

IX Wind

Inhoud

1. Ingediende aanvraag
2. Toelichting vergunningaanvraag
3. Gespreksverslag
4. NOTD2 HDD berekening 315

Formulierversie
2018.01

Aanvraaggegevens

Ingediende aanvraag/melding

Aanvraagnummer	3926921
Aanvraagnaam	Watervergunning Dijkkruising IJsselmeerdijk
Uw referentiecode	-
Ingediend op	21-09-2018
Soort procedure	Onbekend
Projectomschrijving	Dijkkruising IJsselmeerdijk met gestuurde boring voor aanleg mantelbuizen bekabeling ten behoeve van windpark
Opmerking	-
Gefaseerd	Nee
Gerelateerde aanvraag/melding:	3926375
Blokkerende onderdelen weglaten	Ja
Persoonsgegevens openbaar maken	Ja
Bijlagen die later komen	-
Bijlagen n.v.t. of al bekend	-
Bevoegd gezag	
Naam:	WS Zuiderzeeland
Telefoonnummer:	(0320) 274 911
Faxnummer:	(0320) 247 919
E-mailadres:	waterprocedures@zuiderzeeland.nl
Website:	www.zuiderzeeland.nl
Contactpersoon:	Team Waterprocedures

Overzicht bijgevoegde modulebladen

Aanvraaggegevens

Aanvragergegevens

Locatie van de werkzaamheden

Werkzaamheden en onderdelen

Kabels of leidingen aanleggen

- Waterstaatswerk of beschermingszone gebruiken

Bijlagen

Aanvrager bedrijf

1 Bedrijf

KvK-nummer	68996772
Vestigingsnummer	000037389157
Statutaire naam	SwifterwinT B.V.
Handelsnaam	-

2 Contactpersoon

Geslacht	<input checked="" type="checkbox"/> Man <input type="checkbox"/> Vrouw
Voorletters	S.
Voorvoegsels	de
Achternaam	Clerck
Functie	-

3 Vestigingsadres bedrijf

Postcode	8255 RJ
Huisnummer	4
Huisletter	-
Huisnummertoevoeging	-
Straatnaam	Elandweg
Woonplaats	Swifterbant

4 Correspondentieadres

Postcode	8255 PK
Huisnummer	4
Huisletter	-
Huisnummertoevoeging	-
Straatnaam	Rivierduinweg
Woonplaats	Swifterbant

5 Contactgegevens

Telefoonnummer	0682833037
Faxnummer	-

E-mailadres

tom@ixwind.com

Gemachtigde bedrijf

1 Bedrijf

KvK-nummer	56684703
Vestigingsnummer	000026210053
Statutaire naam	Independent Experts BV
Handelsnaam	-

2 Contactpersoon

Geslacht	<input checked="" type="checkbox"/> Man <input type="checkbox"/> Vrouw
Voorletters	Tom
Voorvoegsels	van der
Achternaam	Linde
Functie	Adviseur

3 Vestigingsadres bedrijf

Postcode	2312CW
Huisnummer	102
Huisletter	-
Huisnummertoevoeging	-
Straatnaam	Lammermarkt
Woonplaats	Leiden

4 Correspondentieadres

Adres	Lammermarkt 102 2312CW Leiden
-------	----------------------------------

5 Contactgegevens

Telefoonnummer	0682833037
Faxnummer	-
E-mailadres	tom@ixwind.com

6 Akkoordverklaring

Akkoordverklaring

- Hierbij verklaar ik dat ik de aanvraag/melding naar waarheid heb ingevuld, dat ik correspondentie over mijn aanvraag/melding wil ontvangen op het door mij opgegeven e-mailadres of op het door mij opgegeven adres van de berichtenbox en dat ik weet dat er kosten verbonden kunnen zijn aan het indienen van een aanvraag.

Locatie

1 Kadastraal perceelnummer

Burgerlijke gemeente Dronten

Kadastrale gemeente Dronten

Kadastrale sectie H

Kadastraal perceelnummer 524

Bouwplannaam -

Bouwnummer -

Gelden de werkzaamheden in deze
aanvraag/melding voor meerdere
adressen of percelen? Ja
 Nee

2 Eigendomssituatie

Eigendomssituatie van het perceel U bent eigenaar van het perceel
 U bent erfpachter van het perceel
 U bent huurder van het perceel
 Anders

Uw belang bij deze aanvraag Aanleg van mantelbuizen voor bekabeling van windpark

Formulierversie
2018.01

Waterstaatswerk of beschermingszone gebruiken

Kabels of leidingen aanleggen

1 Waterstaatwerk of beschermingszone gebruiken

Wilt u een bestaande vergunning wijzigen?

- Ja
 Nee

Wat is de geplande begindatum van deze activiteit?

01-06-2020

Geef eventueel een toelichting op de begindatum.

Ter indicatie, exacte datum, nader te bepalen. Wordt 8 weken voor aanvang gemeld

Wat is de geplande einddatum van deze activiteit?

01-09-2020

Geef eventueel een toelichting op de einddatum.

Ter indicatie, exacte datum, nader te bepalen. Wordt 8 weken voor aanvang gemeld

Omschrijf de activiteit die u wilt uitvoeren.

Het plaatsen van 6 mantelbuizen met bekabeling door een dijk door middel van een gestuurde boring

Waarom wilt u de activiteit uitvoeren?

De aanleg van de bekabeling is benodigd voor de realisatie van een windpark

Formulierversie
2018.01

Waterstaatswerk of beschermingszone gebruiken

Kabels of leidingen aanleggen

1 Kabels of leidingen aanleggen

Welke activiteit(en) wilt u uitvoeren met betrekking tot kabels of leidingen?

- Aanleggen van kabels of leidingen in of nabij een oppervlaktewaterlichaam
- Aanleggen van kabels of leidingen in, op of nabij een waterkering
- Aanleggen van kabels of leidingen in, op of nabij een oppervlaktewaterlichaam en een waterkering

Past u bij de werkzaamheden een horizontaal gestuurde boring toe die een oppervlaktewaterlichaam, waterkering of beschermingszone doorkruist?

- Ja
- Nee

Welke kabels of leidingen wilt u aanleggen?

- Aanleggen van een vloeistofleiding
- Aanleggen van kabels
- Aanleggen van een warmtetransportleiding
- Aanleggen van kabels ten behoeve van telecom/televisie
- Aanleggen van een drukleiding
- Anders

Bijlagen

Formele bijlagen

Naam bijlage	Bestandsnaam	Type	Datum ingediend	Status document
1-18-013_842-notd-H-DD_berekening_315_pdf	108791-18-013_842-notd-HDD berekening 315.pdf	Situatietekening, kaart of foto Gegevens kabels of leidingen aanleggen Gegevens waterstaatswerk of beschermingszone gebruiken	2018-09-21	In behandeling
Gespreksverslag_Waterschap_Dijkkruising	20170711 Gespreksverslag WPB_RWS_Waterschap Dijkkruising.pdf	Gegevens kabels of leidingen aanleggen Gegevens waterstaatswerk of beschermingszone gebruiken	2018-09-21	In behandeling
Toelichting aanvraag IJsselmeerdijk	180913 Toelichting vergunningaanvraag kabelkruising Windplanblauw IJsselmeerdijk V01.pdf	Situatietekening, kaart of foto Gegevens kabels of leidingen aanleggen Gegevens waterstaatswerk of beschermingszone gebruiken	2018-09-21	In behandeling



Windplanblauw kabelkruising IJsselmeerdijk

Datum vrijdag 21 september 2018

Auteur(s) Tom van der Linde
Gecontroleerd door Tamara Adriaanse/ Ivana Pieters
Aan Waterschap Zuiderzeeland, tav. Janine Steenberg
Cc Rijkswaterstaat, tav. Kees Pabbruwee

Onderwerp Toelichting vergunningaanvraag

Windplanblauw

Windplanblauw (samenwerking Nuon en Swifterwint) is voornemens om in 2020 61 nieuwe windturbines te bouwen in noordwest Flevoland, waarvan er 24 in het IJsselmeer komt te staan. De layout van het windpark is weergegeven in onderstaande figuur.





Rijksinpassingsplan en vergunningen

Windplanblauw valt onder de Rijkstcoördinatie-regling (RCR). Voor het windpark is fase 1 van de RCR in procedure gegaan: door het Ministerie van EZK is in juni 2018 reeds een Ontwerp Rijksinpassingsplan (RIP) ter inzage gelegd en begin oktober 2018 wordt het definitieve Rijksinpassingsplan vastgesteld. Rijkswaterstaat en Waterschap Zuiderzeeland zijn betrokken bij de totstandkoming hiervan. Voor de bouw en exploitatie van de nieuwe windturbines zijn omgevingsvergunningen aangevraagd bij de gemeente Dronten, watervergunningen bij Rijkswaterstaat (voor het IJsselmeerdeel) en een vergunning in het kader van Wet natuurbescherming bij de provincie. Voor de verdere ontwikkeling van het windpark zijn meerdere andere (uitvoeringstechnische) vergunningen benodigd, welke voor een deel in fase 2 van de RCR zullen worden aangevraagd.

Een van de vergunningaanvragen uit fase 2 betreft de kabelkruising met de IJsselmeerdijk. Deze kruising (zie figuur 1) is noodzakelijk omdat het onderstation van Windplanblauw (waar de kabel naar toe gaat) zich zo dicht mogelijk bij het zwaartepunt van de energieproductie moet bevinden (het middel van het park). Om deze reden is een kabel via de Maximacentrale niet mogelijk.

Archeologie

In samenwerking met gemeente, Provincie, Rijksdienst voor Cultureel Erfgoed en Rijkswaterstaat is een Masterplan Archeologie opgesteld. Werkzaamheden ten behoeve van deze kabelkruising zijn onderdeel van dit Masterplan. Deze regelingen zijn ook opgenomen in het Rijksinpassingsplan.

Vergunningaanvraag

De vergunningaanvraag betreft de aanleg van mantelbuizen onder de IJsselmeerdijk middels een gestuurde boring. Hierbij worden de mantelbuizen doorgetrokken onder de A6. Hiervoor wordt een separate vergunning aangevraagd bij Rijkswaterstaat.

Vergunning op hoofdlijnen

De details van Windplanblauw zijn nog niet bekend. Zo is ondermeer nog niet bekend welk type turbine met welk vermogen er precies geplaatst gaat worden. Hierdoor is ook nog niet precies bekend welk type kabels er benodigd zijn. Ook zullen veel uitvoeringsgerelateerde vragen pas in 2020 in detail beantwoord kunnen worden, wanneer de aannemers geselecteerd zijn.

Omwille van de in de vorige paragraaf omschreven procedurele redenen dient de vergunning voor de kabelkruising al begin september 2018 aangevraagd te worden. Dit betekent dat niet alle details van de kabelkruisingen bekend zijn. Hierover is overleg gevoegd met de bevoegde gezagen. Een gespreksverslag is ter informatie meegestuurd bij de aanvraag. Afsproken is dat de vergunningaanvragen voldoende technische details moeten bevatten die voor het bevoegd gezag benodigd zijn om de aanvraag te kunnen toetsen. Met technisch adviseur Witteveen & Bos is afgestemd welke details minimaal benodigd zijn. De aannemer maakt in



Windplanblauw



Memo

een later stadium een definitief boorplan, dat uiterlijk acht weken voor start van de werkzaamheden wordt ingediend bij het bevoegd gezag.

De technische documenten welke zijn meegestuurd met de aanvraag zijn in de voorfase op hoofdlijnen reeds beoordeeld door het bevoegd gezag en akkoord bevonden.





Gespreksverslag Dijkkruising

Error! Reference source not found.Status Gecontroleerd
Datum woensdag 15 augustus 2018

Auteur(s) Ivana Pieters
Gecontroleerd door Tom van der Linde, Tamara Adriaanse
Vrijgegeven door nvt

Datum 05-07-2018
Tijd 14.00 uur
Locatie Rijkswaterstaat, Lelystad

Aanwezig:

Namens Windplanblauw: Ivana Pieters, Tamara Adriaanse, Tom van der Linde en Bram van der Linde
Namens Waterschap: Janine Steenbergen, Jan Boezeman
Namens Rijkswaterstaat: Cees Pabbruwee, Mike van der Velde, Mokhtar Boujemaoui

Inleiding

Achtergrond

Windplanblauw (samenwerking Nuon en Swifterwint) is voornemens om in 2020 61 nieuwe windturbines te bouwen in noordwest Flevoland. Een deel van de turbines komt in het IJsselmeer te staan. Voor het Windpark is door het ministerie van EZ reeds een Ontwerp Rijksinpassingsplan vastgesteld. Rijkswaterstaat en Waterschap Zuiderzeeland zijn betrokken bij de totstandkoming hiervan. Tevens zijn voor de windturbines omgevingsvergunningen aangevraagd bij de gemeente Dronten (onshore) en watervergunningen bij Rijkswaterstaat (offshore). Voor de verdere ontwikkeling van het windpark zijn meerdere andere (uitvoeringstechnische) vergunningen benodigd welke in een later stadium worden aangevraagd.





Memo

Enkele van deze vergunningen zijn in overleg met RVO NL aangemete als “kritisch” v vanwege hun technische complexiteit. Om procedurele redenen worden deze vergunningen tezamen met het RIP onder de Rijkscoördinatieregeling gebracht. Dit brengt met zich mee dat deze vergunningen in september 2018 aangevraagd moeten worden. Als kritisch zijn (onder meer) aangemerkt:

- Kruisingen (2x) parkbekabeling met de A6 (bevoegd gezag: Rijkswaterstaat)
- Kruising parkbekabeling met de IJsselmeerdijk (bevoegd gezag: ZZL)
- Kruising parkbekabeling met de vaargeul Molenrak (bevoegd gezag: Rijkswaterstaat)

Doel overleg

Doel van dit overleg is om met Rijkswaterstaat en Zuiderzeeland de volgende onderwerpen te bespreken:

- Scope van de werkzaamheden
- Aan te vragen vergunningen en bevoegd gezag
- Inhoud van de aanvragen

Scope van de werkzaamheden

Voor de kruisingen met de A6 en de IJsselmeerdijk wordt middels een HDD boring een matelbuis aangelegd. Voor de kruising met het Molenrak zijn er twee varianten mogelijk: een HDD boring of het infrezen van de kabel in de bodem. Zie hiervoor bijgevoegde presentatie.

Aan te vragen vergunningen en bevoegd gezag

Voor het uitvoeren van de werkzaamheden zijn de volgende vergunningen benodigd:

Onderdeel	Vergunning	Bevoegd gezag
Kabelkruisingen A6	WBR vergunning	Rijkswaterstaat
Kabelkruising Molerak	Watervergunning	Rijkswaterstaat
Kabelkruising IJsselmeerdijk	Watervergunning	ZZL

Bij de kabelkruising van de IJsselmeerdijk ligt het uitredepunt van de boring in het beheersgebied van Rijkswaterstaat. Waterschap Zuiderzeeland zal hierbij optreden als coördinerend bevoegd gezag en Rijkswaterstaat om advies vragen.

Voor de overige delen van het kabeltrace gelden algemene regels, hier hoeft nog geen vergunning voor aangevraagd te worden.

Inhoud van de aanvragen



Memo

De vergunningaanvragen zullen voldoende technische details bevatten die voor het bevoegd gezag benodigd zijn om de aanvraag te kunnen toetsen.

Echter, gezien het stadium waar de ontwikkeling van Windplanblauw zich momenteel in bevindt, zijn nog niet alle uitvoeringsdetails bekend en benodigde onderzoeken gereed. Technisch adviseur Witteveen & Bos heeft daarom een document opgesteld (zie bijlage 2) waarin met kleur is aangegeven welke zaken worden uitgewerkt bij de vergunningaanvraag en welke informatie later wordt aangeleverd. Belangrijkste onderdeel hiervan is het grondonderzoek dat later uitgevoerd zal worden. Bij de vergunningaanvraag wordt daarom concreet aangegeven welk grondonderzoek wanneer uitgevoerd wordt. Tevens wordt een concept boorplan opgesteld dat aantoont dat de werkzaamheden realistisch en uitvoerbaar zijn, de aannemer maakt in een later stadium een definitief boorplan.

De aanwezige bevoegde gezagen hebben aangegeven in principe akkoord te gaan met de voorgestelde werkwijze, zonder daarbij concrete toezeggingen te doen.

In de vergunningaanvraag zal een toelichting worden opgenomen waarin Windplanblauw deze werkwijze motiveert. Daarbij zal er een verwijzing worden gemaakt naar dit gespreksverslag.

Proces

De vergunningen worden medio september ingediend. Het is de intentie om halverweg augustus concepten te bespreken. Een concrete planning hieraangaande volgt.



NOTITIE

Onderwerp HDD berekening Ø315 PE SDR11
Project Aanleg mantelbuizen ten behoeve van Windpark Blauw
Opdrachtgever Projectorganisatie Windplan Blauw
Projectcode 108791
Status Definitief 02
Datum 30 november 2018
Referentie 108791/18-018.622
Auteur(s) ing. B. van der Linde

Gecontroleerd door ir. M.F.E. Wauben
Goedgekeurd door J.A. Zoete MSc
Paraaf

Bijlage(n) Tekening 108791/1001, dijkkruising Windplan Blauw, HDD-boring HDPE Ø315 mm SDR11, Bovenaanzicht en langprofiel
Berekening HDD (drukloos)
Toegepaste grondonderzoek
Aanvullend grondonderzoek

Aan Projectorganisatie Windplan Blauw J. Boukes, I. Pieters
Kopie

1 INLEIDING

Voor Windplan Blauw wordt voor de ontwikkeling van nieuwe windturbines ook de benodigde elektrische infrastructuur aangelegd. De buitendijkse turbines die onderdeel uitmaken van Windplan Blauw moeten worden verbonden met het onderstation aan de Rivierduintocht. De parkbekabeling moet dus middels een dijkkruising worden aangelegd.

De situatie van de dijkkruising is complex doordat:

- de dijkkruising zowel de A6 als de IJsselmeerdijk kruist;
- het verschil tussen het maaiveld van de polder en het waterpeil van het IJsselmeer 4 tot 4,5 m groot is;
- de dijkkruising vergt bijzondere maatregelen tijdens de bouwfase, bijvoorbeeld een (tijdelijke) terp aan de landzijde;
- verder loopt een vaarweg door het windpark die in de komende jaren verdiept gaat worden, ook deze moet worden gekruist;
- voor de IJsselmeerdijk geldt daarnaast een verzwaringsopgave.

Deze complexiteit vraagt om vooruit te denken over mogelijke conflicten tussen deze ontwikkelingen.

In afbeelding 1.1 is de situatie van Windplan Blauw en een indicatie van de locatie van de voorgenomen gestuurde boring weergegeven.

Afbeelding 1.1 Situatie Windplan Blauw



Deze notitie beschrijft de aanleg van mantelbuizen voor het aanleggen van de benodigde kabels. In totaal dienen er zes mantelbuizen met een diameter van $\text{Ø}315$ mm te worden aangebracht. Dit wordt door zes gestuurde boringen gerealiseerd. Zie [ref. 11] voor de weergave van de tracés van de gestuurde boringen.

De zes boringen komen naast elkaar te liggen op een onderlinge afstand van circa 5 m en zijn verder identiek. Deze notitie beschrijft het principe ontwerp van de zes boringen.

Met het bevoegde gezag is in overleg op 5 juli 2018 besloten om op basis van de beschikbare gegevens/uitgangspunten het vergunningentraject op te starten. Naar aanleiding van de eerst ingediende definitieve notitie met kenmerk 108791/18-013.842 zijn door de toetsers enkele opmerkingen gedaan. Deze opmerkingen zijn in hoofdstuk 6 weergegeven inclusief de wijze van verwerken. De nodige aanpassingen zijn in deze notitie verwerkt.

2 GEGEVENS EN UITGANGSPUNTEN

2.1 Referenties

De volgende referenties/gegevens zijn voor deze notitie gebruikt:

- 1 geotechnisch onderzoek IJsselmeerdijk ten hoogte van dijkpaal 17,6 t/m 35,1 te Lelystad, documentnummer 02P010102-RG-01, d.d. 13 november 2017;
- 2 grondgegevens dinoloket;
- 3 NEN3650-1: eisen voor buisleidingsystemen-deel 1: algemene eisen, juni 2012;
- 4 NEN3650-3: eisen voor buisleidingsystemen-deel 3: aanvullende eisen voor leidingen van kunststof, juni 2012;
- 5 NEN3651: aanvullende eisen voor buisleidingen in of nabij belangrijke waterstaatwerken, juni 2012;
- 6 NEN9997-1+C1 (nl): geotechnisch ontwerp van constructies-deel 1: algemene regels, april 2012;
- 7 richtlijnen Boortechnieken, ISBN 90-369-5542-4, DWW-2003-047, Rijkswaterstaat, dienst weg- en waterbouwkunde, d.d. januari 2004;
- 8 legger IJsselmeerdijk HMP 21,40-22,10 kaartblad ZBB-07, ZBB- -/33C002, d.d. 27 juli 2015;

- 9 dwarsprofielen legger IJsselmeerdijk, ZBB- -/08C009, d.d. 27 juli 2015;
- 10 leggetabel waterschap Zuiderzeeland, W-A-AL-001, versie c d.d. 21 september 2017;
- 11 tekening 108791/1001, Dijkkruising Windplan Blauw, HDD-boring HDPE Ø315 mm SDR11, bovenaanzicht en langsprofiel;

2.2 Uitgangspunten

2.2.1 Leidingmateriaal

De eigenschappen van de leiding zijn:

- leidingmateriaal	PE 100;
- diameter	Ø315 mm (uitwendig);
- wanddikte	28,7 mm (SDR 11);
- lange duur treksterkte	8,0 N/mm ² ;
- korte duur treksterkte	10,0 N/mm ² (tevens MRS-waarde);
- materiaalfactor	1,25;
- elasticiteitsmodulus korte duur	975 N/mm ² ;
- elasticiteitsmodulus lange duur	350 N/mm ² ;
- uitzettingscoëfficiënt	0,00016;
- toelaatbare deflectie	8 %.

De toetswaarden zijn in hoofdstuk 3 weergegeven.

2.2.2 Druk in de leiding

Dit is niet van toepassing omdat het een mantelbuis betreft voor de aanleg van kabels.

2.2.3 Intrede- en uittredepunten

Zowel de in- en uittredehoek van de gestuurde boring zijn gesteld op 15 graden, deze hoek is voor vrijwel elk materieel haalbaar.

Conform [ref. 5] dienen de in- en uittredepunten van gestuurde boringen buiten de veiligheidszone van de waterkering te liggen. De veiligheidszone is opgebouwd uit de stabiliteitszone en de verstoringszone. Aangezien het hier om een drukloze leiding gaat, is de verstoringszone op '0' gesteld. Zie paragraaf 4.2 waarin is aangegeven hoe de kwelweg zowel langs als door de mantelbuis dient te worden voorkomen. Voor de stabiliteitszone kan conform [ref. 5] 4 maal H worden aangehouden. Hierbij is H het verschil tussen maaiveld en kruin van de waterkering. In dit geval is de kruin op +5,10m NAP en de teen van de waterkering op -4,00m NAP. Dit resulteert in een H van 9,10m en een stabiliteitszone van $4 \cdot 9,10 = 36,10\text{m}$. Het in- en uittredepunt dienen 36,10m uit de teen van de waterkering te liggen. In het ontwerp liggen de in- en uittredepunten resp. circa 185m en 250m uit de teen van de waterkering en voldoen daarmee ruim aan de gestelde eisen.

2.2.4 Grondopbouw

Voor de fase in dit project is beperkt grondonderzoek beschikbaar betreffende de uitvoering van de gestuurde boring. In bijlage IV is een situatieschets met het voorstel van aanvullend grondonderzoek opgenomen.

De huidige berekeningen zijn op basis van [ref. 1] en [ref. 2] en deze gegevens zijn opgenomen in bijlage III. In tabel 2.1 is de maatgevende grondopbouw weergegeven. De gehanteerde eigenschappen voor de verschillende grondsoorten komen voort uit tabel B.1 van [ref. 3].

Tabel 2.1 Maatgevende bodemopbouw

Bodemlaag	b.k. laag [m NAP]	Y [kN/m ³]	Y _{sat} [kN/m ³]	Wrijvingshoek [°]
zand, kleilig los	-4,0	17,0	19,0	30,0
veen, matig	-6,0	12,0	12,0	15,0
zand, schoon, vast	-10,0	19,0	21,0	35,0

In de modellering is rekening gehouden met het middelen van het soortelijk gewicht in relatie tot de bodemopbouw en diepte van de boring.

2.2.5 Grondwaterstand

De grondwaterstand (GWS) is gelijk gehouden aan het oppervlaktewaterpeil in de Kamperhoektocht en is circa NAP -6,20 m¹.

De grondwaterstand dient in het aanvullend grondonderzoek nader te worden onderzocht.

In bijlage IV is een situatieschets met het voorstel van aanvullend grondonderzoek opgenomen.

2.2.6 Stijghoogte (eerste watervoerend pakket)

Bij het realiseren van een gestuurde boring is er een risico op het doorkruisen van een watervoerend pakket, waardoor kwel kan ontstaan. Als beheersmaatregel tijdens de uitvoering wordt geadviseerd om de boring vanaf een terp uit te voeren. De hoogte van de terp dient dan minimaal NAP 0,00 m te zijn, zodat dit hoger is dan het peil op het IJsselmeer. Voor de gebruikssituatie is het mogelijk om een kwelscherm/kleikist of het injecteren van drillgrout toe te passen. Daarmee wordt dit risico ondervangen.

2.2.7 Oppervlaktewater

Langs het traject van de gestuurde boring zijn twee oppervlaktewateren aanwezig, het IJsselmeer en de Kamperhoektocht.

IJsselmeer heeft de peilen NAP -0,20 m en NAP -0,40 m, respectievelijk het zomerpeil en winterpeil, zie ook [ref. 9].

Uit [ref. 10] en het maaiveld is het waterpeil in de Kamperhoektocht afgeleid en is circa NAP -6,20 m.

¹ Opgave Waterschap Zuiderzeeland email 5 september 2018.

2.2.8 Diepteligging leiding

Voor het kruisen van de waterstaatswerken A6 en IJsselmeerdijk is het vereist dat de gestuurde boring een minimale diepte heeft ter plaatse van de kruising van deze waterstaatswerken [ref. 3] en [ref. 5]. Van het waterschap Zuiderzeeland is als aanvullende eis meegegeven dat de gestuurde boring onder de kernzone van de dijk horizontaal dient te liggen. In [ref. 11] is opgenomen dat de gestuurde boring horizontaal onder de kernzone gaat.

Uit [ref. 3] hoofdstuk G.4.2 volgt de minimale diepteligging van een gestuurde boring ten opzichte van stroomwegen (A6). In dit geval is dat $6 \times D_0$ (met een minimum van 1,5 m) en komt neer op $6 \times 0,315 = 1,89$ m ten opzichte van de (on)gebonden (steen)funderingslaag. Indien deze laag onbekend is wordt deze op 0,5 m aangehouden. Dat betekent ter plaatse van de A6 dat de gestuurde boring een minimale dekking van 2,39 m dient te hebben. In [ref. 5] wordt in hoofdstuk 9.6.2 als eis gesteld dat de gestuurde boring tenminste een dekking van 10 m onder de kruin en minimaal 3 m onder de tenen van het waterstaatswerk dienen.

Uit [ref. 11] valt af te leiden dat de gestuurde boring ter plaatse van de A6 een dekking van circa 17 m heeft en ter hoogte van de tenen van de IJsselmeerdijk circa 16 m en bij de kruin circa 25 m. De gestuurde boring ligt horizontaal bij het kruisen van de waterstaatswerken. Daarmee voldoet de ligging van de gestuurde boring aan de gestelde eisen.

2.2.9 Bochtstralen

Voor het bepalen van de minimale boogstralen van de gestuurde boring kunnen een aantal maatgevende factoren spelen, zie tabel 2.2.

Tabel 2.2 Boogstralen per onderdeel

Factoren	Beschrijving	Boogstraal [m]
bekabeling door de mantelbuis (product)	kabeltype is minimaal $3 \times 630 \text{ mm}^2$ of $3 \times 800 \text{ mm}^2$	2,3
materiaal en diameter van de mantelbuis	toepassing $\text{Ø}315$ mm HDPE mantelbuis	31,5
in te zetten materieel/boorstang	diameter stalen boorstang $\text{Ø}114 \text{ mm}^1$	114
bodemgesteldheid	niet relevant van kunststof buizen	-

In het ontwerp van het tracé van de gestuurde boring is een boogstraal van 150 m aangehouden. Hiermee wordt voldaan aan de minimale toepasbare boogstralen.

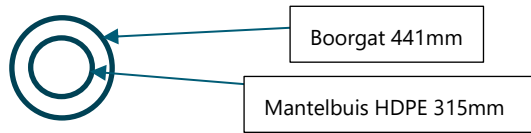
2.2.10 Boorgat

Conform [ref. 7] dient het boorgat 1,3 tot 1,5 maal groter te zijn dan de productleiding (mantelbuis $\text{Ø}315$ mm). Het boorgat is in de berekening gehouden op $\text{Ø}441$ mm en is een factor 1,4 ten opzichte van de productleiding voor de berekening van de weerstanden in het boorgat, om zodoende te toetsen of de productleiding de trekkrachten kan opnemen. De uitvoerende partij dient in het definitieve boorplan de boorgatdiameter te hebben afgestemd op de toe te passen ruimer.

¹ Referentie www.forward-benelux.nl.

Voor de toetsing op boorspoeldrukken is de pilotboring maatgevend. Hierbij is de boorstang van 114mm van belang en de bijbehorende boorgatdiameter, die afhankelijk is van de toe te passen boorkop. De boorgatdiameter bij de pilotboring is aangehouden op 260mm¹.

Configuratie boorgat in relatie tot de mantelbuis:



In de mantelbuis wordt de bekabeling getrokken. Het type bekabeling is nog niet definitief, zie ook tabel 2.2.

2.2.11 Zettingen

Naar grote waarschijnlijkheid wordt de IJsselmeerdijk vanwege de versterkingsopgave opgehoogd. Door de mantelbuizen aan te brengen in de pleistocene zandlaag zijn er geen zettingen op het niveau van de mantelbuizen te verwachten.

Door het realiseren van de gestuurde boring kan op maaiveld niveau ter plaatse van de gestuurde boring een zogenoemde zettingstrog zichtbaar worden. In hoofdstuk 4 wordt nader ingegaan op de verwachte omvang ter plaatse van de A6.

2.2.12 Verkeersbelasting

De verkeersbelastingen zijn volgens [ref. 3] figuur C.17 in de berekening opgenomen.

Hierbij is ter plaatse van de A6 grafiek I van toepassing. In de berm, IJsselmeerdijk is 0,5 grafiek II toegepast in het kader dat hier onderhoudsvoertuigen kunnen komen. Ter plaatse van oppervlaktewater is geen verkeersbelasting meegenomen.

2.2.13 Importantiefactor

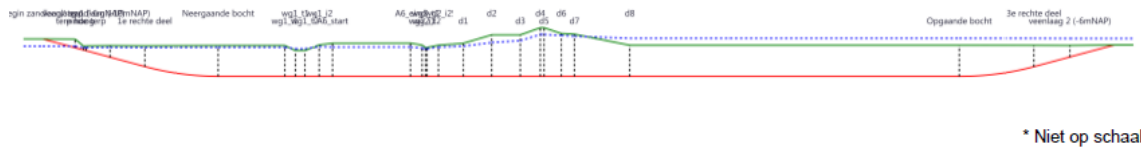
Conform [ref. 5] hoofdstuk 5 hoeft er bij een horizontaal gestuurde boring geen importantiefactor in rekening te worden gebracht.

2.2.14 Berekeningsmethode

Voor de leidingsterkteberekeningen en bepaling van de boorspoeldrukken is gebruik gemaakt van het programma Sigma 2018, v. 1.5. In afbeelding 2.1 is een schematische weergave model weergegeven.

¹ Referentie boorplan van Van Vulpen.

Afbeelding 2.1 Schematische weergave



Voor het tracé van de gestuurde boring, zie [ref. 11], hierin zijn uitgangspunten zoals hierboven benoemd weergegeven.

3 BEREKENINGSRESULTATEN

Er worden in totaal zes mantelbuizen in zes op zichzelf staande gestuurde boringen uitgevoerd (voor de onderlinge afstand zie paragraaf 4.4). Per gestuurde boring wordt een HDPE Ø315 mantelbuis aangebracht. De uitgangspunten voor de gestuurde boringen zijn hetzelfde, de berekeningsresultaten zijn weergegeven voor één gestuurde boring die als referentie voor de overige gestuurde boringen geldt.

De berekeningsresultaten die worden getoetst/bepaald:

- toetsing op implosie;
- toetsing op spanningen (gebruiksfase);
- toetsing op deflectie (gebruiksfase);
- toetsing op de spanningen die optreden tijdens het intrekken (uitvoeringsfase);
- benodigde trekkracht voor het intrekken van de productleiding;
- minimaal benodigde en maximaal toelaatbare boorspoeldruk (blow-out).

Voor de uitvoeringsfase worden de optredende spanningen in de trekfase getoetst aan de toelaatbare trekspanning korte duur, zijnde: 10 N/mm².

Voor de gebruiksfase worden de optredende spanningen getoetst aan de toelaatbare spanning lange duur, zijnde: 8 N/mm² (hierbij is de MRS waarde gedeeld door de materiaalfactor). Tevens wordt de productleiding getoetst op deflectie, waarbij de grenswaarde 8% is,

Tabel 3.1 Resultaten gebruikssituatie drukloos

Wanddikte [mm]	Omtrekspanning [N/mm ²]	Langsspanning [N/mm ²]	Deflectie [% / mm]	Resultaat [-]
28,7	4,45 < 8,00	1,04 < 8,00	3,79 < 8,00	voldoet

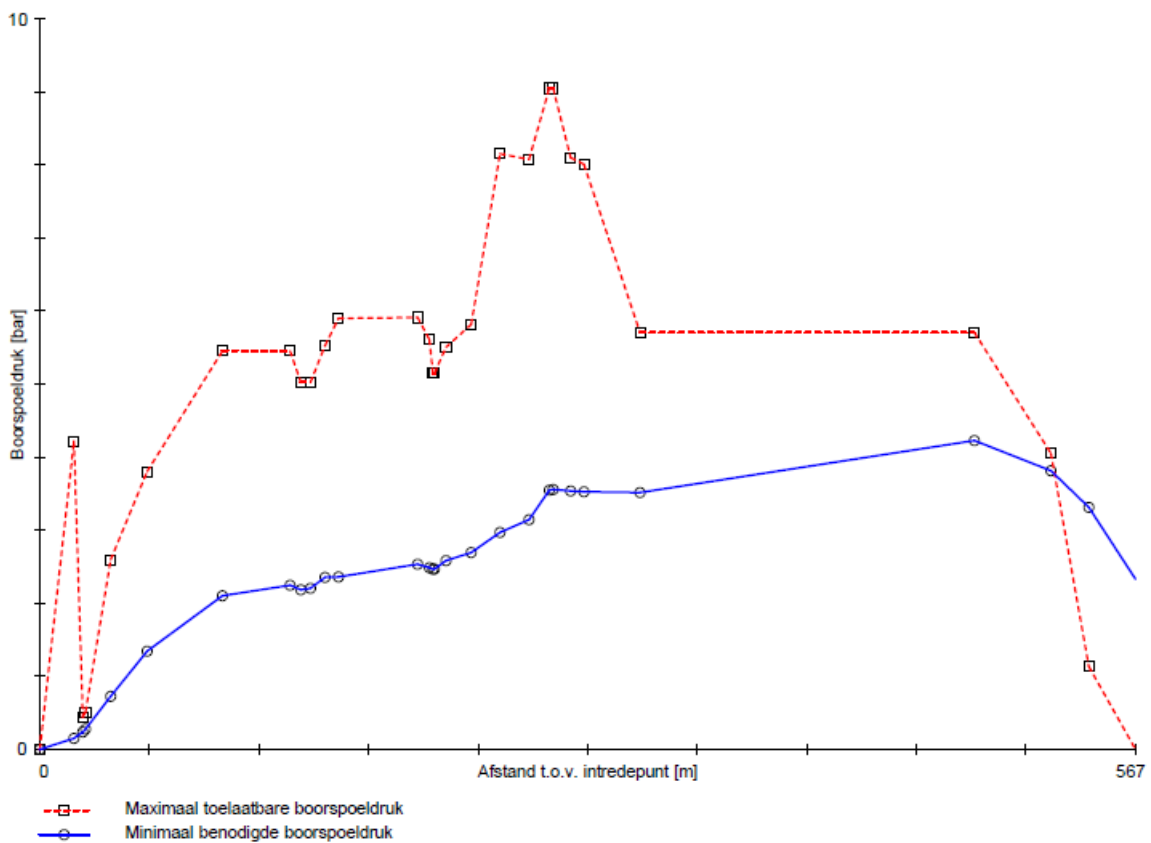
Implosie van de mantelbuis kan optreden indien er 27,98 m grondwater boven de leiding aanwezig is (zie bijlage II). Gezien de diepteligging van de mantelbuizen op NAP -20,40 m en de hoogste waterstand begrensd is op kruinhoogte van NAP +5,10 m is de falen op implosie niet aan de orde. Zie ook [ref. 11] voor het tracé van de mantelbuizen.

Tabel 3.2 Resultaten tijdens trekproces voor een mantelbuis van Ø315 mm

Fase	T _{tot} [N]	Spanning [N/mm ²]	Resultaat [-]
starten met trekken	29,01	1,12 < 10,00	voldoet
na 1 ^e deel intrekken	42,46	2,68 < 10,00	voldoet
na 2 ^e deel intrekken	126,78	4,91 < 10,00	voldoet
na 3 ^e deel intrekken	147,15	6,74 < 10,00	voldoet
na 4 ^e deel intrekken	159,22	6,17 < 10,00	voldoet

Tijdens het realiseren van het boorgat dient deze stabiel te worden gehouden door een boorspoeldruk in het boorgat. In afbeelding 3.1 zijn de berekende en de maximaal toelaatbare boorspoeldrukken weergegeven voor het realiseren van de maatgevende pilotboring.

Afbeelding 3.1 Boorspoeldrukken pilotboring



Zoals af te lezen uit afbeelding 3.1 overschrijden de benodigde boorvloei- of drukkuren nabij het uittredepunt de maximale waarden. Hierbij bestaat de kans op een mud-uitbraak over de laatste 50 m van de gestuurde boring. Om dit risico te beheersen dient tijdens de pilotboring de voortgangssnelheid te worden aangepast, hierdoor wordt de benodigde boorvloei- of drukkuren verlaagd. Bij de ruimfasen is dit risico niet meer aanwezig, omdat er een open verbinding is met het uittredepunt.

Tevens is zichtbaar dat de terp bij het intredepunt voldoende omvang moet hebben om te voorkomen dat bij de overgang van de terp naar maaiveld een mud uitbraak plaatsvindt. Dit houdt in dat de terp van het snijpunt van de gestuurde boring met maaiveld zeker 10 m over het tracé van de gestuurde boring komt te liggen. Daarmee komt de minimale lengte van de terp op circa 30 m.

4 AANDACHTSPUNTEN/RISICO'S

4.1 Zettingen

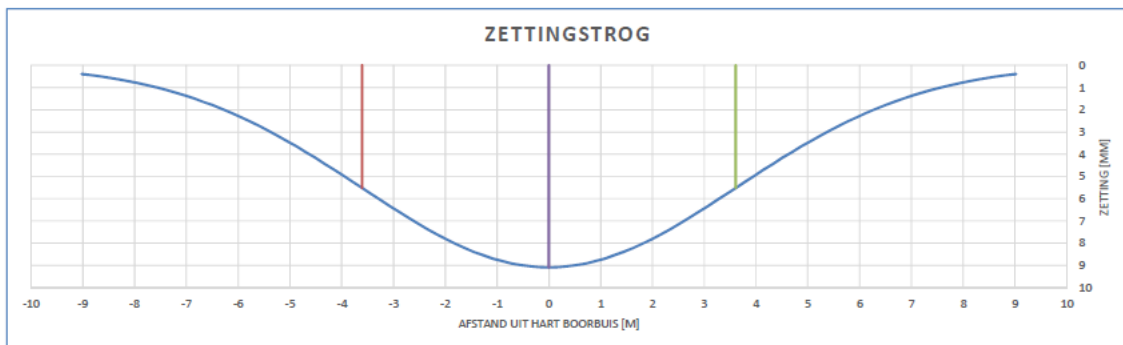
Door ophogingen

De IJsselmeerdijk wordt in de nabije toekomst opgehoogd. De dimensies van deze ophoging zijn op dit moment onbekend. Door de mantelbuizen in de pleistocene zandlaag aan te brengen zijn er op het niveau van de mantelbuizen geen zettingen te verwachten door het ophogen van de IJsselmeerdijk.

Door realisatie van de gestuurde boring (zettingstrog)

Daarnaast kan er door het realiseren van de gestuurde boring en toepassing van een bentonietspoeling, die na het proces van de boring begint met ontmenging, zettingen op maaiveld optreden. Op maaiveld is er een kans dat op de lijn van de gestuurde boring een zogenoemde zettingstrog kan ontstaan. Bij de uitgangspunten van de mantelbuis diameter van Ø315 mm hart op NAP -20,4 m en een boorgat van Ø441 mm en het maaiveld op NAP -2,80 m is de eventuele maximale zetting berekend op 16 mm. In afbeelding 4.1 is het verloop van de zettingstrog ten opzichte van het hart van de mantelbuis weergegeven. De 16 mm is gebaseerd op de hart op hart afstand van 5 m van de mantelbuizen. Ter hoogte van 5,00 m uit het hart bedraagt de zetting per mantelbuis circa 3,5 mm. Door de samenloop komt de berekende maximale zetting op $9 + 3,5 + 3,5 = 16$ mm.

Afbeelding 4.1 Verloop zettingstrog



Door het boorgat na het intrekken, ter hoogte van de A6 en de waterkering te injecteren met een uithardende drillgrout, worden zettingen op maaiveld ter plaatse van de A6 en de waterkering voorkomen.

4.2 Kwelweg

Door het realiseren van de mantelbuizen kunnen er kwelwegen ontstaan. Deze zijn te onderscheiden:

- 1 in een kwelweg vanuit een watervoerende laag of;
- 2 een kwelweg vanuit buitendijks vrij water onder de waterkering door naar het binnendijks maaiveld.

Voor type kwel volgens principe 1 kan kwel vanuit een watervoerende laag worden voorkomen door het toepassen van een kleikist ter plaatse van het intredepunt.

Voor de controle van de kwelweg volgens nummer 2 geldt:

De kortste kwelweglengte wordt volgens [ref. 5] als volgt bepaald:

$$\Sigma L_v + \Sigma 1/3 \times L_h \geq C_L \times h$$

Waarin:

- L_v = de benodigde kwelweglengte voor hellingen steiler dan 45° in m;
- 1/3 = een weegfactor omdat verticale grensvlakken meer hydraulische weerstand bieden dan horizontale grensvlakken;
- L_h = is de benodigde kwelweglengte voor hellingen flauwer dan 45° in m;
- C_L = een grondsoortafhankelijke factor, die zowel de doorlatendheid als de bestandheid tegen erosie representeert;
- h = het verval (verschil tussen ontwerppeil en polderpeil) over de waterkering, in m.

Voor de berekening zijn de volgende waarden gehanteerd:

- L_v = 0 m (er zijn geen hellingen steiler dan 45°);
- L_h = 553 m en 567 m (resp. lengte van de HDD-boring langs de buis tijdens uitvoering en gebruiksfase);
- C_L = 7 (fijn zand);
- h = 6,00 m (peil IJsselmeer op NAP -0,20 m en polderpeil op NAP -6,20 m).

Dit resulteert in: $0 + 1/3 \times 553 \geq 7 \times 6,00$ ($184,33 \geq 42,00$) → voldoet.¹

De lengte van de gestuurde boring is voldoende om te voorkomen dat er kwel langs de buis optreedt volgens het principe zoals benoemd onder nummer 2.

Geadviseerd wordt om ter plaatse van het intredepunt een kleikist op te nemen. Zoals weergegeven in hoofdstuk 4.1 dient ter plaatse van de A6 en de waterkering tijdens het laatste proces van de gestuurde boring een drillgrout te worden aangebracht. Deze voorkomt zowel ongewenste zettingen op maaiveld als ook het optreden van kwel langs de mantelbuis. Het type drillgrout dien door de uitvoerende partij in het definitieve boorplan te worden voorgeschreven.

Tijdens de uitvoering wordt geadviseerd om de booropstelling op een terp te plaatsen met het maaiveld minstens op NAP 0,00 m. Zodoende staat de booropstelling boven de waterstand op het IJsselmeer en is de kans op kwel tijdens de uitvoering geminimaliseerd. De terp is in de modellering van gestuurde boring opgenomen.

De mantelbuizen dienen aan de uiteinden van een waterdichte voorziening (trekvaste dop) te worden voorzien, om water in de mantelbuis te voorkomen.

4.3 Trekrachten

De maximale trekkracht voor het inbrengen van de mantelbuis is berekend op circa 159 kN, zie Tabel 3.2. Hierbij is het uitgangspunt dat de mantelbuizen niet gevuld zijn met water. Door de mantelbuizen tijdens het trekproces te vullen met water kan de trekkracht worden gereduceerd tot circa 70 kN. Het is aan de uitvoerende partij om een keuze in wijze van uitvoering te maken. Dit is mede bepalend voor de inzet van zijn materieel.

¹ Lengte van 553 m is maatgevend voor deze berekening

4.4 Mantelbuizen

In totaal worden zes mantelbuizen voor de bekabeling van Windplan Blauw gerealiseerd. Uit de norm [ref. 5] is voorgeschreven dat bij parallelle gestuurde boringen de onderlinge afstand minimaal 5 m dient te bedragen bij zandgrond en bij kleiige grond 10 m. In dit geval worden de gestuurde boringen in de zandlaag gebracht en is het advies om minimaal 5 m te hanteren.

In totaal worden er zes gestuurde boringen parallel van elkaar uitgevoerd.

4.5 Onderzoek

Er dient te worden onderzocht of ter plaatse van de in- en uittredepunten randvoorwaarden aanwezig zijn in het kader van ecologie, archeologie en NGE (Niet Gesprongen Explosieven).

Bij het aanvullend grondonderzoek wordt de zout/zuurgraad van het grondwater bepaald. De aannemer dient in zijn boorplan de samenstelling van de boorvloeistof hier op af te stemmen.

4.6 Terrein

Voor het realiseren van de gestuurde boringen zijn zowel aan de in- als uittrede zijde tijdelijke maatregelen noodzakelijk. Zo is aan de intredezijde een terp nodig die voorkomt dat tijdens de uitvoering kwel langs het boorgat kan optreden. De hoogte van de terp is bepaald door de waterstand op het IJsselmeer, lengte van de terp is bepaald op circa 30 m, waarbij circa 10 m boven het tracé ligt om te voorkomen dat er een blow-out ontstaat ter plaatse van de overgang terp naar maaiveld.

Op het IJsselmeer is voldoende ruimte om de mantelbuis uit te leggen om deze vervolgens in één gang door het boorgat te trekken. Het uitvoeren van spiegellassen en de mantelbuis tot één leiding produceren kan vanaf de kade worden verricht. Vervolgens kan de gehele mantelbuis het IJsselmeer op worden getrokken en op de juiste positie worden gelegd. Op het IJsselmeer dient een bouwkuip te worden gerealiseerd om zodoende de boorspoeling op gecontroleerde wijze te kunnen opvangen. Daarnaast is het door in den droge te werken mogelijk om de bekabeling door de mantelbuis aan te brengen.

De uitvoerende partij dient in het definitieve boorplan de tijdelijke maatregelen te dimensioneren en op te nemen.

5 CONCLUSIE EN AANBEVELINGEN

Het realiseren van mantelbuizen HDPE Ø315 SDR11 volgens de methode van de HDD-techniek is toepasbaar. Zowel de optredende spanningen tijdens het intrekproces als tijdens de gebruiksfase en de deflectie blijven binnen de toegestane waarden.

Het is noodzakelijk om aanvullend grondonderzoek te verrichten conform opgave in bijlage IV. Aan de hand van dit aanvullend grondonderzoek kan worden getoetst of de berekening nog stand houdt.

Dit aanvullend grondonderzoek is met name van belang om de risico's op een blow-out of het voorkomen van een kwelweg goed te kunnen beoordelen.

Voor uitvoeringsaspecten wordt verwezen naar [ref. 7]. De aannemer werkt dit in zijn boorplan nader uit. In deze notitie is reeds op een paar punten aangegeven welke onderdelen de uitvoerende partij nog nader dient uit te werken. Daarnaast dient hij ook in te gaan op de volgende aspecten:

- op welke wijze wordt de boorkop gestuurd;
- hoe wordt de positie van de boorkop bepaald;
- op welke wijze wordt de boorspoeldruk gemonitord;
- op welke wijze wordt de boorgatstabiliteit gewaarborgd.

6 RESUMÉ

In dit hoofdstuk wordt in tabelvorm de opmerkingen vanuit de toetsingen weergegeven en aangegeven hoe deze zijn verwerkt in deze versie van de notitie.

Tabel 6.1 Opmerkingen vanuit de toetsingen

Nr.	Opmerking	Verwerking	Waar
1	grondopbouw ter hoogte van de dijk lijkt wezenlijk te verschillen met de opbouw naast de dijk. In de analyse is geen rekening met dit verschil gehouden	in de berekening is ter plaatse van de dijk een hoger soortelijk gewicht aangehouden dan naast de dijk. Indien nog hogere waarden voor het soortelijk gewicht worden toegepast, is gebleken dat het effect op spanningen en vervormingen verwaarloosbaar is. Dit komt door de diepe ligging in de zandlaag	Bijlage II
2	onduidelijk of de lage GWS in alle gevallen de maatgevende situatie is	in overleg besloten om realistische GWS peilen op te nemen in de berekening	2.2.5 en bijlage II
3	de grootte van het boorgat is factor 1,4 v/d mantelbuis. Aangegeven dient te worden waarom niet 1,3 of 1,5 ia aangehouden	1,4 is een waarde die volgens richtlijn boortechnieken mag worden gehanteerd. Deze waarde is voor toetsing of de productleiding de benodigde trekkrachten kan opnemen. Voor de boorspoeldruk is een boorgat van 260 mm, tijdens de pilotboring aangehouden (een pilotboring is voor boorspoeldruk maatgevend). Met de gehanteerde factor is alleen aangetoond dat de productleiding de trekkrachten kan opnemen. Opgenomen in de notitie	2.2.10 en Bijlage II
4	onduidelijk hoe de configuratie van het boorgat eruit ziet	opgenomen in de notitie en tekening	2.2.10 en bijlage I
5	onduidelijk hoe de mantelbuizen worden uitgelegd	opgenomen in de notitie.	4.6
6	de resultaten van de toetsing op implosie geven 8,0 N/mm ² als toetswaarde, dit komt niet overeen met paragraaf 2.2.1	voor de trekkrachten is de toetswaarde de MRS-waarde, voor de spanningen tijdens gebruiksfase is de toetswaarde de MRS waarde gedeeld door de materiaalfactor	2.2.1 en 3 en bijlage II
7	onduidelijk of de treksterkte in tabel 3.2. inclusief partiele factoren is	voor de trekkrachten is de toetswaarde de MRS-waarde, voor de spanningen tijdens gebruiksfase is de toetswaarde de MRS waarde gedeeld door de materiaalfactor	2.2.1 en 3 en bijlage II
8	in de grafiek van de boorspoeldrukken is onduidelijk of de rode lijn gerelateerd is aan de plastische deformatie van het boorgat of de plastische deformatie van de grondlagen	de rode lijn geeft de maximale druk weer die de grondlagen kunnen weerstaan, de blauwe lijn geeft de minimale druk weer om het boorgat stabiel te houden	3
9	voor de combinatie van de zettingstroggen lijkt een andere situatie maatgevender, namelijk een middelste mantelbuis, zetting circa 17mm	dit is beschouwd en blijkt inderdaad maatgevender, zetting komt ongeveer neer op 16 mm	4.1

Nr.	Opmerking	Verwerking	Waar
10	er dient minimaal 1 mechanische boring aan de uittredezijde te worden toegevoegd	er is geen richtlijn die dit voorschrijft, na overleg besloten om deze te laten vervallen	-
11	sonderingen en boringen dienen minimaal tot 5m onder de boorgang te worden uitgevoerd	voor de sonderingen is in bijlage IV aangegeven dat deze minimaal tot 5m onder de boorgang dienen te worden uitgevoerd	Bijlage IV
12	er dient een milieutechnisch onderzoek te worden verricht	in bijlage IV aangegeven dat van de genomen boring aan intredezijde milieutechnisch onderzoek dient te worden uitgevoerd	Bijlage IV
13	bepaalde veiligheidszone van de waterkering	de in- en uittredepunten liggen ver buiten de veiligheidszone. Hiervoor is een rekensom in de notitie opgenomen	2.2.3
14	kwelsituatie en te nemen maatregelen	in de notitie is opgenomen dat zowel onder de A6 als de waterkering tijdens de laatste fase van de gestuurde boring een drillgrout dient te worden aangebracht. Deze voorkomt in de bedrijfssituatie dat er kwel kan ontstaan langs de mantelbuis. Voor de uitvoeringsfase is het noodzakelijk om aan de landzijde een terp te realiseren	4.2
15	uitwerking van de tijdelijke terp	de terp is meegenomen in de modellering van de gestuurde boring. De uitwerking van de terp dient te geschieden door de uitvoerende partij	3 en bijlage II
16	voor het aansluiten van de HDD op open sleuf dient te worden nagegaan of kwel kan optreden	ter hoogte van de A6 en waterkering wordt drillgrout toegepast, zodoende kan er geen kwel ontstaan langs de mantelbuis	4.2
17	er is niet aangegeven hoe wordt omgegaan met het uitkomen in het IJsselmeer en voorkomen van vermenging boorvloeistof met IJsselmeerwater	door het toepassen van een bouwkuip wordt vermenging voorkomen	4.6
18	specificaties toe te passen drill mix	de uitvoerende partij dient in het definitieve boorplan de specificaties op te nemen	4.2
19	onduidelijk is hoe de mantelbuizen worden uitgelegd	op het IJsselmeer is voldoende ruimte om de mantelbuizen uit te leggen. De uitvoerende partij dient in het definitieve boorplan aan te geven op welke locatie zij de spiegellassen aanbrengen	4.6
20	het definitieve boorplan dient te voldoen aan de normen en daarvoor dient informatie te worden opgenomen	de genoemde punten zijn overgenomen in de notitie, zodoende is voor de uitvoerende partij duidelijk welke zaken zij minimaal nog moeten aanleveren	5

BIJLAGE: TEKENING 108791/1001, DIJKKRUISING WINDPLAN BLAUW, HDD-BORING
HDPE Ø315 MM SDR11, BOVENAANZICHT EN LANGSPROFIEL



BIJLAGE: BEREKENING HDD (DRUKLOOS)

Sterkteberekening van een horizontaal gestuurde boring conform NEN 3650/3651:2012		Sigma 2018 1.5 ©	
Algemene gegevens			
Naam van het project	: Aanleg mantelbuis HDD Windpark blauw		
Projectonderdeel	: PE315 SDR11 drukloos		
Materiaalgegevens			
Materiaalsoort:	PE		
Kwaliteit:	PE 100 SDR 11		
Lange-duur treksterkte	MRS = 10		N/mm ²
Materiaalfactor	$\gamma_M = 1,25$		-
Toelaatbare langeduur spanning	$\bar{\sigma}_t = 8,00$		N/mm ²
Elasticiteitsmodulus korte duur	E = 975		N/mm ²
Elasticiteitsmodulus lange duur	E' = 350		N/mm ²
Lineaire uitzettingscoëfficiënt	$\alpha_g = 16,0 \cdot 10^{-5}$		mm/(mm·K)
Alfa Tangentiëel / Alfa Axiaal	$\alpha_\sigma = 0,65$		-
Soortelijk gewicht buis	$\rho_L = 9,55$		kN/m ³
Toelaatbare deflectie	$\delta = 8$		%
Leidinggegevens			
Uitwendige middellijn	D _e = 315,00		mm
Wanddikte	d _n = 28,7		mm
Procesgegevens			
Soort leiding (Vloeistof / Gas / Drukloos)	= Drukloos		
Uitvoeringsaspecten, tracé boring, in- en uitreidehoeken, onzekerheids- en wrijvingsfactoren			
Percentage omtrek in aanraking met bentoniet		= 100	%
Soortelijk gewicht boorvloeistof	$\rho_m = 11,5$		kN/m ³
Zwichtspanning boorvloeistof	$\tau_y = 15$		Pa
Leiding wordt niet verzwaard t.p.v. rollenbaan			
Leiding wordt niet verzwaard t.p.v. boorgang			
Diameter ruimer ivm boorspoeldruk	D _g = 441		mm
Diameter boorstang	D _b = 114		mm
Totale lengte	L = 567,02		m
Lengte 1e rechte deel	L ₁ = 55,71		m
Lengte neergaande bocht	L ₂ = 39,27		m
Lengte 2e rechte deel	L ₃ = 389,15		m
Lengte opgaande bocht	L ₄ = 39,27		m
Lengte 3e rechte deel	L ₅ = 43,62		m
Straal maaiveld/rollenbaan	R _r = 100,00		m
Straal neergaande bocht	R ₁ = 150,00		m
Straal opgaande bocht	R ₂ = 150,00		m
Intrede-hoek (bij boorstelling)	$\alpha_1 = 15,00 / 26,79$		° / %
Uitrede-hoek (bij rollenbaan)	$\alpha_2 = 15,00 / 26,79$		° / %
Belastinghoek	$\alpha = 180$		°
Ondersteuningshoek	$\beta = 120$		°
Horizontale steundrukhoek	$\gamma = 120$		°
Geen grondmechanisch onderzoek uitgevoerd	$\gamma = 1,1$		
Totaalfactor bij normale boring	f = 1,4		
Belastingfactor, bovengronds	f _{k,b} = 1,1		
Belastingfactor, ondergronds	f _{k,o} = 1,4		
Onzekerheidsfactor straal, ondergronds	f _{r,o} = 0,9		
Wrijvingscoëff. met rollenbaan	f ₁ = 0,1		
Wrijving tussen leiding/boorvloeistof	f ₂ = 0,00005		N/mm ²
Wrijving tussen leiding/boorgangwand	f ₃ = 0,2		
		30-11-2018 10:53:57	

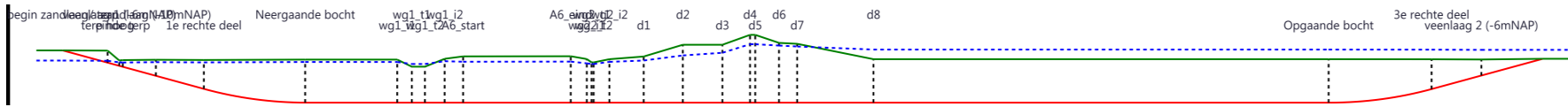
Grondmechanische gegevens en verkeersbelasting

Locatie	Afstand t.o.v. intredepunt [m]	Dekking t.o.v. maaiveld [m]	G.W.S. t.o.v. maaiveld [m]	Grond- soort	Volumiek gewicht droge grond [kN/m ³]	Volumiek gewicht natte grond [kN/m ³]	Wrijvings- hoek grond [°]
begin zandlaag/ terp	0,01	0,01	-	Zand	19,00	-	35,00
terp hoog	17,69	4,50	3,80	Zand	19,00	21,00	35,00
veenlaag 1 (-6mNAP)	22,26	2,00	0,70	Veen	12,00	12,00	15,00
einde terp	23,65	2,50	0,90	Veen	12,00	12,00	15,00
zandlaag (-10mNAP)	36,69	6,00	0,90	Zand	14,50	15,50	35,00
1e rechte deel	55,56	10,80	0,90	Zand	14,50	15,50	35,00
Neergaande bocht	94,52	16,10	0,90	Zand	15,50	16,50	35,00
wg1,1	129,53	16,10	0,90	Zand	15,50	16,50	35,00
wg1,1	135,08	13,45	-1,00	Zand	15,75	17,25	35,00
wg1,2	140,08	13,45	-1,00	Zand	15,75	17,25	35,00
wg1,2	147,58	16,40	0,90	Zand	15,50	16,50	35,00
A6 _s tart	154,58	17,30	2,00	Zand	15,50	16,50	35,00
A6 _e ind	195,53	17,35	2,00	Zand	15,50	16,50	35,00
wg2,1	201,61	16,30	1,60	Zand	15,50	16,50	35,00
wg2,1	203,43	15,05	0,60	Zand	15,50	16,50	35,00
wg2,2	204,22	15,05	0,60	Zand	15,50	16,50	35,00
wg2,2	210,22	16,25	1,00	Zand	15,50	16,50	35,00
d1	223,24	17,25	1,50	Zand	15,50	16,50	35,00
d2	238,13	21,65	4,00	Zand	17,00	19,00	35,00
d3	253,18	21,65	3,00	Zand	17,00	19,00	35,00
d4	263,67	25,35	3,50	Zand	17,00	19,00	35,00
d5	265,65	25,35	3,50	Zand	17,00	19,00	35,00
d6	274,70	22,35	1,00	Zand	17,00	19,00	35,00
d7	281,62	22,00	1,00	Zand	17,00	19,00	35,00
d8	310,62	16,25	-3,60	Zand	15,50	16,50	35,00
Opgaande bocht	483,65	16,25	-3,60	Zand	15,50	16,50	35,00
3e rechte deel	523,24	11,15	-3,60	Zand	14,50	15,50	35,00
veenlaag 2 (-6mNAP)	542,83	6,00	-3,60	Veen	12,00	12,00	15,00

Locatie	Gereduceerde grondbelasting	Dekking holoceen grondmassief [m]	Dekking pleistoceen grondmassief [m]	Gewicht nat, pleistoceen [kN/m ³]
begin zandlaag/ terp	Geen	-	-	-
terp hoog	Geen	-	-	-
veenlaag 1 (-6mNAP)	Geen	-	-	-
einde terp	Geen	-	-	-
zandlaag (-10mNAP)	Geen	-	-	-
1e rechte deel	Geen	-	-	-
Neergaande bocht	Gelaagd	6,10	10,00	20,00
wg1,1	Gelaagd	6,10	10,00	20,00
wg1,1	Gelaagd	3,45	10,00	20,00
wg1,2	Gelaagd	3,45	10,00	20,00
wg1,2	Gelaagd	6,40	10,00	20,00
A6 _s tart	Gelaagd	7,30	10,00	20,00
A6 _e ind	Gelaagd	7,35	10,00	20,00
wg2,1	Gelaagd	6,30	10,00	20,00
wg2,1	Gelaagd	5,05	10,00	20,00
wg2,2	Gelaagd	5,05	10,00	20,00
wg2,2	Gelaagd	6,25	10,00	20,00
d1	Gelaagd	7,25	10,00	20,00
d2	Gelaagd	11,65	10,00	20,00
d3	Gelaagd	11,65	10,00	20,00
d4	Gelaagd	15,35	10,00	20,00
d5	Gelaagd	15,35	10,00	20,00
d6	Gelaagd	12,35	10,00	20,00
d7	Gelaagd	12,00	10,00	20,00
d8	Gelaagd	6,25	10,00	20,00
Opgaande bocht	Gelaagd	6,25	10,00	20,00
3e rechte deel	Geen	-	-	-
veenlaag 2 (-6mNAP)	Geen	-	-	-

Locatie	Gemiddelde verticale beddingconstante [N/mm ³]	Effectieve cohesie [kN/m ²]	E-modulus ondergrond [MN/m ²]	Verkeersbelasting
begin zandlaag/ terp	-	0,00	75,00	Grafiek ½ x II
terp hoog	-	0,00	75,00	Grafiek ½ x II
veenlaag 1 (-6mNAP)	-	2,50	0,50	Grafiek ½ x II
einde terp	-	2,50	0,50	Grafiek ½ x II
zandlaag (-10mNAP)	-	0,00	45,00	Grafiek ½ x II
1e rechte deel	-	0,00	45,00	Grafiek ½ x II
Neergaande bocht	0,0400	0,00	45,00	Grafiek ½ x II
wg1,1	-	0,00	45,00	Grafiek ½ x II
wg1,1	-	0,00	45,00	Geen
wg1,2	-	0,00	45,00	Geen
wg1,2	-	0,00	45,00	Grafiek ½ x II
A6 _s tart	-	0,00	45,00	Grafiek I
A6 _e ind	-	0,00	45,00	Grafiek I
wg2,1	-	0,00	45,00	Grafiek ½ x II
wg2,1	-	0,00	45,00	Geen
wg2,2	-	0,00	45,00	Geen
wg2,2	-	0,00	45,00	Grafiek ½ x II
d1	-	0,00	45,00	Grafiek ½ x II
d2	-	0,00	45,00	Grafiek ½ x II
d3	-	0,00	45,00	Grafiek ½ x II
d4	-	0,00	45,00	Grafiek ½ x II
d5	-	0,00	45,00	Grafiek ½ x II
d6	-	0,00	45,00	Grafiek ½ x II
d7	-	0,00	45,00	Grafiek ½ x II
d8	-	0,00	45,00	Geen
Opgaande bocht	-	0,00	45,00	Geen
3e rechte deel	0,0400	0,00	45,00	Geen
veenlaag 2 (-6mNAP)	-	2,50	0,50	Geen

- 5 -



* Niet op schaal

2. Eigenschappen van de leiding

Inwendige middellijn	$D_i = D_e - 2 \cdot d_n$	= 257,60	mm
Gemiddelde middellijn	$D_g = (D_e + D_i)/2$	= 286,30	mm
Uitwendige middellijn+bekleding	$D_o = D_e + 2 \cdot e$	= 315,00	mm
Uitwendige straal	$r_e = D_e / 2$	= 157,50	mm
Inwendige straal	$r_i = D_i / 2$	= 128,80	mm
Gemiddelde straal	$r_g = (r_e + r_i) / 2$	= 143,15	mm
Traagheidsmoment buis	$I_b = (D_e^4 - D_i^4) \cdot \pi/64$	= 267.145.739,35	mm ⁴
Weerstandsmoment buis	$W_b = I_b / r_e$	= 1.696.163,42	mm ³
Wandtraagheidsmoment	$I_w = d_n^3 / 12$	= 1.969,99	mm ⁴ /mm ¹
Wandweerstandsmoment	$W_w = d_n^2 / 6$	= 137,28	mm ³ /mm ¹
Oppervlakte leiding	$A = \pi \cdot (D_e^2 - D_i^2) / 4$	= 25.813,87	mm ²
Gewicht leiding	$g = \rho_L \cdot A$	= 0,2465	N/mm ¹

3. Berekening van het gewicht van de leiding tijdens het intrekken van de leiding

	<i>Leiding op rollenbaan/maaiveld</i>	<i>Leiding in boorgat</i>
Gewicht mediumleiding	$g = 0,2465 \text{ N/mm}^1$	$g = 0,2465 \text{ N/mm}^1$
Gewicht vulling	$g_{vul} = \text{N.v.t.} +$	$g_{vul} = \text{N.v.t.} +$
Totaal gewicht	$g_{rol} = 0,2465 \text{ N/mm}^1$	$g_{gat} = 0,2465 \text{ N/mm}^1$

4. Berekening van de trekkrachten en spanningen bovengronds*4.1 Berekening van de benodigde trekkrachten op rollenbaan/maaiveld*

Trekkraft T_1 tijdens verschillende stadia [N]	L [m]	T_1 [N]
Starten met trekken	567,02	19.570
Na 1 ^e deel intrekken	523,40	18.064
Na 2 ^e deel intrekken	484,13	16.709
Na 3 ^e deel intrekken	94,98	3.278
Na 4 ^e deel intrekken	55,71	1.923

$$T_1 = f \cdot L \cdot g_{rol} \cdot f_1 = 1,4 \cdot L \cdot 0,2465 \cdot 0,1$$

4.2 Berekening van de optredende spanningen t.g.v. de trekkrachten op rollenbaan/maaiveld

Spanningen σ_t tijdens verschillende stadia [N/mm ²]	T_1 [N]	σ_t [N/mm ²]
Starten met trekken	19.570	0,76
Na 1 ^e deel intrekken	18.064	0,70
Na 2 ^e deel intrekken	16.709	0,65
Na 3 ^e deel intrekken	3.278	0,13
Na 4 ^e deel intrekken	1.923	0,07

$$\sigma_t = \frac{T_1}{A} = \frac{T_1}{25.813,87}$$

4.3 Berekening van de optredende spanning t.g.v. kromming van de leiding op rollenbaan/maaiveld

$$M_b = f_{k,b} \cdot E \cdot \frac{I_b}{R_r}$$

$$M_b = 1,1 \cdot 975 \cdot \frac{267.145.739}{100.000} = 2.865.138,05 \text{ Nmm}$$

$$\sigma_b = \frac{M_b}{W_b}$$

$$\sigma_b = \frac{2.865.138,05}{1.696.163} = \mathbf{1,69 \text{ N/mm}^2}$$

4.4 Totalisatie van de optredende spanningen op rollenbaan/maaiveld

Spanningen σ_a tijdens verschillende stadia [N/mm ²]	σ_t [N/mm ²]	σ_a [N/mm ²]
Starten met trekken	0,76	1,86
Na 1 ^e deel intrekken	0,70	1,80
Na 2 ^e deel intrekken	0,65	1,75
Na 3 ^e deel intrekken	0,13	1,22
Na 4 ^e deel intrekken	0,07	1,17

$$\sigma_a = \alpha_{\sigma} \cdot \sigma_b + \sigma_t = 0,65 \cdot 1,69 + \sigma_t$$

Toelaatbare spanning: $\sigma_{kd} = MRS = \mathbf{10,00 \text{ N/mm}^2}$

5. Berekening van de optredende spanningen tijdens het intrekken van de leiding in het boorgat*5.1 Berekening van de vereiste trekkracht T_2 en T_{3a} in verband met wrijving tussen leiding en boorvloeistof/boorgangwand*

Tijdens het intrekken van de leiding in het boorgat treedt er wrijving op tussen de leiding en boorvloeistof.

100% van de omtrek van de leiding komt in aanraking met bentoniet. Hieruit volgt: $D_{e,omtr} = 989,60 \text{ mm}^1$

Gewicht van de leiding (+vulling) in het boorgat $g_{gat} = 0,247 \text{ N/mm}^1$

Gelet op het gewicht van de boorvloeistof: $g_{opw} = \rho_m \cdot D_e^2 \cdot \pi/4 = 11,5 \cdot 315,00^2 \cdot \pi/4 = 0,896 \text{ N/mm}^1$

Gelet hierop is $g_{eff} = |g_{gat} - g_{opw}| = 0,650 \text{ N/mm}^1$

Trekkracht T_2 en T_{3a} tijdens verschillende stadia [N]	L [m]	T_2 [N]	T_{3a} [N]
1 ^e deel intrekken	43,62	10.957	-
2 ^e deel intrekken	82,89	-	20.821
3 ^e deel intrekken	472,04	118.569	-
4 ^e deel intrekken	511,31	-	128.433
Geheel ingetrokken	567,02	142.426	-

Rechte delen: $T_2 = f \cdot L \cdot (D_{e,omtr} \cdot f_2 + g_{eff} \cdot f_3) = 1,4 \cdot L \cdot (989,60 \cdot 0,00005 + 0,650 \cdot 0,2)$

Gebogen delen: $T_{3a} = f \cdot L_B \cdot (D_{e,omtr} \cdot f_2 + g_{eff} \cdot f_3) = 1,4 \cdot L \cdot (989,60 \cdot 0,00005 + 0,650 \cdot 0,2)$

*5.3 Berekening van de vereiste trekkracht T_{3b} in verband met wrijving door grondreactie in de bochten*5.3.1 Neergaande bocht

$$\lambda = \sqrt[4]{\frac{D_o \cdot k_{v,gem}}{4 \cdot E \cdot I_b}}$$

$$\lambda = \sqrt[4]{\frac{315,00 \cdot 0,0400}{4 \cdot 975 \cdot 267.145.739,35}} = 0,0019 \text{ mm}^{-1}$$

$$Q_{r1} = \frac{0,322 \cdot \lambda^2 \cdot E \cdot I_b}{D_o \cdot f_{r,o} \cdot R}$$

$$Q_{r1} = \frac{0,322 \cdot 0,0019^2 \cdot 975 \cdot 267.145.739,35}{315,00 \cdot 0,9 \cdot 150.000} = 0,0069 \text{ N/mm}^2$$

$$T_{3b} = f \cdot 4 \cdot \frac{Q_{r1}}{2} \cdot D_o \cdot \frac{\pi}{\lambda} \cdot f_3$$

$$T_{3b} = 1,4 \cdot 4 \cdot \frac{0,0069}{2} \cdot 315,00 \cdot \frac{\pi}{0,0019} \cdot 0,2 = \mathbf{2.038,23 \text{ N}}$$

5.3.2 Opgaande bocht

$$\lambda = \sqrt[4]{\frac{D_o \cdot k_{v,gem}}{4 \cdot E \cdot I_b}}$$

$$\lambda = \sqrt[4]{\frac{315,00 \cdot 0,0400}{4 \cdot 975 \cdot 267.145.739,35}} = 0,0019 \text{ mm}^{-1}$$

$$Q_{r2} = \frac{0,322 \cdot \lambda^2 \cdot E \cdot I_b}{D_o \cdot f_{r,o} \cdot R}$$

$$Q_{r2} = \frac{0,322 \cdot 0,0019^2 \cdot 975 \cdot 267.145.739,35}{315,00 \cdot 0,9 \cdot 150.000} = 0,0069 \text{ N/mm}^2$$

$$T_{3b} = f \cdot 4 \cdot \frac{Q_{r2}}{2} \cdot D_o \cdot \frac{\pi}{\lambda} \cdot f_3$$

$$T_{3b} = 1,4 \cdot 4 \cdot \frac{0,0069}{2} \cdot 315,00 \cdot \frac{\pi}{0,0019} \cdot 0,2 = \mathbf{2.038,23 \text{ N}}$$

5.4 Berekening van de wrijving door bochtcracht T_{3c}

Trekkraft T_{bocht} tijdens verschillende stadia [N]	T_1 [N]	T_{3a} [N]	$T_{3b,neer}$ [N]	$T_{3b,op}$ [N]	T_{bocht} [N]
Neergaande bocht	16.709	20.821	2.038	-	39.568
Opgaande bocht	1.923	128.433	2.038	2.038	134.432

Neergaande bocht: $T_{\text{bocht}} = T_1 + T_{3a,neer} + T_{3b,neer,max}$

Opgaande bocht: $T_{\text{bocht}} = T_1 + T_{3a,neer} + T_{3b,neer,max} + T_{3a,op} + T_{3b,op,max}$

Trekkraft T_{3c} tijdens verschillende stadia [N]	α [°]	T_{bocht} [N]	T_{3c} [N]
Neergaande bocht	7,50	39.568	2.892
Opgaande bocht	7,50	134.432	9.826

$$T_{3c} = f \cdot L_B \cdot g_t \cdot f_3$$

$$L_B = 2 \cdot R \cdot 2\pi \cdot \frac{\alpha}{360}$$

$$g_t = \frac{2 \cdot T_{\text{bocht}} \cdot \sin(\alpha)}{L_B}$$

$$\rightarrow T_{3c} = f \cdot 2 \cdot T_{\text{bocht}} \cdot \sin(\alpha) \cdot f_3 = 1,4 \cdot 2 \cdot T_{\text{bocht}} \cdot \sin(\alpha) \cdot 0,2$$

5.5 Totalisatie van de trekkrachten in fase II

Trekkraft T_{tot} tijdens verschillende stadia [N]	T_1 [N]	T_2 / T_{3a} [N]	$T_{3b,neer}$ [N]	$T_{3c,neer}$ [N]	$T_{3b,op}$ [N]	$T_{3c,op}$ [N]	T_{tot} [N]
1 ^e deel intrekken	18.064	10.957	-	-	-	-	29.021
2 ^e deel intrekken	16.709	20.821	2.038	2.892	-	-	42.460
3 ^e deel intrekken	3.278	118.569	2.038	2.892	-	-	126.777
4 ^e deel intrekken	1.923	128.433	2.038	2.892	2.038	9.826	147.151
Geheel intrekken	0	142.426	2.038	2.892	2.038	9.826	159.221

$$T_{\text{tot}} = T_1 + T_2 + T_{3a} + T_{3b,neer,max} + T_{3c,neer} + T_{3b,op,max} + T_{3c,op}$$

5.6 Berekening van de optredende spanningen t.g.v. de trekkrachten in fase II

Spanningen σ_t tijdens verschillende stadia [N/mm ²]	T_{tot} [N]	σ_t [N/mm ²]
1 ^e deel intrekken	29.021	1,12
2 ^e deel intrekken	42.460	1,64
3 ^e deel intrekken	126.777	4,91
4 ^e deel intrekken	147.151	5,70
Geheel intrekken	159.221	6,17

$$\sigma_t = \frac{T_{tot}}{A} = \frac{T_{tot}}{25.813,87}$$

5.7 Optredende spanningen t.g.v. kromming van de leiding in het boorgat**5.7.1 Neergaande bocht**

$$M_b = f_{k,o} \cdot E \cdot \frac{l_b}{f_{r,o} \cdot R}$$

$$M_b = 1,4 \cdot 975 \cdot \frac{267.145.739,35}{0,9 \cdot 150.000} = 2.701.140,25 \text{ Nmm}$$

$$\sigma_b = \frac{M_b}{W_b}$$

$$\sigma_b = \frac{2.701.140,25}{1.696.163,42} = \mathbf{1,59 \text{ N/mm}^2}$$

5.7.2 Opgaande bocht

$$M_b = f_{k,o} \cdot E \cdot \frac{l_b}{0,9 \cdot R}$$

$$M_b = 1,4 \cdot 975 \cdot \frac{267.145.739,35}{0,9 \cdot 150.000} = 2.701.140,25 \text{ Nmm}$$

$$\sigma_b = \frac{M_b}{W_b}$$

$$\sigma_b = \frac{2.701.140,25}{1.696.163,42} = \mathbf{1,59 \text{ N/mm}^2}$$

5.8 Totalisatie van de spanningen in het boorgat tijdens de trekoperatie

Spanningen σ_a tijdens verschillende stadia [N/mm ²]	T_{tot} [N]	σ_t [N/mm ²]	σ_b [N/mm ²]	σ_a [N/mm ²]
Starten met trekken	29.021	1,12	-	1,12
Na 1 ^e deel intrekken	42.460	1,64	1,59	2,68
Na 2 ^e deel intrekken	126.777	4,91	-	4,91
Na 3 ^e deel intrekken	147.151	5,70	1,59	6,74
Na 4 ^e deel intrekken	159.221	6,17	-	6,17

$$\text{Rechte delen: } \sigma_a = \frac{T_{tot}}{A} = \frac{T_{tot}}{25.813,87} = \sigma_t$$

$$\text{Gebogen delen: } \sigma_a = \alpha_{\sigma} \cdot \sigma_b + \sigma_t = 0,65 \cdot \sigma_b + \sigma_t$$

$$\text{Toelaatbare spanning: } \sigma_{kd} = MRS = \mathbf{10,00 \text{ N/mm}^2}$$

6. Fase III: Berekening van de optredende spanningen tijdens de gebruiksfase*6.1 Berekening van de spanningen σ_p en σ_{pl} t.g.v. inwendige druk*

Leiding is drukloos:

$$\sigma_p = 0,00 \text{ N/mm}^2$$

6.2 Berekening reroundingfactor f_{rr}

Leiding is drukloos:

$$f_{rr} = 1,00$$

6.3 Berekening van de neutrale grondbelasting Q_n

Locatie	h [m]	GWS [m]	h_h [m]	h_p [m]	γ' [kN/m ³]	γ'_h [kN/m ³]	γ'_p [kN/m ³]
begin zandlaag..	0,01	-	-	-	20,90	-	-
terp hoog	4,50	3,80	-	-	19,69	-	-
veenlaag 1 (-6..	2,00	0,70	-	-	6,70	-	-
einde terp	2,50	0,90	-	-	6,80	-	-
zandlaag (-10m..	6,00	0,90	-	-	8,39	-	-
1e rechte deel	10,80	0,90	-	-	7,79	-	-
Neergaande bocht	16,10	0,90	6,10	10,00	8,65	3,15	12,00
wg1,1	16,10	0,90	6,10	10,00	8,65	3,15	12,00
wg1,1	13,45	-1,00	3,45	10,00	8,98	0,21	12,00
wg1,2	13,45	-1,00	3,45	10,00	8,98	0,21	12,00
wg1,2	16,40	0,90	6,40	10,00	8,64	3,39	12,00
A6 _s start	17,30	2,00	7,30	10,00	9,18	5,31	12,00
A6 _e ind	17,35	2,00	7,35	10,00	9,18	5,33	12,00
wg2,1	16,30	1,60	6,30	10,00	9,02	4,30	12,00
wg2,1	15,05	0,60	5,05	10,00	8,50	1,58	12,00
wg2,2	15,05	0,60	5,05	10,00	8,50	1,58	12,00
wg2,2	16,25	1,00	6,25	10,00	8,70	3,41	12,00
d1	17,25	1,50	7,25	10,00	8,92	4,68	12,00
d2	21,65	4,00	11,65	10,00	12,34	12,63	12,00
d3	21,65	3,00	11,65	10,00	11,98	11,96	12,00
d4	25,35	3,50	15,35	10,00	11,98	11,96	12,00
d5	25,35	3,50	15,35	10,00	11,98	11,96	12,00
d6	22,35	1,00	12,35	10,00	11,25	10,64	12,00
d7	22,00	1,00	12,00	10,00	11,25	10,63	12,00
d8	16,25	-3,60	6,25	10,00	8,15	1,99	12,00
Opgaande bocht	16,25	-3,60	6,25	10,00	8,15	1,99	12,00
3e rechte deel	11,15	-3,60	-	-	7,05	-	-
veenlaag 2 (-6..	6,00	-3,60	-	-	3,20	-	-

$$\gamma' = \frac{\gamma \cdot \gamma_d \cdot H_d + \gamma \cdot \gamma_n \cdot H_n - \gamma_w \cdot H_w}{h}$$

$$\gamma'_p = \gamma \cdot \gamma_{n,p} - \gamma_w$$

$$\gamma'_h = \frac{\gamma' \cdot h - \gamma'_p \cdot h_p}{h_h}$$

Locatie	Gereduceerde grondbelasting	8·B ₁ [m]	Q _n [N/mm ¹]	Q _{n,r} [N/mm ¹]
begin zandlaag..	Geen	-	0,07	-
terp hoog	Geen	-	27,91	-
veenlaag 1 (-6..	Geen	-	4,22	-
einde terp	Geen	-	5,36	-
zandlaag (-10m..	Geen	-	15,85	-
1e rechte deel	Geen	-	26,51	-
Neergaande bocht	Gelaagd	1,76	43,86	2,79 ⁽¹⁾
wg1;1	Gelaagd	1,76	43,86	2,79 ⁽¹⁾
wg1;1	Gelaagd	1,76	38,02	2,79 ⁽¹⁾
wg1;2	Gelaagd	1,76	38,02	2,79 ⁽¹⁾
wg1;2	Gelaagd	1,76	44,63	2,79 ⁽¹⁾
A6 _s tart	Gelaagd	1,76	50,02	2,79 ⁽¹⁾
A6 _e ind	Gelaagd	1,76	50,15	2,79 ⁽¹⁾
wg2;1	Gelaagd	1,76	46,33	2,79 ⁽¹⁾
wg2;1	Gelaagd	1,76	40,32	2,79 ⁽¹⁾
wg2;2	Gelaagd	1,76	40,32	2,79 ⁽¹⁾
wg2;2	Gelaagd	1,76	44,52	2,79 ⁽¹⁾
d1	Gelaagd	1,76	48,49	2,79 ⁽¹⁾
d2	Gelaagd	1,76	84,16	2,79 ⁽¹⁾
d3	Gelaagd	1,76	81,71	2,79 ⁽¹⁾
d4	Gelaagd	1,76	95,64	2,79 ⁽¹⁾
d5	Gelaagd	1,76	95,64	2,79 ⁽¹⁾
d6	Gelaagd	1,76	79,20	2,79 ⁽¹⁾
d7	Gelaagd	1,76	77,99	2,79 ⁽¹⁾
d8	Gelaagd	1,76	41,72	2,79 ⁽¹⁾
Opgaande bocht	Gelaagd	1,76	41,72	2,79 ⁽¹⁾
3e rechte deel	Geen	-	24,76	-
veenlaag 2 (-6..	Geen	-	6,05	-

$$B_1 = \frac{1}{2} \cdot D_o + D_o \cdot \tan(45^\circ - \frac{1}{2} \cdot \varphi) \geq R$$

$$K = 1 - \sin(\varphi)$$

$$Q_n = (\gamma \cdot \gamma_d \cdot H_d + \gamma \cdot \gamma_n \cdot H_n - \gamma_w \cdot H_w) \cdot D_o = (1,1 \cdot \gamma_d \cdot H_d + 1,1 \cdot \gamma_n \cdot H_n - \gamma_w \cdot H_w) \cdot D_o$$

Indien gereduceerde grondbelasting volgens berekeningswijze 'Gelaagd': ($h_p \geq 8 \cdot B_1$):

$$\sigma_c = \gamma'_n \cdot h_h$$

$$Q_{n,r} = \frac{B_1 \cdot \gamma'_p}{K \cdot \tan(\varphi)} \cdot \left(1 - e^{-\frac{K \cdot h_p \cdot \tan \varphi}{B_1}}\right) \cdot D_o + \sigma_c \cdot D_o \cdot e^{-\frac{K \cdot h_p \cdot \tan \varphi}{B_1}} \quad (1)$$

6.4 Berekening van de verkeersbelasting Q_v

Locatie	Dekking t.o.v. maaiveld [m]	Verkeers- belasting	q_v [kN/m ²]	Q_v [N/mm ¹]
begin zandlaag..	0,01	Grafiek ½ x II	150,78	47,49
terp hoog	4,50	Grafiek ½ x II	2,29	0,72
veenlaag 1 (-6..	2,00	Grafiek ½ x II	6,54	2,06
einde terp	2,50	Grafiek ½ x II	4,81	1,51
zandlaag (-10m..	6,00	Grafiek ½ x II	1,61	0,51
1e rechte deel	10,80	Grafiek ½ x II	0,75	0,24
Neergaande bocht	16,10	Grafiek ½ x II	0,41	0,13
wg1 _i 1	16,10	Grafiek ½ x II	0,41	0,13
wg1 _t 1	13,45	Geen	0,00	0,00
wg1 _i 2	13,45	Geen	0,00	0,00
wg1 _t 2	16,40	Grafiek ½ x II	0,40	0,13
A6 _s tart	17,30	Grafiek I	1,71	0,54
A6 _e ind	17,35	Grafiek I	1,70	0,54
wg2 _i 1	16,30	Grafiek ½ x II	0,40	0,13
wg2 _t 1	15,05	Geen	0,00	0,00
wg2 _i 2	15,05	Geen	0,00	0,00
wg2 _t 2	16,25	Grafiek ½ x II	0,41	0,13
d1	17,25	Grafiek ½ x II	0,37	0,12
d2	21,65	Grafiek ½ x II	0,25	0,08
d3	21,65	Grafiek ½ x II	0,25	0,08
d4	25,35	Grafiek ½ x II	0,19	0,06
d5	25,35	Grafiek ½ x II	0,19	0,06
d6	22,35	Grafiek ½ x II	0,24	0,07
d7	22,00	Grafiek ½ x II	0,24	0,08
d8	16,25	Geen	0,00	0,00
Opgaande bocht	16,25	Geen	0,00	0,00
3e rechte deel	11,15	Geen	0,00	0,00
veenlaag 2 (-6..	6,00	Geen	0,00	0,00

$$Q_v = q_v \cdot D_o = q_v \cdot 315$$

6.5 Momenten en spanningen t.g.v. bovenbelastingen

Locatie	Q _n [N/mm ¹]	Q _{n,r} [N/mm ¹]	Q _v [N/mm ¹]	Q _{boven} [N/mm ¹]	M _q [Nmm]	σ _q [N/mm ²]
begin zandlaag..	0,07	-	47,49	47,56	939,55 ⁽¹⁾	6,84
terp hoog	27,91	-	0,72	28,63	565,50 ⁽¹⁾	4,12
veenlaag 1 (-6..	4,22	-	2,06	6,28	124,08 ⁽¹⁾	0,90
einde terp	5,36	-	1,51	6,87	135,71 ⁽¹⁾	0,99
zandlaag (-10m..	15,85	-	0,51	16,35	323,08 ⁽¹⁾	2,35
1e rechte deel	26,51	-	0,24	26,74	528,32 ⁽¹⁾	3,85
Neergaande bocht	43,86	2,79	0,13	2,92	57,70 ⁽²⁾	0,42
wg1;1	43,86	2,79	0,13	2,92	57,70 ⁽²⁾	0,42
wg1 ₁ 1	38,02	2,79	0,00	2,79	55,14 ⁽²⁾	0,40
wg1 ₂	38,02	2,79	0,00	2,79	55,14 ⁽²⁾	0,40
wg1 ₂	44,63	2,79	0,13	2,92	57,63 ⁽²⁾	0,42
A6 _s tart	50,02	2,79	0,54	3,33	65,77 ⁽²⁾	0,48
A6 _e ind	50,15	2,79	0,54	3,33	65,72 ⁽²⁾	0,48
wg2;1	46,33	2,79	0,13	2,92	57,65 ⁽²⁾	0,42
wg2 ₁ 1	40,32	2,79	0,00	2,79	55,14 ⁽²⁾	0,40
wg2 ₂	40,32	2,79	0,00	2,79	55,14 ⁽²⁾	0,40
wg2 ₂	44,52	2,79	0,13	2,92	57,67 ⁽²⁾	0,42
d1	48,49	2,79	0,12	2,91	57,43 ⁽²⁾	0,42
d2	84,16	2,79	0,08	2,87	56,70 ⁽²⁾	0,41
d3	81,71	2,79	0,08	2,87	56,70 ⁽²⁾	0,41
d4	95,64	2,79	0,06	2,85	56,32 ⁽²⁾	0,41
d5	95,64	2,79	0,06	2,85	56,32 ⁽²⁾	0,41
d6	79,20	2,79	0,07	2,87	56,61 ⁽²⁾	0,41
d7	77,99	2,79	0,08	2,87	56,65 ⁽²⁾	0,41
d8	41,72	2,79	0,00	2,79	55,14 ⁽²⁾	0,40
Opgaande bocht	41,72	2,79	0,00	2,79	55,14 ⁽²⁾	0,40
3e rechte deel	24,76	-	0,00	24,76	489,15 ⁽¹⁾	3,56
veenlaag 2 (-6..	6,05	-	0,00	6,05	119,48 ⁽¹⁾	0,87

$$M_q = K_b \cdot (Q_n + Q_v) \cdot r_g = 0,138 \cdot (Q_n + Q_v) \cdot 143,15 \quad (1)$$

$$M_q = K_b \cdot (Q_{n,r} + Q_v) \cdot r_g = 0,138 \cdot (Q_{n,r} + Q_v) \cdot 143,15 \quad (2)$$

$$\sigma_q = f_{rr} \cdot \frac{M_q}{W_w} = 1,00 \cdot \frac{M_q}{137,28}$$

6.6 Optredende spanning σ_{qr} tgv. grondreactie in de bochten

6.6.1 Neergaande bocht

$$\sigma_{qr} = K_{b,ind} \cdot Q_{r1} \cdot D_o \cdot \frac{r_u}{W_w}$$

$$\sigma_{qr} = 0,083 \cdot 0,0069 \cdot 315,00 \cdot \frac{157,50}{137,28} = \mathbf{0,21 \text{ N/mm}^2}$$

6.6.2 Opgaande bocht

$$\sigma_{qr} = K_{b,ind} \cdot Q_{r2} \cdot D_o \cdot \frac{r_u}{W_w}$$

$$\sigma_{qr} = 0,083 \cdot 0,0069 \cdot 315,00 \cdot \frac{157,50}{137,28} = \mathbf{0,21 \text{ N/mm}^2}$$

6.7 Berekening van de spanning σ_{ax} t.g.v. temperatuurverschil

Leiding is drukloos

$$\sigma_{ax} = 0 \text{ N/mm}^2$$

7. Toetsing op minimale ringstijfheid S_N

$$S_N = E \cdot \frac{I_w}{D_g^3}$$

$$S_N = 975 \cdot \frac{1.969,99}{286,3^3} = 0,0818 \text{ N/mm}^2 = \mathbf{81,85 \text{ kN/m}^2}$$

Minimaal vereiste ringstijfheid = **2 kN/m²****8. Toetsing op implosie: berekening van de alzijdige overdruk**Veiligheidsfactor γ voor langdurige onderdruk: $\gamma = 3$ Veiligheidsfactor γ voor kortdurende onderdruk: $\gamma = 1,5$

$$P_o = \frac{1}{\gamma \cdot (1 - \nu^2)} \cdot \frac{24 \cdot E \cdot I_w}{D_g^3}$$

$$P_{o,kort} = \frac{1}{1,5 \cdot (1 - 0,4^2)} \cdot \frac{24 \cdot 975,00 \cdot 1.969,99}{286,30^3} = 1,56 \text{ N/mm}^2$$

$$P_{o,lang} = \frac{1}{3 \cdot (1 - 0,4^2)} \cdot \frac{24 \cdot 350,00 \cdot 1.969,99}{286,30^3} = 0,28 \text{ N/mm}^2$$

Conclusie: Kans op implosie bij **27,98 m** grondwater boven de leiding

9. Berekening van het totaal aan optredende spanningen*9.1 Optredende spanningen in omtreksrichting van de leiding*

Locatie	σ_q [N/mm ²]	σ_{qr} [N/mm ²]	α_σ [-]	σ_{y2} [N/mm ²]
begin zandlaag..	6,84	-	0,65	4,45
terp hoog	4,12	-	0,65	2,68
veenlaag 1 (-6..	0,90	-	0,65	0,59
einde terp	0,99	-	0,65	0,64
zandlaag (-10m..	2,35	-	0,65	1,53
1e rechte deel	3,85	-	0,65	2,50
Neergaande bocht	0,42	0,21	0,65	0,41
wg1;1	0,42	-	0,65	0,27
wg1;1	0,40	-	0,65	0,26
wg1;2	0,40	-	0,65	0,26
wg1;2	0,42	-	0,65	0,27
A6 _s tart	0,48	-	0,65	0,31
A6 _e ind	0,48	-	0,65	0,31
wg2;1	0,42	-	0,65	0,27
wg2;1	0,40	-	0,65	0,26
wg2;2	0,40	-	0,65	0,26
wg2;2	0,42	-	0,65	0,27
d1	0,42	-	0,65	0,27
d2	0,41	-	0,65	0,27
d3	0,41	-	0,65	0,27
d4	0,41	-	0,65	0,27
d5	0,41	-	0,65	0,27
d6	0,41	-	0,65	0,27
d7	0,41	-	0,65	0,27
d8	0,40	-	0,65	0,26
Opgaande bocht	0,40	-	0,65	0,26
3e rechte deel	3,56	0,21	0,65	2,45
veenlaag 2 (-6..	0,87	-	0,65	0,57

Rechte delen: $\sigma_{y2} = \alpha_\sigma \cdot \sigma_q$ Bochten: $\sigma_{y2} = \alpha_\sigma \cdot (\sigma_q + \sigma_{qr})$ Toelaatbare spanning: $\sigma_{td} = \bar{\sigma}_t = \mathbf{8,00}$ N/mm²

9.2 Optredende spanningen in langsrichting van de leiding

Locatie	σ_{pl} [N/mm ²]	σ_{ax} [N/mm ²]	σ_b [N/mm ²]	α_{σ} [-]	σ_x [N/mm ²]
begin zandlaag..	0,00	0,00	-	-	0,00
terp hoog	0,00	0,00	-	-	0,00
veenlaag 1 (-6..	0,00	0,00	-	-	0,00
einde terp	0,00	0,00	-	-	0,00
zandlaag (-10m..	0,00	0,00	-	-	0,00
1e rechte deel	0,00	0,00	-	-	0,00
Neergaande bocht	0,00	0,00	1,59	0,65	1,04
wg1;1	0,00	0,00	-	-	0,00
wg1;1	0,00	0,00	-	-	0,00
wg1;2	0,00	0,00	-	-	0,00
wg1;2	0,00	0,00	-	-	0,00
A6 _s tart	0,00	0,00	-	-	0,00
A6 _e ind	0,00	0,00	-	-	0,00
wg2;1	0,00	0,00	-	-	0,00
wg2;1	0,00	0,00	-	-	0,00
wg2;2	0,00	0,00	-	-	0,00
wg2;2	0,00	0,00	-	-	0,00
d1	0,00	0,00	-	-	0,00
d2	0,00	0,00	-	-	0,00
d3	0,00	0,00	-	-	0,00
d4	0,00	0,00	-	-	0,00
d5	0,00	0,00	-	-	0,00
d6	0,00	0,00	-	-	0,00
d7	0,00	0,00	-	-	0,00
d8	0,00	0,00	-	-	0,00
Opgaande bocht	0,00	0,00	-	-	0,00
3e rechte deel	0,00	0,00	1,59	0,65	1,04
veenlaag 2 (-6..	0,00	0,00	-	-	0,00

Rechte delen: $\sigma_x = \sigma_{ax}$ Bochten: $\sigma_x = \sigma_{ax} + \alpha_{\sigma} \cdot \sigma_b$ Toelaatbare spanning: $\sigma_{ld} = \bar{\sigma}_t = \mathbf{8,00}$ N/mm²

10. Berekening van de optredende en toelaatbare deflectie

Locatie	Q _n [N/mm ¹]	Q _{n,r} [N/mm ¹]	Q _v [N/mm ¹]	Q _r [N/mm ²]	δ _Y [mm]	δ _Y /D _g [%]
begin zandlaag..	0,07	-	47,49	-	10,85⁽¹⁾	3,79
terp hoog	27,91	-	0,72	-	6,53⁽¹⁾	2,28
veenlaag 1 (-6..	4,22	-	2,06	-	0,73⁽¹⁾	0,26
einde terp	5,36	-	1,51	-	0,80⁽¹⁾	0,28
zandlaag (-10m..	15,85	-	0,51	-	3,73⁽¹⁾	1,30
1e rechte deel	26,51	-	0,24	-	6,10⁽¹⁾	2,13
Neergaande bocht	43,86	2,79	0,13	0,0069	0,83⁽²⁾	0,23
wg1 _i 1	43,86	2,79	0,13	-	0,83⁽²⁾	0,23
wg1 _r 1	38,02	2,79	0,00	-	0,79⁽²⁾	0,22
wg1 _z 2	38,02	2,79	0,00	-	0,79⁽²⁾	0,22
wg1 _z 2	44,63	2,79	0,13	-	0,83⁽²⁾	0,23
A6 _s start	50,02	2,79	0,54	-	0,94⁽²⁾	0,27
A6 _e ind	50,15	2,79	0,54	-	0,94⁽²⁾	0,27
wg2 _i 1	46,33	2,79	0,13	-	0,83⁽²⁾	0,23
wg2 _r 1	40,32	2,79	0,00	-	0,79⁽²⁾	0,22
wg2 _z 2	40,32	2,79	0,00	-	0,79⁽²⁾	0,22
wg2 _z 2	44,52	2,79	0,13	-	0,83⁽²⁾	0,23
d1	48,49	2,79	0,12	-	0,82⁽²⁾	0,23
d2	84,16	2,79	0,08	-	0,81⁽²⁾	0,23
d3	81,71	2,79	0,08	-	0,81⁽²⁾	0,23
d4	95,64	2,79	0,06	-	0,81⁽²⁾	0,23
d5	95,64	2,79	0,06	-	0,81⁽²⁾	0,23
d6	79,20	2,79	0,07	-	0,81⁽²⁾	0,23
d7	77,99	2,79	0,08	-	0,81⁽²⁾	0,23
d8	41,72	2,79	0,00	-	0,79⁽²⁾	0,22
Opgaande bocht	41,72	2,79	0,00	-	0,79⁽²⁾	0,22
3e rechte deel	24,76	-	0,00	0,0069	5,65⁽¹⁾	1,97
veenlaag 2 (-6..	6,05	-	0,00	-	0,71⁽¹⁾	0,25

$$\delta_Y = \frac{(0,089 \cdot Q - 0,083 \cdot Q_{n,h} + 0,048 \cdot Q_r) \cdot r_g^3}{E' \cdot I_w} \quad (1)$$

$$\delta_Y = \frac{(0,089 \cdot (Q_n + Q_v) - 0,083 \cdot (1 - \sin \varphi) \cdot (Q_n + Q_v) + 0,048 \cdot Q_r) \cdot 143,15^3}{350 \cdot 1.969,99}$$

$$\delta_Y = \frac{(0,089 \cdot Q - 0,083 \cdot Q_{h,r} + 0,048 \cdot Q_r) \cdot r_g^3}{E' \cdot I_w} \quad (2)$$

$$\delta_Y = \frac{(0,089 \cdot (Q_{n,r} + Q_v) - 0,083 \cdot \frac{(1 - \sin \varphi)}{(1 + \sin \varphi)} \cdot (Q_{n,r} + Q_v) + 0,048 \cdot Q_r) \cdot 143,15^3}{350 \cdot 1.969,99}$$

Toelaatbare deflectie = 8% · D_g = 0,08 · 286,30 = **22,90 mm**

Sterkteberekening van een horizontaal gestuurde boring conform NEN 3650/3651:2012		Sigma 2018 1.5 ©	
Algemene gegevens			
Naam van het project	: Aanleg mantelbuis HDD Windpark blauw		
Projectonderdeel	: PE315 SDR11 drukloos - pilot		
Materiaalgegevens			
Materiaalsoort:	PE		
Kwaliteit:	PE 100 SDR 11		
Lange-duur treksterkte	MRS = 10		N/mm ²
Materiaalfactor	$\gamma_M = 1,25$		-
Toelaatbare langeduur spanning	$\bar{\sigma}_t = 8,00$		N/mm ²
Elasticiteitsmodulus korte duur	E = 975		N/mm ²
Elasticiteitsmodulus lange duur	E' = 350		N/mm ²
Lineaire uitzettingscoëfficiënt	$\alpha_g = 16,0 \cdot 10^{-5}$		mm/(mm·K)
Alfa Tangentiëel / Alfa Axiaal	$\alpha_\sigma = 0,65$		-
Soortelijk gewicht buis	$\rho_L = 9,55$		kN/m ³
Toelaatbare deflectie	$\delta = 8$		%
Leidinggegevens			
Uitwendige middellijn	D _e = 315,00		mm
Wanddikte	d _n = 28,7		mm
Procesgegevens			
Soort leiding (Vloeistof / Gas / Drukloos)	= Drukloos		
Uitvoeringsaspecten, tracé boring, in- en uitreidehoeken, onzekerheids- en wrijvingsfactoren			
Percentage omtrek in aanraking met bentoniet		= 100	%
Soortelijk gewicht boorvloeistof	$\rho_m = 11,5$		kN/m ³
Zwichtspanning boorvloeistof	$\tau_y = 15$		Pa
Leiding wordt niet verzwaard t.p.v. rollenbaan			
Leiding wordt niet verzwaard t.p.v. boorgang			
Diameter ruimer ivm boorspoeldruk	D _g = 260		mm
Diameter boorstang	D _b = 114		mm
Totale lengte	L = 567,02		m
Lengte 1e rechte deel	L ₁ = 55,71		m
Lengte neergaande bocht	L ₂ = 39,27		m
Lengte 2e rechte deel	L ₃ = 389,15		m
Lengte opgaande bocht	L ₄ = 39,27		m
Lengte 3e rechte deel	L ₅ = 43,62		m
Straal maaiveld/rollenbaan	R _r = 100,00		m
Straal neergaande bocht	R ₁ = 150,00		m
Straal opgaande bocht	R ₂ = 150,00		m
Intrede-hoek (bij boorstelling)	$\alpha_1 = 15,00 / 26,79$		° / %
Uitrede-hoek (bij rollenbaan)	$\alpha_2 = 15,00 / 26,79$		° / %
Belastinghoek	$\alpha = 180$		°
Ondersteuningshoek	$\beta = 120$		°
Horizontale steundrukhoek	$\gamma = 120$		°
Geen grondmechanisch onderzoek uitgevoerd	$\gamma = 1,1$		
Totaalfactor bij normale boring	f = 1,4		
Belastingfactor, bovengronds	f _{k,b} = 1,1		
Belastingfactor, ondergronds	f _{k,o} = 1,4		
Onzekerheidsfactor straal, ondergronds	f _{r,o} = 0,9		
Wrijvingscoëff. met rollenbaan	f ₁ = 0,1		
Wrijving tussen leiding/boorvloeistof	f ₂ = 0,00005		N/mm ²
Wrijving tussen leiding/boorgangwand	f ₃ = 0,2		
		30-11-2018 10:54:32	

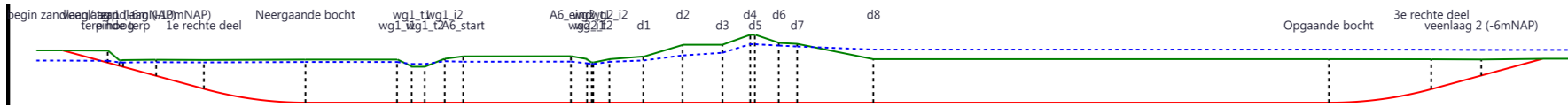
Grondmechanische gegevens en verkeersbelasting

Locatie	Afstand t.o.v. intredepunt [m]	Dekking t.o.v. maaiveld [m]	G.W.S. t.o.v. maaiveld [m]	Grond- soort	Volumiek gewicht droge grond [kN/m ³]	Volumiek gewicht natte grond [kN/m ³]	Wrijvings- hoek grond [°]
begin zandlaag/ terp	0,01	0,01	-	Zand	19,00	-	35,00
terp hoog	17,69	4,50	3,80	Zand	19,00	21,00	35,00
veenlaag 1 (-6mNAP)	22,26	2,00	0,70	Veen	12,00	12,00	15,00
einde terp	23,65	2,50	0,90	Veen	12,00	12,00	15,00
zandlaag (-10mNAP)	36,69	6,00	0,90	Zand	14,50	15,50	35,00
1e rechte deel	55,56	10,80	0,90	Zand	14,50	15,50	35,00
Neergaande bocht	94,52	16,10	0,90	Zand	15,50	16,50	35,00
wg1,1	129,53	16,10	0,90	Zand	15,50	16,50	35,00
wg1,1	135,08	13,45	-1,00	Zand	15,75	17,25	35,00
wg1,2	140,08	13,45	-1,00	Zand	15,75	17,25	35,00
wg1,2	147,58	16,40	0,90	Zand	15,50	16,50	35,00
A6 _s tart	154,58	17,30	2,00	Zand	15,50	16,50	35,00
A6 _e ind	195,53	17,35	2,00	Zand	15,50	16,50	35,00
wg2,1	201,61	16,30	1,60	Zand	15,50	16,50	35,00
wg2,1	203,43	15,05	0,60	Zand	15,50	16,50	35,00
wg2,2	204,22	15,05	0,60	Zand	15,50	16,50	35,00
wg2,2	210,22	16,25	1,00	Zand	15,50	16,50	35,00
d1	223,24	17,25	1,50	Zand	15,50	16,50	35,00
d2	238,13	21,65	4,00	Zand	17,00	19,00	35,00
d3	253,18	21,65	3,00	Zand	17,00	19,00	35,00
d4	263,67	25,35	3,50	Zand	17,00	19,00	35,00
d5	265,65	25,35	3,50	Zand	17,00	19,00	35,00
d6	274,70	22,35	1,00	Zand	17,00	19,00	35,00
d7	281,62	22,00	1,00	Zand	17,00	19,00	35,00
d8	310,62	16,25	-3,60	Zand	15,50	16,50	35,00
Opgaande bocht	483,65	16,25	-3,60	Zand	15,50	16,50	35,00
3e rechte deel	523,24	11,15	-3,60	Zand	14,50	15,50	35,00
veenlaag 2 (-6mNAP)	542,83	6,00	-3,60	Veen	12,00	12,00	15,00

Locatie	Gereduceerde grondbelasting	Dekking holoceen grondmassief [m]	Dekking pleistoceen grondmassief [m]	Gewicht nat, pleistoceen [kN/m ³]
begin zandlaag/ terp	Geen	-	-	-
terp hoog	Geen	-	-	-
veenlaag 1 (-6mNAP)	Geen	-	-	-
einde terp	Geen	-	-	-
zandlaag (-10mNAP)	Geen	-	-	-
1e rechte deel	Geen	-	-	-
Neergaande bocht	Gelaagd	6,10	10,00	20,00
wg1,1	Gelaagd	6,10	10,00	20,00
wg1,1	Gelaagd	3,45	10,00	20,00
wg1,2	Gelaagd	3,45	10,00	20,00
wg1,2	Gelaagd	6,40	10,00	20,00
A6 _s tart	Gelaagd	7,30	10,00	20,00
A6 _e ind	Gelaagd	7,35	10,00	20,00
wg2,1	Gelaagd	6,30	10,00	20,00
wg2,1	Gelaagd	5,05	10,00	20,00
wg2,2	Gelaagd	5,05	10,00	20,00
wg2,2	Gelaagd	6,25	10,00	20,00
d1	Gelaagd	7,25	10,00	20,00
d2	Gelaagd	11,65	10,00	20,00
d3	Gelaagd	11,65	10,00	20,00
d4	Gelaagd	15,35	10,00	20,00
d5	Gelaagd	15,35	10,00	20,00
d6	Gelaagd	12,35	10,00	20,00
d7	Gelaagd	12,00	10,00	20,00
d8	Gelaagd	6,25	10,00	20,00
Opgaande bocht	Gelaagd	6,25	10,00	20,00
3e rechte deel	Geen	-	-	-
veenlaag 2 (-6mNAP)	Geen	-	-	-

Locatie	Gemiddelde verticale beddingconstante [N/mm ³]	Effectieve cohesie [kN/m ²]	E-modulus ondergrond [MN/m ²]	Verkeersbelasting
begin zandlaag/ terp	-	0,00	75,00	Grafiek ½ x II
terp hoog	-	0,00	75,00	Grafiek ½ x II
veenlaag 1 (-6mNAP)	-	2,50	0,50	Grafiek ½ x II
einde terp	-	2,50	0,50	Grafiek ½ x II
zandlaag (-10mNAP)	-	0,00	45,00	Grafiek ½ x II
1e rechte deel	-	0,00	45,00	Grafiek ½ x II
Neergaande bocht	0,0400	0,00	45,00	Grafiek ½ x II
wg1,1	-	0,00	45,00	Grafiek ½ x II
wg1,1	-	0,00	45,00	Geen
wg1,2	-	0,00	45,00	Geen
wg1,2	-	0,00	45,00	Grafiek ½ x II
A6 _s tart	-	0,00	45,00	Grafiek I
A6 _e ind	-	0,00	45,00	Grafiek I
wg2,1	-	0,00	45,00	Grafiek ½ x II
wg2,1	-	0,00	45,00	Geen
wg2,2	-	0,00	45,00	Geen
wg2,2	-	0,00	45,00	Grafiek ½ x II
d1	-	0,00	45,00	Grafiek ½ x II
d2	-	0,00	45,00	Grafiek ½ x II
d3	-	0,00	45,00	Grafiek ½ x II
d4	-	0,00	45,00	Grafiek ½ x II
d5	-	0,00	45,00	Grafiek ½ x II
d6	-	0,00	45,00	Grafiek ½ x II
d7	-	0,00	45,00	Grafiek ½ x II
d8	-	0,00	45,00	Geen
Opgaande bocht	-	0,00	45,00	Geen
3e rechte deel	0,0400	0,00	45,00	Geen
veenlaag 2 (-6mNAP)	-	2,50	0,50	Geen

- 5 -



* Niet op schaal

2. Berekening van de boorspoeldrukken tijdens de trekfase

Locatie	H [m]	σ_{vert} [kN/m ²]	σ_{hor} [kN/m ²]	σ_o' [kN/m ²]	p'_f [kN/m ²]	G [MN/m ²]
begin zandlaag..	0,01	0,17	0,07	0,12	0,19	28,85
terp hoog	4,50	72,00	30,70	51,35	80,81	28,85
veenlaag 1 (-6..	2,00	8,82	6,54	7,68	12,08	0,18
einde terp	2,50	11,27	8,36	9,81	14,77	0,18
zandlaag (-10m..	6,00	32,73	13,96	23,34	36,73	17,31
1e rechte deel	10,80	52,36	22,33	37,35	58,77	17,31
Neergaande bocht	16,10	88,68	37,82	63,25	99,53	17,31
wg1 _i 1	16,10	88,68	37,82	63,25	99,53	17,31
wg1 _f 1	13,45	76,42	32,59	54,50	85,77	17,31
wg1 _i 2	13,45	76,42	32,59	54,50	85,77	17,31
wg1 _f 2	16,40	90,18	38,46	64,32	101,21	17,31
A6 _s start	17,30	104,68	44,64	74,66	117,48	17,31
A6 _e ind	17,35	104,93	44,75	74,84	117,76	17,31
wg2 _i 1	16,30	96,05	40,96	68,50	107,79	17,31
wg2 _f 1	15,05	80,70	34,41	57,56	90,57	17,31
wg2 _i 2	15,05	80,70	34,41	57,56	90,57	17,31
wg2 _f 2	16,25	90,34	38,52	64,43	101,39	17,31
d1	17,25	99,89	42,59	71,24	112,10	17,31
d2	21,65	190,18	81,10	135,64	213,44	17,31
d3	21,65	182,00	77,61	129,80	204,26	17,31
d4	25,35	213,00	90,83	151,91	239,05	17,31
d5	25,35	213,00	90,83	151,91	239,05	17,31
d6	22,35	170,73	72,80	121,76	191,61	17,31
d7	22,00	168,18	71,72	119,95	188,75	17,31
d8	16,25	81,25	34,65	57,95	91,19	17,31
Opgaande bocht	16,25	81,25	34,65	57,95	91,19	17,31
3e rechte deel	11,15	45,61	19,45	32,53	51,19	17,31
veenlaag 2 (-6..	6,00	5,45	4,04	4,75	8,39	0,18

$$\sigma_{vert} = \frac{\gamma_d}{\gamma} \cdot H_d + \frac{\gamma_n}{\gamma} \cdot H_n - \gamma_w \cdot H_w$$

$$\sigma_{hor} = \sigma_{vert} \cdot (1 - \sin(\varphi))$$

$$\sigma_o' = \frac{\sigma_{vert} + \sigma_{hor}}{2}$$

$$p'_f = \sigma_o' \cdot (1 + \sin(\varphi)) + c \cdot \cos(\varphi)$$

$$G = \frac{E_{100}}{2 \cdot (1 + \nu)}$$

Locatie	Q [-]	R _{p,max} [m]	u [N/mm ²]	p _{st} [N/mm ²]	Δ _p [N/mm ²]	p _{lim} [N/mm ²]
begin zandlaag..	0,0000024	0,01	0,0000	0,0000	0,00	0,02
terp hoog	0,0010	1,29	0,0070	0,007897	0,01	1,00
veenlaag 1 (-6..	0,025	1,00	0,0130	0,01467	0,01	0,05
einde terp	0,028	1,25	0,0160	0,01805	0,01	0,06
zandlaag (-10m..	0,00077	1,48	0,0510	0,05754	0,02	0,55
1e rechte deel	0,0012	1,17	0,0990	0,1117	0,02	0,77
Neergaande bocht	0,0021	0,90	0,1520	0,1715	0,04	1,09
wg1 _i 1	0,0021	0,90	0,1520	0,1715	0,05	1,09
wg1 _t 1	0,0018	0,97	0,1445	0,1630	0,06	1,00
wg1 _i 2	0,0018	0,97	0,1445	0,1630	0,06	1,00
wg1 _t 2	0,0021	0,89	0,1550	0,1749	0,06	1,11
A6 _s tart	0,0025	0,83	0,1530	0,1726	0,06	1,20
A6 _e ind	0,0025	0,83	0,1535	0,1732	0,08	1,20
wg2 _i 1	0,0023	0,86	0,1470	0,1658	0,08	1,14
wg2 _t 1	0,0019	0,94	0,1445	0,1630	0,08	1,03
wg2 _i 2	0,0019	0,94	0,1445	0,1630	0,08	1,03
wg2 _t 2	0,0021	0,89	0,1525	0,1720	0,09	1,11
d1	0,0024	0,85	0,1575	0,1777	0,09	1,17
d2	0,0045	0,61	0,1765	0,1991	0,10	1,71
d3	0,0043	0,63	0,1865	0,2104	0,10	1,67
d4	0,0050	0,58	0,2185	0,2465	0,11	1,86
d5	0,0050	0,58	0,2185	0,2465	0,11	1,86
d6	0,0040	0,65	0,2135	0,2409	0,11	1,64
d7	0,0040	0,65	0,2100	0,2369	0,12	1,63
d8	0,0019	0,94	0,1985	0,2239	0,13	1,09
Opgaande bocht	0,0019	0,94	0,1985	0,2239	0,20	1,09
3e rechte deel	0,0011	1,25	0,1475	0,1664	0,22	0,77
veenlaag 2 (-6..	0,020	3,00	0,0960	0,1083	0,22	0,13

$$Q = \frac{\sigma'_o \cdot \sin(\varphi) + c \cdot \cos(\varphi)}{G}$$

$$R_{p,max} = \frac{H}{2}, R_{p,max,zand} = \sqrt{\frac{R_o^2}{Q} \cdot 2 \cdot \varepsilon_{g,max}} \text{ of } \frac{H}{2}$$

$$u = \gamma_w \cdot H_n$$

$$p_{st} = \rho_m \cdot g \cdot h_z$$

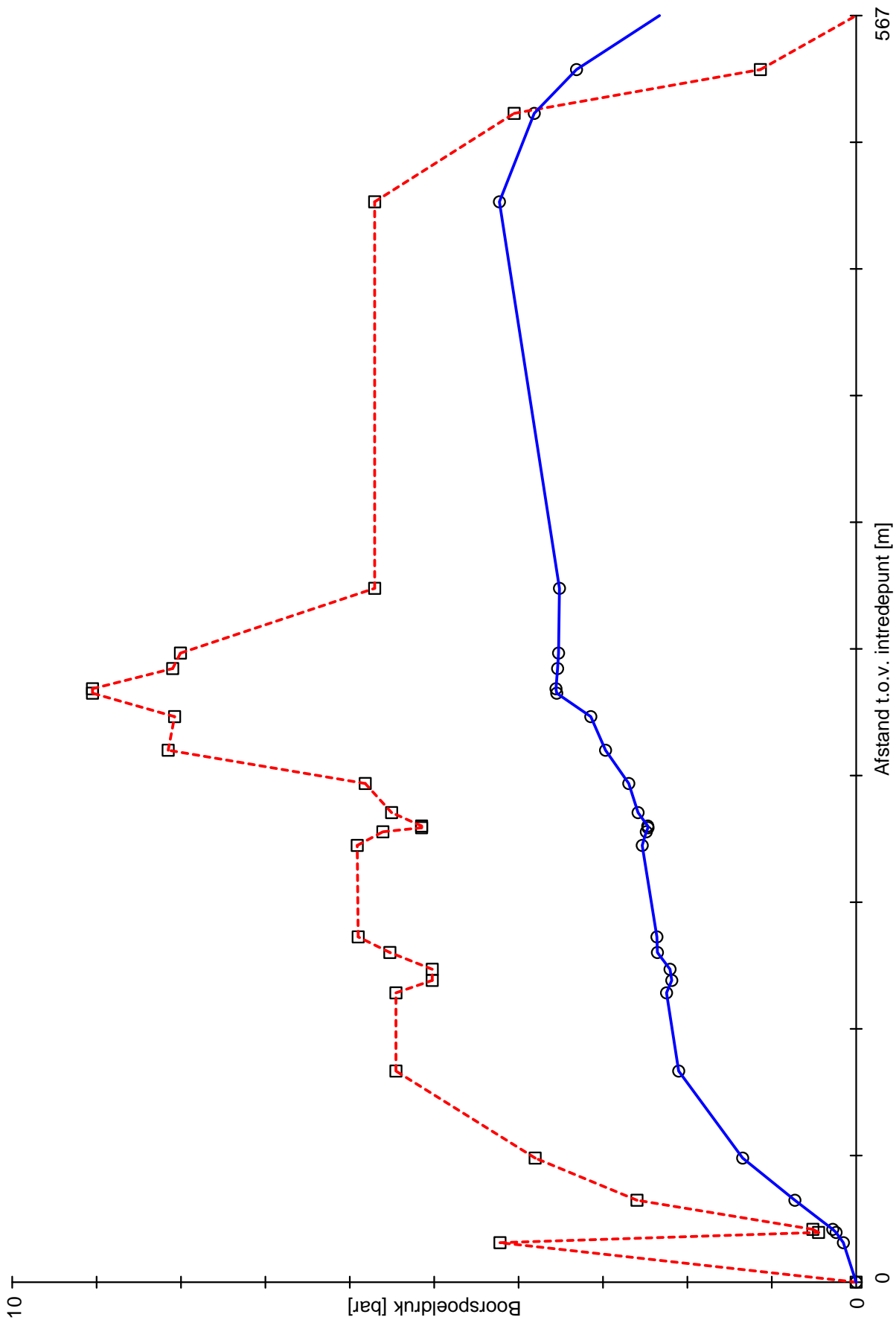
$$\Delta_p = 4 \cdot \frac{\tau_y}{D_g - D_b} \cdot L$$

$$p_{lim} = (p'_f + c \cdot \cot(\varphi)) \cdot Q \cdot \frac{-\sin \varphi}{1 + \sin \varphi} - c \cdot \cot(\varphi) + u$$

Locatie	p_{\max} [kPa]	90% p_{lim} [kPa]	p_{\min} [kPa]	p_{\max} [bar]	90% p_{lim} [bar]	p_{\min} [bar]
begin zandlaag..	0,02	19,36	0,00	0,00	0,19	0,00
terp hoog	422,01	901,45	15,17	4,22	9,01	0,15
veenlaag 1 (-6..	44,84	44,56	23,81	0,45	0,45	0,24
einde terp	53,73	51,33	27,77	0,54	0,51	0,28
zandlaag (-10m..	259,73	496,12	72,61	2,60	4,96	0,73
1e rechte deel	380,39	696,03	134,52	3,80	6,96	1,35
Neergaande bocht	545,29	985,09	210,32	5,45	9,85	2,10
wg1;1	545,29	985,09	224,71	5,45	9,85	2,25
wg1;1	502,30	901,80	218,53	5,02	9,02	2,19
wg1;2	502,30	901,80	220,58	5,02	9,02	2,21
wg1;2	552,50	996,88	235,51	5,53	9,97	2,36
A6 _s tart	590,01	1.080,29	236,13	5,90	10,80	2,36
A6 _e ind	591,17	1.082,17	253,53	5,91	10,82	2,54
wg2;1	560,74	1.024,70	248,69	5,61	10,25	2,49
wg2;1	514,92	929,02	246,62	5,15	9,29	2,47
wg2;2	514,92	929,02	246,94	5,15	9,29	2,47
wg2;2	550,45	995,59	258,43	5,50	9,96	2,58
d1	581,68	1.056,67	269,43	5,82	10,57	2,69
d2	815,16	1.536,40	296,98	8,15	15,36	2,97
d3	807,56	1.507,43	314,45	8,08	15,07	3,14
d4	904,85	1.677,05	354,86	9,05	16,77	3,55
d5	904,85	1.677,05	355,67	9,05	16,77	3,56
d6	809,83	1.478,39	353,75	8,10	14,78	3,54
d7	800,67	1.463,02	352,65	8,01	14,63	3,53
d8	570,51	981,05	351,59	5,71	9,81	3,52
Opgaande bocht	570,51	981,05	422,70	5,71	9,81	4,23
3e rechte deel	405,26	688,72	381,43	4,05	6,89	3,81
veenlaag 2 (-6..	125,41	113,51	331,38	1,25	1,14	3,31

$$p_{\max} = (p'_f + c \cdot \cot(\varphi)) \cdot \left(\frac{R_o}{R_{p,\max}} \right)^2 + Q \cdot \frac{-\sin \varphi}{1 + \sin \varphi} - c \cdot \cot(\varphi) + u$$

$$p_{\min} = p_{st} + \Delta p$$



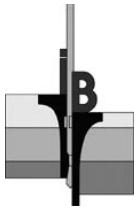


BIJLAGE: TOEGEPASTE GRONDONDERZOEK



INPIJN-BLOKPOEL
ingenieursbureau

Geotechniek - Milieutechniek



Geotechnisch onderzoek IJsselmeerdijk thv dijkpaal 17.6 t/m 35.1 te Lelystad



Betreft Resultaten geotechnisch onderzoek

Opdrachtnummer 02P010102

Documentnummer 02P010102-RG-01

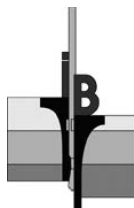
Opdrachtgever Waterschap Zuiderzeeland
Postbus 229
8200 AE LELYSTAD

Opgesteld door : F.W.A. van Heerebeek
Gezien : J.W.M.J. Duitsman
Status : Definitief
Codering : RG

Paraaf :

Paraaf :

Datum rapport : 13 november 2017



Opdracht : 02P010102
Document : 02P010102-01
Project : Geotechnisch onderzoek IJsselmeerdijk thv dijkpaal 17.6 t/m 35.1 te Lelystad

INHOUDSOPGAVE

1. INLEIDING	1
2. ONDERZOEK	1
2.1 SONDERINGEN.....	1
2.2 INMETING EN WATERPASSING	2

BIJLAGEN:

- A) Situatietekening
- B) Waterpasstaat
- C) Sondeergrafieken klasse 1
- D) Sondeergrafieken klasse 2
- E) Toetsing toepassingsklasse
- F) Verklaring codering

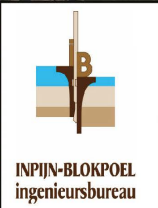
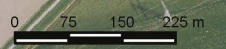
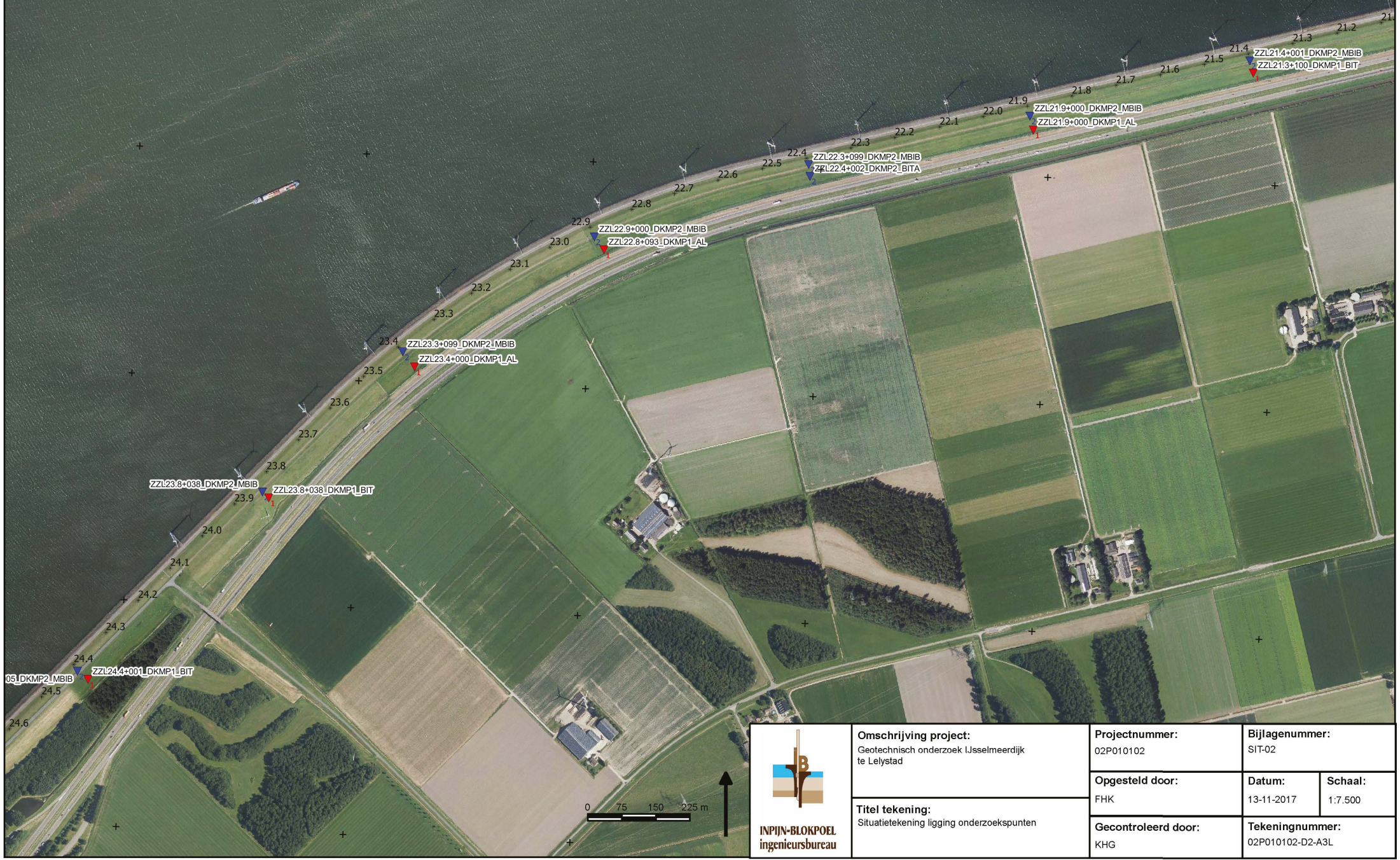
VERZENDLIJST

1 x Waterschap Zuiderzeeland te LELYSTAD t.a.v. David-Jan Smeenge
d.smeenge@zuiderdeeland.nl



Geotechnisch onderzoek

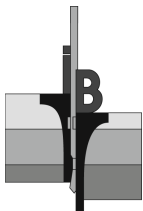
- ▼₁ Sondering klasse 1
- ▼₂ Sondering klasse 2
- * dijkpaal nummer



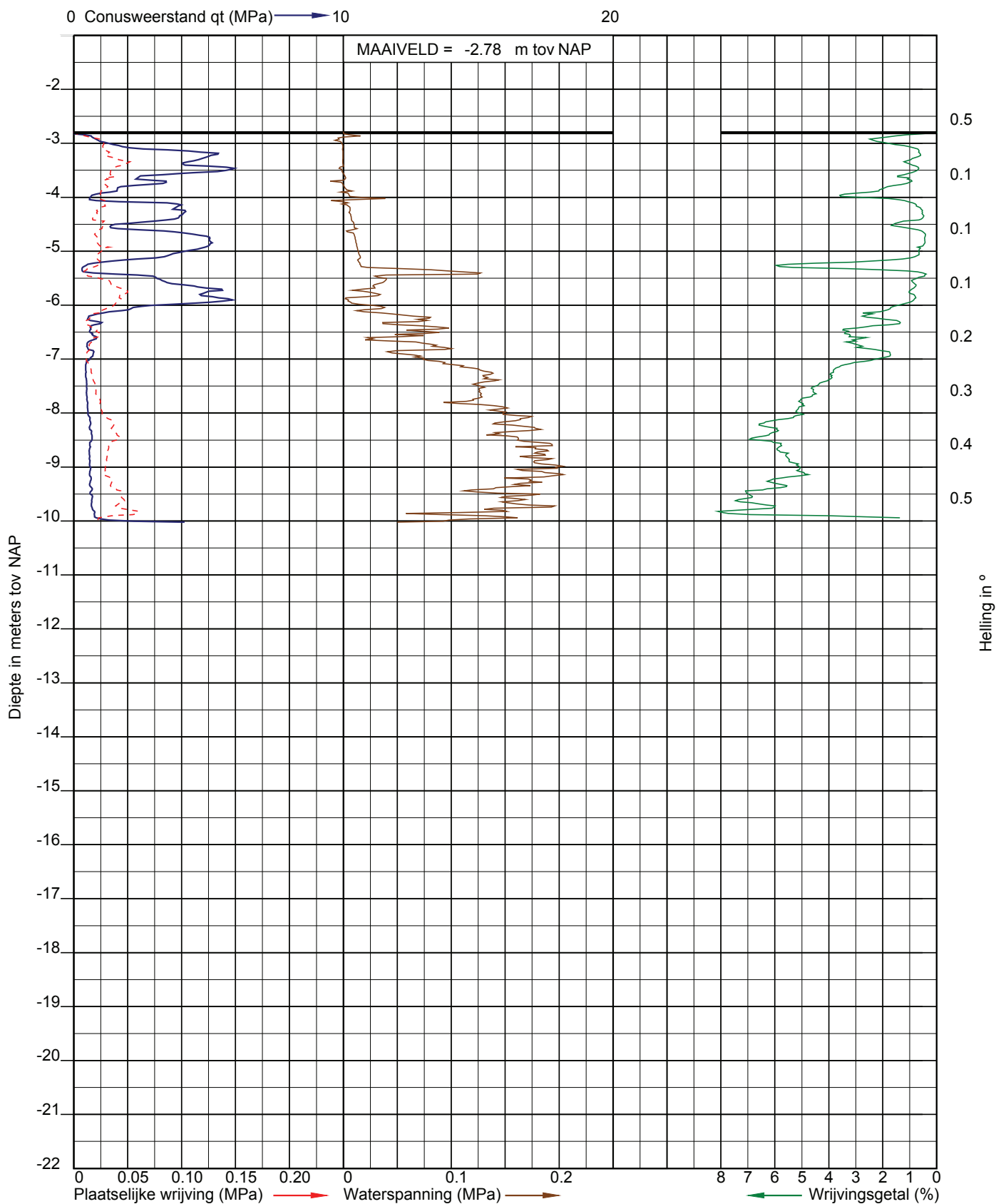
Omschrijving project: Geotechnisch onderzoek IJsselmeerdijk te Lelystad	Projectnummer: 02P010102		Bijlagenummer: SIT-02	
	Opgesteld door: FHK	Datum: 13-11-2017	Schaal: 1:7.500	
Titel tekening: Situatietekening ligging onderzoekspunten	Gecontroleerd door: KHG		Tekeningnummer: 02P010102-D2-A3L	

166000 166500 167000 167500 168000 168500

5105000 5110000 5115000 5120000 5125000



Opdracht: 02P010102
Project: Geotechnisch onderzoek IJsselmeerdijk thv dijkpaal 17.6 t/m 35.1 te Lelystad

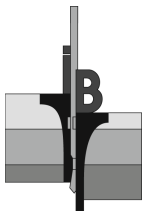


Sondering volgens NEN-EN-ISO 22476-1
Sondeerklasse 1
Conusnummer 001231

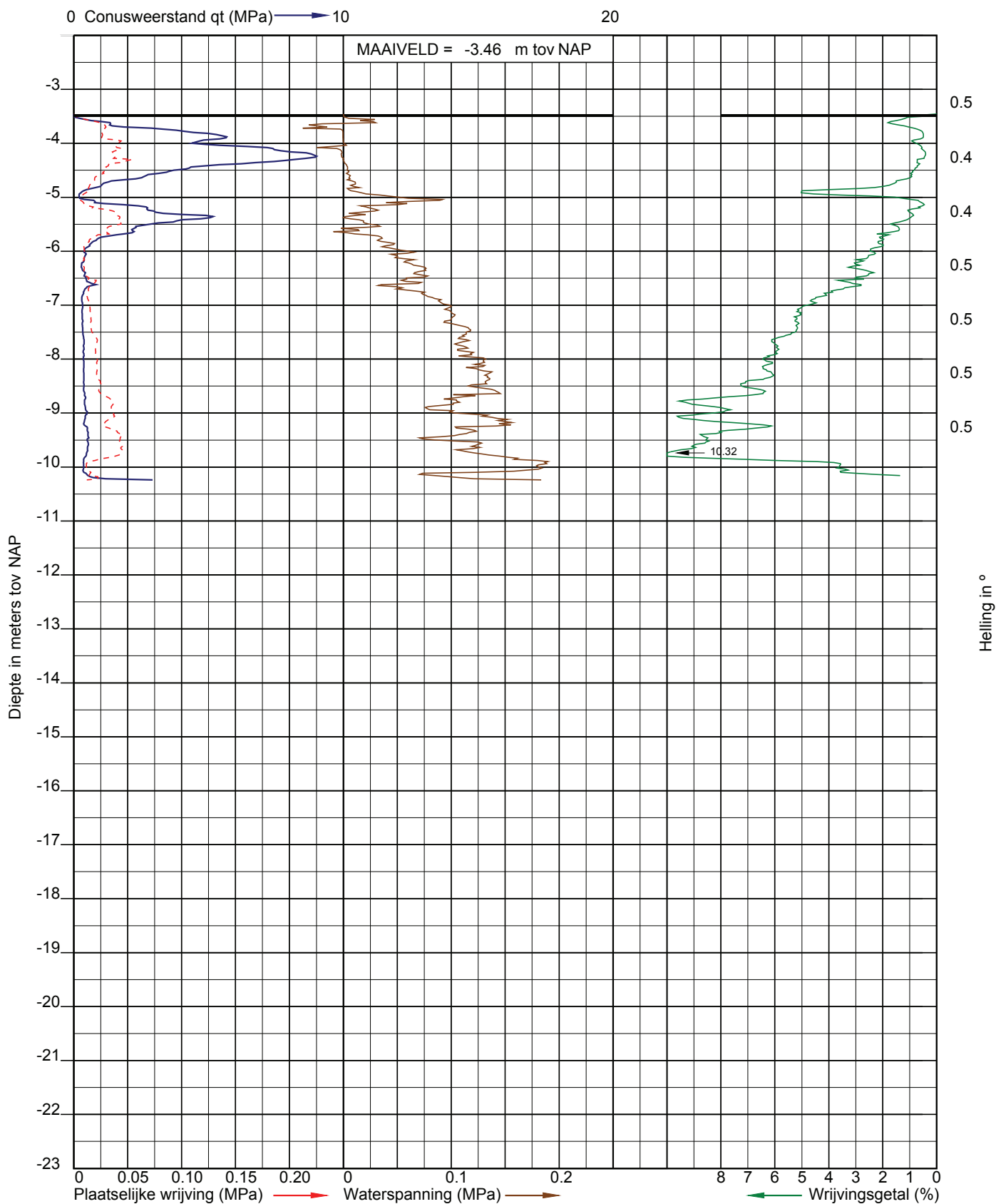
Uitvoerder: EDN
Datum: 4-10-2017
GWS (m-mv): 1.10

X: 168444,269
Y: 512245,727

Sondering: ZZL21.3+100_DKMP1_BIT



Opdracht: 02P010102
Project: Geotechnisch onderzoek IJsselmeerdijk thv dijkpaal 17.6 t/m 35.1 te Lelystad

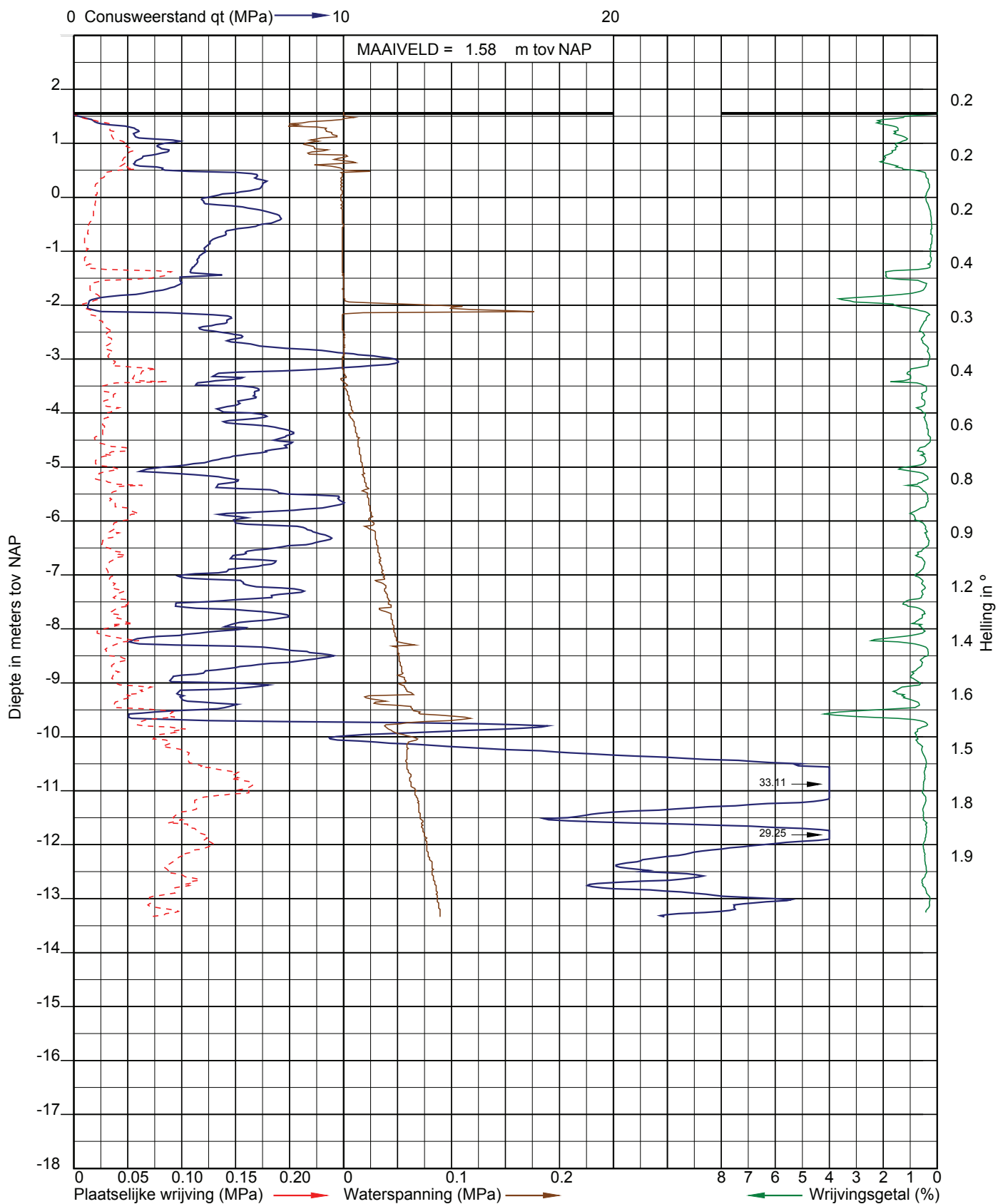
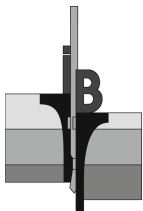


Sondering volgens NEN-EN-ISO 22476-1
Sondeerklasse 1
Conusnummer 001232

Uitvoerder: EDN
Datum: 4-10-2017
GWS (m-mv): 1.10

X: 167964.512
Y: 512103.701

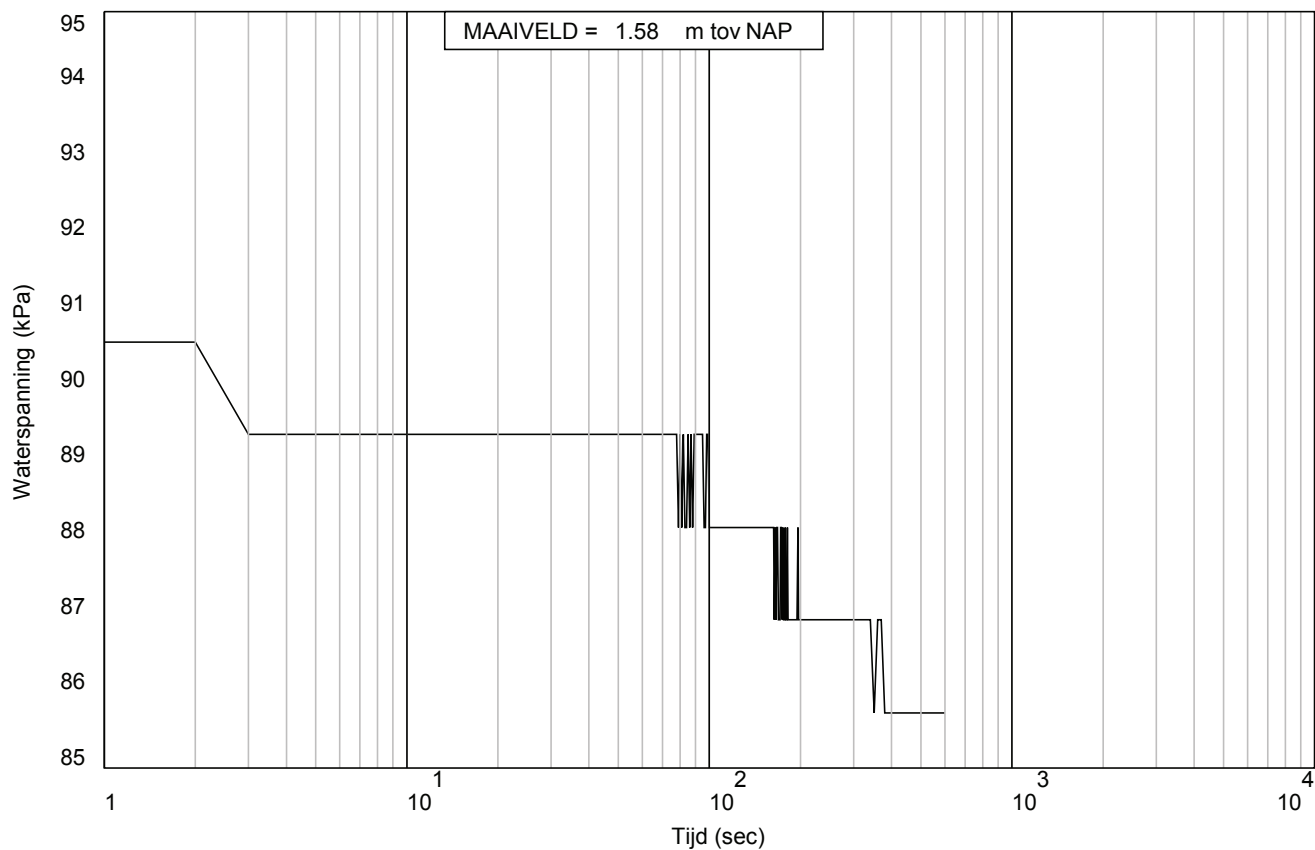
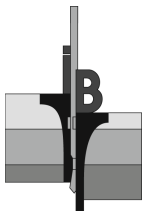
Sondering: ZZL21.9+000_DKMP1_AL

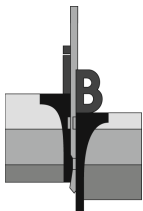


Sondering volgens NEN-EN-ISO 22476-1
Sondeerklasse 2
Conusnummer 060021

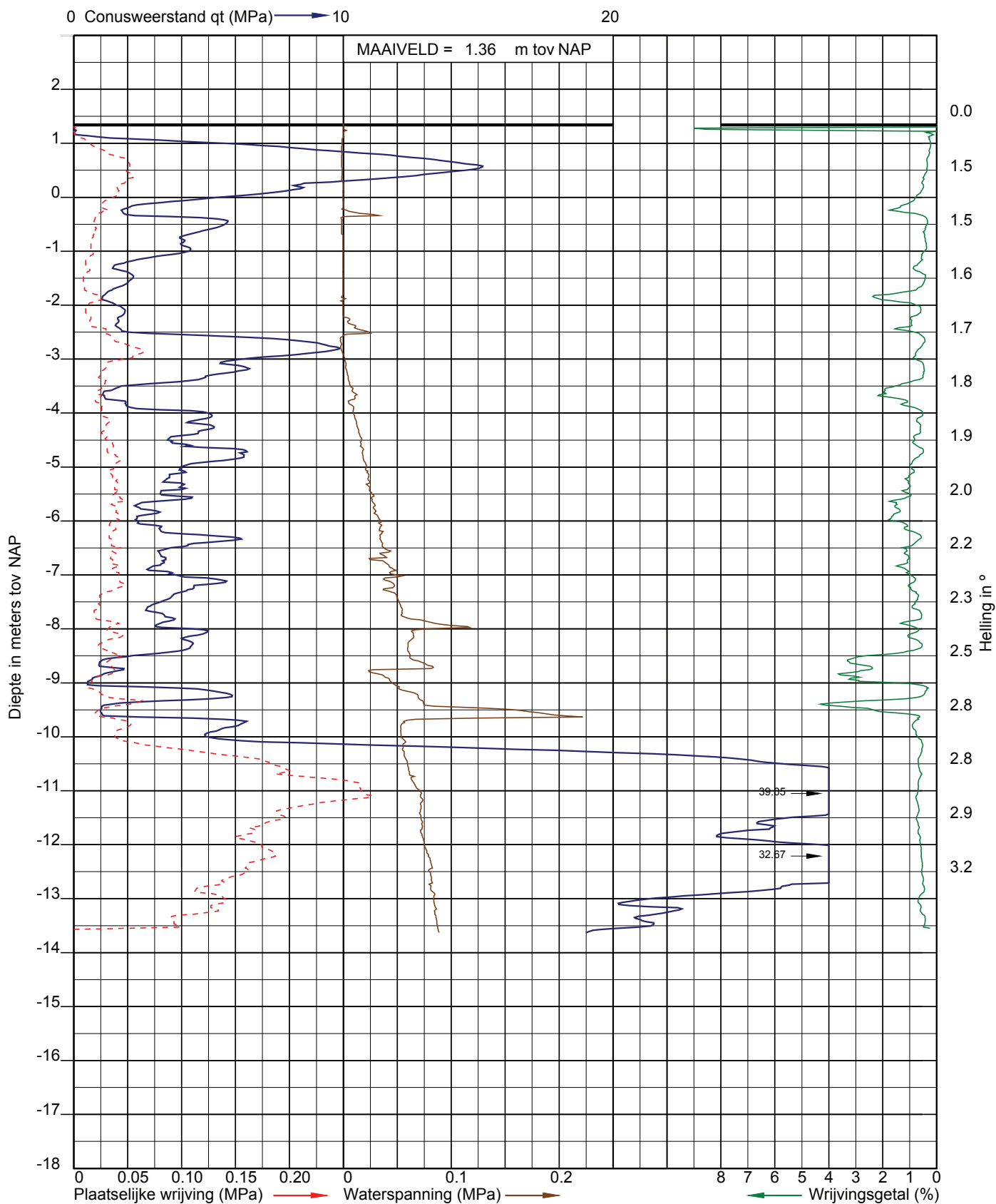
Uitvoerder: EDN
Datum: 10-10-2017
X: 168435,7
Y: 512272,3

Sondering: ZZL21.4+001_DKMP2_MBIB





Opdracht: 02P010102
Project: Geotechnisch onderzoek IJsselmeerdijk thv dijkpaal 17.6 t/m 35.1 te Lelystad

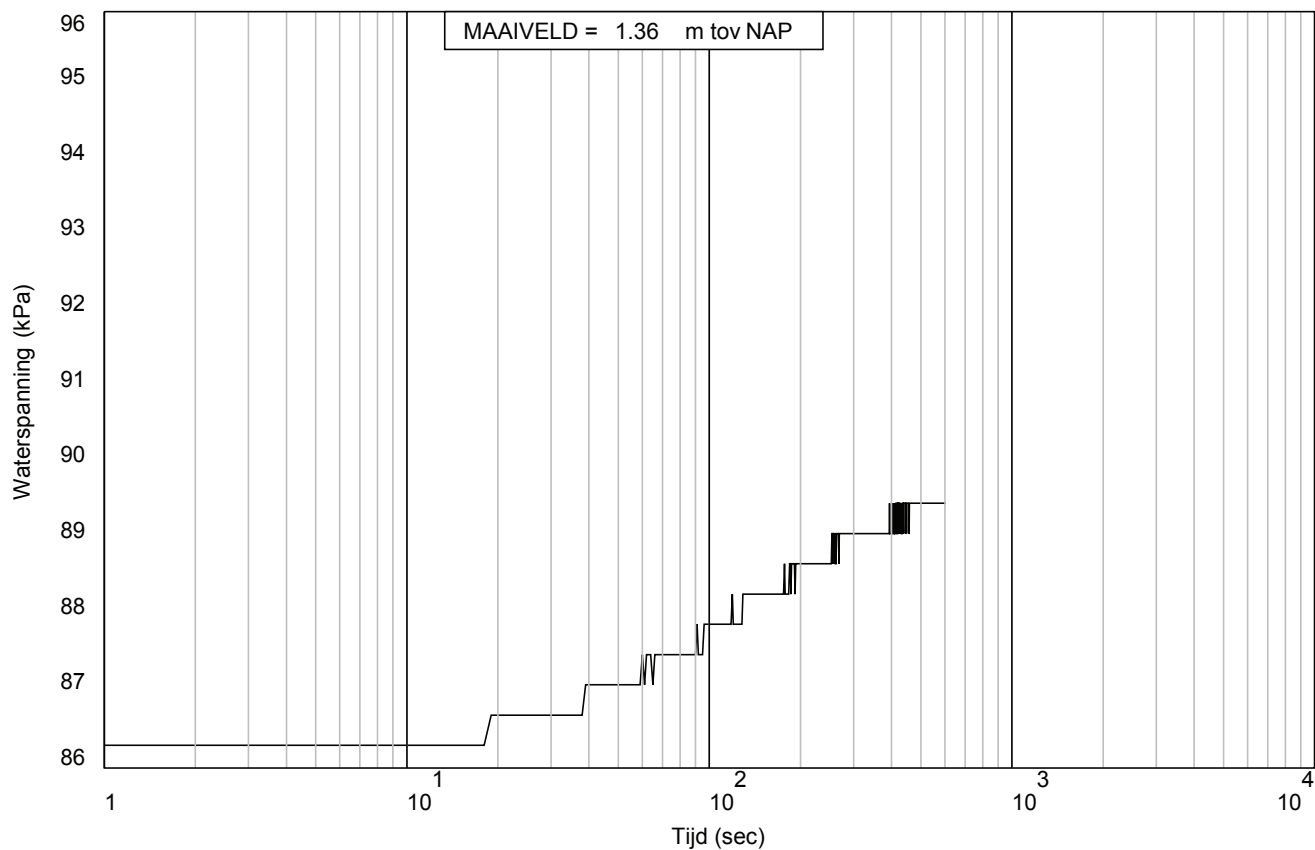
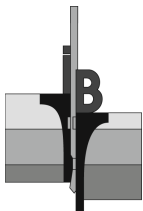


Sondering volgens NEN-EN-ISO 22476-1
Sondeerklasse 2
Conusnummer 60057

Uitvoerder: S29
Datum: 3-10-2017
GWS (m-mv): 4.20

X: 167956,037
Y: 512133,771

Sondering: ZZL21.9+000_DKMP2_MBIB



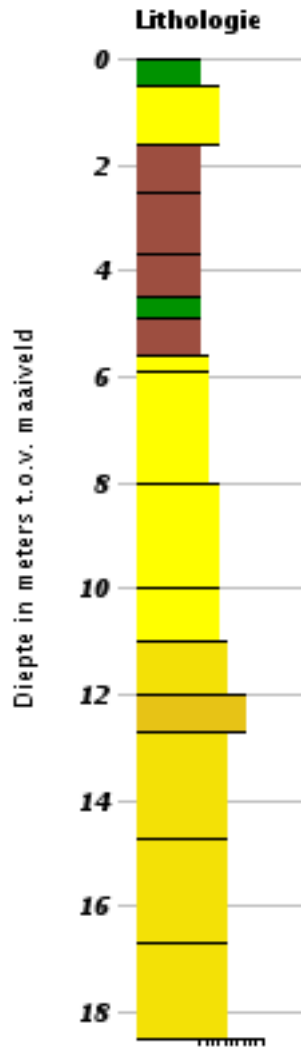
Boormonsterprofiel

Identificatie: B20G0019






Coördinaten: 168109, 511898 (RD)

Maaiveld: -4,10 m t.o.v. NAP

Dieptetraject t.o.v. Maaiveld: 0,00 m - 18,50 m

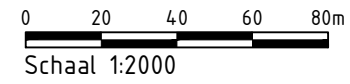
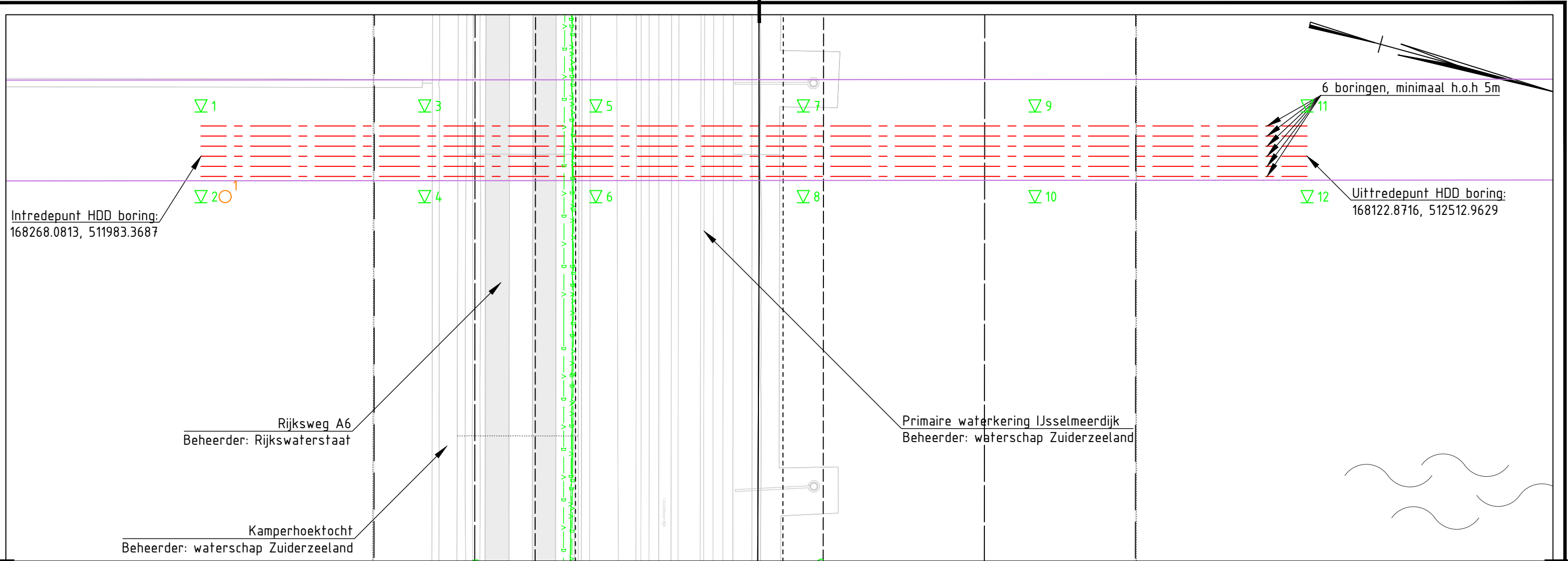


Lithologie

-  Klei
-  Zand fijne categorie
-  Zand midden categorie
-  Zand grove categorie
-  Veen

IV

BIJLAGE: AANVULLEND GRONDONDERZOEK



- ▽1 Sondering met kleef, diepte minstens tot 5m onder boorgang
1 sondering met waterspanningsmeter
- ¹ Boring inclusief peilbuis, bepaling zout/zuurgraad grondwater
inclusief milieutechnisch grondonderzoek

TABEL UIT TE VOEREN SONDERINGEN/BORINGEN

Nummer	X,Y-coördinaat
1	168243.9712, 511976.7580
2	168287.3694, 511988.6574
3	168214.6112, 512083.8367
4	168258.0144, 512095.7180
5	168192.1346, 512165.8111
6	168235.5378, 512177.6924
7	168164.8983, 512265.1448
8	168208.3014, 512277.0262
9	168134.4887, 512376.0514
10	168177.8919, 512387.9327
11	168098.7615, 512506.3522
12	168142.1597, 512518.2515
Boring 1	168284.1962, 512000.2302

Witteveen + Bos

Wijz.	Getekend	Datum	Omschrijving
A			
B			
C			

Opdrachtgever
SwifterwinT B.V.

Project
**Dijkkruising Windplan Blauw
HDD1**

Onderdeel
**HDD boring HDPE 315mm SDR11
Locatie aanvullend grondonderzoek**

Status	Definitief	Getekend	V. Sazonov	
Datum	11-09-2018	Gecontroleerd	B. van der Linde	
		Goedgekeurd	J.A. Zoete	
Schaal	Schaal	Projectcode	Tekeningnummer	Bladnummer
A3	1:2000	108791	9001	1/1