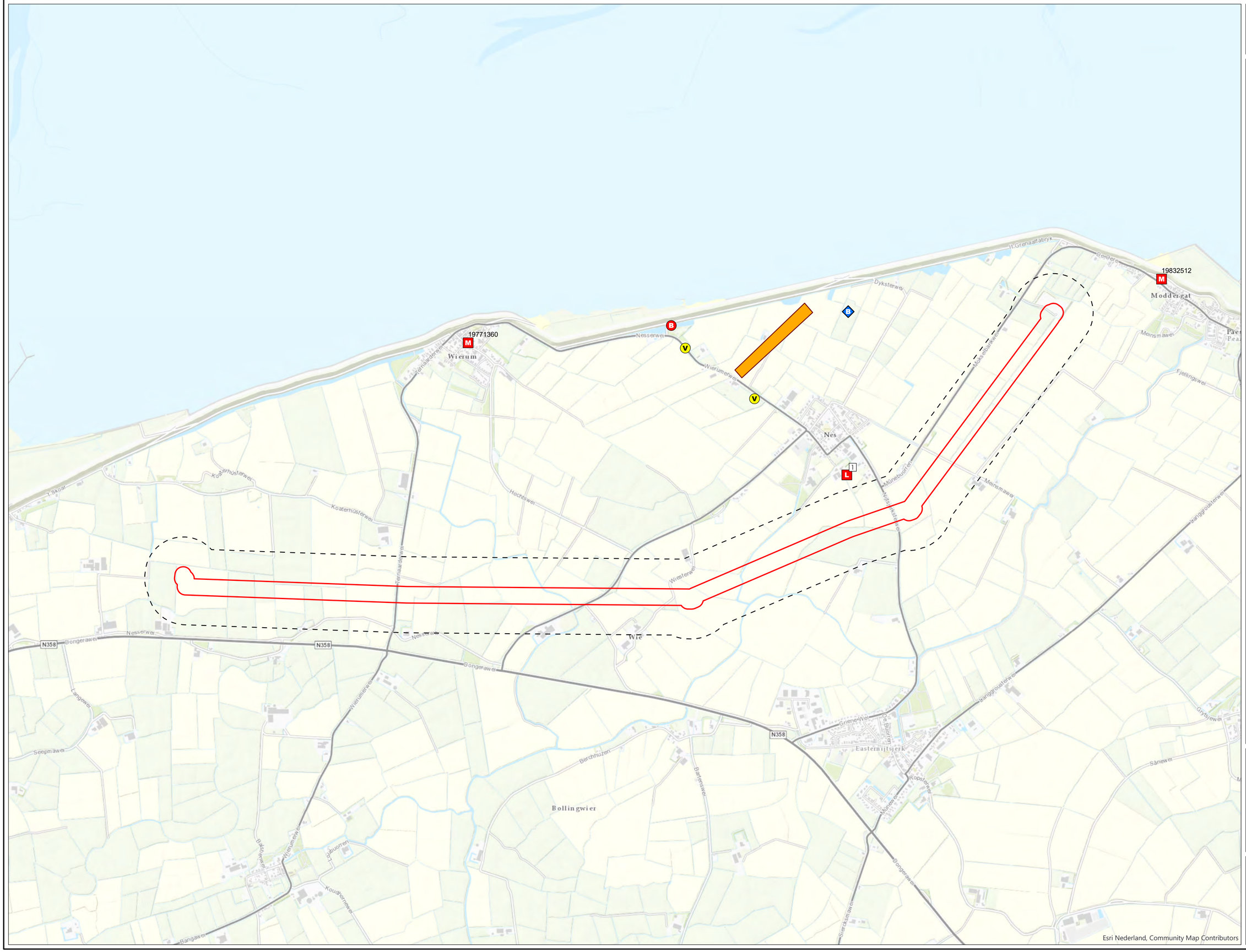
Bijlage 4: Eisen te stellen aan materieel

Indien bij het benaderen van CE gebruik wordt gemaakt van materieel dient deze te voldoen aan de onderstaande eisen:

- De naar de graafbak gerichte ruiten zijn voorzien van 33 mm Lexguard materiaal, of een daaraan minimaal gelijkwaardige voorziening. Deze voorziening kan zijn aangebracht door de ruiten te vervangen of door het aanbrengen van een voorzetruit. Indien voorzetruiten worden toegepast dienen de originele ruiten te zijn vervangen door 8 mm Lexan materiaal, of een daaraan minimaal gelijkwaardige voorziening.

6.4 Presentatiekaart verzamelde historische feiten

FEITENKAART



LEGENDA

- Onderzoeksgebied
- Analysegebied
- M — Inzet van EODD (UO)
- L — Melding van een luchtaanval (indicatief)
- B — Vondst 500lb bom 1959
- V — Versperring
- B — Waarnemingsbunker
- Militaire infra: zendstation met transformatorhuisjes

De feiten die op de feitenkaart zijn ingetekend betreffen de feiten uit de rapportage. Feiten die in de archieven zijn aangetroffen, maar overduidelijk niet het onderzoeksgebied betreffen zijn niet allemaal ingetekend. De feiten buiten het onderzoeksgebied zijn daarentegen niet volledig.

Nummers naast de symbolen op de kaart verwijzen naar de feitentabel in het vooronderzoek.

0 100 200 400 Meter

N

PROJECTNUMMER:	2062172
TEKENINGNUMMER:	FK1
FORMAAT:	A2
GETEKEND DOOR:	Paul Gieben
DATUM:	30-11-2020
OPDRACHTGEVER:	ARCADIS NEDERLAND BV
VOOR AKKOORD:	Menno Abee

ARCADIS

AVG

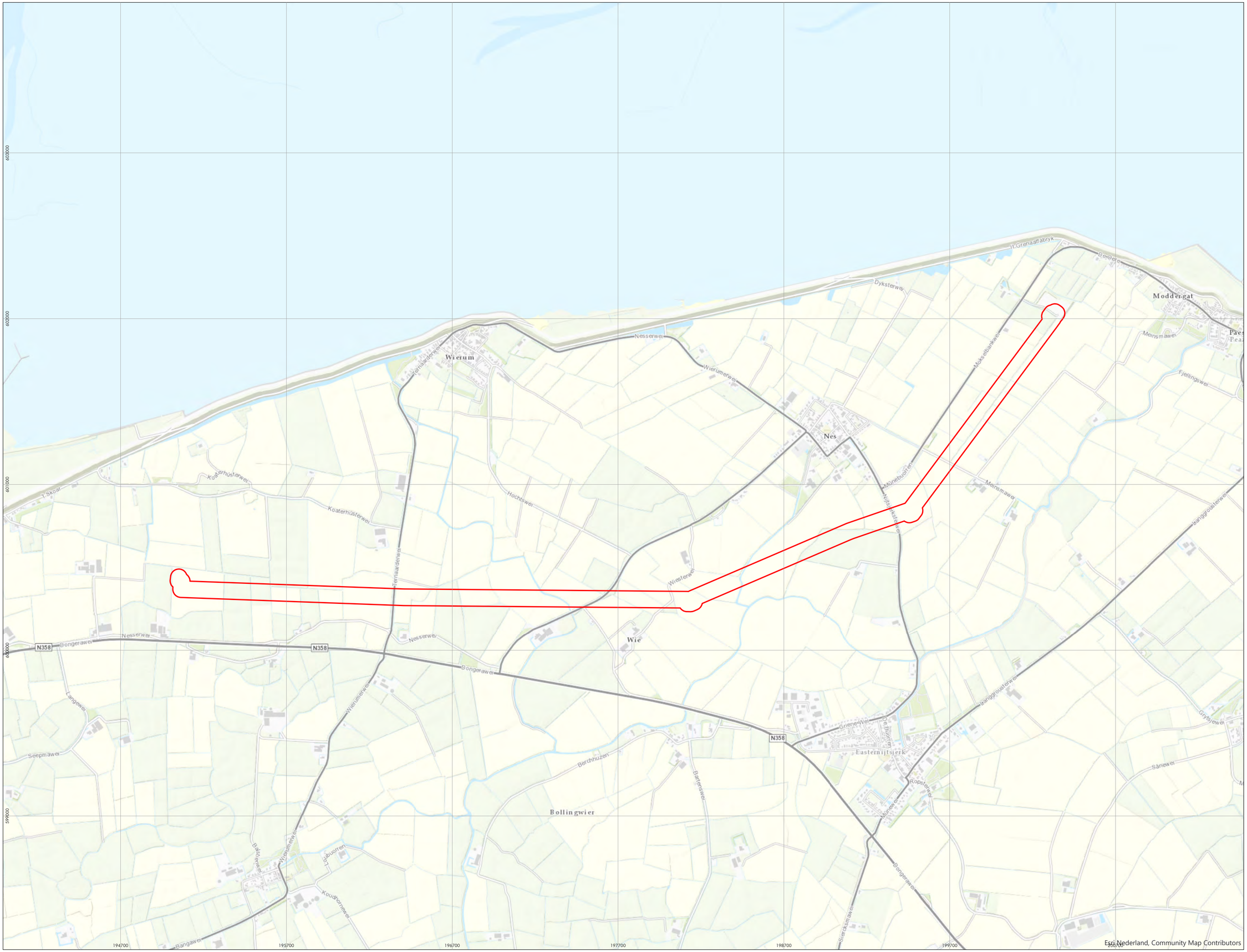
Vestiging Kaatsheuvel:
Veerweg 10
5171 PW Kaatsheuvel
0416-700220

Vestiging Heijen:
De Grens 7
6598 DK Heijen
0485-802010

Email: eo@avg.eu
Web: www.avg.eu

6.5 CE-bodembelastingkaart (verdacht gebied)

CE BODEMBELASTINGKAART



Esri Nederland, Community Map Contributors

LEGENDA

Onderzoeksgebied

Er zijn in de geraadpleegde bronnen geen feiten aangetroffen die betrekking hebben op het onderzoeksgebied. En resulteren tot een afbakening van een verdacht gebied.

Er is geen verdacht gebied afgebakend.

0 100 200 400 Meter

N

PROJECTNUMMER:	2062172
TEKENINGNUMMER:	BK1
FORMAAT:	A2
GETEKEND DOOR:	Paul Gieben
DATUM:	30-11-2020
OPDRACHTGEVER:	ARCADIS NEDERLAND BV
VOOR AKKOORD:	Menno Abee

ARCADIS

AVG

Vestiging Kaatsheuvel:
Veerweg 10
5171 PW Kaatsheuvel
0416-700220

Vestiging Heijen:
De Grens 7
6598 DK Heijen
0485-802010

Email: eo@avg.eu
Web: www.avg.eu

Bijlage 11

Oplegnotitie MER

MEMO

ARCADIS Design & Consultancy for natural and built assets

ONDERWERP
Oplegnotitie MER Gasboring en Gaswinning Ternaard

PROJECTNUMMER
C05058.000189

DATUM
22 maart 2021

ONZE REFERENTIE
D10020629:11

VAN
ARCADIS

AAN
Nederlandse Aardolie Maatschappij B.V.

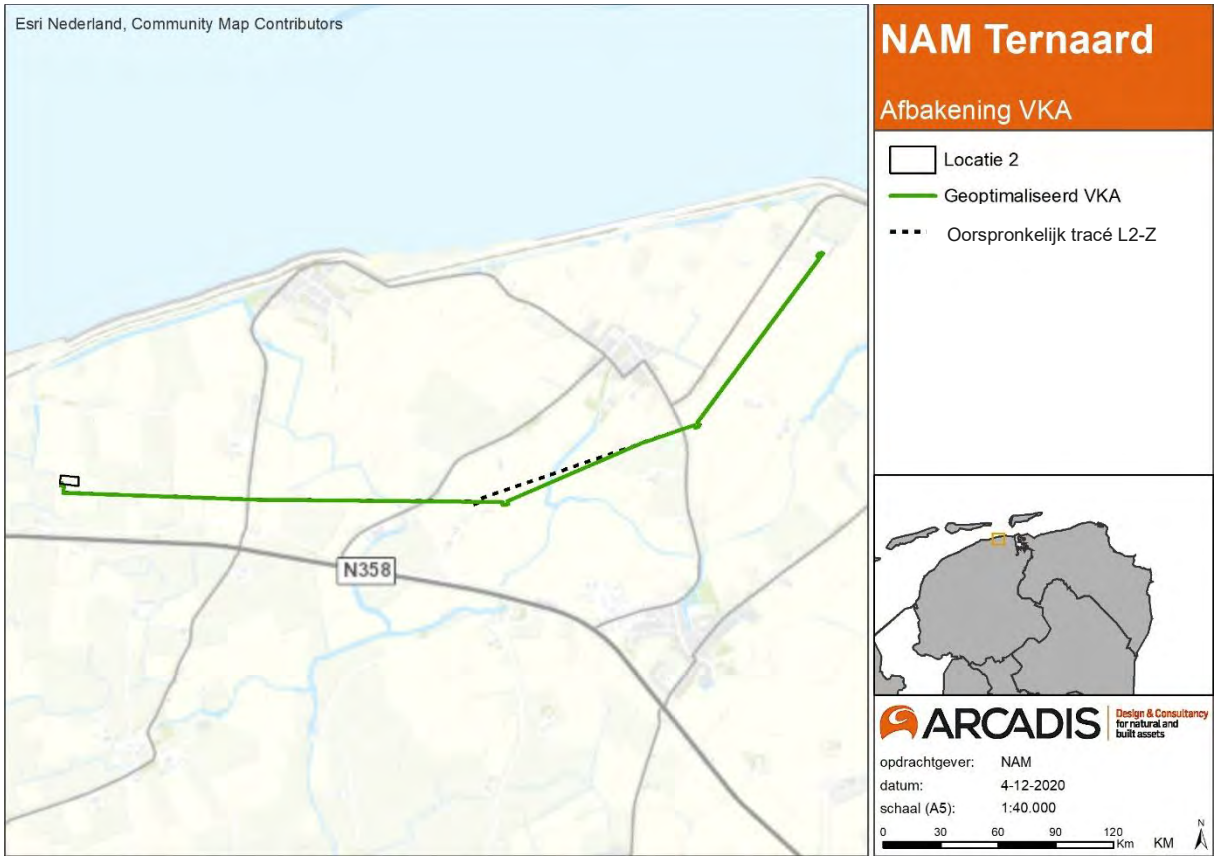
Arcadis Nederland B.V., Beaulieustraat 22, 6814 DV Arnhem T +31 (0)88 4261 261 www.arcadis.com
Arcadis Nederland B.V. - Registered office: Arnhem - Registered number: 09036504

1 INLEIDING

1.1 Aanleiding

De Nederlandse Aardoliemaatschappij B.V. (hierna: NAM) is voornemens een productieboring uit te voeren naar het Ternaard gasveld. Het Ternaard gasveld ligt op ruim 3 kilometer diepte, ten noorden van het dorp Ternaard in de gemeente Noardeast-Fryslân. Een klein deel van dit gasveld ligt onder land. Het grootste deel van dit gasveld ligt onder de Waddenzee. Om de boring, de winning van het gas en de aanleg van een transportleiding mogelijk te maken is een winningsplan en een inpassingsplan opgesteld en vraagt NAM verschillende vergunningen aan. Ten behoeve van de winning van het aardgas en het inpassingsplan is een milieueffectrapport opgesteld met locatie 2 en tracé zuid als voorkeursalternatief.

In het kader van het voorontwerp van het inpassingsplan hebben overlegpartners[1] de gelegenheid gehad om het milieueffectrapport (MER[2]) voor het eerst in te zien. Na dit proces heeft er een optimalisatie van het voorkeursalternatief (VKA) plaatsgevonden. Het voorkeursalternatief zoals in het MER opgenomen is locatie 2 met het zuidelijke tracé (L2-Z), dit VKA is inmiddels geoptimaliseerd. In Figuur 1-1 is met de stippellijn te zien waar het voormalige tracé L2-Z afwijkt van het geoptimaliseerde VKA. Daarnaast is de boorlocatie (locatie 2) nader ingevuld en afgebakend.



Figuur 1-1 geoptimaliseerd VKA: tracé in groen weergeven. De stippellijn betreft het voormalige VKA (L2-Z)

[1] Provincie Fryslân, gemeente Noardeast-Fryslân, Rijkswaterstaat, Gemeente Ameland en RCE

[2] In het MER zijn twee locatiealternatieven (locatie 1 & 2) en twee tracéalternatieven (Noord en Zuid) tussen Ternaard en Moddergat onderzocht

Als gevolg van het geoptimaliseerde VKA kunnen voor een aantal aspecten de effecten mogelijk afwijken ten opzichte van het MER. Het doel van deze oplegnotitie is om de effecten van het geoptimaliseerde VKA te presenteren en inzichtelijk te maken wat de milieugevolgen zijn van dit VKA. De geactualiseerde onderzoeken zijn hierbij betrokken en bijgevoegd in de bijlagen. In algemene zin kan worden gesteld dat de milieueffecten niet tot nauwelijks afwijken van L2-Z. In paragraaf 1.3 is de werkwijze van deze memo nader toegelicht. Er is er geen effectvergelijking gemaakt tussen de verschillende tracéalternatieven in deze memo. In de conclusie is expliciet samengevat of de effecten afwijken t.o.v. het MER.

1.2 Geoptimaliseerd VKA

De optimalisatie van het VKA bestaat uit twee onderdelen. Deze zijn hieronder kort toegelicht.

Verlegging van het tracé

Het zuidoostelijke gedeelte van tracé 'Zuid' wordt verlegd. Hierdoor wijzigt de tracering van het VKA in beperkte mate. Het gewijzigde tracé is 16 meter langer en ligt net als het voormalige tracé op relatief grote afstand van bebouwing. In Figuur 1-1 is in groen het geoptimaliseerde VKA weergeven, de stippellijn in deze figuur geeft het voormalige gedeelte van tracé zuid weer, wat als gevolg van de tracéoptimalisatie wijzigt. Het overige gedeelte van het voormalige tracé Zuid wijzigt niet. Ook het in te zetten materieel, werkwijze en uitvoeringsperiode wijzigen niet ten opzichte van de gehanteerde uitgangspunten in het MER. Het betreft enkel het beperkt verleggen van het tracé.

Definitieve invulling boorlocatie

In het MER is voor locatie 2 een ruim zoekgebied gehanteerd voor boorlocatie 2. Met de verdere uitwerking van het planvoornemen is het nu mogelijk om een nadere invulling te geven aan de beoogde boorlocatie. Omdat in het MER rekening is gehouden met een worst-case benadering van effecten, leidt deze nadere invulling van de boorlocatie niet of nauwelijks tot andere milieueffecten. De uitgangspunten met betrekking tot de aanleg-, winnings- en verwijderingsfase wijzigen niet. Het betreft enkel een nadere, ruimtelijke afbakening van de boorlocatie.

1.3 Werkwijze oplegnotitie

In de voorliggende oplegnotitie is onderbouwd wat het effect is van deze wijzigingen op de conclusies die zijn getrokken in het Milieueffectrapport (hierna: MER). Dit is gedaan voor de milieuthema's waarvoor deze wijziging relevant kan zijn. Het betreft enkel thema's die betrekking hebben op de aanlegfase, aangezien de optimalisatie van het VKA geen invloed heeft op de gebruiksfase. Effecten uit de verwijderingsfase zijn niet beschouwd, omdat de uitgangspunten gelijk blijven en de gewijzigde ligging van het tracé voor geen enkel aspect invloed heeft op de effectscore.

In onderstaande tabel is het beoordelingskader opgenomen dat is gehanteerd in het MER. Per thema en beoordelingscriterium is aangeven of het geoptimaliseerde VKA tot een effect kan leiden. Indien er een effect kan optreden, is dit met een oranje kleur aangeduid. Dit betreffen de milieuthema's Milieu (Geluid en Licht), Bodem en Water, Natuur en Archeologie. Daarnaast is in deze oplegnotitie het aspect Niet Gesprongen Explosieven (NGE) toegevoegd, dit aspect was voorheen niet beschouwd in het MER.

Voor de overige aspecten is in Tabel 1-1 in de groene kleur aangegeven en gemotiveerd waarom er voor deze aspecten geen effect te verwachten is. De effectscore van het VKA zoals opgenomen in het MER is ook weergegeven.

In paragraaf 2. t/m 2.5 is voor de milieuthema's Milieu (Geluid en Licht), Natuur, Bodem en Water, Archeologie en NGE welk effect er kan optreden en of deze afwijkt van het effect zoals is beschreven in het MER. De memo sluit af met een conclusie (Hoofdstuk 3). In dit hoofdstuk is een totaal effectenoverzicht opgenomen van het eerdere beoordeelde VKA versus het geoptimaliseerde VKA. In deze beoordeling zijn de aanvullende mitigerende maatregelen, die getroffen dienen te worden, betrokken.

Tabel 1-1 Overzicht mogelijke gewijzigde effecten voor het geoptimaliseerde tracéring VKA (aanlegfase)

Milieuthema	Criterium	Effect door wijziging
Aanlegfase		
Bodem en water	Zetting	Door een gewijzigde ligging van het tracé en aanvullend geohydrologisch onderzoek is het invloedsgebied van zetting nader bepaald. Deze verdiepingsslag kan mogelijk invloed hebben op de conclusies in het MER.
	Toename verzilting en afname bruikbaarheid oppervlaktewater/ grondwater	De wijziging van het tracé kan mogelijk invloed hebben op het invloedsgebied van de effecten.
Natuur	Oppervlakteverlies (beschermde gebieden)	De tracéwijziging doorsnijdt geen Natura 2000-gebieden of NNN-gebieden. Effecten op oppervlakte verlies zijn daarmee uitgesloten.
	Verstoring	Er is geen sprake van leefgebied van beschermde soorten nabij het gewijzigde tracé.
	Vermesting en verzuring	Als gevolg van de tracéwijziging verandert de stikstofdepositie. Daarnaast is een nieuwere versie van de AERIUS-calculator beschikbaar, waardoor de geprognotiseerde stikstofdepositie van het project wijzigt. Het effect hiervan is beoordeeld.
	Verdroging en vernatting	Vanwege de ligging van het gewijzigde tracé zal de tijdelijke bemaling in de aanlegfase niet leiden tot een ander effect.
Milieu - Geluid	Geluidbelasting vanwege heiwerkzaamheden	Het geoptimaliseerde VKA heeft geen invloed op heiwerkzaamheden, deze werkzaamheden wijzigen niet.
	Geluidbelasting vanwege booractiviteiten	Het geoptimaliseerde VKA heeft geen invloed op de booractiviteiten, deze werkzaamheden wijzigen niet.
	Geluidbelasting vanwege aanleg leidingtracé	Door een gewijzigde ligging van het tracé wijzigt de ligging van de geluidscontour tijdens de aanlegfase. Het effect hiervan is beoordeeld.
	Geluidbelasting vanwege affakkelen	Het geoptimaliseerde VKA heeft geen invloed op het affakkelen, deze werkzaamheden wijzigen niet.
	Geluidbelasting vanwege indirecte hinder	Het geoptimaliseerde VKA heeft geen invloed op de verkeersaantrekkende werking. Geluidbelasting vanwege indirecte hinder wijzigt daarom niet.

Milieuthema	Criterium	Effect door wijziging
Milieu - Luchtkwaliteit	Immissieconcentratie toename NO_2	De luchtkwaliteit (NO_2) wijzigt nagenoeg niet als gevolg van de tracéoptimalisatie. Het effect is t.o.v. het MER niet onderscheidend.
	Immissieconcentratie toename PM_{10}	De luchtkwaliteit (PM_{10}) wijzigt nagenoeg niet als gevolg van de tracéoptimalisatie. Het effect is niet onderscheidend.
Milieu - Lichthinder	Directe lichtinval	De lichthinder zal door het geoptimaliseerde tracé ruimtelijk zich beperkt verplaatsen. Het effect hiervan is beoordeeld.
	Zichtbaarheid	Het geoptimaliseerde VKA heeft geen invloed op dit criterium, omdat de werkzaamheden op de boorlocatie niet wijzigen.
Externe veiligheid	Plaatsgebonden- en groepsrisico	De aanleg van het leidingtracé heeft geen effecten ten aanzien van externe veiligheid, aangezien er nog geen gas door de leiding getransporteerd wordt. Het geoptimaliseerde VKA heeft geen invloed op deze criteria.
Archeologie	Aantasting bekende archeologische waarden	Als gevolg de geoptimaliseerde ligging van het tracé, worden mogelijk archeologische (bekende) waarden aangetast.
	Aantasting verwachte archeologische waarden	Als gevolg de geoptimaliseerde ligging van het tracé, worden mogelijk archeologische (bekende) waarden aangetast.
Landschap en cultuurhistorie	Verandering patronen, lijn- en punt elementen	Het geoptimaliseerde VKA komt net als de in het MER beoordeelde VKA ondergronds te liggen. Er is geen gewijzigd effect voor dit criterium.
	Belevingswaarde/ visuele invloed	Het geoptimaliseerde VKA komt net als de in het MER beoordeelde VKA ondergronds te liggen. Er is geen gewijzigd effect voor dit criterium.
	Historische geografie	Het geoptimaliseerde VKA komt net als de in het MER beoordeelde VKA ondergronds te liggen. Er is geen gewijzigd effect voor dit criterium.
	Historische (steden)bouwkunde	Het geoptimaliseerde VKA komt net als de in het MER beoordeelde VKA ondergronds te liggen. Er is geen gewijzigd effect voor dit criterium.

2 EFFECTBEOORDELING GEOPTIMALISEERD VKA

In dit hoofdstuk zijn de effecten van het geoptimaliseerde VKA beoordeeld. De optimalisatie heeft alleen betrekking op de aanlegfase. In het MER is voor boorlocatie 2 uitgegaan van een zoekgebied, waarbij een worst-case benadering is gehanteerd voor de verschillende milieuthema's. Om voor de thema's licht en geluid voldoende detaillering van milieueffecten te weergeven, is destijds rekening gehouden met een voorlopige boorlocatie binnen zoekgebied 2. De boorlocatie kan door de verdere planontwikkeling nu nader worden gedefinieerd, waardoor de effecten zijn geactualiseerd deze twee thema's. Voor de overige thema's leidt de nadere invulling van de boorlocatie niet tot een ander effect.

In de beoordeling van effecten is aangesloten bij de methodiek en effecten zoals beoordeeld in het MER. De gehanteerde beoordelingsschaal komt overeen met de in het MER 2020 gehanteerde beoordelingsschaal. Voor de exacte toelichting op de gehanteerde referentiesituatie en effectbeoordelingsmethodiek wordt verwezen naar deel B van MER. Voorliggend hoofdstuk bevat alleen de effectbeschrijving en -beoordeling van het geoptimaliseerde VKA.

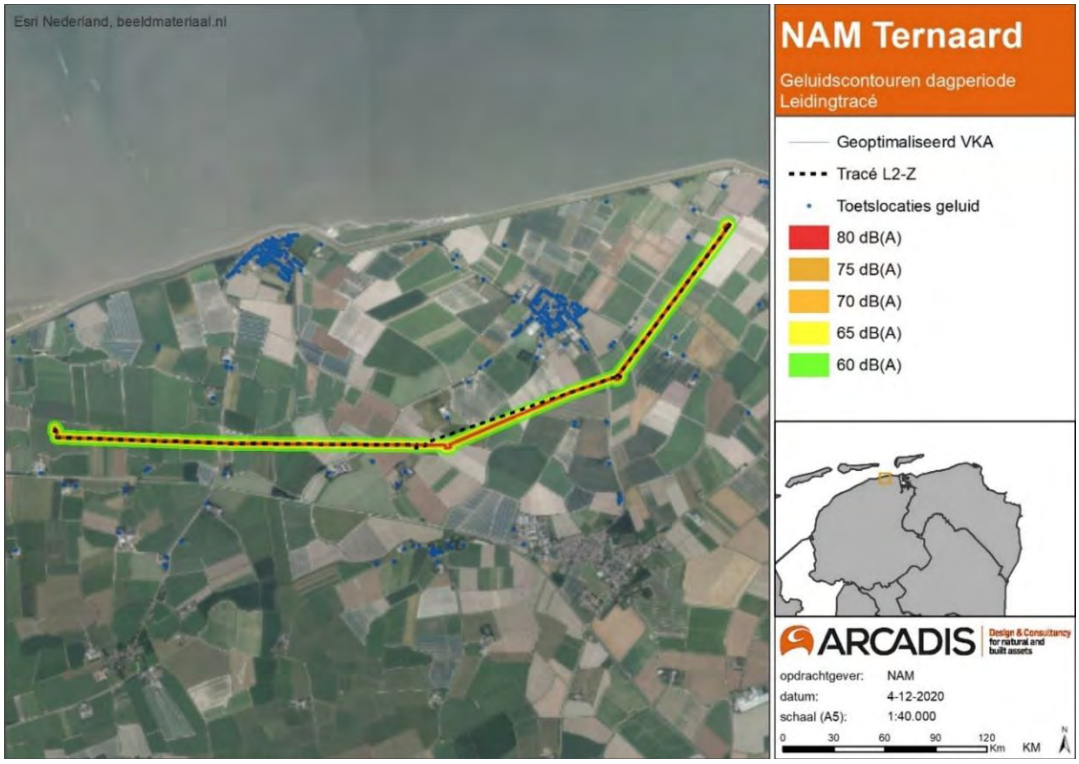
2.1 Milieu (Licht en geluid)

Als gevolg van de tracéoptimalisatie, wijzigt voor het aspect Milieu de effectbeoordeling van het VKA niet. De licht- en geluidscontouren tijdens de aanlegfase verplaatsen zich enkel ruimtelijk. De effecten van de definitieve invulling van de boorlocatie 2 zijn ook betrokken in de beoordeling voor de milieuthema's geluid en licht. Onderstaand is de geactualiseerde effectbeoordeling opgenomen.

Geluid

Geluid tracéoptimalisatie

Als gevolg van de tracéoptimalisatie wijzigt de beoordeling van effecten voor geluid niet. De gewijzigde ligging van het tracé leidt enkel tot een gedeeltelijke verschuiving van de geluidscontouren. In de onderstaande figuur zijn de nieuwe, worst-case geluidscontouren weergegeven. Het aantal gevoelige objecten dat geluidshinder zal ervaren wijzigt niet, geen enkele woning valt binnen de 60 dB(A) contour. Opgemerkt dient te worden dat tijdens de aanlegfase de werkzaamheden zich langs het tracé verplaatsen, waardoor ook de geluidhinder zich gedurende de aanlegfase verplaatst.



Figuur 2-1 Geluidsbelasting aanleg geoptimaliseerd VKA

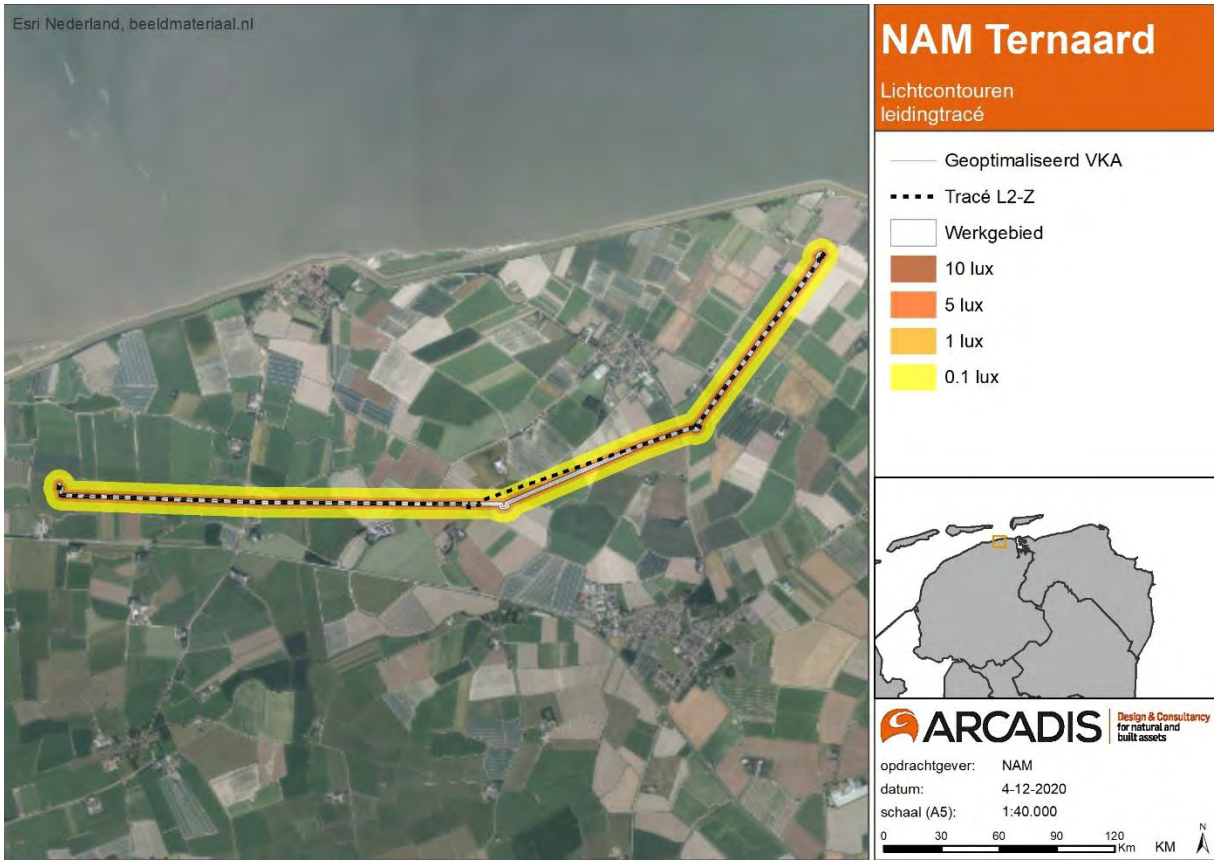
Definitieve invulling boorlocatie
Ten tijde van het opstellen van het MER een ruim zoekgebied gehanteerd voor boorlocatie 2. Een definitieve invulling van de beoogde boorlocatie is inmiddels bekend. Zie onderstaande figuur.

Figuur 2 – L_{nacht} Geluidscontour boring op 300m = 50 dB(A)

Op basis van monitoring sinds 2012 van andere boringen met de T700 is bekend dat binnen een straal van 300m rondom de boring voldaan wordt aan de gestelde geluideisen uit het Barmm. Binnen 300m afstand van de boorlocatie zijn er geen woningen gesitueerd.
Het aantal woningen binnen de 55 dB(A) – 60dB(A) etmaalwaarde van de heiwerkzaamheden blijft 3. De beoordeling hiervan is derhalve ongewijzigd en licht negatief (0/-).
Bij het affakkelen en het heien wordt de richtwaarde van 40 dB(A) etmaalwaarde voor een landelijke omgeving bij 3 extra woningen overschreden. Omdat voldaan wordt aan de grenswaarde van 50 dB(A) etmaalwaarden zijn de effecten van de aanleg zijn licht negatief beoordeeld (0/-) beoordeeld. De effectbeoordeling ten opzichte van het MER is ongewijzigd. Het aspect geluid wordt voor de aanlegwerkzaamheden licht negatief beoordeeld.

Licht

Lichthinder tracéoptimalisatie
Als gevolg van de tracéoptimalisatie wijzigt de beoordeling van effecten voor licht niet. De gewijzigde ligging van het tracé leidt enkel tot een gedeeltelijke verschuiving van de lux-contouren. In de onderstaande figuur zijn de nieuwe, worst-case lichtcontouren weergegeven. Het aantal woningen dat lichthinder zal ervaren wijzigt niet, en de maximale lichtsterkte blijft beperkt tot maximaal 0,1 lux-contour. Opgemerkt dient te worden dat tijdens de aanlegfase de werkzaamheden zich langs het tracé verplaatsen, waardoor ook de lichthinder zich gedurende de aanlegfase verplaatst.



Figuur 2-3 Worst-case lichtcontour geoptimaliseerd VKA

Definitieve invulling boorlocatie
Zoals in de inleiding is aangegeven is ten tijde van het opstellen van het MER een ruim zoekgebied gehanteerd voor boorlocatie 2. Een definitieve invulling van de beoogde boorlocatie is inmiddels bekend, waardoor de berekende lux-contour is afgestemd op de definitieve locatie. Ook voor deze definitieve locatie geldt dat met het worst-case scenario de lichthinder verwaarloosbaar is (onder 0,1 lux).

Maatgevend voor lichthinder zijn de productietesten. Om veiligheidsredenen wordt gedurende 48 uur het vrijkomende gas aantal keer afgefakkeld. Deze fakkels kunnen de hemel oplichten en kunnen tijdelijk een negatieve invloed hebben op de hemelhelderheid. Het effect is daarom negatief (-) beoordeeld. Dit is ongewijzigd ten opzichte van het MER.

2.2 Natuur

Mogelijke effecten van het geoptimaliseerde VKA hebben alleen betrekking op het criterium vermesting en verzuring, overige deelaspecten van het thema natuur worden niet beïnvloed door de optimalisatie. In de geactualiseerde Passende Beoordeling[3] zijn de effecten van de stikstofdepositie uitvoerig toegelicht. Ten behoeve van het onderdeel verzuring en vermesting, is de depositie als gevolg van de aanlegwerkzaamheden onderzocht door de stikstofemissies te berekenen. De berekeningen zijn uitgevoerd met het hiervoor ontwikkelde model AERIUS, versie 2020, voor de stikstofdepositie die worst-case op zal treden bij uitvoering van de boring en de aanleg van de transportleiding. De effecten van stikstof zijn beoordeeld voor de stikstofgevoelige natuurwaarden (habitattypen en leefgebieden van soorten) binnen Natura 2000-gebieden. Onderstaande paragraaf geeft een samenvatting van de belangrijkste effecten weer.

[3] Passende beoordeling gasboring en gaswinning Ternaard. Maart 2021.

Vermesting en verzuring
Uit de AERIUS-berekening (zie Bijlage 1) blijkt dat het gebied met een toename van stikstofdepositie reikt tot in de Natura 2000-gebieden Waddenzee, Duinen Schiermonnikoog, Noordzeekustzone, Duinen Ameland en Groote Wielen. Voor deze gebieden is in de Passende beoordeling onderzocht wat de mogelijkheden zijn om deze depositie te mitigeren of te salderen en beoordeeld of de resterende stikstofdepositie leidt tot negatieve effecten op de instandhoudingsdoelen van dit Natura 2000-gebied. De resterende depositie treedt tijdelijk op en is zeer laag.

Om de stikstofdepositie op de natura 2000-gebieden te reduceren, wordt uitsluitend gebruik gemaakt van modern materieel (Stage IV). Ook worden de generatoren, die worden ingezet ten behoeve van de opwekking van elektriciteit voor de boring, voorzien van een scrubber, waardoor de stikstofemissie sterk wordt gereduceerd. Daarnaast is besloten om gebruik te maken van een regeling die het mogelijk maakt om depositieruimte te ‘leasen’, om het gebied waarbinnen een toename van depositie op zal kunnen treden verder te verkleinen en de omvang van de depositie. Daarvoor wordt de maximaal vergunde emissie voor de offshore platforms L09 en K14 tijdelijk verlaagd. De salderingsruimte die dit oplevert, wordt benut voor twee projecten, waarvan Ternaard er één is. Ter onderbouwing is een vergelijkingsberekening uitgevoerd. Het resultaat van de saldering is in onderstaande tabel getoond. Uit beide volgt dat de saldering niet geheel past (er is een resteffect) maar wel zorgt voor een kleiner depositiegebied en een lagere depositie.

Tabel 2 Tijdelijke depositie (maximaal) op overbelaste delen Natura 2000-gebieden (Depositie in mol N/ha).

Natura 2000-gebied	Depositie op overbelast gebied ongesaldeerd	Depositie op overbelast gebied gesaldeerd
Waddenzee	0,10	0,08
Duinen Schiermonnikoog	0,03	0,01
Noordzeekustzone	0,02	0,00
Duinen Ameland	0,01	0,00
Groote Wielen	0,01	0,00

De emissie van stikstofdepositie wordt sterk beperkt door de inzet van modern materieel bij de aanlegwerkzaamheden. Ook de mobiele werktuigen die worden ingezet bij de boring voldoen aan de emissie-eisen STAGE IV.

Beoordeling effecten
De stikstofdeposities langs de Friese vastelandskust als gevolg van dit project zijn klein. Langs de vastelandskust blijkt slechts op één hexagoon, waarvoor geldt dat de kritische depositiewaarde door de achtergronddepositie (naderend) is, stikstofdepositie op te treden als gevolg van dit project. Nadere analyse laat zien dat de gekarteerde oppervlakte van het beschermde habitat (H1330) voor dit hexagoon kleiner dan 0,05 ha is, namelijk 20 m^2 en dat het binnen dit hexagoon feitelijk niet voorkomt. De uitvoering van het project kan dan ook niet leiden tot negatieve gevolgen door depositie van stikstof. Het effect op vermesting en verzuring kan door het toepassen van mitigerende maatregelen in de vorm van modern materieel en saldering worden bijgesteld naar 0/-. Dit betreft een verbetering t.o.v. het MER.

Verzuring en vermesting als gevolg van stikstofdepositie zijn hoofdzakelijk relevant in de aanlegfase (inclusief proefboring) en de fase van afbouw. In de gebruiksfase zal nauwelijks sprake zijn van relevante emissie van stikstof, omdat deze alleen tijdens onderhoud in beperkte mate op zal treden. De omvang van de emissie in de aanlegfase is bekend en de depositie die dit veroorzaakt is bekend. Depositie tijdens onderhoud en ten gevolge van de afbouw na beëindiging van de gaswinning kunnen nu nog niet bepaald worden omdat deze pas in de (verre) toekomst plaats zullen vinden. Op basis van de aard van de werkzaamheden en het feit dat het te gebruiken materieel in de toekomst zeker emissie-armer zal zijn dan vandaag de dag, is het wel zeker dat de emissies bij onderhoud en afbouw lager zullen zijn dan in de aanlegfase. Dat betekent dat wanneer wordt geconcludeerd dat de depositie in de aanlegfase niet zal leiden tot significante gevolgen, deze conclusie zeker

ook zal gelden voor het toekomstig onderhoud en de afbouwfase. Om die reden is in deze beoordeling alleen ingegaan op de effecten tijdens de aanleg.

2.3 Bodem en Water

Door de gewijzigde ligging van het tracé is er sprake van een gedeeltelijke andere bodemopbouw binnen het plangebied, met een ander invloedsgebied van effecten als gevolg. Omdat aanvullend onderzoek heeft plaatsgevonden over de geohydrologische situatie rondom het geoptimaliseerde VKA, worden voor dit thema de integrale effecten van de tracering van het VKA behandeld. Voor een uitgebreide beschrijving van de referentiesituatie, berekeningsmethoden en effecten wordt verwezen naar het geohydrologisch rapport[4].

Zetting
Zettingen kunnen optreden als de grondwaterstand daalt tot beneden de GLG. Als in het verleden al sprake is geweest van een soortgelijke verlaging zal de te verwachten zetting al zijn opgetreden. Als gevolg van zettingen in de ondergrond kunnen gebouwen en andere constructies schade oplopen. Andere constructies betreffen kades en dijken, infrastructuur en kabels en leidingen. De grootte van de te verwachten gebouwzakking is, naast van de samendrukbaarheid van de ondergrond, in sterke mate afhankelijk van de funderingswijze van de constructie en het belastingniveau van de fundering. Risico op schade aan de bebouwing is afhankelijk van de te verwachten verschilzetting, de snelheid waarmee de zetting optreedt en de bouwkundige staat van het object.

In algemene zin geldt dat de aanleg van het leidingtracé voornamelijk plaatsvindt in bodems die beperkt gevoelig zijn voor zetting en dat voor de meeste constructies geen schade wordt verwacht als gevolg van zetting. Omdat een aantal wegen worden gekruist, is schade als gevolg van zetting op voorhand niet volledig uit te sluiten. Geadviseerd wordt om de verlaging van de grondwaterstand te monitoren door middel van peilbuizen en de eventuele zakking van de weg te meten met meetbouten. Voor één woning zal de grondwaterstand mogelijk rond 10 centimeter dalen. Zettingsschade wordt niet verwacht vanwege de bodemopbouw, dit zal worden gemonitord.

Omdat het voorkomen van zetting niet volledig is uit te sluiten, is het effect licht negatief tot neutraal (0/-). De eventuele effecten van zetting worden vanuit het monitoringsprogramma in de gaten gehouden. De effectscore is niet gewijzigd t.o.v. het MER.

Toename verzilting en afname bruikbaarheid oppervlaktewater/grondwater
De tijdelijke grondwateronttrekking kan van invloed zijn op de verdeling van zoet en zout water naar de diepte toe. In het onderzoeksrapport[4] geohydrologie zijn de chlorideconcentraties in de huidige situatie beschreven voor de deklaag, het watervoerend pakket en het oppervlaktewater per bemalingslocatie. Uit de resultaten van dit onderzoek is te zien dat in de deklaag de minimale chlorideconcentraties rond de 100 mg/l liggen. In het watervoerend pakket worden voornamelijk chlorideconcentraties van enkele duizenden mg/l aangetroffen en dat in het oppervlaktewater de chlorideconcentratie minder dan 1000 mg/l bedraagt. Het effect van de bemaling op de chlorideconcentratie kan op twee manieren plaatsvinden:

- Door onttrekking van grondwater in de eerste meters beneden maaiveld, stroomt diep grondwater met relatief hoge chlorideconcentraties naar de ondiepe bodem waar grondwater met relatief lage chlorideconcentraties is onttrokken. Op deze manier treedt als gevolg van de bemaling een verhoging van chlorideconcentratie op in de ondiepe bodem.
- Wanneer gekozen wordt voor lozen van bemalingswater op het oppervlaktewater, wordt grondwater met chlorideconcentraties van enkele duizenden mg/l geloosd op oppervlaktewater met een chlorideconcentratie van minder dan duizend mg/l. Hierdoor treedt als gevolg van de lozing een verhoging in chlorideconcentratie op in het oppervlaktewater.

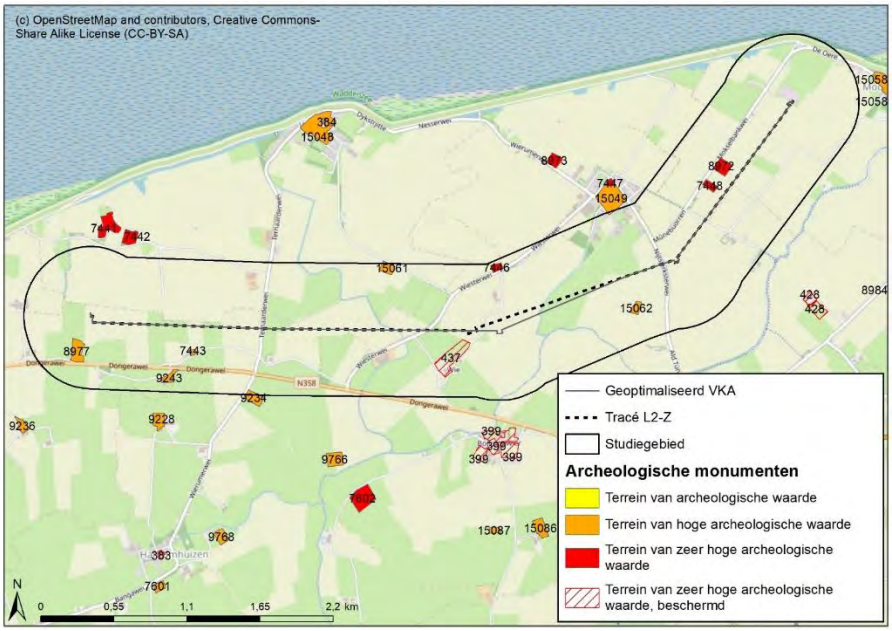
In overleg met het bevoegd gezag (Wetterskip Fryslân), zal de wijze van bemaling nader worden uitgewerkt. Te denken valt aan open bemaling, horizontale bronnering, verticale bronnering en deepwells. Het effect beperkt zich tot een verhoogd chloridegehalte, waarbij de lozing van het bemalingswater moet voldoen aan de vereisten die het waterschap stelt. Het effect is daarom negatief tot neutraal (0/-) beoordeeld. De effectscore blijft ten opzichte van het MER ongewijzigd.

[4] Aanleg gasleiding Ternaard- 200 – Moddergat. Geohydrologisch Rapport. 30 november 2020.

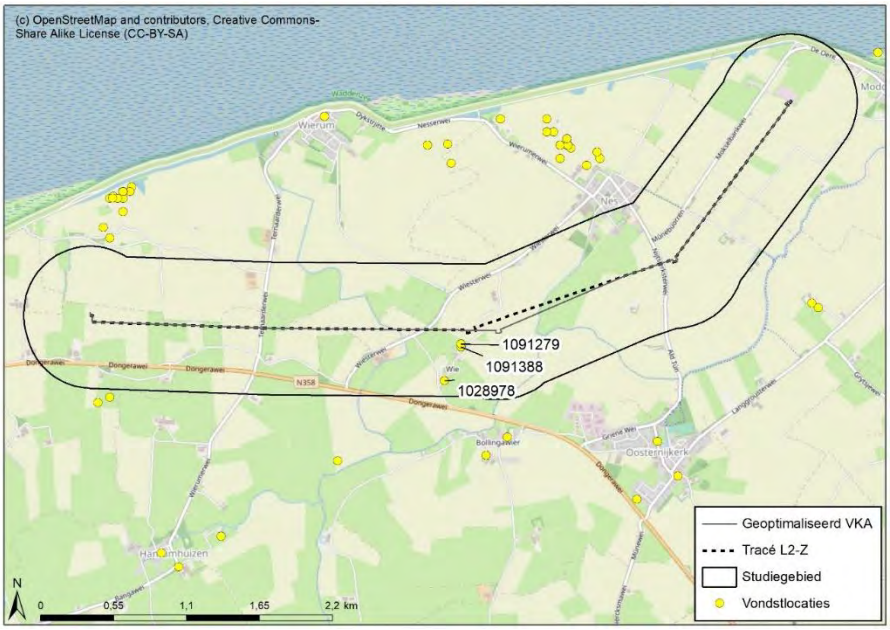
2.4 Archeologie

Tijdens de aanlegfase vinden er activiteiten plaats die kunnen leiden tot verstoring of aantasting van archeologische waarden. De tracéoptimalisatie is het enige onderdeel van het VKA wat wijzigt en mogelijk invloed heeft op effectscore ten opzichte van het MER. De criteria bekende en verwachte archeologische waarden zijn hieronder alleen bestudeerd voor het gedeelte waar het tracé wijzigt. Daar waar relevant zijn de effecten uit het MER en het geoptimaliseerde VKA vergeleken.

Bekende archeologische waarden
De aanleg van het tracé kan mogelijk effect hebben op de aantasting van bekende archeologische vindplaatsen. Zoals te zien in de onderstaande figuren liggen er AMK-terreinen en vondstlocaties nabij het VKA, maar doorkruist het VKA deze bekende archeologische waardevolle gebieden niet.

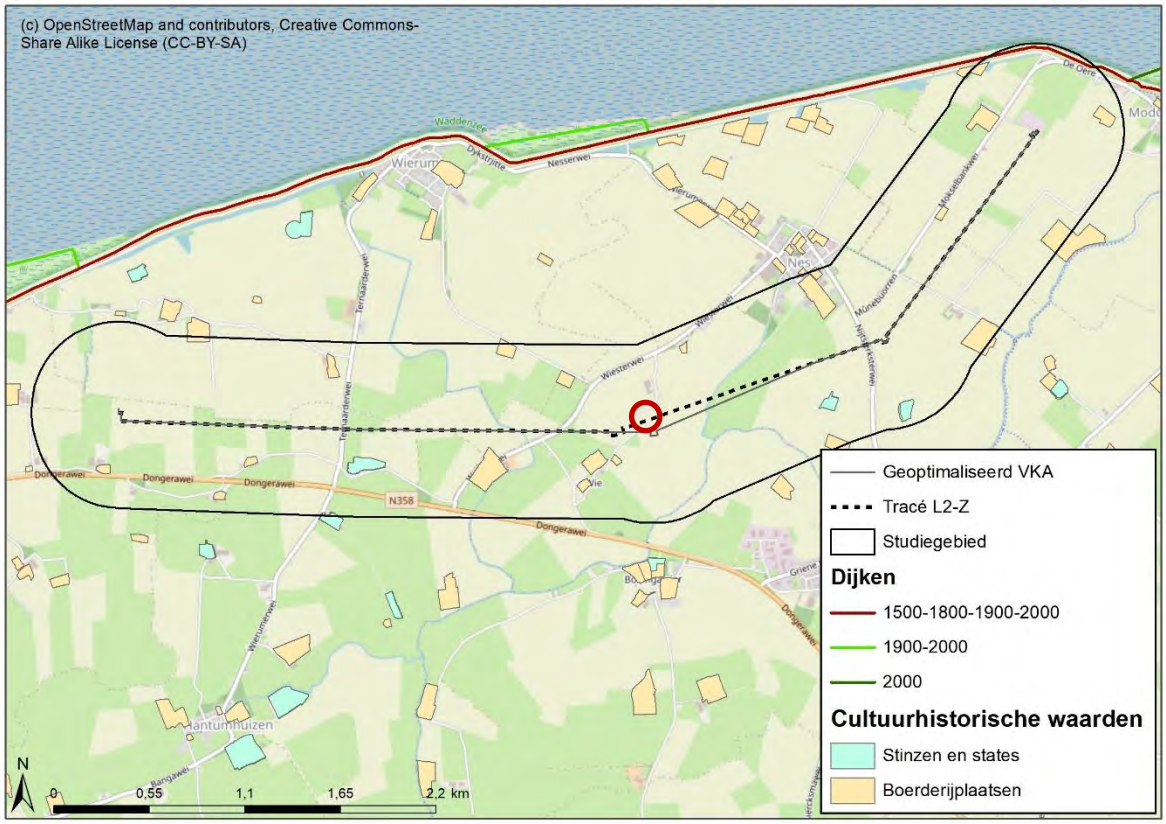


Figuur 2-4 AMK-terreinen (Archis III)



Figuur 2-5 vondslocaties (ARCHIS III)

Voor het MER is destijds een karterend booronderzoek uitgevoerd om aantasting van archeologische waarden verder te onderzoeken en mogelijk uit te sluiten. Voor een groot gedeelte van het tracé waren er geen bijzonderheden geconstateerd. Voor een gedeelte van het voormalige tracé was er sprake van een mogelijke vindplaats. Deze mogelijke vindplaats wordt met het geoptimaliseerde VKA niet langer doorsneden. Aantasting van deze mogelijke vindplaats is daardoor uit te sluiten.



Figuur 2-6 Cultuurhistorische waardenkaart (Provincie Fryslân) met rood omcirkeld de mogelijke vindplaats aangetroffen tijdens het karterend booronderzoek (Arcadis).

Voor het gewijzigde tracé van het VKA is vervolgens een inventariserend veldonderzoek[5] uitgevoerd (IVO), bestaande uit karterend booronderzoek met 26 boringen. Uit dit karterend booronderzoek blijkt dat de bodemlagen nog grotendeels intact zijn, maar dat er geen indicatie is van mogelijke archeologische vindplaatsen. Het effect voor bekende archeologische waarden vanuit het MER (0/-) is daarom bijgesteld naar 0.

Verwachte archeologische waarden
Het gewijzigde gedeelte van het VKA is door middel van karterend booronderzoek onderzocht. Tijdens het booronderzoek zijn geen archeologisch relevante lagen aangetroffen. De archeologische verwachting voor het voormalige VKA (L2-Z) was al laag en voor het geoptimaliseerde VKA geldt ook dat de tracéwijziging kan worden bijgesteld naar laag. Het effect op aantasting van verwachte waarden is derhalve neutraal (score: 0).

[5] Tracé-wijziging Ternaard – Moddergat. *Archeologisch vooronderzoek: een inventariserend veldonderzoek (karterend booronderzoek)*. RAAP-Rapport 4844. 20-11-2020.

2.5 Niet gesprongen explosieven (NGE)

In het MER is het aspect niet gesprongen explosieven (NGE) niet expliciet behandeld omdat bij een eventuele aanwezigheid van NGE's deze geruimd moeten worden. De situatie omtrent NGE's kan daardoor alleen maar verbeteren. Inmiddels is voor het geoptimaliseerde VKA een vooronderzoek[6] uitgevoerd naar de aanwezigheid van NGE's.

Voor het beoordelen van de mogelijke aanwezige NGE's is het gebied langs het tracé tussen Ternaard en Moddergat onderzocht. Hierbij is onderscheid gemaakt tussen het onderzoeksgebied en het analysegebied. Het analysegebied betreft het onderzoeksgebied inclusief een buffer van 181 meter. Alle oorlogshandelingen binnen het analysegebied worden in dit vooronderzoek beoordeeld. Bij een duikbombardement met afwerpmunitie op een 'pin point target' wordt het NGE verdachte gebied bepaald door een afstand van 181 meter gemeten vanuit het hart van het doel als zijnde NGE verdacht te verklaren. Een dergelijke gevechtshandeling binnen de grenzen van het analysegebied leidt automatisch tot één of meerdere NGE verdachte gebieden in het onderzoeksgebied.

Figuur 2-7 Begrenzing onderzoeksgebied: rood omlijnd. Analysegebied: zwart omlijnd

De belangrijkste resultaten van het NGE-onderzoek zijn kort samengevat:

- Er is in de meidagen van 1940 geen sprake geweest van grondgevechten in of in de directe nabijheid van het onderzoeksgebied;
- Er was in de periode voorafgaand aan de bevrijding door de geallieerden geen sprake van grondgevechten in of in de directe nabijheid van het onderzoeksgebied;
- Er waren geen militaire objecten in het onderzoeksgebied of de directe nabijheid aanwezig. De dichtstbijzijnde militaire infra was gelegen boven Nes en een voormalig militair terrein ligt buiten het analysegebied;
- Er zijn geen militaire vliegtuigen in het onderzoeksgebied gecrasht;
- Er is geen sprake geweest van vliegtuigbeschietingen, noodafworpen en bombardementen in het onderzoeksgebied;
- Het onderzoeksgebied heeft niet geleden onder gevechtshandelingen;

Daarnaast zijn er in het verleden geen NGE's in het onderzoeksgebied of in de directe nabijheid van het onderzoeksgebied gevonden. Op basis van de verzamelde bronnen zijn er geen indicaties beschikbaar waaruit blijkt dat er mogelijk NGE's in het onderzoeksgebied aanwezig zijn. Het effect is daarom neutraal (0) beoordeeld.

[6] Vooronderzoek Leidingtracé NAM Ternaard-Moddergat. 30-11-2020.

3 CONCLUSIE

De onderstaande tabel geeft een samenvattend effectenoverzicht van de beschouwde aspecten weer voor de aanlegfase van het geoptimaliseerde tracé. In de tabel is vervolgens aangegeven of dit een gewijzigde effectscore is t.o.v. het MER. Onder de tabel is kort ingegaan op de effecten als gevolg van de definitieve invulling van boorlocatie 2.

Tabel 3-1 Integrale effectbeoordeling tracéoptimalisatie na eventuele mitigerende maatregelen

Aspect	criterium	Score L2-Z (VKA)	Score geopti-maliseerd VKA	Samenvatting score
Milieu (Geluid & Licht)	Geluidbelasting vanwege aanleg leidingtracé	0/-	0/-	Geluidshinder tijdens de aanleg van het tracé verplaatst zich enkel ruimtelijk voor het geoptimaliseerde gedeelte van het tracé t.o.v. het MER. Er bevinden zich geen kwetsbare objecten binnen de 60 dB(A) contour van het tracé. De effectscore wijzigt niet.
	Lichthinder aanlegfase	-	-	Lichthinder tijdens de aanleg van het tracé verplaatst zich enkel ruimtelijk voor het geoptimaliseerde gedeelte van het tracé t.o.v. het MER. Het aantal woningen dat lichthinder zal ervaren wijzigt niet, en blijft beperkt tot maximaal 0,1 lux. De effectscore wijzigt niet.
Natuur	Vermesting en verzuring	-	0/-	Door het inzetten van Stage IV materiaal, het toepassen van een 'scrubber' en saldering kan de stikstofdepositie op natura 2000-gebieden sterk worden verminderd. Hierdoor kan het effect op natura 2000-gebieden worden bijgesteld naar (0/-).
Bodem en Water	Zetting	0/-	0/-	Als gevolg van grondwateronttrekking kan zetting optreden met schade als gevolg. Om de kans op schade te beperken dienen aanvullende maatregelen getroffen te worden (zie §3.1). Na het treffen van mitigerende maatregelen is het effect (0/-) doordat zetting niet volledig uitgesloten kan worden. De effectscore wijzigt niet.
	Toename verzilting en afname bruikbaarheid oppervlaktewater /grondwater	0/-	0/-	Het lozen van bemalingswater op het oppervlaktewater leidt tot een verhoogde chlorideconcentratie tijdens de aanlegfase. In overleg met Wetterskip Fryslân zal de wijze van bemaling nader worden uitgewerkt. Het effect beperkt zich tot een verhoogd chloridegehalte en omdat de lozing van het bemalingswater moet voldoen aan de vereisten die het waterschap stelt, is het effect negatief tot neutraal (0/-) beoordeeld. De effectscore wijzigt niet.
Archeologie	Bekende Archeologische waarden	0/-	0	Het gewijzigde tracé kruist geen bekende archeologische AMK-terreinen of vindplaatsen. Door de tracéwijziging mijdt het tracé een mogelijke archeologische vindplaats. In het kader van de voorgenomen bodemingrepen worden geen vervolgstappen uit het proces van Archeologische Monumentenzorg (AMZ) noodzakelijk geacht. Het effect vanuit het MER (0/-) kan hierdoor worden bijgesteld naar 0.

Aspect	criterium	Score L2-Z (VKA)	Score geopti-maliseerd VKA	Samenvatting score
	Verwachte Archeologische waarden	0	0	Het gewijzigde gedeelte van het VKA is door middel van karterend booronderzoek onderzocht. Tijdens het booronderzoek zijn geen archeologisch relevante lagen aangetroffen. Het effect op aantasting van verwachte waarden is derhalve neutraal. De effectscore wijzigt niet.
NGE	Aanwezigheid NGE's	n.v.t.	0	Op basis van het vooronderzoek niet gesprongen explosieven met daarbij behorende bronnen zijn er geen indicaties beschikbaar waaruit blijkt dat er mogelijk NGE's in het onderzoeksgebied aanwezig zijn. Het effect is neutraal (0) beoordeeld.

Definitieve invulling boorlocatie

In het MER is voor boorlocatie 2 een ruim zoekgebied gehanteerd voor boorlocatie 2. Met de verdere uitwerking van het planvoornemen is het nu mogelijk om een nadere invulling te geven aan de beoogde boorlocatie. Omdat in het MER rekening is gehouden met een worst-case benadering van effecten, heeft deze nadere invulling van de boorlocatie geen gevolgen voor de thema's geluid en licht. De effecten zijn ongewijzigd. De het aspect geluid is licht negatief beoordeeld (0/-) en de het aspect lichthinder is negatief beoordeeld (-)

3.1 Mitigerende maatregelen

Mitigerende maatregelen dienen getroffen te worden om de effecten op de omgeving te beperken dan wel te voorkomen. De onderstaande maatregelen zijn aanvullend ten opzichte van de in het MER benoemde mitigerende maatregelen.

- **Natuur**: Door het inzetten van Stage IV materiaal, het toepassen van een 'scrubber' en saldering wordt de stikstofdepositie op natura 2000-gebieden sterk verminderd.

Bijlagen

1. Aerius-berekening
2. Passende Beoordeling
3. Boorkarterend onderzoek
4. Niet gesprongen Explosieven
5. QRA
6. Rapportage Geohydrologie

Bijlage 12

Flora en faunaonderzoek

MEMO

ARCADIS Design & Consultancy for natural and built assets

ONDERWERP
Tracéwijziging Ternaard – Moddergat | Flora en Fauna

PROJECTNUMMER
C05058.000189

DATUM
7 januari 2021

ONZE REFERENTIE
D10021698:12

VAN
Annabet Galema

AAN
Tristan Simon (Arcadis)

KOPIE AAN
Arjen Goutbeek (Arcadis)

Aanleiding

De Nederlandse Aardoliemaatschappij B.V. (hierna: NAM) is voornemens een nieuwe gaswinninglocatie in Ternaard en een leidingtracé naar de productielocatie in Moddergat aan te leggen. Door de voorgenomen ingreep is mogelijk sprake van negatieve effecten op beschermde soorten in het kader van de Wet natuurbescherming (hierna Wnb). Zie Bijlage A voor een beschrijving van het wettelijk kader van deze soortbescherming. De NAM heeft Arcadis gevraagd te onderzoeken of de ingreep mogelijk kan leiden tot negatieve effecten op beschermde soorten en benodigde vervolgstappen in het kader van de Wnb in beeld te brengen.

Toetsing in het kader van de Natura 2000-gebieden en het Natuurnetwerk Nederland (NNN) zijn niet meegenomen in deze toetsing.

Huidige situatie

Het plangebied ligt tussen Ternaard en Moddergat in de gemeente Noardeast-Fryslân (Figuur 1). De omgeving van het plangebied bestaat uit akkerlanden, afgewisseld met graslanden en watergangen. De watergangen betreffen landbouwsloten. Het tracé kruist twee grotere watergangen, de Wierumer Opfeart en de Paezens, beide brede landbouwsloten met rietbegroeide steile oevers. Figuur 2 geeft een impressie van het plangebied.

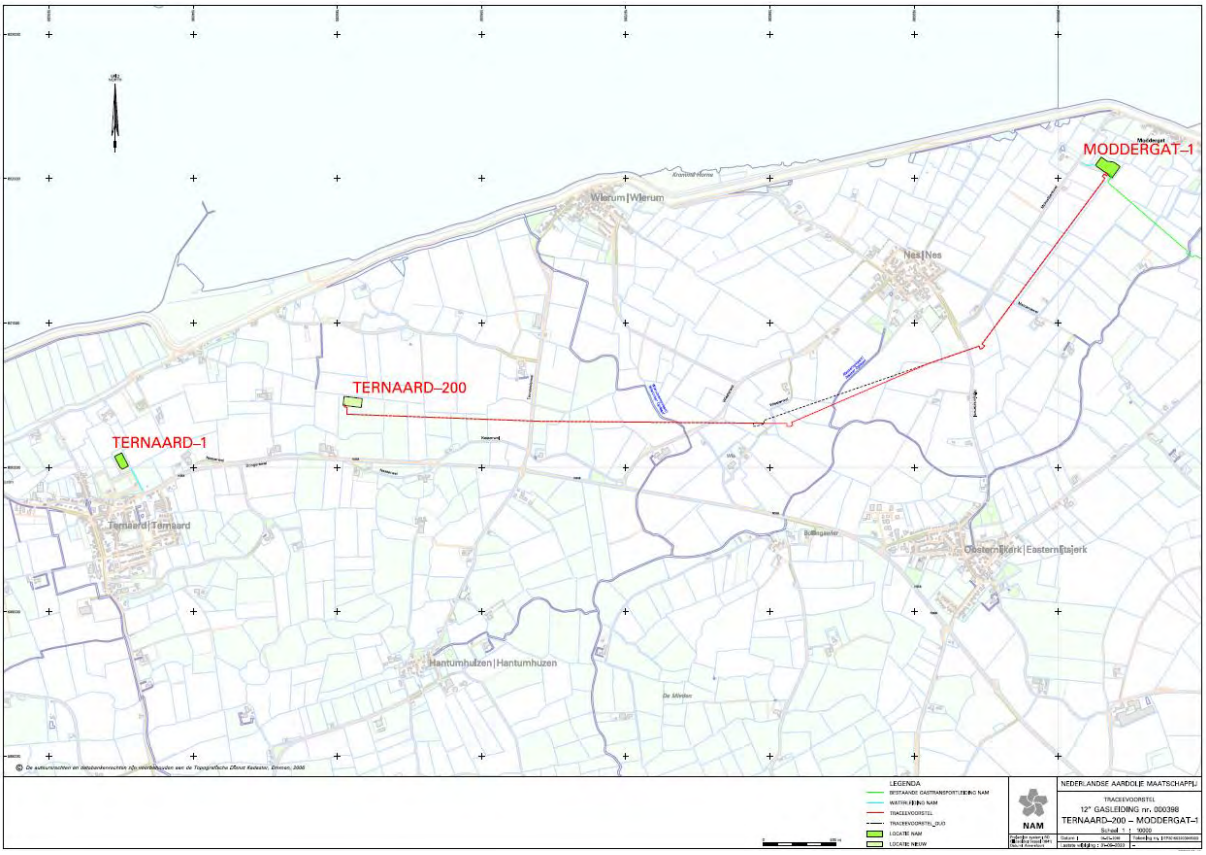
Figuur 1. Ligging plangebied (bron: Google Maps)

Figuur 2. Impressie plangebied en omgeving

Voorgenomen ingreep

De voorgenomen ingreep betreft een nieuwe gaswinninglocatie in Ternaard met leidingtracé waarbij het gas getransporteerd wordt van de nieuwe productielocatie naar Moddergat (Figuur 3). Hierbij vinden de volgende werkzaamheden plaats:

- Realisatie van een locatie voor het plaatsen van de boorinstallatie.
- Aanleg transportleiding naar Moddergat.



Figuur 3 Aan te leggen tracé Ternaard-Moddergat

Soortbescherming

Methode

Er is een bureauonderzoek en een veldbezoek uitgevoerd. Voor het bureauonderzoek is gebruik gemaakt van vrij beschikbare informatie, zoals verspreidingsgegevens van de Nationale Databank Flora en Fauna (NDFF) van de afgelopen tien jaar.

Het veldbezoek is uitgevoerd op 4 januari 2021. De omstandigheden tijdens het veldbezoek waren bewolkt, 8°C en windkracht 1. Het onderzoek bestond uit het uitvoeren van een habitatgeschiktheidsbeoordeling. Dit is een veldonderzoek waarbij op basis van de fysieke kenmerken van het plangebied een indicatie wordt gegeven van het mogelijk voorkomen van beschermde plant- en diersoorten. Tijdens het veldbezoek is globaal geïnventariseerd of en welke soorten (mogelijk) in en om het gebied aanwezig zijn. Hierbij is beoordeeld of mogelijke standplaatsen, verblijfplaatsen, voortplantingsplaatsen of leefgebieden binnen of in de directe omgeving van het ingreepgebied (kunnen) worden aangetast bij ontwikkelingen.

Aanwezigheid beschermde soorten

De volgende tabel geeft een overzicht van welke beschermde soorten, per soortgroep, mogelijk voorkomen binnen het plangebied, op basis van zowel het bureauonderzoek als veldbezoek.

Flora
Er zijn geen waarnemingen bekend van beschermde planten in de omgeving van het plangebied (NDFF, 2021). In het plangebied is een voedselrijke grasvegetatie en akkerland aanwezig met algemene soorten. Bijzondere of beschermde soorten komen hier niet voor door het regelmatige maaibeheer. Op de oevers van de watergang is grasvegetatie aanwezig en riet aanwezig. De waterbodem bestaat uit een slikkige kleibodem met weinig waterplanten. Beschermde planten worden dan ook niet verwacht.

Zoogdieren
Er zijn waarnemingen bekend van de laatvlieger, steenmarter, waterspitsmuis en otter uit de omgeving (NDFF, 2021). Het is waarschijnlijk dat laatvlieger en andere gebouwbewonende soorten verblijven in de bebouwde kom van de dorpen in de omgeving. Het tracé en de nabije omgeving zijn door de openheid weinig geschikt als foerageergebied voor vleermuizen. Mogelijk gebruiken vleermuizen de bomenrijen en/of watergangen als vliegroute. Door de ingreep wijzigt het landschap niet en er zijn voldoende alternatieven in de omgeving en het gaat niet om een essentiële vliegroute.

Steenmarter kan incidenteel foerageren op en rondom het plangebied. In de omgeving is echter voldoende alternatief foerageergebied voorhanden en betreft het geen essentieel foerageergebied.

De watergangen in het plangebied zijn geen geschikt habitat voor otter en waterspitsmuis. De watergangen betreffen landbouwsloten met weinig tot geen oeverbegroeiing en watervegetatie. Otter kan wel incidenteel voorkomen in het plangebied.

In de omgeving van het plangebied kunnen algemeen voorkomende zoogdieren voorkomen als egel, konijn, muizen, wezel en hermelijn.

Vogels
Langs het tracé bevinden zich hier en daar bosschages en bomen. Vogelsoorten met jaarrond beschermde nesten kunnen gaan broeden in de bomen en bosschages. Algemene broedvogels in de bosschages en bomen zijn niet uit te sluiten. Tijdens het veldbezoek zijn de brandgans, kleine mantelmeeuw, stormmeeuw, blauwe reiger aangetroffen.

Amfibieën, reptielen en vissen
Er zijn geen waarnemingen bekend van beschermde amfibieën, reptielen en vissen in de omgeving van het plangebied (NDFF, 2021). De watergangen in het plangebied zijn geschikt voor algemeen voorkomende amfibieën, zoals bruine kikker, bastaardkikker, kleine watersalamander en gewone pad. In de watergang worden strikt beschermde amfibieën uitgesloten, mede omdat de verspreiding van deze soorten niet reikt tot het noorden van Friesland (www.ravon.nl).

In het plangebied is geen geschikt biotoop aanwezig voor reptielen, door het ontbreken van geschikte vegetatie. Daarbij zijn geen waarnemingen bekend van reptielen in het noorden van Friesland (www.ravon.nl). Op basis van de verspreiding van beschermde reptielen in Nederland is het voorkomen uitgesloten.

De watergangen in het planbied zijn geschikt leefgebied voor algemeen voorkomende zoetwatervissen van kleine voedselrijke wateren. Voor beschermde vissoorten zijn de wateren niet geschikt door het ontbreken van een goede bodem en onderwatervegetatie. Het voorkomen van beschermde vissoorten is op basis hiervan uit te sluiten.

Beschermde ongewervelden
Het plangebied en de nabije omgeving bieden geen geschikt habitat voor beschermde ongewervelden. Op het tracé en in de nabije omgeving ontbreken geschikte vegetatiestructuren waarvan deze soorten afhankelijk zijn. Het voorkomen van beschermde ongewervelden is op basis hiervan uit te sluiten.

Effectbeschrijving

In de onderstaande tabel is per soortgroep voor de (mogelijk) aanwezige soorten, op basis van de conclusie in de vorige paragraaf, een beschrijving gegeven van mogelijke effecten als gevolg van het voornemen zoals beschreven in bovenstaande paragraaf. Langs het tracé, waar de werkzaamheden plaatsvinden, komen geen strikt geen beschermde soorten planten of dieren voor, met uitzondering van mogelijk broedende vogels in het broedseizoen.

Verstoring van soorten door licht en geluid kunnen eventueel optreden tijdens de werkzaamheden. Mogelijke effecten zullen van korte duur zijn. Mogelijk aanwezige grondgebonden zoogdieren hebben voldoende alternatief leefgebied om naar uit te wijken in de omgeving. Significante negatieve effecten op grondgebonden zoogdieren zijn zodoende uit te sluiten.

In de directe omgeving van de planlocatie kunnen mogelijk algemene broedvogels en broedvogels met jaarrond beschermde nesten tot broeden komen. Effecten kunnen eventueel optreden tijdens de werkzaamheden. Indien de werkzaamheden in het broedseizoen vallen, treedt mogelijk een overtreding op van de Wet natuurbescherming wanneer in gebruik zijnde nesten worden verstoord.

Tabel 1: Effecten per soortgroep als gevolg van werkzaamheden.

Soortgroep	Mogelijke effecten	Toetsing vereist?
Algemene broedvogels	Mogelijk kunnen broedvogels in het plangebied broeden. De kap van bomen of werkzaamheden ten tijde van het broedseizoen kunnen leiden tot het doden van vogels, jongen en/of vernietigen van eieren en/of nestplek.	Ja
Broedvogels met jaarrond beschermde nesten	Bij werkzaamheden in het broedseizoen worden mogelijk nesten van algemene broedvogels verstoort. Dit leidt tot het vernielen van broedsels of legsels van vogels.	Ja
Otter	Mogelijk komt de otter incidenteel voor in de watergangen in het plangebied. Omdat het tracé de watergangen op een plek doorkruist beperken de effecten zich tot enkele meters van de watergang. Negatieve effecten op de otter kunnen worden uitgesloten.	Nee
Waterspitsmuis	Mogelijk komt de waterspitsmuis incidenteel voor langs de oevers van de watergangen in het plangebied. Omdat het tracé de watergangen op een plek doorkruist beperken de effecten zich tot enkele meters van de watergang. Tijdens de werkzaamheden is er voldoende ruimte om het werkterrein te ontvluchten. Negatieve effecten op de waterspitsmuis kunnen worden uitgesloten.	Nee
Algemene grondgebonden zoogdieren	Mogelijk komen in het plangebied algemene grondgebonden zoogdieren voor. Als gevolg van de werkzaamheden kunnen verblijfplaatsen vernietigd worden en kunnen algemene grondgebonden zoogdieren gedood worden.	Ja
Algemene amfibieën	Mogelijk komen in het plangebied algemene amfibieën voor. Als gevolg van de werkzaamheden kunnen verblijfplaatsen vernietigd worden en kunnen algemene amfibieën gedood worden.	Ja

Toetsing

In onderstaande tabel is per soortgroep opgenomen tot welke beschermingscategorie deze behoort:

Tabel 2: Beschermingscategorie van de relevante soorten.

Beschermingscategorie	Soort/ soortgroep
Vogelrichtlijnsoorten	Algemene broedvogels, broedvogels met jaarrond beschermd nest
Andere soorten met vrijstelling	Algemene grondgebonden zoogdieren & Algemene amfibieën

Er geldt binnen de provincie Friesland een vrijstelling voor de binnen het plangebied algemeen voorkomende soorten zoogdieren en amfibieën, zie Bijlage A. Deze zijn hieronder daarom niet meegenomen. Voor deze soorten geldt wel de zorgplicht.

Overtreding verbodsbepalingen

In de onderstaande tabellen is per soort/soortgroep op basis van de effectbeschrijving in de vorige paragraaf aangegeven welke verbodsbepalingen van de Wnb kunnen worden overtreden als gevolg van de

werkzaamheden. Daarbij is geen rekening gehouden met eventueel mogelijke mitigerende maatregelen. Op basis van de uitkomst van deze toetsing is bepaald of en zo ja, welke mitigerende maatregelen nodig zijn. Deze zijn beschreven in de volgende paragraaf.

Tabel 3: Mogelijke overtreding van de verbodsbepalingen van artikel 3.1 ten aanzien van soorten van de Vogelrichtlijn.

Soort	Lid 1	Lid 2	Lid 3	Lid 4	Als gevolg van
Algemene broedvogels	X	X		X	Kap van bomen en verwijderen van struiken in het broedseizoen
Vogels met jaarrond beschermde nesten				X	Indien werkzaamheden tijdens het broedseizoen uitgevoerd worden, kunnen werkzaamheden leiden tot het verstoren van broedende vogels en jonge vogels, indien vogels broeden nabij het plangebied.

Het is verboden om:
Lid 1: te doden of te vangen;
Lid 2: opzettelijk nesten, rustplaatsen en eieren te vernielen of te beschadigen, of nesten van vogels weg te nemen;
Lid 3: eieren te rapen en deze onder zich te hebben;
Lid 4: opzettelijk te verstoren; verstoring toegestaan indien niet van wezenlijke invloed op de staat van instandhouding.
Lid 5: Het verbod, bedoeld in het vierde lid, is niet van toepassing indien de storing niet van wezenlijke invloed is op de staat van instandhouding van de desbetreffende vogelsoort.

Indien bomen en/of struiken gekapt/verwijderd worden in het broedseizoen, kunnen nesten en/of eieren vernietigd worden. Ook kunnen broedende vogels of jongen gedood worden en/of verstoord worden. Hierdoor is er mogelijk sprake van overtreding van artikel 3.1 van de Wet natuurbescherming. Dit kan voorkomen worden door het nemen van mitigerende maatregelen (zie hieronder).

Mitigerende maatregelen en zorgplicht

Er dienen enkele mitigerende maatregelen te worden getroffen om effecten op algemene broedvogels te voorkomen:

- Zorgplicht: houd tijdens de werkzaamheden te allen tijde rekening met de algemene zorgplicht: werk zo veel mogelijk in één richting, de richting waarin soorten kunnen vluchten. Houd hierbij rekening met de ligging van wegen. Het materieel moet zorgvuldig en deskundig worden gebruikt, zodat geen onnodige schade wordt veroorzaakt of onnodige verstoring van flora en fauna optreedt.
- Algemene broedvogels:
  - Voer werkzaamheden bij voorkeur buiten het broedseizoen uit. Het broedseizoen loopt ongeveer van 15 maart tot 15 juli, maar kan afhankelijk van het weer en andere factoren verschuiven. Alle in gebruik zijnde nesten zijn te allen tijde beschermd ongeacht de periode van het jaar.
  - Indien het niet mogelijk is om buiten het broedseizoen te werken, dienen geschikte broedlocaties voorafgaand aan het broedseizoen ongeschikt te worden gemaakt en gehouden.
  - Broeden in de omliggende landen en bomen moet ontmoedigd worden doormiddel van het plaatsen van gekleurde linten of geluidsopnames van roofvogels af te spelen.
  - Indien werkzaamheden starten binnen het broedseizoen, dient door een deskundig ecoloog onderzocht te worden of broedende vogels ter plaatse aanwezig zijn. Bij aanwezigheid van broedende vogels dienen de werkzaamheden uitgesteld te worden totdat de jonge vogels zijn uitgevlogen en er geen nesten met broedende vogels en/of jongen aanwezig zijn.

Conclusie

Effecten die van belang zijn in relatie tot de soortbescherming in het kader van de Wnb, zijn beperkt tot tijdelijke verstoring van geringe aard. De werkzaamheden op de locaties hebben mogelijk overlap met het broedseizoen van vogels. Indien de beschreven mitigerende maatregelen worden nagevolgd is er geen sprake van overtreding van verbodsbepalingen van de soortbescherming in het kader van de Wnb. Daarmee is dan ook geen ontheffing nodig voor de werkzaamheden.

BIJLAGE A: WETTELIJK KADER WET NATUURBESCHERMING

Soortbescherming

Algemeen

De Wet natuurbescherming (Wnb) is op 1 januari 2017 in werking getreden. De wet is in de plaats gekomen van de Natuurbeschermingswet 1998, de Flora- en faunawet en de Boswet. De wet is ingedeeld in hoofdstukken en kent een algemeen deel (hoofdstuk 1), delen over Natura 2000-gebieden (hoofdstuk 2), soorten (hoofdstuk 3), houtopstanden, hout en houtproducten (hoofdstuk 4), verder delen die gaan over vrijstellingen, beschikkingen en verplichtingen (hoofdstuk 5), financiële bepalingen (hoofdstuk 6), handhaving (hoofdstuk 7), overige bepalingen (hoofdstuk 8) en tot slot een beschrijving van het overgangsrecht (hoofdstuk 9) en een beschrijving van de wijziging van overige wetten (hoofdstuk 10). In navolgende paragrafen is een samenvattende beschrijving van de voor dit rapport relevante delen van de wet gegeven.

Zorgplicht

De Wnb kent een algemene zorgplicht. Deze houdt in dat iedereen voldoende zorg in acht moet nemen om schade aan soorten te voorkomen, ook voor soorten die niet beschermd zijn (artikel 1.11, lid 1). Dit houdt in ieder geval in dat handelen of nalaten van handelen dat schadelijk kan zijn zo veel mogelijk achterwege gelaten dient te worden (artikel 1.11, lid 2). Deze algemene zorgplicht geldt altijd en overal, met slechts als uitzondering handelingen die op grond van de Visserijwet worden uitgevoerd (artikel 1.11, lid 3).

Categorieën

De wet onderscheidt drie categorieën van beschermde soorten, namelijk:

- Soorten Vogelrichtlijn, ook wel Vogelrichtlijnsoorten genoemd (Wnb §3.1)
- Soorten Habitatrichtlijn, ook wel Habitatrichtlijnsoorten genoemd (Wnb §3.2)
- Andere soorten (Wnb §3.3)

Soorten Vogelrichtlijn

Alle van nature in Nederland in het wild levende vogels van soorten als bedoeld in artikel 1 van de Vogelrichtlijn zijn in Nederland beschermd. De soorten van artikel 1 van Vogelrichtlijn zijn alle vogelsoorten die op het Europese grondgebied van de lidstaten van de EU voorkomen. Het deel daarvan dat van nature in Nederland voorkomt, is dus beschermd (artikel 3.1 lid 1).

Soorten Habitatrichtlijn

In deze categorie vallen alle in het wild levende dieren zoals genoemd in (artikel 3.5 lid 1):

- bijlage IV, onderdeel a, bij de Habitatrichtlijn,
- bijlage II bij het Verdrag van Bern of;
- bijlage I bij het Verdrag van Bonn;

en (in hun natuurlijke verspreidingsgebied) planten van soorten, genoemd in (artikel 3.5, lid 5):

- bijlage IV, onderdeel b, bij de Habitatrichtlijn of;
- bijlage I bij het Verdrag van Bern.

Het gaat hierbij dus om meer dan alleen de soorten van de Habitatrichtlijn (namelijk ook soorten van de conventies van Bern en Bonn). Omdat echter in de Wnb §3.2 “soorten Habitatrichtlijn” als titel heeft, wordt dit ook hier zo gebruikt om deze groep van beschermde soorten aan te duiden.

Andere soorten

Naast de soorten waarvan de bescherming op Europees niveau verplicht is gesteld, is er ook een aantal soorten op nationaal niveau beschermd. Dit is dus een “nationale kop” op de Europese bescherming. Het gaat hierbij om soorten die zeer zeldzaam en/of bedreigd zijn, en waarvan het duurzaam voortbestaan niet is verzekerd als geen beschermingsmaatregelen worden getroffen. De soorten waar het om gaat zijn opgenomen op de bijlage bij de wet (artikel 3.10, lid 1 onder a en c).

Verbodsbepalingen

Voor Vogelrichtlijnsoorten is het verboden om (artikel 3.1):

- in het wild levende vogels te doden of te vangen (lid 1).
- opzettelijk nesten, rustplaatsen en eieren te vernielen of te beschadigen, of nesten van vogels weg te nemen (lid 2).
- eieren te rapen en deze onder zich te hebben (lid 3).

- opzettelijk te storen (lid 4), tenzij de storing niet van wezenlijke invloed is op de staat van instandhouding van de desbetreffende vogelsoort (lid 5).

Voor Habitatrichtlijnsoorten is het verboden om (artikel 3.5):

- in het wild levende dieren in hun natuurlijk verspreidingsgebied opzettelijk te doden of te vangen (lid 1).
- opzettelijk te verstoren (lid 2).
- eieren in de natuur opzettelijk te vernielen of te rapen (lid 3).
- de voortplantingsplaatsen of rustplaatsen te beschadigen of te vernielen (lid 4).
- planten in hun natuurlijke verspreidingsgebied opzettelijk te plukken en te verzamelen, af te snijden, te ontwortelen of te vernielen (lid 5).

Voor Andere soorten is het verboden om (artikel 3.10, lid 1):

- in het wild levende dieren opzettelijk te doden of te vangen (onderdeel a);
- de vaste voortplantingsplaatsen of rustplaatsen van dieren opzettelijk te beschadigen of te vernielen (onderdeel b).
- vaatplanten in hun natuurlijke verspreidingsgebied opzettelijk te plukken en te verzamelen, af te snijden, te ontwortelen of te vernielen (onderdeel c).

Hierboven is voor Vogelrichtlijnsoorten en Habitatrichtlijnsoorten aangegeven dat verstoring niet is toegestaan. Niet iedere verstoring in het kader van de wet is relevant is. Het moet gaan om verstoring die voor soorten in potentie wezenlijke gevolgen heeft. Een tijdelijke verandering van gedrag valt hier niet zonder meer over. Zie voor meer informatie het volgende tekstkader.

Juridisch kader verstoring beschermde soorten

Niet iedere toename van verstoringsbronnen leidt tot een daadwerkelijk effect dat in het kader van de wet is voorzien als verstoring. Voor een individu dat sprake is van opzettelijke verstoring als niet in de directe omgeving (tijdelijk) uitwijkmogelijkheden voor handen zijn en de functionaliteit van het leefgebied door verstoring wordt aangetast. Dit si verschillende keren bevestigd door de Raad van State. Hieronder staan twee delen van uitspraken waarin dit bevestigd is:

ECLI:NL:RVS:2009:BI3701: "*Zoals de Afdeling eerder heeft overwogen (onder meer in de uitspraak van 21 november 2007 in zaak nr. 200607283/1) geldt als uitgangspunt dat niet ieder plan dat tot gevolg heeft dat een beschermde diersoort zich moet aanpassen aan de veranderde omgeving, moet worden aangemerkt als een opzettelijke verontrusting in de zin van artikel 10 van de Ffw.*"

ECLI:NL:RVS:2020:1125: "*Zoals de Afdeling eerder heeft overwogen (onder meer in de uitspraak van 23 juni 2010, ECLI:NL:RVS:2010:BM8836), geldt bij de uitleg van artikel 10 van de Flora- en faunawet als uitgangspunt dat niet ieder plan dat tot gevolg heeft dat een beschermde diersoort zich moet aanpassen aan de veranderde omgeving een opzettelijke verontrusting is in de zin van die bepaling. Het tijdelijk (doen) wegvluchten voor werkzaamheden naar een rustiger plek kan niet worden aangemerkt als opzettelijke verontrusting in de zin van deze bepaling. De Afdeling volgt deze interpretatie eveneens ten aanzien van het in het vierde lid van artikel 3.1, vierde lid, van de Wnb neergelegde verbod van opzettelijke storing.*"

Gedragscodes, vrijstellingen en ontheffingen

Gedragscode

De in het voorgaande beschreven verbodsbepalingen zijn niet van toepassing op handelingen die zijn beschreven in en aantoonbaar worden uitgevoerd volgens een door de minister van LNV vastgestelde gedragscode (artikel 3.31, lid 1). Het moet dan gaan om handelingen die plaatsvinden in het kader van:

a. een bestendig beheer of onderhoud aan vaarwegen, watergangen, waterkeringen, waterstaatswerken, oevers, vliegvelden, wegen, spoorwegen of bermen, of in het kader van natuurbeheer;
b. een bestendig beheer of onderhoud in de landbouw of de bosbouw;
c. een bestendig gebruik;
d. ruimtelijke ontwikkeling of inrichting.

Vrijstelling

Provinciale staten en de minister van LNV kunnen vrijstelling verlenen van de verbodsbepalingen (artikel 3.3, lid 2-4; artikel 3.8, lid 2-5; artikel 3.10, lid 2). Voor zover het gaat om de hiervoor beschreven verbodsbepalingen, kan in het kader van ruimtelijke ontwikkeling en inrichting een ontheffing worden verleend van de verbodsbepalingen van artikel 3.1, 3.5 en 3.10, dus ten aanzien van alle beschermde soorten. Een vrijstelling mag alleen worden verleend wanneer aan bepaalde voorwaarden is voldaan. Deze zijn gelijk aan de voorwaarden waaronder een ontheffing verleend kan worden (zie hier onder).

Voor welke soorten een vrijstelling geldt, verschilt per bevoegd gezag (ministerie van LNV en de afzonderlijke provincies). De lijst met vrijgestelde soorten van het ministerie is alleen van toepassing op handelingen waarvoor de minister van EZ het gevoegd gezag is. Voor handelingen waarvoor gedeputeerde staten het bevoegd gezag zijn, geldt de vrijstellingslijst van de betreffende provincie. De provincie Friesland heeft een vrijstelling verleend voor de volgende soorten:

Zoogdieren

- Aardmuis
- Bosmuis
- Bunzing
- Dwergmuis
- Dwergspitsmuis
- Egel
- Gewone bosspitsmuis
- Haas
- Hermelijn
- Huisspitsmuis
- Konijn
- Ondergrondse woelmuis
- Ree
- Rosse woelmuis
- Steenmarter
- Tweekleurige bosspitsmuis
- Veldmuis
- Vos
- Wezel
- Woelrat

Amfibieën

- Bastaardkikker
- Bruine kikker
- Gewone pad
- Kleine watersalamander
- Meerkikker

Ontheffing

Voor soorten waarvoor (in de betreffende provincie) geen vrijstelling geldt, moet wanneer niet volgens een gedragscode wordt gewerkt een ontheffing worden aangevraagd wanneer er een handeling wordt uitgevoerd waardoor een verbodsbepalingen van artikel 3.1, 3.5 of 3.10 van de Wnb wordt overtreden (artikel 3.3 lid 1 en 3; artikel 3.8 lid 1 en 3; artikel 3.10 lid 2). Of deze ontheffing kan worden verleend, hangt af of voldaan wordt aan de voorwaarden. De voorwaarden waaraan moet worden voldaan, verschillen per beschermingscategorie:
Voor Vogelrichtlijnsoorten moet voor een ontheffing worden voldaan aan de volgende voorwaarden (artikel 3.3, lid 4):

- er bestaat geen andere bevredigende oplossing (onderdeel a).
- het project is nodig (onderdeel b):
  - 1°. in het belang van de volksgezondheid of de openbare veiligheid;
  - 2°. in het belang van de veiligheid van het luchtverkeer;
  - 3°. ter voorkoming van belangrijke schade aan gewassen, vee, bossen, visserij of wateren;
  - 4°. ter bescherming van flora of fauna;
  - 5°. voor onderzoek of onderwijs, het uitzetten of herinvoeren van soorten, of voor de daarmee samenhangende teelt, of
  - 6°. om het vangen, het onder zich hebben of elke andere wijze van verstandig gebruik van bepaalde vogels in kleine hoeveelheden selectief en onder strikt gecontroleerde omstandigheden toe te staan;
- de maatregelen leiden niet tot verslechtering van de staat van instandhouding van de desbetreffende soort (onderdeel c).

Voor Habitatrichtlijnsoorten moet voor een ontheffing worden voldaan aan de volgende voorwaarden (artikel 3.7, lid 5):

- er bestaat geen andere bevredigende oplossing (onderdeel a).
- het project is nodig (onderdeel b):
  - 1°. in het belang van de bescherming van de wilde flora of fauna, of in het belang van de instandhouding van de natuurlijke habitats;
  - 2°. ter voorkoming van ernstige schade aan met name de gewassen, veehouderijen, bossen, visgronden, wateren of andere vormen van eigendom;
  - 3°. in het belang van de volksgezondheid, de openbare veiligheid of andere dwingende redenen van groot openbaar belang, met inbegrip van redenen van sociale of economische aard en met inbegrip van voor het milieu wezenlijke gunstige effecten;
  - 4°. voor onderzoek en onderwijs, repopulatie of herintroductie van deze soorten, of voor de daartoe benodigde kweek, met inbegrip van de kunstmatige vermeerdering van planten, of
  - 5°. om het onder strikt gecontroleerde omstandigheden mogelijk te maken op selectieve wijze en binnen bepaalde grenzen een beperkt, bij de ontheffing of vrijstelling vastgesteld aantal van

bepaalde dieren van de aangewezen soort te vangen of onder zich te hebben, onderscheidenlijk een beperkt bij de ontheffing of vrijstelling vastgesteld aantal van bepaalde planten van de aangewezen soort te plukken of onder zich te hebben;

- er wordt geen afbreuk gedaan aan het streven de populaties van de betrokken soort in hun natuurlijke verspreidingsgebied in een gunstige staat van instandhouding te laten voortbestaan (onderdeel c).

Voor Andere soorten geldt in aanvulling op alle voorwaarden voor Habitatrichtlijnsoorten ook dat het project nodig is voor één of meerder van de aanvullende wettelijke belangen (artikel 3.10, lid 2):

- in het kader van de ruimtelijke inrichting of ontwikkeling van gebieden of van kleinschalige bouwactiviteiten, met inbegrip van het daarop volgende gebruik van het gebied of het gebouwde (onderdeel a).
- ter voorkoming van schade of overlast, met inbegrip van schade aan sportvelden, schietterreinen, industrieterreinen, kazernes, of begraafplaatsen (onderdeel b).
- ter beperking van de omvang van de populatie van dieren, in verband met door deze dieren ter plaatse en in het omringende gebied veelvuldig veroorzaakte schade of in verband met de maximale draagkracht van het gebied waarin de dieren zich bevinden (onderdeel c).
- ter voorkoming of bestrijding van onnodig lijden van zieke of gebrekkige dieren (onderdeel d).
- in het kader van bestendig beheer of onderhoud in de landbouw of bosbouw (onderdeel e).
- in het kader van bestendig beheer of onderhoud aan vaarwegen, watergangen, waterkeringen, waterstaatswerken, oevers, vliegvelden, wegen, spoorwegen of bermen, of in het kader van natuurbeheer (onderdeel f).
- in het kader van bestendig beheer of onderhoud van de landschappelijke kwaliteiten van een bepaald gebied (onderdeel g).
- in het algemeen belang (onderdeel h).
- bestendig gebruik (onderdeel i).

Geen andere bevredigende oplossing betekent -ook in combinatie met de in artikel 1.11 beschreven zorgplicht- dat wanneer een overtreding redelijkerwijs te voorkomen is, en ontheffing niet mogelijk is. De werkzaamheden moeten dan op zodanige wijze worden uitgevoerd dat er geen overtreding van de wet plaatsvindt. Te denken valt aan het kappen van bomen buiten het broedseizoen, of het afzetten van en het wegvangen van soorten in het werkgebied.

Bijlage 13

Afwegingsnotitie voorkeursalternatief gaswinning Ternaard

MEMO

ARCADIS Design & Consultancy for natural and built assets

ONDERWERP
Effect van bodemdaling ten gevolge van gaswinning nabij Ternaard op de (brakke) kwelflux

DATUM
4 februari 2021

VAN
Arcadis

AAN
NAM B.V.

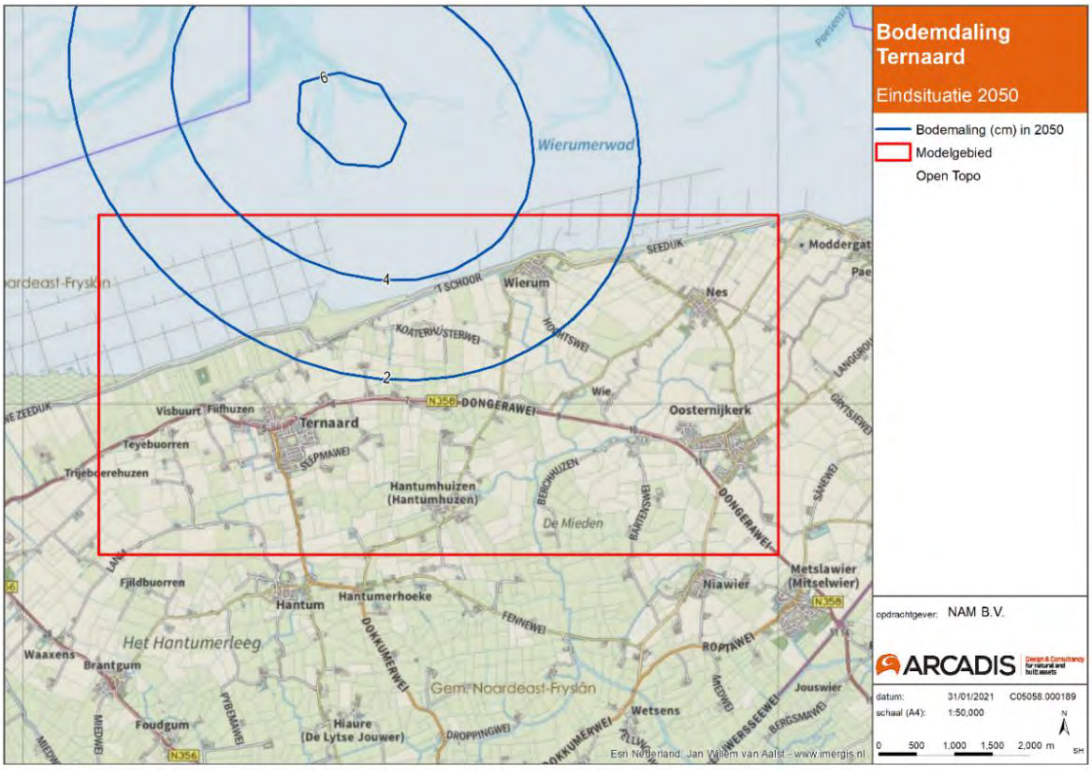
PROJECTNUMMER
C05058.000189

ONZE REFERENTIE
D10023004:30

Inleiding

Nabij de plaats Ternaard, in de gemeente Noardeast-Fryslân, is de Nederlandse Aardolie Maatschappij (NAM) voornemens om een productieboring uit te voeren, met als doel aardgas te winnen. Het plan is om op een duurzame, veilige en optimale wijze aardgas te winnen uit het Ternaard gasveld, binnen de beschikbare gebruiksruimte voor gaswinning in de Waddenzee en met toepassing van het 'hand aan de kraan'-principe. Met het 'hand aan de kraan'-principe wordt bedoelt dat de NAM in samenwerking met externe partijen de bodemdaling monitort, en indien nodig de productie verminderd, zodat geen negatieve gevolgen ten aanzien van de Waddenzee optreden.

Het zogenaamde 'Ternaard gasveld' bevindt zich grotendeels onder de Waddenzee, op ruim 3 kilometer diepte, met een geschat totaal volume aan gas van circa 25 miljard m^3. Binnen de wettelijker kaders die zijn gesteld ten aanzien van bodemdaling is het plan om maximaal 7,57 miljard m^3 aan gas te winnen, over een periode van 15 jaar (2021 – 2037). Voor deze gaswinning is de bodemdaling gemodelleerd. De prognose van de daling in 2050 (eindsituatie) is weergegeven in Figuur 1.



Figuur 1 Prognose bodemdaling (cm) in 2050 (eindsituatie) door de maximale gaswinning in het Ternaard gasveld (blauwe contourlijnen) en het modelgebied (rode lijn)

Het effect van de bodemdaling op de omgeving is onderzocht en beschreven in het rapport 'MER gasboring en gaswinning Ternaard (deel A en B), 14 mei 2020' en bijhorende documenten. Voor het aspect 'Bodem en Water', en daarin in het bijzonder de vraag of de bodemdaling kan leiden tot een (significante) toename in brakke tot zoute kwel, is in het MER op basis van een kwalitatieve analyse en specialistische kennis geconcludeerd dat de relatief geringe bodemdaling een klein tot verwaarloosbaar effect heeft op de toename in kwel.

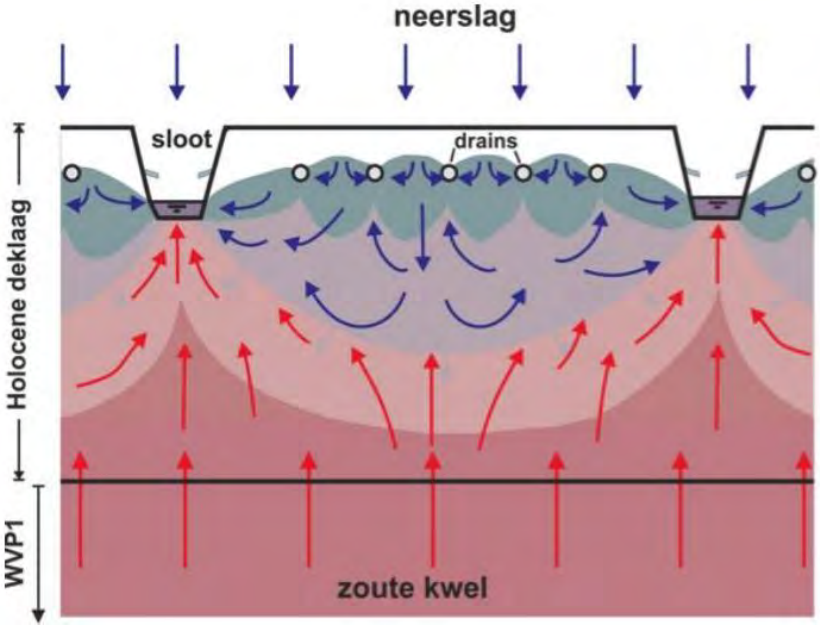
Op verzoek en na overleg (d.d. 17 december 2020) met de Provincie Fryslân is besloten om deze conclusies nader te kwantificeren. In het voorliggende memo brengen we zoveel mogelijk kwantitatief in beeld wat de mogelijke effecten van de gaswinning (i.e. bodemdaling) zijn op grondwater: op de grondwaterstand, verzilting en de gevolgen daarvan voor functies. Voor deze analyse is een relatief eenvoudige modelberekening opgesteld (i.e. geen uitgebreide modelstudie). De aanpak en uitkomst van dit onderzoek zijn onderstaand beschreven.

Processen

Op het land is de geprognotiseerde bodemdaling bij de voorgenomen maximale gaswinning ca. 4 cm nabij de kust tot ca. 2 cm landinwaarts (Figuur 1), over een periode van 30 jaar (2021 – 2050). In de voorliggende situatie kan bodemdaling in theorie op twee manieren tot verzilting leiden:

1. door de bodemdaling wordt de afstand tot het zoet-brak grensvlak kleiner, waardoor de dikte van de zoetwaterlens (enkele centimeters) afneemt.
2. door bodemdaling zijn op termijn (mogelijk) peilverlagingen nodig, om voldoende ontwatering voor landbouw te garanderen. Door de peilverlaging kan de (brakke/zoute) kwelflux[1] toenemen.

Deze processen kunnen elkaar versterken, waardoor de situatie met peilverlaging maatgevend is. In die situatie neemt zowel de afstand tot het zoet-brak grensvlak af (met enkele centimeters) en de kwelflux toe (Figuur 2). Hierbij moet echter worden opgemerkt dat een bodemdaling van enkele centimeters naar verwachting geen aanleiding geeft om het peil te wijzigen met het oog op de (benodigde) ontwateringsdiepte. Bij een ongewijzigd peil is het voornaamste risico dat verzilting optreedt door een verkleining van de afstand (ten opzichte van maaiveld) tot het zoet-brak grensvlak.



Figuur 2 Schematische weergave van een regenwaterlens in een zout kwelgebied (bron: de Louw et al., 2013[2])

[1] De kwelflux is in dit onderzoek gedefinieerd als de opwaartse stroming (in mm/d) van het eerste watervoerend pakket naar de deklaag.

[2] PhD Thesis van P.G.B. de Louw (2013) 'Saline seepage in deltaic areas: Preferential groundwater discharge through boils and interactions between thin rainwater lenses and upward saline seepage', URL: https://research.vu.nl/en/publications/saline-seepage-in-deltaic-areas-preferential-groundwater-discharg

Uit een indicatieve analyse van het risico op verzilting, door de provincie Fryslân, volgt dat de dikte van de regenwaterlens (of zoetwaterlens) in het beïnvloedde gebied (Figuur 1) varieert van kleiner dan 1 m tot meer dan 2 m. Voor meer informatie over dit onderzoek verwijzen we de notitie 'Spaarwater verziltingsrisicokaart voor de waddenregio[3], d.d. 26 juli 2018' en naar de website van de provincie Fryslân[4]. Oftewel, het zoet-brak grensvlak bevindt zich in (een deel van) het beïnvloedde gebied mogelijk relatief dicht bij het maaiveld. Voor die delen met een agrarische functie geldt dat er een risico op verzilting is als deze lens verdwijnt, of als brak kwelwater de wortelzone van een gewas bereikt. Hierbij fluctueert de dikte van de regenwaterlens door het jaar heen, met name als gevolg van variaties in de hoeveelheid neerslag en verdamping – samen met de vrijwel continue aanwezige (brakke) kweldruk. Vooral tijdens het groeiseizoen van het gewas (april tot oktober) is het van belang dat de dikte van de regenwaterlens voldoende is.

Hierbij moeten ook worden opgemerkt dat het beïnvloedde gebied in de komende decennia waarschijnlijk ook te maken krijgt met een toenemende (brakke) kweldruk ten gevolge van zeespiegelstijging. In deze memo is alleen ingegaan op de mogelijke toename in brakke/ zoute kwel ten gevolge van bodemdaling.

Systeem

De ondiepe ondergrond in het beïnvloedde gebied (Figuur 1) bestaat uit een Holocene deklaag van grofweg 5 tot 10 m dik, bestaande uit een bovenlaag van enkele meters bestaande uit klei tot kleiig zand, en een onderlaag van klei, veen of fijn zand. Onder de deklaag bevinden zich veelal een laag van fijn tot grof zand, waarbij er lokaal kleilenzen voorkomen. Zoals beschreven in de voorgaande paragraaf bevindt het zoet-brak grensvlak zich vermoedelijke binnen enkele meters onder het maaiveld, en dus binnen de deklaag (zie notitie 'Spaarwater verziltingsrisicokaart voor de waddenregio[1], d.d. 26 juli 2018' en de website van de provincie Fryslân[2]).

De buisdrainage bevindt zich op 1,7 m onder maaiveld (bron: 'Buisdrainagekaart 2015, Update landelijke buisdrainagekaart o.b.v. de landbouwmeitellingen van 2012' van Alterra, februari 2016). In het beïnvloedde gebied betekent dit bij een gemiddeld maaiveld van NAP +0,8 tot +0,9 m veelal een diepte van NAP -0,8 tot -0,9 m. Het waterpeil van het oppervlaktewatersysteem is gemiddeld ca. NAP -0,9 m (bron: AHN en MIPWA).

Methode

Voor de provincie Fryslân is recent een (zoet-zout) grondwatermodel ontwikkeld, en ten behoeve van dit onderzoek is contact opgenomen met RHDHV (i.e. de ontwikkelaars). Na afstemming met RHDHV is echter besloten om dit model niet in te zetten voor de voorliggende studie, omdat het schaalniveau (250 x 250 m) niet aansloot bij het gewenste (kleine) schaalniveau van dit onderzoek. Het model is ook vooral bedoeld voor de berekening van het effect van grootschalige ingrepen op regionale schaal, en niet voor het berekenen van (kleinschalige) effecten op perceelsniveau.

Als alternatief is daarom gekozen om de effecten door te rekenen met een uitsnede uit het MIPWA-grondwatermodel. De omvang van de uitsnede is als modelgebied weergegeven in Figuur 1. MIPWA is een gedetailleerd, regionaal modelinstrumentarium van Noord-Nederland. Hierbij is de laatste versie (versie 4) van MIPWA gebruikt, zodat we gebruik maken van de meest recente gegevens, zoals bijvoorbeeld REGIS II v2.2. Voor meer informatie over MIPWA verwijzen we naar het rapport 'MIPWA v4 modelbouw, REGIS2.2+ lagenmodel', d.d. 3 september 2020.

Omdat MIPWA geen dichtheidsafhankelijk model is, zijn dichtheidsstroming en eventuele verschuivingen in het zoet-brak grensvlak niet expliciet meegenomen bij de modelberekeningen. Daarom is het risico op verzilting in deze studie beoordeeld op basis van de berekende verandering in de grondwaterstand en kwel(flux), en de (indicatieve) positie van het zoet-brak grensvlak. Verder is voor alle modelparameters en randvoorwaarden uitgegaan van de huidige, stationaire situatie, op een schaalniveau van 25 x 25 m.

Voor de berekening van de effecten zijn een referentiesituatie en twee scenario's doorgerekend:

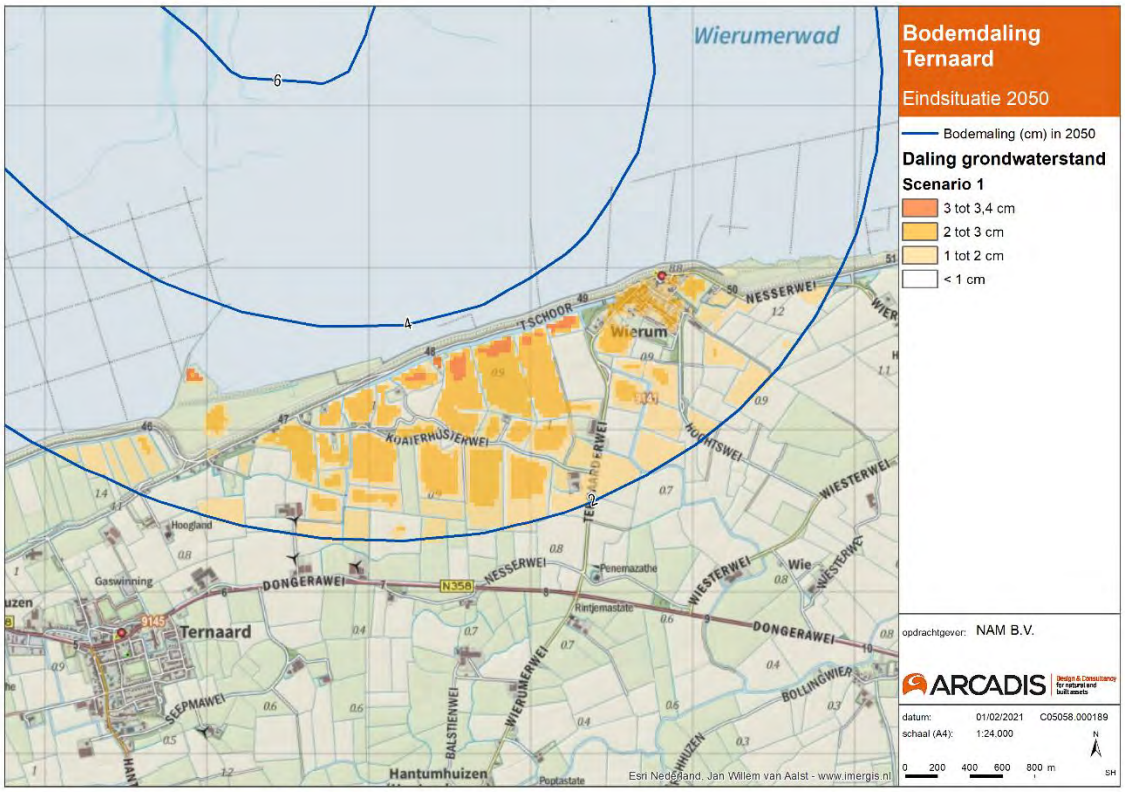
[3] https://www.noardeast-fryslan.nl/sites/default/files/2019-04/Notitie Verziltingsrisicokaart (2018).pdf
[4] https://www.fryslan.frl/home/kaarten_3208/item/verziltingsrisicokaart_22964.html

- Referentiesituatie: huidige, gemiddelde situatie zonder bodemdaling
- Scenario 1 (zonder peilverlaging): de geprojecteerde bodemdaling leidt tot eenzelfde daling in het maaiveld, boven- en onderkant van modellagen, bodemhoogten van watergangen en drainageniveau 's.
- Scenario 2 (met peilverlaging): de geprojecteerde bodemdaling leidt tot eenzelfde daling in het maaiveld, boven- en onderkant van modellagen, bodemhoogten van watergangen en drainageniveau 's + het waterpeil van het oppervlaktewatersysteem wordt mee verlaagd.

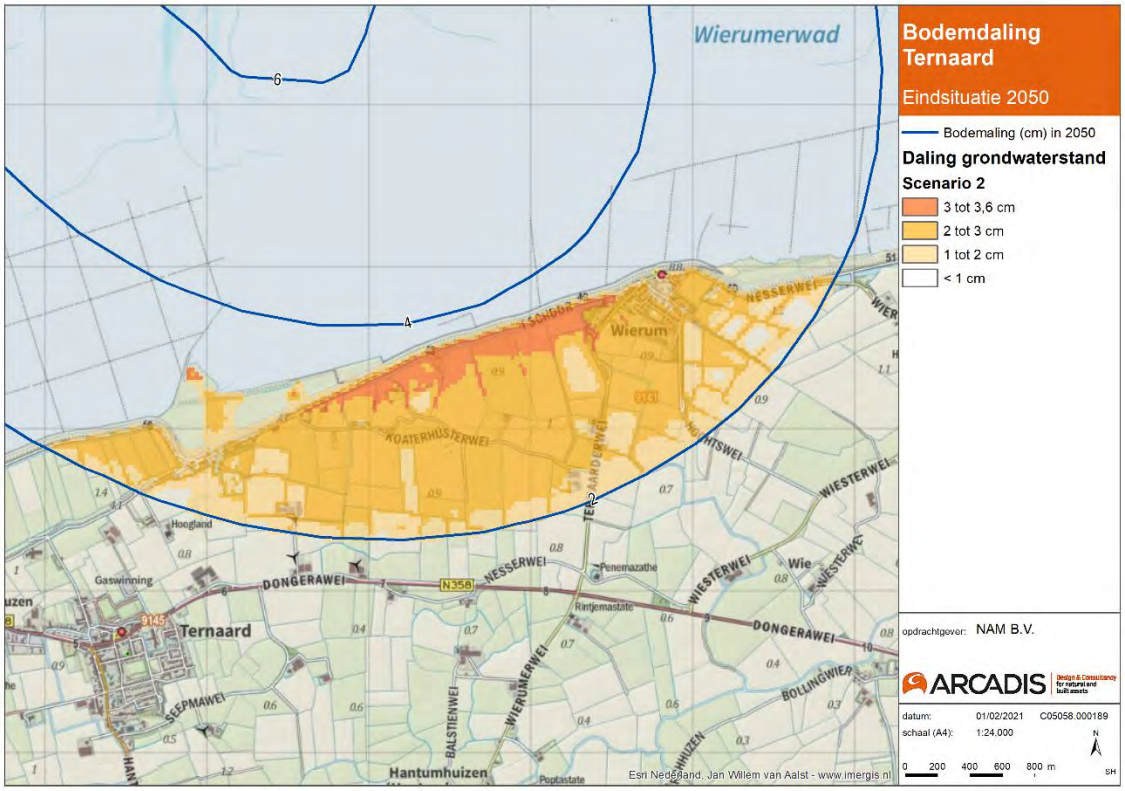
Resultaten

De berekende daling van de freatische grondwaterstand voor scenario 1 en 2 zijn weergegeven in Figuur 3 en 4. Hieruit volgt dat in beide scenario's de freatische grondwaterstanden dalen ten opzichte NAP, waarbij de daling vergelijkbaar is met de bodemdaling. Oftewel, ten opzichte van maaiveld blijven de gemiddelde grondwaterstanden vrijwel gelijk. Voor zowel het stedelijk als agrarisch gebied heeft deze daling dan ook geen significante invloed. De kaarten geven ook een indruk van de ruimtelijke doorwerking van de bodemdaling, en de invloed van respectievelijk de daling van drainageniveau (scenario 1), en peilverlaging (scenario 2). In het slechtste geval zal de afstand tot het zoet-brak grensvlak met eenzelfde hoeveelheid afnemen.

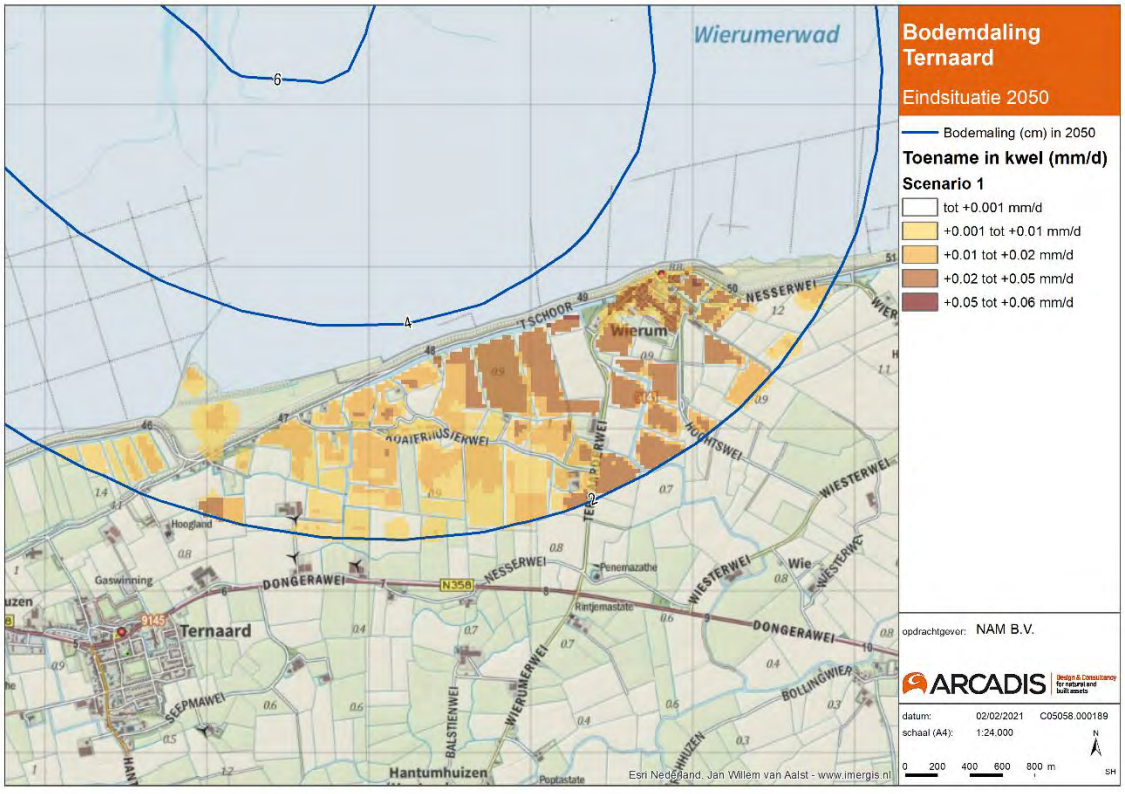
De berekende toename in kwel (in mm per dag) voor scenario 1 en 2 zijn weergegeven in Figuur 5 en 6. De procentuele toename in kwel ten opzichte van de huidige situatie (i.e. referentiesituatie), is weergegeven in Figuur 7 en 8. Hieruit volgt dat in beide scenario's de absolute toename van de kwelflux (zeer) klein is, met een maximale toename van ca. 0,06 mm per dag (nabij Wiersum). Bij veel percelen is de procentuele toename ten opzichte van de huidige situatie dan ook kleiner dan 10%. Hierbij de varieert de huidige kwelflux op veel van deze locaties tussen 0,1 en 1 mm per dag. Op locaties waar de berekende, huidige kwelflux kleiner is dan 0,1 mm per dag, en dus in de huidige situatie relatief laag is, is de procentuele toename groter. Samenvattend; door de bodemdaling neemt de (brakke) kwelflux toe, maar ook met een peilverlaging is de toename relatief klein tot verwaarloosbaar.



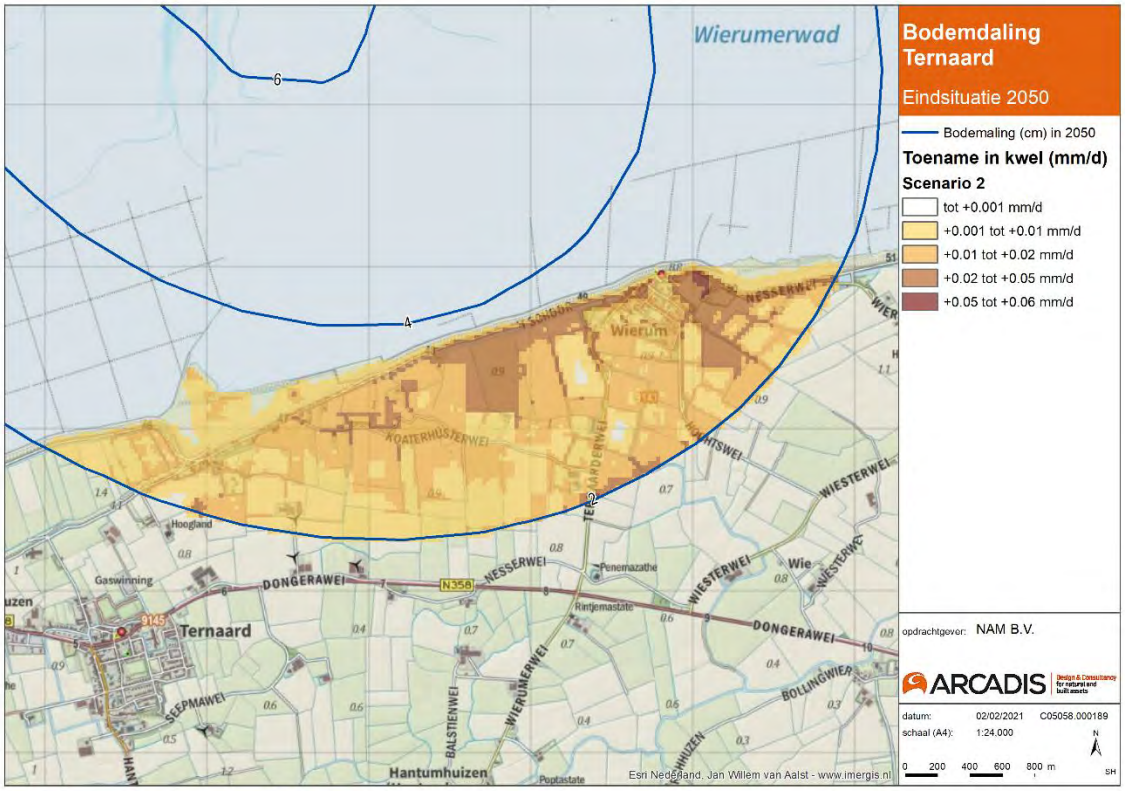
Figuur 3 Daling van de freatische grondwaterstand (t.o.v. NAP) in scenario 1 (zonder peilverlaging)



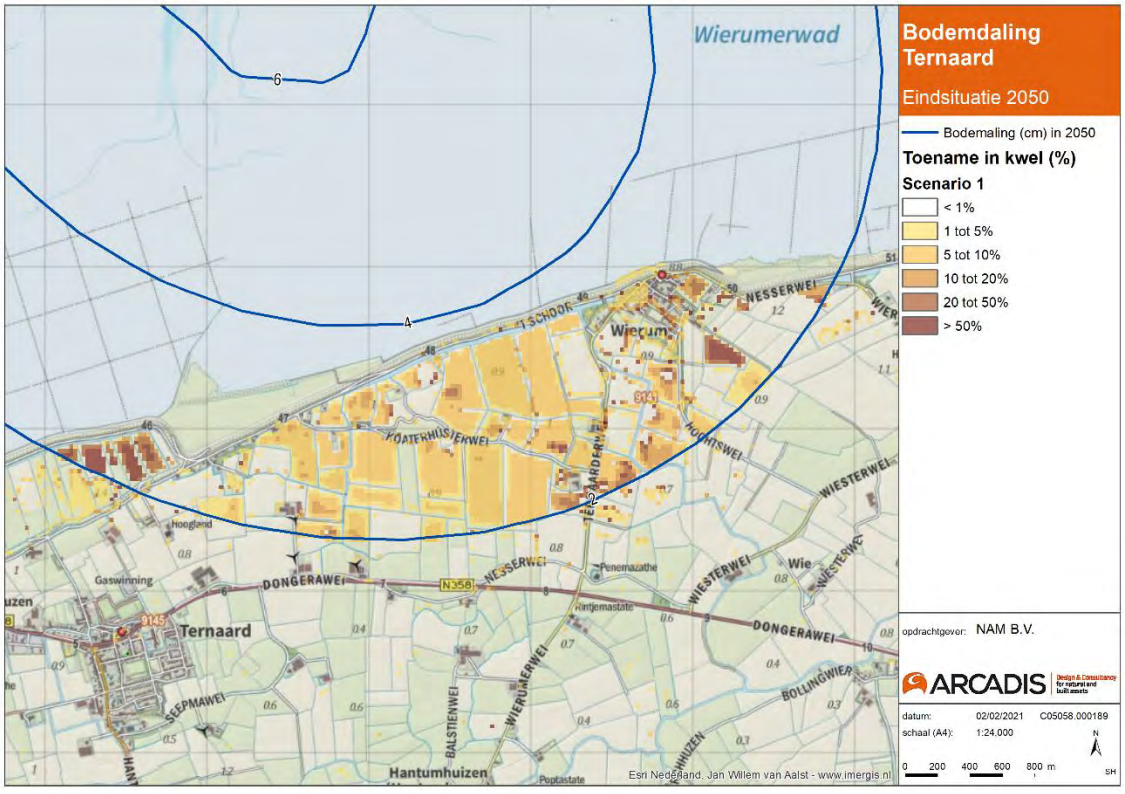
Figuur 4 Daling van de freatische grondwaterstand (t.o.v. NAP) in scenario 2 (met peilverlaging)



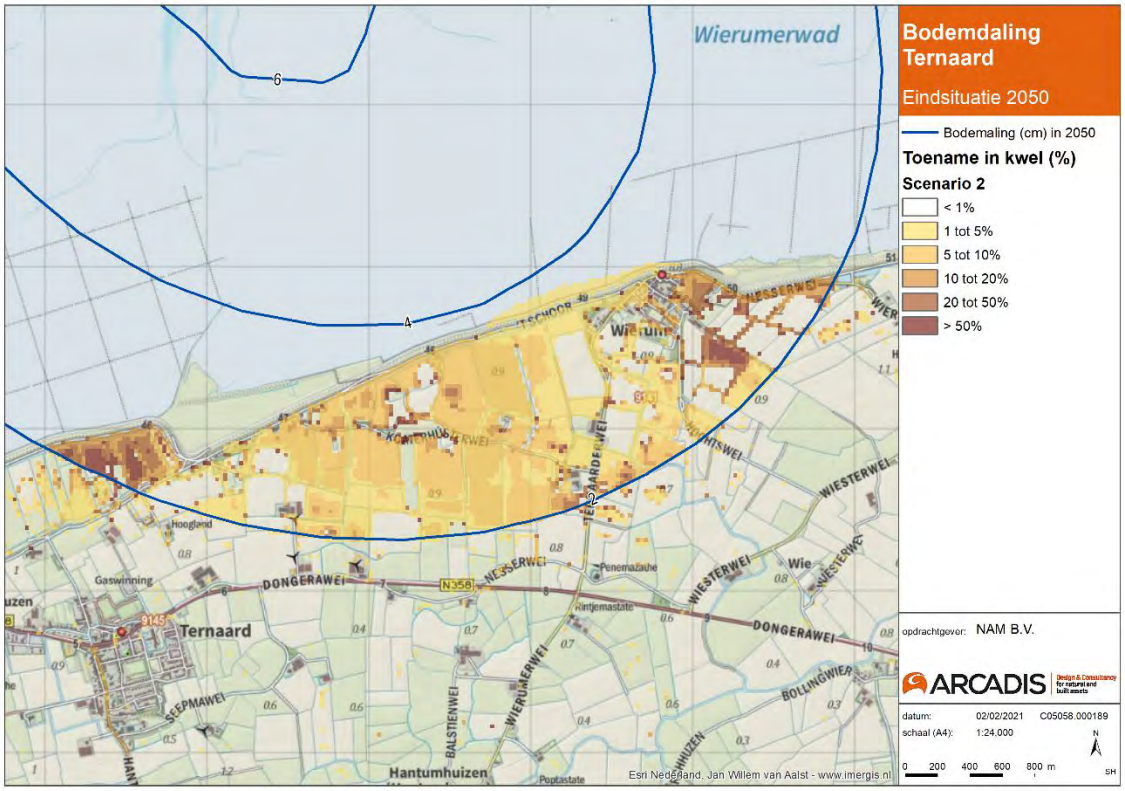
Figuur 5 Toename in kwel (in mm per dag) in scenario 1 (zonder peilverlaging)



Figuur 6 Toename in kwel (in mm per dag) in scenario 2 (met peilverlaging)



Figuur 7 Procentuele toename in kwel (in %) in scenario 1 (zonder peilverlaging)



Figuur 8 Procentuele toename in kwel (in %) in scenario 2 (met peilverlaging)

Conclusie
Uit de modelberekeningen volgt een lichte toename van de (brakke) kwelflux van maximaal 0,06 mm per dag. Door de toename van deze opwaartse (kwel)druk, kan de zoetwaterlens in geringe mate in dikte afnemen. Daarnaast kan door de bodemdaling de afstand tot het zoet-brak grensvlak enkele centimeters afnemen, waardoor de dikte van de zoetwaterlens ook enkele centimeters in dikte afneemt. Ter referentie: uit een indicatieve analyse van het risico op verzilting, door de provincie Fryslân, volgt dat de dikte van de zoetwaterlens in het studiegebied varieert van kleiner dan 1 m tot meer dan 2 m (zie de notitie 'Spaarwater verziltingsrisicokaart voor de waddenregio[5], d.d. 26 juli 2018' en naar de website van de provincie Fryslân[6]).

De procentuele toename van de kwel geeft een beeld van de verandering ten opzichte van de huidige situatie: op percelen met een lage kwelflux (e.g. kleiner dan 0,1 mm per dag) is de toename relatief hoog (e.g. groter dan 50%), terwijl deze op percelen met een hoge kwelflux (e.g. groter dan 0,1 mm per dag) relatief laag is (e.g. kleiner dan 10%).

De absolute waarden van de berekende veranderingen in kwelflux zijn echter klein. De bodemdaling in de eindsituatie in combinatie met toename in kwelflux kan leiden tot een afname van de dikte van de zoetwaterlens van enkele centimeters. Ten opzichte van de huidige situatie is er sprake van een kleine verandering in de zoetwaterlens, die naar verwachting leidt tot een kleine tot verwaarloosbare toename van de verzilting.

[5] https://www.noordeast-fryslan.nl/sites/default/files/2019-04/Notitie Verziltingsrisicokaart (2018).pdf
[6] https://www.fryslan.frl/home/kaarten_3208/item/verziltingsrisicokaart_22964.html

Bijlage 14

Nota van antwoord vooroverlegreacties

ANTWOORDNOTA VOOROVERLEGREACTIES INPASSINGSPLAN GASWINNING TERNAARD

Het voorontwerp inpassingsplan is op 17 augustus en op 1 oktober 2020 overeenkomstig artikel 3.1.1. Besluit ruimtelijke ordening (Bro) naar de overlegpartners gestuurd. Tegelijkertijd zijn de Provinciale Staten van Fryslân en de gemeenteraden van de gemeenten Noardeast-Fryslân en Ameland gehoord, zoals bedoeld in artikel 3.28 van de Wet ruimtelijke ordening. De hieronder opgenomen vooroverlegreacties zijn binnengekomen:

1. Gedeputeerde Staten van Fryslân
2. Wetterskip Fryslân
3. Gemeente Noardeast-Fryslân
4. RWS Noord Nederland

In deze Antwoordnota zijn de ingekomen (vooroverleg)reacties samengevat en voorzien van commentaar.

Het plan is toegezonden aan de volgende vooroverlegpartners, maar van hen is geen reactie ontvangen of zij hebben aangegeven geen aanleiding te zien om met een reactie te komen:

RCE (Rijksdienst voor Cultureel Erfgoed)
Veiligheidsregio Fryslân
College van B&W van de gemeente Ameland

Nr.	Vooroverlegreactie	Antwoord	Doorwerking inpassingsplan
Vooroverlegreactie 1			
a.	Indiener heeft geconstateerd dat er provinciale belangen in het geding zijn en adviseert de stukken hierop aan te vullen. Onderstaand wordt hier puntsgewijs op ingegaan. Indiener heeft daarnaast een meer uitgebreide motivering per punt opgenomen in haar reactie.	Ter kennisgeving aangenomen. In de onderstaande reacties wordt hier puntsgewijs op ingegaan.	Het inpassingsplan is niet aangepast naar aanleiding van deze reactie.
b.	Gewezen wordt op twee moties die door Provinciale Staten ten aanzien van het onderwerp gaswinning hebben aangenomen. Deze moties zien op het tegengaan van nieuwe gasboringen en het waar mogelijk willen stoppen met bestaande boringen, alsmede het voorkomen van alle mogelijke vormen van fracking in de provincie Fryslân.	Gas in Nederland blijft nodig, nu en in de toekomst, voor de levering van warmte aan zowel de industrie als de gebouwde omgeving, alsmede in de productie van elektriciteit. Verschillende energiescenario's geven aan dat in een volledig duurzame energievoorziening in 2050 gasvormige energiedragers zullen voorzien in minimaal 30% van het finale energieverbruik. Dit betekent dat gasvormige dragers in 2050 in alle sectoren noodzakelijk blijven. Het kabinet werkt aan verduurzaming van het gassysteem. Maar dat is niet van vandaag op morgen gerealiseerd. Aardgas zal op dit moment en in de komende decennia daarom een belangrijke rol blijven spelen voor de functies zoals hierboven beschreven. En zolang en in zoverre de gebouwde omgeving en de bedrijven nog afhankelijk zijn van aardgas, blijft gaswinning of import van aardgas noodzakelijk. Het kabinet geeft in dat geval de voorkeur aan gaswinning uit kleine velden eigen land boven gasimport, waar dit veilig kan voor bewoners en omgeving. Voor verdere informatie over het standpunt van het kabinet over duurzaamheid en gaswinning zijn de kamerbrieven over het kleine velden beleid uit 2018 (TK, 2017-2018, 33529, nr.469) en 2020 (TK, 2019-2020, 32813 en 31239, nr. 486) relevant.	Het inpassingsplan is niet aangepast naar aanleiding van deze reactie.

		In het winningsplan dat NAM heeft ingediend voor de gaswinning uit het Ternaard is geen hydraulische putstimulatie (fracking) opgenomen, daarmee is dit geen onderdeel van de voorgenomen gaswinning.	
c.	Indiener wijst op de hoeveelheid onderzoek dat recent gedaan in de Waddenzee in relatie met gaswinning. In het inpassingsplan wordt echter gebruik gemaakt van oudere onderzoeken en inzichten. Het verzoek is om dit up-to-date te maken. Het is nu de vraag of de ecologische effecten op een juiste wijze zijn ingeschat in de Passende Beoordeling. Indiener wijst hierbij op het Besluit ruimtelijke ordening (Bro), artikel 3.1.1a in verband met het gebruik maken van gegevens en onderzoeken die niet ouder zijn dan twee jaar.	Specifiek relevant voor eventuele ecologische effecten in het Waddenzeegebied zijn de gebruiksruimte en stikstofdepositie. In de memo in de bijlage bij deze antwoordnota zijn de sleutelreferenties opgenomen die na 2019 zijn verschenen op het vlak van de bodemdaling door gaswinning onder de Waddenzee. De up-to-date informatie en inzichten geven geen aanleiding om de uitgangspunten, redeneerlijnen en conclusies in de Passende Beoordeling in twijfel te trekken. De conclusies in de Passende Beoordeling blijven daarmee van toepassing op het voornemen tot de gasboring en gaswinning Ternaard. Ten aanzien van stikstofdepositie zijn berekeningen geactualiseerd. Uit deze actualisatie volgt dat er geen significante gevolgen zijn voor de betrokken Natura-2000 gebieden. Artikel 3.1.1a van het Bro staat er verder niet aan in de weg dat onderzoeksgegevens ouder dan twee jaar aan het besluit tot vaststelling van een bestemmingsplan ten grondslag worden gelegd (ABRVS 15 februari 2017, ECLI:NL:RVS:2017:437). Er zijn geen feiten of omstandigheden op grond waarvan betwijfeld zou moeten worden dat de genoemde onderzoeken zodanig zijn verouderd, dan wel dat na de totstandkoming van de onderzoeken zodanige ontwikkelingen hebben plaatsgevonden dat ze niet meer aan het plan ten grondslag gelegd kunnen worden.	Het inpassingsplan is aangepast naar aanleiding van deze reactie. Er zijn geactualiseerde AERIUS-berekeningen toegevoegd.
d.	In de regels wordt niet geborgd dat er geen sprake zal zijn van ‘fracking’. Indiener adviseert om het toepassen van putstimulaties vanaf de productielocatie in Ternaard uit te sluiten.	De wijze van winning uit het Ternaard gasveld wordt niet in het inpassingsplan geregeld, maar in het winningsplan. In het winningsplan dat NAM heeft ingediend voor de gaswinning uit het Ternaard is geen hydraulische putstimulatie opgenomen. In het winningsplan is de volgende zinsnede opgenomen: “Het reser-	Het inpassingsplan is niet aangepast naar aanleiding van deze reactie.

		voirgesteente van het Ternaard voorkomen is naar alle waarschijnlijkheid goed doorlaatbaar. Hierdoor is er geen stimulatie van het reservoir nodig (hydraulische stimulatie of reservoirstimulatie door fracken met zuur).” Het toepassen van hydraulische putstimulatie maakt dus geen onderdeel uit van het onderhavige project.	
e.	Indiener adviseert om de toelichting ten aanzien van het klimaatakkoord paragraaf 1.2.1 en het gebiedsproces paragraaf 7.6 aan te vullen.	Het plan is hierop aangepast.	Het inpassingsplan is aangepast naar aanleiding van deze reactie.
f.	Indiener adviseert om bronvermelding bij kaarten en tekeningen aan te geven.	Het plan is hierop aangepast.	Het inpassingsplan is aangepast naar aanleiding van deze reactie.
g.	Indiener vraagt om een update van onderzoeken ten aanzien van de bodemdaling van de Waddenzee in het kader van het "Hand aan de Kraan"-principe. In de m.e.r. en de passende beoordeling wordt verwezen naar onderzoek van 2018 en ouder.	Specifiek relevant voor eventuele ecologische effecten in het Waddenzeegebied zijn de gebruiksruimte en stikstofdepositie. In de memo in de bijlage bij deze antwoordnota zijn de sleutelreferenties opgenomen die na 2019 zijn verschenen op het vlak van de bodemdaling door gaswinning onder de Waddenzee. De up-to-date informatie en inzichten geven geen aanleiding om de uitgangspunten, redeneerlijnen en conclusies in de Passende Beoordeling in twijfel te trekken. De conclusies in de Passende beoordeling blijven daarmee van toepassing op het voornemen tot de gasboring en gaswinning Ternaard. Artikel 3.1.1a van het Bro staat er verder niet aan in de weg dat onderzoeksgegevens ouder dan twee jaar aan het besluit tot vaststelling van een bestemmingsplan ten grondslag worden gelegd (ABRVS 15 februari 2017, ECLI:NL:RVS:2017:437). Er zijn geen feiten of omstandigheden op grond waarvan betwijfeld zou moeten worden dat de genoemde onderzoeken zodanig zijn verouderd, dan wel dat na de totstandkoming van de onderzoeken zodanige ontwikkelingen hebben plaatsgevonden dat ze niet meer aan het plan ten grondslag gelegd kunnen worden.	Het inpassingsplan is niet aangepast naar aanleiding van deze reactie.

		Daarnaast is er het 'hand aan de kraan'- principe als extra vangnet om te monitoren en tijdig in te kunnen grijpen ingeval de bodemdaling in de praktijk groter is dan vooraf ingeschat. Hierbij worden relevante recente wetenschappelijke inzichten betrokken. Jaarlijks wordt hiermee gecontroleerd of de gaswinning binnen de toegestane grenzen blijft. Zie hiervoor het meest recente advies van de Auditcommissie op: https://www.commissiemer.nl/adviezen/3467. In dit advies wordt het volgende aangegeven: "*De Auditcommissie onderschrijft de conclusies van de NAM in de rapportage over het monitoringsjaar 2019 dat de bodemdaling binnen de toegestane gebruiksruimte is gebleven. Verder concludeert ze dat er tot op heden geen aanwijzingen zijn voor veranderingen in de natuur van de Waddenzee en het Lauwersmeer die het gevolg kunnen zijn van de gaswinning*." Het advies van de auditcommissie gaswinning Waddenzee gaat over de kombergingen Pinkegat en Zoutkamperlaag. Een groot deel van de bodemdaling van Ternaard zal binnen Pinkegat plaatsvinden en daarom meegenomen worden in de beoordelingen van de Auditcommissie. De bodemdaling strekt zich ook uit over een klein deel van het naastgelegen kombergingsgebied Borndiep. Uit het MER en de Passende beoordeling blijkt dat de geringe bodemdaling (minder dan 1 mm per jaar) in dit kombergingsgebied in combinatie met de zeespiegelstijging het meegroeivermogen van de betreffende kombergingsgebied niet overschrijdt. Naar aanleiding hiervan is er geen reden om aan te nemen dat hier problemen zouden kunnen ontstaan.	
h.	Indiener adviseert om zo veel mogelijk kwantitatief in te schatten wat bodemdaling betekent voor het vraagstuk Verzilting en doet hiervoor een aantal concrete voorstellen.	De bijdrage van de mogelijke gaswinning bij Ternaard aan verzilting is beperkt, omdat de bodemdaling door mogelijke gaswinning bij Ternaard gering is (2 – 4 cm). Om deze reden is ervoor gekozen in de MER een kwalitatieve inschatting te maken van verzilting.	Het inpassingsplan is aangepast naar aanleiding van deze reactie.

		Naar aanleiding van de overlegreactie is er een modelstudie uitgevoerd om het effect van bodemdaling op verzilting verder te kwantificeren (zie bijlage 13 bij het inpassingsplan). Uit deze studie blijkt een lichte toename van de brakke kwelflux. De bodemdaling in de eindsituatie in combinatie met toename in kwelflux kan leiden tot een afname van de dikte van de zoetwaterlens van enkele centimeters. Ten opzichte van de huidige situatie is er sprake van een kleine verandering in de zoetwaterlens, die naar verwachting leidt tot een kleine tot verwaarloosbare toename van de verzilting. In de studie is kaartmateriaal opgenomen waarin duidelijk wordt hoe de toename in brakke kwel verdeeld is over de percelen.	
i.	Ten aanzien van de bodemdaling wordt ook gewezen op het risico voor grotere potentiële overstromingsschade, waarbij specifiek op het falen van een primaire of regionale kering en situaties met ernstige wateroverlast wordt gewezen.	Het effect van de voorgestelde gaswinning op waterkeringen is beoordeeld in hoofdstuk 16 van het MER. Het belangrijkste effect vanwege bodemdaling heeft betrekking op de hoogte van de waterkering die zal afnemen, waardoor de 'levensduur' van de kering met circa 4 jaar afneemt. Verder wordt in het MER geconcludeerd dat de waterkering aan de waterveiligheidseisen in 2050 blijft voldoen. Het risico op falen van een waterkering is, zo blijkt uit het MER en uit de separate studie van GR8GEO (rapport is als bijlage 9 opgenomen in het MER) naar mogelijke risico's voor de waterkering als gevolg van seismische activiteit, erg klein. Indien uit toetsen aan geldende normstellingen, die het waterschap om de 6 jaar uitvoert blijkt dat aanpassingen aan de dijk nodig zijn vanwege effecten van de gaswinning, dan zullen de kosten van deze aanpassingen door NAM worden vergoed. Op 28 juni 2006 zijn de Nederlandse Aardolie Maatschappij B.V. (NAM), de provincie Fryslân en Wetterskip Fryslân de Overeenkomst Bodemdaling Aardgaswinning Fryslân aangegaan met als	Het inpassingsplan is niet aangepast naar aanleiding van deze reactie.

		doel een regeling te treffen voor de schade die ontstaat als gevolg van bodemdaling door aardgaswinning door NAM. De Overeenkomst heeft tot doel een regeling te treffen voor de vergoeding van schade die voortvloeit uit bodemdaling ten gevolge van aardgaswinning door NAM.	
j.	Geadviseerd wordt om de gebruiksruimte te updaten, zodat ook de ecologische effecten beter kunnen worden beoordeeld, hierbij ligt een relatie met het HadK-principe.	Verwezen wordt naar de reactie onder c.	Het inpassingsplan is niet aangepast naar aanleiding van deze reactie.
k.	Geadviseerd wordt om een Aerius berekening op te stellen voor het complete project (in ieder geval de aanlegfase, winningsfase en eventueel de verwijdering).	Voor de aanlegfase is een AERIUS-berekening uitgevoerd, zie hiervoor 5.3.2 van de plantoelichting en bijlage 4 en 11 bij de plantoelichting. In de winningsfase is er geen sprake van relevante stikstofemissie en – depositie. Voor de verwijdering geldt dat deze pas over enkele decennia zal plaatsvinden en daardoor de stikstofdepositie nog niet is te berekenen. Op basis van de aard van de werkzaamheden en het feit dat het te gebruiken materieel in de toekomst zeker emissie-armer zal zijn dan vandaag de dag, is het wel zeker dat de emissies bij afbouw lager zullen zijn dan in de aanlegfase.	Het inpassingsplan is aangepast naar aanleiding van deze reactie. Er zijn geactualiseerde AERIUS-berekeningen toegevoegd.
l.	Geadviseerd wordt om conclusies op te stellen voor de soortenbescherming.	In januari 2021 is er een veldonderzoek uitgevoerd ten aanzien van flora en fauna. De conclusie is dat de effecten beperkt zijn tot tijdelijke verstoring van geringe aard. Indien de beschreven mitigerende maatregelen worden nagevolgd is er geen sprake van overtreding van verbodsbepalingen van de soortbescherming in het kader van de Wet Natuurbescherming. Daarmee is dan ook geen ontheffing nodig voor de werkzaamheden. Verder wordt verwezen naar paragraaf 5.3 van de toelichting bij het inpassingsplan. Het rapport is tevens als bijlage bij het inpassingsplan gevoegd.	Het inpassingsplan is aangepast naar aanleiding van deze reactie, in die zin dat paragraaf 5.3 aangevuld is en het uitgevoerde veldonderzoek als bijlage toegevoegd is.
m.	Men adviseert om de externe effecten van het heien op zeezoogdieren op te nemen.	Het heien vindt plaats op circa 1 km vanaf de Waddenzee op het vaste land. Er is geen sprake van onderwater heien. Gezien de	Het inpassingsplan is niet aangepast naar aanleiding van deze reactie.

		afstand tot de Waddenzee zijn externe effecten op zeezoogdieren uitgesloten. Na enkele honderden meters vindt geen relevante overdracht meer plaats van geluidenergie door de bodem.	
n.	Vanuit de KRW geldt een stand-still principe, waarbij achteruitgang niet is toegestaan. De conclusies in de rapportages worden niet gemotiveerd, graag een motivering opnemen.	Voor de verandering in waterkwaliteit is onderscheid te maken naar de fysisch-chemische waterkwaliteit en de ecologische waterkwaliteit. De fysisch-chemische waterkwaliteit wordt vooral bepaald door de hoeveelheid aan stoffen die in het water zitten zoals stikstof, fosfaat, chloride (verzilting) en zuurstof. Bij de ecologische waterkwaliteit gaat het om de hoeveelheid soorten algen, waterplanten, kleine waterdiertjes en vissen. Vanuit de Europese Kaderrichtlijn Water (KRW) zijn hiervoor ecologische doelen gesteld. In het watersysteem Dongeradeel is voornamelijk het fosfaatgehalte behoorlijk hoog. Dit heeft mede te maken met de zoute kwel vanuit de Waddenzee. Deze kwel bevat ook de voedingsstof fosfaat en zorgt ervoor dat het fosfaat in het oppervlaktewater komt. Een te hoog niveau aan voedingstoffen in het oppervlaktewater leidt tot eutrofiëring (overmatige algengroei). Uit de KRW factsheet volgt dat voor het waterlichaam waar de watergangen in dit gebied toe gerekend worden het stikstofgehalte de doelstelling overstijgt. Sterk bepalend voor zowel de chemische- als ecologische waterkwaliteit is het fosfaatgehalte. Door een peilverhoging lost het aanwezige fosfaat makkelijk op en neemt de uitspoeling van fosfaat daarmee toe. Voor de KRW doelstelling van het aanwezige waterlichaam is echter stikstof de parameter die de doelstelling overstijgt. Door een peilverhoging neemt de uitspoeling van stikstof juist af. Vanuit de KRW is daarmee de peilverhoging gunstig, de fosfaat gehalten vormen echter een locatie specifiek knelpunt.	Het inpassingsplan is aangepast naar aanleiding van deze reactie in die zin, dat er een aanvullende grondwaterstudie is uitgevoerd en als bijlage opgenomen is.

		Het watersysteem in het studiegebied heeft al een hoog fosfaatgehalte, een afname van de ontwatering door bodemdaling leidt daarmee tot een verdere verhoging van het fosfaatgehalte. De ecologische functies van het watersysteem wordt daarmee verder beperkt, met name algengroei wordt versterkt. De mate waarin de ontwatering minder wordt, is echter beperkt. Het huidige knelpunt wordt potentieel versterkt door deze ingreep. Het knelpunt heeft een niet op te lossen natuurlijke oorzaak (zoute kwel). De natuurlijke oorzaak is in dit geval overheersend; de bijdrage van het onderhavige project op het huidige knelpunt is beperkt.	
o.	Indiener vraagt om aandacht te besteden aan de effecten van extra fosfaat/chloride belasting op de te behalen KRW doelen.	Zie de reactie onder n.	Het inpassingsplan is aangepast naar aanleiding van deze reactie in die zin, dat er een aanvullende grondwaterstudie is uitgevoerd en als bijlage opgenomen is.
p.	Indiener vraagt om de nieuwe aansluiting op de N358 vorm te geven als een inrit conform de overige inritten langs de N358.	Ter kennisgeving aangenomen. Dit is een uitvoeringsaspect dat verder met de gemeente afgestemd zal worden en zal worden meegenomen in de vergunningverlening.	Het inpassingsplan is niet aangepast naar aanleiding van deze reactie.
q.	Indiener adviseert om de aanwezige verkeersteller in de N358 bij de toekomstige inrit niet te beschadigen.	Ter kennisgeving aangenomen, hiermee zal bij de uitvoering rekening gehouden worden.	Het inpassingsplan is niet aangepast naar aanleiding van deze reactie.
r.	Indiener geeft aan dat schade aan vastgoed door bodemdaling of trilling moet worden voorkomen of gecompenseerd.	Mocht er door de gaswinning schade ontstaan dan is de exploitant van het mijnbouwwerk aansprakelijk. Dit is wettelijk geregeld in art. 6:177 van het Burgerlijk Wetboek. Daarnaast zijn er met de een brede vertegenwoordiging vanuit de regio afspraken gemaakt over schade als onderdeel van het “Afsprakenkader	Het inpassingsplan is niet aangepast naar aanleiding van deze reactie.

		Ontzorging". Ook is er een landelijk schadeprotocol Kleine velden. De uitvoering van deze regeling is in handen van de Commissie Mijnbouwschade.	
s.	Indiener adviseert om een landschappelijke inpassing op te stellen voor de nieuwe productielocatie bij Ternaard en de beperkte uitbreiding bij Moddergat en deze voor te leggen.	NAM heeft in overleg met de gemeente een nieuw voorstel ingediend. De locatie zal worden omringd door 4 aarden wallen met een hoogte van 2,25 meter. De productielocatie en het hekwerk worden daardoor onttrokken aan het zicht. De aarden wallen zullen worden ingezaaid met een gras- en bloemenmengsel. Er zal minimaal onderhoud worden uitgevoerd. Er is geen sprake van uitbreiding van de locatie Moddergat. Het bestaande hekwerk zal enkele meters worden verschoven waardoor de aanpassing binnen de bestaande locatie kan worden gerealiseerd. Alles is passend binnen bestaande landschappelijke inpassing.	Het inpassingsplan is aangepast naar aanleiding van deze reactie.
t.	Indiener adviseert om een plan van aanpak op te stellen; waarin staat beschreven hoe het bestaande (micro-)reliëf, zoals steilranden en (kruinige) percelen intact blijven bij de open vergraving voor de gastransportleiding en het realiseren van een boorkelder.	Steilranden en micro reliëf worden na aanleg hersteld. Hiervoor wordt een werkinstructie opgesteld voor de aannemer.	Het inpassingsplan is niet aangepast naar aanleiding van deze reactie.
u.	Indiener adviseert om te onderzoeken of ook middels boring de nieuwe aardgastransportleiding kan worden aangelegd, in plaats van een open vergraving, ook in relatie tot bovenstaande punten.	De uitvoeringsrisico's van een boring zijn groter dan bij aanleg via open ontgraving. De aardgastransportleiding wordt voornamelijk in open land aangelegd zonder erg grote obstakels. Daar waar obstakels zijn (zoals kruisingen van waterwegen) wordt gebruik gemaakt van een boring. Er is daarom geen reden om voor het gehele tracé te kiezen voor een boring.	Het inpassingsplan is niet aangepast naar aanleiding van deze reactie.
v.	In de factsheet "De rijkscoördinatieregeling" schrijft u dat de stukken van het inpassingsplan informeel zijn voorbereid en/of afgestemd met de regionale en lokale overheden. Wij moeten constateren dat de stukken niet informeel zijn besproken. Gezien het korte tijdsbestek waarop wij nu kunnen reageren willen wij het voorbehoud maken om op een later moment de adviezen aan te vullen.	Op grond van artikel 3.28 lid 1 Wet ruimtelijke ordening (Wro) en artikel 3.1.1 Bro voeren EZK en BZK bij de toepassing van de rijkscoördinatieregeling overleg met de andere bevoegde gezagen. In het proces voorafgaand aan formele toezending van het voorontwerp aan de andere bevoegde gezagen zijn deze intensief betrokken, onder meer ten behoeve van het opstellen van	Het inpassingsplan is niet aangepast naar aanleiding van deze reactie.

		dit voorontwerp. Mede gezien deze betrokkenheid vooraf achten wij de 6 weken termijn voor een reactie een redelijke termijn.	
Vooroverlegreactie 2			
a.	Voor het overzicht zou het de voorkeur van indiener hebben dat de waterparagraaf los van 'bodem' wordt opgenomen in het inpassingsplan.	Momenteel zijn de aspecten water en bodem dusdanig met elkaar verweven in de tekst, dat het niet wenselijk geacht wordt om deze los van elkaar op te nemen. Dit heeft tevens te maken met het feit dat beide aspecten ook in het MER in samenhang bezien zijn.	Het inpassingsplan is niet aangepast naar aanleiding van deze reactie.
b.	Indiener verzoekt om de uitkomsten van het digitaal aangevraagde wateradvies op 22 november 2018 op het inpassingsplan alsnog op te nemen in de paragraaf.	De uitkomsten van het digitaal aangevraagde wateradvies zijn opgenomen in de toelichting van het inpassingsplan.	Het inpassingsplan is aangepast naar aanleiding van deze reactie.
c.	Uit de (water)paragraaf moet duidelijk worden hoe de wateraspecten en te nemen maatregelen zijn geborgd bij de ontwikkeling van het plan	Het inpassingsplan is hierop aangevuld.	Het inpassingsplan is aangepast naar aanleiding van deze reactie.
d.	Voor de nieuwe productielocatie bij Ternaard en de uitbreiding van de bestaande locatie Moddergat is er een toename van verharding. Wanneer een terrein onverhard is heeft het hemelwater de mogelijkheid om te infiltreren in de ondergrond. Door verharding van (een deel van) het gebied stroomt het hemelwater versneld af. Hierdoor wordt het oppervlaktewater extra belast. Uit de waterparagraaf moet duidelijk blijken met hoeveel m2 de verharding toeneemt en wat voor maatregelen er worden getroffen om dit te compenseren. Overigens is er in landelijk gebied een vrijstelling van compensatie tot 1.500 m2 voor het aanbrengen van nieuwe verharding.	Er is een watertoets uitgevoerd in overleg met het waterschap. De te compenseren oppervlakte water wordt gerealiseerd door bij de nieuwe locatie een sloot aan te brengen. De afmetingen van deze sloot zijn afgestemd op het te realiseren verhard oppervlak. De totale verharding is circa 13.650 m^2, de nieuwe sloot heeft een oppervlakte van 1.470 m^2.	Het inpassingsplan is aangepast naar aanleiding van deze reactie.
e.	Het veiligheidsbeleid van het waterschap en de ruimtelijke ordening ontmoeten elkaar op verschillende momenten. Om gevolgschade bij een overstroming vanuit de Friese boezem te voorkomen adviseren wij de nieuwe gaswinningslocatie Ternaard boven het 'maatgevend boezempeil aan te leggen. Het 'maatgevend boezempeil,	De locatie wordt boven de +0,02 m NAP aangelegd, hier wordt in het ontwerp rekening mee gehouden.	Het inpassingsplan is niet aangepast naar aanleiding van deze reactie.

	is een gemiddelde waterstand die tijdens maatgevende omstandigheden' eenmaal per 100 of 300 jaar kunnen optreden. Het maatgevend boezempeil is voor dit gebied +0,02 m NAP per 1/100 jaar. Graag verneemt indiener op wat voor maaiveldhoogte de gaswinlocatie wordt aangelegd.		
f.	In het plangebied liggen Hoofdwateren. Deze Hoofdwateren hebben een belangrijke aan-, af- en doorvoerfunctie. Aan weerszijden van een hoofdwatergang ligt een beschermingszone van 5 meter. Deze beschermingszone is nodig voor de bereikbaarheid voor beheer en onderhoud aan de hoofdwatergang. Indiener verwijst naar de digitale leggerkaart voor de positionering van de huidige Hoofdwateren.	De hoofdwatergangen worden niet belemmerd. Deze worden op een aantal punten langs het tracé gekruist met een boring. Binnen de 5 meter contouren zijn geen bouwwerken voorzien ten behoeve van dit project. Ook bij de realisatie van de nieuwe Ternaard locatie wordt deze afstand tot de hoofdwatergang in acht genomen.	Het inpassingsplan is niet aangepast naar aanleiding van deze reactie.
g.	Indiener geeft aan dat er enkele rioolpersleidingen liggen in het tracé van de aan te leggen gasleiding. Wetterskip Fryslân heeft beperkt recht van opstal ter plaatse van de rioolpersleidingen. Dit houdt o.a. in dat voor een strook van 6 meter (3 meter aan weerszijden van de rioolpersleiding, gerekend vanuit het hart van de leiding) beperkingen gelden voor het grondgebruik. Er mogen o.a. geen vaste verharding en bebouwing worden aangelegd boven de genoemde strook. Bij nieuwe ontwikkelingen dient u hier rekening mee te houden. De ligging van de rioolpersleidingen kunt u niet online raadplegen. U hoeft deze niet op te nemen in de Regels en op de Verbeelding.	Voorafgaand en tijdens de uitvoering zal in overleg met het Wetterskip rekening worden gehouden met genoemde rioolpersleidingen.	Het inpassingsplan is niet aangepast naar aanleiding van deze reactie.
Vooroverlegreactie 3			
a.	Indiener benadrukt dat zij tegen nieuwe gaswinning is.	Gas in Nederland blijft nodig, nu en in de toekomst, voor de levering van warmte aan zowel de industrie als de gebouwde omgeving, alsmede in de productie van elektriciteit. Verschillende energiescenario's geven aan dat in een volledig duurzame energievoorziening in 2050 gasvormige energiedragers zullen voor-	Het inpassingsplan is niet aangepast naar aanleiding van deze reactie.

		zien in minimaal 30% van het finale energieverbruik. Dit betekent dat gasvormige dragers in 2050 in alle sectoren noodzakelijk blijven. Het kabinet werkt aan verduurzaming van het gassysteem. Maar dat is niet van vandaag op morgen gerealiseerd. Aardgas zal op dit moment en in de komende decennia daarom een belangrijke rol blijven spelen voor de functies zoals hierboven beschreven. En zolang en in zoverre de gebouwde omgeving en de bedrijven nog afhankelijk zijn van aardgas, blijft gaswinning of import van aardgas noodzakelijk. Het kabinet geeft in dat geval de voorkeur aan gaswinning uit kleine velden in eigen land boven gasimport, waar dit veilig en verantwoord kan voor bewoners en omgeving. Voor verdere informatie over het standpunt van het kabinet over duurzaamheid en gaswinning zijn de kamerbrieven over het kleine velden beleid uit 2018 (TK, 2017-2018, 33529, nr.469) en 2020 (TK, 2019-2020, 32813 en 31239, nr. 486) relevant.	
b.	Indiener refereert aan het Manifest van Friese overheden over gas- en zoutwinning, waarin de zorgen van inwoners en bedrijven in de omgeving van gas- en zoutwinning over veiligheid, leefbaarheid en waardebehoud van onroerend goed tot uitdrukking komen en waarin opgeroepen wordt te werken aan herstel van vertrouwen en draagvlak. Indiener vraagt om meer aandacht voor de geuite zorgen door het Rijk en de winningsbedrijven en bovendien een grotere rol voor de lokale overheid.	De zorgen die ontstaan als gevolg van de voorgestelde gaswinning worden geadresseerd in een omgevingsproces. Dit omgevingsproces is een pilot voor een nieuwe werkwijze rond mijnbouwprojecten. Via dit omgevingsproces hebben de zorgen van omwonenden op een zorgvuldige manier een plek gekregen in afspraken die zijn gemaakt tussen de NAM en omwonenden via een Afsprakenkader Ontzorging Gasveld Ternaard. Ook ligt er een investeringsagenda die is opgesteld door regionale overheden, inwoners en belangengroepen waarmee de regio aangeeft op welke manier zij niet alleen gecompenseerd kan worden — indien tot gaswinning wordt besloten-, maar ook achtergelaten kan worden met een maatschappelijke plus. De afspraken die zijn gemaakt tussen het ministerie van EZK en de betrokken regionale overheden over de verdere uitwerking	Het inpassingsplan is niet aangepast naar aanleiding van deze reactie.

		van de investeringsagenda zijn via een brief aan de betrokken overheden bevestigd.	
c.	Indiener wijst op het omgevingsproces Ternaard, de coalitieagenda voor de gemeente Noardeast-Fryslân 2019 – 2022 en de raadsmotie Gaswinning Waddenzee van 14 februari 2019. Het ministerie heeft aangegeven het omgevingsproces in de besluitvorming te betrekken. Als de gaswinning doorgezet wordt, is de gemeentelijke insteek in het omgevingstraject om het gebied sociaal en economisch te versterken en heldere afspraken te maken over schadelijke effecten. In de genoemde raadsmotie is aangegeven dat de Waddenzee beschermd moet worden en dat beter ingezet kan worden op de transitie naar duurzame energie. Deze opvatting is ook kenbaar gemaakt naar (onder andere) het ministerie van EZK.	Via het omgevingsproces is een Investeringsagenda opgesteld waarmee de regio aangeeft op welke manier zij niet alleen gecompenseerd kan worden — indien tot gaswinning wordt besloten-, maar ook achtergelaten kan worden met een maatschappelijke plus. Afspraken over schade zijn opgenomen in het Afsprakenkader Ontzorging Gasveld Ternaard. De Waddenzee wordt beschermd door het ‘hand aan de kraan’-beleid. Hierbij wordt aangegeven dat de natuurlijke kenmerken van de Waddenzee niet mogen worden aangetast. Gas in Nederland blijft nodig, nu en in de toekomst, voor de levering van warmte aan zowel de industrie als de gebouwde omgeving, alsmede in de productie van elektriciteit. Verschillende energiescenario’s geven aan dat in een volledig duurzame energievoorziening in 2050 gasvormige energiedragers zullen voorzien in minimaal 30% van het finale energieverbruik. Dit betekent dat gasvormige dragers in 2050 in alle sectoren noodzakelijk blijven. Het kabinet werkt aan verduurzaming van het gassysteem. Maar dat is niet van vandaag op morgen gerealiseerd. Aardgas zal op dit moment en in de komende decennia daarom een belangrijke rol blijven spelen voor de functies zoals hierboven beschreven. En zolang en in zoverre de gebouwde omgeving en de bedrijven nog afhankelijk zijn van aardgas, blijft gaswinning of import van aardgas noodzakelijk. Het kabinet geeft in dat geval de voorkeur aan gaswinning uit kleine velden in eigen land boven gasimport, waar dit veilig kan voor bewoners en omgeving.	Het inpassingsplan is niet aangepast naar aanleiding van deze reactie.

		Voor verdere informatie over het standpunt van het kabinet over duurzaamheid en gaswinning zijn de kamerbrieven over het kleine velden beleid uit 2018 (TK, 2017-2018, 33529, nr.469) en 2020 (TK, 2019-2020, 32813 en 31239, nr. 486) relevant.	
d.	Indiener geeft aan een constructieve houding gehad te hebben tijdens het omgevingsproces, ondanks dat indiener tegen gaswinning is. Er zijn afspraken gemaakt in het kader van het omgevingsproces maar tot nu toe zijn deze nog niet schriftelijk bevestigd. Dit leidt tot een aantasting van vertrouwen bij indiener. Als men het vertrouwen blijft beschamen, dan zal indiener het verzet tegen gaswinning door haar bevolking steunen en is het omgevingsproces mislukt. Dit zal tot grote onrust leiden in het gebied. Indiener vertrouwt er dan ook op dat de gemaakte afspraken alsnog schriftelijk bevestigd worden richting indiener en dat de lokaal sterk gevoelde negatieve gevolgen van de gaswinning en de inzichten uit het omgevingsproces betrokken worden in de belangenafweging en besluitvorming.	De afspraken waarop de indiener doelt zijn ondertussen bevestigd door de minister van EZK in een brief d.d. 30 oktober 2020.	Het inpassingsplan is aangepast naar aanleiding van deze reactie met een aanvulling op paragraaf 7.6.
e.	Indiener adviseert om de onderzoeken die ten grondslag liggen aan de gebruiksruimte en het 'hand aan de kraan'-principe (en de MER en de passende beoordeling) te actualiseren op basis van de meest actuele inzichten (meest actuele en accurate scenario's, meetmethodes, modellen). De huidige onderzoeken zijn uit 2018 of ouder en dit staat op gespannen voet met artikel 3.1.1a van het Besluit ruimtelijke ordening, dat bij het vaststellen van bestemmingsplannen of inpassingsplannen gebruik gemaakt kan worden van gegevens en onderzoeken die niet ouder zijn dan twee jaar. Daarnaast wordt door indiener geconstateerd dat er door verschillende partijen c.q. in-	Artikel 3.1.1a van het Bro staat er niet aan in de weg dat onderzoeksgegevens ouder dan twee jaar aan het besluit tot vaststelling van een bestemmingsplan ten grondslag worden gelegd (ABRVS 15 februari 2017, ECLI:NL:RVS:2017:437). Er zijn geen feiten of omstandigheden op grond waarvan betwijfeld zou moeten worden dat de genoemde onderzoeken zodanig zijn verouderd, dan wel dat na de totstandkoming van de onderzoeken zodanige ontwikkelingen hebben plaatsgevonden dat ze niet meer aan het plan ten grondslag gelegd kunnen worden. Specifiek relevant voor eventuele ecologische effecten in het Waddenzeegebied zijn de gebruiksruimte en stikstofdepositie. De Auditcommissie gaswinning heeft recent, naar aanleiding	Het inpassingsplan is aangepast naar aanleiding van deze reactie. Er zijn geactualiseerde AERIUS-berekeningen toegevoegd.

	stituten verschillende meetmethodes, scenario's en principes worden gehanteerd, waarbij de stijgingssnelheid van de (mondiale) zeespiegel kan fluctueren. Een actualisatie van resultaten en meetmethodes heeft als doel om nog accurater en zorgvuldiger aan de voorkant de negatieve effecten van gaswinning te kunnen bepalen, een zorgvuldiger besluitvorming omtrent de gaswinning, en daarmee de mogelijk noodzakelijke aanspraak op het 'hand aan de kraan'--principe achteraf (dichtdraaien van de kraan) zoveel mogelijk te voorkomen. Dit heeft mogelijk ook effect op de bepaling van de (significantie van de) ecologische gevolgen.	van de monitoringsrapportage van NAM over 2019, een beoordeling uitgevoerd, welke online gepubliceerd is. De Audit-commissie onderschrijft de conclusies van de NAM in de rapportage over het monitoringsjaar 2019 dat de bodemdaling binnen de toegestane gebruiksruimte is gebleven. Verder concludeert ze dat er tot op heden geen aanwijzingen zijn voor veranderingen in de natuur van de Waddenzee en het Lauwersmeer die het gevolg kunnen zijn van de gaswinning. In de memo in de bijlage bij deze antwoordnota zijn de sleutelreferenties opgenomen die na 2019 zijn verschenen op het vlak van de bodemdaling door gaswinning onder de Waddenzee. De up-to-date informatie en inzichten geven geen aanleiding om de uitgangspunten, redeneerlijnen en conclusies in de Passende Beoordeling in twijfel te trekken. De conclusies in de Passende Beoordeling blijven daarmee van toepassing op het voornemen tot de gasboring en gaswinning Ternaard. Tenslotte: als meetresultaten of nieuwe onderzoeken daar aanleiding toe geven kan gaswinning op basis van het hand-aan-de-kraan-systeem tijdig worden aangepast of stopgezet om negatieve effecten op het Waddengebied te voorkomen. Ten aanzien van stikstofdepositie zijn berekeningen geactualiseerd. Uit deze actualisatie volgt dat er geen significante gevolgen zijn voor de betrokken Natura-2000 gebieden.	
f.	Indiener verzoekt nadrukkelijk om aandacht te besteden aan de cumulatieve effecten van bodemdaling door de gaswinning van meerdere nabijgelegen kleine gasvelden (zowel in de Waddenzee als op land). Er lijkt een nadrukkelijk bodemdalingseffect op/nabij Ameland en Blije op te gaan treden.	De cumulatieve effecten van de bodemdaling zijn onderzocht (zie paragraaf 5.2 van de plantoelichting). Volgens het 'hand aan de kraan'- principe wordt jaarlijks in het Meet- en regelrapportage de gebruiksruimte weergegeven. Hiervoor worden alle gaswinningen die bodemdaling veroorzaken binnen de kombergingen meegenomen. De effecten van de bodemdaling van Ternaard in de komberging van Pinkegat zullen ieder jaar opnieuw beoordeeld worden in cumulatie met de	Het inpassingsplan is niet aangepast naar aanleiding van deze reactie.

		bodemdaling van de gaswinningen Nes, Moddergat en Ameland als onderdeel van 'hand aan de kraan'- principe. Mocht uit deze evaluatie blijken dat de gebruiksruimte overschreden wordt, dan kan de Minister van EZK of LNV besluiten de gaswinning te beperken of stop te zetten.	
g.	Indiener onderschrijft de opmerkingen van de andere indieners, met name de opmerking dat in het voorontwerp en bijbehorende stukken meer aandacht en verantwoording moet zijn voor de gevolgen van bodemdaling voor de zoutbelasting (verzilting) en de afwatering/drainage van het effectgebied, en de veiligheid m.b.t. waterkeringen/overstromingen, en de hiervoor benodigde (mitigerende) maatregelen.	Zie hiervoor de reacties van andere indieners onder 1 en 2.	Het inpassingsplan is niet aangepast naar aanleiding van deze reactie.
h.	Indiener adviseert om aandacht te hebben voor een verminderende waking van overstorten in relatie tot grondwater en riolering, scheefstelling van het maaiveld en de robuustheid van het watersysteem.	Binnen de bodemdalingscontour is stedelijk gebied gelegen. In het gemeentelijk rioleringsplan is aangeven dat er binnen Ternaard geen wateroverlast aanwezig is. De bodemdaling ter plaatse van Ternaard bedraagt circa 2 tot 3 cm, de maximale scheefstelling bedraagt 0,02 meter op 1000 meter, dit komt overeen met 1:50:000. Binnen het stedelijk gebied gaat het om een verwaarloosbare scheefstelling. Deze heeft geen effect op het afvoerende vermogen van de aanwezige riolering die onder vrij verval afvoert. Op de riolering in het landelijk gebied treden er geen effecten op, hier is de riolering als drukriool uitgevoerd. De afvoer is niet onder vrij verhang en wordt niet beïnvloed bij de eerder aangehouden maximale scheefstelling van 0,02 meter op 1000 meter. Dit effect is zeer beperkt en daarmee acceptabel.	Het inpassingsplan is niet aangepast naar aanleiding van deze reactie.
i.	Indiener adviseert om een totale AERIUS-berekening uit te voeren voor alle aan de orde zijnde fasen: de aanlegfase, de winningsfase en de verwijdering, en op basis hiervan te motiveren dat deze uitstoot niet leidt tot negatieve effecten op nabijgelegen stikstofgevoelige Natura 2000-gebieden, dan wel, in hoeverre de voorgenomen	Voor de aanlegfase is een AERIUS-berekening uitgevoerd, zie hiervoor 5.3.2 van de plantoelichting en bijlage 4 bij de plantoelichting. In de winningsfase is er geen sprake van relevante stikstofemissie en – depositie. Voor de verwijdering geldt dat deze pas over enkele decennia zal plaatsvinden en daardoor de stikstofdepositie nog niet is te	Het inpassingsplan is aangepast naar aanleiding van deze reactie. Er zijn geactualiseerde AERIUS-berekeningen toegevoegd.

	ontwikkeling via vergunningverlening op het gebied van de Wet natuurbescherming realiseerbaar is.	berekenen. Op basis van de aard van de werkzaamheden en het feit dat het te gebruiken materieel in de toekomst zeker emissie-armer zal zijn dan vandaag de dag, is het wel zeker dat de emissies bij afbouw lager zullen zijn dan in de aanlegfase.	
j.	Indiener adviseert om een duidelijke conclusie op te nemen voor de soortenbescherming. In het bijzonder wordt aandacht voor de vogeltrek gevraagd. Het advies is om buiten het vogeltrekseizoen verstorende activiteiten uit te voeren, en alleen overdag lichtuitstralende activiteiten uit te voeren.	In paragraaf 5.3.2 is ingegaan op de soortenbescherming. Wat betreft vogeltrek is de volgende conclusie opgenomen: *Wanneer rekening gehouden wordt met de duur van het affakkelen en de locatie ten opzichte van de Waddenzee, is de kans dat een vogel sterft in de vlam nihil. Het aantal potentiële slachtoffers is dusdanig klein, dat dit als niet meetbaar beschouwd wordt. Het inzetten van bijvoorbeeld een vogelwachter biedt door de zeer korte tijd dat slachtoffers kunnen vallen geen meerwaarde en is niet nodig. Op voorhand gesteld kan worden dat de 1%-mortaliteitsnorm van geen enkele soort overschreden zal worden door een incidenteel en individueel sterfgeval.* Niet valt in te zien waarom deze conclusie onduidelijk zou zijn. De door indiener voorgestelde maatregelen zijn niet noodzakelijk gezien het zeer beperkte aantal potentiële slachtoffers. In 6.2.2 van de Passende Beoordeling is ingegaan op de mogelijk verstorende effecten van lichtuitstralende activiteiten. Geconcludeerd wordt dat van negatieve effecten op instandhoudingsdoelen van Natura 2000-gebieden geen sprake is. Nader onderzoek is dan ook niet aan de orde.	Het inpassingsplan is niet aangepast naar aanleiding van deze reactie.
k.	Indiener adviseert nadrukkelijk om aandacht te hebben voor de landschappelijke inpassing van de nieuwe gasproductielocatie bij Ternaard en de beperkte uitbreiding van de mijnbouwlocatie Moddergat en de juridische borging hiervan, en dit vervolgens (nogmaals) ter advisering aan de gemeente voor te leggen. Vanuit de NAM is een handreiking gedaan om samen met de gemeente in overleg te gaan over een passende wijze van landschappelijke inpassing.	NAM heeft in overleg met de gemeente een nieuw voorstel ingediend. De locatie zal worden omringd door 4 aarden wallen met een hoogte van 2,25 meter. De productielocatie en het hekwerk worden daardoor onttrokken aan het zicht. De aarden wallen zullen worden ingezaaid met een gras- en bloemenmengsel. Er zal minimaal onderhoud worden uitgevoerd. De landschappelijke inpassing is geborgd in de planregels. Er is geen sprake van uitbreiding van de locatie Moddergat. Het bestaande hekwerk zal enkele meters worden verschoven waar-	Het inpassingsplan is aangepast naar aanleiding van deze reactie.

		door de aanpassing binnen de bestaande locatie kan worden gerealiseerd. Alles is passend binnen bestaande landschappelijke inpassing.	
l.	Indiener adviseert om beter en breder in beeld te brengen welke landschappelijke en cultuurhistorische waarden (direct dan wel indirect) met het project gemoeid gaan, en hoe daar vervolgens mee om wordt gegaan (bijvoorbeeld compensatie of herstel). Specifiek voor het bestaande (micro-)reliëf in het plangebied ziet indiener graag concreter hoe instandhouding geborgd wordt bij de open vergraving voor de gastransportleiding en het realiseren van een boorkelder.	Steilranden en micro reliëf worden na aanleg hersteld. Hiervoor wordt een werkinstructie opgesteld voor de aannemer.	Het inpassingsplan is niet aangepast naar aanleiding van deze reactie.
m.	Indiener zou willen zien c.q. lezen dat het aspect 'landschap' ook nadrukkelijk bij de bepaling van de tracé-alternatieven is meegenomen, en niet uitsluitend bij de afweging tussen reeds bepaalde tracé-alternatieven. Ter illustratie noemt indiener het feit dat de tracéalternatieven allen lopen door de percelen direct ten zuidoosten van de Mokselbankwei, terwijl ter plaatse van deze gronden sprake is van landschappelijke en cultuurhistorische waarden met betrekking tot reliëfrijke gronden van terpen en kruinige percelen en de reliëfrijke verhoogde boerderijplaatsen (en in het vigerend bestemmingsplan ook als zodanig zijn (dubbel)bestemd). De aan de zuidoostzijde grenzende gronden (aan de overzijde van de sloot) zijn daarentegen niet van deze waardering voorzien, maar desalniettemin niet betrokken bij de tracé-bepaling.	In hoofdstuk 5 van deel A van het MER is beschreven hoe men tot de te beschouwen alternatieven en varianten is gekomen. Omgeving in het algemeen en landschap in het bijzonder, zijn hierbij uitgangspunten geweest. Na de eerste stap (het bepalen van het zoekgebied voor de ligging van een mogelijke productielocatie, waarbinnen het hoogste punt in het gasveld Ternaard nog kan worden bereikt), heeft een verdere trechtering plaatsgevonden op basis van wettelijke en beleidskaders. Hierbij is naast natuur en leefomgeving, getoetst aan landschap, cultuurhistorie en archeologie. Dit is dus een van de eerste uitgangspunten voor het bepalen van de locatie van de productielocatie geweest. Voor wat betreft de leiding geldt dat deze ondergronds wordt aangelegd waardoor de impact op het landschap alleen in de aanleg- en verwijderingsfase aanwezig is. Zoals aangegeven onder l, zal een werkinstructie opgesteld worden voor herstel van steilranden en microreliëf na de aanlegwerkzaamheden. In artikel 7 is een voorwaardelijke verplichting opgenomen om de aanwezige beplantingen, aardkundige waarden en verkavelingspatronen na de werkzaamheden zoveel mogelijk in oorspronkelijke staat te herstellen.	Het inpassingsplan is niet aangepast naar aanleiding van deze reactie.

n.	Indiener verzoekt het ministerie om in de totale overwegingen ten aanzien van de gastransportleiding boring als realisatiealternatief mee te nemen.	De uitvoeringsrisico's van een boring zijn groter dan bij aanleg via open ontgraving. De aardgastransportleiding wordt voornamelijk in open land aangelegd zonder erg grote obstakels. Daar waar obstakels zijn (zoals kruisingen van waterwegen) wordt gebruik gemaakt van een boring. Er is daarom geen reden om voor het gehele tracé te kiezen voor een boring.	Het inpassingsplan is niet aangepast naar aanleiding van deze reactie.
o.	Aangezien het tracé van de gasleiding ter plaatse van de boringen 65 t/m 77 ook centraal door een gebied gaat dat in de Friese Archeologische Monumentenkaart Extra (FAMKE) een terpachtige indicatie als verwachting oplevert, adviseert indiener om bij het graven van het leidingtracé, evenals bij boring 94, ook bij de boringen 65 t/m 77 archeologische begeleiding plaats te laten vinden, en dit in de toelichting van het rijksinpassingsplan te benoemen.	Uit het uitgevoerde archeologisch onderzoek (bijlage 5 bij het inpassingsplan) blijkt dat het gasleidingtracé geen bekende terpen doorsnijdt. Er is een AHN-analyse (0,5 of hogere resolutie) uitgevoerd en deze heeft geen nieuwe potentiële terpen opgeleverd. Ook op de verkavelings- en wegenpatronen op de kadastrale kaart van 1832 zijn geen aanwijzingen te zien dat het tracé nog onbekende terpen doorsnijdt. Aangezien de akkers vaak geploegd zijn, bestaat uiteraard de kans dat alleen eventuele terpen inmiddels vrijwel geheel geëgaliseerd zijn. In dat geval is booronderzoek de meest voor de hand liggende methode om terpresten/terpzolen op te sporen. Conform de voorschriften in de Famke wordt een boorfrequentie van 1 boring per 50 m voldoende geacht. Het booronderzoek heeft geen concrete terplagen opgeleverd, evenmin als lagen die konden worden herkend als terpzool of bewoningshorizont. Alleen ter hoogte van boring 94 zijn relevante archeologische indicatoren aangetroffen. Vanwege de aanpassing van het tracé kan ook de archeologische begeleiding, zoals eerder opgenomen in het voorontwerp inpassingsplan ter hoogte van boring 94, vervallen. Het is dan ook niet nodig om de aanleg ter plaatse van andere boorpunten onder archeologische begeleiding plaats te laten vinden. Dit blijkt ook uit de oplegnotitie bij het MER, waarin wordt ingegaan op het archeologisch onderzoek ten behoeve van de tracé-aanpassing.	Het inpassingsplan is niet aangepast naar aanleiding van deze reactie. Wel is als gevolg van een tracé-aanpassing de verplichting tot archeologische begeleiding ter hoogte van boring 94 komen te vervallen.
p.	De ontsluiting van de gasproductielocatie bij Ternaard wordt als uitweg beschouwd in het kader van de kruising van de gemeentelijke parallelweg Nesserweg (langs de	Ter kennisgeving aangenomen.	Het inpassingsplan is niet aangepast naar

	N358) met bijbehorende bermen. Hierbij zijn onverminderd de regels van toepassing, zoals die zijn opgenomen Regeling vergunningvrij aanleggen en onderhouden van uitwegen Noardeast-Fryslân de initiatiefnemer (NAM) verantwoordelijkheid draagt voor het beheer en onderhoud aan en deugdelijke constructie van de inrit, inclusief het deel op gemeentegrond.		aanleiding van deze reactie.
q.	Indiener adviseert om verduidelijking op welk akoestisch onderzoek de getrokken akoestische conclusies zijn gebaseerd. Verzocht wordt om per akoestisch onderdeel het betreffende akoestisch onderzoek ter beschikking te stellen. Indien deze informatie reeds in de bijlagen is gegeven, wordt verzocht om aan te geven welke bijlage dit betreft.	In algemene zin zijn de geluidsrapporten waarop de conclusies zijn gebaseerd beschikbaar en als bijlage bij de plantoelichting gevoegd, het betreft het NAA rapport en het rapport van LBP-Sight. Hiervoor wordt verwezen naar bijlage 2 (MER, deel B), p. 154 in samenhang met bijlage 6 bij het inpassingsplan. Meer in het bijzonder wordt onderstaan per genoemd aspect uit de vooroverlegreactie een toelichting gegeven: 1. De heiwerkzaamheden tijdens aanlegfase worden behandeld in het akoestisch onderzoek t.b.v. boring. 2. Het klopt dat er twee geluidsrapporten zijn: een specifiek over de boring (inclusief aanlegwerkzaamheden locatie) en een met betrekking tot de winningsfase wanneer de productielocatie in gebruik is. 3. De geluidsbelasting ten gevolge van affakkelen komt uit het akoestische rapport van de boring. Het affakkelen wordt indien mogelijk in de dagperiode uitgevoerd, maar om een put technisch en veilig te kunnen testen is een langere test noodzakelijk. Het beperken tot in de dagperiode is daarmee niet mogelijk. 4. Voor de locatie aanleg is voor de geluidsbelasting het heien maatgevend. De verdere aanlegwerkzaamheden passen binnen deze contour. 5. Als toetsingskader is het Bouwbesluit gehanteerd. De berekeningen zijn uitgevoerd in Geonoise. 6. De geluidscontour is gebaseerd op het geluidsrapport van NAA.	Het inpassingsplan is niet aangepast naar aanleiding van deze reactie.

		7. Het geluidsrapport van NAA gaat o.a. over de indirecte hinder tijdens de winningsfase. Ter verduidelijking, het NAA rapport gaat over de geluidsbelasting van de locatie tijdens de winningsfase. 8. Zie punt 5. Overige werkzaamheden worden in dagdienst uitgevoerd. 9. Zie punt 5.	
r.	Indiener verzoekt om opname van de PR-contour voor de gasproductielocatie bij Ternaard (signaalfunctie).	Deze contour is middels een gebiedsaanduiding 'veiligheidszone – bevi' toegevoegd op de verbeelding.	Het inpassingsplan is aangepast naar aanleiding van deze reactie met het toevoegen van de PR-contour op de verbeelding. Tevens is de toelichting hierop aangepast.
s.	Indiener adviseert om in de stukken meer aandacht te geven aan het Klimaatakkoord, de ambities hierbinnen en de positie van gaswinning Ternaard binnen dit geheel. Daarbij een nadrukkelijk verzoek tot versnelling van de energietransitie, met in het bijzonder aandacht voor het stimuleren van energiebesparing.	De toelichting is in paragraaf 1.2.1 hierop aangevuld. Het verzoek is ter kennisgeving aangenomen.	Het inpassingsplan is niet aangepast naar aanleiding van deze reactie.
t.	Indiener verzoekt nadrukkelijk om (de gemaakte afspraken en geboekte resultaten in) het Omgevingsproces Ternaard concreet in het inpassingsplan te benoemen.	De toelichting is in paragraaf 7.6 hierop aangevuld.	Het inpassingsplan is aangepast naar aanleiding van deze reactie.
u.	Indiener verzoekt nadrukkelijk tot vermindering van de maximale oppervlakte en hoogte voor gebouwen binnen de bestemming 'Bedrijf – gaswinningsinstallatie', dan wel een expliciete motivering hiervoor.	Er wordt aangesloten bij de regels die ook elders in de gemeente gelden voor dit soort voorzieningen.	Het inpassingsplan is niet aangepast naar aanleiding van deze reactie.
v.	In artikel 3.3.1. is een wijzigingsbevoegdheid opgenomen om onder voorwaarden het plan te kunnen wijzigen van de bestemming "Bedrijf - Gaswinningsinstallatie" in de bestemming "Agrarisch". Eén van die voorwaarden is dat na toepassing van deze wijzigingsbevoegdheid de regels	Met deze wijzigingsbevoegdheid is aangesloten op de formulering van artikel 9.3.1 van bestemmingsplan Bûtengebiet Dongeradeel. Er is bewust gekozen voor het niet verwijzen naar een concreet bestemmingsplan, aangezien deze bepaling dan achterhaald is op het moment dat dat plan gewijzigd wordt.	Het inpassingsplan is niet aangepast naar aanleiding van deze reactie.

	van artikel 3 van overeenkomstige toepassing zijn. Indiener adviseert om aan te geven dat hier specifiek gedoeld wordt op artikel 3 'Agrarisch' van het bestemmingsplan Bûtengebiet Dongeradeel.		
w.	Daarnaast een verzoek om verduidelijking/uitbreiding van de voorwaardelijke verplichting om na graafwerkzaamheden met betrekking tot de gastransportleiding verplicht de aanwezige beplantingen, aardkundige waarden en verkavelingspatronen in de oorspronkelijke staat terug te brengen. Verwezen wordt naar de reactie onder k t/m n.	De genoemde bepaling omvat een waarborg dat de genoemde beplantingen, waarden en patronen zoveel mogelijk in oorspronkelijke staat teruggebracht zullen worden. Dit wordt praktisch gezien als volgt vormgegeven: Zandpakketten worden apart opgeslagen en op dezelfde volgorde teruggelegd. Na twee jaar na aanleg wordt er een controle uitgevoerd door NAM op mogelijke gewassen- en structuurschade. NAM blijft garant staan voor eventuele gewassen- en structuurschade naar aanleiding van de leiding en voert na de genoemde twee jaar ook op aanvraag van grondeigenaren controles uit op gewassen- en structuurschade. Op dit moment is er voor zover bekend geen beplanting aanwezig. Mocht toch blijken dat er beplanting aanwezig is, dan wordt deze indien mogelijk terug geplant en anders zal er een vergelijkbaar alternatief geplant worden. Verder wordt er cultuurtechnisch advies bij de aannemer ingewonnen.	Het inpassingsplan is niet aangepast naar aanleiding van deze reactie.
x.	Indiener stelt een opname van een PR-contour voor rondom de gasproductielocatie bij Ternaard, en constateren een onvolkomenheid met betrekking tot de dubbelbestemming 'Leiding – Gas'; de dubbelbestemming 'Leiding – Gas' is in de legenda als 'L-G' aangegeven, maar op de verbeelding als 'G' weergegeven.	Zie onder r. De legenda en letters van de dubbelbestemming worden slechts opgenomen in de pdf-versie van de verbeelding. Deze hebben geen juridische status en komen ook niet terug in het digitaal raadpleegbare plan dat op www.ruimtelijkeplannen.nl geplaatst wordt. Waar indiener aan refereert, is de figuur hartlijn leiding – gas, welke met een 'G' aangeduid wordt. Deze figuur heeft slechts een signaalfunctie en is niet de dubbelbestemming. De letteraanduiding van de dubbelbestemming staat wel op de verbeelding, iets ten westen van de (huidige) aanduiding 'archeologische waarden'.	Het inpassingsplan is niet aangepast naar aanleiding van deze reactie.
y.	Separaat heeft indiener ook een verzoek gekregen voor een advies ten aanzien van het winningsplan Ternaard.	Ter kennisgeving aangenomen.	Het inpassingsplan is niet aangepast naar

	Hoewel het onderhavige advies op het voorontwerp inpassingsplan en het hierboven genoemde advies te onderscheiden zijn, raken ze wel aan één en dezelfde hoofdzaak: de gaswinning en de te verwachten gevolgen daarvan. Nu deze zaken elkaar raken, verwijzen wij ook nadrukkelijk naar ons advies ten aanzien van het Winningsplan.		aanleiding van deze reactie.
z.	In de factsheet "De rijkscoördinatieregeling" wordt aangegeven dat de stukken van het inpassingsplan informeel zijn voorbereid en/of afgestemd met de regionale en lokale overheden. Wij moeten constateren dat de stukken niet informeel zijn besproken. Gezien het korte tijdsbestek waarop wij nu kunnen reageren, willen wij het voorbehoud maken om op een later moment de adviezen aan te vullen.	Zie de reactie onder 1v.	Het inpassingsplan is niet aangepast naar aanleiding van deze reactie.
Vooroverlegreactie 4			
a.	Indiener geeft aan dat de aandacht vooral is uitgegaan naar de effecten van de door de gaswinning veroorzaakte (diepe) bodemdaling op de Waddenzee en de effecten daar weer van op de Noordzeekustzone alsmede de eventuele aantasting van ecologische waarde(n) in het gebied waar indiener het beheer voert. Via ambtelijke weg is reeds in detail een aantal opmerkingen aan uw organisatie doorgegeven.	De detailopmerkingen zijn met indiener besproken en waar mogelijk verwerkt (zie bijlage 2 bij deze Nota).	Het inpassingsplan is aangepast naar aanleiding van deze reactie.
b.	In het inpassingsplan ontstaat op een paar plekken soms onduidelijkheid over het verschil tussen “geen” effecten en niet meetbare of niet-merkbare effecten. Indiener verzoekt om dit te verduidelijken, omdat dit een relevant onderscheid is, bijvoorbeeld voor het bepalen van mogelijke cumulatieve effecten.	De toelichting van het inpassingsplan (paragraaf 5.2 en 5.3) is hierop aangepast.	Het inpassingsplan is aangepast naar aanleiding van deze reactie.
c.	In een aantal gevallen zijn verwachte effecten weliswaar klein, maar is er ook sprake van onzekerheid of hiaten in kennis. In die gevallen is monitoring van belang, zodat	De toelichting van het inpassingsplan (paragraaf 5.2 en 5.3) is hierop aangepast.	Het inpassingsplan is aangepast naar aanleiding van deze reactie.

	het 'hand aan de kraan'-principe toegepast kan worden mocht dit nodig zijn. Indiener mist in een aantal gevallen het benoemen en beschrijven van deze monitoring.		
d.	Het inpassingsplan vermeldt dat de bodemdaling onder kwelders zodanig klein is dat er geen verandering zal optreden in de trend van de hoogteontwikkeling. Het bijgevoegde MER maakt echter ook melding van de bestaande kliferosie op de kwelder bij Wierum en beschrijft dat deze toeneemt bij versnelling van de relatieve zeespiegelstijging. Aangezien de bodemdaling door de gaswinning toeneemt vraagt indiener zich af of dit geen merkbaar effect geeft op de bestaande kliferosie van de kwelder. Dit zou bij voorkeur (kort) beschreven moeten worden in het inpassingsplan. De conclusie in paragraaf 5.3, namelijk dat er geen gevolgen zijn voor de kwelders, lijkt daarmee op dit moment niet goed dan wel niet volledig onderbouwd. Indiener verzoekt dit nader toe te lichten aan de hand van paragraaf 4.3.9 van het MER, waarin de monitoring van de kwelders beschreven wordt.	De toelichting van het inpassingsplan (paragraaf 5.2 en 5.3) is hierop aangepast.	Het inpassingsplan is aangepast naar aanleiding van deze reactie.
e.	Indiener vraagt aandacht voor de uitvoering van de benodigde zandsuppleties. Hiervoor dient een overeenkomst gesloten te worden tussen Rijkswaterstaat en de NAM. Het lijkt indiener wenselijk om dit in dezelfde periode af te handelen als de procedures rond het inpassingsplan, zodat gesteld kan worden dat alle benodigde randvoorwaarden op orde zijn als de volgende fase van het project ingaat.	Bij de voor het project benodigde zandsuppleties wordt aansluiting gezocht bij de reeds vastgelegde werkwijze voor zandsuppleties bij de bestaande gaswinning Waddenzee (MLV). Via vergunningvoorschriften (in de Wnb-vergunning en het instemmingsbesluit winningsplan) wordt het extra volume zandsuppletie als voorwaarde opgelegd voor de gaswinning Ternaard. Daarnaast wordt, net zoals bij de bestaande gaswinning, in een overeenkomst tussen RWS en NAM vastgelegd hoe en wanneer zandsuppleties worden uitgevoerd. NAM en Rijkswaterstaat dragen zorg voor het vastleggen van de afspraken in een overeenkomst, waarbij ernaar gestreefd wordt dit gelijktijdig met het afronden van de vergunningprocedures vastgelegd te hebben.	Het inpassingsplan is niet aangepast naar aanleiding van deze reactie.

Bijlage 1: Antwoordnotitie RWS Noord Nederland

Reactie op voorontwerp inpassingsplan voorgenomen gaswinning Ternaard door Rijkswaterstaat Noord-Nederland

Nr 4	Vooroverlegreactie	Antwoord	Doorwerking inpassingsplan
Vooroverlegreactie			
a.	Er is een verschil tussen geen merkbare/meetbare effecten en geen effecten op de morfologie van de Waddenzee. Door de bodemdaling – hoe klein dan ook - worden morfologische processen in de Waddenzee beinvloed. Ook al is deze invloed of verandering klein, er zijn wél effecten. En de vraag is ook wat klein dan is. De zeespiegel stijgt 1,8mm/jaar, dus ook met "maar" 1mm/jaar bodemdaling neemt de relatieve stijging fors toe. Vervolgens kan gesteld of onderbouwd worden dat deze effecten verwaarloosbaar zijn in veel gevallen omdat ze i) heel klein zijn of ii) niet leiden tot een andere toestand van het natuurlijke morfologische systeem.	De formulering die hier gebruikt wordt sluit aan bij de formulering die is gebruikt bij het MER en de Passende Beoordeling van de gaswinning Moddergat Lauwersoog Vierhuizen en de zoutwinning Waddenzee. Met deze formulering wordt niet aangegeven dat er geen enkel effect is op het morfologisch systeem in de Waddenzee (dat wil zeggen de uitwisseling van zand en slib tussen de wadplaten, de geulen, de buitendelta en de aangrenzende eilandkusten door de getijdestroming en alle effecten van wind en golven daarop). De effecten op de morfologie (dat wil zeggen de omvang van wadplaten en de geulen) zijn er mogelijk wel, maar deze zijn dermate klein dat deze niet aantoonbaar veroorzaakt worden door bodemdaling, ook omdat in de Waddenzee sprake is van grote autonome dynamiek van de wadplaten en geulen. De effecten van de bodemdaling op de morfologie zijn niet merkbaar en meetbaar. De gebruiksruimte voor gaswinning onder de Waddenzee betreft het natuurlijke meegroeivermogen (sedimentatiesnelheid) van de komberging waarin gaswinning plaatsvindt, verminderd met de zeespiegelstijging. De sedimentatie in de Waddenzee is een natuurlijk proces dat het effect van de zeespiegelstijging en/of bodemdaling kan compenseren (meegroeivermogen). Zolang de snelheid van de sedimentatie de zeespiegelstijging en/of bodemdaling kan bijhouden, zal de Waddenzee in stand blijven.	Het inpassingsplan is aangepast naar aanleiding van deze reactie.
b.	Pagina 51, laatste alinea: deze formulering is stellig. De bodemdaling beïnvloedt wél de morfologische processen. Echter, voor zover de morfologische kennis over het waddensysteem rijkt, leidt dat niet tot waarneembare effecten op droogvallend plaatareaal en sedimentsamenstelling. De conclusie is daarmee gebaseerd op	In de Passende Beoordeling wordt uitgebreid ingegaan op de mogelijke effecten van bodemdaling, ook in relatie tot de morfologische aspecten. Hieruit blijkt dat het optreden van significant negatieve effecten via morfologische veranderingen in de Waddenzee op voorhand zijn uitgesloten. Het is correct dat,	Het inpassingsplan is niet aangepast naar aanleiding van deze reactie.

	de best beschikbare kennis. Het advies is om dit ook op die manier te benoemen in het inpassingsplan en daarbij aan te geven dat monitoring plaats moet vinden volgens het 'hand aan de kraan'- principe.	vanuit het voorzorgsprincipe, door het 'hand aan de kraan'-principe monitoring plaatsvindt.	
c	Op pagina 52, 1e alinea wordt het volgende aangegeven, over kwelders. "*is dermate klein dat deze niet leidt tot een verandering in de trend van de hoogteontwikkeling van de kwelders.*". Deze zin is stellig. Het is plausibel op basis van de huidige kennis dat het effect klein is, maar is het ook aantoonbaar? Een betere onderbouwing hiervan is wenselijk waarbij met name aandacht wordt gevraagd hoe dit is bij reeds eroderende kwelder. Bij deze onderbouwing ook graag meenemen monitoring en het 'hand aan de kraan'-principe.	De monitoring van de kwelderontwikkelingen in het Waddengebied, waaronder die bij Wierum en de monitoring van de kwelders bij Oost-Ameland laat zien dat ook bij kwelders waar de kwelderrand erodeert de sedimentatie groter is dan enkele millimeters per jaar. In de Passende Beoordeling staat een uitgebreidere onderbouwing, Daarnaast vindt er in het kader van 'hand aan de kraan'-principe jaarlijks monitoring plaats van de betrokken kwelders	Het inpassingsplan is aangepast naar aanleiding van deze reactie.
d	Hierbij een alternatief tekstvoorstel voor pagina 52, zandsuppleties, 2e alinea.: Zandsuppleties worden uitgevoerd om erosie van de Noordzeekust van de eilanden tegen te gaan, voor zover dat noodzakelijk is om de bescherming tegen overstroming te borgen en om andere aanwezige functies te beschermen en om het kustfundament mee te laten groeien met de stijgende zeespiegel. De Waddenzee is geen onderdeel van het kustfundament. Het meegroeien met de zeespiegel van de Waddenzee is een autonome respons, daarvoor zijn zandsuppleties niet direct noodzakelijk. Echter, het meegroeien gaat ten koste van…. (vervolg oorspronkelijk tekst).	Voorgesteld tekstvoorstel wordt integraal overgenomen in het inpassingsplan.	Het inpassingsplan is aangepast naar aanleiding van deze reactie.
e	Op pagina 52 wordt ingegaan op sedimentsamenstelling. Is het te bewijzen dat er geen invloed is op de samenstelling van de bodem? Leidt de extra accommodatieruimte niet tot versnelde sedimentatie en daarmee bijv. aan eerste aanpassing met (iets) meer slib? Hier-	Voor zover nu bekend is, er geen sprake is van een onnatuurlijke verandering van de bodemsamenstelling. Dit blijkt uit de onderbouwing via de route van biotische en abiotische processen op basis van modelstudies en de analyse van sediment monsters.	Het inpassingsplan is niet aangepast naar aanleiding van deze reactie.

	voor geldt ook de opmerking onder a. Het is waarschijnlijk verwaarloosbaar of niet relevant, maar het effect is er mogelijk wel.		
f	Op pagina 54 staat een alinea over zandsuppleties. Ten aanzien van wat wordt aangegeven over accumulatie, max 10%, is het belangrijk om aanvullend aan te geven dat dit is gebaseerd op suppletiecijfers uit het verleden. Dit betekent dat niet helemaal zeker is of de gesuppleerde volumina hetzelfde blijven. De kust van Ameland ligt er thans relatief goed bij, dat betekent dat kans bestaat dat het volume kleiner wordt en de accumulatie mogelijk relatief groter.	Hier is uitgegaan van de huidige situatie, er is niet vooruit gelopen op mogelijke ontwikkelingen in de toekomst aangezien er geen redenen zijn om te veronderstellen dat die de komende jaren een andere trend laten zien. Uitgangspunt is het vigerende kustbeleid en de 12 Mm^3 per jaar die wordt aangevuld (gesuppleerd), zoals recent bekrachtigd in het Deltaprogramma. Er is geen reden om te veronderstellen dat de verdeling van de zandsuppleties langs de Nederlandse kust de komende jaren anders zal zijn dan daarvoor. In de morfodynamiek van de kust zijn bovendien geen wezenlijke veranderingen opgetreden die gevolgen hebben voor het gedrag van de kust op de schaal die relevant is voor de verdeling van de zandsuppleties.	Het inpassingsplan is niet aangepast naar aanleiding van deze reactie
g	Bij de conclusies die worden gesteld in par 5.2.3 graag toevoegen “naar verwachting tussen”. Verder graag toevoegen dat monitoring noodzakelijk is en zal plaatsvinden in kader van ‘hand aan de kraan’-principe.	Deze conclusies zijn overgenomen uit de Passende Beoordeling welke ook wordt gebruikt voor de aanvraag van de vergunning op grond van de Wet natuurbescherming. Hierin wordt ook de monitoring middels ‘hand aan de kraan’-principe geborgd.	Het inpassingsplan is niet aangepast naar aanleiding van deze reactie
h	In par 5.2.3 wordt aangegeven dat er geen gevolgen zijn voor kwelders. Graag meer uitleg/duiding hierover. Toelichting: - Kwelder Wierum: in het MER, deel b, pagina 29 wordt uitgelegd dat de kwelder bij Wierum onderhevig is aan kliferosie. Ook wordt vermeld dat door versnelde relatieve zeespiegelstijging dit verder/sneller zal gaan. Bodemdaling draagt bij aan relatieve zeespiegelstijging. Oftewel, door de bodemdaling gaswinning Ternaard zal de kwelder (mogelijk) sneller eroderen. Dat betekent dat er wel gevolgen lijken te zijn voor (deze) kwelder(s). In het inpassingplan wordt dit verder niet benoemd. Ook relevant daarbij	De conclusies zijn voor het inpassingsplan voldoende duidelijk, zowel wat betreft de gevolgen van de gaswinning Ternaard als de cumulatieve gevolgen. De wadplaten die voor de kwelder liggen worden niet lager door de optredende bodemdaling, omdat de bodemdaling binnen de beschikbare gebruiksruimte wordt uitgevoerd. Dat betekent ook dat de golfaanval op het klif niet zal veranderen door de bodemdaling. De bodemdaling onder de kwelder zelf beïnvloedt de kliferosie van de kwelder niet. Er zijn geen aanwijzingen dat door de bodemdaling door de gaswinningen een versnelde kliferosie zal gaan optreden.	Het inpassingsplan is niet aangepast naar aanleiding van deze reactie

	is cumulatie. Figuur 12-2, mer deel B, laat zien dat het gaat om 10-12 cm totaal. Voor een eroderende kwelder is dat mogelijk wel een merkbaar effect.		
i.	Voorts staat in het MER-deel B, pagina 69: "*Nabij Ternaard zijn enkele kleine gebieden begrensd als ganzenfoerageergebied (Provincie Fryslân, 2017). Het gaat om de buitendijkse kwelders 't Skoar ten noorden van Ternaard en de kwelder bij Wierum en een deel van de kwelder bij die pier van Holwerd. Omdat in het Natura 2000-gebied Waddenzee ook ganzen, zwanen en eenden beschermd worden, worden de effecten op de ganzenfoerageergebieden beoordeeld via het Natura 2000-spoor.".* Gezien het punt van (mogelijk) versnelde erosie van de kwelder, is te verwachten dat effecten op deze populaties beschreven worden en significant negatieve effecten worden uitgesloten (ondanks mogelijk iets versnelde afname van dit kwelderareaal).	Zie de reactie onder h.	Het inpassingsplan is niet aangepast naar aanleiding van deze reactie.
j.	Bij Wierum ligt een (oude) strekdam die ook zal dalen. Dit is relevant voor het inpassingsplan, graag dit opnemen.	De strekdam ten noordwesten van het kwelderfragment bij het 't Skoar zal meedalen met de bodemdaling. Deze daling zal geen gevolgen hebben voor het functioneren van deze dam als luwtedam voor het kwelderfragment.	Het inpassingsplan is aangepast naar aanleiding van deze reactie.
k.	Op pagina 63 staat aangegeven: "Bodemdaling door de voorgenomen gaswinning Ternaard leidt niet tot wijzigingen in het Waddenzeesysteem". Graag hierop aanvullen dat dat de natuurlijke processen wel worden beinvloed, want die reageren op de bodemdaling. Mede omdat de natuurlijke dynamiek (ongestoorde processen gaan zoveel mogelijk hun gang) een kernwaarde van het gebied is zou dit benoemd horen te worden als effect. Dit effect acceptabel want het is klein. De verwachte toestand (plaatareaal, droogvalduur, etc.) van het systeem wijzigt niet.	Naar aanleiding van uw voorstel hebben we de tekst in het inpassingsplan aangepast naar: De bodemdaling beïnvloedt de morfologische processen. Maar omdat de bodemdaling door de gaswinning binnen de gebruiksruimte plaatsvindt, leidt deze niet tot waarneembare effecten op droogvallend plaatareaal en sedimentsamenstelling. Deze conclusie is gebaseerd op de beste beschikbare kennis en daarnaast vindt monitoring plaats via het 'hand aan de kraan'-principe. Zie hiervoor ook paragraaf 5.2. Significant negatieve effec-	Het inpassingsplan is aangepast naar aanleiding van deze reactie**.**

		ten op de natuurlijke kenmerken van de Waddenzee en op zowel habitattypen, habitatrichtlijnsoorten, broedvogels en niet-broedvogels (inclusief EHS) treden niet op.	
l.	Op pagina 63, zandsuppleties bij opmerking 5 graag aanvullend aangeven dat toekomstig suppletievolume niet bekend is, waarmee niet uit te sluiten is dat de suppletie toch een merkbaar aanvullend effect zou kunnen hebben. Verder graag aangeven dat significant negatieve effecten daarbij worden uitgesloten omdat dit binnen de kaders van klz wordt gedaan. In de laatste alinea graag melding maken van de suppletievolumes om inzichtelijk te maken dat het om kleine relatieve invloed gaat.	De negatieve effecten van verstoring die optreden zijn van tijdelijke aard en bij de opvolgende fase niet meer aan de orde. De negatieve effecten als gevolg van zandsuppleties zijn zeer beperkt, omdat aangesloten wordt bij de gangbare suppleties voor kustlijnzorg, en het additionele suppletievolume slechts een fractie is van het volume dat voor kustlijnzorg wordt aangewend. Zie voor een uitgebreide toelichting de Passende Beoordeling (bijlage bij dit plan), in het bijzonder hoofdstuk 8.3.3.	Het inpassingsplan is aangepast naar aanleiding van deze reactie.
m.	Bij pagina 64 , paragraaf 5.3.3, 4e alinea: wordt aangegeven, in tegenstelling tot andere passages, dat er invloed is op de morfologische processen (maar niet meetbaar/merkbaar)? Verder ook hier de vraag of echt aantoonbaar is gemaakt dat er geen effecten zijn op sedimentsamenstelling.	Zie de reactie onder a.	Het inpassingsplan is niet aangepast naar aanleiding van deze reactie.
n.	In paragraaf 5.7 dat gaat over geluid: de boorlocatie bevindt zich (relatief) dicht achter de dijk. Graag een beschrijving opnemen in het inpassingsplan van mogelijke effecten op vogels die bij hoogwater zich achter de dijk bevindend over hoogwatervluchtplaatsen achter de dijk. In het MER is dit laatste overigens wel beschreven en is aangegeven dat er geen vogels zijn.	Binnen de lichtcontouren liggen geen hoogwatervluchtplaatsen. Visuele verstoring kan niet optreden omdat de werkzaamheden buiten de verstoringsafstand plaats vinden en tussen de planlocatie een hoge zeedijk ligt die het zicht ontneemt. Van negatieve effecten op instandhoudingsdoelen van Natura 2000-gebieden of de gunstige staat van instandhouding van soorten is hierdoor geen sprake. Een nadere beoordeling is dan ook niet aan de orde.	Het inpassingsplan is aangepast naar aanleiding van deze reactie, middels een nadere onderbouwing in paragraaf 5.9.2.
o.	Op pagina 111 staat: “De waterkering blijft qua levensduur voldoen aan waterveiligheidseisen in 2050 met betrekking tot de hoogte.. Graag aangeven of dit correct is aangezien dit traject onderdeel is van de versterking Koehoal- Lauwersmeer en daar is wel een hoogte opgave.	Het klopt dat er voor een Koehoal-Lauwersmeer een versterkingsopgave ligt. Deze komt echter niet voort uit een hoogteprobleem. De faalkans op basis van hoogte was verwaarloosbaar. Zie hiervoor het toetsingsrapport van het wetterskip aan de inspectie leefomgeving en transport d.d. 8 mei 2018 (link) over de beoordeling primaire waterkering.	Het inpassingsplan is niet aangepast naar aanleiding van deze reactie.

p.	Op pagina 114 wordt ingegaan op waterkeringen. Graag aanvullen met de notie dat de (extra) bodemdaling meegenomen moet worden in de lopende dijkversterkingsplannen, waarmee negatieve effecten – op voorhand - worden uitgesloten (in plaats van levensduur verkorting).	Alleen vergunde gaswinningen worden meegenomen in de bodemdalingsprognoses en via de afspraken in de Commissie bodemdaling aardgaswinning Fryslân meegenomen in de dijkversterkingsprogramma's. Zodra de gaswinning start zal deze winning worden meegenomen bij de beoordeling van een eventuele versterkingsopgave	Het inpassingsplan is aangepast naar aanleiding van deze reactie.

Memo

ONDERWERP
Update referenties gevolgen bodemdaling Waddenzee gaswinning Ternaard

DATUM
4 juni 2021

VAN
Jelmer Cleveringa

AAN
Jan Dekker (NAM); Tristan Simon (Arcadis)

PROJECTNUMMER
30069201 C05058.000189-MER Ternaard

ONZE REFERENTIE
D10033152:0

Inleiding en doel

Het MER en de Passende Beoordeling gasboring en gaswinning Ternaard dateren van 2020, maar de meest recente referenties die betrekking hebben op de bodemdaling door gaswinning onder de Waddenzee dateren van 2019. Het ontbreken van meer recente referenties heeft te maken met de totstandkoming van de documenten en niet met de beschikbaarheid van meer recente referenties.

In het voorliggende memo zijn de sleutelreferenties opgenomen die na 2019 zijn verschenen op het vlak van de bodemdaling door gaswinning onder de Waddenzee. Deze worden gepresenteerd bij de referenties die zijn opgenomen in de Passende Beoordeling gasboring en gaswinning Ternaard. Daarna wordt kort stilgestaan bij de inzichten die voortkomen uit de nieuwe referenties en wordt de vraag beantwoord of sprake is van wezenlijke wijzigingen in de inzichten.

Actuele referenties

Referentie in PB	Actuele referentie
Ieder jaar verschijnen actuele versies van de onderstaande rapporten als onderdeel van de monitoring gaswinning onder de Waddenzee (zie de website van de NAM: https://www.nam.nl/gas-en-oliewinning/wadden/gaswinning-onder-de-waddenzee.html)	
Ens B.J. Van der Meer J. Troost K. Van Winden E. Schekkerman H. Rappoldt K., 2019. Monitoring van het voor vogels oogstbare voedselaanbod in de kombergingen van het Pinkegat en Zoutkamperlaag. Rapportage tot en met monitoringjaar 2018. Sovon-rapport 2019/22.	Ens, B.J., K. Troost, E. van Winden, H. Schekkerman, K. Rappoldt, J. van Kessel & J. Nienhuis. 2021. Monitoring van het voor vogels oogstbare voedselaanbod in de kombergingen van het Pinkegat en Zoutkamperlaag rapportage t/m monitoringjaar 2020. Sovon-rapport 2021/35.
Krol, J. 2018. Wadsedimentatie metingen op Ameland, Piet Scheveplaat, Engelsmanplaat, Paesens en Schiermonnikoog 2007-2017. Rapport Natuurcentrum Ameland.	Krol, J. 2021. Sedimentatie metingen op het wad van Ameland, Paesens, Piet Scheve plaat, Engelsmanplaat en Schiermonnikoog Rapport 2020. Natuurcentrum Ameland.
NAM, 2018. Gaswinning vanaf de locaties Moddergat, Lauwersoog en Vierhuizen: publieksamenvatting en integrale beoordeling van de monitoringresultaten over 2017. Rapport Nederlandse Aardolie maatschappij.	NAM, 2021. Gaswinning Moddergat, Lauwersoog en Vierhuizen Publiekssamenvatting en Integrale beoordeling Monitoringresultaten – rapportagejaar 2020,. Rapport Nederlandse Aardolie maatschappij. Doc. Nummer EP202105200443
NAM, 2019. Gaswinning vanaf de locaties Moddergat, Lauweroog en Vierhuizen. Resultaten uitvoering	NAM, 2021. Gaswinning vanaf de locaties Moddergat, Lauwersoog en Vierhuizen Resultaten uitvoering Meet- en regelcyclus 2020. Rapport Nederlandse

Meet- en regelcyclus 2018. NAM Rapport EP201905200582	Aardolie maatschappij. Doc. Nummer EP202104200793
Van der Lugt M., Visser, M. & Van den Boomgaard, H., 2019. Analyse LiDAR-data voor het Friese zeegat (2010-2018) Monitoring effect bodemdaling door gaswinning. Deltares rapport.	Van der Vegt, H. & Van der Lugt, M., 2021. Monitoring wadplaatareaal Friesche Zeegat met LiDAR (2010-2020). Deltares rapport 11206685-000-ZKS-0004.
Ieder jaar verschijnen actuele versies van de onderstaande rapporten als onderdeel van de monitoring van de schelpdierbestanden in de Waddenzee (De informatie over de schelpdierbestanden is tegenwoordig ook toegankelijk via webviewers onder https://www.wur.nl/nl/artikel/Schelpdiermonitor.htm)	
Perdon, K.J., Troost, K., Zwol, J. van, van Asch, M., van der Pool, J. 2018. Schelpdierbestanden in de Nederlandse kustzone in 2018. Stichting Wageningen Research, Centrum voor Visserijonderzoek (CVO) CVO rapport 18.010.	Troost, K., van Asch, M., Brummelhuis, E., van den Ende, D., van Es, Y., Perdon, K. J., van der Pool, J., van Zweeden, C., & van Zwol, J. (2021). Schelpdierbestanden in de Nederlandse kustzone, Waddenzee en zoute deltawateren in 2020. Stichting Wageningen Research, Centrum voor Visserijonderzoek (CVO). CVO rapport; No. 21.001.
Van den Ende, D., Troost, K., van Asch, M.,Perdon, J., van Zweeden, C., 2018. Mosselbanken en oesterbanken op droogvallende platen in de Nederlandse kustwateren in 2018: bestand en arealen IJmuiden : Stichting Wageningen Research, Centrum voor Visserijonderzoek (CVO) CVO rapport 18.023.	van den Ende, D., Troost, K., van Asch, M., Perdon, J. & van Zweeden, C., 2020, Mosselbanken en oesterbanken op droogvallende platen van de Nederlandse zoute getijdenwateren in 2019: Bestand en arealen.IJmuiden: Stichting Wageningen Research, Centrum voor Visserijonderzoek (CVO). CVO rapport; No. 19.022.
Ieder jaar verschijnt een actuele versie van de onderstaande rapport als onderdeel van het kustlijnzorgprogramma van Rijkswaterstaat (de actuele kustlijnkaarten zijn toegankelijk via een webviewer: https://www.rijkswaterstaat.nl/kaarten/kustlijnkaart)	
Rijkswaterstaat, 2016a. Kustlijnkaarten 2017. Rapport.	Rijkswaterstaat, 2020. Kustlijnkaarten 2021. Rapport.

In de referentielijst staan ook enkele rapporten, waarvan ten tijde van het uitbrengen van de Passende beoordeling een actuele versie beschikbaar was (bijvoorbeeld de Zeespiegelmonitor 2014; Rekenmethode voor huidige en toekomstige zeespiegelstijging,Baart F., R. Leander, J. de Ronde, H. de Vries, V. Vuik, R. Nicolai. 2015. Deltares, HKV Lijn in Water, KNMI rapport 1209426-000-VEB-0011, Finale versie). De keuze voor het opnemen van de betreffende versie heeft betrekking op een onderdeel dat specifiek is voor de opgenomen versie van het rapport. Daarom is van deze rapporten geen actuele versie opgenomen.

Selectie uit nieuwe referenties
Nieuwe publicaties die openbaar beschikbaar zijn en die direct gerelateerd zijn aan de inhoud van de Passende beoordeling zijn:

Referentie	
Van der Lugt, M. J. Cleveringa & Z.B. Wang. 2020. Integrale analyse morfologische effecten van bodemdaling door gaswinning Ameland-Oost. Deltares rapport 11203910-002-ZKS-0006.	In dit rapport wordt een integraal overzicht gegeven van de gevolgen van de bodemdaling door de gaswinning onder Ameland. Dit rapport laat zien dat de response van de verschillende morfologische onderdelen van het gebied zich ontwikkelen zoals verwacht. Het rapport geeft geen aanleiding om de redeneerlijn en de conclusies uit de Passende beoordeling Ternaard ter discussie te stellen.
Oost, A.P., J. Cleveringa & M. Taal, 2020. Kombergingsrapport Friesche Zeegat Pinkegat en Zoutkamperlaag. Deltares rapport 11205229-001-ZKS-0002.	In dit rapport wordt een overzicht gepresenteerd van de morfologische ontwikkelingen op de verschillende tijd- en ruimteschalen in het Pinkegat en het Friesche zeegat. In het rapport worden geen nieuwe ontwikkelingen gemeld en

	is ook sprake van inzichten die betrekking hebben op de redeneerlijn en de conclusies uit de Passende beoordeling Ternaard ter discussie te stellen.
Rijkswaterstaat, 2020. Kustgenese 2.0: kennis voor een veilige kust.	In het syntheserapport van het Kustgenese 2.0 project zijn de bevindingen van het project samengevat ten bate van een beleidsadvies voor het kustbeheer. De nieuwe inzichten geven geen aanleiding om het bestaande kustbeleid en -beheer, waarbij de ligging van de kustlijn en de zandvoorraad van het kustfundament door het uitvoeren van zandsuppleties wordt gehandhaafd ter discussie te stellen. Het betekent dat de conclusies t.a.v. de zandsuppleties in de Passende beoordeling niet wijzigen.

Conclusie: Geen gewijzigde inzichten
De actuele referenties geven de meest up-to-date informatie in inzichten. Nieuwe inzichten die betrekking hebben op het meet- en regelprotocol en het monitoringprogramma van de gaswinning Moddergat, Lauwers en Vierhuizen, worden doorgevoerd in het meet- en monitoringsprogramma. Omdat het voorgestelde monitoringsprogramma voor de gaswinning Ternaard een uitbreiding betreft van het monitoringprogramma van de gaswinning Moddergat, Lauwersoog en Vierhuizen, komen deze nieuwe inzichten ook direct ten goede aan het voorgestelde monitoringsprogramma voor de gaswinning Ternaard.
De up-to-date informatie en inzichten geven geen aanleiding om de uitgangspunten, redeneerlijnen en conclusies in de Passende Beoordeling in twijfel te trekken. De conclusies in de Passende beoordeling blijven daarmee van toepassing op het voornemen tot de gasboring en gaswinning Ternaard