

Aanvraagstukken – 16 Omgevingsvergunning gemeente Moerdijk

Inhoudsopgave

Aanvraagbrief omgevingsvergunning Moerdijk

A Bijlagen algemeen

A.0 Bijlagenoverzicht gemeente Moerdijk

A.1 Mastenlijst gemeente Moerdijk

A.2 Overzichtskaart ZW380kV Oost

A.3 Overzichtskaart ZW380kV Oost Moerdijk

A.4 Detailkaarten werkwegen en werkterreinen

A.5a Detailkaarten aanleg 150kV kabel

A.5b Detailkaarten aanleg 150kV kabel

A.6 Visualisatie Moldaumast en onderbouwing mastkeuze

A.7 Archeologisch onderzoek

A.8 Bodemonderzoek

A.9 Bestemmingsplantoets

B Rapportages en constructieberekeningen masten, fundaties en opstijgpunten

B.1 Lengteprofielen gemeente Moerdijk

B.2 Fundatierapport hoekmast

150 / 380 kV Combimasten en fundaties

B.3 Mastrapport combi-steunmasten

B.4 Mastrapportage combi-wisselmast

- B.5 Mastrapport combi-hoekmasten
- B.6 Mastrapport combi- hoekmasten
- B.7 Mastrapport combi- wisselmast
- B.8 Rapportage fundatie steunmast

380 kV reconstructiemasten

- B.9 Mastrapportage hoekmasten reconstructie
- B.10 Mastrapportage hoekmasten reconstructie
- B.11 Mastrapportage bestaande reconstructiemasten
- B.12 Mastrapportage steunmasten reconstructie
- B.13 Fundatierapportage reconstructiemasten

150kV reconstructiemasten en tijdelijke opstijgpunten

- B.14 Rapport mastverzwaringen tijdelijke OSP
- B.15 Integraal mast- en fundatierapport steunmasten reconstructie

Permanente 150kV Opstijgpunten

- B.16 Mastrapportage hoekmast
- B.17 Mastrapportage hoekmast
- B.18 Ondersteuningsconstructies opstijgpunten 150kV en 380kV
- B.19 Definitief ontwerprapport OSP's reconstructies permanent
- B.20 Fundatierapportage 150 en 380 kV opstijgpunten

Rapportage tijdelijke verbinding en lijnen

- B.21 Rapportage tijdelijke lijn 380kV
- B.22 Routebladen

B.23 Tijdelijke mast TM-68-1 in buisleidingenstraat

B.24 Principe masttekening tijdelijke lijn

B.25 Principe mastfundatie tijdelijke lijn

B.26 Tracé en lengteprofiel tijdelijke lijn

C Constructietekeningen masten, fundaties en opstijgpunten

C.1 Fundatietekening Vierpaals

150 / 380 kV Combimasten

C.2 Mastbeeldtekening steunmast

C.3 Mastbeeldtekening wisselmast

C.4 Mastbeeldtekening steunmast

C.5 Mastbeeldtekening wisselmast

C.6 Mastbeeldtekening hoekmast

C.7 Mastbeeldtekening steunmast

C.8 Mastbeeldtekening steunmast

C.9 Mastbeeldtekening hoekmast

C.10 Mastbeeldtekening steunmast

C.11 Mastbeeldtekening hoekmast

C.12 Mastbeeldtekening wisselmast

C.13 Fundatietekening enkelpaals

C.14 Fundatietekening tweepaals

C.15 Fundatietekening driepaals

380 kV reconstructiemasten

C.16 Mastbeeldtekening steunmast

- C.17 Mastbeeldtekening hoekmast
- C.18 Mastbeeldtekening hoekmast
- C.19 Mastbeeldtekening hoekmast
- C.20 Fundatietekening steunmast
- C.21 Fundatietekening hoekmast

Tijdelijke 150kV reconstructiemasten en opstijgpunten

- C.22 Situatie tekening tijdelijk opstijgpunt inclusief hekwerk

Permanente 150kV Opstijgpunten

- C.23 Mastbeeldtekening hoekmast
- C.24 Staalwerk
- C.25 Situatietekening OSP 1098
- C.26 Opstellingstekening Grondafspanning 150kV
- C.27 Opstellingstekening KES 150kV
- C.28 Voetplaat grondafspanning isolatoren
- C.29 Overzicht fundaties en palen
- C.30 Overzicht fundaties en palen
- C.31 Fundatietekening voetplaat grondafspanning
- C.32 Fundatietekening KES 150kV
- C.33 Situatietekeningen OSP en mast
- C.34 Situatietekening OSP 1114

D Kabelverbinding

- D.1 Vergunningsrapportage kabelkruisingen
- D.2 Vergunningsrapportage kabelkruisingen

D.3 Vergunningsrapportage kabelkruisingen

E Station Zevenbergschenhoek

E.1 Plattegrond

E.2 Situatietekening

E.3 Single line

E.4 Doorsneden velden

E.5 Constructieve uitgangspuntenrapport

E.6 AIM-melding

Aanvullende stukken

Brief actualisatie mastenboek omgevingsvergunning Moerdijk

Reactie TenneT op aanvullende vragen over de kaartbeelden gemeente Moerdijk

Reactie TenneT op algemene aanvullende vragen gemeente Moerdijk
ontvangstbevestiging LNV

A.4 230113_zwo_Moerdijk_Vergunningen_mastenboek

A.4AA_zwo_Moerdijk_Vergunningen_mastenboek

A.10A Toelichting kaartbeelden

C.35A Definitief Ontwerp Tijdelijk

D *Kabelverbinding*

D.1 Vergunningsrapportage kabelkruisingen

Kruising 2 HDD's met A17, Tradeboulevard en Keeneweg – MDK HDD1

Vergunningsrapport Rijkswaterstaat



Verantwoording

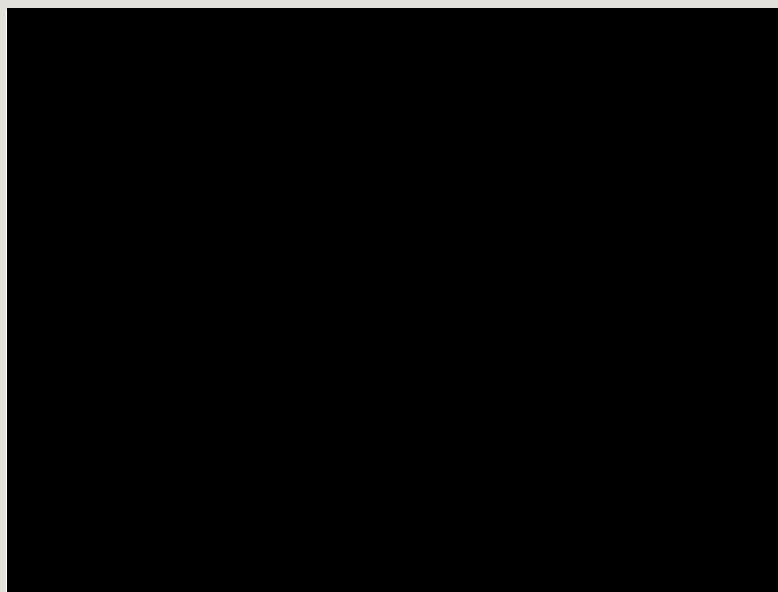
Titel: Kruising 2 HDD's met A17, Tradeboulevard en Keeneweg – MDK HDD1
Onderwerp: Vergunningsrapport Rijkswaterstaat
Projectnummer: 51001237
Klant: TenneT
Referentienummer: NL22-648800269-22930
Versie: D1

Datum: 26-04-2022

Auteurs:
E-mailadres:

Gecontroleerd door:
Paraaf gecontroleerd:

Vrijgegeven door:
Paraaf vrijgegeven:



Inhoudsopgave

1.	Inleiding	5
1.1	Situatie	5
1.2	Leeswijzer	6
2.	Uitgangspunten	7
2.1	Gebruikte documenten	7
2.2	Vigerende normen en richtlijnen	7
2.3	Minimale dagmaat tot bestaande en nieuwe boringen	7
2.4	Horizontale afstand tot overige objecten	8
2.5	Diepteligging	8
2.6	Inwendige overdruk	9
2.7	Grondwaterstand	9
2.8	Belasting- en ondersteuningshoek	10
2.9	Importatiefactor	10
2.10	Geotechnische parameters	10
2.11	Boortechnische gegevens	11
2.12	Verkeersbelasting	11
2.13	Boogstralen	11
3.	Ontwerp	13
3.1	Gegevens HDD	13
3.2	Boorparameters	14
3.3	Intredepunt	14
3.4	Uittredepunt en uitlegstrook	14
4.	Berekeningsresultaten	16
4.1	Trekkrachtberekening	17
4.2	Sterkteberekening bedrijfsfase	17
4.3	Muddrukberekening	17
4.4	Implosie	17
4.5	Kwelweg	18
4.5.1	Zoute ondergrond	18
4.5.2	Kwel uit het eerste watervoerende pakket	18
4.5.3	Kwel tussen de peilgebieden	19
4.5.4	Kwelmaatregelen	20
5.	Risico's en aandachtspunten	21
6.	Conclusie	22
6.1	Algemeen	22
6.2	Uitkomsten ontwerp en berekening	22

Bijlage 1 – Ontwerptekening.....	23
Bijlage 2 – Geotechnisch onderzoek.....	24
Bijlage 3 – Berekening D-Geo Pipeline	25

1. Inleiding

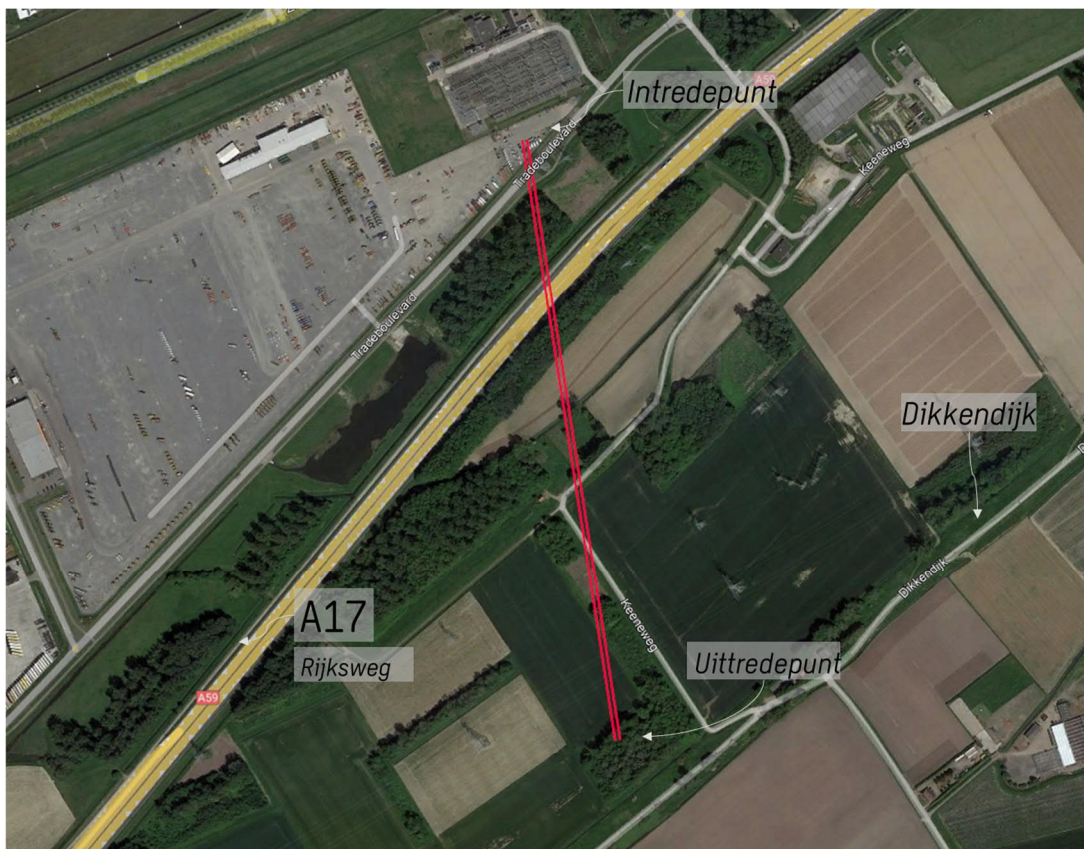
TenneT is voornemens om delen van de bovengrondse 150 kV-verbindingen binnen het projectgebied van Zuid-West 380 kV Oost ondergronds te verkabelen. Het projectgebied loopt vanaf Rilland aan de westzijde tot aan Tilburg aan de oostzijde. Bij het ondergronds brengen van de kabels moeten circa 45 kruisingen sleufloos worden uitgevoerd door middel van horizontaal gestuurde boringen (HDD's) en persingen.

Dit rapport betreft de kruising met de A17 nabij het 150 kV hoogspanningstation Moerdijk. De kruising (met codering MDK HDD1) is vergunningsplichtig bij Rijkswaterstaat. Het ontwerp en de berekeningen zijn uitgevoerd conform NEN 3650:2020, NEN 3651:2020 en Richtlijn Boortechnieken.

1.1 Situatie

Het tracé van de HDD's start ten noorden van de A17 bij het 150kV-hoogspanningstation Moerdijk en eindigt in het bouwland nabij de Dikkendijk (zie Figuur 1). Het tracé bestaat uit twee 150kV-circuits, waardoor twee afzonderlijke parallelle HDD-bundels moeten worden gemaakt. Eén bundel bestaat uit 4 mantelbuizen PE100 Ø315 mm SDR 11. In drie van de mantelbuizen wordt een hoogspanningskabel ingetrokken en één mantelbuis is beschikbaar als reserve.

De twee HDD's liggen naast elkaar, met een dagmaat van 5 meter tussen de boorgaten. De HDD's hebben een lengte van circa 735 m en een maximale diepte van NAP -17 m (hart van de boring). De twee HDD's kruisen van noord naar zuid: een waterleiding, de Tradeboulevard (in beheer van de gemeente), de rijksweg A17, de Keeneweg (in beheer van de gemeente), drie hoofdwaterleidingen van Brabant Water en tenslotte een watergang. Bij het uittredepunt sluiten de kabels aan op een toekomstige mastenroute van TenneT.



Figuur 1 Overzicht situatie MDK HDD1

1.2 Leeswijzer

Hoofdstuk 2 bevat de uitgangspunten, hoofdstuk 3 het ontwerp en de berekeningen, hoofdstuk 4 bevat de berekeningsresultaten, hoofdstuk 5 de risico's en aandachtspunten en hoofdstuk 6 de conclusies. Als bijlagen zijn toegevoegd de ontwerptekening, grondgegevens en de berekeningen.

2. Uitgangspunten

2.1 Gebruikte documenten

Bij het opstellen van de berekeningen is gebruik gemaakt van de volgende documenten:

- Ontwerptekening van MDK HDD1, tekeningnummer MDK-HDD1 versie B, d.d. 11-4-2022 opgesteld door Sweco (bijlage 1);
- Geotechnisch onderzoek uit Dinoloket (bijlage 2);
- Maaiveldhoogten zijn ontleend aan de Algemene Hoogtekaart van Nederland (AHN-3);
- KLIC-levering 22O045506 opgevraagd d.d. 04-04-2022;
- Peilbesluiten waterschap Brabantse Delta, geraadpleegd d.d. 04-04-2022, website:
<https://wsbd.maps.arcgis.com/apps/webappviewer/index.html?id=d6037ee85e784521be739b8ae5b38f7d>;
- Wegbeheerders, opgevraagd d.d. 24-03-2022, website:
<https://www.rijkswaterstaat.nl/kaarten/wegbeheerders>.

2.2 Vigerende normen en richtlijnen

Het ontwerp van de boring voldoet aan:

- NEN 3650:2020;
- NEN 3651:2020;
- Keur en leggers van waterschap Brabantse Delta;
- Richtlijn boortechnieken juni 2019 v1.0 van Rijkswaterstaat;
- VELIN Richtlijn nr. 2017/6 Versie september 2019;
- Handboek Horizontaal Gestuurd Boren (BTL-rapport 50);

2.3 Minimale dagmaat tot bestaande en nieuwe boringen

- NEN 3650-1: 2020, bijlage F.4.3 stelt: De afstand (dagmaat) tussen een parallelleiding of -boring moet minimaal 5 m bedragen, tenzij wordt aangetoond dat een kleinere afstand toelaatbaar is.

- De minimale dagmaat tot bestaande en nieuwe boringen conform de Richtlijn Boortechnieken is:
 - o De minimale dagmaat bij een kruising met een bestaande HDD-boring is 5,0 meter, onafhankelijk van de grondslag;
 - o De minimale dagmaat in zandgrond bij parallelligging tot een bestaande HDD-boring is 5,0 meter;
 - o De minimale dagmaat in klei-/veengrond bij parallelligging tot een bestaande HDD-boring is 10,0 meter;
 - o Bij gelijktijdige uitvoering van meerdere HDD-boringen is het risico op schade minder groot omdat de ligging onderling beter bekend is en omdat kabels en leidingen nog niet in bedrijf zijn. In deze situatie kan de onderlinge dagmaat verkleind worden, zodanig dat stuurcorrecties onbelemmerd kunnen plaatsvinden. De vergunningaanvrager dient een afwijkende dagmaat te onderbouwen, waarbij aantoonbaar wordt gemaakt dat er geen risico ontstaat voor het rijkswaterstaatswerk.

De Richtlijn is specifiekier dan de NEN 3650, voor het ontwerp houden we daarom de Richtlijn Boortechnieken aan. De eerste 16 m -mv bestaat uit zand-, klei- en veenlagen, maar omdat de HDD's voor circa driekwart in de pleistocene zandlaag liggen is een dagmaat van 5 m als uitgangswaarde genomen. De HDD's zullen daarnaast met een gyroscoop geboord worden, zodat de afwijkingen minimaal zijn.

2.4 Horizontale afstand tot overige objecten

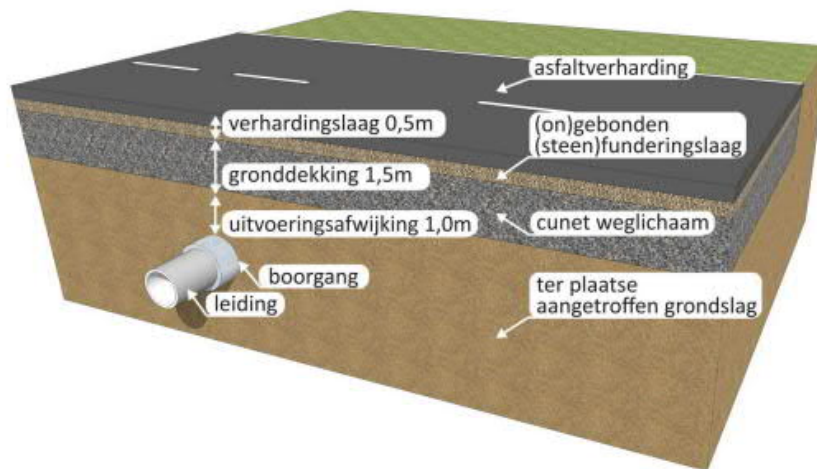
In het ontwerp zijn de volgende afstanden gehanteerd:

- Voor de minimale afstand van de HDD's tot de funderingen van hoogspanningsmasten van TenneT langs het tracé is een dagmaat van 5 meter gehanteerd. De funderingswijze van de dichtstbijzijnde mast 201-MKD-RSD-150kV is bekend: de funderingspalen hebben een lengte van 17 m respectievelijk en een schoorstand van 4,06:1.
 - o De dagmaat afstand op het maaiveld tussen de boring en de teen van mast 201-MKD-RSD-150kV bedraagt 13,05 m. De HDD's liggen hier op een diepte van 8,70 m-mv. Rekening houdend met een schoring van 4:1 hebben de HDD's op dit niveau een dagmaat van 10,88 m ten opzichte van de paalfundering. Dit voldoet aan de eisen.

2.5 Diepteligging

De diepteligging dient aan de volgende eisen te voldoen:

- De HDD's dienen een minimale gronddekking te hebben ter plaatse van de verharding van minimaal 1,5 meter (in cohesieve grond) (Richtlijn Boortechnieken v1.0 juni 2019, NEN3650-1 par. F4.2 en NEN 3651 par. 8.1.5)
 - o Bij zowel de Tradeboulevard als de Rijksweg liggen de HDD's op 17 m -mv. Dit voldoet aan de eisen.



- Voor de tussenafstand met (kruisende) kabels en leidingen is conform VELIN Richtlijn nr. 2017/6 Versie september 2019 minimaal een dagmaat van 5 m aangehouden. De HDD's kruisen in het bijzonder:
 - o een gasleiding hoge druk van Enexis in het kabel en leidingenbed langs de Tradboulevard;
 - o een buisleiding van Petrochemical voor het transport van gevaarlijke stoffen;
 - o drie hoofdwaterleidingen van Brabant Water staal Ø813 mm, beton Ø1260 mm en staal Ø1219 mm.

2.6 Inwendige overdruk

Het betreft mantelbuizen. Er is dus niet gerekend met inwendige overdruk.

2.7 Grondwaterstand

De HDD's kruisen drie peilgebieden. Het intredepunt bevindt zich in peilgebied Keensche Gorzen NRD (W-Y13). De HDD's kruisen vervolgens het peilgebied Keensche Gorzen (W-Y11) en het uittredepunt bevindt zich in peilgebied Oost Slikpolder (W-Y12). We gaan uit van een gemiddelde grondwaterstand van NAP -0,9 m.

Tabel 2-1 Peilbesluiten waterschap Brabantse Delta

Peilgebied	Zomerpeil (m NAP)	Winterpeil (m NAP)
Keensche Gorzen NRD (W-Y13)	- 0,7	- 0,7
Keensche Gorzen (W-Y11)	- 0,7	- 0,9
Oost Slikpolder (W-Y12)	- 0,9	- 1,2

2.8 Belasting- en ondersteuningshoek

Conform NEN3650-1:2020 paragraaf C.4.1.3 bedraagt voor een HDD de:

- belastingfactor voor trekkracht : 1,8;
- belastinghoek : 30°;
- ondersteuningshoek : 30°.

2.9 Importantiefactor

Voor de HDD is conform paragraaf 6.5 van NEN 3651 een importantiefactor van 1,0 gehanteerd.

2.10 Geotechnische parameters

De gebruikte geotechnische gegevens en parameters zijn gebaseerd op grondonderzoek uit Dinoloket en uit de Sweco-database met historisch grondonderzoek. De ID-nummers, dieptes en de afstanden tot het boortracé van de gebruikte boringen en sonderingen staan in Tabel 2-1. De volledige boringen en sonderingen staan in bijlage 2 van deze rapportage. Op basis van dit grondonderzoek heeft Sweco een maatgevend bodemprofiel langs het geplande boortracé opgesteld. Dit bodemprofiel is gecontroleerd met behulp van het 3-D ondergrondmodel GeoTOP. Dit is een model van de grondlagen in de Nederlandse ondiepe ondergrond, opgesteld door de Geologische Dienst Nederland, onderdeel van TNO.

Tabel 2-1 Overzicht van het gebruikte grondonderzoek.

ID-nummer	Type	Diepte [NAP m]	Afstand tot boortrace [m]
B43H1076	Boring	-5	480
B43H1078	Boring	-4	220
B43H1081	Boring	-5	60
B43H1156	Boring	-5	240
B43H1157	Boring	-4	190
B43H1158	Boring	-6	30
B43H1147	Boring	-5	240
CPT11242	Sondering	-18	200
48A.S01	Sondering	-34	350
48A.S02	Sondering	-34	350
48A.S03	Sondering	-38	350
48A.S04	Sondering	-37	350
48A.S05	Sondering	-19	280
48A.S06	Sondering	-19	140
S43H0045	Sondering	-24	200

Uit het grondonderzoek blijkt dat de bovenkant van de vaste zandlaag zich bevindt op circa NAP -14,0 m van het geplande boortracé. Boven de zandlaag bestaat de grond uit klei- en zandige kleilagen, zoals geobserveerd in de sonderingen en boringen. De boringen langs het geplande boortracé gaan niet dieper dan NAP -5 m. Daarnaast zijn alleen aan de noordelijke en zuidelijke uiteindes van het geplande boortracé sonderingen gevonden. Deze sonderingen laten zien dat de dieptes van de gevonden grondlagen enigszins variëren. Het verloop in diepte van deze grondlagen langs het geplande boortracé kan dus met het beschikbare grondonderzoek niet met zekerheid vastgesteld worden. Hieruit concluderen we dat aanvullend grondonderzoek noodzakelijk is om een grondprofiel met grotere nauwkeurigheid vast te stellen.

Tabel 2-2 laat de in de berekeningen aangehouden grondparameters voor de in het grondonderzoek herkende grondlagen langs de zuidkant van het profiel zien. Tabel 2-3 laat de in de berekeningen aangehouden grondparameters voor de in het grondonderzoek herkende grondlagen langs de noordkant van het profiel zien.

Tabel 2-4 Grondparameters gebruikt in de berekening langs de noordzijde van het profiel gebaseerd op S43H0045 en CPT11242 en boringen B43H1157, B43H1158, B43H1147.

Niveau bovenkant [m t.o.v. NAP]	Niveau onderkant [m t.o.v. NAP]	Lithologie	γ_d [kN/m ³]	γ_n [kN/m ³]	c' [kPa]	ϕ' [°]	Su top/bottom [kN/m ²]	E [kN/m ²]
1,6	-3,0	Klei; sterk zandig	18	20	2,0	27,5	120,0	5000
-3,0	-5,0	Klei; zwak zandig; matig	17	17	5,0	22,5	100,0	3000
-5,0	-12,8	Zand; kleiig; los	18	20	0,0	25,0	0,0	10000
-12,8	-14,6	Klei; matig	18	18	5,0	22,5	60,0	3000
-14,6	-30,0	Zand; schoon; vast	19	21	0,0	35,0	0,0	75000

2.11 Boortechnische gegevens

De boortechnische parameters voor het ontwerp en de muddrukberoeeningen zijn betrokken uit het Handboek Horizontaal Gestuurd Boren (BTL-rapport 50), NEN 3650:2020 en NEN 3651:2020. De voor de berekeningen gehanteerde waarden zijn terug te vinden in de invoer van de muddrukberoeeningen in bijlage 3.

2.12 Verkeersbelasting

Ter plaatse van de kruising met de rijksweg A17 is verkeersklasse I gehanteerd conform figuur C17 uit NEN3650-1:2020, voor de overige wegen is verkeersklasse II gehanteerd.

2.13 Boogstralen

Het beleid van TenneT is dat HDD's met een gyroscoop geboord worden. De minimaal mogelijke boogstraal van een gyroscoop bedraagt volgens leverancier Brownline 180 m.

In dit ontwerp is sprake van een verticale bocht met een boogstraal van 250 m. De boogstraal voldoet hiermee aan de minimaal vereiste straal van 180 m voor de gyroscoop.

Met de toepassing van een gyroscoop kan tijdens de pilotboring worden bijgestuurd om afwijkingen te compenseren. Het boren met gyroscoop zorgt er daarom voor dat de afwijkingstolerantie bij de uitvoering van de HDD's binnen de afwijkingstolerantie blijven zoals benoemd in tabel 2.1 uit de Richtlijn Boortechnieken.

Tabel 2-2 afwijkingstoleranties HDD

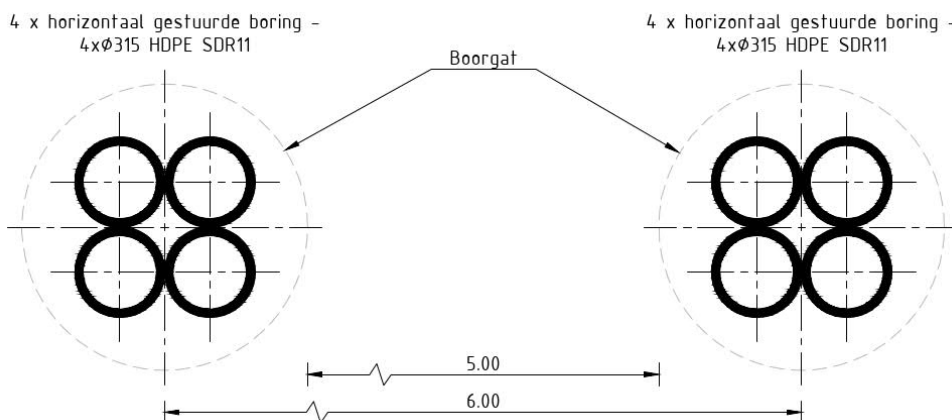
RICHTING	MAXIMALE UITVOERINGS-AFWIJKING
Verticaal*	+1/-1 m
Horizontaal:	
- in lengterichting; t.p.v. uittredepunt	+5/-2 m
- in dwarsrichting; t.p.v. uittredepunt	+1/-1 m
- in dwarsrichting; tracé tussen in- en uittredepunt	+5/-5 m
Bochtstralen	< 10%

3. Ontwerp

3.1 Gegevens HDD

Het ontwerp van de twee HDD's heeft de volgende kenmerkende parameters:

- materiaal: 4x PE100 Ø315 mm SDR 11;
- lengte: 735 m;
- maximale diepte hart buis: NAP -17 m;
- intredehoek: 18°;
- uittredehoek: 18°;
- verticale boogstralen: 250 m;
- horizontale boogstralen: n.v.t.



Figuur 2 Doorsnede van de 2 HDD's

Aan de hand van NEN 3650 en NEN 3651 en de Richtlijn Boortechneik is een ontwerp gemaakt voor de HDD's. De voornaamste randvoorwaarden voor het ontwerp zijn:

- De HDD dient een zodanig tracé te volgen dat er voldoende dekking aanwezig is in het gehele tracé om een blow-out te voorkomen.
- De kruising van een HDD-boring met de rijksweg dient in principe loodrecht op de lengterichting van de rijksweg uitgevoerd te worden. Deze boring is niet loodrecht en hiervoor dient toestemming te worden verkregen van Rijkswaterstaat.
- De sterkte van de leiding dient zodanig te zijn dat deze intact blijft gedurende de aanleg en in de bedrijfsfase.

3.2 Boorparameters

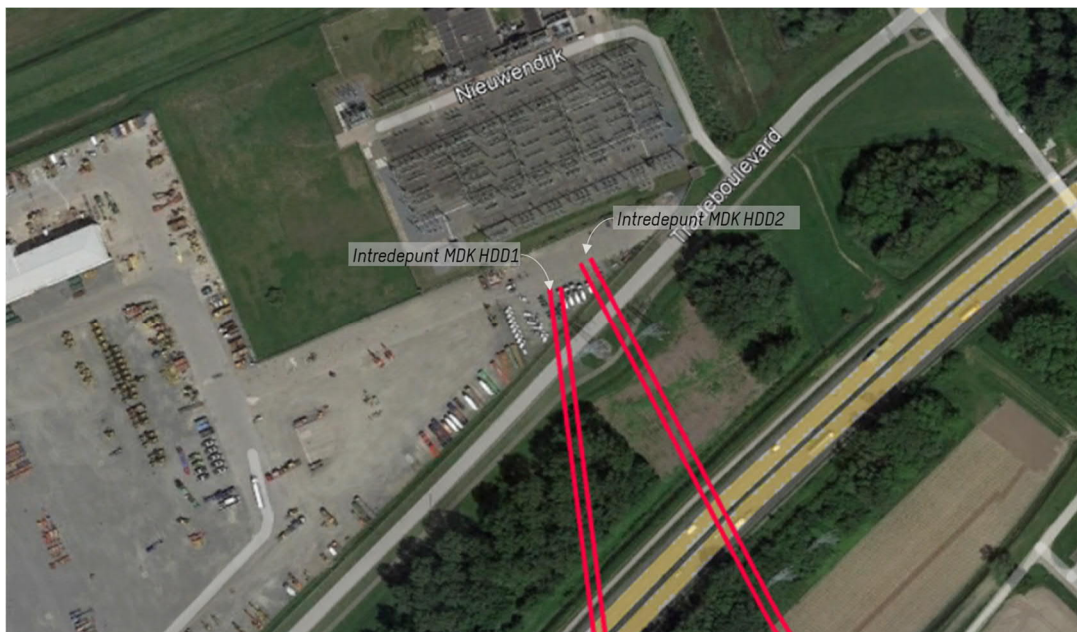
Bij de berekeningen zijn de volgende boorparameters aangehouden:

- boorinstallatie : max-rig 100 ton;
- diameter boorstang : 0,17 m;
- volumegewicht bentoniet : 11,5 kN/m³;
- diameter pilothole : Ø300 mm;
- ruimgat : Ø700 mm;
- boorgat : Ø1000 mm.

3.3 Intredepunt

Het intredepunt ligt aan de noordzijde van het tracé bij het 150 kV hoogspanningsstation Moerdijk (zie figuur 3). Dit intredepunt is een gecombineerd intredepunt voor MDK HDD1 en MDK HDD2. Het werkterrein van de HDD's ligt deels onder de bovengrondse hoogspanningslijnen die het station binnen komen.

De intredepunten liggen op privéterrein. De intredepunten zijn bereikbaar via een tijdelijke inrit vanaf de Tradeboulevard.



Figuur 3 Intredepunt MDK HDD1

3.4 Uittredepunt en uitlegstrook

Het uittredepunt ligt in een terrein waar nu bosschage staat aan de zuidzijde van het boortracé (zie figuur 4). TenneT zal voorafgaand aan de werkzaamheden deze bosschage verwijderen.

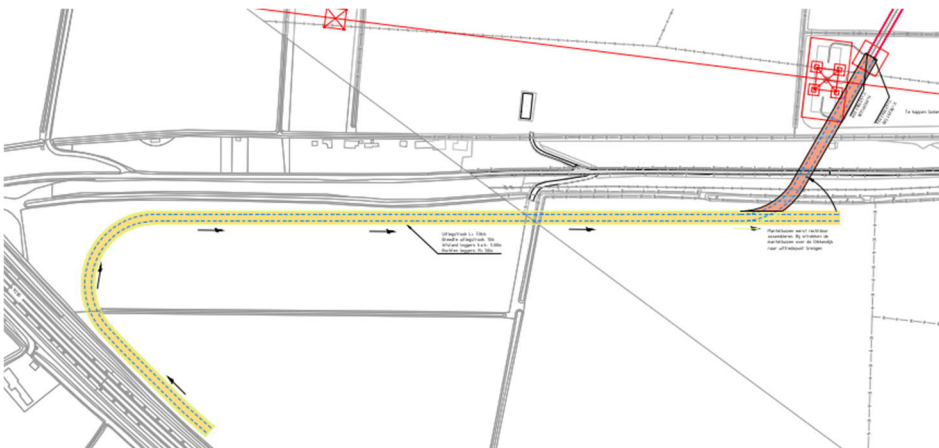
Bij het uittredepunt zal TenneT, na aanleg van de HDD's, een nieuwe mast bouwen.

De locatie is bereikbaar via de Dikkendijk.

De uitlegstrook loopt langs de Dikkendijk. De buizen worden ten zuiden van de Dikkendijk geassembleerd. Op de dag van intrekken worden de buizen over de weg heen geleid en is deze tijdelijk afgesloten. Er moet bij het intrekken van de mantelbuizen rekening worden gehouden met bomen en bosschages langs de Dikkendijk (zie figuur 5). Uitgangspunt is om de bomen en bosschages zoveel als mogelijk te handhaven. Bij het uittredepunt en de uitlegstrook dient de aannemer rekening te houden met het werken onder en nabij hoogspanningsmasten.



Figuur 4 *Uittredepunt MDK HDD1*



Figuur 5 *Uitlegstrook MDK HDD1*

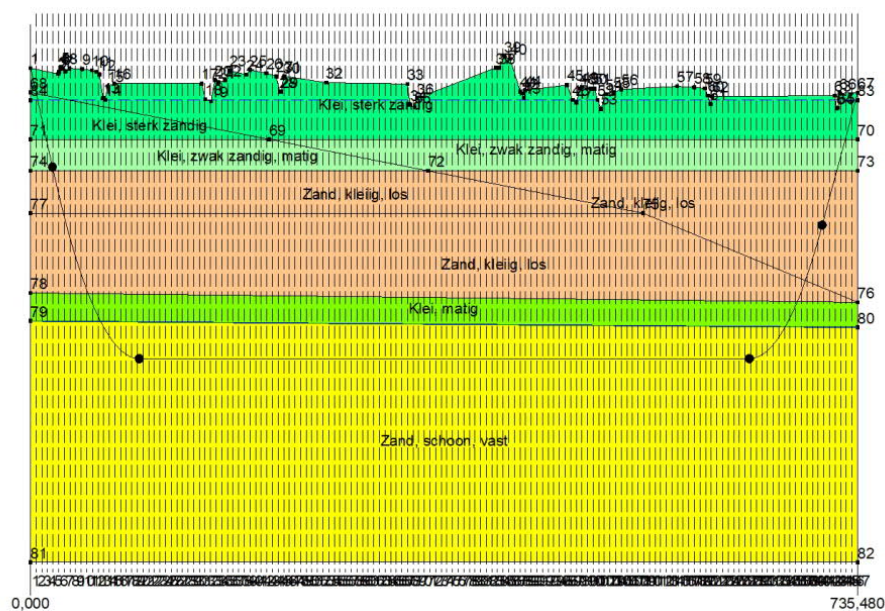
4. Berekeningsresultaten

De volgende berekeningen zijn voor de horizontaal gestuurde boring uitgevoerd:

- een trekkrachtberekening;
- een sterkteberekening voor de bedrijfsfase;
- een muddrukberekening;
- een implosieberekening;
- een kwelwegbeschouwing.

Er is één berekening, dus maar één profiel, opgesteld voor beide HDD's. Uitgangspunt is dat de verschillen tussen de profielen van de twee HDD's verwaarloosbaar klein zijn.

De berekeningen zijn uitgevoerd met het rekenprogramma D-Geo Pipeline versie 20.1 en zijn toegevoegd als bijlage 3. In dit hoofdstuk zijn de resultaten van de berekeningen weergegeven.



Figuur 6 D-Geo Pipeline-model van HDD's

4.1 Trekkkrachtberekening

De berekende maximale trekkracht bedraagt $511 \cdot 1,8 = 920$ kN bij niet-gevulde leidingen. Dit leidt tot een maximale spanning tijdens de intrekfase van $9,46$ N/mm² aan het einde van de intrekoperatie. Toelaatbaar is 10 N/mm².

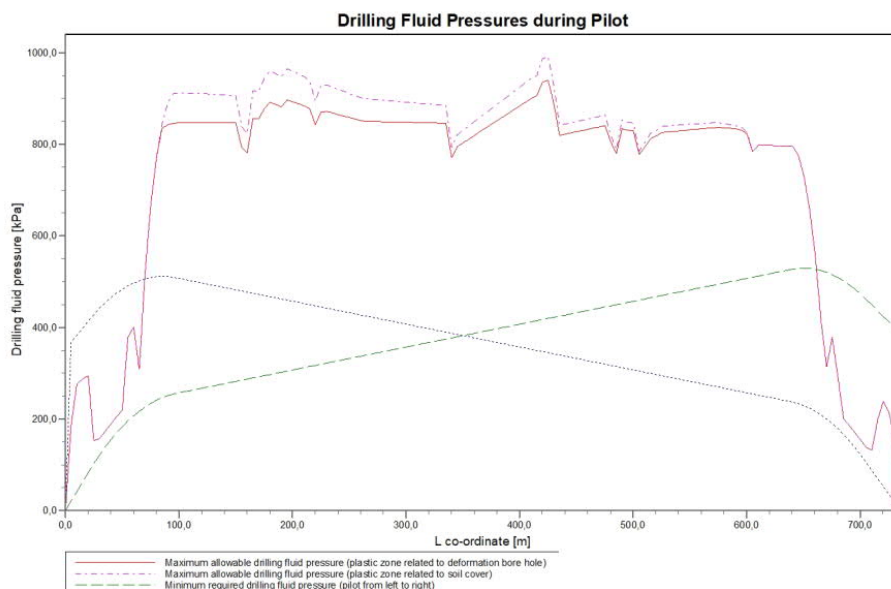
4.2 Sterkteberekening bedrijfsfase

Voor de mantelbuizen is een sterkteberekening in de bedrijfsfase gemaakt. Hieruit volgt een maximaal optredende spanning van $5,15$ N/mm². Toelaatbaar is 8 N/mm² waarbij is uitgegaan van PE100 SDR 11.

Uit de sterkteberekening blijkt dat een deflectie van $10,4$ mm ($2,42\% \times D_0$) optreedt. Toelaatbaar is een maximale deflectie van $15,80$ mm (5%).

4.3 Muddrukberekening

Bij de geplande diepteligging van de HDD's bestaat tijdens de pilotboring, getuige de berekeningsresultaten, de kans op muduitbraak in de laatste 70 m van het tracé. Geadviseerd wordt bij nadering van het uittredepunt, bij met name de voor muduitbraak maatgevende pilotboring, de druk op de boorspoeling te verminderen. Bij het ruimen en de intrekoperatie wordt geen blow-out berekend.



Figuur 7 Muddrukberekening tijdens pilot fase

4.4 Implosie

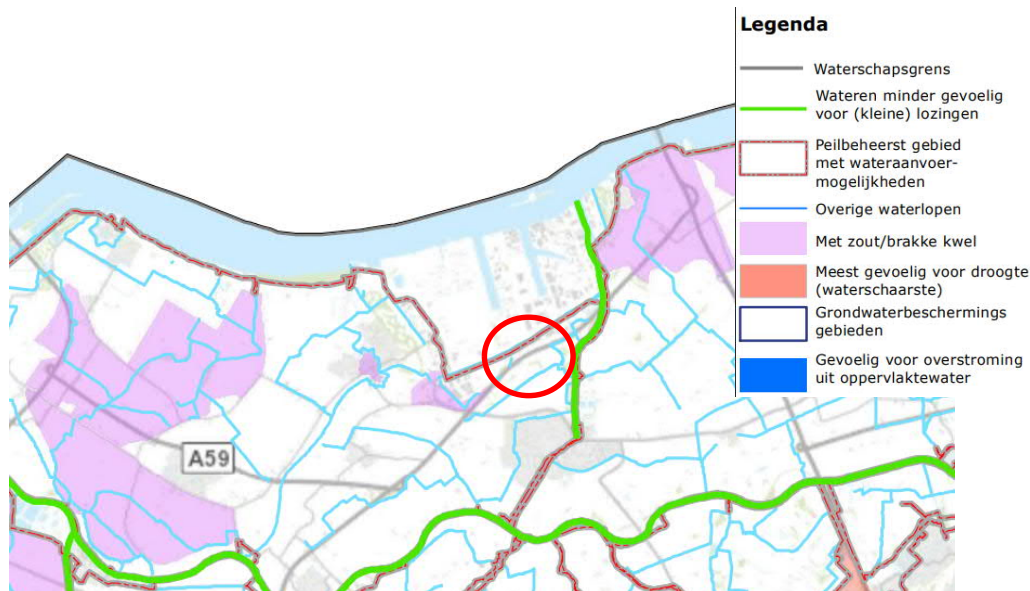
Zowel tijdens de intrekoperatie als de bedrijfstoestand blijkt uit de berekeningen dat geen implosie optreedt. De berekende alzijdige overdruk op lege leiding bedraagt circa 165 kN/m², terwijl 280 kN/m² toelaatbaar is.

4.5 Kwelweg

Langs een HDD kan op twee wijzen kwel ontstaan. Ten eerste kan kwel ontstaan indien sprake is van overspannen water in de diepere grondlagen. In dat geval is de stijghoogte in het diepere watervoerende pakket hoger dan de freatische waterstand. Ten tweede kan kwel ontstaan indien een HDD twee verschillende peilgebieden verbindt. Hierdoor kan een kortsluitstroom langs de HDD ontstaan. In onderstaande paragraaf zijn beide situaties beschouwd.

4.5.1 Zoute ondergrond

Waterschap Brabantse Delta heeft in het waterbeheerplan een kaart gemaakt van de risicogebieden (droogte, zoute/brakke kwel, overstroming, etc.) (zie figuur 8). Het gebied waar MDK HDD1 wordt aangelegd (rode cirkel) ligt tussen twee risicogebieden voor zoute/brakke kwel, maar de locatie betreft zelf geen risicogebied. Op basis van deze kaart valt geen zoute/brakke kwel te verwachten bij de HDD's.



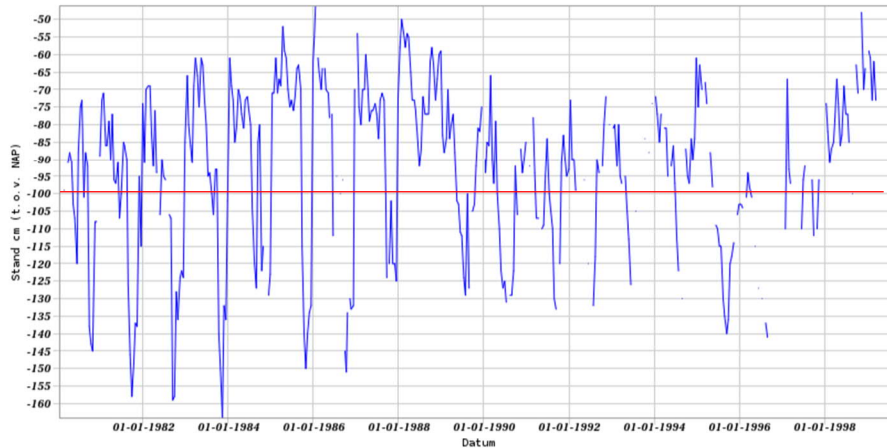
Figuur 8 Risicogebieden waterschap Brabantse Delta

4.5.2 Kwel uit het eerste watervoerende pakket

We hebben de meetgegevens uit DINOloket van peilbuis B44C0221 hieronder weergegeven. Deze peilbuis ligt op circa 1 km afstand van het boortracé. Te zien is dat de freatische grondwaterstand B44C0221-001 in periodes een aantal centimeter lager ligt dan de grondwaterstand in het eerste watervoerende pakket B44C0221-003. De bovenliggende kleilagen sluiten het eerste watervoerende pakket af. Doordat de HDD's de afsluitende kleilagen doorkruisen bestaat het risico dat langs de boorgang van de HDD's kwel uit de diepere grondlagen ontstaat. Het is daarom noodzakelijk om kwelmaatregelen te nemen.

Grondwaterstanden

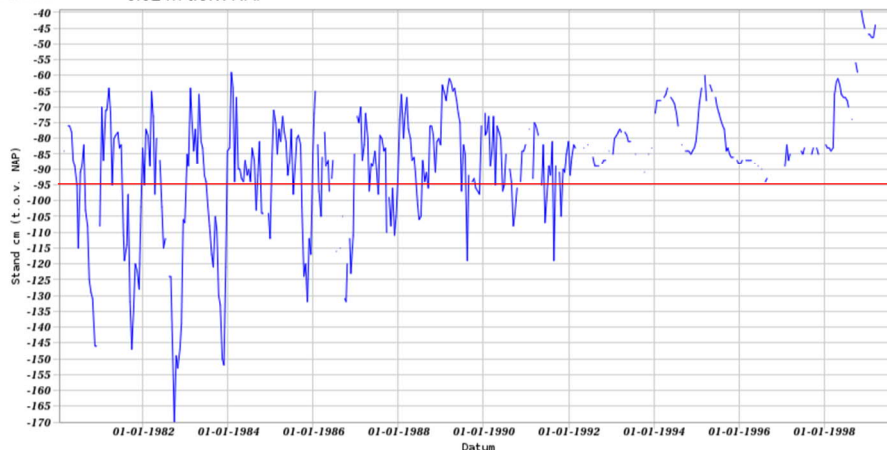
Identificatie: B44C0221
 Identificatie buis: B44C0221-001
 Coördinaten: 101680, 408330 (RD)
 Maaiveld: -0.02 m t.o.v. NAP



Figuur 9 *Freatische grondwaterstand B44C0221-001 uit Dinoloket, filter tussen NAP -4,07 m en -5,07 m*

Grondwaterstanden

Identificatie: B44C0221
 Identificatie buis: B44C0221-003
 Coördinaten: 101680, 408330 (RD)
 Maaiveld: -0.02 m t.o.v. NAP



Figuur 10 *Grondwaterstand in het eerste watervoerende pakket, B44C0221-003 uit Dinoloket, filter op NAP -17,72 m tot -18,72 m*

4.5.3 Kwel tussen de peilgebieden

Uit de peilbesluitenkaart van waterschap Brabantse Delta blijkt dat het intredepunt en het uittredepunt niet tot dezelfde peilgebieden behoren.

Het intredepunt bevindt zich in peilgebied Keensche Gorzen NRD (W-Y13). De HDD's kruisen vervolgens het peilgebied Keensche Gorzen (W-Y11) en het uittredepunt bevindt zich in peilgebied Oost Slikpolder (W-Y12).

Gezien de waterstandsverschillen tussen de peilgebieden is het mogelijk dat kwel optreedt bij een verkorting van de natuurlijke kwelweg door de HDD.

Tabel 4-1 Peilbesluiten waterschap Brabantse Delta

Peilgebied	Zomerpeil (m NAP)	Winterpeil (m NAP)
Keensche Gorzen NRD (W-Y13)	- 0,7	- 0,7
Keensche Gorzen (W-Y11)	- 0,7	- 0.9
Oost Slikpolder (W-Y12)	- 0.9	- 1.2

De kwelwegen zijn berekend volgens Bligh-Lane:

Natuurlijke kwelweg < kwelweg via HDD

$$L_0 \times \frac{1}{3} < L_{vert} + L_{hor} \times \frac{1}{6}$$

Waarin:

L_0 : kortste natuurlijke kwelweg

L_{vert} : kwelweg in verticale richting

L_{hor} : kwelweg in horizontale richting (< 45°)

De factoren 1/3 en 1/6 zijn weegfactoren conform Bligh-Lane voor stroming langs een contactvlak van twee grondlagen, respectievelijk het contactvlak tussen grond en boorgang.

In tabel 4-2 zijn de kortste natuurlijke kwelwegen en kortste kwelwegen langs de HDD weergegeven. Voor de kortste natuurlijke kwelweg is de minimale afstand tussen twee watergangen uit een peilgebied gehanteerd die door de HDD gekruist wordt. Hieruit blijkt dat kwel tussen de peilgebieden via de HDD's niet kan optreden.

Tabel 4-2 Berekening van de kortste kwelwegen

Van peilgebied	Naar peilgebied	Kortste natuurlijke kwelweg [m]	Kortste kwelweg via HDD [m]
W-Y11	W-Y12	$145/3 = 48$	$15 + 175/6 + 15 = 60$
W-Y13	W-Y12	$75/3 = 25$	$15 + 300/6 + 15 = 80$

4.5.4 Kwelmaatregelen

De stijghoogte in het eerste watervoerende pakket is op deze locatie hoger dan de laagste gemiddelde grondwaterstand. De bovenliggende kleilagen sluiten het eerste watervoerende pakket af. Doordat de HDD's de afsluitende kleilagen doorkruisen bestaat het risico dat langs de boorgang van de HDD's kwel uit de diepere grondlagen ontstaat. Het is daarom noodzakelijk om kwelmaatregelen te nemen.

Als kwelmaatregel stellen wij voor om aan beide zijden van de HDD's een grout-prop aan te brengen door middel van het nagrouten van de boorgang met mantelbuizen vanaf het maaiveld tot 2 à 3 m in het watervoerende pakket. De ruimte tussen de kabel en mantelbuis dient afgesloten te worden met een sleeve aan de uiteinden van de mantelbuizen.

5. Risico's en aandachtspunten

De aannemer dient met de volgende specifieke risico's en aandachtspunten rekening te houden:

- Werken in de nabijheid van hoogspanningsmasten. Deze HDD's lopen deels onder de bestaande mastenroute van TenneT. Het intredepunt ligt naast 150 kV hoogspanningsstation Moerdijk en deels onder de bovengrondse hoogspanningsverbinding;
- Afstemming met het drinkwaterbedrijf Brabant Water over het kruisen van de drie hoofdwaterleidingen in het tracé;
- Het nemen van de in paragraaf 4.5.4 benoemde kwelmaatregelen. Voorafgaand aan de uitvoering dienen de plannen hiervoor goedgekeurd te worden door waterschap Brabantse Delta;
- Om de werkterreinen te betreden zullen bouwinritten nodig zijn en de aannemer dient de benodigde verkeersplannen met de gemeente te bespreken;
- Het intredepunt ligt op privéterrein. TenneT stemt af met de eigenaar en gebruiker van het terrein omtrent de werkzaamheden;
- Bij het uitredepunten staan momenteel bomen en bosschages. Deze zullen door TenneT voorafgaand aan de werkzaamheden verwijderd worden. Mede ook met het oog op de aanleg van een nieuwe hoogspanningsmast op deze locatie;
- Bij het intrekken van de buizen kruist het tracé de Dikkendijk en wordt deze tijdelijk afgezet voor verkeer. Langs de Dikkendijk staat een aantal bomen en bosschages. De aannemer dient de bomen en bosschages zoveel mogelijk te handhaven;
- Spiegellassen aanbrengen conform NEN7200;
- Bij het spiegellassen van de leidingdelen dienen alle inwendige lasrillen verwijderd te worden; in overleg met de toezichthouder moeten de verwijderde lasrillen aangetoond kunnen worden;
- TenneT schrijft het gebruik van een gyroscoop als plaatsbepalings-systeem tijdens de pilotboring voor;
- Afwijking van de boorlijn heeft consequenties voor de daarna volgende HDD. De aannemer dient daarom na de pilotboring te controleren of de volgende HDD nog aangepast moeten worden. Ook dient de aannemer rekening te houden met de volgorde van uitvoeren in verband met afstanden tot obstakels, zoals hoogspanningsmasten en de funderingen daarvan langs het boortracé.

6. Conclusie

6.1 Algemeen

TenneT is voornemens om delen van de bovengrondse 150 kV-verbindingen binnen het projectgebied van Zuidwest-Oost ondergronds te verkabelen.

Dit rapport betreft de kruising met de rijksweg A17 bij het 150kV hoogspanningsstation Moerdijk. De kruising (met codering MDK HDD1) is vergunningsplichtig bij Rijkswaterstaat. Het ontwerp en de berekeningen zijn uitgevoerd conform NEN 3650:2020, NEN 3651:2020 en Richtlijn Boortechnieken.

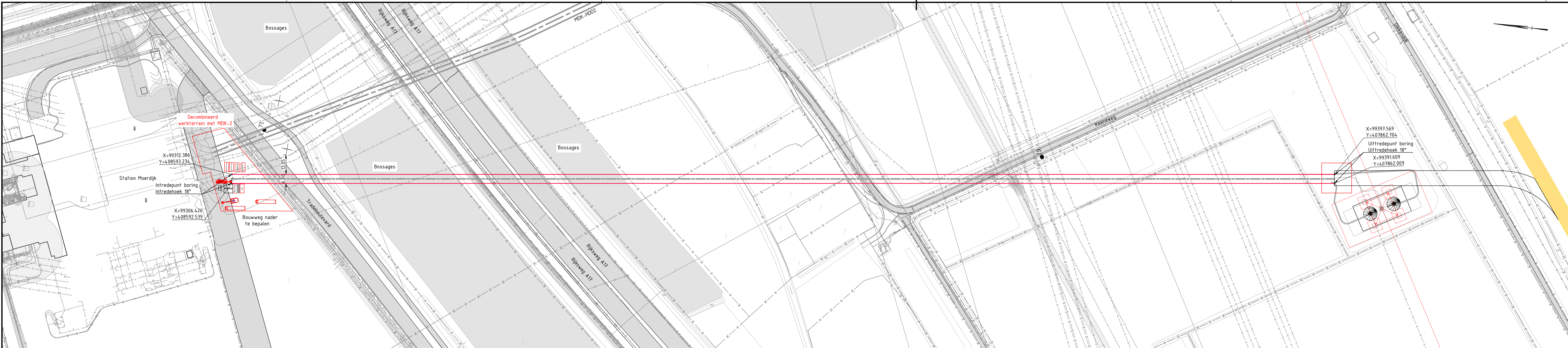
6.2 Uitkomsten ontwerp en berekening

De HDD's, weergegeven op de tekeningen die zijn bijgevoegd als bijlage 1, zijn ontworpen en berekend volgens de vigerende eisen.

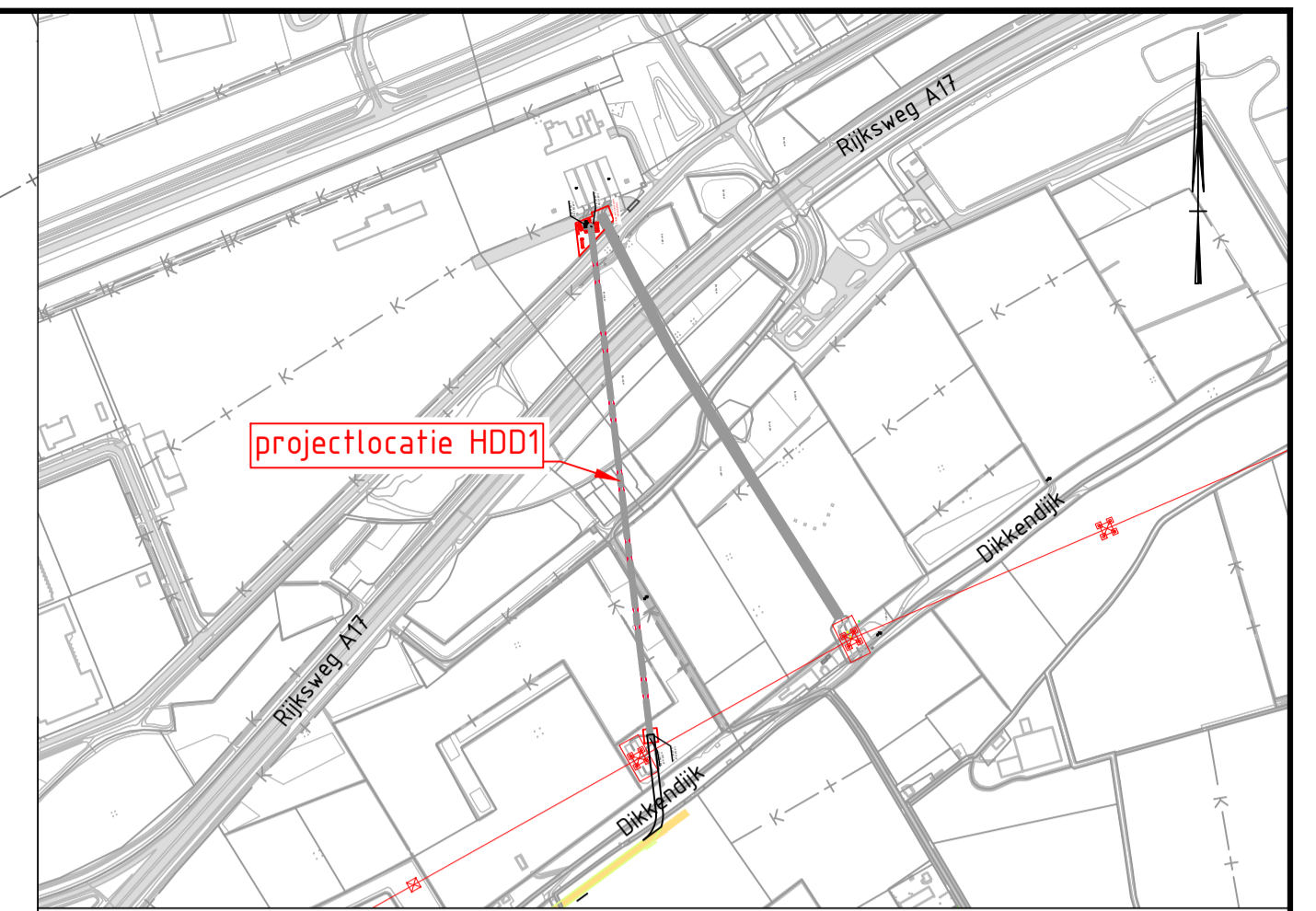
Uit de berekeningen, bijgevoegd als bijlage 3, blijkt dat de tracés van de twee parallelle HDD's met 4x PE100 Ø315 mm SDR 11 voldoen aan de eisen. Wel zijn kwelmaatregelen nodig om kwel langs de HDD's te voorkomen.

Als kwelmaatregel stellen wij voor om aan beide zijden van de HDD's een grout-prop aan te brengen door middel van het nagrouten van de boorgang met mantelbuizen vanaf het maaiveld tot 2 à 3 m in het watervoerende pakket. De ruimte tussen de kabel en mantelbuis dient afgesloten te worden met een sleeve aan de uiteinden van de mantelbuizen.

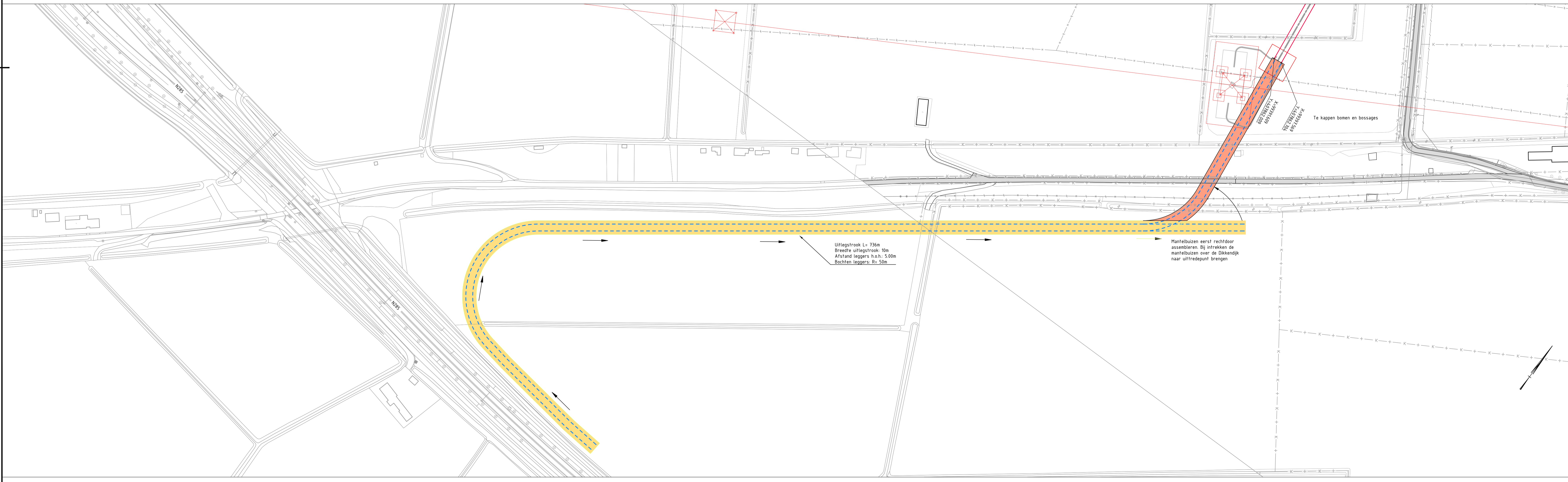
Bijlage 1 – Ontwerptekening



Bovenaanzicht schaal 1:1000



Overzicht
Schaal 1:10.000



Uitlegstrook schaal 1:1000

Principe doorsnede
Schaal 1:10

Legenda

- K— K— K— Kadastrale grens
- Leiding gevaarlijke inhoud
- Datatransport
- Landelijk hoogspanningsnet
- Laagspanning
- Middenspanning
- Gasleiding hoge druk
- Gasleiding lage druk
- Waterleiding
- Drukiolering
- Riolering vrijverval
- Horizontaal gestuurde boring (HDD)
- Verharding (asfalt)
- Bestaande topo
- Bebouwing
- Primaire waterkering
- Uitlegstrook
- Uitlegstrook ten tijde van intrekken
- Verharding/wegen

● 16 Locatie sondering met nummer

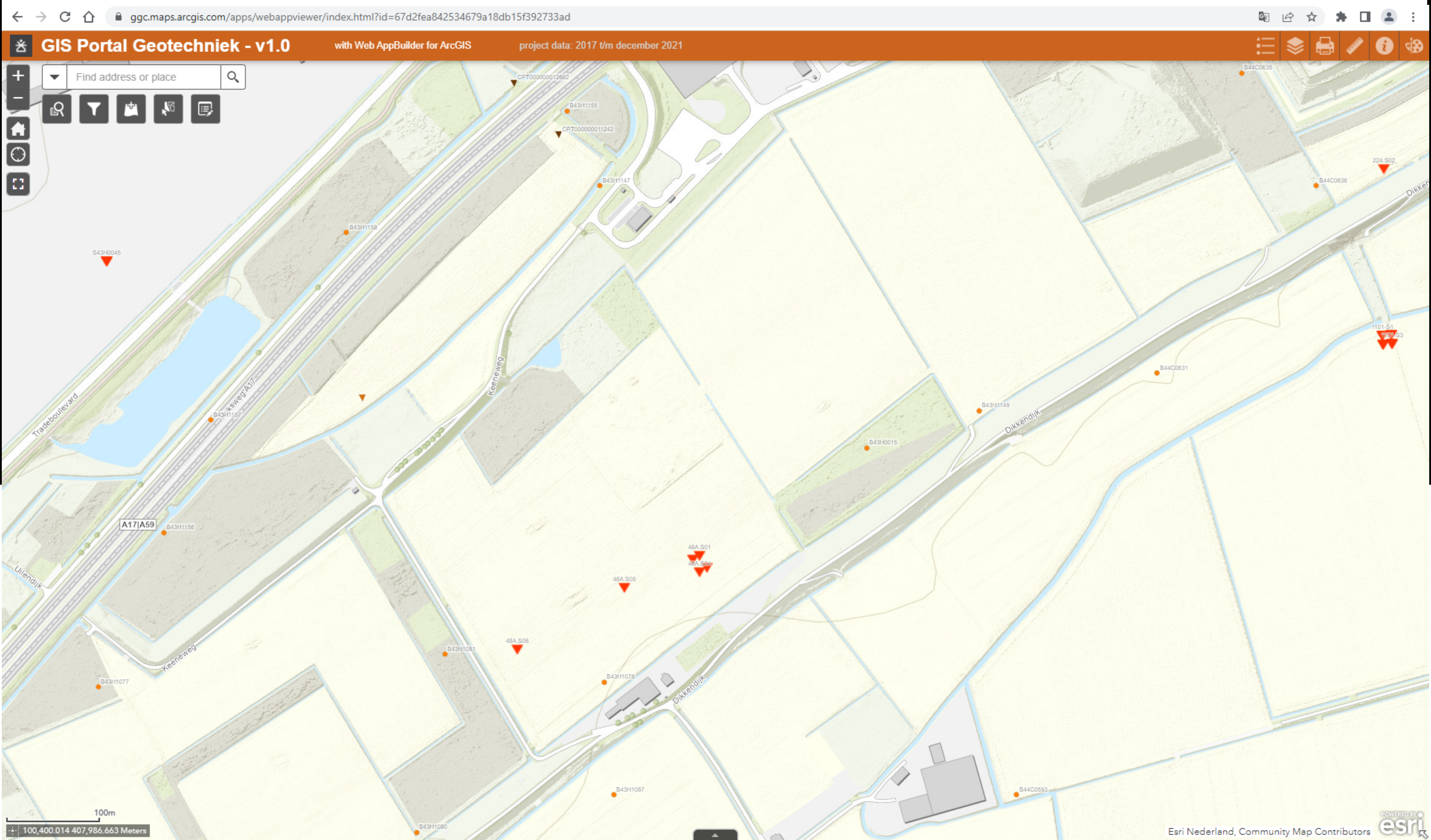
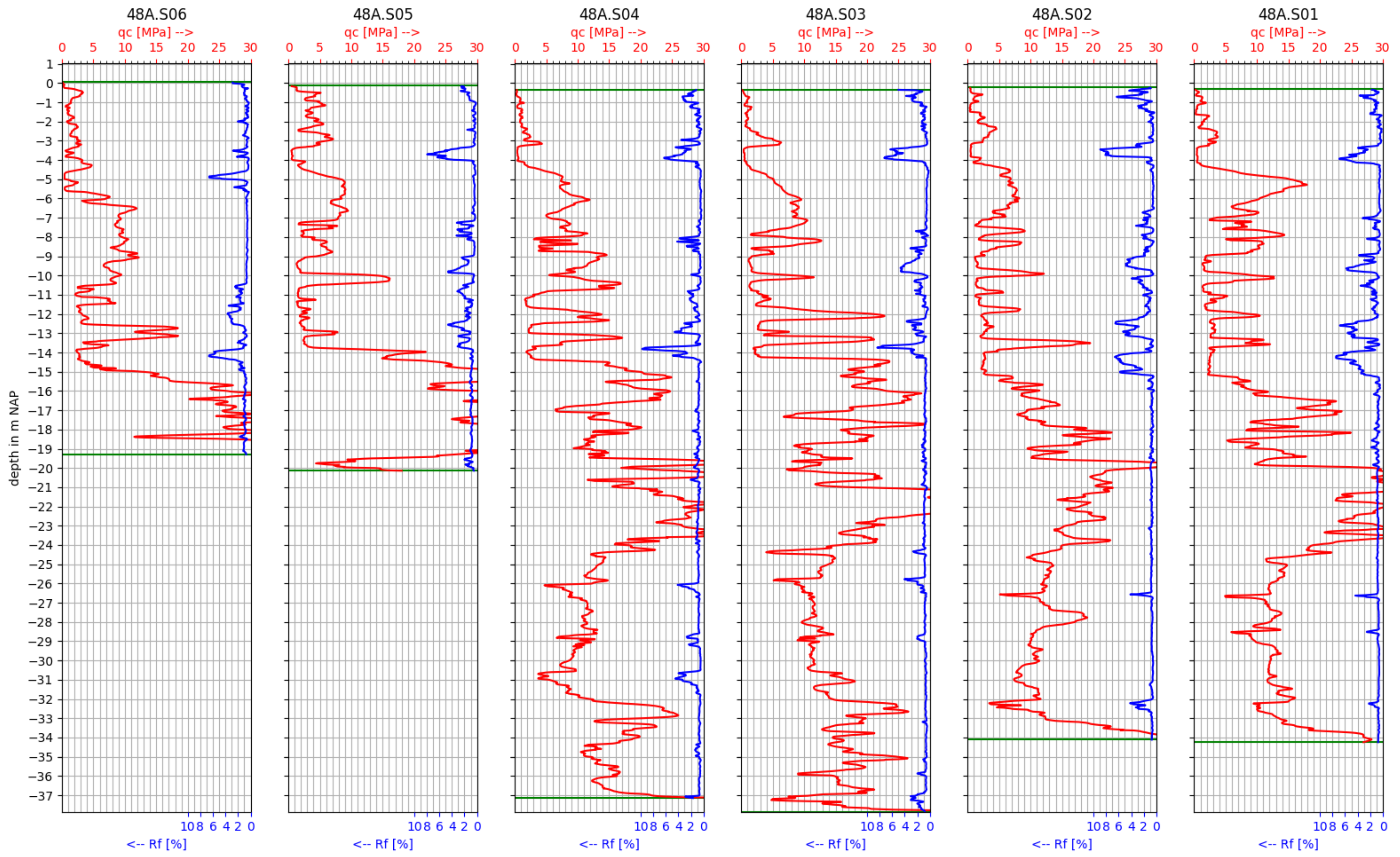
Vergunningstekening

B	T.b.v. Vergunningaanvraag	11-04-2022	BB	MJ	JD
A	Eerste uitgave	06-07-2021	MJ	MJ	JD
Rev	Omschrijving	Datum rev.	IGT	Gec.	Goedg.
Opdrachtgever					
TenneT TSO B.V.					
Project HDD's 150 kV ZWO					
Onderdeel MKD-HDD01					
Moerdijk HDD1					
Projectnummer	Tekeningnummer	Versie	Datum van uitgave	Ontwerpfase	Contractnummer
368722	MKD-HDD1	B	11-04-2022	Definitief ontwerp	
Blad	Van	Schaal	Formaat	Kentoor	Gec.
2		Zie tekening	A1	De Bilt	BB MJ JD
www.sweco.nl					
© Sweco Nederland B.V. Alle rechten voorbehouden					

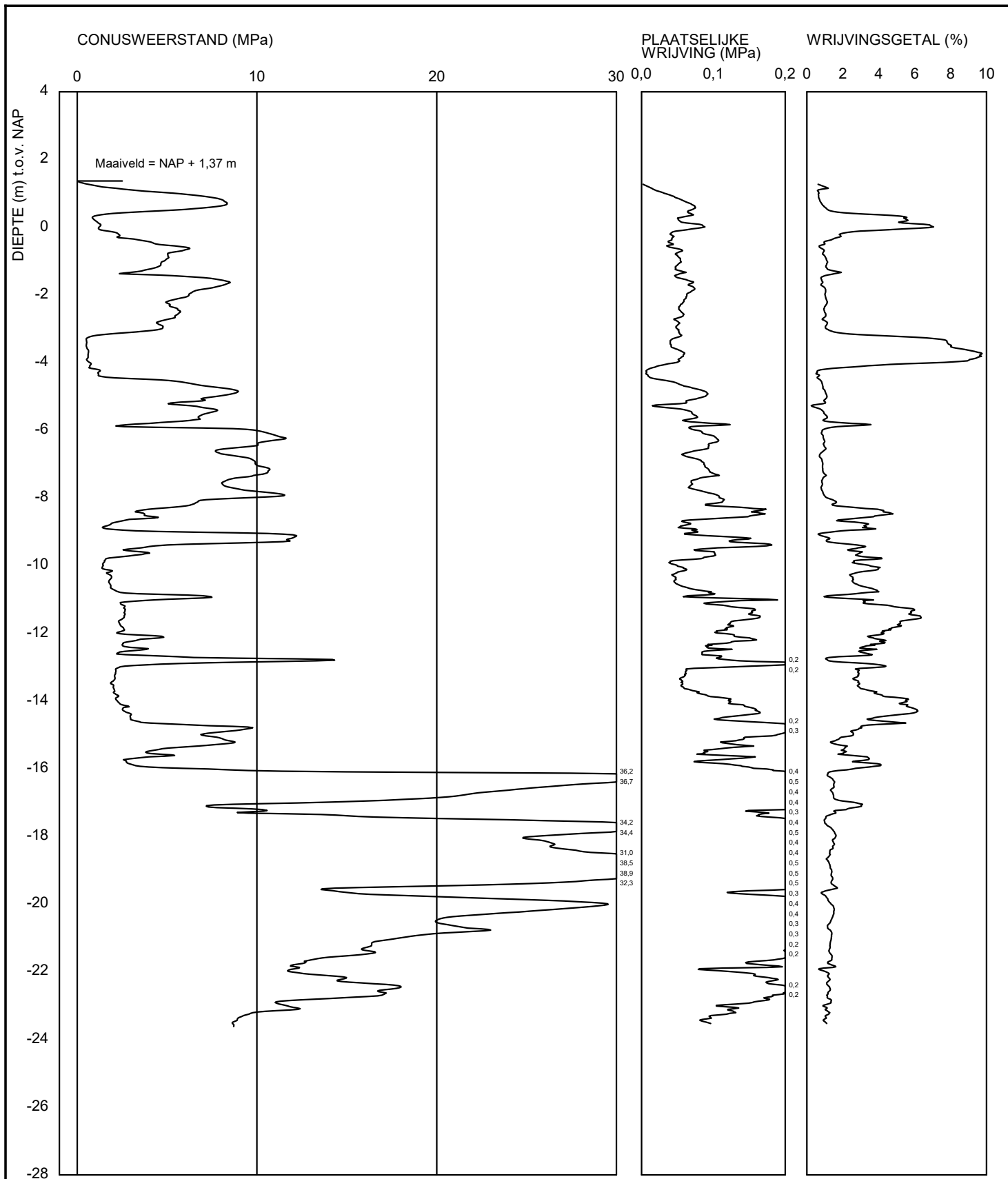


Bijlage 2 – Geotechnisch onderzoek

MDK HDD1

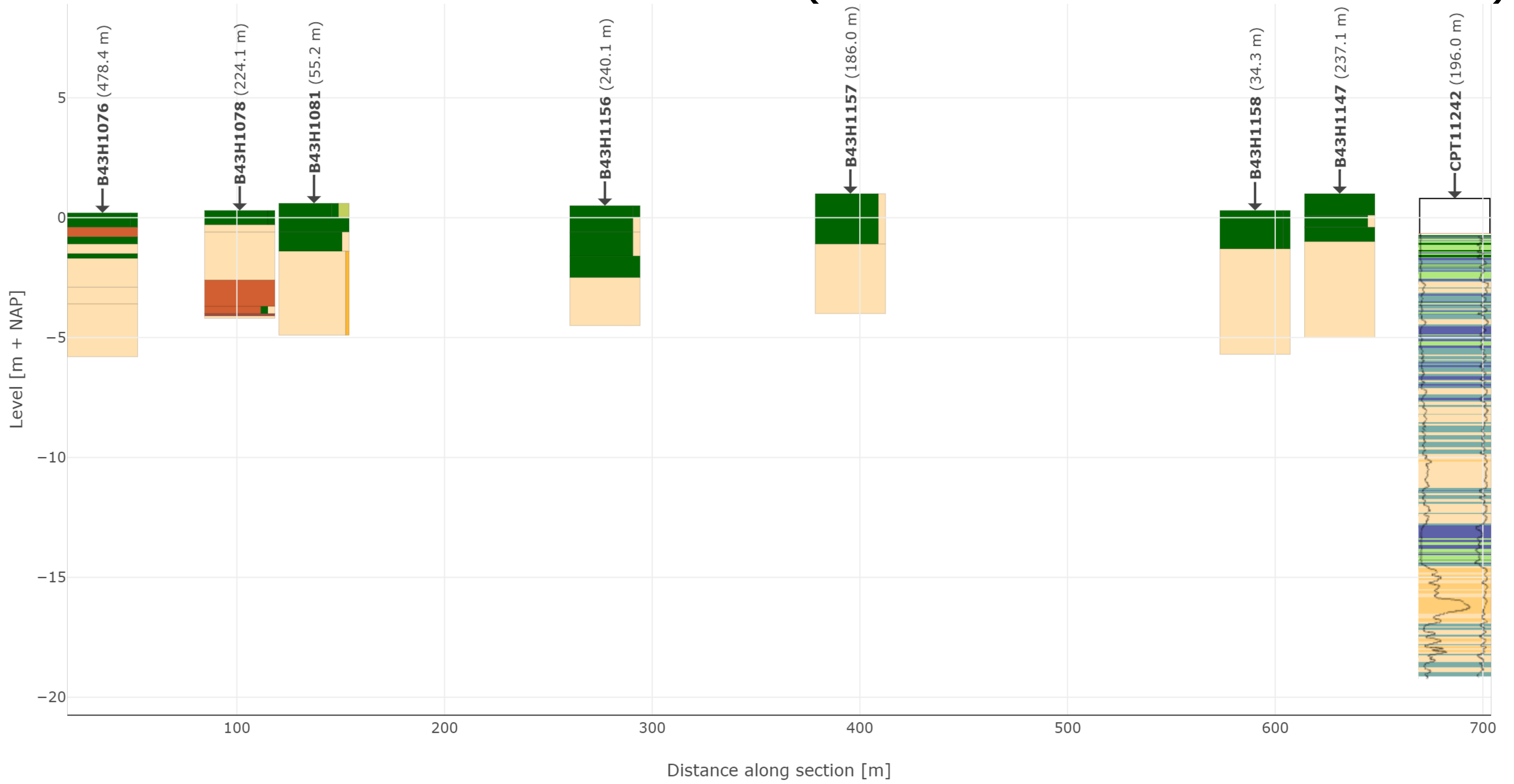


S43H0045

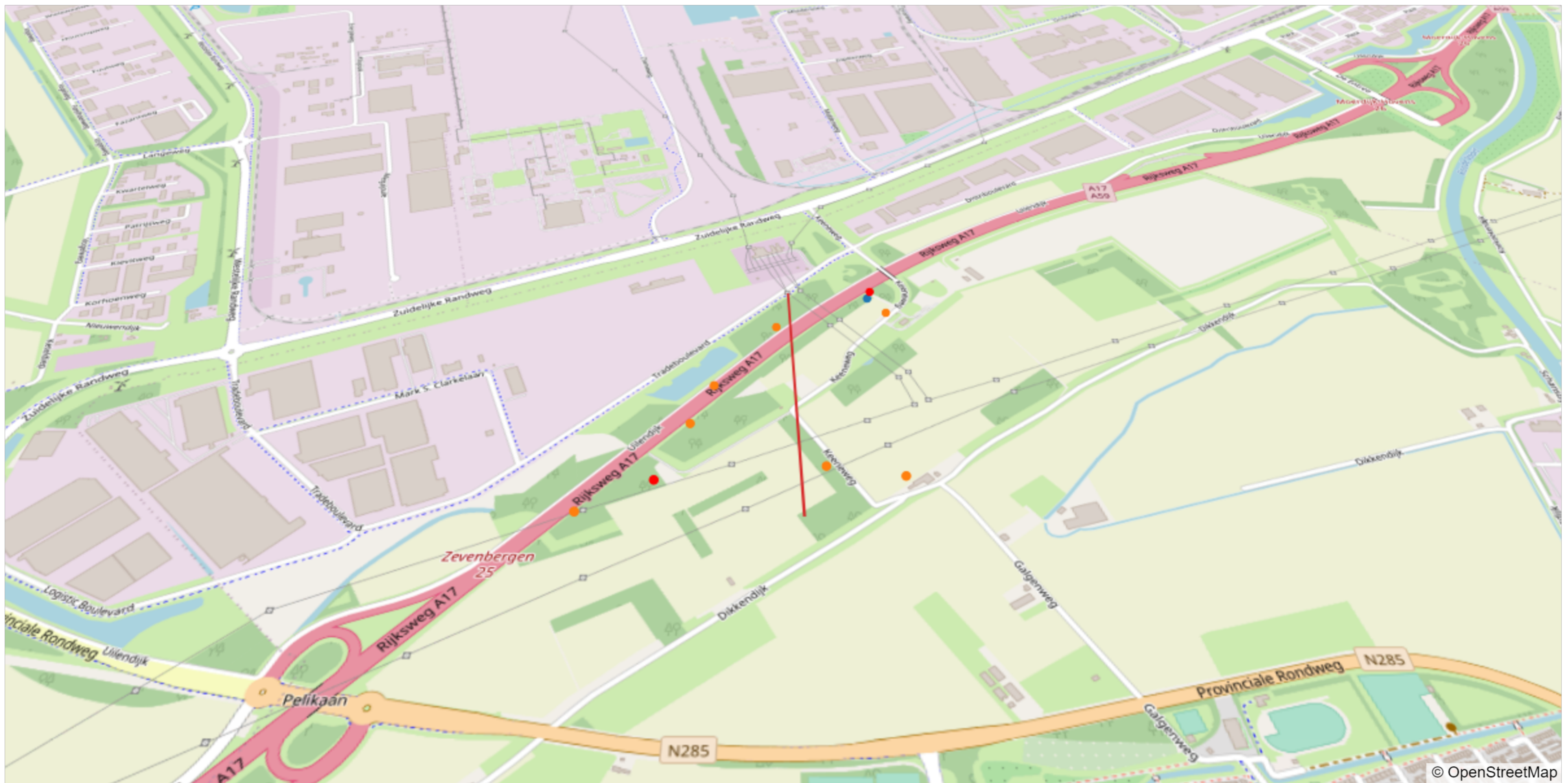


DELTA RES	Boussinesqweg 2629 HV DELFT	Telefoon 088 - 335 82 73 Telefax	datum	get.
			1999-02-02	-
-	-	-	DINO-/	gez.
Sondering S43H0045			BIJL. -	form. A4

Grondonderzoek BRO (tot 500 m afstand van trace)

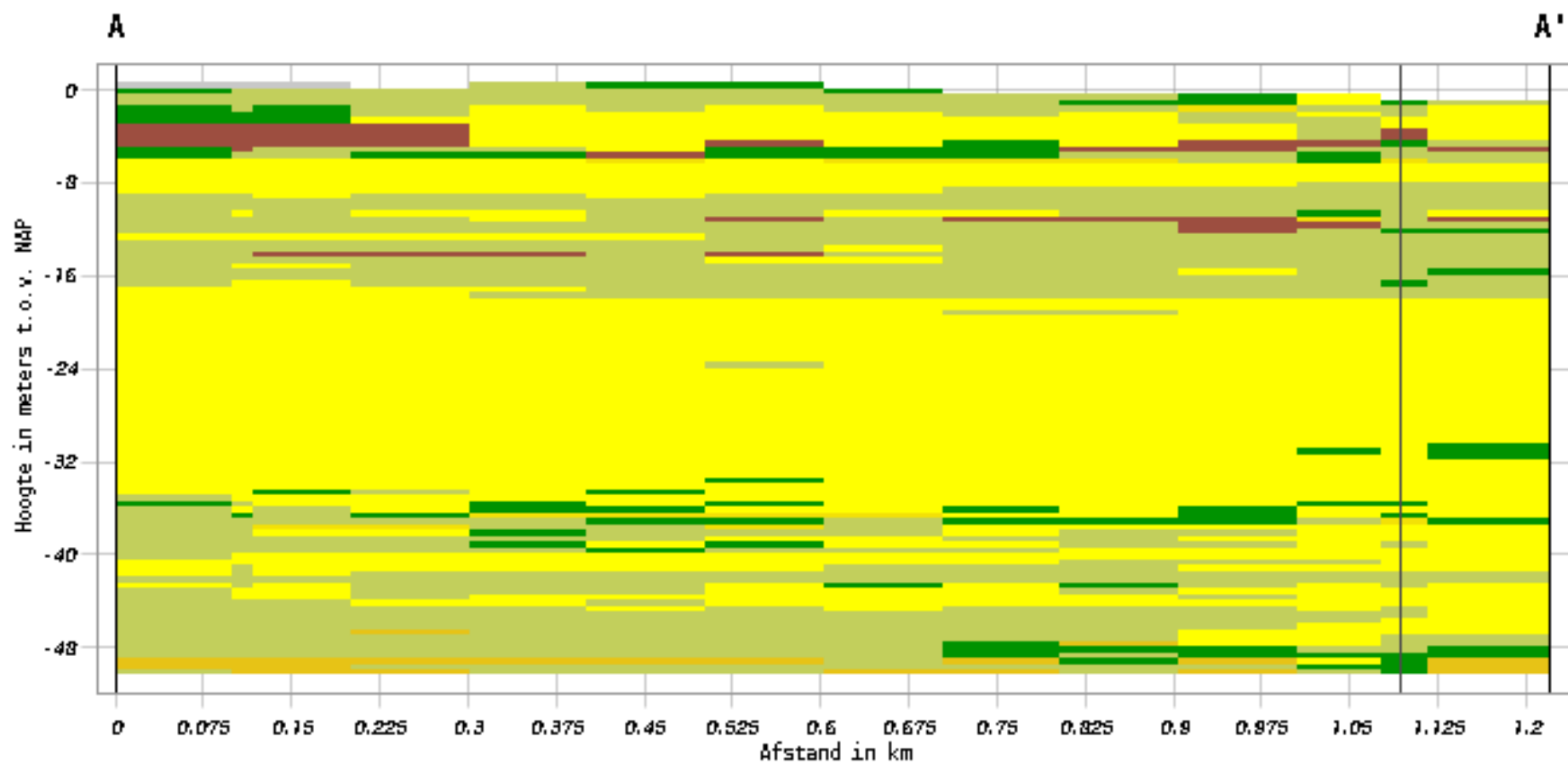


■ Sands
 ■ Sand mixtures
 ■ Silt mixtures
 ■ Clay
 ■ Clay (org. mat) [3<N<15]
 ■ Organic clay [15<N<30]
 ■ Peat [N>30]
 Unknown

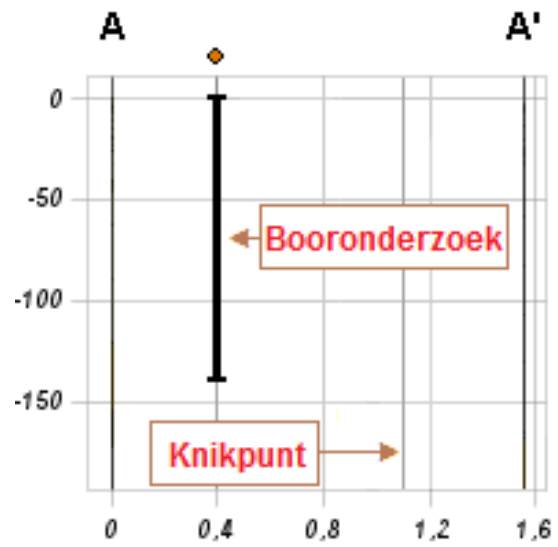
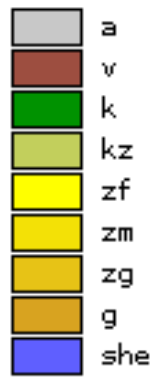


● cpt
 ● borehole
 ● not shown on sectionplot
 — section

Verticale Doorsnede BRO GeoTOP v1.4.1



Lithoklasse



Bijlage 3 – Berekening D-Geo Pipeline

Report for D-Geo Pipeline 20.1

Model : Horizontal Directional Drilling
Developed by Deltares

Date of report: 14-4-2022
Time of report: 14:53:30
Report with version: 20.1.2.31161
Calculated with version: 20.1.2.31161

File name: HDD berekening V2

1 Table of Contents

1	Table of Contents	2
2	Messages	4
2.1	Calculation Warnings	4
3	Input Data	5
3.1	Model Used	5
3.2	Layer Boundaries	5
3.3	PI-lines	5
3.4	Phreatic Line	6
3.5	Soil Profiles	6
3.6	Selected Boundaries	6
3.7	Soil Material Data	6
3.8	Geometry	7
3.8.1	Geometry Section, Detailed	7
3.8.2	Geometry Top View	7
3.9	Calculation Verticals	8
3.10	Configuration of the Pipeline	10
3.11	Product Pipe Material Data	10
3.12	Pipe Engineering Data	11
3.13	Drilling Fluid Data	12
3.14	Factors	12
3.15	Calculation Options	12
4	Drilling Fluid Pressures	13
4.1	Drilling Fluid Data	13
4.2	Equilibrium between Drilling Fluid Pressure and Pore Pressure	20
4.3	Drilling Fluid Pressure Plots	23
4.3.1	Drilling Fluid Pressures during Pilot	23
4.3.2	Drilling Fluid Pressures during Prereaming	23
4.3.3	Drilling Fluid Pressures during Reaming and Pullback Operation	24
5	Soil Mechanical Data	25
5.1	Soil Mechanical Parameters Pipe 1: pipe nr. 1	25
5.2	Soil Mechanical Parameters Pipe 2: pipe nr. 2	30
5.3	Soil Mechanical Parameters Pipe 3: pipe nr. 3	35
5.4	Soil Mechanical Parameters Pipe 4: pipe nr. 4	40
5.5	Young's Modulus per Layer per Vertical	45
6	Data for Stress Analysis	56
6.1	General Data	56
6.2	Buoyancy Control	56
6.3	Calculation Pulling Force	56
7	Stress Analysis of Pipe 1: pipe nr. 1	58
7.1	Material Data of Pipe 1: pipe nr. 1	58
7.2	Results Stress Analysis of Pipe 1: pipe nr. 1	58
7.2.1	Load Combination 1A: Start Pullback Operation	58
7.2.2	Load Combination 1B: End Pullback Operation	59
7.2.3	Load Combination 2: Application Internal Pressure	59
7.2.4	Load Combination 3: In Operation (Situation without Pressure)	59
7.2.5	Load Combination 4: In Operation (with Internal Pressure)	59
7.3	Check on Calculated Stresses of Pipe 1: pipe nr. 1	60
7.4	Check for Implosion of Pipe 1: pipe nr. 1	60
8	Stress Analysis of Pipe 2: pipe nr. 2	61
8.1	Material Data of Pipe 2: pipe nr. 2	61
8.2	Results Stress Analysis of Pipe 2: pipe nr. 2	61
8.2.1	Load Combination 1A: Start Pullback Operation	61
8.2.2	Load Combination 1B: End Pullback Operation	62
8.2.3	Load Combination 2: Application Internal Pressure	62
8.2.4	Load Combination 3: In Operation (Situation without Pressure)	62
8.2.5	Load Combination 4: In Operation (with Internal Pressure)	62
8.3	Check on Calculated Stresses of Pipe 2: pipe nr. 2	63
8.4	Check for Implosion of Pipe 2: pipe nr. 2	63
9	Stress Analysis of Pipe 3: pipe nr. 3	65
9.1	Material Data of Pipe 3: pipe nr. 3	65
9.2	Results Stress Analysis of Pipe 3: pipe nr. 3	65
9.2.1	Load Combination 1A: Start Pullback Operation	65
9.2.2	Load Combination 1B: End Pullback Operation	66
9.2.3	Load Combination 2: Application Internal Pressure	66

9.2.4 Load Combination 3: In Operation (Situation without Pressure)	66
9.2.5 Load Combination 4: In Operation (with Internal Pressure)	66
9.3 Check on Calculated Stresses of Pipe 3: pipe nr. 3	67
9.4 Check for Implosion of Pipe 3: pipe nr. 3	67
10 Stress Analysis of Pipe 4: pipe nr. 4	68
10.1 Material Data of Pipe 4: pipe nr. 4	68
10.2 Results Stress Analysis of Pipe 4: pipe nr. 4	68
10.2.1 Load Combination 1A: Start Pullback Operation	68
10.2.2 Load Combination 1B: End Pullback Operation	69
10.2.3 Load Combination 2: Application Internal Pressure	69
10.2.4 Load Combination 3: In Operation (Situation without Pressure)	69
10.2.5 Load Combination 4: In Operation (with Internal Pressure)	69
10.3 Check on Calculated Stresses of Pipe 4: pipe nr. 4	70
10.4 Check for Implosion of Pipe 4: pipe nr. 4	70

2 Messages

2.1 Calculation Warnings

One or more layers above the border between the top undrained and underlying drained layers have a S_u -value of 0.

3 Input Data

3.1 Model Used

Model Used : Horizontal Directional Drilling

3.2 Layer Boundaries

Boundary number	Co-ordinates [m]				
9 - L -	0,000	24,520	25,280	26,470	27,190
9 - Z -	1,560	1,190	1,330	1,570	1,620
9 - L -	28,290	30,980	34,590	45,880	54,470
9 - Z -	1,510	1,350	1,540	1,500	1,410
9 - L -	58,530	61,100	64,540	66,250	68,500
9 - Z -	1,330	1,150	-0,360	-0,480	0,400
9 - L -	74,470	152,240	155,430	160,460	163,920
9 - Z -	0,570	0,570	-0,440	-0,570	0,790
9 - L -	167,100	172,930	177,000	191,990	195,210
9 - Z -	0,640	0,780	1,400	1,140	1,440
9 - L -	209,730	218,380	221,660	222,920	224,880
9 - Z -	1,230	1,030	0,050	0,050	0,940
9 - L -	225,870	262,810	335,180	337,510	341,530
9 - Z -	1,050	0,630	0,550	-0,790	-0,950
9 - L -	343,610	413,470	416,540	421,400	426,460
9 - Z -	-0,370	1,580	1,580	2,280	2,150
9 - L -	435,470	437,040	438,670	439,640	477,020
9 - Z -	0,060	-0,060	-0,340	0,130	0,480
9 - L -	481,960	485,360	488,270	490,450	498,180
9 - Z -	-0,470	-0,650	0,260	0,350	0,250
9 - L -	501,370	504,130	507,310	511,330	518,500
9 - Z -	0,250	-0,480	-1,040	-0,110	0,010
9 - L -	525,330	574,810	590,060	599,620	602,180
9 - Z -	0,200	0,390	0,330	0,260	-0,200
9 - L -	604,430	606,130	715,020	716,770	718,010
9 - Z -	-0,750	-0,260	-0,200	-1,010	-0,980
9 - L -	719,460	735,480			
9 - Z -	-0,040	-0,010			
8 - L -	0,000	212,158	735,480		
8 - Z -	0,000	-3,000	-3,000		
7 - L -	0,000	212,158	735,480		
7 - Z -	-3,000	-3,000	-3,000		
6 - L -	0,000	212,158	353,596	735,480	
6 - Z -	-3,000	-3,000	-5,000	-5,000	
5 - L -	0,000	353,596	735,480		
5 - Z -	-5,000	-5,000	-5,000		
4 - L -	0,000	353,596	544,538	735,480	
4 - Z -	-5,000	-5,000	-7,700	-13,400	
3 - L -	0,000	544,538	735,480		
3 - Z -	-7,700	-7,700	-13,400		
2 - L -	0,000	735,480			
2 - Z -	-12,800	-13,400			
1 - L -	0,000	735,480			
1 - Z -	-14,600	-15,000			
0 - L -	0,000	735,480			
0 - Z -	-30,000	-30,000			

3.3 PI-lines

PI-line number	Co-ordinates [m]				
1 - L -	0,000	735,480			
1 - Z -	-0,500	-0,500			

3.4 Phreatic Line

Piezo-line 1 is used as phreatic line (groundwater).

3.5 Soil Profiles

Layer number	Material name	Piezo-line at top	Piezo-line at bottom
9	Klei, sterk zandig	1	1
8	Klei, sterk zandig	1	1
7	Klei, zwak zandig, m...	1	1
6	Klei, zwak zandig, m...	1	1
5	Zand, kleiig, los	1	1
4	Zand, kleiig, los	1	1
3	Zand, kleiig, los	1	1
2	Klei, matig	1	1
1	Zand, schoon, vast	1	1

3.6 Selected Boundaries

The boundary between (cohesive) undrained top layers and underlying (non-cohesive) drained layers, is situated at the top of layer number 1: Zand, schoon, vast

The boundary between compressible top layers and underlying non-compressible layers, is situated at the top of layer number 1: Zand, schoon, vast

3.7 Soil Material Data

Name	Gamma unsat [kN/m ³]	Gamma sat [kN/m ³]	Cohesion [kN/m ²]	Phi [deg]	Su top [kN/m ²]	Su bottom [kN/m ²]
Zand, kleiig, los	18,00	20,00	0,00	25,00	0,00	0,00
Zand, schoon, vast	19,00	21,00	0,00	35,00	0,00	0,00
Klei, zwak zandig, matig	17,00	17,00	5,00	22,50	100,00	100,00
Veen; slap	11,00	11,00	1,50	15,00	30,00	30,00
Zand, schoon, matig	18,00	20,00	0,00	32,50	0,00	0,00
Zand, schoon, los	17,00	19,00	0,00	30,00	0,00	0,00
Klei, matig	18,00	18,00	5,00	22,50	60,00	60,00
Klei, sterk zandig	18,00	20,00	2,00	27,50	120,00	120,00

Name	Soil type	E _{mod} 100 [kN/m ²]	E _{mod} top [kN/m ²]	E _{mod} bottom [kN/m ²]
Zand, kleiig, los	Sand	10000,00	-	-
Zand, schoon, vast	Sand	75000,00	-	-
Klei, zwak zandig, matig	Clay	3000,00	-	-
Veen; slap	Peat	200,00	-	-
Zand, schoon, matig	Sand	30000,00	-	-
Zand, schoon, los	Sand	15000,00	-	-
Klei, matig	Clay	3000,00	-	-
Klei, sterk zandig	Clay	5000,00	-	-

Name	Adhesion A [kN/m ²]	Delta D [deg]	Nu [-]
Zand, kleiig, los	-	-	0,20
Zand, schoon, vast	-	-	0,30
Klei, zwak zandig, matig	-	-	0,30
Veen; slap	-	-	0,30
Zand, schoon, matig	-	-	0,30
Zand, schoon, los	-	-	0,30
Klei, matig	-	-	0,30
Klei, sterk zandig	-	-	0,30

3.9 Calculation Verticals

Vertical no.	L-coord. [m]	Z-coord. [m]
1	5,003	-0,066
2	10,006	-1,691
3	15,009	-3,317
4	20,012	-4,942
5	25,015	-6,497
6	30,018	-7,938
7	35,021	-9,267
8	40,024	-10,487
9	45,027	-11,598
10	50,030	-12,602
11	55,033	-13,500
12	60,036	-14,294
13	65,039	-14,985
14	70,042	-15,573
15	75,045	-16,059
16	80,048	-16,444
17	85,051	-16,728
18	90,054	-16,911
19	95,057	-16,994
20	100,060	-17,000
21	105,063	-17,000
22	110,066	-17,000
23	115,069	-17,000
24	120,072	-17,000
25	125,075	-17,000
26	130,078	-17,000
27	135,081	-17,000
28	140,084	-17,000
29	145,087	-17,000
30	150,090	-17,000
31	155,093	-17,000
32	160,096	-17,000
33	165,099	-17,000
34	170,102	-17,000
35	175,105	-17,000
36	180,108	-17,000
37	185,111	-17,000
38	190,114	-17,000
39	195,117	-17,000
40	200,120	-17,000
41	205,123	-17,000
42	210,126	-17,000
43	215,129	-17,000
44	220,132	-17,000
45	225,135	-17,000
46	230,138	-17,000
47	235,141	-17,000
48	240,144	-17,000
49	245,147	-17,000
50	250,150	-17,000
51	255,153	-17,000
52	260,156	-17,000
53	265,159	-17,000
54	270,162	-17,000
55	275,165	-17,000
56	280,168	-17,000
57	285,171	-17,000
58	290,174	-17,000
59	295,177	-17,000
60	300,180	-17,000
61	305,183	-17,000
62	310,186	-17,000

Vertical no.	L-coord. [m]	Z-coord. [m]
63	315,189	-17,000
64	320,192	-17,000
65	325,195	-17,000
66	330,198	-17,000
67	335,201	-17,000
68	340,204	-17,000
69	345,207	-17,000
70	350,210	-17,000
71	355,213	-17,000
72	360,216	-17,000
73	365,219	-17,000
74	370,222	-17,000
75	375,225	-17,000
76	380,228	-17,000
77	385,231	-17,000
78	390,234	-17,000
79	395,237	-17,000
80	400,240	-17,000
81	405,243	-17,000
82	410,246	-17,000
83	415,249	-17,000
84	420,252	-17,000
85	425,255	-17,000
86	430,258	-17,000
87	435,261	-17,000
88	440,264	-17,000
89	445,267	-17,000
90	450,270	-17,000
91	455,273	-17,000
92	460,276	-17,000
93	465,279	-17,000
94	470,282	-17,000
95	475,285	-17,000
96	480,288	-17,000
97	485,291	-17,000
98	490,294	-17,000
99	495,297	-17,000
100	500,300	-17,000
101	505,303	-17,000
102	510,306	-17,000
103	515,309	-17,000
104	520,312	-17,000
105	525,315	-17,000
106	530,318	-17,000
107	535,321	-17,000
108	540,324	-17,000
109	545,327	-17,000
110	550,330	-17,000
111	555,333	-17,000
112	560,336	-17,000
113	565,339	-17,000
114	570,342	-17,000
115	575,345	-17,000
116	580,348	-17,000
117	585,351	-17,000
118	590,354	-17,000
119	595,357	-17,000
120	600,360	-17,000
121	605,363	-17,000
122	610,366	-17,000
123	615,369	-17,000
124	620,372	-17,000
125	625,375	-17,000
126	630,378	-17,000
127	635,381	-17,000

Vertical no.	L-coord. [m]	Z-coord. [m]
128	640,384	-17,000
129	645,387	-16,994
130	650,390	-16,908
131	655,393	-16,721
132	660,396	-16,435
133	665,399	-16,047
134	670,402	-15,559
135	675,405	-14,968
136	680,408	-14,275
137	685,411	-13,478
138	690,414	-12,577
139	695,417	-11,570
140	700,420	-10,456
141	705,423	-9,234
142	710,426	-7,901
143	715,429	-6,457
144	720,432	-4,899
145	725,435	-3,274
146	730,438	-1,648
147	735,441	-0,023

Locations of the calculation verticals; L represents distance along the pipeline projection in the horizontal plane, incremented with the entry co-ordinate.

3.10 Configuration of the Pipeline

X co-ordinate left point	0,000	[m]
Y co-ordinate left point	0,000	[m]
Z co-ordinate left point	1,560	[m]
X co-ordinate right point	735,480	[m]
Y co-ordinate right point	0,000	[m]
Z co-ordinate right point	-0,010	[m]
Angle left	18,0000	[deg]
Angle right	18,0000	[deg]
Bending radius left, vertical in/out	250,000	[m]
Bending radius right, vertical in/out	250,000	[m]
Bending radius pipe on rollers	500,000	[m]
Lowest level of pipe (center bore hole)	-17,000	[m]
Angle of pipe (between radii)	0,0000	[deg]
Number of horizontal bends	0	

The pulling direction of the product pipe is from left to right.

3.11 Product Pipe Material Data

Input data pipe nr. 1		
Material	Polyethene	
Quality	PE100	
Young's modulus (short)	975,00	[N/mm ²]
Young's modulus (long)	350,00	[N/mm ²]
Allowable strength (short)	10,00	[N/mm ²]
Allowable strength (long)	8,00	[N/mm ²]
Tensile factor (alpha)	0,65	[-]
Linear settlement coefficient (alpha_g)	0,0001600	[mm/mmK]
Outer diameter product pipe	315,00	[mm]
Wall thickness (Nominal)	28,70	[mm]
Unit weight pipe material	9,54	[kN/m ³]
Design pressure	0,00	[bar]
Test pressure	0,00	[bar]
Temperature variation	0,00	[deg C]

Input data pipe nr. 2		
Material	Polyethene	
Quality	PE100	

Young's modulus (short)	975,00	[N/mm ²]
Young's modulus (long)	350,00	[N/mm ²]
Allowable strength (short)	10,00	[N/mm ²]
Allowable strength (long)	8,00	[N/mm ²]
Tensile factor (alpha)	0,65	[-]
Linear settlement coefficient (alpha_g)	0,0001600	[mm/mmK]
Outer diameter product pipe	315,00	[mm]
Wall thickness (Nominal)	28,70	[mm]
Unit weight pipe material	9,54	[kN/m ³]
Design pressure	0,00	[bar]
Test pressure	0,00	[bar]
Temperature variation	0,00	[deg C]
Input data pipe nr. 3		
Material	Polyethene	
Quality	PE100	
Young's modulus (short)	975,00	[N/mm ²]
Young's modulus (long)	350,00	[N/mm ²]
Allowable strength (short)	10,00	[N/mm ²]
Allowable strength (long)	8,00	[N/mm ²]
Tensile factor (alpha)	0,65	[-]
Linear settlement coefficient (alpha_g)	0,0001600	[mm/mmK]
Outer diameter product pipe	315,00	[mm]
Wall thickness (Nominal)	28,70	[mm]
Unit weight pipe material	9,54	[kN/m ³]
Design pressure	0,00	[bar]
Test pressure	0,00	[bar]
Temperature variation	0,00	[deg C]
Input data pipe nr. 4		
Material	Polyethene	
Quality	PE100	
Young's modulus (short)	975,00	[N/mm ²]
Young's modulus (long)	350,00	[N/mm ²]
Allowable strength (short)	10,00	[N/mm ²]
Allowable strength (long)	8,00	[N/mm ²]
Tensile factor (alpha)	0,65	[-]
Linear settlement coefficient (alpha_g)	0,0001600	[mm/mmK]
Outer diameter product pipe	315,00	[mm]
Wall thickness (Nominal)	28,70	[mm]
Unit weight pipe material	9,54	[kN/m ³]
Design pressure	0,00	[bar]
Test pressure	0,00	[bar]
Temperature variation	0,00	[deg C]

3.12 Pipe Engineering Data

Pipe filled with water on rollers	No	
Part of cross section filled with fluid	0	[%]
Unit weight fluid	10,00	[kN/m ³]
Bedding angle	30	[deg]
Load angle	30	[deg]
Relative displacement	10,00	[mm]
Compression index	6,00	[-]
Modulus of subgrade reaction drilling fluid (Kv)	500,00	[kN/m ³]
Phi drilling fluid	15,00	[deg]
Cohesion drilling fluid	5,00	[kN/m ²]
Factor of friction pipe-roller (f1)	0,10	[-]
Friction pipe-drilling fluid (f2)	0,000050	[N/mm ²]
Factor of friction pipe-soil (f3)	0,20	[-]

3.13 Drilling Fluid Data

Outer diameter pilot hole	0,300	[m]
Outer diameter pilot pipe	0,170	[m]
Outer diameter preream hole	0,500	[m]
Outer diameter drillpipe	0,170	[m]
Outer diameter bore hole	0,780	[m]
Outer diameter product pipe	0,630	[m]
Pump flow rate pilot	500,0000	[liter/minute]
Pump flow rate pre-reaming	1000,0000	[liter/minute]
Pump flow rate ream and pull-back	1000,0000	[liter/minute]
Circulation loss factor pilot	0,30	[-]
Circulation loss factor pre-reaming	0,20	[-]
Circulation loss factor ream and pull-back	0,20	[-]
Unit weight drilling fluid (γ)	11,1	[kN/m ³]
Yieldpoint drilling fluid (τ)	0,014	[kN/m ²]
Plastic viscosity drilling fluid (μ)	0,000040	[kN.s/m ²]

3.14 Factors

(Polyethene)Safety factor on implosion (Long)	3,0	[-]
(Polyethene)Safety factor on implosion (Short)	1,5	[-]
Contingency factor on unit weight of material types below and above phreatic level	1,10	[-]
Contingency factor on (drained) cohesion C	1,40	[-]
Contingency factor on undrained shear strength S_u	1,40	[-]
Contingency factor on Φ	1,10	[-]
Contingency factor on E-modulus	1,25	[-]
Contingency factor on modulus of subgrade reaction	2,00	[-]
Load factor on design pressure (Polyethene)	1,00	[-]
Load factor on design pressure (combination) (Polyethene)	1,00	[-]
Load factor on test pressure (Polyethene)	1,00	[-]
Load factor on installation (Polyethene)	1,00	[-]
Load factor on reduced neutral soil stress $q_{n;r}$ (Polyethene)	1,50	[-]
Load factor on temperature (Polyethene)	1,10	[-]
Load factor on traffic load (Polyethene)	1,35	[-]
Factor of importance (S)	1,00	[-]
Allowable deflection of steel pipe	15,00	[%]
Allowable piggability of steel pipe	5,00	[%]
Allowable deflection of polyethene pipe	8,00	[%]
Allowable piggability of polyethene pipe	5,00	[%]
Unit weight water	10,00	[kN/m ³]
Safety factor on cover (drained layer)	0,50	[-]
Safety factor on cover (undrained layer)	0,50	[-]
Ratio H/Do for boundary between shallow and deep situation	7,50	[-]

3.15 Calculation Options

Stress analysis option : Standard

4 Drilling Fluid Pressures

4.1 Drilling Fluid Data

Vertical no.	Drilling fluid pressures pilot [kN/m ²]			
	Max, deformation	Max, soil cover	Min, left	Min, right
1	185	185	21	368
2	276	276	41	383
3	287	287	62	398
4	295	295	83	414
5	153	153	103	429
6	157	157	121	442
7	173	173	139	454
8	189	189	155	465
9	205	205	170	475
10	219	219	183	483
11	378	378	196	491
12	401	401	207	497
13	308	308	217	502
14	517	517	226	506
15	665	665	234	509
16	770	770	241	511
17	835	844	247	512
18	843	891	251	511
19	846	911	255	510
20	847	912	257	507
21	847	912	260	505
22	847	911	262	502
23	847	911	265	500
24	847	910	267	497
25	847	910	270	495
26	847	909	272	492
27	847	908	275	490
28	847	908	277	487
29	847	907	280	485
30	847	907	282	482
31	794	839	285	480
32	782	824	287	477
33	856	917	290	475
34	855	915	292	472
35	878	944	295	470
36	892	961	297	467
37	887	954	300	465
38	882	947	302	462
39	897	965	305	460
40	893	960	307	457
41	889	954	310	455
42	884	948	312	452
43	878	939	315	450
44	843	895	317	447
45	870	928	320	445
46	872	930	322	442
47	869	925	325	440
48	865	920	327	437
49	862	916	330	435
50	859	911	332	432
51	855	906	335	430
52	852	902	337	427
53	850	899	340	425
54	850	898	342	422
55	850	897	345	420
56	849	896	347	417
57	849	895	350	415

Vertical no.	Drilling fluid pressures pilot [kN/m ²]			
	Max, deformation	Max, soil cover	Min, left	Min, right
58	849	894	352	412
59	848	893	355	410
60	848	892	357	407
61	848	891	360	405
62	847	890	362	402
63	847	889	365	400
64	847	888	367	397
65	847	887	370	395
66	846	886	372	392
67	845	884	375	390
68	771	793	377	387
69	795	821	380	385
70	803	831	382	382
71	811	840	385	380
72	819	850	387	377
73	828	859	390	375
74	836	869	392	372
75	844	878	395	370
76	852	888	397	367
77	860	897	400	365
78	868	906	402	362
79	876	916	405	360
80	884	925	407	357
81	892	935	410	355
82	900	944	412	352
83	906	950	415	350
84	936	987	417	347
85	940	991	420	345
86	888	926	422	342
87	820	843	425	340
88	822	844	427	337
89	825	847	430	335
90	828	850	432	332
91	830	853	435	330
92	833	855	437	327
93	836	858	440	325
94	838	861	442	322
95	841	864	445	320
96	805	820	447	317
97	780	789	450	315
98	834	853	452	312
99	831	849	455	310
100	829	846	457	307
101	778	785	460	305
102	794	803	462	302
103	812	824	465	300
104	818	830	467	297
105	826	840	470	295
106	827	840	472	292
107	828	841	475	290
108	829	842	477	287
109	830	843	480	285
110	832	844	482	282
111	833	844	485	280
112	834	845	487	277
113	835	846	490	275
114	836	847	492	272
115	837	847	495	270
116	836	845	497	267
117	835	843	500	265
118	834	841	502	262
119	831	838	505	260
120	822	826	507	257
121	784	784	510	255

Vertical no.	Drilling fluid pressures pilot [kN/m ²]			
	Max, deformation	Max, soil cover	Min, left	Min, right
122	798	798	512	252
123	798	798	515	250
124	798	798	517	247
125	797	797	520	245
126	797	797	522	242
127	797	797	525	240
128	796	796	527	237
129	795	795	530	235
130	773	773	531	231
131	725	725	532	227
132	650	650	531	221
133	544	544	529	214
134	398	398	526	206
135	312	312	522	197
136	376	376	517	187
137	214	214	511	175
138	200	200	503	163
139	184	184	495	149
140	168	168	485	134
141	152	152	474	118
142	137	137	462	101
143	131	131	448	82
144	254	254	433	62
145	227	227	418	42
146	171	171	403	21
147	0	0	387	0

Vertical no.	Drilling fluid pressures preream [kN/m ²]			
	Max, deformation	Max, soil cover	Min, left	Min, right
1	172	172	19	21
2	274	274	38	41
3	301	301	57	62
4	296	296	76	83
5	175	175	94	103
6	169	169	111	121
7	181	181	127	139
8	195	195	141	155
9	209	209	155	170
10	223	223	167	183
11	361	361	178	196
12	395	395	187	207
13	340	340	196	217
14	408	408	203	226
15	515	515	210	234
16	594	594	215	241
17	650	650	219	247
18	686	686	222	251
19	702	702	224	255
20	702	702	225	257
21	702	702	226	260
22	702	702	226	262
23	701	701	227	265
24	701	701	228	267
25	700	700	229	270
26	700	700	230	272
27	700	700	231	275
28	699	699	232	277
29	699	699	233	280
30	698	698	234	282
31	649	649	235	285
32	638	638	236	287
33	706	706	237	290
34	704	704	237	292

Vertical no.	Drilling fluid pressures preream [kN/m ²]			
	Max, deformation	Max, soil cover	Min, left	Min, right
35	725	725	238	291
36	737	737	239	290
37	732	732	240	289
38	727	727	241	288
39	741	741	242	287
40	737	737	243	287
41	732	732	244	286
42	728	728	245	285
43	721	721	246	284
44	689	689	247	283
45	713	713	247	282
46	715	715	248	281
47	711	711	249	280
48	708	708	250	279
49	704	704	251	278
50	701	701	252	277
51	697	697	253	277
52	694	694	254	276
53	692	692	255	275
54	691	691	256	274
55	690	690	257	273
56	690	690	258	272
57	689	689	258	271
58	688	688	259	270
59	687	687	260	269
60	687	687	261	268
61	686	686	262	267
62	685	685	263	266
63	685	685	264	266
64	684	684	265	265
65	683	683	266	264
66	682	682	267	263
67	681	681	268	262
68	615	615	268	261
69	635	635	269	260
70	642	642	270	259
71	649	649	271	258
72	656	656	272	257
73	663	663	273	256
74	670	670	274	256
75	676	676	275	255
76	683	683	276	254
77	690	690	277	253
78	697	697	278	252
79	704	704	278	251
80	710	710	279	250
81	717	717	280	249
82	724	724	281	248
83	728	728	282	247
84	755	755	283	246
85	758	758	284	246
86	711	711	285	245
87	650	650	286	244
88	651	651	287	243
89	653	653	288	242
90	655	655	289	241
91	657	657	289	240
92	659	659	290	239
93	661	661	291	238
94	663	663	292	237
95	665	665	293	236
96	634	634	294	235
97	611	611	295	235
98	658	658	296	234

Vertical no.	Drilling fluid pressures preream [kN/m ²]			
	Max, deformation	Max, soil cover	Min, left	Min, right
99	655	655	297	233
100	652	652	298	232
101	608	608	299	231
102	621	621	299	230
103	636	636	300	229
104	641	641	297	228
105	648	648	295	227
106	648	648	292	226
107	649	649	290	225
108	649	649	287	225
109	650	650	285	224
110	650	650	282	223
111	651	651	280	222
112	652	652	277	221
113	652	652	275	220
114	653	653	272	219
115	653	653	270	218
116	652	652	267	217
117	650	650	265	216
118	649	649	262	215
119	646	646	260	215
120	638	638	257	214
121	607	607	255	213
122	618	618	252	212
123	617	617	250	211
124	617	617	247	210
125	617	617	245	209
126	617	617	242	208
127	616	616	240	207
128	616	616	237	206
129	615	615	235	205
130	598	598	231	203
131	562	562	227	200
132	506	506	221	196
133	429	429	214	191
134	324	324	206	185
135	312	312	197	177
136	366	366	187	169
137	216	216	175	159
138	203	203	163	148
139	188	188	149	136
140	173	173	134	123
141	158	158	118	108
142	147	147	101	92
143	151	151	82	75
144	254	254	62	57
145	228	228	42	38
146	165	165	21	19
147	0	0	0	0

Vertical no.	Drilling fluid pressures pull back [kN/m ²]			
	Max, deformation	Max, soil cover	Min, left	Min, right
1	128	128	20	19
2	260	260	40	38
3	304	304	61	57
4	298	298	81	76
5	203	203	100	94
6	184	184	119	111
7	191	191	136	127
8	202	202	151	141
9	215	215	166	155
10	228	228	179	167
11	330	330	191	178

Vertical no.	Drilling fluid pressures pull back [kN/m ²]			
	Max, deformation	Max, soil cover	Min, left	Min, right
12	387	387	202	187
13	239	239	212	196
14	340	340	220	203
15	420	420	228	210
16	480	480	234	215
17	522	522	239	219
18	550	550	244	222
19	562	562	247	224
20	563	563	249	225
21	562	562	251	226
22	562	562	253	226
23	562	562	255	227
24	561	561	257	228
25	561	561	259	229
26	561	561	261	230
27	561	561	263	231
28	560	560	265	232
29	560	560	268	233
30	560	560	270	234
31	523	523	272	235
32	515	515	274	236
33	565	565	276	237
34	564	564	278	237
35	580	580	280	238
36	589	589	282	239
37	585	585	284	240
38	581	581	286	241
39	591	591	287	242
40	588	588	287	243
41	585	585	286	244
42	582	582	285	245
43	577	577	284	246
44	553	553	283	247
45	571	571	282	247
46	572	572	281	248
47	569	569	280	249
48	566	566	279	250
49	564	564	278	251
50	561	561	277	252
51	559	559	277	253
52	556	556	276	254
53	554	554	275	255
54	554	554	274	256
55	553	553	273	257
56	553	553	272	258
57	552	552	271	258
58	552	552	270	259
59	551	551	269	260
60	551	551	268	261
61	550	550	267	262
62	550	550	266	263
63	549	549	266	264
64	549	549	265	265
65	548	548	264	266
66	547	547	263	267
67	546	546	262	268
68	497	497	261	268
69	512	512	260	269
70	518	518	259	270
71	523	523	258	271
72	528	528	257	272
73	533	533	256	273
74	538	538	256	274
75	543	543	255	275

Vertical no.	Drilling fluid pressures pull back [kN/m ²]			
	Max, deformation	Max, soil cover	Min, left	Min, right
76	548	548	254	276
77	553	553	253	277
78	558	558	252	278
79	563	563	251	278
80	568	568	250	279
81	573	573	249	280
82	578	578	248	281
83	581	581	247	282
84	601	601	246	283
85	603	603	246	284
86	568	568	245	285
87	524	524	244	286
88	524	524	243	287
89	526	526	242	288
90	527	527	241	289
91	529	529	240	289
92	530	530	239	290
93	532	532	238	291
94	533	533	237	292
95	535	535	236	293
96	511	511	235	294
97	494	494	235	294
98	529	529	234	292
99	527	527	233	290
100	525	525	232	288
101	492	492	231	286
102	502	502	230	284
103	513	513	229	281
104	517	517	228	279
105	521	521	227	277
106	522	522	226	275
107	522	522	225	273
108	523	523	225	271
109	523	523	224	269
110	523	523	223	267
111	524	524	222	265
112	524	524	221	263
113	525	525	220	261
114	525	525	219	258
115	525	525	218	256
116	524	524	217	254
117	523	523	216	252
118	522	522	215	250
119	520	520	215	248
120	514	514	214	246
121	491	491	213	244
122	499	499	212	242
123	499	499	211	240
124	499	499	210	238
125	499	499	209	235
126	498	498	208	233
127	498	498	207	231
128	498	498	206	229
129	497	497	205	227
130	484	484	203	224
131	457	457	200	220
132	415	415	196	215
133	356	356	191	208
134	337	337	185	201
135	312	312	177	192
136	348	348	169	182
137	220	220	159	171
138	207	207	148	159
139	193	193	136	146

Vertical no.	Drilling fluid pressures pull back [kN/m ²]			
	Max, deformation	Max, soil cover	Min, left	Min, right
140	179	179	123	131
141	167	167	108	116
142	159	159	92	99
143	172	172	75	80
144	255	255	57	61
145	228	228	38	41
146	130	130	19	20
147	0	0	0	0

4.2 Equilibrium between Drilling Fluid Pressure and Pore Pressure

Vertical no.	Static column pressure			
	Drilling fluid [kN/m ²]	Water [kN/m ²]	Safety [-]	Result
1	18	0	-	sufficient
2	36	12	3,03	sufficient
3	54	28	1,92	sufficient
4	72	44	1,62	sufficient
5	89	60	1,49	sufficient
6	105	74	1,41	sufficient
7	120	88	1,37	sufficient
8	133	100	1,33	sufficient
9	145	111	1,31	sufficient
10	156	121	1,29	sufficient
11	166	130	1,28	sufficient
12	175	138	1,27	sufficient
13	183	145	1,26	sufficient
14	189	151	1,25	sufficient
15	194	156	1,25	sufficient
16	198	159	1,24	sufficient
17	201	162	1,24	sufficient
18	203	164	1,24	sufficient
19	204	165	1,24	sufficient
20	204	165	1,24	sufficient
21	204	165	1,24	sufficient
22	204	165	1,23	sufficient
23	204	165	1,23	sufficient
24	204	165	1,23	sufficient
25	203	165	1,23	sufficient
26	203	165	1,23	sufficient
27	203	165	1,23	sufficient
28	203	165	1,23	sufficient
29	203	165	1,23	sufficient
30	203	165	1,23	sufficient
31	203	165	1,23	sufficient
32	203	165	1,23	sufficient
33	202	165	1,23	sufficient
34	202	165	1,23	sufficient
35	202	165	1,23	sufficient
36	202	165	1,22	sufficient
37	202	165	1,22	sufficient
38	202	165	1,22	sufficient
39	202	165	1,22	sufficient
40	202	165	1,22	sufficient
41	201	165	1,22	sufficient
42	201	165	1,22	sufficient
43	201	165	1,22	sufficient
44	201	165	1,22	sufficient
45	201	165	1,22	sufficient
46	201	165	1,22	sufficient
47	201	165	1,22	sufficient
48	201	165	1,22	sufficient
49	200	165	1,21	sufficient
50	200	165	1,21	sufficient

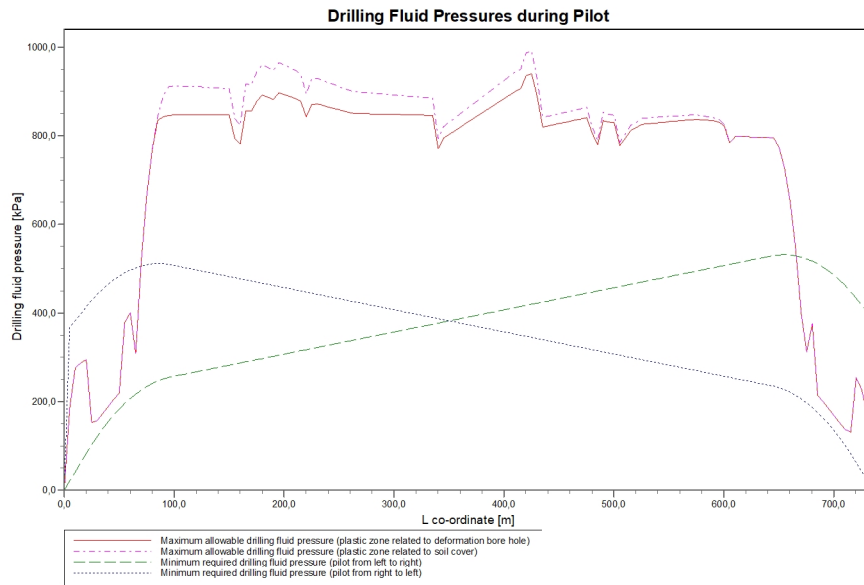
Vertical no.	Static column pressure			Result
	Drilling fluid [kN/m ²]	Water [kN/m ²]	Safety [-]	
51	200	165	1,21	sufficient
52	200	165	1,21	sufficient
53	200	165	1,21	sufficient
54	200	165	1,21	sufficient
55	200	165	1,21	sufficient
56	200	165	1,21	sufficient
57	199	165	1,21	sufficient
58	199	165	1,21	sufficient
59	199	165	1,21	sufficient
60	199	165	1,21	sufficient
61	199	165	1,21	sufficient
62	199	165	1,20	sufficient
63	199	165	1,20	sufficient
64	199	165	1,20	sufficient
65	198	165	1,20	sufficient
66	198	165	1,20	sufficient
67	198	165	1,20	sufficient
68	198	165	1,20	sufficient
69	198	165	1,20	sufficient
70	198	165	1,20	sufficient
71	198	165	1,20	sufficient
72	198	165	1,20	sufficient
73	197	165	1,20	sufficient
74	197	165	1,20	sufficient
75	197	165	1,20	sufficient
76	197	165	1,19	sufficient
77	197	165	1,19	sufficient
78	197	165	1,19	sufficient
79	197	165	1,19	sufficient
80	197	165	1,19	sufficient
81	196	165	1,19	sufficient
82	196	165	1,19	sufficient
83	196	165	1,19	sufficient
84	196	165	1,19	sufficient
85	196	165	1,19	sufficient
86	196	165	1,19	sufficient
87	196	165	1,19	sufficient
88	196	165	1,19	sufficient
89	195	165	1,18	sufficient
90	195	165	1,18	sufficient
91	195	165	1,18	sufficient
92	195	165	1,18	sufficient
93	195	165	1,18	sufficient
94	195	165	1,18	sufficient
95	195	165	1,18	sufficient
96	195	165	1,18	sufficient
97	194	165	1,18	sufficient
98	194	165	1,18	sufficient
99	194	165	1,18	sufficient
100	194	165	1,18	sufficient
101	194	165	1,18	sufficient
102	194	165	1,17	sufficient
103	194	165	1,17	sufficient
104	194	165	1,17	sufficient
105	193	165	1,17	sufficient
106	193	165	1,17	sufficient
107	193	165	1,17	sufficient
108	193	165	1,17	sufficient
109	193	165	1,17	sufficient
110	193	165	1,17	sufficient
111	193	165	1,17	sufficient
112	193	165	1,17	sufficient
113	192	165	1,17	sufficient
114	192	165	1,17	sufficient

Vertical no.	Static column pressure			Result
	Drilling fluid [kN/m ²]	Water [kN/m ²]	Safety [-]	
115	192	165	1,16	sufficient
116	192	165	1,16	sufficient
117	192	165	1,16	sufficient
118	192	165	1,16	sufficient
119	192	165	1,16	sufficient
120	192	165	1,16	sufficient
121	191	165	1,16	sufficient
122	191	165	1,16	sufficient
123	191	165	1,16	sufficient
124	191	165	1,16	sufficient
125	191	165	1,16	sufficient
126	191	165	1,16	sufficient
127	191	165	1,16	sufficient
128	191	165	1,16	sufficient
129	190	165	1,15	sufficient
130	189	164	1,15	sufficient
131	187	162	1,15	sufficient
132	184	159	1,15	sufficient
133	179	155	1,15	sufficient
134	174	151	1,15	sufficient
135	167	145	1,16	sufficient
136	159	138	1,16	sufficient
137	150	130	1,16	sufficient
138	140	121	1,16	sufficient
139	129	111	1,16	sufficient
140	116	100	1,17	sufficient
141	103	87	1,18	sufficient
142	88	74	1,19	sufficient
143	72	60	1,20	sufficient
144	54	44	1,23	sufficient
145	36	28	1,31	sufficient
146	18	11	1,58	sufficient
147	0	0	-	sufficient

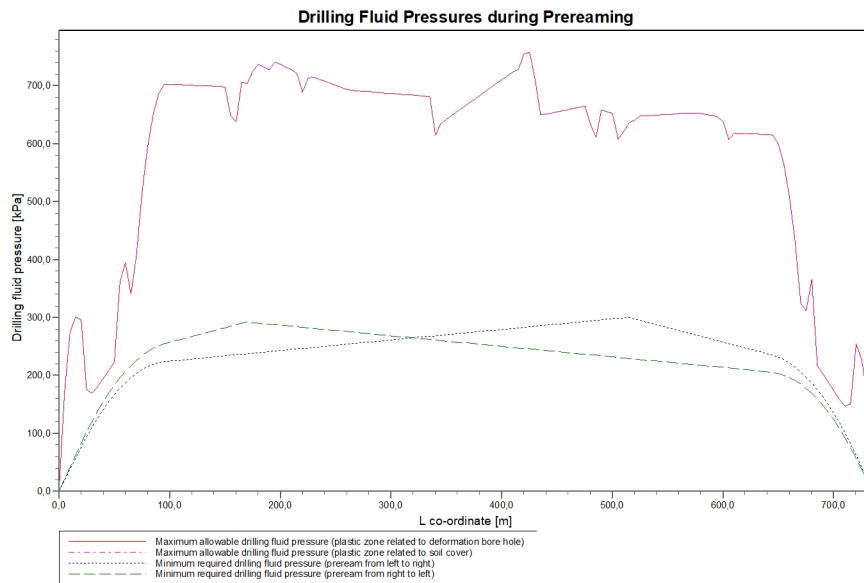
The static drilling fluid pressure is calculated and can be compared with the calculated groundwater pressure. The quotient of the drilling fluid pressure and the groundwater pressure yields the safety factor, which should be higher than the requested factor of safety of 1,10.

4.3 Drilling Fluid Pressure Plots

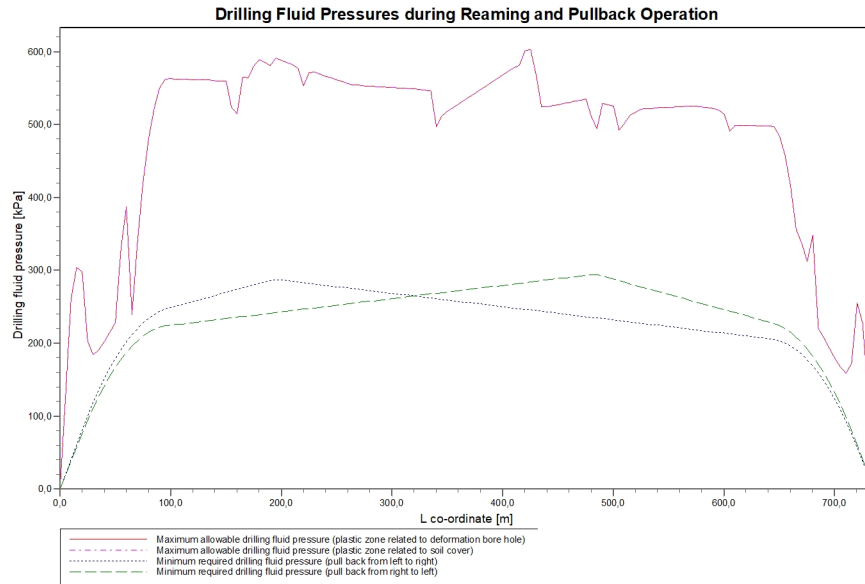
4.3.1 Drilling Fluid Pressures during Pilot



4.3.2 Drilling Fluid Pressures during Prereaming



4.3.3 Drilling Fluid Pressures during Reaming and Pullback Operation



5 Soil Mechanical Data

5.1 Soil Mechanical Parameters Pipe 1: pipe nr. 1

The list with data and issues is shown hereafter:

Note: safety factors not applied.

q_v;p	Passive soil stress	kN/m ²
q_v;n	Neutral soil stress	kN/m ²
q_h;n	Neutral horizontal soil stress	kN/m ²
q_v;r;n	Reduced neutral soil stress	kN/m ²
q_traffic	Traffic load	kN/m ²
q_v;e	Vertical bearing capacity	kN/m ²
q_h;e	Horizontal bearing capacity	kN/m ²
k_v;bot	Vertical modulus of subgrade reaction downward	kN/m ³
k_v;top	Vertical modulus of subgrade reaction upward	kN/m ³
k_h	Horizontal modulus of subgrade reaction	kN/m ³
t_max	Maximal friction pipe-lubricant	kN/m ²
d_max	Displacement at maximal friction	mm

Vertical no.	q_v;p [kN/m ²]	q_v;n [kN/m ²]	q_h;n [kN/m ²]	q_v;r;n [kN/m ²]	q_traffic [kN/m ²]	q_v;e [kN/m ²]
1	59	26	19	26	0	592
2	171	45	33	45	0	987
3	207	59	27	36	0	847
4	237	69	29	38	0	1087
5	408	85	34	45	0	1330
6	477	101	38	51	0	1592
7	540	117	41	55	0	1838
8	586	129	42	57	0	2025
9	628	140	43	58	0	2195
10	663	149	43	58	0	1998
11	485	156	42	57	0	2024
12	494	159	41	55	0	5171
13	1551	136	36	48	0	6404
14	1757	158	39	53	0	7412
15	1829	165	40	55	0	7769
16	1869	170	41	55	0	7967
17	1898	173	38	52	0	8113
18	1917	175	35	47	0	8208
19	1925	176	33	45	0	8251
20	1926	176	33	45	0	8254
21	1926	176	33	45	0	8254
22	1926	176	33	45	0	8254
23	1926	176	34	45	0	8254
24	1926	176	34	45	0	8254
25	1926	176	34	45	0	8254
26	1926	176	34	45	0	8254
27	1926	176	34	46	0	8254
28	1926	176	34	46	0	8254
29	1926	176	34	46	0	8254
30	1926	176	34	46	0	8254
31	1776	159	31	42	0	7494
32	1742	156	31	41	0	7325
33	1953	179	35	47	0	8392
34	1949	178	35	47	0	8373
35	2015	185	36	48	0	8709
36	2053	190	37	49	0	8907
37	2039	188	36	49	0	8834
38	2025	187	36	49	0	8761
39	2067	191	37	50	0	8979
40	2057	190	37	50	0	8926
41	2045	189	37	50	0	8865
42	2032	187	37	49	0	8801
43	2014	185	36	49	0	8704

Vertical no.	q_v;p [kN/m ²]	q_v;n [kN/m ²]	q_h;n [kN/m ²]	q_v;r;n [kN/m ²]	q_traffic [kN/m ²]	q_v;e [kN/m ²]
44	1915	175	34	46	0	8200
45	1991	183	36	49	0	8589
46	1997	183	36	49	0	8617
47	1987	182	36	49	0	8569
48	1978	181	36	48	0	8521
49	1969	180	36	48	0	8473
50	1959	179	36	48	0	8425
51	1950	178	36	48	0	8377
52	1941	177	35	48	0	8330
53	1935	177	35	48	0	8302
54	1934	177	35	48	0	8297
55	1933	177	35	48	0	8293
56	1933	176	35	48	0	8288
57	1932	176	35	48	0	8283
58	1931	176	36	48	0	8279
59	1930	176	36	48	0	8274
60	1929	176	36	48	0	8269
61	1928	176	36	48	0	8265
62	1927	176	36	48	0	8260
63	1926	176	36	48	0	8255
64	1925	176	36	48	0	8251
65	1924	176	36	48	0	8246
66	1923	175	36	48	0	8241
67	1921	175	36	48	0	8227
68	1710	152	32	43	0	7167
69	1777	160	33	45	0	7500
70	1800	162	34	45	0	7618
71	1824	165	34	46	0	7735
72	1847	167	35	47	0	7853
73	1870	170	35	47	0	7970
74	1893	172	36	48	0	8088
75	1916	175	36	49	0	8205
76	1939	177	37	50	0	8323
77	1962	180	37	50	0	8440
78	1985	182	38	51	0	8558
79	2008	185	38	52	0	8675
80	2031	187	39	52	0	8793
81	2053	190	39	53	0	8910
82	2076	192	40	54	0	9028
83	2091	194	40	54	0	9104
84	2177	204	42	57	0	9554
85	2187	205	43	57	0	9610
86	2040	188	39	53	0	8842
87	1849	167	36	48	0	7865
88	1854	168	36	48	0	7888
89	1862	169	36	48	0	7928
90	1870	170	36	49	0	7967
91	1877	170	36	49	0	8007
92	1885	171	37	49	0	8046
93	1893	172	37	50	0	8085
94	1901	173	37	50	0	8125
95	1908	174	37	50	0	8164
96	1807	163	35	47	0	7649
97	1734	155	34	45	0	7285
98	1888	172	37	50	0	8063
99	1879	171	37	50	0	8016
100	1873	170	37	50	0	7984
101	1730	155	34	46	0	7266
102	1773	159	35	47	0	7482
103	1824	165	36	49	0	7737
104	1841	167	36	49	0	7825
105	1865	169	37	50	0	7942
106	1868	169	37	50	0	7958
107	1871	170	37	50	0	7975
108	1874	170	37	50	0	7991

Vertical no.	q_v;p [kN/m ²]	q_v;n [kN/m ²]	q_h;n [kN/m ²]	q_v;r;n [kN/m ²]	q_traffic [kN/m ²]	q_v;e [kN/m ²]
109	1877	170	37	51	0	8007
110	1881	171	38	51	0	8023
111	1884	171	38	51	0	8039
112	1887	171	38	51	0	8055
113	1890	172	38	51	0	8072
114	1893	172	38	51	0	8088
115	1896	172	38	52	0	8100
116	1893	172	38	52	0	8084
117	1889	172	38	52	0	8067
118	1886	171	38	52	0	8050
119	1880	171	38	51	0	8019
120	1852	168	38	51	0	7881
121	1751	157	35	48	0	7369
122	1788	161	36	49	0	7557
123	1789	161	36	49	0	7559
124	1789	161	36	49	0	7562
125	1790	161	37	49	0	7564
126	1790	161	37	49	0	7566
127	1791	161	37	49	0	7569
128	1791	161	37	50	0	7571
129	1791	161	37	50	0	7570
130	1782	160	39	52	0	7528
131	1763	158	39	52	0	7435
132	1734	155	38	52	0	7289
133	1694	151	38	51	0	7092
134	1642	146	37	51	0	6843
135	1580	139	37	50	0	6558
136	423	134	38	51	0	1758
137	406	128	39	52	0	1681
138	547	119	39	52	0	1864
139	507	109	38	51	0	1707
140	462	98	36	48	0	1533
141	412	85	33	45	0	1341
142	355	72	30	40	0	1133
143	277	54	24	32	0	853
144	167	46	20	27	0	718
145	132	34	26	34	0	547
146	45	19	14	19	0	456
147	0	0	0	0	0	71

Vertical no.	q_h;e [kN/m ²]	k_v;bot [kN/m ³]	k_v;top [kN/m ³]	k_h [kN/m ³]	t_max [kN/m ²]	d_max [mm]
1	248	78323	676	54826	0,05	7,5
2	194	4716	3614	3301	0,05	7,5
3	207	3986	4815	2790	0,05	7,5
4	237	15836	3492	11085	0,05	7,5
5	408	17509	13863	12257	0,05	7,5
6	477	19112	17280	13378	0,05	7,5
7	540	20526	18811	14368	0,05	7,5
8	586	21547	19902	15083	0,05	7,5
9	628	17630	20855	12341	0,05	7,5
10	663	8454	21639	5918	0,05	7,5
11	485	87184	17466	61029	0,05	7,5
12	494	205805	10148	144063	0,05	7,5
13	1551	216343	27107	151440	0,05	7,5
14	1757	233323	106006	163326	0,05	7,5
15	1829	239087	177520	167361	0,05	7,5
16	1869	242243	226408	169570	0,05	7,5
17	1898	244551	228843	171186	0,05	7,5
18	1917	246034	230406	172224	0,05	7,5
19	1925	246704	231113	172693	0,05	7,5
20	1926	246749	231160	172724	0,05	7,5
21	1926	246749	231160	172724	0,05	7,5
22	1926	246749	231160	172724	0,05	7,5
23	1926	246749	231160	172724	0,05	7,5

Vertical no.	q _{h;e} [kN/m ²]	k _{v;bot} [kN/m ³]	k _{v;top} [kN/m ³]	k _h [kN/m ³]	t _{max} [kN/m ²]	d _{max} [mm]
24	1926	246749	231160	172724	0,05	7,5
25	1926	246749	231160	172724	0,05	7,5
26	1926	246749	231160	172724	0,05	7,5
27	1926	246749	231160	172724	0,05	7,5
28	1926	246749	231160	172724	0,05	7,5
29	1926	246749	231160	172724	0,05	7,5
30	1926	246749	231160	172724	0,05	7,5
31	1776	234627	218355	164239	0,05	7,5
32	1742	231870	215433	162309	0,05	7,5
33	1953	248904	233429	174233	0,05	7,5
34	1949	248612	233122	174029	0,05	7,5
35	2015	253790	238567	177653	0,05	7,5
36	2053	256795	241723	179757	0,05	7,5
37	2039	255687	240561	178981	0,05	7,5
38	2025	254576	239394	178203	0,05	7,5
39	2067	257879	242861	180516	0,05	7,5
40	2057	257087	242029	179961	0,05	7,5
41	2045	256164	241061	179315	0,05	7,5
42	2032	255195	240044	178637	0,05	7,5
43	2014	253710	238484	177597	0,05	7,5
44	1915	245913	230279	172139	0,05	7,5
45	1991	251945	236629	176362	0,05	7,5
46	1997	252373	237079	176661	0,05	7,5
47	1987	251638	236306	176146	0,05	7,5
48	1978	250900	235530	175630	0,05	7,5
49	1969	250161	234752	175113	0,05	7,5
50	1959	249420	233973	174594	0,05	7,5
51	1950	248677	233191	174074	0,05	7,5
52	1941	247933	232407	173553	0,05	7,5
53	1935	247503	231954	173252	0,05	7,5
54	1934	247430	231878	173201	0,05	7,5
55	1933	247358	231801	173150	0,05	7,5
56	1933	247285	231725	173100	0,05	7,5
57	1932	247213	231648	173049	0,05	7,5
58	1931	247140	231572	172998	0,05	7,5
59	1930	247067	231495	172947	0,05	7,5
60	1929	246994	231419	172896	0,05	7,5
61	1928	246922	231342	172845	0,05	7,5
62	1927	246849	231265	172794	0,05	7,5
63	1926	246776	231189	172743	0,05	7,5
64	1925	246704	231112	172693	0,05	7,5
65	1924	246631	231035	172642	0,05	7,5
66	1923	246558	230959	172591	0,05	7,5
67	1921	246326	230715	172429	0,05	7,5
68	1710	229273	212677	160491	0,05	7,5
69	1777	234735	218470	164315	0,05	7,5
70	1800	236641	220487	165649	0,05	7,5
71	1824	238534	222490	166974	0,05	7,5
72	1847	240416	224479	168291	0,05	7,5
73	1870	242286	226453	169600	0,05	7,5
74	1893	244144	228414	170901	0,05	7,5
75	1916	245991	230361	172194	0,05	7,5
76	1939	247827	232296	173479	0,05	7,5
77	1962	249652	234217	174757	0,05	7,5
78	1985	251467	236126	176027	0,05	7,5
79	2008	253271	238023	177290	0,05	7,5
80	2031	255065	239908	178546	0,05	7,5
81	2053	256849	241780	179795	0,05	7,5
82	2076	258624	243642	181037	0,05	7,5
83	2091	259762	244835	181833	0,05	7,5
84	2177	266444	251833	186511	0,05	7,5
85	2187	267263	252690	187084	0,05	7,5
86	2040	255811	240691	179068	0,05	7,5
87	1849	240617	224691	168432	0,05	7,5
88	1854	240984	225078	168689	0,05	7,5

Vertical no.	q _{h;e} [kN/m ²]	k _{v;bot} [kN/m ³]	k _{v;top} [kN/m ³]	k _h [kN/m ³]	t _{max} [kN/m ²]	d _{max} [mm]
89	1862	241611	225741	169128	0,05	7,5
90	1870	242237	226402	169566	0,05	7,5
91	1877	242862	227061	170003	0,05	7,5
92	1885	243485	227719	170440	0,05	7,5
93	1893	244107	228375	170875	0,05	7,5
94	1901	244728	229030	171310	0,05	7,5
95	1908	245348	229683	171744	0,05	7,5
96	1807	237148	221024	166004	0,05	7,5
97	1734	231211	214734	161848	0,05	7,5
98	1888	243755	228004	170629	0,05	7,5
99	1879	243007	227215	170105	0,05	7,5
100	1873	242510	226690	169757	0,05	7,5
101	1730	230901	214405	161631	0,05	7,5
102	1773	234441	218158	164109	0,05	7,5
103	1824	238571	222529	167000	0,05	7,5
104	1841	239971	224008	167979	0,05	7,5
105	1865	241837	225979	169286	0,05	7,5
106	1868	242098	226255	169469	0,05	7,5
107	1871	242355	226526	169648	0,05	7,5
108	1874	242611	226797	169828	0,05	7,5
109	1877	242867	227067	170007	0,05	7,5
110	1881	243123	227337	170186	0,05	7,5
111	1884	243379	227607	170365	0,05	7,5
112	1887	243634	227876	170544	0,05	7,5
113	1890	243889	228145	170722	0,05	7,5
114	1893	244144	228414	170901	0,05	7,5
115	1896	244344	228625	171041	0,05	7,5
116	1893	244083	228349	170858	0,05	7,5
117	1889	243821	228074	170675	0,05	7,5
118	1886	243547	227784	170483	0,05	7,5
119	1880	243059	227270	170142	0,05	7,5
120	1852	240865	224954	168606	0,05	7,5
121	1751	232596	216203	162818	0,05	7,5
122	1788	235661	219450	164963	0,05	7,5
123	1789	235699	219490	164989	0,05	7,5
124	1789	235737	219530	165016	0,05	7,5
125	1790	235774	219570	165042	0,05	7,5
126	1790	235812	219610	165068	0,05	7,5
127	1791	235849	219650	165095	0,05	7,5
128	1791	235887	219689	165121	0,05	7,5
129	1791	235871	219672	165110	0,05	7,5
130	1782	235191	218953	164634	0,05	7,5
131	1763	233670	217341	163569	0,05	7,5
132	1734	231291	217897	161904	0,05	7,5
133	1694	228030	213323	159621	0,05	7,5
134	1642	223853	57854	156697	0,05	7,5
135	1580	218712	7625	153099	0,05	7,5
136	423	138744	13533	97121	0,05	7,5
137	406	33393	19782	23375	0,05	7,5
138	547	12001	18959	8401	0,05	7,5
139	507	19777	17995	13844	0,05	7,5
140	462	18746	16881	13123	0,05	7,5
141	412	17564	15582	12295	0,05	7,5
142	355	16193	14052	11335	0,05	7,5
143	277	14184	10255	9929	0,05	7,5
144	167	13038	2341	9126	0,05	7,5
145	132	2479	2744	1735	0,05	7,5
146	193	75348	377	52744	0,05	7,5
147	10	51744	0	36221	0,05	7,5

Maximum soil stress : q_{v;n;max} = 205 kN/m²
 Maximum reduced soil stress (incl. traffic loads) : q_{traffic;max} = 58 kN/m²
 Maximum reduced soil stress : q_{v;n;max} = 58 kN/m²
 Max. vertical modulus of subgrade reaction (without safety factor)
 only for verticals in deep situation : k_{v;max} = 267263 kN/m³

Maximum vertical modulus of subgrade reaction (with safety factor)
only for verticals in deep situation : $k_{v;max} = 534526 \text{ kN/m}^3$

5.2 Soil Mechanical Parameters Pipe 2: pipe nr. 2

The list with data and issues is shown hereafter:

Note: safety factors not applied.

q_v;p	Passive soil stress	kN/m ²
q_v;n	Neutral soil stress	kN/m ²
q_h;n	Neutral horizontal soil stress	kN/m ²
q_v;r;n	Reduced neutral soil stress	kN/m ²
q_traffic	Traffic load	kN/m ²
q_v;e	Vertical bearing capacity	kN/m ²
q_h;e	Horizontal bearing capacity	kN/m ²
k_v;bot	Vertical modulus of subgrade reaction downward	kN/m ³
k_v;top	Vertical modulus of subgrade reaction upward	kN/m ³
k_h	Horizontal modulus of subgrade reaction	kN/m ³
t_max	Maximal friction pipe-lubricant	kN/m ²
d_max	Displacement at maximal friction	mm

Vertical no.	q_v;p [kN/m ²]	q_v;n [kN/m ²]	q_h;n [kN/m ²]	q_v;r;n [kN/m ²]	q_traffic [kN/m ²]	q_v;e [kN/m ²]
1	59	26	19	26	0	592
2	171	45	33	45	0	987
3	207	59	27	36	0	847
4	237	69	29	38	0	1087
5	408	85	34	45	0	1330
6	477	101	38	51	0	1592
7	540	117	41	55	0	1838
8	586	129	42	57	0	2025
9	628	140	43	58	0	2195
10	663	149	43	58	0	1998
11	485	156	42	57	0	2024
12	494	159	41	55	0	5171
13	1551	136	36	48	0	6404
14	1757	158	39	53	0	7412
15	1829	165	40	55	0	7769
16	1869	170	41	55	0	7967
17	1898	173	38	52	0	8113
18	1917	175	35	47	0	8208
19	1925	176	33	45	0	8251
20	1926	176	33	45	0	8254
21	1926	176	33	45	0	8254
22	1926	176	33	45	0	8254
23	1926	176	34	45	0	8254
24	1926	176	34	45	0	8254
25	1926	176	34	45	0	8254
26	1926	176	34	45	0	8254
27	1926	176	34	46	0	8254
28	1926	176	34	46	0	8254
29	1926	176	34	46	0	8254
30	1926	176	34	46	0	8254
31	1776	159	31	42	0	7494
32	1742	156	31	41	0	7325
33	1953	179	35	47	0	8392
34	1949	178	35	47	0	8373
35	2015	185	36	48	0	8709
36	2053	190	37	49	0	8907
37	2039	188	36	49	0	8834
38	2025	187	36	49	0	8761
39	2067	191	37	50	0	8979
40	2057	190	37	50	0	8926
41	2045	189	37	50	0	8865
42	2032	187	37	49	0	8801
43	2014	185	36	49	0	8704

Vertical no.	q_v;p [kN/m ²]	q_v;n [kN/m ²]	q_h;n [kN/m ²]	q_v;r;n [kN/m ²]	q_traffic [kN/m ²]	q_v;e [kN/m ²]
44	1915	175	34	46	0	8200
45	1991	183	36	49	0	8589
46	1997	183	36	49	0	8617
47	1987	182	36	49	0	8569
48	1978	181	36	48	0	8521
49	1969	180	36	48	0	8473
50	1959	179	36	48	0	8425
51	1950	178	36	48	0	8377
52	1941	177	35	48	0	8330
53	1935	177	35	48	0	8302
54	1934	177	35	48	0	8297
55	1933	177	35	48	0	8293
56	1933	176	35	48	0	8288
57	1932	176	35	48	0	8283
58	1931	176	36	48	0	8279
59	1930	176	36	48	0	8274
60	1929	176	36	48	0	8269
61	1928	176	36	48	0	8265
62	1927	176	36	48	0	8260
63	1926	176	36	48	0	8255
64	1925	176	36	48	0	8251
65	1924	176	36	48	0	8246
66	1923	175	36	48	0	8241
67	1921	175	36	48	0	8227
68	1710	152	32	43	0	7167
69	1777	160	33	45	0	7500
70	1800	162	34	45	0	7618
71	1824	165	34	46	0	7735
72	1847	167	35	47	0	7853
73	1870	170	35	47	0	7970
74	1893	172	36	48	0	8088
75	1916	175	36	49	0	8205
76	1939	177	37	50	0	8323
77	1962	180	37	50	0	8440
78	1985	182	38	51	0	8558
79	2008	185	38	52	0	8675
80	2031	187	39	52	0	8793
81	2053	190	39	53	0	8910
82	2076	192	40	54	0	9028
83	2091	194	40	54	0	9104
84	2177	204	42	57	0	9554
85	2187	205	43	57	0	9610
86	2040	188	39	53	0	8842
87	1849	167	36	48	0	7865
88	1854	168	36	48	0	7888
89	1862	169	36	48	0	7928
90	1870	170	36	49	0	7967
91	1877	170	36	49	0	8007
92	1885	171	37	49	0	8046
93	1893	172	37	50	0	8085
94	1901	173	37	50	0	8125
95	1908	174	37	50	0	8164
96	1807	163	35	47	0	7649
97	1734	155	34	45	0	7285
98	1888	172	37	50	0	8063
99	1879	171	37	50	0	8016
100	1873	170	37	50	0	7984
101	1730	155	34	46	0	7266
102	1773	159	35	47	0	7482
103	1824	165	36	49	0	7737
104	1841	167	36	49	0	7825
105	1865	169	37	50	0	7942
106	1868	169	37	50	0	7958
107	1871	170	37	50	0	7975
108	1874	170	37	50	0	7991

Vertical no.	q_v;p [kN/m ²]	q_v;n [kN/m ²]	q_h;n [kN/m ²]	q_v;r;n [kN/m ²]	q_traffic [kN/m ²]	q_v;e [kN/m ²]
109	1877	170	37	51	0	8007
110	1881	171	38	51	0	8023
111	1884	171	38	51	0	8039
112	1887	171	38	51	0	8055
113	1890	172	38	51	0	8072
114	1893	172	38	51	0	8088
115	1896	172	38	52	0	8100
116	1893	172	38	52	0	8084
117	1889	172	38	52	0	8067
118	1886	171	38	52	0	8050
119	1880	171	38	51	0	8019
120	1852	168	38	51	0	7881
121	1751	157	35	48	0	7369
122	1788	161	36	49	0	7557
123	1789	161	36	49	0	7559
124	1789	161	36	49	0	7562
125	1790	161	37	49	0	7564
126	1790	161	37	49	0	7566
127	1791	161	37	49	0	7569
128	1791	161	37	50	0	7571
129	1791	161	37	50	0	7570
130	1782	160	39	52	0	7528
131	1763	158	39	52	0	7435
132	1734	155	38	52	0	7289
133	1694	151	38	51	0	7092
134	1642	146	37	51	0	6843
135	1580	139	37	50	0	6558
136	423	134	38	51	0	1758
137	406	128	39	52	0	1681
138	547	119	39	52	0	1864
139	507	109	38	51	0	1707
140	462	98	36	48	0	1533
141	412	85	33	45	0	1341
142	355	72	30	40	0	1133
143	277	54	24	32	0	853
144	167	46	20	27	0	718
145	132	34	26	34	0	547
146	45	19	14	19	0	456
147	0	0	0	0	0	71

Vertical no.	q_h;e [kN/m ²]	k_v;bot [kN/m ³]	k_v;top [kN/m ³]	k_h [kN/m ³]	t_max [kN/m ²]	d_max [mm]
1	248	78323	676	54826	0,05	7,5
2	194	4716	3614	3301	0,05	7,5
3	207	3986	4815	2790	0,05	7,5
4	237	15836	3492	11085	0,05	7,5
5	408	17509	13863	12257	0,05	7,5
6	477	19112	17280	13378	0,05	7,5
7	540	20526	18811	14368	0,05	7,5
8	586	21547	19902	15083	0,05	7,5
9	628	17630	20855	12341	0,05	7,5
10	663	8454	21639	5918	0,05	7,5
11	485	87184	17466	61029	0,05	7,5
12	494	205805	10148	144063	0,05	7,5
13	1551	216343	27107	151440	0,05	7,5
14	1757	233323	106006	163326	0,05	7,5
15	1829	239087	177520	167361	0,05	7,5
16	1869	242243	226408	169570	0,05	7,5
17	1898	244551	228843	171186	0,05	7,5
18	1917	246034	230406	172224	0,05	7,5
19	1925	246704	231113	172693	0,05	7,5
20	1926	246749	231160	172724	0,05	7,5
21	1926	246749	231160	172724	0,05	7,5
22	1926	246749	231160	172724	0,05	7,5
23	1926	246749	231160	172724	0,05	7,5

Vertical no.	q _{h;e} [kN/m ²]	k _{v;bot} [kN/m ³]	k _{v;top} [kN/m ³]	k _h [kN/m ³]	t _{max} [kN/m ²]	d _{max} [mm]
24	1926	246749	231160	172724	0,05	7,5
25	1926	246749	231160	172724	0,05	7,5
26	1926	246749	231160	172724	0,05	7,5
27	1926	246749	231160	172724	0,05	7,5
28	1926	246749	231160	172724	0,05	7,5
29	1926	246749	231160	172724	0,05	7,5
30	1926	246749	231160	172724	0,05	7,5
31	1776	234627	218355	164239	0,05	7,5
32	1742	231870	215433	162309	0,05	7,5
33	1953	248904	233429	174233	0,05	7,5
34	1949	248612	233122	174029	0,05	7,5
35	2015	253790	238567	177653	0,05	7,5
36	2053	256795	241723	179757	0,05	7,5
37	2039	255687	240561	178981	0,05	7,5
38	2025	254576	239394	178203	0,05	7,5
39	2067	257879	242861	180516	0,05	7,5
40	2057	257087	242029	179961	0,05	7,5
41	2045	256164	241061	179315	0,05	7,5
42	2032	255195	240044	178637	0,05	7,5
43	2014	253710	238484	177597	0,05	7,5
44	1915	245913	230279	172139	0,05	7,5
45	1991	251945	236629	176362	0,05	7,5
46	1997	252373	237079	176661	0,05	7,5
47	1987	251638	236306	176146	0,05	7,5
48	1978	250900	235530	175630	0,05	7,5
49	1969	250161	234752	175113	0,05	7,5
50	1959	249420	233973	174594	0,05	7,5
51	1950	248677	233191	174074	0,05	7,5
52	1941	247933	232407	173553	0,05	7,5
53	1935	247503	231954	173252	0,05	7,5
54	1934	247430	231878	173201	0,05	7,5
55	1933	247358	231801	173150	0,05	7,5
56	1933	247285	231725	173100	0,05	7,5
57	1932	247213	231648	173049	0,05	7,5
58	1931	247140	231572	172998	0,05	7,5
59	1930	247067	231495	172947	0,05	7,5
60	1929	246994	231419	172896	0,05	7,5
61	1928	246922	231342	172845	0,05	7,5
62	1927	246849	231265	172794	0,05	7,5
63	1926	246776	231189	172743	0,05	7,5
64	1925	246704	231112	172693	0,05	7,5
65	1924	246631	231035	172642	0,05	7,5
66	1923	246558	230959	172591	0,05	7,5
67	1921	246326	230715	172429	0,05	7,5
68	1710	229273	212677	160491	0,05	7,5
69	1777	234735	218470	164315	0,05	7,5
70	1800	236641	220487	165649	0,05	7,5
71	1824	238534	222490	166974	0,05	7,5
72	1847	240416	224479	168291	0,05	7,5
73	1870	242286	226453	169600	0,05	7,5
74	1893	244144	228414	170901	0,05	7,5
75	1916	245991	230361	172194	0,05	7,5
76	1939	247827	232296	173479	0,05	7,5
77	1962	249652	234217	174757	0,05	7,5
78	1985	251467	236126	176027	0,05	7,5
79	2008	253271	238023	177290	0,05	7,5
80	2031	255065	239908	178546	0,05	7,5
81	2053	256849	241780	179795	0,05	7,5
82	2076	258624	243642	181037	0,05	7,5
83	2091	259762	244835	181833	0,05	7,5
84	2177	266444	251833	186511	0,05	7,5
85	2187	267263	252690	187084	0,05	7,5
86	2040	255811	240691	179068	0,05	7,5
87	1849	240617	224691	168432	0,05	7,5
88	1854	240984	225078	168689	0,05	7,5

Vertical no.	q _{h;e} [kN/m ²]	k _{v;bot} [kN/m ³]	k _{v;top} [kN/m ³]	k _h [kN/m ³]	t _{max} [kN/m ²]	d _{max} [mm]
89	1862	241611	225741	169128	0,05	7,5
90	1870	242237	226402	169566	0,05	7,5
91	1877	242862	227061	170003	0,05	7,5
92	1885	243485	227719	170440	0,05	7,5
93	1893	244107	228375	170875	0,05	7,5
94	1901	244728	229030	171310	0,05	7,5
95	1908	245348	229683	171744	0,05	7,5
96	1807	237148	221024	166004	0,05	7,5
97	1734	231211	214734	161848	0,05	7,5
98	1888	243755	228004	170629	0,05	7,5
99	1879	243007	227215	170105	0,05	7,5
100	1873	242510	226690	169757	0,05	7,5
101	1730	230901	214405	161631	0,05	7,5
102	1773	234441	218158	164109	0,05	7,5
103	1824	238571	222529	167000	0,05	7,5
104	1841	239971	224008	167979	0,05	7,5
105	1865	241837	225979	169286	0,05	7,5
106	1868	242098	226255	169469	0,05	7,5
107	1871	242355	226526	169648	0,05	7,5
108	1874	242611	226797	169828	0,05	7,5
109	1877	242867	227067	170007	0,05	7,5
110	1881	243123	227337	170186	0,05	7,5
111	1884	243379	227607	170365	0,05	7,5
112	1887	243634	227876	170544	0,05	7,5
113	1890	243889	228145	170722	0,05	7,5
114	1893	244144	228414	170901	0,05	7,5
115	1896	244344	228625	171041	0,05	7,5
116	1893	244083	228349	170858	0,05	7,5
117	1889	243821	228074	170675	0,05	7,5
118	1886	243547	227784	170483	0,05	7,5
119	1880	243059	227270	170142	0,05	7,5
120	1852	240865	224954	168606	0,05	7,5
121	1751	232596	216203	162818	0,05	7,5
122	1788	235661	219450	164963	0,05	7,5
123	1789	235699	219490	164989	0,05	7,5
124	1789	235737	219530	165016	0,05	7,5
125	1790	235774	219570	165042	0,05	7,5
126	1790	235812	219610	165068	0,05	7,5
127	1791	235849	219650	165095	0,05	7,5
128	1791	235887	219689	165121	0,05	7,5
129	1791	235871	219672	165110	0,05	7,5
130	1782	235191	218953	164634	0,05	7,5
131	1763	233670	217341	163569	0,05	7,5
132	1734	231291	217897	161904	0,05	7,5
133	1694	228030	213323	159621	0,05	7,5
134	1642	223853	57854	156697	0,05	7,5
135	1580	218712	7625	153099	0,05	7,5
136	423	138744	13533	97121	0,05	7,5
137	406	33393	19782	23375	0,05	7,5
138	547	12001	18959	8401	0,05	7,5
139	507	19777	17995	13844	0,05	7,5
140	462	18746	16881	13123	0,05	7,5
141	412	17564	15582	12295	0,05	7,5
142	355	16193	14052	11335	0,05	7,5
143	277	14184	10255	9929	0,05	7,5
144	167	13038	2341	9126	0,05	7,5
145	132	2479	2744	1735	0,05	7,5
146	193	75348	377	52744	0,05	7,5
147	10	51744	0	36221	0,05	7,5

Maximum soil stress : q_{v;n;max} = 205 kN/m²
 Maximum reduced soil stress (incl. traffic loads) : q_{traffic;max} = 58 kN/m²
 Maximum reduced soil stress : q_{v;n;max} = 58 kN/m²
 Max. vertical modulus of subgrade reaction (without safety factor)
 only for verticals in deep situation : k_{v;max} = 267263 kN/m³

Maximum vertical modulus of subgrade reaction (with safety factor)
only for verticals in deep situation : $k_{v;max} = 534526 \text{ kN/m}^3$

5.3 Soil Mechanical Parameters Pipe 3: pipe nr. 3

The list with data and issues is shown hereafter:

Note: safety factors not applied.

q_v;p	Passive soil stress	kN/m ²
q_v;n	Neutral soil stress	kN/m ²
q_h;n	Neutral horizontal soil stress	kN/m ²
q_v;r;n	Reduced neutral soil stress	kN/m ²
q_traffic	Traffic load	kN/m ²
q_v;e	Vertical bearing capacity	kN/m ²
q_h;e	Horizontal bearing capacity	kN/m ²
k_v;bot	Vertical modulus of subgrade reaction downward	kN/m ³
k_v;top	Vertical modulus of subgrade reaction upward	kN/m ³
k_h	Horizontal modulus of subgrade reaction	kN/m ³
t_max	Maximal friction pipe-lubricant	kN/m ²
d_max	Displacement at maximal friction	mm

Vertical no.	q_v;p [kN/m ²]	q_v;n [kN/m ²]	q_h;n [kN/m ²]	q_v;r;n [kN/m ²]	q_traffic [kN/m ²]	q_v;e [kN/m ²]
1	59	26	19	26	0	592
2	171	45	33	45	0	987
3	207	59	27	36	0	847
4	237	69	29	38	0	1087
5	408	85	34	45	0	1330
6	477	101	38	51	0	1592
7	540	117	41	55	0	1838
8	586	129	42	57	0	2025
9	628	140	43	58	0	2195
10	663	149	43	58	0	1998
11	485	156	42	57	0	2024
12	494	159	41	55	0	5171
13	1551	136	36	48	0	6404
14	1757	158	39	53	0	7412
15	1829	165	40	55	0	7769
16	1869	170	41	55	0	7967
17	1898	173	38	52	0	8113
18	1917	175	35	47	0	8208
19	1925	176	33	45	0	8251
20	1926	176	33	45	0	8254
21	1926	176	33	45	0	8254
22	1926	176	33	45	0	8254
23	1926	176	34	45	0	8254
24	1926	176	34	45	0	8254
25	1926	176	34	45	0	8254
26	1926	176	34	45	0	8254
27	1926	176	34	46	0	8254
28	1926	176	34	46	0	8254
29	1926	176	34	46	0	8254
30	1926	176	34	46	0	8254
31	1776	159	31	42	0	7494
32	1742	156	31	41	0	7325
33	1953	179	35	47	0	8392
34	1949	178	35	47	0	8373
35	2015	185	36	48	0	8709
36	2053	190	37	49	0	8907
37	2039	188	36	49	0	8834
38	2025	187	36	49	0	8761
39	2067	191	37	50	0	8979
40	2057	190	37	50	0	8926
41	2045	189	37	50	0	8865
42	2032	187	37	49	0	8801
43	2014	185	36	49	0	8704

Vertical no.	q_v;p [kN/m ²]	q_v;n [kN/m ²]	q_h;n [kN/m ²]	q_v;r;n [kN/m ²]	q_traffic [kN/m ²]	q_v;e [kN/m ²]
44	1915	175	34	46	0	8200
45	1991	183	36	49	0	8589
46	1997	183	36	49	0	8617
47	1987	182	36	49	0	8569
48	1978	181	36	48	0	8521
49	1969	180	36	48	0	8473
50	1959	179	36	48	0	8425
51	1950	178	36	48	0	8377
52	1941	177	35	48	0	8330
53	1935	177	35	48	0	8302
54	1934	177	35	48	0	8297
55	1933	177	35	48	0	8293
56	1933	176	35	48	0	8288
57	1932	176	35	48	0	8283
58	1931	176	36	48	0	8279
59	1930	176	36	48	0	8274
60	1929	176	36	48	0	8269
61	1928	176	36	48	0	8265
62	1927	176	36	48	0	8260
63	1926	176	36	48	0	8255
64	1925	176	36	48	0	8251
65	1924	176	36	48	0	8246
66	1923	175	36	48	0	8241
67	1921	175	36	48	0	8227
68	1710	152	32	43	0	7167
69	1777	160	33	45	0	7500
70	1800	162	34	45	0	7618
71	1824	165	34	46	0	7735
72	1847	167	35	47	0	7853
73	1870	170	35	47	0	7970
74	1893	172	36	48	0	8088
75	1916	175	36	49	0	8205
76	1939	177	37	50	0	8323
77	1962	180	37	50	0	8440
78	1985	182	38	51	0	8558
79	2008	185	38	52	0	8675
80	2031	187	39	52	0	8793
81	2053	190	39	53	0	8910
82	2076	192	40	54	0	9028
83	2091	194	40	54	0	9104
84	2177	204	42	57	0	9554
85	2187	205	43	57	0	9610
86	2040	188	39	53	0	8842
87	1849	167	36	48	0	7865
88	1854	168	36	48	0	7888
89	1862	169	36	48	0	7928
90	1870	170	36	49	0	7967
91	1877	170	36	49	0	8007
92	1885	171	37	49	0	8046
93	1893	172	37	50	0	8085
94	1901	173	37	50	0	8125
95	1908	174	37	50	0	8164
96	1807	163	35	47	0	7649
97	1734	155	34	45	0	7285
98	1888	172	37	50	0	8063
99	1879	171	37	50	0	8016
100	1873	170	37	50	0	7984
101	1730	155	34	46	0	7266
102	1773	159	35	47	0	7482
103	1824	165	36	49	0	7737
104	1841	167	36	49	0	7825
105	1865	169	37	50	0	7942
106	1868	169	37	50	0	7958
107	1871	170	37	50	0	7975
108	1874	170	37	50	0	7991

Vertical no.	q_v;p [kN/m ²]	q_v;n [kN/m ²]	q_h;n [kN/m ²]	q_v;r;n [kN/m ²]	q_traffic [kN/m ²]	q_v;e [kN/m ²]
109	1877	170	37	51	0	8007
110	1881	171	38	51	0	8023
111	1884	171	38	51	0	8039
112	1887	171	38	51	0	8055
113	1890	172	38	51	0	8072
114	1893	172	38	51	0	8088
115	1896	172	38	52	0	8100
116	1893	172	38	52	0	8084
117	1889	172	38	52	0	8067
118	1886	171	38	52	0	8050
119	1880	171	38	51	0	8019
120	1852	168	38	51	0	7881
121	1751	157	35	48	0	7369
122	1788	161	36	49	0	7557
123	1789	161	36	49	0	7559
124	1789	161	36	49	0	7562
125	1790	161	37	49	0	7564
126	1790	161	37	49	0	7566
127	1791	161	37	49	0	7569
128	1791	161	37	50	0	7571
129	1791	161	37	50	0	7570
130	1782	160	39	52	0	7528
131	1763	158	39	52	0	7435
132	1734	155	38	52	0	7289
133	1694	151	38	51	0	7092
134	1642	146	37	51	0	6843
135	1580	139	37	50	0	6558
136	423	134	38	51	0	1758
137	406	128	39	52	0	1681
138	547	119	39	52	0	1864
139	507	109	38	51	0	1707
140	462	98	36	48	0	1533
141	412	85	33	45	0	1341
142	355	72	30	40	0	1133
143	277	54	24	32	0	853
144	167	46	20	27	0	718
145	132	34	26	34	0	547
146	45	19	14	19	0	456
147	0	0	0	0	0	71

Vertical no.	q_h;e [kN/m ²]	k_v;bot [kN/m ³]	k_v;top [kN/m ³]	k_h [kN/m ³]	t_max [kN/m ²]	d_max [mm]
1	248	78323	676	54826	0,05	7,5
2	194	4716	3614	3301	0,05	7,5
3	207	3986	4815	2790	0,05	7,5
4	237	15836	3492	11085	0,05	7,5
5	408	17509	13863	12257	0,05	7,5
6	477	19112	17280	13378	0,05	7,5
7	540	20526	18811	14368	0,05	7,5
8	586	21547	19902	15083	0,05	7,5
9	628	17630	20855	12341	0,05	7,5
10	663	8454	21639	5918	0,05	7,5
11	485	87184	17466	61029	0,05	7,5
12	494	205805	10148	144063	0,05	7,5
13	1551	216343	27107	151440	0,05	7,5
14	1757	233323	106006	163326	0,05	7,5
15	1829	239087	177520	167361	0,05	7,5
16	1869	242243	226408	169570	0,05	7,5
17	1898	244551	228843	171186	0,05	7,5
18	1917	246034	230406	172224	0,05	7,5
19	1925	246704	231113	172693	0,05	7,5
20	1926	246749	231160	172724	0,05	7,5
21	1926	246749	231160	172724	0,05	7,5
22	1926	246749	231160	172724	0,05	7,5
23	1926	246749	231160	172724	0,05	7,5

Vertical no.	q _{h;e} [kN/m ²]	k _{v;bot} [kN/m ³]	k _{v;top} [kN/m ³]	k _h [kN/m ³]	t _{max} [kN/m ²]	d _{max} [mm]
24	1926	246749	231160	172724	0,05	7,5
25	1926	246749	231160	172724	0,05	7,5
26	1926	246749	231160	172724	0,05	7,5
27	1926	246749	231160	172724	0,05	7,5
28	1926	246749	231160	172724	0,05	7,5
29	1926	246749	231160	172724	0,05	7,5
30	1926	246749	231160	172724	0,05	7,5
31	1776	234627	218355	164239	0,05	7,5
32	1742	231870	215433	162309	0,05	7,5
33	1953	248904	233429	174233	0,05	7,5
34	1949	248612	233122	174029	0,05	7,5
35	2015	253790	238567	177653	0,05	7,5
36	2053	256795	241723	179757	0,05	7,5
37	2039	255687	240561	178981	0,05	7,5
38	2025	254576	239394	178203	0,05	7,5
39	2067	257879	242861	180516	0,05	7,5
40	2057	257087	242029	179961	0,05	7,5
41	2045	256164	241061	179315	0,05	7,5
42	2032	255195	240044	178637	0,05	7,5
43	2014	253710	238484	177597	0,05	7,5
44	1915	245913	230279	172139	0,05	7,5
45	1991	251945	236629	176362	0,05	7,5
46	1997	252373	237079	176661	0,05	7,5
47	1987	251638	236306	176146	0,05	7,5
48	1978	250900	235530	175630	0,05	7,5
49	1969	250161	234752	175113	0,05	7,5
50	1959	249420	233973	174594	0,05	7,5
51	1950	248677	233191	174074	0,05	7,5
52	1941	247933	232407	173553	0,05	7,5
53	1935	247503	231954	173252	0,05	7,5
54	1934	247430	231878	173201	0,05	7,5
55	1933	247358	231801	173150	0,05	7,5
56	1933	247285	231725	173100	0,05	7,5
57	1932	247213	231648	173049	0,05	7,5
58	1931	247140	231572	172998	0,05	7,5
59	1930	247067	231495	172947	0,05	7,5
60	1929	246994	231419	172896	0,05	7,5
61	1928	246922	231342	172845	0,05	7,5
62	1927	246849	231265	172794	0,05	7,5
63	1926	246776	231189	172743	0,05	7,5
64	1925	246704	231112	172693	0,05	7,5
65	1924	246631	231035	172642	0,05	7,5
66	1923	246558	230959	172591	0,05	7,5
67	1921	246326	230715	172429	0,05	7,5
68	1710	229273	212677	160491	0,05	7,5
69	1777	234735	218470	164315	0,05	7,5
70	1800	236641	220487	165649	0,05	7,5
71	1824	238534	222490	166974	0,05	7,5
72	1847	240416	224479	168291	0,05	7,5
73	1870	242286	226453	169600	0,05	7,5
74	1893	244144	228414	170901	0,05	7,5
75	1916	245991	230361	172194	0,05	7,5
76	1939	247827	232296	173479	0,05	7,5
77	1962	249652	234217	174757	0,05	7,5
78	1985	251467	236126	176027	0,05	7,5
79	2008	253271	238023	177290	0,05	7,5
80	2031	255065	239908	178546	0,05	7,5
81	2053	256849	241780	179795	0,05	7,5
82	2076	258624	243642	181037	0,05	7,5
83	2091	259762	244835	181833	0,05	7,5
84	2177	266444	251833	186511	0,05	7,5
85	2187	267263	252690	187084	0,05	7,5
86	2040	255811	240691	179068	0,05	7,5
87	1849	240617	224691	168432	0,05	7,5
88	1854	240984	225078	168689	0,05	7,5

Vertical no.	q _{h;e} [kN/m ²]	k _{v;bot} [kN/m ³]	k _{v;top} [kN/m ³]	k _h [kN/m ³]	t _{max} [kN/m ²]	d _{max} [mm]
89	1862	241611	225741	169128	0,05	7,5
90	1870	242237	226402	169566	0,05	7,5
91	1877	242862	227061	170003	0,05	7,5
92	1885	243485	227719	170440	0,05	7,5
93	1893	244107	228375	170875	0,05	7,5
94	1901	244728	229030	171310	0,05	7,5
95	1908	245348	229683	171744	0,05	7,5
96	1807	237148	221024	166004	0,05	7,5
97	1734	231211	214734	161848	0,05	7,5
98	1888	243755	228004	170629	0,05	7,5
99	1879	243007	227215	170105	0,05	7,5
100	1873	242510	226690	169757	0,05	7,5
101	1730	230901	214405	161631	0,05	7,5
102	1773	234441	218158	164109	0,05	7,5
103	1824	238571	222529	167000	0,05	7,5
104	1841	239971	224008	167979	0,05	7,5
105	1865	241837	225979	169286	0,05	7,5
106	1868	242098	226255	169469	0,05	7,5
107	1871	242355	226526	169648	0,05	7,5
108	1874	242611	226797	169828	0,05	7,5
109	1877	242867	227067	170007	0,05	7,5
110	1881	243123	227337	170186	0,05	7,5
111	1884	243379	227607	170365	0,05	7,5
112	1887	243634	227876	170544	0,05	7,5
113	1890	243889	228145	170722	0,05	7,5
114	1893	244144	228414	170901	0,05	7,5
115	1896	244344	228625	171041	0,05	7,5
116	1893	244083	228349	170858	0,05	7,5
117	1889	243821	228074	170675	0,05	7,5
118	1886	243547	227784	170483	0,05	7,5
119	1880	243059	227270	170142	0,05	7,5
120	1852	240865	224954	168606	0,05	7,5
121	1751	232596	216203	162818	0,05	7,5
122	1788	235661	219450	164963	0,05	7,5
123	1789	235699	219490	164989	0,05	7,5
124	1789	235737	219530	165016	0,05	7,5
125	1790	235774	219570	165042	0,05	7,5
126	1790	235812	219610	165068	0,05	7,5
127	1791	235849	219650	165095	0,05	7,5
128	1791	235887	219689	165121	0,05	7,5
129	1791	235871	219672	165110	0,05	7,5
130	1782	235191	218953	164634	0,05	7,5
131	1763	233670	217341	163569	0,05	7,5
132	1734	231291	217897	161904	0,05	7,5
133	1694	228030	213323	159621	0,05	7,5
134	1642	223853	57854	156697	0,05	7,5
135	1580	218712	7625	153099	0,05	7,5
136	423	138744	13533	97121	0,05	7,5
137	406	33393	19782	23375	0,05	7,5
138	547	12001	18959	8401	0,05	7,5
139	507	19777	17995	13844	0,05	7,5
140	462	18746	16881	13123	0,05	7,5
141	412	17564	15582	12295	0,05	7,5
142	355	16193	14052	11335	0,05	7,5
143	277	14184	10255	9929	0,05	7,5
144	167	13038	2341	9126	0,05	7,5
145	132	2479	2744	1735	0,05	7,5
146	193	75348	377	52744	0,05	7,5
147	10	51744	0	36221	0,05	7,5

Maximum soil stress : q_{v;n;max} = 205 kN/m²
 Maximum reduced soil stress (incl. traffic loads) : q_{traffic;max} = 58 kN/m²
 Maximum reduced soil stress : q_{v;n;max} = 58 kN/m²
 Max. vertical modulus of subgrade reaction (without safety factor)
 only for verticals in deep situation : k_{v;max} = 267263 kN/m³

Maximum vertical modulus of subgrade reaction (with safety factor)
only for verticals in deep situation : $k_{v;max} = 534526 \text{ kN/m}^3$

5.4 Soil Mechanical Parameters Pipe 4: pipe nr. 4

The list with data and issues is shown hereafter:

Note: safety factors not applied.

q_v;p	Passive soil stress	kN/m ²
q_v;n	Neutral soil stress	kN/m ²
q_h;n	Neutral horizontal soil stress	kN/m ²
q_v;r;n	Reduced neutral soil stress	kN/m ²
q_traffic	Traffic load	kN/m ²
q_v;e	Vertical bearing capacity	kN/m ²
q_h;e	Horizontal bearing capacity	kN/m ²
k_v;bot	Vertical modulus of subgrade reaction downward	kN/m ³
k_v;top	Vertical modulus of subgrade reaction upward	kN/m ³
k_h	Horizontal modulus of subgrade reaction	kN/m ³
t_max	Maximal friction pipe-lubricant	kN/m ²
d_max	Displacement at maximal friction	mm

Vertical no.	q_v;p [kN/m ²]	q_v;n [kN/m ²]	q_h;n [kN/m ²]	q_v;r;n [kN/m ²]	q_traffic [kN/m ²]	q_v;e [kN/m ²]
1	59	26	19	26	0	592
2	171	45	33	45	0	987
3	207	59	27	36	0	847
4	237	69	29	38	0	1087
5	408	85	34	45	0	1330
6	477	101	38	51	0	1592
7	540	117	41	55	0	1838
8	586	129	42	57	0	2025
9	628	140	43	58	0	2195
10	663	149	43	58	0	1998
11	485	156	42	57	0	2024
12	494	159	41	55	0	5171
13	1551	136	36	48	0	6404
14	1757	158	39	53	0	7412
15	1829	165	40	55	0	7769
16	1869	170	41	55	0	7967
17	1898	173	38	52	0	8113
18	1917	175	35	47	0	8208
19	1925	176	33	45	0	8251
20	1926	176	33	45	0	8254
21	1926	176	33	45	0	8254
22	1926	176	33	45	0	8254
23	1926	176	34	45	0	8254
24	1926	176	34	45	0	8254
25	1926	176	34	45	0	8254
26	1926	176	34	45	0	8254
27	1926	176	34	46	0	8254
28	1926	176	34	46	0	8254
29	1926	176	34	46	0	8254
30	1926	176	34	46	0	8254
31	1776	159	31	42	0	7494
32	1742	156	31	41	0	7325
33	1953	179	35	47	0	8392
34	1949	178	35	47	0	8373
35	2015	185	36	48	0	8709
36	2053	190	37	49	0	8907
37	2039	188	36	49	0	8834
38	2025	187	36	49	0	8761
39	2067	191	37	50	0	8979
40	2057	190	37	50	0	8926
41	2045	189	37	50	0	8865
42	2032	187	37	49	0	8801
43	2014	185	36	49	0	8704

Vertical no.	q_v;p [kN/m ²]	q_v;n [kN/m ²]	q_h;n [kN/m ²]	q_v;r;n [kN/m ²]	q_traffic [kN/m ²]	q_v;e [kN/m ²]
44	1915	175	34	46	0	8200
45	1991	183	36	49	0	8589
46	1997	183	36	49	0	8617
47	1987	182	36	49	0	8569
48	1978	181	36	48	0	8521
49	1969	180	36	48	0	8473
50	1959	179	36	48	0	8425
51	1950	178	36	48	0	8377
52	1941	177	35	48	0	8330
53	1935	177	35	48	0	8302
54	1934	177	35	48	0	8297
55	1933	177	35	48	0	8293
56	1933	176	35	48	0	8288
57	1932	176	35	48	0	8283
58	1931	176	36	48	0	8279
59	1930	176	36	48	0	8274
60	1929	176	36	48	0	8269
61	1928	176	36	48	0	8265
62	1927	176	36	48	0	8260
63	1926	176	36	48	0	8255
64	1925	176	36	48	0	8251
65	1924	176	36	48	0	8246
66	1923	175	36	48	0	8241
67	1921	175	36	48	0	8227
68	1710	152	32	43	0	7167
69	1777	160	33	45	0	7500
70	1800	162	34	45	0	7618
71	1824	165	34	46	0	7735
72	1847	167	35	47	0	7853
73	1870	170	35	47	0	7970
74	1893	172	36	48	0	8088
75	1916	175	36	49	0	8205
76	1939	177	37	50	0	8323
77	1962	180	37	50	0	8440
78	1985	182	38	51	0	8558
79	2008	185	38	52	0	8675
80	2031	187	39	52	0	8793
81	2053	190	39	53	0	8910
82	2076	192	40	54	0	9028
83	2091	194	40	54	0	9104
84	2177	204	42	57	0	9554
85	2187	205	43	57	0	9610
86	2040	188	39	53	0	8842
87	1849	167	36	48	0	7865
88	1854	168	36	48	0	7888
89	1862	169	36	48	0	7928
90	1870	170	36	49	0	7967
91	1877	170	36	49	0	8007
92	1885	171	37	49	0	8046
93	1893	172	37	50	0	8085
94	1901	173	37	50	0	8125
95	1908	174	37	50	0	8164
96	1807	163	35	47	0	7649
97	1734	155	34	45	0	7285
98	1888	172	37	50	0	8063
99	1879	171	37	50	0	8016
100	1873	170	37	50	0	7984
101	1730	155	34	46	0	7266
102	1773	159	35	47	0	7482
103	1824	165	36	49	0	7737
104	1841	167	36	49	0	7825
105	1865	169	37	50	0	7942
106	1868	169	37	50	0	7958
107	1871	170	37	50	0	7975
108	1874	170	37	50	0	7991

Vertical no.	q_v;p [kN/m ²]	q_v;n [kN/m ²]	q_h;n [kN/m ²]	q_v;r;n [kN/m ²]	q_traffic [kN/m ²]	q_v;e [kN/m ²]
109	1877	170	37	51	0	8007
110	1881	171	38	51	0	8023
111	1884	171	38	51	0	8039
112	1887	171	38	51	0	8055
113	1890	172	38	51	0	8072
114	1893	172	38	51	0	8088
115	1896	172	38	52	0	8100
116	1893	172	38	52	0	8084
117	1889	172	38	52	0	8067
118	1886	171	38	52	0	8050
119	1880	171	38	51	0	8019
120	1852	168	38	51	0	7881
121	1751	157	35	48	0	7369
122	1788	161	36	49	0	7557
123	1789	161	36	49	0	7559
124	1789	161	36	49	0	7562
125	1790	161	37	49	0	7564
126	1790	161	37	49	0	7566
127	1791	161	37	49	0	7569
128	1791	161	37	50	0	7571
129	1791	161	37	50	0	7570
130	1782	160	39	52	0	7528
131	1763	158	39	52	0	7435
132	1734	155	38	52	0	7289
133	1694	151	38	51	0	7092
134	1642	146	37	51	0	6843
135	1580	139	37	50	0	6558
136	423	134	38	51	0	1758
137	406	128	39	52	0	1681
138	547	119	39	52	0	1864
139	507	109	38	51	0	1707
140	462	98	36	48	0	1533
141	412	85	33	45	0	1341
142	355	72	30	40	0	1133
143	277	54	24	32	0	853
144	167	46	20	27	0	718
145	132	34	26	34	0	547
146	45	19	14	19	0	456
147	0	0	0	0	0	71

Vertical no.	q_h;e [kN/m ²]	k_v;bot [kN/m ³]	k_v;top [kN/m ³]	k_h [kN/m ³]	t_max [kN/m ²]	d_max [mm]
1	248	78323	676	54826	0,05	7,5
2	194	4716	3614	3301	0,05	7,5
3	207	3986	4815	2790	0,05	7,5
4	237	15836	3492	11085	0,05	7,5
5	408	17509	13863	12257	0,05	7,5
6	477	19112	17280	13378	0,05	7,5
7	540	20526	18811	14368	0,05	7,5
8	586	21547	19902	15083	0,05	7,5
9	628	17630	20855	12341	0,05	7,5
10	663	8454	21639	5918	0,05	7,5
11	485	87184	17466	61029	0,05	7,5
12	494	205805	10148	144063	0,05	7,5
13	1551	216343	27107	151440	0,05	7,5
14	1757	233323	106006	163326	0,05	7,5
15	1829	239087	177520	167361	0,05	7,5
16	1869	242243	226408	169570	0,05	7,5
17	1898	244551	228843	171186	0,05	7,5
18	1917	246034	230406	172224	0,05	7,5
19	1925	246704	231113	172693	0,05	7,5
20	1926	246749	231160	172724	0,05	7,5
21	1926	246749	231160	172724	0,05	7,5
22	1926	246749	231160	172724	0,05	7,5
23	1926	246749	231160	172724	0,05	7,5

Vertical no.	q _{h;e} [kN/m ²]	k _{v;bot} [kN/m ³]	k _{v;top} [kN/m ³]	k _h [kN/m ³]	t _{max} [kN/m ²]	d _{max} [mm]
24	1926	246749	231160	172724	0,05	7,5
25	1926	246749	231160	172724	0,05	7,5
26	1926	246749	231160	172724	0,05	7,5
27	1926	246749	231160	172724	0,05	7,5
28	1926	246749	231160	172724	0,05	7,5
29	1926	246749	231160	172724	0,05	7,5
30	1926	246749	231160	172724	0,05	7,5
31	1776	234627	218355	164239	0,05	7,5
32	1742	231870	215433	162309	0,05	7,5
33	1953	248904	233429	174233	0,05	7,5
34	1949	248612	233122	174029	0,05	7,5
35	2015	253790	238567	177653	0,05	7,5
36	2053	256795	241723	179757	0,05	7,5
37	2039	255687	240561	178981	0,05	7,5
38	2025	254576	239394	178203	0,05	7,5
39	2067	257879	242861	180516	0,05	7,5
40	2057	257087	242029	179961	0,05	7,5
41	2045	256164	241061	179315	0,05	7,5
42	2032	255195	240044	178637	0,05	7,5
43	2014	253710	238484	177597	0,05	7,5
44	1915	245913	230279	172139	0,05	7,5
45	1991	251945	236629	176362	0,05	7,5
46	1997	252373	237079	176661	0,05	7,5
47	1987	251638	236306	176146	0,05	7,5
48	1978	250900	235530	175630	0,05	7,5
49	1969	250161	234752	175113	0,05	7,5
50	1959	249420	233973	174594	0,05	7,5
51	1950	248677	233191	174074	0,05	7,5
52	1941	247933	232407	173553	0,05	7,5
53	1935	247503	231954	173252	0,05	7,5
54	1934	247430	231878	173201	0,05	7,5
55	1933	247358	231801	173150	0,05	7,5
56	1933	247285	231725	173100	0,05	7,5
57	1932	247213	231648	173049	0,05	7,5
58	1931	247140	231572	172998	0,05	7,5
59	1930	247067	231495	172947	0,05	7,5
60	1929	246994	231419	172896	0,05	7,5
61	1928	246922	231342	172845	0,05	7,5
62	1927	246849	231265	172794	0,05	7,5
63	1926	246776	231189	172743	0,05	7,5
64	1925	246704	231112	172693	0,05	7,5
65	1924	246631	231035	172642	0,05	7,5
66	1923	246558	230959	172591	0,05	7,5
67	1921	246326	230715	172429	0,05	7,5
68	1710	229273	212677	160491	0,05	7,5
69	1777	234735	218470	164315	0,05	7,5
70	1800	236641	220487	165649	0,05	7,5
71	1824	238534	222490	166974	0,05	7,5
72	1847	240416	224479	168291	0,05	7,5
73	1870	242286	226453	169600	0,05	7,5
74	1893	244144	228414	170901	0,05	7,5
75	1916	245991	230361	172194	0,05	7,5
76	1939	247827	232296	173479	0,05	7,5
77	1962	249652	234217	174757	0,05	7,5
78	1985	251467	236126	176027	0,05	7,5
79	2008	253271	238023	177290	0,05	7,5
80	2031	255065	239908	178546	0,05	7,5
81	2053	256849	241780	179795	0,05	7,5
82	2076	258624	243642	181037	0,05	7,5
83	2091	259762	244835	181833	0,05	7,5
84	2177	266444	251833	186511	0,05	7,5
85	2187	267263	252690	187084	0,05	7,5
86	2040	255811	240691	179068	0,05	7,5
87	1849	240617	224691	168432	0,05	7,5
88	1854	240984	225078	168689	0,05	7,5

Vertical no.	q _{h;e} [kN/m ²]	k _{v;bot} [kN/m ³]	k _{v;top} [kN/m ³]	k _h [kN/m ³]	t _{max} [kN/m ²]	d _{max} [mm]
89	1862	241611	225741	169128	0,05	7,5
90	1870	242237	226402	169566	0,05	7,5
91	1877	242862	227061	170003	0,05	7,5
92	1885	243485	227719	170440	0,05	7,5
93	1893	244107	228375	170875	0,05	7,5
94	1901	244728	229030	171310	0,05	7,5
95	1908	245348	229683	171744	0,05	7,5
96	1807	237148	221024	166004	0,05	7,5
97	1734	231211	214734	161848	0,05	7,5
98	1888	243755	228004	170629	0,05	7,5
99	1879	243007	227215	170105	0,05	7,5
100	1873	242510	226690	169757	0,05	7,5
101	1730	230901	214405	161631	0,05	7,5
102	1773	234441	218158	164109	0,05	7,5
103	1824	238571	222529	167000	0,05	7,5
104	1841	239971	224008	167979	0,05	7,5
105	1865	241837	225979	169286	0,05	7,5
106	1868	242098	226255	169469	0,05	7,5
107	1871	242355	226526	169648	0,05	7,5
108	1874	242611	226797	169828	0,05	7,5
109	1877	242867	227067	170007	0,05	7,5
110	1881	243123	227337	170186	0,05	7,5
111	1884	243379	227607	170365	0,05	7,5
112	1887	243634	227876	170544	0,05	7,5
113	1890	243889	228145	170722	0,05	7,5
114	1893	244144	228414	170901	0,05	7,5
115	1896	244344	228625	171041	0,05	7,5
116	1893	244083	228349	170858	0,05	7,5
117	1889	243821	228074	170675	0,05	7,5
118	1886	243547	227784	170483	0,05	7,5
119	1880	243059	227270	170142	0,05	7,5
120	1852	240865	224954	168606	0,05	7,5
121	1751	232596	216203	162818	0,05	7,5
122	1788	235661	219450	164963	0,05	7,5
123	1789	235699	219490	164989	0,05	7,5
124	1789	235737	219530	165016	0,05	7,5
125	1790	235774	219570	165042	0,05	7,5
126	1790	235812	219610	165068	0,05	7,5
127	1791	235849	219650	165095	0,05	7,5
128	1791	235887	219689	165121	0,05	7,5
129	1791	235871	219672	165110	0,05	7,5
130	1782	235191	218953	164634	0,05	7,5
131	1763	233670	217341	163569	0,05	7,5
132	1734	231291	217897	161904	0,05	7,5
133	1694	228030	213323	159621	0,05	7,5
134	1642	223853	57854	156697	0,05	7,5
135	1580	218712	7625	153099	0,05	7,5
136	423	138744	13533	97121	0,05	7,5
137	406	33393	19782	23375	0,05	7,5
138	547	12001	18959	8401	0,05	7,5
139	507	19777	17995	13844	0,05	7,5
140	462	18746	16881	13123	0,05	7,5
141	412	17564	15582	12295	0,05	7,5
142	355	16193	14052	11335	0,05	7,5
143	277	14184	10255	9929	0,05	7,5
144	167	13038	2341	9126	0,05	7,5
145	132	2479	2744	1735	0,05	7,5
146	193	75348	377	52744	0,05	7,5
147	10	51744	0	36221	0,05	7,5

Maximum soil stress : q_{v;n;max} = 205 kN/m²
 Maximum reduced soil stress (incl. traffic loads) : q_{traffic;max} = 58 kN/m²
 Maximum reduced soil stress : q_{v;n;max} = 58 kN/m²
 Max. vertical modulus of subgrade reaction (without safety factor)
 only for verticals in deep situation : k_{v;max} = 267263 kN/m³

Maximum vertical modulus of subgrade reaction (with safety factor)
only for verticals in deep situation

: $k_{v;max} = 534526 \text{ kN/m}^3$

5.5 Young's Modulus per Layer per Vertical

Layer number	Material name	Type of determination
9	Klei, sterk zandig	Calculated with E100
8	Klei, sterk zandig	Calculated with E100
7	Klei, zwak zandig, matig	Calculated with E100
6	Klei, zwak zandig, matig	Calculated with E100
5	Zand, kleiig, los	Calculated with E100
4	Zand, kleiig, los	Calculated with E100
3	Zand, kleiig, los	Calculated with E100
2	Klei, matig	Calculated with E100
1	Zand, schoon, vast	Calculated with E100

Layer number	Vertical 1 (L=5,003 m)		Vertical 2 (L=10,006 m)		Vertical 3 (L=15,009 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
9	0,000	1,806	0,000	1,801	0,000	1,797
8	1,806	3,355	1,801	3,294	1,797	3,234
7	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
6	2,013	2,376	1,977	2,342	1,940	2,307
5	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
4	8,644	10,086	8,565	10,018	8,485	9,950
3	10,086	12,360	10,018	12,306	9,950	12,253
2	4,210	4,525	4,181	4,496	4,152	4,467
1	96,965	137,584	96,579	137,306	96,191	137,027

Layer number	Vertical 4 (L=20,012 m)		Vertical 5 (L=25,015 m)		Vertical 6 (L=30,018 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
9	0,000	1,792	0,000	1,879	0,000	2,058
8	1,792	3,173	1,879	3,192	2,058	3,293
7	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
6	1,904	2,272	1,915	2,283	1,976	2,341
5	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
4	8,405	9,882	8,430	9,903	8,563	10,016
3	9,882	12,199	9,903	12,217	10,016	12,312
2	4,123	4,438	4,133	4,448	4,184	4,498
1	95,802	136,748	95,933	136,834	96,604	137,299

Layer number	Vertical 7 (L=35,021 m)		Vertical 8 (L=40,024 m)		Vertical 9 (L=45,027 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
9	0,000	2,238	0,000	2,259	0,000	2,278
8	2,238	3,397	2,259	3,383	2,278	3,369
7	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
6	2,038	2,401	2,030	2,393	2,022	2,385
5	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
4	8,700	10,134	8,682	10,118	8,663	10,102
3	10,134	12,409	10,118	12,398	10,102	12,386
2	4,237	4,550	4,231	4,544	4,225	4,537
1	97,298	137,782	97,215	137,717	97,131	137,652

Layer number	Vertical 10 (L=50,03 m)		Vertical 11 (L=55,033 m)		Vertical 12 (L=60,036 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
9	0,000	2,271	0,000	2,255	0,000	2,136
8	2,271	3,332	2,255	3,286	2,136	3,146
7	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
6	1,999	2,363	1,972	2,337	1,888	2,256
5	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
4	8,615	10,061	8,555	10,009	8,369	9,851
3	10,061	12,354	10,009	12,314	9,851	12,187

Layer number	Vertical 10 (L=50,03 m)		Vertical 11 (L=55,033 m)		Vertical 12 (L=60,036 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
2	4,207	4,520	4,186	4,498	4,117	4,430
1	96,897	137,481	96,604	137,269	95,695	136,624

Layer number	Vertical 13 (L=65,039 m)		Vertical 14 (L=70,042 m)		Vertical 15 (L=75,045 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
9	0,000	0,533	0,000	1,483	0,000	1,643
8	0,533	1,748	1,483	2,497	1,643	2,605
7	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
6	1,049	1,467	1,498	1,886	1,563	1,947
5	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
4	6,395	8,240	7,483	9,110	7,633	9,234
3	8,240	10,928	9,110	11,600	9,234	11,699
2	3,458	3,784	3,804	4,123	3,856	4,174
1	86,715	130,485	91,491	133,700	92,195	134,177

Layer number	Vertical 16 (L=80,048 m)		Vertical 17 (L=85,051 m)		Vertical 18 (L=90,054 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
9	0,000	1,680	0,000	1,717	0,000	1,754
8	1,680	2,605	1,717	2,605	1,754	2,605
7	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
6	1,563	1,947	1,563	1,947	1,563	1,947
5	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
4	7,633	9,234	7,633	9,234	7,633	9,234
3	9,234	11,701	9,234	11,703	9,234	11,704
2	3,857	4,175	3,858	4,175	3,859	4,176
1	92,204	134,177	92,213	134,177	92,222	134,177

Layer number	Vertical 19 (L=95,057 m)		Vertical 20 (L=100,06 m)		Vertical 21 (L=105,063 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
9	0,000	1,790	0,000	1,827	0,000	1,863
8	1,790	2,605	1,827	2,605	1,863	2,605
7	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
6	1,563	1,947	1,563	1,947	1,563	1,947
5	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
4	7,633	9,234	7,633	9,234	7,633	9,234
3	9,234	11,706	9,234	11,708	9,234	11,710
2	3,860	4,177	3,861	4,177	3,862	4,178
1	92,231	134,177	92,240	134,177	92,250	134,177

Layer number	Vertical 22 (L=110,066 m)		Vertical 23 (L=115,069 m)		Vertical 24 (L=120,072 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
9	0,000	1,899	0,000	1,935	0,000	1,971
8	1,899	2,605	1,935	2,605	1,971	2,605
7	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
6	1,563	1,947	1,563	1,947	1,563	1,947
5	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
4	7,633	9,234	7,633	9,234	7,633	9,234
3	9,234	11,711	9,234	11,713	9,234	11,715
2	3,863	4,179	3,864	4,179	3,865	4,180
1	92,259	134,177	92,268	134,177	92,277	134,177

Layer number	Vertical 25 (L=125,075 m)		Vertical 26 (L=130,078 m)		Vertical 27 (L=135,081 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
9	0,000	2,007	0,000	2,042	0,000	2,078
8	2,007	2,605	2,042	2,605	2,078	2,605
7	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
6	1,563	1,947	1,563	1,947	1,563	1,947
5	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
4	7,633	9,234	7,633	9,234	7,633	9,234

Layer number	Vertical 25 (L=125,075 m)		Vertical 26 (L=130,078 m)		Vertical 27 (L=135,081 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
3	9,234	11,717	9,234	11,718	9,234	11,720
2	3,866	4,181	3,866	4,181	3,867	4,182
1	92,286	134,177	92,295	134,177	92,304	134,177

Layer number	Vertical 28 (L=140,084 m)		Vertical 29 (L=145,087 m)		Vertical 30 (L=150,09 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
9	0,000	2,113	0,000	2,148	0,000	2,183
8	2,113	2,605	2,148	2,605	2,183	2,605
7	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
6	1,563	1,947	1,563	1,947	1,563	1,947
5	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
4	7,633	9,234	7,633	9,234	7,633	9,234
3	9,234	11,722	9,234	11,724	9,234	11,725
2	3,868	4,183	3,869	4,183	3,870	4,184
1	92,313	134,177	92,323	134,177	92,332	134,177

Layer number	Vertical 31 (L=155,093 m)		Vertical 32 (L=160,096 m)		Vertical 33 (L=165,099 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
9	0,000	1,376	0,000	1,213	0,000	2,429
8	1,376	1,806	1,213	1,617	2,429	2,743
7	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
6	1,084	1,499	0,970	1,395	1,646	2,026
5	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
4	6,481	8,307	6,196	8,087	7,824	9,392
3	8,307	11,012	8,087	10,849	9,392	11,856
2	3,500	3,821	3,418	3,740	3,939	4,251
1	87,248	130,724	86,087	129,946	93,256	134,795

Layer number	Vertical 34 (L=170,102 m)		Vertical 35 (L=175,105 m)		Vertical 36 (L=180,108 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
9	0,000	2,444	0,000	2,815	0,000	3,040
8	2,444	2,725	2,815	3,054	3,040	3,244
7	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
6	1,635	2,015	1,833	2,204	1,946	2,313
5	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
4	7,799	9,371	8,246	9,747	8,499	9,961
3	9,371	11,841	9,747	12,142	9,961	12,317
2	3,931	4,243	4,093	4,401	4,187	4,494
1	93,144	134,712	95,298	136,204	96,545	137,074

Layer number	Vertical 37 (L=185,111 m)		Vertical 38 (L=190,114 m)		Vertical 39 (L=195,117 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
9	0,000	3,002	0,000	2,963	0,000	3,205
8	3,002	3,174	2,963	3,104	3,205	3,312
7	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
6	1,905	2,272	1,862	2,232	1,987	2,352
5	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
4	8,406	9,883	8,313	9,803	8,589	10,038
3	9,883	12,255	9,803	12,192	10,038	12,384
2	4,153	4,460	4,120	4,427	4,224	4,529
1	96,098	136,753	95,649	136,431	97,017	137,388

Layer number	Vertical 40 (L=200,12 m)		Vertical 41 (L=205,123 m)		Vertical 42 (L=210,126 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
9	0,000	3,186	0,000	3,160	0,000	3,130
8	3,186	3,262	3,160	3,204	3,130	3,143
7	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
6	1,957	2,323	1,923	2,290	1,886	2,255
5	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.

Layer number	Vertical 40 (L=200,12 m)		Vertical 41 (L=205,123 m)		Vertical 42 (L=210,126 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
4	8,523	9,982	8,446	9,917	8,365	9,848
3	9,982	12,340	9,917	12,289	9,848	12,235
2	4,200	4,505	4,172	4,478	4,143	4,449
1	96,700	137,158	96,329	136,891	95,939	136,610

Layer number	Vertical 43 (L=215,129 m)		Vertical 44 (L=220,132 m)		Vertical 45 (L=225,135 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
9	0,000	3,049	0,000	2,551	0,000	2,937
8	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
7	1,830	1,838	1,531	1,553	1,762	1,797
6	1,838	2,201	1,553	1,917	1,797	2,137
5	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
4	8,240	9,741	7,558	9,172	8,089	9,614
3	9,741	12,151	9,172	11,701	9,614	12,053
2	4,097	4,404	3,857	4,168	4,044	4,351
1	95,336	136,181	92,111	133,937	94,624	135,671

Layer number	Vertical 46 (L=230,138 m)		Vertical 47 (L=235,141 m)		Vertical 48 (L=240,144 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
9	0,000	2,964	0,000	2,918	0,000	2,871
8	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
7	1,779	1,827	1,751	1,813	1,722	1,798
6	1,827	2,152	1,813	2,126	1,798	2,099
5	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
4	8,126	9,645	8,062	9,592	7,999	9,538
3	9,645	12,079	9,592	12,038	9,538	11,997
2	4,059	4,365	4,037	4,343	4,015	4,322
1	94,810	135,795	94,515	135,583	94,218	135,370

Layer number	Vertical 49 (L=245,147 m)		Vertical 50 (L=250,15 m)		Vertical 51 (L=255,153 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
9	0,000	2,824	0,000	2,776	0,000	2,729
8	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
7	1,694	1,784	1,666	1,770	1,637	1,755
6	1,784	2,072	1,770	2,045	1,755	2,018
5	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
4	7,934	9,484	7,870	9,430	7,804	9,376
3	9,484	11,956	9,430	11,915	9,376	11,874
2	3,993	4,300	3,971	4,278	3,949	4,256
1	93,921	135,157	93,623	134,944	93,324	134,730

Layer number	Vertical 52 (L=260,156 m)		Vertical 53 (L=265,159 m)		Vertical 54 (L=270,162 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
9	0,000	2,681	0,000	2,653	0,000	2,649
8	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
7	1,609	1,741	1,592	1,738	1,589	1,749
6	1,741	1,991	1,738	1,975	1,749	1,972
5	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
4	7,738	9,321	7,700	9,289	7,694	9,284
3	9,321	11,832	9,289	11,809	9,284	11,807
2	3,927	4,234	3,914	4,222	3,913	4,220
1	93,024	134,516	92,855	134,393	92,834	134,372

Layer number	Vertical 55 (L=275,165 m)		Vertical 56 (L=280,168 m)		Vertical 57 (L=285,171 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
9	0,000	2,644	0,000	2,639	0,000	2,635
8	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
7	1,586	1,760	1,584	1,770	1,581	1,781
6	1,760	1,970	1,770	1,967	1,781	1,964

Layer number	Vertical 55 (L=275,165 m)		Vertical 56 (L=280,168 m)		Vertical 57 (L=285,171 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
5	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
4	7,687	9,279	7,681	9,273	7,674	9,268
3	9,279	11,804	9,273	11,802	9,268	11,799
2	3,912	4,219	3,911	4,217	3,909	4,216
1	92,812	134,351	92,791	134,331	92,770	134,310

Layer number	Vertical 58 (L=290,174 m)		Vertical 59 (L=295,177 m)		Vertical 60 (L=300,18 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
9	0,000	2,630	0,000	2,625	0,000	2,621
8	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
7	1,578	1,792	1,575	1,803	1,572	1,814
6	1,792	1,962	1,803	1,959	1,814	1,956
5	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
4	7,668	9,263	7,661	9,257	7,655	9,252
3	9,263	11,797	9,257	11,794	9,252	11,792
2	3,908	4,214	3,907	4,213	3,905	4,211
1	92,749	134,289	92,728	134,268	92,707	134,247

Layer number	Vertical 61 (L=305,183 m)		Vertical 62 (L=310,186 m)		Vertical 63 (L=315,189 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
9	0,000	2,616	0,000	2,611	0,000	2,607
8	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
7	1,570	1,824	1,567	1,835	1,564	1,846
6	1,824	1,954	1,835	1,951	1,846	1,948
5	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
4	7,648	9,246	7,642	9,241	7,635	9,236
3	9,246	11,789	9,241	11,787	9,236	11,784
2	3,904	4,210	3,903	4,208	3,901	4,207
1	92,686	134,226	92,665	134,205	92,643	134,185

Layer number	Vertical 64 (L=320,192 m)		Vertical 65 (L=325,195 m)		Vertical 66 (L=330,198 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
9	0,000	2,602	0,000	2,597	0,000	2,593
8	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
7	1,561	1,857	1,558	1,867	1,556	1,878
6	1,857	1,946	1,867	1,943	1,878	1,940
5	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
4	7,629	9,230	7,622	9,225	7,616	9,219
3	9,230	11,782	9,225	11,779	9,219	11,777
2	3,900	4,205	3,899	4,203	3,897	4,202
1	92,622	134,164	92,601	134,143	92,580	134,122

Layer number	Vertical 67 (L=335,201 m)		Vertical 68 (L=340,204 m)		Vertical 69 (L=345,207 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
9	0,000	2,578	0,000	1,436	0,000	1,813
8	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
7	1,547	1,883	0,862	1,257	1,088	1,479
6	1,883	1,932	1,257	1,296	1,479	1,503
5	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
4	7,595	9,202	5,918	7,876	6,492	8,315
3	9,202	11,765	7,876	10,761	8,315	11,089
2	3,891	4,196	3,374	3,688	3,539	3,850
1	92,493	134,056	85,336	129,215	87,659	130,755

Layer number	Vertical 70 (L=350,21 m)		Vertical 71 (L=355,213 m)		Vertical 72 (L=360,216 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
9	0,000	1,942	0,000	2,068	0,000	2,193
8	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
7	1,165	1,565	1,241	1,645	1,316	1,714

Layer number	Vertical 70 (L=350,21 m)		Vertical 71 (L=355,213 m)		Vertical 72 (L=360,216 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
6	1,565	1,574	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
5	n.a.	n.a.	6,868	6,885	7,049	7,115
4	6,683	8,465	6,885	8,612	7,115	8,757
3	8,465	11,203	8,612	11,317	8,757	11,429
2	3,598	3,908	3,657	3,965	3,715	4,021
1	88,472	131,294	89,277	131,832	90,074	132,367

Layer number	Vertical 73 (L=365,219 m)		Vertical 74 (L=370,222 m)		Vertical 75 (L=375,225 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
9	0,000	2,315	0,000	2,436	0,000	2,556
8	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
7	1,389	1,783	1,462	1,852	1,534	1,919
6	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
5	7,225	7,338	7,397	7,554	7,565	7,764
4	7,338	8,899	7,554	9,039	7,764	9,177
3	8,899	11,540	9,039	11,650	9,177	11,759
2	3,773	4,078	3,831	4,135	3,888	4,191
1	90,865	132,900	91,649	133,431	92,426	133,959

Layer number	Vertical 76 (L=380,228 m)		Vertical 77 (L=385,231 m)		Vertical 78 (L=390,234 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
9	0,000	2,674	0,000	2,791	0,000	2,907
8	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
7	1,605	1,987	1,675	2,053	1,744	2,119
6	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
5	7,729	7,969	7,890	8,169	8,048	8,363
4	7,969	9,313	8,169	9,447	8,363	9,579
3	9,313	11,868	9,447	11,975	9,579	12,081
2	3,946	4,247	4,003	4,303	4,060	4,358
1	93,197	134,486	93,962	135,011	94,720	135,533

Layer number	Vertical 79 (L=395,237 m)		Vertical 80 (L=400,24 m)		Vertical 81 (L=405,243 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
9	0,000	3,021	0,000	3,135	0,000	3,247
8	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
7	1,813	2,185	1,881	2,250	1,948	2,315
6	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
5	8,202	8,554	8,354	8,740	8,503	8,922
4	8,554	9,710	8,740	9,838	8,922	9,965
3	9,710	12,186	9,838	12,291	9,965	12,394
2	4,116	4,414	4,173	4,469	4,229	4,524
1	95,472	136,054	96,219	136,573	96,959	137,089

Layer number	Vertical 82 (L=410,246 m)		Vertical 83 (L=415,249 m)		Vertical 84 (L=420,252 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
9	0,000	3,359	0,000	3,430	0,000	3,847
8	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
7	2,015	2,379	2,058	2,420	2,308	2,661
6	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
5	8,650	9,101	8,743	9,228	9,277	9,772
4	9,101	10,091	9,228	10,171	9,772	10,633
3	10,091	12,497	10,171	12,563	10,633	12,942
2	4,285	4,579	4,322	4,615	4,532	4,822
1	97,694	137,604	98,168	137,935	100,896	139,883

Layer number	Vertical 85 (L=425,255 m)		Vertical 86 (L=430,258 m)		Vertical 87 (L=435,261 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
9	0,000	3,898	0,000	3,182	0,000	2,206
8	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.

Layer number	Vertical 85 (L=425,255 m)		Vertical 86 (L=430,258 m)		Vertical 87 (L=435,261 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
7	2,339	2,690	1,909	2,277	1,323	1,722
6	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
5	9,341	9,869	8,417	9,038	7,068	7,842
4	9,869	10,689	9,038	9,892	7,842	8,772
3	10,689	12,989	9,892	12,343	8,772	11,467
2	4,559	4,848	4,201	4,496	3,735	4,037
1	101,236	140,123	96,577	136,789	90,298	132,424

Layer number	Vertical 88 (L=440,264 m)		Vertical 89 (L=445,267 m)		Vertical 90 (L=450,27 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
9	0,000	2,230	0,000	2,271	0,000	2,312
8	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
7	1,338	1,735	1,363	1,758	1,387	1,782
6	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
5	7,102	7,918	7,162	8,016	7,220	8,112
4	7,918	8,800	8,016	8,848	8,112	8,896
3	8,800	11,491	8,848	11,529	8,896	11,567
2	3,747	4,049	3,767	4,069	3,787	4,088
1	90,461	132,528	90,732	132,707	91,002	132,886

Layer number	Vertical 91 (L=455,273 m)		Vertical 92 (L=460,276 m)		Vertical 93 (L=465,279 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
9	0,000	2,353	0,000	2,394	0,000	2,434
8	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
7	1,412	1,805	1,436	1,828	1,460	1,850
6	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
5	7,278	8,207	7,336	8,301	7,393	8,394
4	8,207	8,943	8,301	8,990	8,394	9,037
3	8,943	11,606	8,990	11,644	9,037	11,681
2	3,807	4,107	3,827	4,127	3,847	4,146
1	91,272	133,064	91,540	133,242	91,808	133,420

Layer number	Vertical 94 (L=470,282 m)		Vertical 95 (L=475,285 m)		Vertical 96 (L=480,288 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
9	0,000	2,474	0,000	2,514	0,000	1,976
8	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
7	1,485	1,873	1,509	1,896	1,185	1,593
6	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
5	7,450	8,486	7,507	8,576	6,733	7,953
4	8,486	9,083	8,576	9,129	7,953	8,505
3	9,083	11,719	9,129	11,757	8,505	11,280
2	3,867	4,165	3,887	4,185	3,638	3,940
1	92,075	133,598	92,342	133,775	88,931	131,438

Layer number	Vertical 97 (L=485,291 m)		Vertical 98 (L=490,294 m)		Vertical 99 (L=495,297 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
9	0,000	1,572	0,000	2,411	0,000	2,362
8	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
7	0,943	1,370	1,447	1,837	1,417	1,810
6	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
5	6,127	7,494	7,361	8,574	7,292	8,556
4	7,494	8,033	8,574	9,010	8,556	8,954
3	8,033	10,931	9,010	11,670	8,954	11,628
2	3,459	3,765	3,841	4,139	3,819	4,117
1	86,442	129,760	91,708	133,320	91,406	133,106

Layer number	Vertical 100 (L=500,3 m)		Vertical 101 (L=505,303 m)		Vertical 102 (L=510,306 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
9	0,000	2,330	0,000	1,550	0,000	1,793

Layer number	Vertical 100 (L=500,3 m)		Vertical 101 (L=505,303 m)		Vertical 102 (L=510,306 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
8	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
7	1,398	1,792	0,930	1,358	1,076	1,492
6	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
5	7,246	8,558	6,094	7,654	6,462	7,995
4	8,558	8,916	7,654	8,008	7,995	8,292
3	8,916	11,601	8,008	10,920	8,292	11,132
2	3,805	4,103	3,454	3,759	3,561	3,864
1	91,208	132,964	86,350	129,673	87,852	130,671

Layer number	Vertical 103 (L=515,309 m)		Vertical 104 (L=520,312 m)		Vertical 105 (L=525,315 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
9	0,000	2,071	0,000	2,163	0,000	2,286
8	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
7	1,242	1,646	1,298	1,698	1,372	1,767
6	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
5	6,872	8,372	7,006	8,524	7,183	8,711
4	8,372	8,615	8,524	8,723	8,711	8,865
3	8,615	11,376	8,723	11,460	8,865	11,571
2	3,687	3,987	3,731	4,030	3,789	4,086
1	89,593	131,842	90,187	132,240	90,974	132,772

Layer number	Vertical 106 (L=530,318 m)		Vertical 107 (L=535,321 m)		Vertical 108 (L=540,324 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
9	0,000	2,303	0,000	2,320	0,000	2,337
8	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
7	1,382	1,776	1,392	1,786	1,402	1,795
6	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
5	7,207	8,771	7,231	8,831	7,255	8,890
4	8,771	8,885	8,831	8,905	8,890	8,924
3	8,885	11,588	8,905	11,604	8,924	11,621
2	3,798	4,094	3,806	4,103	3,815	4,111
1	91,093	132,846	91,208	132,920	91,324	132,993

Layer number	Vertical 109 (L=545,327 m)		Vertical 110 (L=550,33 m)		Vertical 111 (L=555,333 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
9	0,000	2,353	0,000	2,370	0,000	2,387
8	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
7	1,412	1,805	1,422	1,814	1,432	1,824
6	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
5	7,279	8,956	7,303	9,059	7,326	9,159
4	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
3	8,956	11,637	9,059	11,654	9,159	11,671
2	3,824	4,119	3,833	4,128	3,841	4,136
1	91,440	133,066	91,555	133,139	91,671	133,212

Layer number	Vertical 112 (L=560,336 m)		Vertical 113 (L=565,339 m)		Vertical 114 (L=570,342 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
9	0,000	2,403	0,000	2,420	0,000	2,436
8	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
7	1,442	1,833	1,452	1,842	1,462	1,852
6	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
5	7,350	9,259	7,373	9,358	7,397	9,456
4	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
3	9,259	11,687	9,358	11,704	9,456	11,720
2	3,850	4,144	3,859	4,153	3,867	4,161
1	91,786	133,285	91,901	133,358	92,016	133,431

Layer number	Vertical 115 (L=575,345 m)		Vertical 116 (L=580,348 m)		Vertical 117 (L=585,351 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
9	0,000	2,449	0,000	2,432	0,000	2,415
8	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
7	1,470	1,859	1,459	1,849	1,449	1,840
6	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
5	7,415	9,549	7,391	9,608	7,367	9,667
4	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
3	9,549	11,734	9,608	11,720	9,667	11,707
2	3,874	4,168	3,867	4,161	3,860	4,153
1	92,108	133,488	92,009	133,413	91,910	133,338

Layer number	Vertical 118 (L=590,354 m)		Vertical 119 (L=595,357 m)		Vertical 120 (L=600,36 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
9	0,000	2,398	0,000	2,366	0,000	2,222
8	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
7	1,439	1,830	1,419	1,812	1,333	1,731
6	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
5	7,342	9,725	7,297	9,768	7,091	9,693
4	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
3	9,725	11,693	9,768	11,666	9,693	11,541
2	3,853	4,146	3,839	4,132	3,773	4,067
1	91,805	133,260	91,612	133,121	90,709	132,495

Layer number	Vertical 121 (L=605,363 m)		Vertical 122 (L=610,366 m)		Vertical 123 (L=615,369 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
9	0,000	1,667	0,000	1,876	0,000	1,878
8	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
7	1,000	1,422	1,126	1,537	1,127	1,539
6	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
5	6,272	9,192	6,585	9,488	6,589	9,568
4	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
3	9,192	11,058	9,488	11,240	9,568	11,244
2	3,524	3,822	3,617	3,913	3,619	3,915
1	87,259	130,151	88,555	131,017	88,580	131,027

Layer number	Vertical 124 (L=620,372 m)		Vertical 125 (L=625,375 m)		Vertical 126 (L=630,378 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
9	0,000	1,881	0,000	1,883	0,000	1,886
8	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
7	1,129	1,540	1,130	1,542	1,132	1,543
6	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
5	6,593	9,649	6,596	9,728	6,600	9,807
4	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
3	9,649	11,248	9,728	11,252	9,807	11,256
2	3,621	3,917	3,623	3,919	3,625	3,921
1	88,606	131,038	88,631	131,049	88,656	131,059

Layer number	Vertical 127 (L=635,381 m)		Vertical 128 (L=640,384 m)		Vertical 129 (L=645,387 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
9	0,000	1,889	0,000	1,891	0,000	1,894
8	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
7	1,133	1,545	1,135	1,546	1,136	1,547
6	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
5	6,604	9,886	6,608	9,964	6,611	10,041
4	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
3	9,886	11,260	9,964	11,264	10,041	11,268
2	3,627	3,922	3,629	3,924	3,632	3,926
1	88,681	131,070	88,707	131,081	88,732	131,091

Layer number	Vertical 130 (L=650,39 m)		Vertical 131 (L=655,393 m)		Vertical 132 (L=660,396 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
9	0,000	1,896	0,000	1,899	0,000	1,901
8	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
7	1,138	1,549	1,139	1,550	1,141	1,552
6	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
5	6,615	10,117	6,619	10,193	6,623	10,269
4	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
3	10,117	11,272	10,193	11,276	10,269	11,280
2	3,634	3,928	3,636	3,930	3,638	3,931
1	88,757	131,102	88,782	131,112	88,807	131,123

Layer number	Vertical 133 (L=665,399 m)		Vertical 134 (L=670,402 m)		Vertical 135 (L=675,405 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
9	0,000	1,904	0,000	1,906	0,000	1,909
8	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
7	1,142	1,553	1,144	1,554	1,145	1,556
6	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
5	6,626	10,343	6,630	10,418	6,634	10,492
4	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
3	10,343	11,284	10,418	11,288	10,492	11,292
2	3,640	3,933	3,642	3,935	3,644	3,937
1	88,833	131,134	88,858	131,144	88,883	131,155

Layer number	Vertical 136 (L=680,408 m)		Vertical 137 (L=685,411 m)		Vertical 138 (L=690,414 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
9	0,000	1,911	0,000	1,914	0,000	1,916
8	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
7	1,147	1,557	1,148	1,559	1,150	1,560
6	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
5	6,638	10,565	6,641	10,638	6,645	10,710
4	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
3	10,565	11,296	10,638	11,300	10,710	11,304
2	3,646	3,938	3,648	3,940	3,650	3,942
1	88,908	131,166	88,933	131,176	88,958	131,187

Layer number	Vertical 139 (L=695,417 m)		Vertical 140 (L=700,42 m)		Vertical 141 (L=705,423 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
9	0,000	1,919	0,000	1,921	0,000	1,924
8	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
7	1,151	1,561	1,153	1,563	1,154	1,564
6	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
5	6,649	10,782	6,652	10,853	6,656	10,924
4	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
3	10,782	11,308	10,853	11,312	10,924	11,316
2	3,652	3,944	3,654	3,946	3,656	3,947
1	88,984	131,198	89,009	131,208	89,034	131,219

Layer number	Vertical 142 (L=710,426 m)		Vertical 143 (L=715,429 m)		Vertical 144 (L=720,432 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
9	0,000	1,926	0,000	1,754	0,000	2,075
8	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
7	1,156	1,566	1,052	1,470	1,245	1,649
6	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
5	6,660	10,994	6,403	10,909	6,878	11,261
4	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
3	10,994	11,320	10,909	11,173	11,261	11,454
2	3,658	3,949	3,582	3,874	3,728	4,017
1	89,059	131,230	88,000	130,507	90,007	131,862

Layer number	Vertical 145 (L=725,435 m)		Vertical 146 (L=730,438 m)		Vertical 147 (L=735,441 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
9	0,000	2,084	0,000	2,092	0,000	2,100
8	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
7	1,250	1,653	1,255	1,658	1,260	1,663
6	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
5	6,891	11,335	6,903	11,408	6,915	11,481
4	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
3	11,335	11,463	11,408	11,472	11,481	11,481
2	3,732	4,021	3,737	4,026	3,742	4,030
1	90,069	131,898	90,131	131,934	90,193	131,970

6 Data for Stress Analysis

6.1 General Data

Number of pipes in bundle	:	Npipes = 4 [-]
Pipeline diameter	:	Do = 315,00 mm
Wall thickness	:	t = 28,70 mm
Unit weight pipeline material	:	gamma_s = 9,54 kN/m ³
Pipeline diameter	:	Do = 315,00 mm
Wall thickness	:	t = 28,70 mm
Unit weight pipeline material	:	gamma_s = 9,54 kN/m ³
Pipeline diameter	:	Do = 315,00 mm
Wall thickness	:	t = 28,70 mm
Unit weight pipeline material	:	gamma_s = 9,54 kN/m ³
Pipeline diameter	:	Do = 315,00 mm
Wall thickness	:	t = 28,70 mm
Unit weight pipeline material	:	gamma_s = 9,54 kN/m ³
Equivalent pipeline diameter	:	Do = 831,29 mm
Equivalent wall thickness	:	t = 41,62 mm
Equivalent unit weight pipeline material	:	gamma_s = 9,54 kN/m ³
Max. vertical modulus of subgrade reaction (without safety factor)	:	k_v;max = 141553 kN/m ³
Unit weight drilling fluid pullback operation	:	gamma_b = 11,10 kN/m ³
Bending radius on rollers	:	Rrol = 500,000 m
Friction coefficient pipe/rollers	:	f1 = 0,10
Friction between pipe and drilling fluid	:	f2 = 0,000050 N/mm ²
Friction coefficient pipe / soil	:	f3 = 0,20

6.2 Buoyancy Control

The friction between soil and pipe is partially caused by buoyancy of the pipeline in the drilling fluid. Uplift forces resulting from buoyancy can be neutralized by filling the pipeline. The optimal volume of fluid placed in the pipe provides the most advantageous distribution of buoyant forces.

Buoyancy of the pipeline when filled with fluid for 0%

Uplift forces	:	353	[kg/m]
Weight of pipeline (including filling)	:	100	[kg/m]
Result	:	252	[kg/m] (Pipeline moves upwards)

6.3 Calculation Pulling Force

During the pullback operation the pipe experiences friction which is based on:

- friction between pipe and pipe-roller (f1 = 0,10)
- friction between pipe and drilling fluid (f2 = 0,000050 [N/mm²])
- friction between pipe and soil (f3 = 0,20)

Due to the friction a pulling force is induced in the pipeline.
The pulling direction of the product pipe is from left to right.

This calculation takes into account that the length of the pipe on the rollers decreases while pulling back the pipeline. During the pull back operation the bore hole is supposed to be stable.

Characteristic points	Length pipe in bore hole (m)	Characteristic value pulling force (kN)
T1	0	73
T2	20	84
T3	99	138

Characteristic points	Length pipe in bore hole (m)	Characteristic value pulling force (kN)
T4	646	426
T5	724	503
T6	740	511

The calculated values for the pulling force are characteristic values (without safety factor). According to article E.1.2.1 of NEN 3650-1:2012 it is recommended to use a total factor for stochastic variation and model uncertainty (γ) of at least 1.4 for the stress analysis. In the pipe stress analysis (next chapter), a factor of 1,80 is used and a load factor of 1,00.

7 Stress Analysis of Pipe 1: pipe nr. 1

7.1 Material Data of Pipe 1: pipe nr. 1

The list with data and issues is shown hereafter:

Material pipeline	:	Polyethene PE100
Outer diameter	:	Do = 315,00 mm
Wall thickness	:	t = 28,70 mm
Design pressure	:	pd = 0,00 bar
Test pressure	:	pt = 0,00 bar
Temperature variation	:	dt = 0,00 deg Celcius
Length pipeline	:	L = 740 m
Young's modulus (short)	:	E = 975 N/mm ²
Young's modulus (long)	:	E = 350 N/mm ²
Allowable stress (short)	:	S = 10 N/mm ²
Allowable stress (long)	:	S = 8 N/mm ²
Factor of importance (S)	:	S = 1,00
Unit weight pipeline material	:	gamma_s = 9,54 kN/m ³
Bedding angle	:	beta = 30 degrees
Load angle	:	alpha = 30 degrees
Moment coefficient soil top (indirect)	:	kt' = 0,078
Moment coefficient soil bottom (indirect)	:	kb' = 0,179
Moment coefficient soil top (direct)	:	kt = 0,257
Moment coefficient soil bottom (direct)	:	kb = 0,257
Deflection coefficient (indirect)	:	ky' = 0,071
Deflection coefficient (direct)	:	ky = 0,143
Maximal reduced vertical soil load (without safety factor)	:	q_v;r;n;max = 58 kN/m ²
Traffic load (without safety factor)	:	q_v = 0 kN/m ²
Max. vertical modulus of subgrade reaction (without safety factor)	:	k_v;max = 267263 kN/m ³
Used radius (excluding safety factors)	:	Rmin = 250,000 m
Load factor on installation	:	f_install = 1,00
Load factor on reduced neutral soil stress q_n;r	:	f_Qnr = 1,50
Load factor on design pressure	:	f_pd = 1,00
Load factor on design pressure (combination)	:	f_pd;comb = 1,00
Load factor on test pressure	:	f_pt = 1,00
Load factor on temperature	:	f_temp = 1,10
Load factor on traffic load	:	f_v = 1,35
Contingency factor on bending radius	:	f_R = 1,10
Contingency factor on modulus of subgrade reaction	:	f_kv = 2,00
Contingency factor on bending moment	:	f_k = 1,40
Total factor on pulling force for stoch. varia. and model uncertainty	:	f = 1,80
Linear settlement coefficient averaged between t1 and t2	:	alpha_g = 0,0001600 mm/mmK

7.2 Results Stress Analysis of Pipe 1: pipe nr. 1

In the calculation 5 load combinations are considered:

- Load combination 1A: start pull-back operation
- Load combination 1B: end of pull-back operation
- Load combination 2: application internal pressure
- Load combination 3: pipeline in operation, no inner pressure
- Load combination 4: pipeline in operation, pressure applied

The wall thickness is 28,7 mm. The calculation hereafter will prove that the pipeline wall thickness is sufficient. The calculations are in accordance with NEN 3650 series.

7.2.1 Load Combination 1A: Start Pullback Operation

Axial stress:

$$\sigma_b = M_b/W_b = f_k E \cdot I_b / (R_{rol} \cdot W_b) = 0,43 \quad \text{N/mm}^2$$

$$\sigma_t = f \cdot f_{install} \cdot T_1/A = f \cdot f_{install} (L_{rol} \cdot Q \cdot f_1)/A = 1,27 \quad \text{N/mm}^2$$

Maximum axial stress $\Sigma_{a,max}$	=	1,55	N/mm ²
---------------------------------------	---	------	-------------------

In this load combination the tangential stress is negligible.

7.2.2 Load Combination 1B: End Pullback Operation

Axial stress:

$$\Sigma_b = Mb/Wb = f_k \cdot E \cdot I_b / (R_{min} \cdot Wb) = 0,86 \text{ N/mm}^2$$

$$\Sigma_t = f \cdot f_{install} \cdot T_{max}/A = 8,90 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Maximum axial stress } \Sigma_{a,max} = 9,46 \text{ N/mm}^2$$

Tangential stress:

Load q_r on pipeline due to reaction of soil in bends (according to NEN 3650-1 annex 5 D3.3):

$$q_r = k_v \cdot y = (0.322 \cdot \Lambda^2 \cdot E \cdot I) / (D_o \cdot R / f_R)$$

$$\Lambda = (f_{kv} \cdot k_v \cdot D_o / (4 \cdot E \cdot I))^{0.25} = 3,6E-3 \text{ 1/mm}$$

$$q_r = 0,0149 \text{ N/mm}^2$$

$$\Sigma_{qr} = k' \cdot q_r \cdot (r_g / W_w) \cdot D_o = 0,88 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Maximum tangential stress } \Sigma_{t,max} = 0,57 \text{ N/mm}^2$$

7.2.3 Load Combination 2: Application Internal Pressure

Due to internal pressure :

$$\Sigma_{py} = f_{pd} \cdot p_d \cdot ((r_u^2 + r_i^2) / (r_u^2 - r_i^2)) = 0,00 \text{ N/mm}^2$$

$$\Sigma_{px} = 0.5 \cdot \Sigma_{py} = 0,00 \text{ N/mm}^2$$

$$\Sigma_{ptest} = f_{pt} \cdot p_t \cdot ((r_u^2 + r_i^2) / (r_u^2 - r_i^2)) = 0,00 \text{ N/mm}^2$$

7.2.4 Load Combination 3: In Operation (Situation without Pressure)

Axial stress:

$$\Sigma_b = Mb/Wb = f_k \cdot E \cdot I_b / (R_{min} \cdot Wb) = 0,31 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Maximum axial stress } \Sigma_{a,max} = 0,20 \text{ N/mm}^2$$

Tangential stress:

$$\Sigma_{qr} = k' \cdot q_r \cdot (r_g / W_w) \cdot D_o = 0,52 \text{ N/mm}^2$$

$$\Sigma_{qn} = k \cdot q_n \cdot (r_g / W_w) \cdot D_o = 7,40 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Maximum tangential stress } \Sigma_{t,max} = 5,15 \text{ N/mm}^2$$

7.2.5 Load Combination 4: In Operation (with Internal Pressure)

Axial stress:

$$\Sigma_b = Mb/Wb = f_k \cdot E \cdot I_b / (R_{min} \cdot Wb) = 0,31 \text{ N/mm}^2$$

Due to internal pressure :

$$\Sigma_{py} = f_{pd} \cdot p_d \cdot ((r_u^2 + r_i^2) / (r_u^2 - r_i^2)) = 0,00 \text{ N/mm}^2$$

$\text{Sigma}_{px} = 0.5 \cdot \text{Sigma}_{py}$	=	0,00	N/mm ²
$\text{Sigma}_{ptest} = f_{pt} \cdot pt \cdot ((ru^2 + ri^2)/(ru^2 - ri^2))$	=	0,00	N/mm ²
$\text{Sigma}_{Temp} = dt \cdot \text{gamma}_t \cdot \text{alpha}_g \cdot E$	=	0,00	N/mm ²
Maximum axial stress $\text{Sigma}_{a,max}$	=	0,20	N/mm ²
Tangential stress:			
$\text{Sigma}_{qr} = k' \cdot qr \cdot (rg/Ww) \cdot Do$	=	0,52	N/mm ²
$\text{Sigma}_{qn} = k \cdot qn \cdot (rg/Ww) \cdot Do$	=	7,40	N/mm ²
Rerounding factor F_{rr}	=	1,000	
Rerounding factor F'_{rr}	=	1,000	
$\text{Sigma}_{t,max} = \text{Sigma}_{py} + ((F'_{rr} \cdot \text{Sigma}_{qr}) + (F_{rr} \cdot \text{Sigma}_{qn}))$			
Maximum tangential stress $\text{Sigma}_{t,max}$	=	5,15	N/mm ²

7.3 Check on Calculated Stresses of Pipe 1: pipe nr. 1

Load combination 1

- $\text{Sigma}_{AxMax} < \text{ShortStrength} \cdot \text{DamageFactor}$
- $\text{Sigma}_{TanMax} < \text{ShortStrength} \cdot \text{DamageFactor}$

Load combination 2

- $\text{Sigma}_{ptest} < \text{ShortStrength} \cdot \text{DamageFactor}$
- $\text{Sigma}_{py} < \text{LongStrength} \cdot \text{DamageFactor}$

Load combination 3

- $\text{Sigma}_{AxMax} < \text{LongStrength} \cdot \text{DamageFactor}$
- $\text{Sigma}_{TanMax} < \text{LongStrength} \cdot \text{DamageFactor}$

Load combination 4

- $\text{Sigma}_{AxMax} < \text{LongStrength} \cdot \text{DamageFactor}$
- $\text{Sigma}_{TanMax} < \text{LongStrength} \cdot \text{DamageFactor}$

All stresses in all conditions are allowable.

	Max allowable stress [N/mm ²]	Load combination 1A	Load combination 1B	Load combination 2	Load combination 3	Load combination 4
Sigma_{ptest}	10,00 (short)	-	-	0,00	-	-
Sigma_{py}	8,00 (long)	-	-	0,00	-	-
Sigma_{axial}	10,00 (short)	1,55	9,46	-	-	-
Sigma_{axial}	8,00 (long)	-	-	-	0,20	0,20
$\text{Sigma}_{tang...}$	10,00 (short)	-	0,57	-	-	-
$\text{Sigma}_{tang...}$	8,00 (long)	-	-	-	5,15	5,15

Stresses in pipeline [N/mm²]

The deflection of the pipeline is 10,4 mm (3,31% x Do). The maximum allowable deflection of the pipeline is 25,2 mm (8,00% x S x Do). The deflection is allowable.

For piggability the maximum allowable deflection of the pipeline is 15,8 mm (5,00% x Do). The deflection is allowable.

7.4 Check for Implosion of Pipe 1: pipe nr. 1

During the pullback operation the drilling fluid gives an external pressure. The highest minimum required drilling fluid pressure during the pullback operation is 287 kN/m², this is less than the maximum allowable external pressure of 1559 kN/m².

In operation, the water pressure at the lowest point of the drilling gives an external pressure. The maximum water pressure equals 165 kN/m², this is less than the maximum allowable external pressure of 280 kN/m².

8 Stress Analysis of Pipe 2: pipe nr. 2

8.1 Material Data of Pipe 2: pipe nr. 2

The list with data and issues is shown hereafter:

Material pipeline	:	Polyethene PE100
Outer diameter	:	Do = 315,00 mm
Wall thickness	:	t = 28,70 mm
Design pressure	:	pd = 0,00 bar
Test pressure	:	pt = 0,00 bar
Temperature variation	:	dt = 0,00 deg Celcius
Length pipeline	:	L = 740 m
Young's modulus (short)	:	E = 975 N/mm ²
Young's modulus (long)	:	E = 350 N/mm ²
Allowable stress (short)	:	S = 10 N/mm ²
Allowable stress (long)	:	S = 8 N/mm ²
Factor of importance (S)	:	S = 1,00
Unit weight pipeline material	:	gamma_s = 9,54 kN/m ³
Bedding angle	:	beta = 30 degrees
Load angle	:	alpha = 30 degrees
Moment coefficient soil top (indirect)	:	kt' = 0,078
Moment coefficient soil bottom (indirect)	:	kb' = 0,179
Moment coefficient soil top (direct)	:	kt = 0,257
Moment coefficient soil bottom (direct)	:	kb = 0,257
Deflection coefficient (indirect)	:	ky' = 0,071
Deflection coefficient (direct)	:	ky = 0,143
Maximal reduced vertical soil load (without safety factor)	:	q_v;r;n;max = 58 kN/m ²
Traffic load (without safety factor)	:	q_v = 0 kN/m ²
Max. vertical modulus of subgrade reaction (without safety factor)	:	k_v;max = 267263 kN/m ³
Used radius (excluding safety factors)	:	Rmin = 250,000 m
Load factor on installation	:	f_install = 1,00
Load factor on reduced neutral soil stress q_n;r	:	f_Qnr = 1,50
Load factor on design pressure	:	f_pd = 1,00
Load factor on design pressure (combination)	:	f_pd;comb = 1,00
Load factor on test pressure	:	f_pt = 1,00
Load factor on temperature	:	f_temp = 1,10
Load factor on traffic load	:	f_v = 1,35
Contingency factor on bending radius	:	f_R = 1,10
Contingency factor on modulus of subgrade reaction	:	f_kv = 2,00
Contingency factor on bending moment	:	f_k = 1,40
Total factor on pulling force for stoch. varia. and model uncertainty	:	f = 1,80
Linear settlement coefficient averaged between t1 and t2	:	alpha_g = 0,0001600 mm/mmK

8.2 Results Stress Analysis of Pipe 2: pipe nr. 2

In the calculation 5 load combinations are considered:

- Load combination 1A: start pull-back operation
- Load combination 1B: end of pull-back operation
- Load combination 2: application internal pressure
- Load combination 3: pipeline in operation, no inner pressure
- Load combination 4: pipeline in operation, pressure applied

The wall thickness is 28,7 mm. The calculation hereafter will prove that the pipeline wall thickness is sufficient. The calculations are in accordance with NEN 3650 series.

8.2.1 Load Combination 1A: Start Pullback Operation

Axial stress:

$$\begin{aligned} \text{Sigma}_b &= Mb/Wb = f_k E \cdot I_b / (R_{rol} \cdot Wb) &= & 0,43 & \text{N/mm}^2 \\ \text{Sigma}_t &= f \cdot f_{install} \cdot T1/A = f \cdot f_{install} (L_{rol} \cdot Q \cdot f1)/A &= & 1,27 & \text{N/mm}^2 \end{aligned}$$

Maximum axial stress $\Sigma_{a,max}$	=	1,55	N/mm ²
---------------------------------------	---	------	-------------------

In this load combination the tangential stress is negligible.

8.2.2 Load Combination 1B: End Pullback Operation

Axial stress:

$\Sigma_b = Mb/Wb = f_k \cdot E \cdot I_b / (R_{min} \cdot W_b)$	=	0,86	N/mm ²
--	---	------	-------------------

$\Sigma_t = f \cdot f_{install} \cdot T_{max}/A$	=	8,90	N/mm ²
--	---	------	-------------------

Maximum axial stress $\Sigma_{a,max}$	=	9,46	N/mm ²
---------------------------------------	---	------	-------------------

Tangential stress:

Load q_r on pipeline due to reaction of soil in bends (according to NEN 3650-1 annex 5 D3.3):

$$q_r = k_v \cdot y = (0.322 \cdot \lambda^2 \cdot E \cdot I) / (D_o \cdot R / f_R)$$

$\lambda = (f_{kv} \cdot k_v \cdot D_o / (4 \cdot E \cdot I))^{0.25}$	=	3,6E-3	1/mm
---	---	--------	------

q_r	=	0,0149	N/mm ²
-------	---	--------	-------------------

$\Sigma_{qr} = k' \cdot q_r \cdot (r_g / W_w) \cdot D_o$	=	0,88	N/mm ²
--	---	------	-------------------

Maximum tangential stress $\Sigma_{t,max}$	=	0,57	N/mm ²
--	---	------	-------------------

8.2.3 Load Combination 2: Application Internal Pressure

Due to internal pressure :

$\Sigma_{py} = f_{pd} \cdot p_d \cdot ((r_u^2 + r_i^2) / (r_u^2 - r_i^2))$	=	0,00	N/mm ²
--	---	------	-------------------

$\Sigma_{px} = 0.5 \cdot \Sigma_{py}$	=	0,00	N/mm ²
---------------------------------------	---	------	-------------------

$\Sigma_{ptest} = f_{pt} \cdot p_t \cdot ((r_u^2 + r_i^2) / (r_u^2 - r_i^2))$	=	0,00	N/mm ²
---	---	------	-------------------

8.2.4 Load Combination 3: In Operation (Situation without Pressure)

Axial stress:

$\Sigma_b = Mb/Wb = f_k \cdot E \cdot I_b / (R_{min} \cdot W_b)$	=	0,31	N/mm ²
--	---	------	-------------------

Maximum axial stress $\Sigma_{a,max}$	=	0,20	N/mm ²
---------------------------------------	---	------	-------------------

Tangential stress:

$\Sigma_{qr} = k' \cdot q_r \cdot (r_g / W_w) \cdot D_o$	=	0,52	N/mm ²
--	---	------	-------------------

$\Sigma_{qn} = k \cdot q_n \cdot (r_g / W_w) \cdot D_o$	=	7,40	N/mm ²
---	---	------	-------------------

Maximum tangential stress $\Sigma_{t,max}$	=	5,15	N/mm ²
--	---	------	-------------------

8.2.5 Load Combination 4: In Operation (with Internal Pressure)

Axial stress:

$\Sigma_b = Mb/Wb = f_k \cdot E \cdot I_b / (R_{min} \cdot W_b)$	=	0,31	N/mm ²
--	---	------	-------------------

Due to internal pressure :

$\Sigma_{py} = f_{pd} \cdot p_d \cdot ((r_u^2 + r_i^2) / (r_u^2 - r_i^2))$	=	0,00	N/mm ²
--	---	------	-------------------

$\text{Sigma}_{px} = 0.5 \cdot \text{Sigma}_{py}$	=	0,00	N/mm ²
$\text{Sigma}_{ptest} = f_{pt} \cdot pt \cdot ((ru^2 + ri^2)/(ru^2 - ri^2))$	=	0,00	N/mm ²
$\text{Sigma}_{Temp} = dt \cdot \text{gamma}_t \cdot \text{alpha}_g \cdot E$	=	0,00	N/mm ²
Maximum axial stress $\text{Sigma}_{a,max}$	=	0,20	N/mm ²
Tangential stress:			
$\text{Sigma}_{qr} = k' \cdot qr \cdot (rg/Ww) \cdot Do$	=	0,52	N/mm ²
$\text{Sigma}_{qn} = k \cdot qn \cdot (rg/Ww) \cdot Do$	=	7,40	N/mm ²
Rerounding factor F_{rr}	=	1,000	
Rerounding factor F'_{rr}	=	1,000	
$\text{Sigma}_{t,max} = \text{Sigma}_{py} + ((F'_{rr} \cdot \text{Sigma}_{qr}) + (F_{rr} \cdot \text{Sigma}_{qn}))$			
Maximum tangential stress $\text{Sigma}_{t,max}$	=	5,15	N/mm ²

8.3 Check on Calculated Stresses of Pipe 2: pipe nr. 2

Load combination 1

- $\text{Sigma}_{AxMax} < \text{ShortStrength} \cdot \text{DamageFactor}$
- $\text{Sigma}_{TanMax} < \text{ShortStrength} \cdot \text{DamageFactor}$

Load combination 2

- $\text{Sigma}_{ptest} < \text{ShortStrength} \cdot \text{DamageFactor}$
- $\text{Sigma}_{py} < \text{LongStrength} \cdot \text{DamageFactor}$

Load combination 3

- $\text{Sigma}_{AxMax} < \text{LongStrength} \cdot \text{DamageFactor}$
- $\text{Sigma}_{TanMax} < \text{LongStrength} \cdot \text{DamageFactor}$

Load combination 4

- $\text{Sigma}_{AxMax} < \text{LongStrength} \cdot \text{DamageFactor}$
- $\text{Sigma}_{TanMax} < \text{LongStrength} \cdot \text{DamageFactor}$

All stresses in all conditions are allowable.

	Max allowable stress [N/mm ²]	Load combination 1A	Load combination 1B	Load combination 2	Load combination 3	Load combination 4
Sigma_{ptest}	10,00 (short)	-	-	0,00	-	-
Sigma_{py}	8,00 (long)	-	-	0,00	-	-
Sigma_{axial}	10,00 (short)	1,55	9,46	-	-	-
Sigma_{axial}	8,00 (long)	-	-	-	0,20	0,20
$\text{Sigma}_{tang...}$	10,00 (short)	-	0,57	-	-	-
$\text{Sigma}_{tang...}$	8,00 (long)	-	-	-	5,15	5,15

Stresses in pipeline [N/mm²]

The deflection of the pipeline is 10,4 mm (3,31% x Do). The maximum allowable deflection of the pipeline is 25,2 mm (8,00% x S x Do). The deflection is allowable.

For piggability the maximum allowable deflection of the pipeline is 15,8 mm (5,00% x Do). The deflection is allowable.

8.4 Check for Implosion of Pipe 2: pipe nr. 2

During the pullback operation the drilling fluid gives an external pressure. The highest minimum required drilling fluid pressure during the pullback operation is 287 kN/m², this is less than the maximum allowable external pressure of 1559 kN/m².

In operation, the water pressure at the lowest point of the drilling gives an external pressure. The maximum water pressure equals 165 kN/m^2 , this is less than the maximum allowable external pressure of 280 kN/m^2 .

9 Stress Analysis of Pipe 3: pipe nr. 3

9.1 Material Data of Pipe 3: pipe nr. 3

The list with data and issues is shown hereafter:

Material pipeline	:	Polyethene PE100
Outer diameter	:	Do = 315,00 mm
Wall thickness	:	t = 28,70 mm
Design pressure	:	pd = 0,00 bar
Test pressure	:	pt = 0,00 bar
Temperature variation	:	dt = 0,00 deg Celcius
Length pipeline	:	L = 740 m
Young's modulus (short)	:	E = 975 N/mm ²
Young's modulus (long)	:	E = 350 N/mm ²
Allowable stress (short)	:	S = 10 N/mm ²
Allowable stress (long)	:	S = 8 N/mm ²
Factor of importance (S)	:	S = 1,00
Unit weight pipeline material	:	gamma_s = 9,54 kN/m ³
Bedding angle	:	beta = 30 degrees
Load angle	:	alpha = 30 degrees
Moment coefficient soil top (indirect)	:	kt' = 0,078
Moment coefficient soil bottom (indirect)	:	kb' = 0,179
Moment coefficient soil top (direct)	:	kt = 0,257
Moment coefficient soil bottom (direct)	:	kb = 0,257
Deflection coefficient (indirect)	:	ky' = 0,071
Deflection coefficient (direct)	:	ky = 0,143
Maximal reduced vertical soil load (without safety factor)	:	q_v;r;n;max = 58 kN/m ²
Traffic load (without safety factor)	:	q_v = 0 kN/m ²
Max. vertical modulus of subgrade reaction (without safety factor)	:	k_v;max = 267263 kN/m ³
Used radius (excluding safety factors)	:	Rmin = 250,000 m
Load factor on installation	:	f_install = 1,00
Load factor on reduced neutral soil stress q_n;r	:	f_Qnr = 1,50
Load factor on design pressure	:	f_pd = 1,00
Load factor on design pressure (combination)	:	f_pd;comb = 1,00
Load factor on test pressure	:	f_pt = 1,00
Load factor on temperature	:	f_temp = 1,10
Load factor on traffic load	:	f_v = 1,35
Contingency factor on bending radius	:	f_R = 1,10
Contingency factor on modulus of subgrade reaction	:	f_kv = 2,00
Contingency factor on bending moment	:	f_k = 1,40
Total factor on pulling force for stoch. varia. and model uncertainty	:	f = 1,80
Linear settlement coefficient averaged between t1 and t2	:	alpha_g = 0,0001600 mm/mmK

9.2 Results Stress Analysis of Pipe 3: pipe nr. 3

In the calculation 5 load combinations are considered:

- Load combination 1A: start pull-back operation
- Load combination 1B: end of pull-back operation
- Load combination 2: application internal pressure
- Load combination 3: pipeline in operation, no inner pressure
- Load combination 4: pipeline in operation, pressure applied

The wall thickness is 28,7 mm. The calculation hereafter will prove that the pipeline wall thickness is sufficient. The calculations are in accordance with NEN 3650 series.

9.2.1 Load Combination 1A: Start Pullback Operation

Axial stress:

$$\sigma_b = M_b/W_b = f_k E \cdot I_b / (R_{rol} \cdot W_b) = 0,43 \quad \text{N/mm}^2$$

$$\sigma_t = f \cdot f_{install} \cdot T_1/A = f \cdot f_{install} (L_{rol} \cdot Q \cdot f_1)/A = 1,27 \quad \text{N/mm}^2$$

Maximum axial stress $\Sigma_{a,max}$	=	1,55	N/mm ²
---------------------------------------	---	------	-------------------

In this load combination the tangential stress is negligible.

9.2.2 Load Combination 1B: End Pullback Operation

Axial stress:

$$\Sigma_b = Mb/Wb = f_k \cdot E \cdot I_b / (R_{min} \cdot Wb) = 0,86 \text{ N/mm}^2$$

$$\Sigma_t = f \cdot f_{install} \cdot T_{max}/A = 8,90 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Maximum axial stress } \Sigma_{a,max} = 9,46 \text{ N/mm}^2$$

Tangential stress:

Load q_r on pipeline due to reaction of soil in bends (according to NEN 3650-1 annex 5 D3.3):

$$q_r = k_v \cdot y = (0.322 \cdot \Lambda^2 \cdot E \cdot I) / (D_o \cdot R / f_R)$$

$$\Lambda = (f_{kv} \cdot k_v \cdot D_o / (4 \cdot E \cdot I))^{0.25} = 3,6E-3 \text{ 1/mm}$$

$$q_r = 0,0149 \text{ N/mm}^2$$

$$\Sigma_{qr} = k' \cdot q_r \cdot (r_g / W_w) \cdot D_o = 0,88 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Maximum tangential stress } \Sigma_{t,max} = 0,57 \text{ N/mm}^2$$

9.2.3 Load Combination 2: Application Internal Pressure

Due to internal pressure :

$$\Sigma_{py} = f_{pd} \cdot p_d \cdot ((r_u^2 + r_i^2) / (r_u^2 - r_i^2)) = 0,00 \text{ N/mm}^2$$

$$\Sigma_{px} = 0.5 \cdot \Sigma_{py} = 0,00 \text{ N/mm}^2$$

$$\Sigma_{ptest} = f_{pt} \cdot p_t \cdot ((r_u^2 + r_i^2) / (r_u^2 - r_i^2)) = 0,00 \text{ N/mm}^2$$

9.2.4 Load Combination 3: In Operation (Situation without Pressure)

Axial stress:

$$\Sigma_b = Mb/Wb = f_k \cdot E \cdot I_b / (R_{min} \cdot Wb) = 0,31 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Maximum axial stress } \Sigma_{a,max} = 0,20 \text{ N/mm}^2$$

Tangential stress:

$$\Sigma_{qr} = k' \cdot q_r \cdot (r_g / W_w) \cdot D_o = 0,52 \text{ N/mm}^2$$

$$\Sigma_{qn} = k \cdot q_n \cdot (r_g / W_w) \cdot D_o = 7,40 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Maximum tangential stress } \Sigma_{t,max} = 5,15 \text{ N/mm}^2$$

9.2.5 Load Combination 4: In Operation (with Internal Pressure)

Axial stress:

$$\Sigma_b = Mb/Wb = f_k \cdot E \cdot I_b / (R_{min} \cdot Wb) = 0,31 \text{ N/mm}^2$$

Due to internal pressure :

$$\Sigma_{py} = f_{pd} \cdot p_d \cdot ((r_u^2 + r_i^2) / (r_u^2 - r_i^2)) = 0,00 \text{ N/mm}^2$$

$\text{Sigma}_{px} = 0.5 \cdot \text{Sigma}_{py}$	=	0,00	N/mm ²
$\text{Sigma}_{ptest} = f_{pt} \cdot pt \cdot ((ru^2 + ri^2)/(ru^2 - ri^2))$	=	0,00	N/mm ²
$\text{Sigma}_{Temp} = dt \cdot \text{gamma}_t \cdot \text{alpha}_g \cdot E$	=	0,00	N/mm ²
Maximum axial stress $\text{Sigma}_{a,max}$	=	0,20	N/mm ²
Tangential stress:			
$\text{Sigma}_{qr} = k' \cdot qr \cdot (rg/Ww) \cdot Do$	=	0,52	N/mm ²
$\text{Sigma}_{qn} = k \cdot qn \cdot (rg/Ww) \cdot Do$	=	7,40	N/mm ²
Rerounding factor F_{rr}	=	1,000	
Rerounding factor F'_{rr}	=	1,000	
$\text{Sigma}_{t,max} = \text{Sigma}_{py} + ((F'_{rr} \cdot \text{Sigma}_{qr}) + (F_{rr} \cdot \text{Sigma}_{qn}))$			
Maximum tangential stress $\text{Sigma}_{t,max}$	=	5,15	N/mm ²

9.3 Check on Calculated Stresses of Pipe 3: pipe nr. 3

Load combination 1

- $\text{Sigma}_{AxMax} < \text{ShortStrength} \cdot \text{DamageFactor}$
- $\text{Sigma}_{TanMax} < \text{ShortStrength} \cdot \text{DamageFactor}$

Load combination 2

- $\text{Sigma}_{ptest} < \text{ShortStrength} \cdot \text{DamageFactor}$
- $\text{Sigma}_{py} < \text{LongStrength} \cdot \text{DamageFactor}$

Load combination 3

- $\text{Sigma}_{AxMax} < \text{LongStrength} \cdot \text{DamageFactor}$
- $\text{Sigma}_{TanMax} < \text{LongStrength} \cdot \text{DamageFactor}$

Load combination 4

- $\text{Sigma}_{AxMax} < \text{LongStrength} \cdot \text{DamageFactor}$
- $\text{Sigma}_{TanMax} < \text{LongStrength} \cdot \text{DamageFactor}$

All stresses in all conditions are allowable.

	Max allowable stress [N/mm ²]	Load combination 1A	Load combination 1B	Load combination 2	Load combination 3	Load combination 4
Sigma_{ptest}	10,00 (short)	-	-	0,00	-	-
Sigma_{py}	8,00 (long)	-	-	0,00	-	-
Sigma_{axial}	10,00 (short)	1,55	9,46	-	-	-
Sigma_{axial}	8,00 (long)	-	-	-	0,20	0,20
$\text{Sigma}_{tang...}$	10,00 (short)	-	0,57	-	-	-
$\text{Sigma}_{tang...}$	8,00 (long)	-	-	-	5,15	5,15

Stresses in pipeline [N/mm²]

The deflection of the pipeline is 10,4 mm (3,31% x Do). The maximum allowable deflection of the pipeline is 25,2 mm (8,00% x S x Do). The deflection is allowable.

For piggability the maximum allowable deflection of the pipeline is 15,8 mm (5,00% x Do). The deflection is allowable.

9.4 Check for Implosion of Pipe 3: pipe nr. 3

During the pullback operation the drilling fluid gives an external pressure. The highest minimum required drilling fluid pressure during the pullback operation is 287 kN/m², this is less than the maximum allowable external pressure of 1559 kN/m².

In operation, the water pressure at the lowest point of the drilling gives an external pressure. The maximum water pressure equals 165 kN/m², this is less than the maximum allowable external pressure of 280 kN/m².

10 Stress Analysis of Pipe 4: pipe nr. 4

10.1 Material Data of Pipe 4: pipe nr. 4

The list with data and issues is shown hereafter:

Material pipeline	:	Polyethene PE100
Outer diameter	:	Do = 315,00 mm
Wall thickness	:	t = 28,70 mm
Design pressure	:	pd = 0,00 bar
Test pressure	:	pt = 0,00 bar
Temperature variation	:	dt = 0,00 deg Celcius
Length pipeline	:	L = 740 m
Young's modulus (short)	:	E = 975 N/mm ²
Young's modulus (long)	:	E = 350 N/mm ²
Allowable stress (short)	:	S = 10 N/mm ²
Allowable stress (long)	:	S = 8 N/mm ²
Factor of importance (S)	:	S = 1,00
Unit weight pipeline material	:	gamma_s = 9,54 kN/m ³
Bedding angle	:	beta = 30 degrees
Load angle	:	alpha = 30 degrees
Moment coefficient soil top (indirect)	:	kt' = 0,078
Moment coefficient soil bottom (indirect)	:	kb' = 0,179
Moment coefficient soil top (direct)	:	kt = 0,257
Moment coefficient soil bottom (direct)	:	kb = 0,257
Deflection coefficient (indirect)	:	ky' = 0,071
Deflection coefficient (direct)	:	ky = 0,143
Maximal reduced vertical soil load (without safety factor)	:	q_v;r;n;max = 58 kN/m ²
Traffic load (without safety factor)	:	q_v = 0 kN/m ²
Max. vertical modulus of subgrade reaction (without safety factor)	:	k_v;max = 267263 kN/m ³
Used radius (excluding safety factors)	:	Rmin = 250,000 m
Load factor on installation	:	f_install = 1,00
Load factor on reduced neutral soil stress q_n;r	:	f_Qnr = 1,50
Load factor on design pressure	:	f_pd = 1,00
Load factor on design pressure (combination)	:	f_pd;comb = 1,00
Load factor on test pressure	:	f_pt = 1,00
Load factor on temperature	:	f_temp = 1,10
Load factor on traffic load	:	f_v = 1,35
Contingency factor on bending radius	:	f_R = 1,10
Contingency factor on modulus of subgrade reaction	:	f_kv = 2,00
Contingency factor on bending moment	:	f_k = 1,40
Total factor on pulling force for stoch. varia. and model uncertainty	:	f = 1,80
Linear settlement coefficient averaged between t1 and t2	:	alpha_g = 0,0001600 mm/mmK

10.2 Results Stress Analysis of Pipe 4: pipe nr. 4

In the calculation 5 load combinations are considered:

- Load combination 1A: start pull-back operation
- Load combination 1B: end of pull-back operation
- Load combination 2: application internal pressure
- Load combination 3: pipeline in operation, no inner pressure
- Load combination 4: pipeline in operation, pressure applied

The wall thickness is 28,7 mm. The calculation hereafter will prove that the pipeline wall thickness is sufficient. The calculations are in accordance with NEN 3650 series.

10.2.1 Load Combination 1A: Start Pullback Operation

Axial stress:

$$\sigma_b = M_b/W_b = f_k E \cdot I_b / (R_{rol} \cdot W_b) = 0,43 \quad \text{N/mm}^2$$

$$\sigma_t = f \cdot f_{install} \cdot T_1/A = f \cdot f_{install} (L_{rol} \cdot Q \cdot f_1)/A = 1,27 \quad \text{N/mm}^2$$

Maximum axial stress $\Sigma_{a,max}$	=	1,55	N/mm ²
---------------------------------------	---	------	-------------------

In this load combination the tangential stress is negligible.

10.2.2 Load Combination 1B: End Pullback Operation

Axial stress:

$\Sigma_b = M_b/W_b = f_k \cdot E \cdot I_b / (R_{min} \cdot W_b)$	=	0,86	N/mm ²
--	---	------	-------------------

$\Sigma_t = f \cdot f_{install} \cdot T_{max}/A$	=	8,90	N/mm ²
--	---	------	-------------------

Maximum axial stress $\Sigma_{a,max}$	=	9,46	N/mm ²
---------------------------------------	---	------	-------------------

Tangential stress:

Load q_r on pipeline due to reaction of soil in bends (according to NEN 3650-1 annex 5 D3.3):

$$q_r = k_v \cdot y = (0.322 \cdot \lambda^2 \cdot E \cdot I) / (D_o \cdot R / f_R)$$

$\lambda = (f_{kv} \cdot k_v \cdot D_o / (4 \cdot E \cdot I))^{0.25}$	=	3,6E-3	1/mm
---	---	--------	------

q_r	=	0,0149	N/mm ²
-------	---	--------	-------------------

$\Sigma_{qr} = k' \cdot q_r \cdot (r_g / W_w) \cdot D_o$	=	0,88	N/mm ²
--	---	------	-------------------

Maximum tangential stress $\Sigma_{t,max}$	=	0,57	N/mm ²
--	---	------	-------------------

10.2.3 Load Combination 2: Application Internal Pressure

Due to internal pressure :

$\Sigma_{py} = f_{pd} \cdot p_d \cdot ((r_u^2 + r_i^2) / (r_u^2 - r_i^2))$	=	0,00	N/mm ²
--	---	------	-------------------

$\Sigma_{px} = 0.5 \cdot \Sigma_{py}$	=	0,00	N/mm ²
---------------------------------------	---	------	-------------------

$\Sigma_{ptest} = f_{pt} \cdot p_t \cdot ((r_u^2 + r_i^2) / (r_u^2 - r_i^2))$	=	0,00	N/mm ²
---	---	------	-------------------

10.2.4 Load Combination 3: In Operation (Situation without Pressure)

Axial stress:

$\Sigma_b = M_b/W_b = f_k \cdot E \cdot I_b / (R_{min} \cdot W_b)$	=	0,31	N/mm ²
--	---	------	-------------------

Maximum axial stress $\Sigma_{a,max}$	=	0,20	N/mm ²
---------------------------------------	---	------	-------------------

Tangential stress:

$\Sigma_{qr} = k' \cdot q_r \cdot (r_g / W_w) \cdot D_o$	=	0,52	N/mm ²
--	---	------	-------------------

$\Sigma_{qn} = k \cdot q_n \cdot (r_g / W_w) \cdot D_o$	=	7,40	N/mm ²
---	---	------	-------------------

Maximum tangential stress $\Sigma_{t,max}$	=	5,15	N/mm ²
--	---	------	-------------------

10.2.5 Load Combination 4: In Operation (with Internal Pressure)

Axial stress:

$\Sigma_b = M_b/W_b = f_k \cdot E \cdot I_b / (R_{min} \cdot W_b)$	=	0,31	N/mm ²
--	---	------	-------------------

Due to internal pressure :

$\Sigma_{py} = f_{pd} \cdot p_d \cdot ((r_u^2 + r_i^2) / (r_u^2 - r_i^2))$	=	0,00	N/mm ²
--	---	------	-------------------

$\text{Sigma}_{px} = 0.5 \cdot \text{Sigma}_{py}$	=	0,00	N/mm ²
$\text{Sigma}_{ptest} = f_{pt} \cdot pt \cdot ((ru^2 + ri^2)/(ru^2 - ri^2))$	=	0,00	N/mm ²
$\text{Sigma}_{Temp} = dt \cdot \text{gamma}_t \cdot \text{alpha}_g \cdot E$	=	0,00	N/mm ²
Maximum axial stress $\text{Sigma}_{a,max}$	=	0,20	N/mm ²
Tangential stress:			
$\text{Sigma}_{qr} = k' \cdot qr \cdot (rg/Ww) \cdot Do$	=	0,52	N/mm ²
$\text{Sigma}_{qn} = k \cdot qn \cdot (rg/Ww) \cdot Do$	=	7,40	N/mm ²
Rerounding factor F_{rr}	=	1,000	
Rerounding factor F'_{rr}	=	1,000	
$\text{Sigma}_{t,max} = \text{Sigma}_{py} + ((F'_{rr} \cdot \text{Sigma}_{qr}) + (F_{rr} \cdot \text{Sigma}_{qn}))$			
Maximum tangential stress $\text{Sigma}_{t,max}$	=	5,15	N/mm ²

10.3 Check on Calculated Stresses of Pipe 4: pipe nr. 4

Load combination 1

- $\text{Sigma}_{AxMax} < \text{ShortStrength} \cdot \text{DamageFactor}$
- $\text{Sigma}_{TanMax} < \text{ShortStrength} \cdot \text{DamageFactor}$

Load combination 2

- $\text{Sigma}_{ptest} < \text{ShortStrength} \cdot \text{DamageFactor}$
- $\text{Sigma}_{py} < \text{LongStrength} \cdot \text{DamageFactor}$

Load combination 3

- $\text{Sigma}_{AxMax} < \text{LongStrength} \cdot \text{DamageFactor}$
- $\text{Sigma}_{TanMax} < \text{LongStrength} \cdot \text{DamageFactor}$

Load combination 4

- $\text{Sigma}_{AxMax} < \text{LongStrength} \cdot \text{DamageFactor}$
- $\text{Sigma}_{TanMax} < \text{LongStrength} \cdot \text{DamageFactor}$

All stresses in all conditions are allowable.

	Max allowable stress [N/mm ²]	Load combination 1A	Load combination 1B	Load combination 2	Load combination 3	Load combination 4
Sigma_{ptest}	10,00 (short)	-	-	0,00	-	-
Sigma_{py}	8,00 (long)	-	-	0,00	-	-
Sigma_{axial}	10,00 (short)	1,55	9,46	-	-	-
Sigma_{axial}	8,00 (long)	-	-	-	0,20	0,20
$\text{Sigma}_{tang...}$	10,00 (short)	-	0,57	-	-	-
$\text{Sigma}_{tang...}$	8,00 (long)	-	-	-	5,15	5,15

Stresses in pipeline [N/mm²]

The deflection of the pipeline is 10,4 mm (3,31% x Do). The maximum allowable deflection of the pipeline is 25,2 mm (8,00% x S x Do). The deflection is allowable.

For piggability the maximum allowable deflection of the pipeline is 15,8 mm (5,00% x Do). The deflection is allowable.

10.4 Check for Implosion of Pipe 4: pipe nr. 4

During the pullback operation the drilling fluid gives an external pressure. The highest minimum required drilling fluid pressure during the pullback operation is 287 kN/m², this is less than the maximum allowable external pressure of 1559 kN/m².

In operation, the water pressure at the lowest point of the drilling gives an external pressure. The maximum water pressure equals 165 kN/m^2 , this is less than the maximum allowable external pressure of 280 kN/m^2 .

End of Report

D.2 Vergunningsrapportage kabelkruisingen

Kruising 2 HDD's met A17, Tradeboulevard en Keeneweg

Vergunningsrapport Rijkswaterstaat



Verantwoording

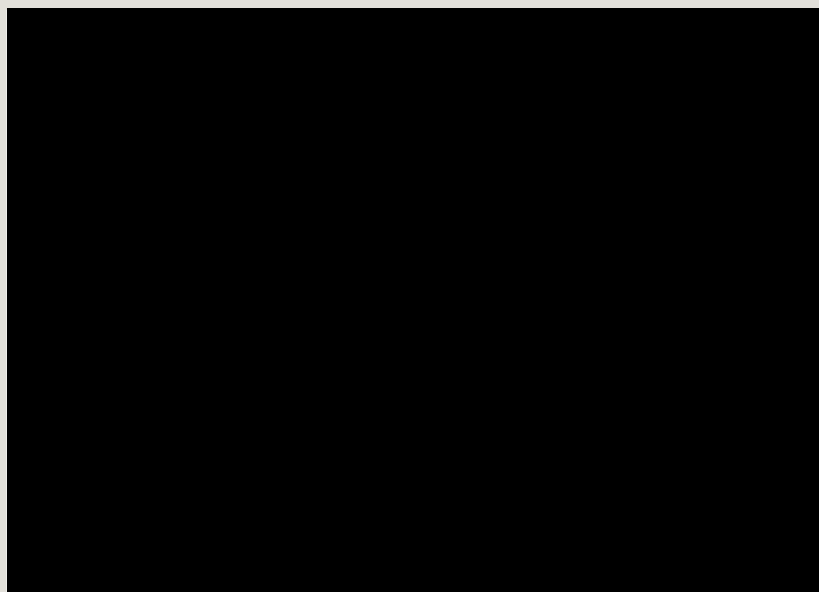
Titel: Kruising 2 HDD's met A17, Tradeboulevard en Keeneweg – MDK HDD2
Onderwerp: Vergunningsrapport Rijkswaterstaat
Projectnummer: 51001237
Klant: TenneT
Referentienummer: NL22-648800269-22759
Versie: D1

Datum: 26-4-2022

Auteurs:
E-mailadres:

Gecontroleerd door:
Paraaf gecontroleerd:

Vrijgegeven door:
Paraaf vrijgegeven:



Inhoudsopgave

1.	Inleiding	5
1.1	Situatie	5
1.2	Leeswijzer	6
2.	Uitgangspunten	7
2.1	Gebruikte documenten	7
2.2	Vigerende normen en richtlijnen	7
2.3	Minimale dagmaat tot bestaande en nieuwe boringen	7
2.4	Horizontale afstand tot overige objecten	8
2.5	Diepteligging	9
2.6	Inwendige overdruk	9
2.7	Grondwaterstand	9
2.8	Belasting- en ondersteuningshoek	10
2.9	Importatiefactor	10
2.10	Geotechnische parameters	10
2.11	Boortechnische gegevens	12
2.12	Verkeersbelasting	12
2.13	Boogstralen	12
3.	Ontwerp	14
3.1	Gegevens HDD	14
3.2	Boorparameters	15
3.3	Intredepunt	15
3.4	Uittredepunt en uitlegstrook	15
4.	Berekeningsresultaten	17
4.1	Trekkrachtberekening	18
4.2	Sterkteberekening bedrijfsfase	18
4.3	Muddrukberekening	18
4.4	Implosie	18
4.5	Kwelweg	19
4.5.1	Zoute ondergrond	19
4.5.2	Kwel uit het eerste watervoerende pakket	19
4.5.3	Kwel tussen de peilgebieden	20
4.5.4	Kwelmaatregelen	21
5.	Risico's en aandachtspunten	22
6.	Conclusie	23
6.1	Algemeen	23
6.2	Uitkomsten ontwerp en berekening	23

Bijlage 1 – Ontwerptekening.....	24
Bijlage 2 – Geotechnisch onderzoek.....	25
Bijlage 3 – Berekening D-Geo Pipeline	26

1. Inleiding

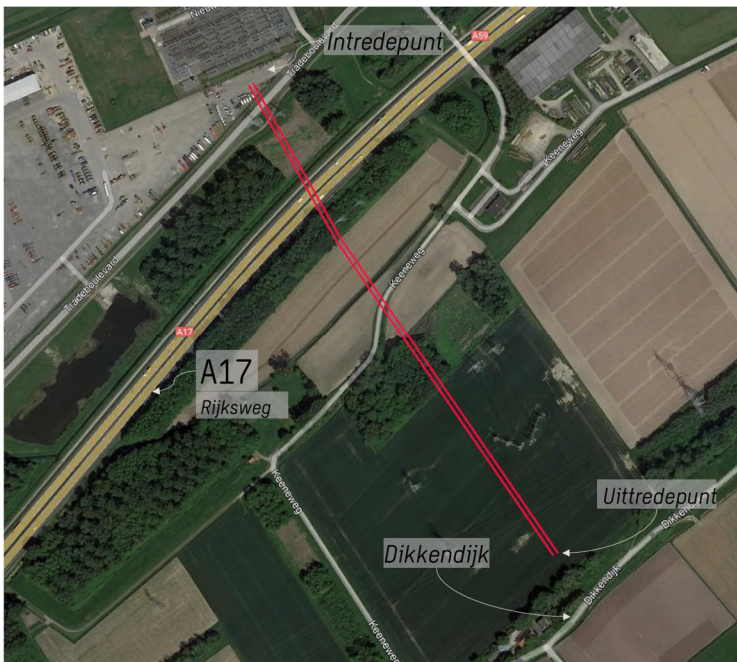
TenneT is voornemens om delen van de bovengrondse 150 kV-verbindingen binnen het projectgebied van Zuid-West 380 kV Oost ondergronds te verkabelen. Het projectgebied loopt vanaf Rilland aan de westzijde tot aan Tilburg aan de oostzijde. Bij het ondergronds brengen van de kabels moeten circa 45 kruisingen sleufloos worden uitgevoerd door middel van horizontaal gestuurde boringen (HDD's) en persingen.

Dit rapport betreft de kruising met Rijksweg A17 bij het 150kV hoogspanningsstation Moerdijk. De kruising (met codering MDK HDD2) is vergunningsplichtig bij Rijkswaterstaat. Het ontwerp en de berekeningen zijn uitgevoerd conform NEN 3650:2020, NEN 3651:2020 en de Richtlijn Boortechnieken.

1.1 Situatie

Het tracé van de HDD's start ten noorden van de A17 bij het 150kV-hoogspanningstation Moerdijk en eindigt in het bouwland nabij de Dikkendijk (zie figuur 1). Het tracé bestaat uit twee 150kV-circuits, waardoor twee afzonderlijke parallelle HDD-bundels moeten worden gemaakt. Eén bundel bestaat uit 4 mantelbuizen PE100 Ø315 mm SDR 11. In drie van de mantelbuizen wordt een hoogspanningskabel ingetrokken en één mantelbuis is beschikbaar als reserve.

De twee HDD's liggen naast elkaar, met een dagmaat van 5 meter tussen de boorgaten. De HDD's hebben een lengte van circa 668 m en een maximale diepte van NAP -22,36 m (hart van de boring). De twee HDD's kruisen van noord naar zuid: een waterleiding, de Tradeboulevard (in beheer van de gemeente), de rijksweg A17, de Keeneweg (in beheer van de gemeente), drie hoofdwaterleidingen van Brabant Water en tenslotte een watergang. Bij het uittredepunt sluiten de kabels aan op een toekomstige mastenroute van TenneT.



Figuur 1 Overzicht situatie MDK HDD2

1.2 Leeswijzer

Hoofdstuk 2 bevat de uitgangspunten, hoofdstuk 3 het ontwerp en de berekeningen, hoofdstuk 4 bevat de berekeningsresultaten, hoofdstuk 5 de risico's en aandachtspunten en hoofdstuk 6 de conclusies. Als bijlagen zijn toegevoegd de ontwerpтеkening, grondgegevens en de berekeningen.

2. Uitgangspunten

2.1 Gebruikte documenten

Bij het opstellen van de berekeningen is gebruik gemaakt van de volgende documenten:

- Ontwerptekening van MDK HDD2, tekeningnummer MDK-HDD02 versie B, d.d. 11-04-2022 opgesteld door Sweco (bijlage 1);
- Geotechnisch onderzoek uit Dinoloket (bijlage 2);
- Maaiveldhoogten zijn ontleend aan de Algemene Hoogtekaart van Nederland (AHN-3);
- KLIC-levering 22O045506 opgevraagd d.d. 04-04-2022;
- Peilbesluiten waterschap Brabantse Delta, geraadpleegd d.d. 04-04-2022, website:
<https://wsbd.maps.arcgis.com/apps/webappviewer/index.html?id=d6037ee85e784521be739b8ae5b38f7d>;
- Wegbeheerders, opgevraagd d.d. 24-03-2022, website:
<https://www.rijkswaterstaat.nl/kaarten/wegbeheerders>.

2.2 Vigerende normen en richtlijnen

Het ontwerp van de boring voldoet aan:

- NEN 3650:2020;
- NEN 3651:2020;
- Keur en leggers van waterschap Brabantse Delta;
- Richtlijn boortechnieken juni 2019 v1.0 van Rijkswaterstaat;
- Handboek Horizontaal Gestuurd Boren (BTL-rapport 50).

2.3 Minimale dagmaat tot bestaande en nieuwe boringen

- NEN 3650-1: 2020, bijlage F.4.3 stelt: De afstand (dagmaat) tussen een parallelleiding of -boring moet minimaal 5 m bedragen, tenzij wordt aangetoond dat een kleinere afstand toelaatbaar is.

- De minimale dagmaat tot bestaande en nieuwe boringen conform de Richtlijn Boortechneiken is:
 - De minimale dagmaat bij een kruising met een bestaande HDD-boring is 5,0 meter, onafhankelijk van de grondslag;
 - De minimale dagmaat in zandgrond bij parallelligging tot een bestaande HDD-boring is 5,0 meter;
 - De minimale dagmaat in klei-/veengrond bij parallelligging tot een bestaande HDD-boring is 10,0 meter;
 - Bij gelijktijdige uitvoering van meerdere HDD-boringen is het risico op schade minder groot omdat de ligging onderling beter bekend is en omdat kabels en leidingen nog niet in bedrijf zijn. In deze situatie kan de onderlinge dagmaat verkleind worden, zodanig dat stuurcorrecties onbelemmerd kunnen plaatsvinden. De vergunningaanvrager dient een afwijkende dagmaat te onderbouwen, waarbij aantoonbaar wordt gemaakt dat er geen risico ontstaat voor het rijkswaterstaatswerk.

De Richtlijn is specifiekier dan de NEN 3650, voor het ontwerp houden we daarom de Richtlijn Boortechneiken aan. De eerste 16 m -mv bestaat uit klei- en veenlagen, maar omdat de HDD's voor circa 80% in de pleistocene zandlaag liggen is een dagmaat van 5 m als uitgangswaarde genomen. De HDD's zullen daarnaast met een gyroscoop geboord worden, zodat de afwijkingen minimaal zijn.

2.4 Horizontale afstand tot overige objecten

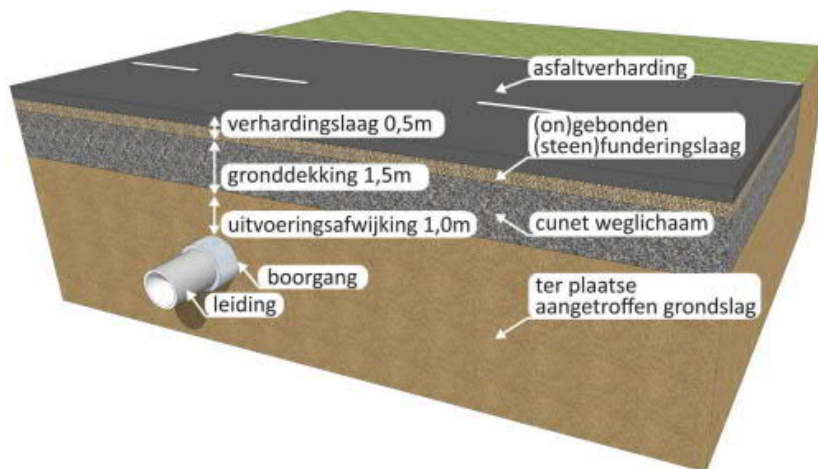
In het ontwerp zijn de volgende afstanden gehanteerd:

- Voor de minimale afstand van de HDD's tot de funderingen van hoogspanningsmasten van TenneT langs het tracé is een dagmaat van 5 meter gehanteerd.
 - De dagmaat afstand op het maaiveld tussen de boring en de teen van mast 201-MKD-RSD-150kV bedraagt 8,88 m. De funderingswijze van de dichtstbijzijnde mast 201-MKD-RSD-150kV is bekend: de funderingspalen hebben een lengte van 17 m en een schoorstand van 4,06:1. De HDD's liggen hier circa 18,62 m -mv. Rekening houdend met een schoring van 4:1 hebben de HDD's op dit niveau een dagmaat van 5,87 m ten opzichte van de paalfundering. Dit voldoet aan de eisen;
 - De dagmaat afstand op het maaiveld tussen de boring en de teen van mast 208-MKD-RSD-150kV bedraagt 10,11 m. De funderingspalen hebben een lengte van 21 m respectievelijk en een schoorstand van 4,06:1. De HDD's liggen hier circa op 18,62 m -mv. Rekening houdend met een schoring van 4:1 hebben de HDD's op dit niveau een dagmaat van 5,46 m ten opzichte van de paalfundering. Dit voldoet aan de eisen;
 - De dagmaat afstand op het maaiveld tussen de boring en de teen van mast 202-MKD-RSD-150kV bedraagt 12,62 m. De funderingspalen hebben een lengte van 16 m respectievelijk en een schoorstand van 4,06:1. De HDD's liggen hier circa op -22,36 m-mv. Rekening houdend met een schoring van 4:1 hebben de HDD's op een dagmaat van 10,7 m ten opzichte van de paalfundering. Dit voldoet aan de eisen.

2.5 Diepteligging

De diepteligging dient aan de volgende eisen te voldoen:

- De HDD's dienen een minimale gronddekking te hebben ter plaatse van de verharding van minimaal 1,5 meter (in cohesieve grond) (Richtlijn Boortechnieken v1.0 juni 2019, NEN3650-1 par. F4.2 en NEN 3651 par. 8.1.5).
 - Ter plaatse van de Tradeboulevard en de Rijksweg liggen de HDD's op circa 23 m-mv. Dit voldoet aan de eisen.



- Voor de tussenafstand met (kruisende) kabels en leidingen is conform VELIN Richtlijn nr. 2017/6 Versie september 2019 minimaal een dagmaat van 5 m aangehouden. De HDD's kruisen in het bijzonder:
 - een hogedrukgasleiding van Enexis in het kabels- en leidingenbed langs de Tradeboulevard;
 - een buisleiding van Petrochemical voor het transport van gevaarlijk stoffen en drie hoofdwaterleidingen van Brabant Water staal (Ø813 mm, beton Ø1260 mm en staal Ø1219 mm).

2.6 Inwendige overdruk

Het betreft mantelbuizen. Er is dus niet gerekend met inwendige overdruk.

2.7 Grondwaterstand

De HDD's kruisen drie peilgebieden. Het intredepunt bevindt zich in peilgebied Keensche Gorzen NRD (W-Y13). De HDD's kruisen vervolgens het peilgebied Keensche Gorzen (W-Y11) en het uittredepunt bevindt zich in peilgebied Oost Slikpolder (W-Y12). We gaan uit van een gemiddelde grondwaterstand van NAP -0,9 m.

Tabel 2-1 Peilbesluiten waterschap Brabantse Delta

Peilgebied	Zomerpeil (m NAP)	Winterpeil (m NAP)
Keensche Gorzen NRD (W-Y13)	- 0,7	- 0,7
Keensche Gorzen (W-Y11)	- 0,7	- 0.9
Oost Slikpolder (W-Y12)	- 0.9	- 1.2

2.8 Belasting- en ondersteuningshoek

Conform NEN3650-1:2020 paragraaf C.4.1.3 bedraagt voor een HDD de:

- belastingfactor voor trekkracht : 1,8;
- belastinghoek : 30°;
- ondersteuningshoek : 30°.

2.9 Importantiefactor

Voor de HDD's is conform paragraaf 6.5 van NEN 3651 een importantiefactor van 1,0 gehanteerd.

2.10 Geotechnische parameters

De gebruikte geotechnische gegevens en parameters zijn gebaseerd op grondonderzoek uit Dinoloket en uit de Sweco-database met historisch grondonderzoek. De ID-nummers, dieptes en de afstanden tot het boortracé van de gebruikte boringen en sonderingen staan in Tabel 2-1. De volledige boringen en sonderingen staan in bijlage 2 van deze rapportage. Op basis van dit grondonderzoek heeft Sweco een maatgevend bodemprofiel langs het geplande boortracé opgesteld. Dit bodemprofiel is gecontroleerd met behulp van het 3-D ondergrondmodel GeoTOP. Dit is een model van de grondlagen in de Nederlandse ondiepe ondergrond, opgesteld door de Geologische Dienst Nederland, onderdeel van TNO.

Tabel 2-1 Overzicht van het gebruikte grondonderzoek.

ID-nummer	Type	Diepte [m NAP]	Afstand tot boortrace [m]
B43H1078	Boring	-4	80
B43H1081	Boring	-5	220
B43H1156	Boring	-5	440
B43H1157	Boring	-4	350
B43H1147	Boring	-5	130
CPT11242	Sondering	-18	120
CPT12662	Sondering	-18	100
B43H1154	Boring	-5	380
B43H0219	Boring	-15	220
48A.S01	Sondering	-34	80

48A.S02	Sondering	-34	80
48A.S03	Sondering	-38	80
48A.S04	Sondering	-37	80
48A.S05	Sondering	-19	20
48A.S06	Sondering	-19	130
S43H0045	Sondering	-24	200

Uit het grondonderzoek blijkt dat de bovenkant van de vaste zandlaag zich bevindt op circa NAP -14,0 m van het geplande boortracé. Boven deze zandlaag bestaat de grond uit klei- en zandige kleilagen, zoals geobserveerd in de sonderingen en boringen. Met uitzondering van B43H0219 gaan de boringen langs het geplande boortracé niet dieper dan NAP -5 m. Daarnaast zijn alleen aan de noordelijke en zuidelijke uiteindes van het geplande boortracé sonderingen gevonden. Deze sonderingen laten zien dat de dieptes van de gevonden grondlagen enigszins variëren. Het verloop in diepte van deze grondlagen langs het geplande boortracé kan dus met het beschikbare grondonderzoek niet met zekerheid vastgesteld worden. Hieruit concluderen we dat aanvullend grondonderzoek noodzakelijk is om een grondprofiel met grotere nauwkeurigheid vast te stellen.

Tabel 2-2 laat de in de berekeningen aangehouden grondparameters voor de in het grondonderzoek herkende grondlagen langs de zuidkant van het profiel zien. Tabel 2-3 laat de in de berekeningen aangehouden grondparameters voor de in het grondonderzoek herkende grondlagen langs de noordkant van het profiel zien.

Tabel 2-2 Grondparameters gebruikt in de berekening langs de zuidzijde van het profiel gebaseerd op 48A.S06, 48A.S05, 48A.S04, 48A.S03, 48A.S02 en 48A.S01 en boringen B43H1078, B43H1081 en B43H1156.

Niveau bovenkant [m t.o.v. NAP]	Niveau onderkant [m t.o.v. NAP]	Lithologie	γ_d [kN/m ³]	γ_n [kN/m ³]	c' [kPa]	ϕ' [°]	Su top/bottom [kN/m ²]	E [kN/m ²]
1,6	-3,0	Klei; sterk zandig	18	20	2,0	27,5	120,0	5000
-3,0	-5,0	Klei; zwak zandig; matig	17	17	5,0	22,5	100,0	3000
-5,0	-13,4	Zand; kleiig; los	18	20	0,0	25,0	0,0	10000
-13,4	-15,0	Klei; matig	18	18	5,0	22,5	60,0	3000
-15,0	-30,0	Zand; schoon; vast	19	21	0,0	35,0	0,0	75000

Tabel 2-3 Grondparameters gebruikt in de berekening langs de noordzijde van het profiel gebaseerd op S43H0045, CPT11242 en CPT12662 en boringen B43H1157, B43H1147, B43H1154 en B43H0219.

Niveau bovenkant [m t.o.v. NAP]	Niveau onderkant [m t.o.v. NAP]	Lithologie	γ_d [kN/m ³]	γ_n [kN/m ³]	c' [kPa]	ϕ' [°]	Su top/bottom [kN/m ²]	E [kN/m ²]
1,6	-3,0	Klei; sterk zandig	18	20	2,0	27,5	120,0	5000
-3,0	-5,0	Klei; zwak zandig; matig	17	17	5,0	22,5	100,0	3000
-5,0	-12,8	Zand; kleilig; los	18	20	0,0	25,0	0,0	10000
-12,8	-14,6	Klei; matig	18	18	5,0	22,5	60,0	3000
-14,6	-30,0	Zand; schoon; vast	19	21	0,0	35,0	0,0	75000

2.11 Boortechnische gegevens

De boortechnische parameters voor het ontwerp en de muddrukberoeeningen zijn betrokken uit het Handboek Horizontaal Gestuurd Boren (BTL-rapport 50), NEN 3650:2020 en NEN 3651:2020. De voor de berekeningen gehanteerde waarden zijn terug te vinden in de invoer van de muddrukberoeeningen in bijlage 3.

2.12 Verkeersbelasting

Ter plaatse van de kruising met de rijksweg A17 is verkeersklasse I gehanteerd conform figuur C17 uit NEN3650-1:2020, voor de overige wegen is verkeersklasse II gehanteerd.

2.13 Boogstralen

Het beleid van TenneT is dat HDD's met een gyroscoop geboord worden. De minimaal mogelijke boogstraal van een gyroscoop bedraagt volgens leverancier Browline 180 m.

In dit ontwerp is sprake van horizontale bochten van 250 en 256 m en verticale bochten van 250 m. De boogstraal voldoet aan de minimaal vereiste straal van 180 m voor de gyroscoop.

Met de toepassing van een gyroscoop kan tijdens de pilotboring worden bijgestuurd om afwijkingen te compenseren. Het boren met gyroscoop zorgt er daarom voor dat de afwijkingstolerantie bij de uitvoering van de HDD's binnen de afwijkingstolerantie blijven zoals benoemd in tabel 2.2 uit de Richtlijn Boortechnieken.

RICHTING	MAXIMALE UITVOERINGSAFWIJKING
Verticaal*	+1/-1 m
Horizontaal:	
- in lengterichting; t.p.v. uittredepunt	+5/-2 m
- in dwarsrichting; t.p.v. uittredepunt	+1/-1 m
- in dwarsrichting; tracé tussen in- en uittredepunt	+5/-5 m
Bochtstralen	< 10%

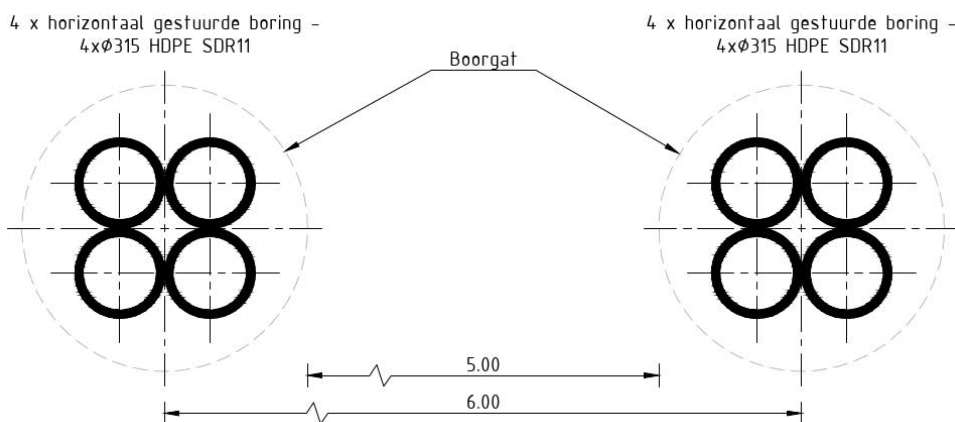
Figuur 2, afwijkingstoleranties HDD's (Bron: tabel 2.2 uit de Richtlijn Boortechnieken)

3. Ontwerp

3.1 Gegevens HDD

Het ontwerp van de twee HDD's heeft de volgende kenmerkende parameters:

- materiaal: 4x PE100 Ø315 mm SDR 11;
- lengte: 668 m;
- maximale diepte hart buis: NAP -22,36 m;
- intredehoek: 21°;
- uittredehoek: 15°;
- verticale boogstralen: 250 m;
- horizontale boogstralen: 250 en 256 m.



Figuur 3 Doorsnede van de 2 HDD's

Aan de hand van NEN 3650 en NEN 3651 en de Richtlijn Boortechneik is een ontwerp gemaakt voor de HDD's. De voornaamste randvoorwaarden voor het ontwerp zijn:

- De HDD's dienen een zodanig tracé te volgen dat er voldoende dekking aanwezig is in het gehele tracé om een blow-out te voorkomen;
- De kruising van een HDD-boring met de rijksweg dient in principe loodrecht op de lengterichting van de rijksweg uitgevoerd te worden. Deze boring is niet loodrecht en hiervoor dient toestemming te worden verkregen van Rijkswaterstaat;
- De sterkte van de leiding dient zodanig te zijn dat deze intact blijft gedurende de aanleg en in de bedrijfsfase.

3.2 Boorparameters

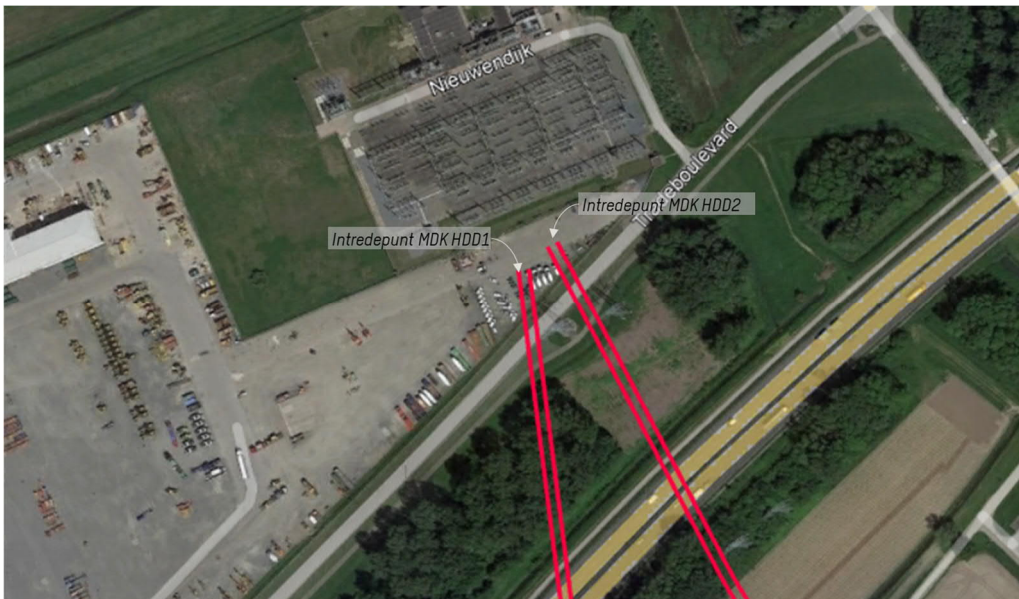
Bij de berekeningen zijn de volgende boorparameters aangehouden:

- boorinstallatie : maxi-rig 100 ton;
- diameter boorstang : 0,17 m;
- volumegewicht bentoniet : 11,5 kN/m³;
- diameter pilothole : Ø300 mm;
- ruimgat : Ø700 mm;
- boorgat : Ø1000 mm.

3.3 Intredepunt

Het intredepunt ligt aan de noordzijde van het tracé bij het 150 kV hoogspanningsstation Moerdijk (zie figuur 4). Dit intredepunt is een gecombineerd intredepunt voor MDK HDD1 en MDK HDD2. Het werkterrein van de HDD's ligt deels onder de bovengrondse hoogspanningslijnen die het station binnen komen.

De intredepunten liggen op privéterrein. De intredepunten zijn bereikbaar via een nader te bepalen tijdelijke inrit vanaf de Tradeboulevard.

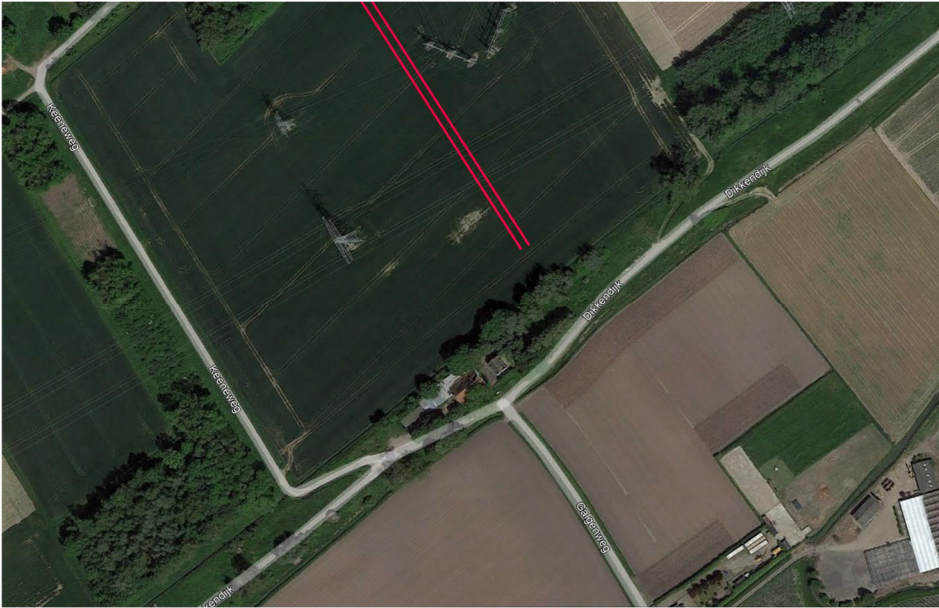


Figuur 4 Intredepunt MDK HDD2

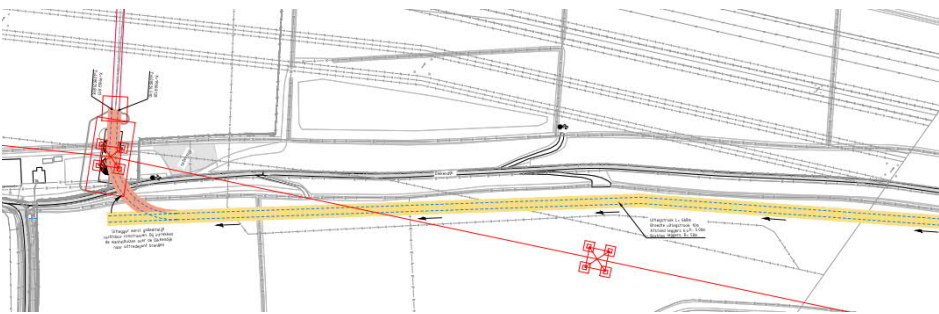
3.4 Uittredepunt en uitlegstrook

Het uittredepunt ligt in het bouwland aan de zuidzijde van het boortracé (zie figuur 5). De locatie is bereikbaar via de Dikkendijk.

De uitlegstrook loopt langs de Dikkendijk. De buizen worden ten zuiden van de Dikkendijk geassembleerd. Op de dag van intrekken worden de buizen over de weg heen geleid en is deze tijdelijk afgesloten. Er moet bij het intrekken van de mantelbuizen rekening worden gehouden met bomen en bosschages langs de Dikkendijk (zie figuur 6). Uitgangspunt is om de bomen en bosschages zoveel als mogelijk te handhaven. Bij het uittredepunt en de uitlegstrook dient de aannemer rekening te houden met het werken nabij hoogspanningsmasten.



Figuur 5 Uittredepunt MDK HDD2



Figuur 6 Uitlegstrook MDK HDD2

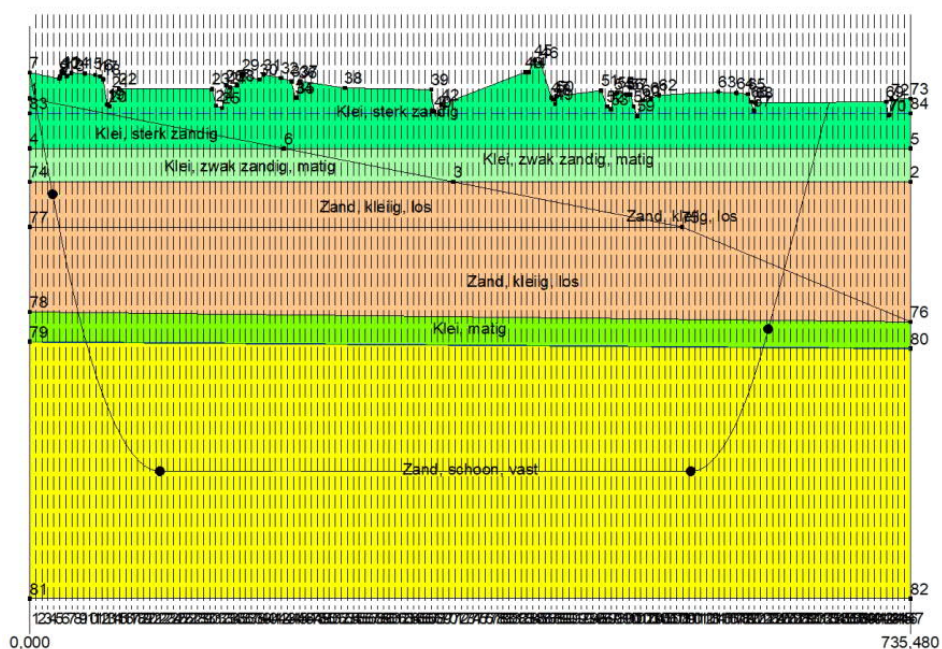
4. Berekeningsresultaten

De volgende berekeningen zijn voor de horizontaal gestuurde boring uitgevoerd:

- een trekkrachtberekening;
- een sterkteberekening voor de bedrijfsfase;
- een muddrukberekening;
- een implosieberekening;
- een kwelwegbeschouwing.

Er is één berekening, dus maar één profiel, opgesteld voor beide HDD's. Uitgangspunt is dat de verschillen tussen de profielen van de twee HDD's verwaarloosbaar klein zijn.

De berekeningen zijn uitgevoerd met het rekenprogramma D-Geo Pipeline versie 20.1 en zijn toegevoegd als bijlage 3. In dit hoofdstuk zijn de resultaten van de berekeningen weergegeven.



Figuur 7 D-Geo Pipeline-model van HDD's

4.1 Trekkkrachtberekening

De berekende maximale trekkracht bedraagt $470 \times 1,8 = 846$ kN bij niet-gevulde leidingen. Dit leidt tot een maximale spanning tijdens de intrekfase van $8,76$ N/mm² aan het einde van de intrekoperatie. Toelaatbaar is 10 N/mm².

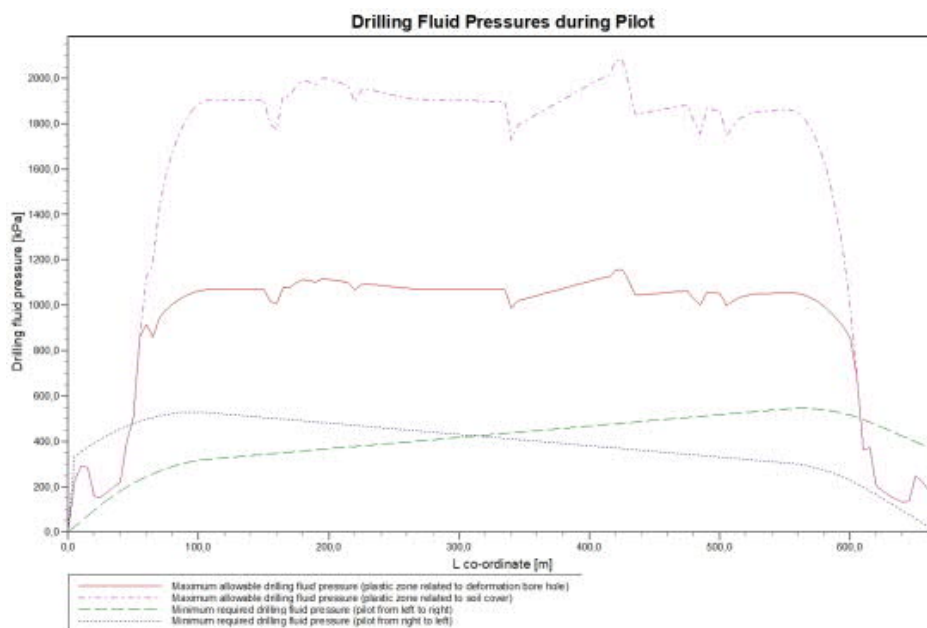
4.2 Sterkteberekening bedrijfsfase

Voor de mantelbuizen is een sterkteberekening in de bedrijfsfase gemaakt. Hieruit volgt een maximaal optredende spanning van $6,09$ N/mm². Toelaatbaar is 8 N/mm² waarbij is uitgegaan van PE 100 SDR 11.

Uit de sterkteberekening blijkt dat een deflectie van $12,3$ mm ($3,91\% \times D_0$) optreedt. Toelaatbaar is een maximale deflectie van $15,80$ mm (5%).

4.3 Muddrukberekening

Bij de geplande diepteligging van de HDD's bestaat tijdens de pilotboring, getuige de berekeningsresultaten, de kans op muduitbraak in de laatste 40 m van het tracé. Geadviseerd wordt bij nadering van het uittredepunt, bij met name de voor muduitbraak maatgevende pilotboring, de druk op de boorspoeling te verminderen. Bij het ruimen en de intrekoperatie wordt geen blow-out berekend.



Figuur 8 Muddrukberekening tijdens pilot fase

4.4 Implosie

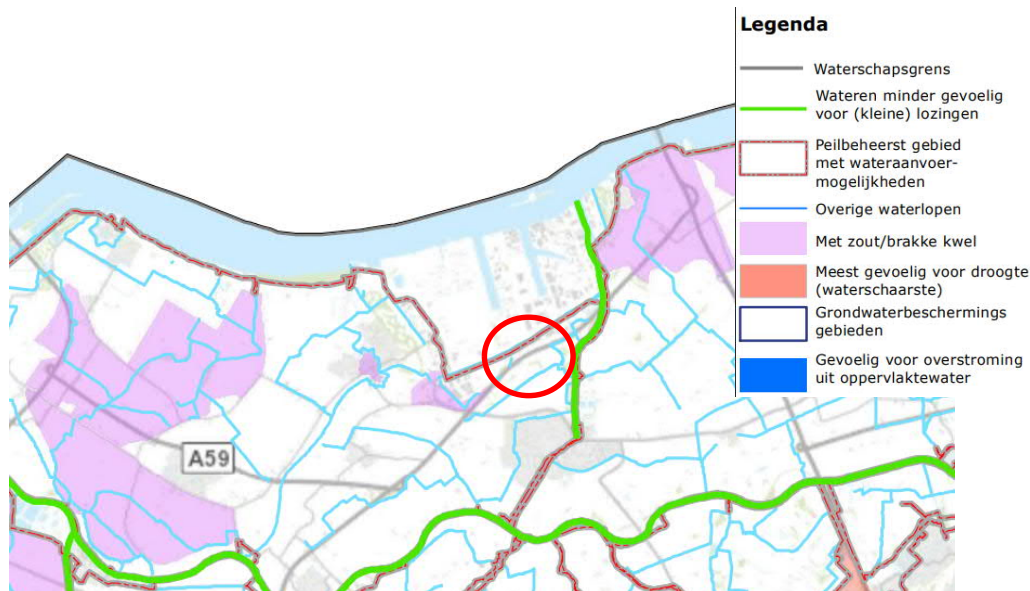
Zowel tijdens de intrekoperatie als de bedrijfstoestand blijkt uit de berekeningen dat geen implosie optreedt. De berekende alzijdige overdruk op lege leiding bedraagt circa 215 kN/m², terwijl 280 kN/m² toelaatbaar is.

4.5 Kwelweg

Langs een HDD kan op twee wijzen kwel ontstaan. Ten eerste kan kwel ontstaan indien sprake is van overspannen water in de diepere grondlagen. In dat geval is de stijghoogte in het diepere watervoerende pakket hoger dan de freatische waterstand. Ten tweede kan kwel ontstaan indien een HDD twee verschillende peilgebieden verbindt. Hierdoor kan een kortsluitstroom langs de HDD ontstaan. In onderstaande paragraaf zijn beide situaties beschouwd.

4.5.1 Zoute ondergrond

Waterschap Brabantse Delta heeft in het waterbeheerplan een kaart gemaakt van de risicogebieden (droogte, zoute/brakke kwel, overstroming, etc.) (zie figuur 9). Het gebied waar MDK HDD2 wordt aangelegd (rode cirkel) ligt tussen twee risicogebieden voor zoute/brakke kwel, maar de locatie betreft zelf geen risicogebied. Op basis van deze kaart valt geen zoute/brakke kwel te verwachten bij de HDD's.



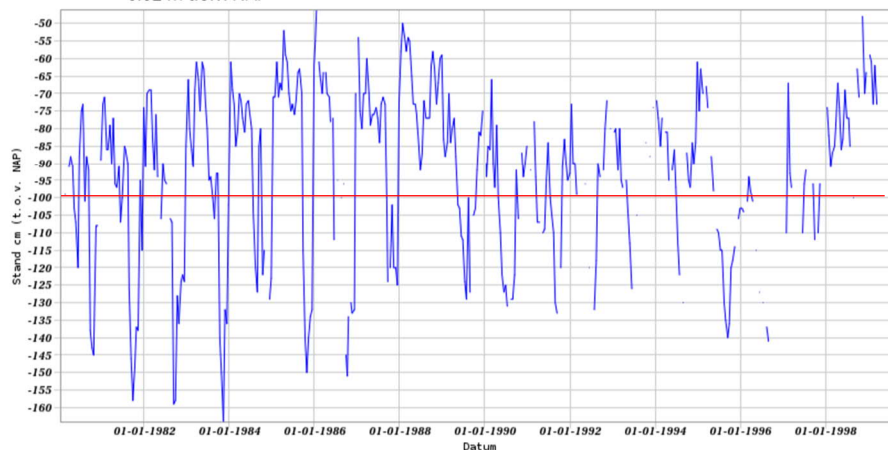
Figuur 9 Risicogebieden waterschap Brabantse Delta

4.5.2 Kwel uit het eerste watervoerende pakket

We hebben de meetgegevens uit DINOloket van peilbuis B44C0221 hieronder weergegeven. Deze peilbuis ligt op circa 1 km afstand van het boortracé. Te zien is dat de freatische grondwaterstand B44C0221-001 in periodes een aantal centimeter lager ligt dan de grondwaterstand in het eerste watervoerende pakket B44C0221-003. De bovenliggende kleilagen sluiten het eerste watervoerende pakket af. Doordat de HDD's de afsluitende kleilagen doorkruisen bestaat het risico dat langs de boorgang van de HDD's kwel uit de diepere grondlagen ontstaat. Het is daarom noodzakelijk om kwelmaatregelen te nemen.

Grondwaterstanden

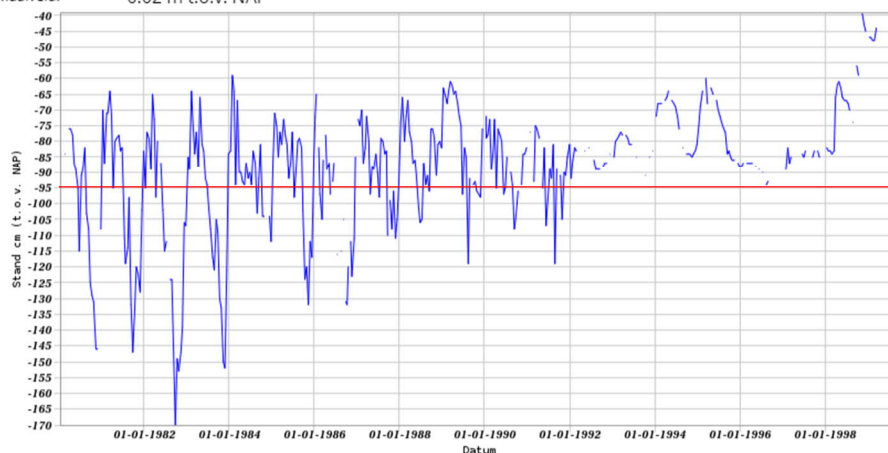
Identificatie: B44C0221
 Identificatie buis: B44C0221-001
 Coördinaten: 101680, 408330 (RD)
 Maaiveld: -0.02 m t.o.v. NAP



Figuur 10 *Freatische grondwaterstand B44C0221-001 uit Dinoloket, filter tussen NAP -4,07 m en -5,07 m*

Grondwaterstanden

Identificatie: B44C0221
 Identificatie buis: B44C0221-003
 Coördinaten: 101680, 408330 (RD)
 Maaiveld: -0.02 m t.o.v. NAP



Figuur 11 *Grondwaterstand in het eerste watervoerende pakket, B44C0221-003 uit Dinoloket, filter op NAP -17,72 m tot -18,72 m*

4.5.3 Kwel tussen de peilgebieden

Uit de peilbesluitenkaart van waterschap Brabantse Delta blijkt dat het intredepunt en het uittredepunt niet tot dezelfde peilgebieden behoren.

Het intredepunt bevindt zich in peilgebied Keensche Gorzen NRD (W-Y13). De HDD's kruisen vervolgens het peilgebied Keensche Gorzen (W-Y11) en het uittredepunt bevindt zich in peilgebied Oost Slikpolder (W-Y12).

Gezien de waterstandsverschillen tussen de peilgebieden is het mogelijk dat kwel optreedt bij een verkorting van de natuurlijke kwelweg door de HDD.

Tabel 4-1 Peilbesluiten waterschap Brabantse Delta

Peilgebied	Zomerpeil (m NAP)	Winterpeil (m NAP)
Keensche Gorzen NRD (W-Y13)	- 0,7	- 0,7
Keensche Gorzen (W-Y11)	- 0,7	- 0.9
Oost Slikpolder (W-Y12)	- 0.9	- 1.2

De kwelwegen zijn berekend volgens Bligh-Lane:

Natuurlijke kwelweg < kwelweg via HDD

$$L_0 \times \frac{1}{3} < L_{vert} + L_{hor} \times \frac{1}{6}$$

Waarin:

L_0 : kortste natuurlijke kwelweg

L_{vert} : kwelweg in verticale richting

L_{hor} : kwelweg in horizontale richting (< 45°)

De factoren 1/3 en 1/6 zijn weegfactoren conform Bligh-Lane voor stroming langs een contactvlak van twee grondlagen, respectievelijk het contactvlak tussen grond en boorgang.

In tabel 4-2 zijn de kortste natuurlijke kwelwegen en kortste kwelwegen langs de HDD weergegeven. Voor de kortste natuurlijke kwelweg is de minimale afstand tussen twee watergangen uit een peilgebied gehanteerd die door de HDD gekruist wordt. Hieruit blijkt dat kwel tussen de peilgebieden via de HDD's niet kan optreden.

Tabel 4-2 Berekening van de kortste kwelwegen

Van peilgebied	Naar peilgebied	Kortste natuurlijke kwelweg [m]	Kortste kwelweg via HDD [m]
W-Y11	W-Y12	$145/3 = 48$	$22 + 190/6 + 22 = 76$
W-Y13	W-Y12	$75/3 = 25$	$5 + 300/6 + 22 = 77$

4.5.4 Kwelmaatregelen

De stijghoogte in het eerste watervoerende pakket is op deze locatie hoger dan de laagste gemiddelde grondwaterstand. De bovenliggende kleilagen sluiten het eerste watervoerende pakket af. Doordat de HDD's de afsluitende kleilagen doorkruisen bestaat het risico dat langs de boorgang van de HDD's kwel uit de diepere grondlagen ontstaat. Het is daarom noodzakelijk om kwelmaatregelen te nemen.

Als kwelmaatregel stellen wij voor om aan beide zijden van de HDD's een grout-prop aan te brengen door middel van het nagrouten van de boorgang met mantelbuizen vanaf het maaiveld tot 2 à 3 m in het watervoerende pakket. De ruimte tussen de kabel en mantelbuis dient afgesloten te worden met een sleeve aan de uiteinden van de mantelbuizen.

5. Risico's en aandachtspunten

De aannemer dient met de volgende specifieke risico's en aandachtspunten rekening te houden:

- Werken in de nabijheid van hoogspanningsmasten. Deze HDD's lopen deels onder de bestaande mastenroute van TenneT. Het intredepunt ligt naast 150 kV hoogspanningsstation Moerdijk en deels onder de bovengrondse hoogspanningsverbinding;
- Afstemming met het drinkwaterbedrijf Brabant Water over het kruisen van de drie hoofdwaterleidingen in het tracé;
- Het nemen van de in paragraaf 4.5.4 benoemde kwelmaatregelen. Voorafgaand aan de uitvoering dienen de plannen hiervoor goedgekeurd te worden door waterschap Brabantse Delta;
- Om de werkterreinen te betreden zullen bouwinritten nodig zijn en de aannemer dient de benodigde verkeersplannen met de gemeente te bespreken;
- Het intredepunt ligt op privéterrein. TenneT stemt af met de eigenaar en gebruiker van het terrein omtrent de werkzaamheden;
- Bij het uitredepunt staan momenteel bomen en bosschages. Deze zullen door TenneT voorafgaand aan de werkzaamheden verwijderd worden. Mede ook met het oog op de aanleg van een nieuwe hoogspanningsmast op deze locatie;
- Bij het intrekken van de buizen kruist het tracé de Dikkendijk en wordt deze tijdelijk afgezet voor verkeer. Langs de Dikkendijk staat een aantal bomen en bosschages. De aannemer dient de bomen en bosschages zoveel mogelijk te handhaven;
- Spiegellassen aanbrengen conform NEN7200;
- Bij het spiegellassen van de leidingdelen dienen alle inwendige lasrillen verwijderd te worden; in overleg met de toezichthouder moeten de verwijderde lasrillen aangetoond kunnen worden;
- TenneT schrijft het gebruik van een gyroscoop als plaatsbepalingssysteem tijdens de pilotboring voor;
- Afwijking van de boorlijn heeft consequenties voor de daarna volgende HDD. De aannemer dient daarom na de pilotboring te controleren of de volgende HDD nog aangepast moeten worden. Ook dient de aannemer rekening te houden met de volgorde van uitvoeren in verband met afstanden tot obstakels, zoals hoogspanningsmasten en de funderingen daarvan langs het boortracé.

6. Conclusie

6.1 Algemeen

TenneT is voornemens om delen van de bovengrondse 150 kV-verbindingen binnen het projectgebied van Zuidwest-Oost ondergronds te verkabelen.

Dit rapport betreft de kruising met Rijksweg A17 bij het 150 kV hoogspanningsstation Moerdijk. De kruising (met codering MDK HDD2) is vergunningsplichtig bij Rijkswaterstaat. Het ontwerp en de berekeningen zijn uitgevoerd conform NEN 3650:2020, NEN 3651:2020 en Richtlijn Boortechnieken.

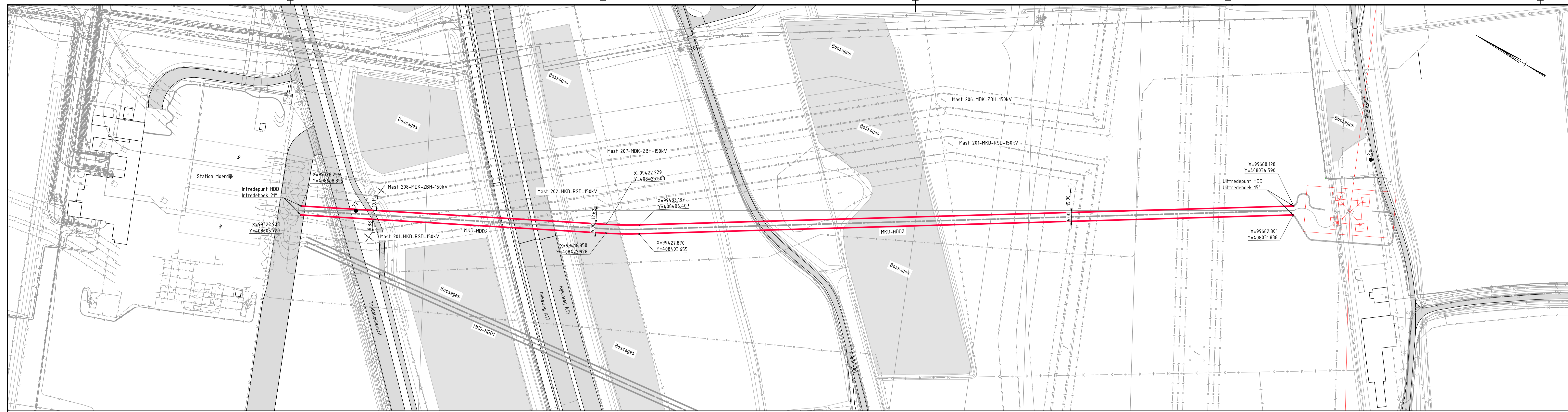
6.2 Uitkomsten ontwerp en berekening

De HDD's, weergegeven op de tekeningen die zijn bijgevoegd als bijlage 1, zijn ontworpen en berekend volgens de vigerende eisen.

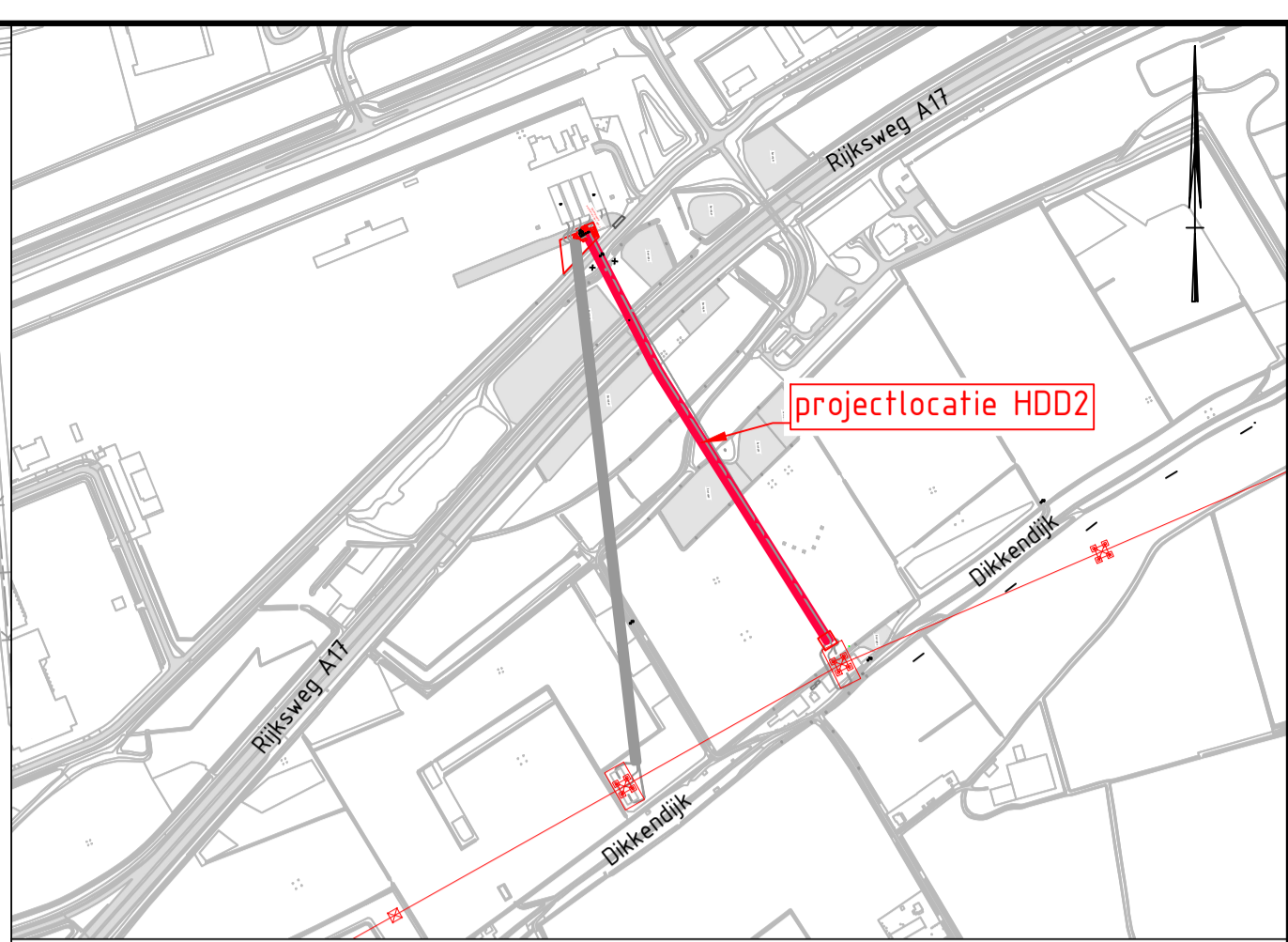
Uit de berekeningen, bijgevoegd als bijlage 3, blijkt dat de tracés van de twee parallelle HDD's met 4x PE100 Ø315 mm SDR 11 voldoen aan de eisen.

Als kwelmaatregel stellen wij voor om aan beide zijden van de HDD's een grout-prop aan te brengen door middel van het nagrouten van de boorgang met mantelbuizen vanaf het maaiveld tot 2 à 3 m in het watervoerende pakket. De ruimte tussen de kabel en mantelbuis dient afgesloten te worden met een sleeve aan de uiteinden van de mantelbuizen.

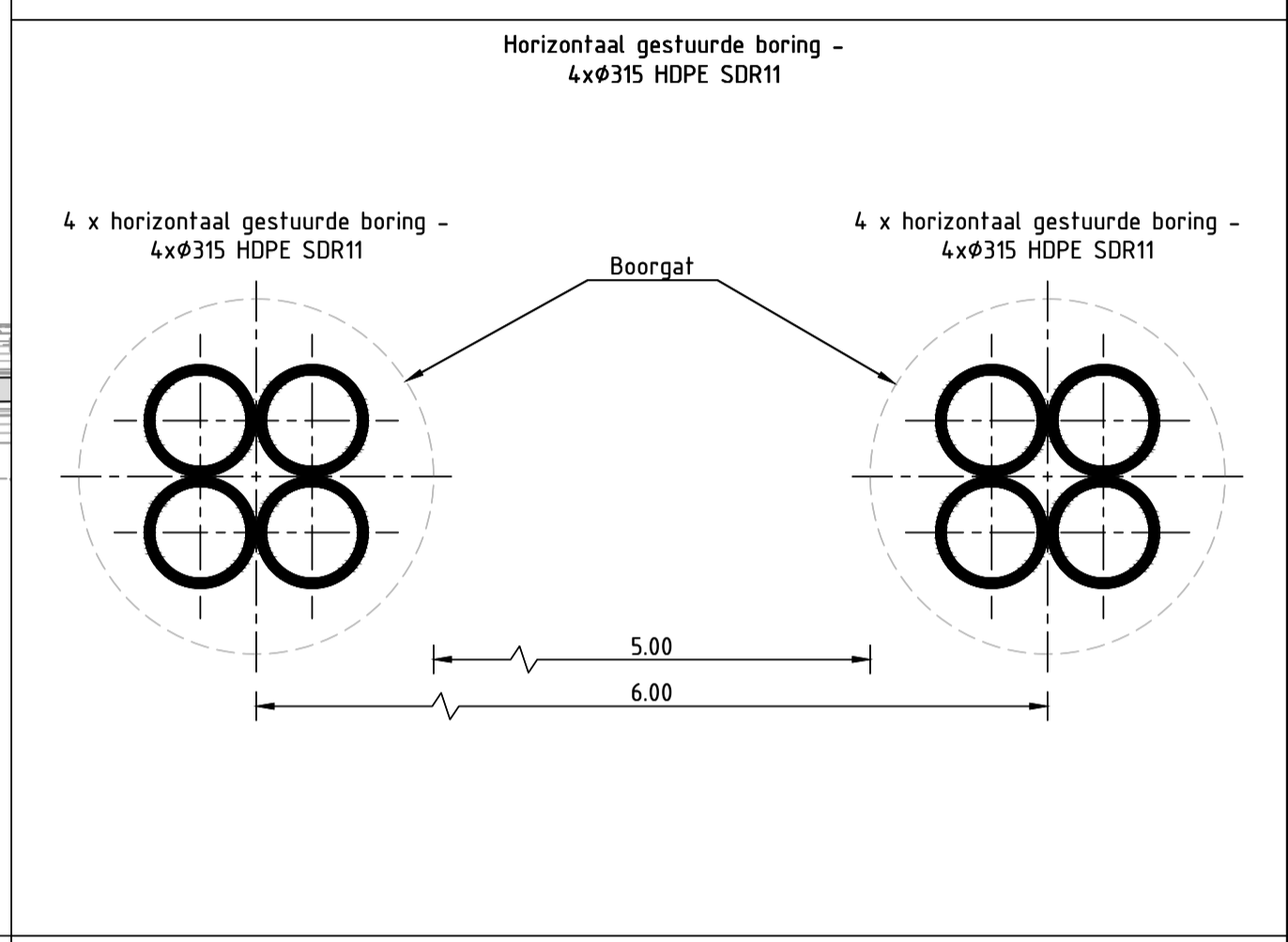
Bijlage 1 – Ontwerptekening



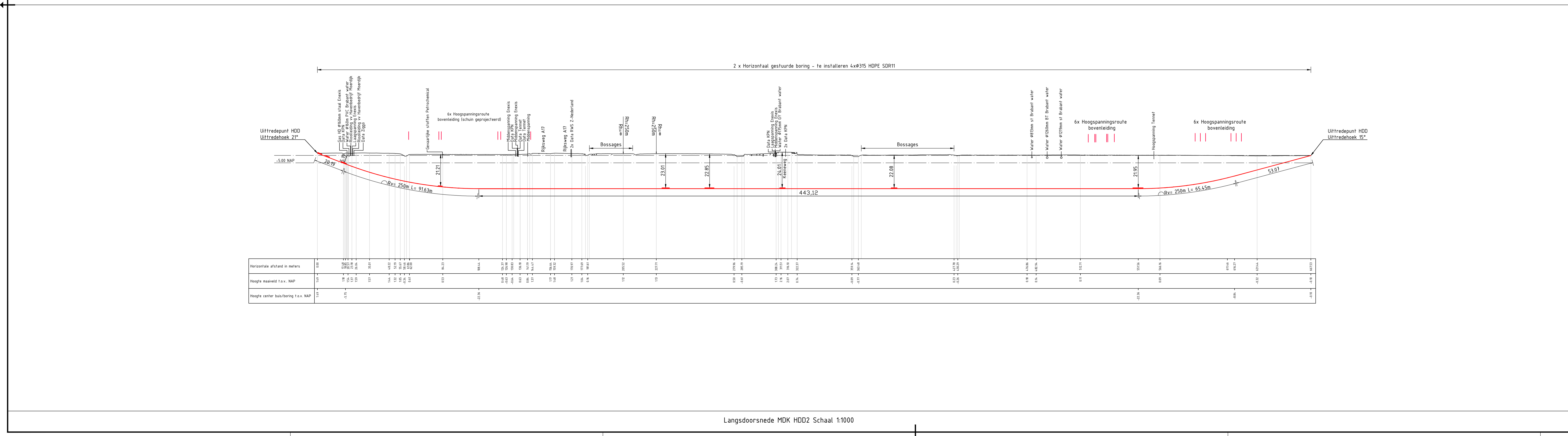
Bovenaanzicht MDK HDD2 Schaal 1:1000



Overzicht
Schaal 1:10.000



Principe doorsnede
Schaal 1:20



Langdoorsnede MDK HDD2 Schaal 1:1000

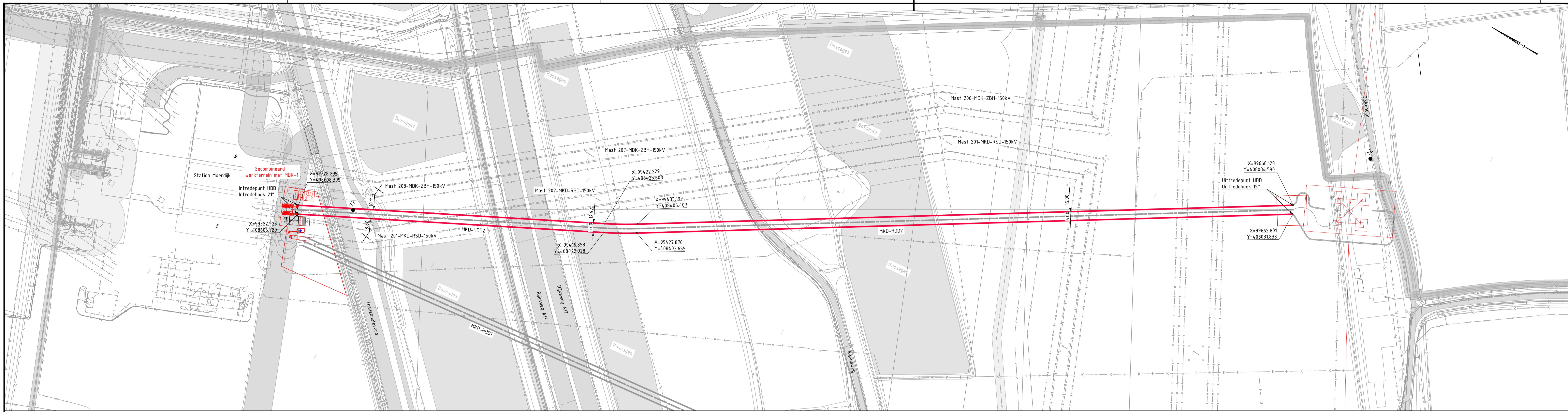
Legenda

—	Kadastrale grens	—	Verharding (asfalt)
—	Leiding gevaarlijke inhoud	—	Bestaande topo
—	Dataftransport	—	Bebouwing
—	Landelijk hoogspanningsnet	● 16	Locatie sondering met nummer
—	Laagspanning	—	Verharding/wegen
—	Middenspanning		
—	Gasleiding hoge druk		
—	Gasleiding lage druk		
—	Waterleiding		
—	Drukioliering		
—	Riolering vrijverval		
—	Horizontaal gestuurde boring (HDD)		
—	Open ontgraving		

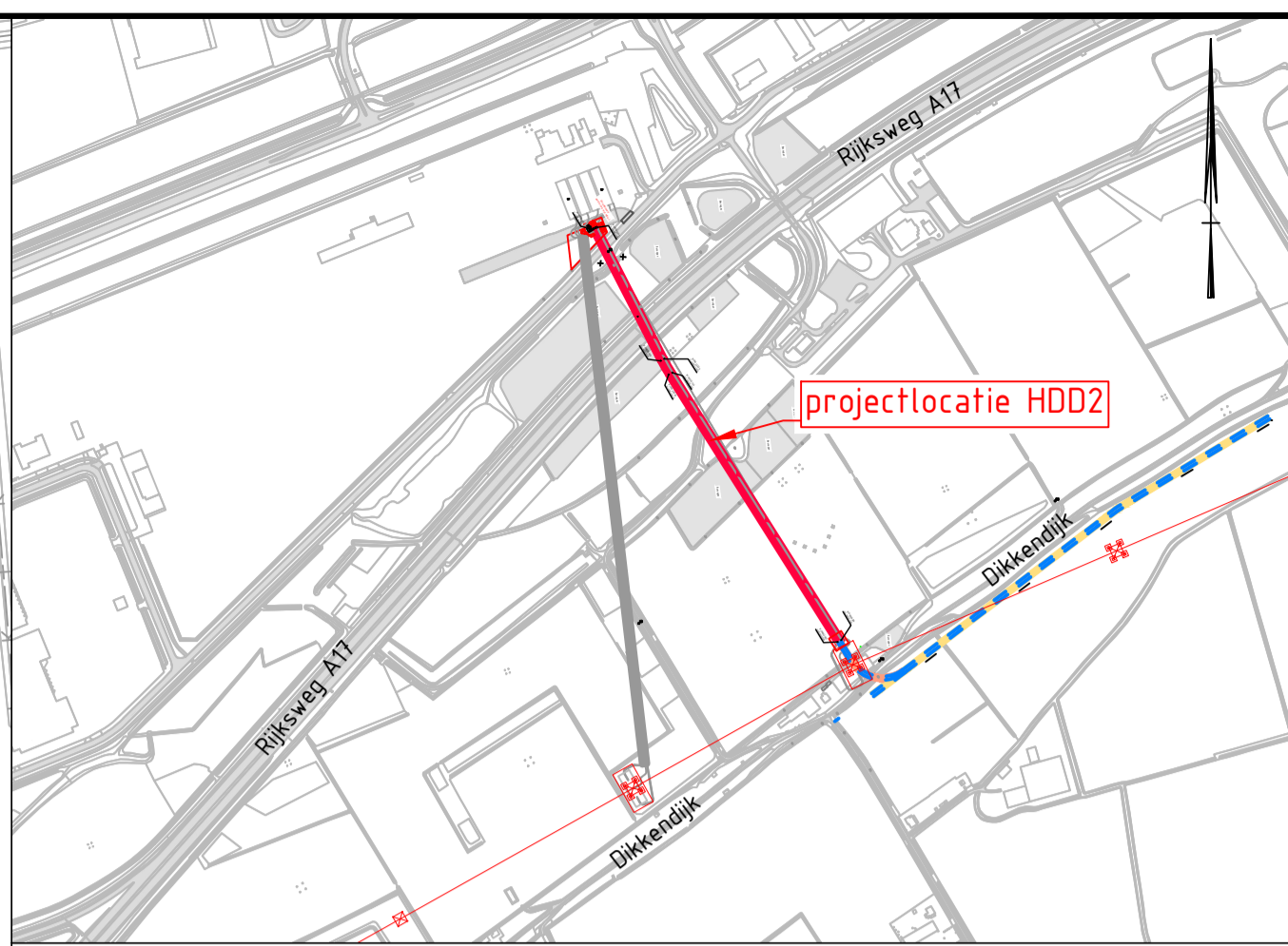
Vergunningstekening

B	T.b.v. Vergunningaanvraag	11-04-2022	BB	MJ	JD
A	Eerste uitgave	06-07-2021	BB	MJ	JD
Rev	Omschrijving	Datum rev.	Gst.	Gec.	Goedg.
<p>Opdrachtgever TenneT TSO B.V.</p> <p>Project HDD's 150 kV ZWO</p> <p>Onderdeel MKD-HDD02 Moerdijk HDD2</p>					
Projectnummer	Tekeningnummer	Verse	Datum van uitgave	Omschrijving	Contractnummer
368722	MKD-HDD2	B	11-04-2022	Definitief ontwerp	
Blad	Van	Schaal	Formaat	Kentor	Gec.
1	2	Zie tekening	A1	De Bilt	BB MJ JD
<p>www.sweco.nl © Sweco Nederland B.V. Alle rechten voorbehouden</p>					

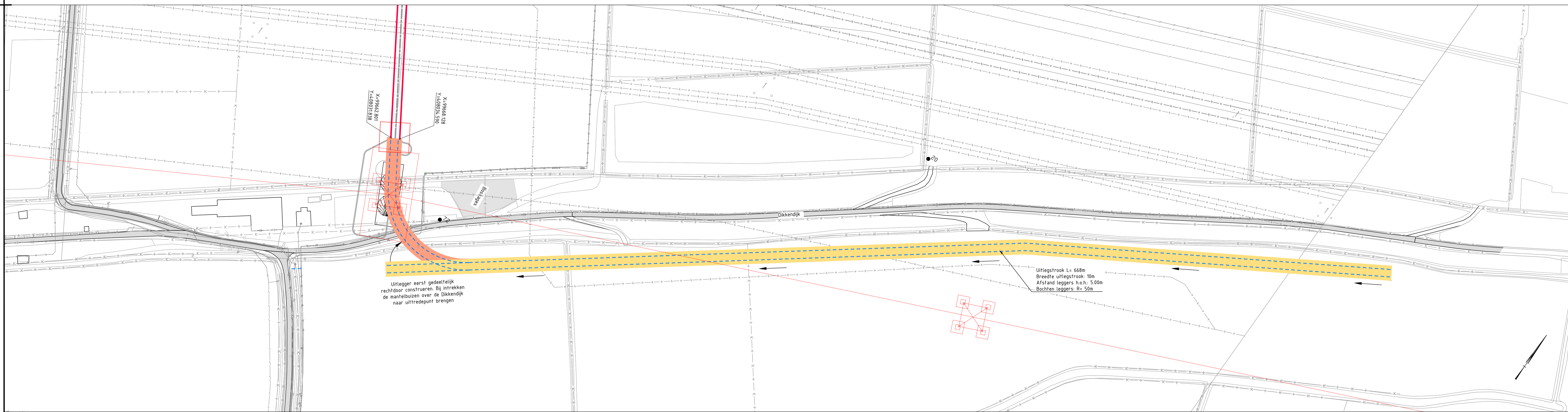




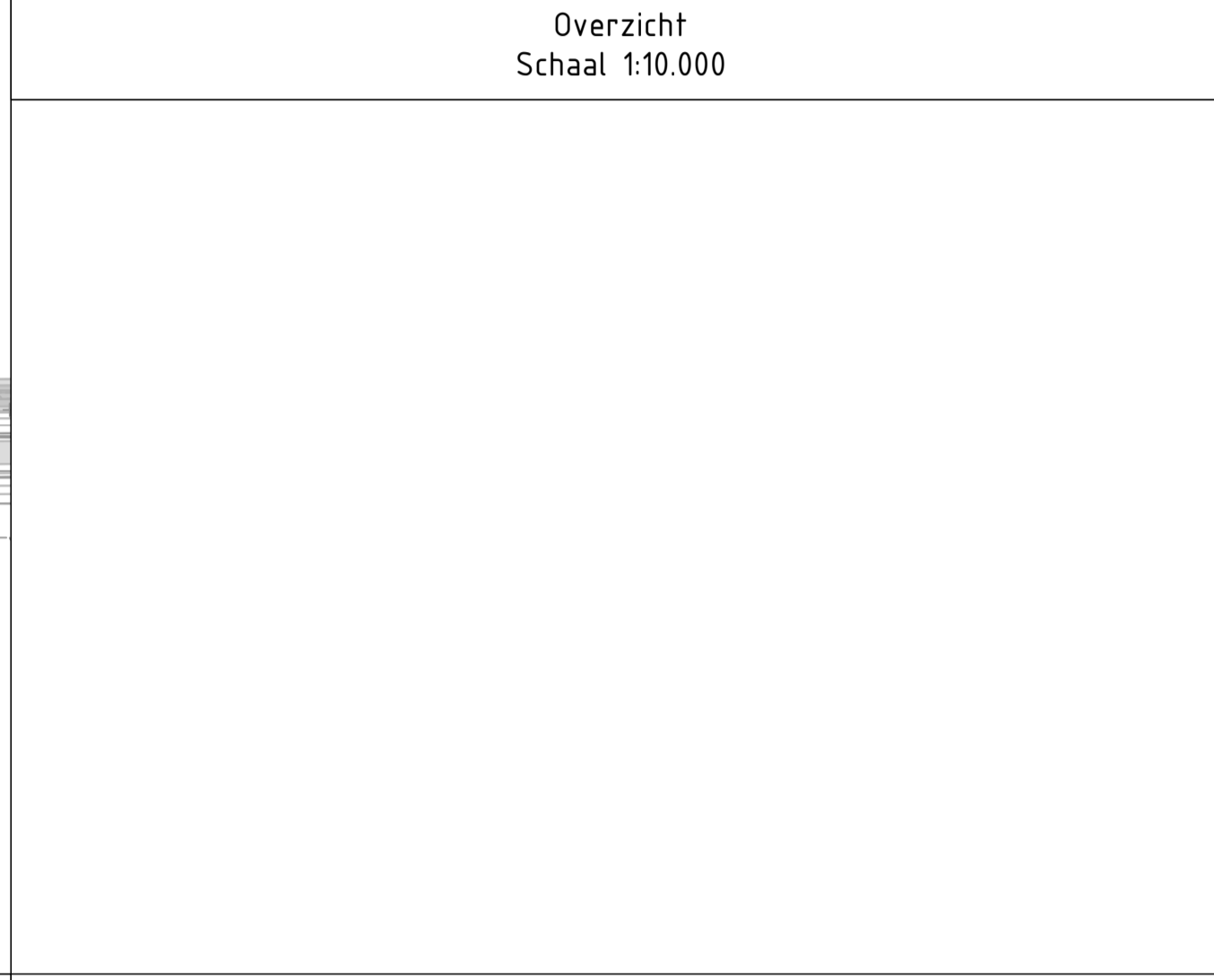
Bovenaanzicht HDD schaal 1:1000



Overzicht
Schaal 1:10.000



Uitlegstrook schaal 1:1000



Principe doorsnede
Schaal 1:10

Legenda

- K—K— K—K— Kadastrale grens
- Leiding gevaarlijke inhoud
- Datatransport
- Landelijk hoogspanningsnet
- Laagspanning
- Middenspanning
- Gasleiding hoge druk
- Gasleiding lage druk
- Waterleiding
- Drukiolering
- Riolering vrijverval
- Horizontaal gestuurde boring (HDB)
- Verharding lasfalt
- Bestaande topografie
- Bebouwing
- Primaire waterkering
- Uitlegstrook
- Leidingsstrook
- Verharding/wegen
- 16 Locatie sondering met nummer

Vergunningstekening

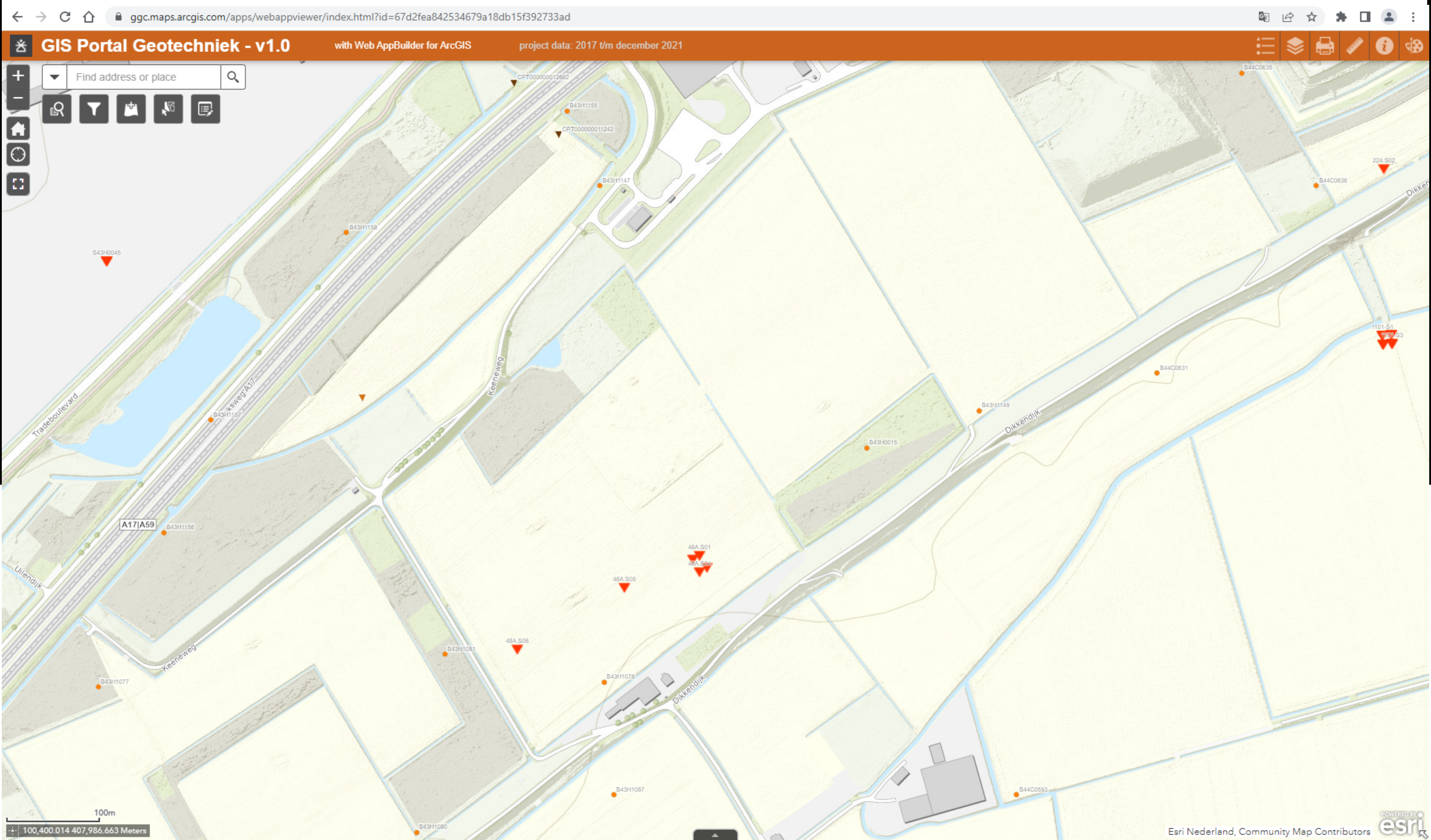
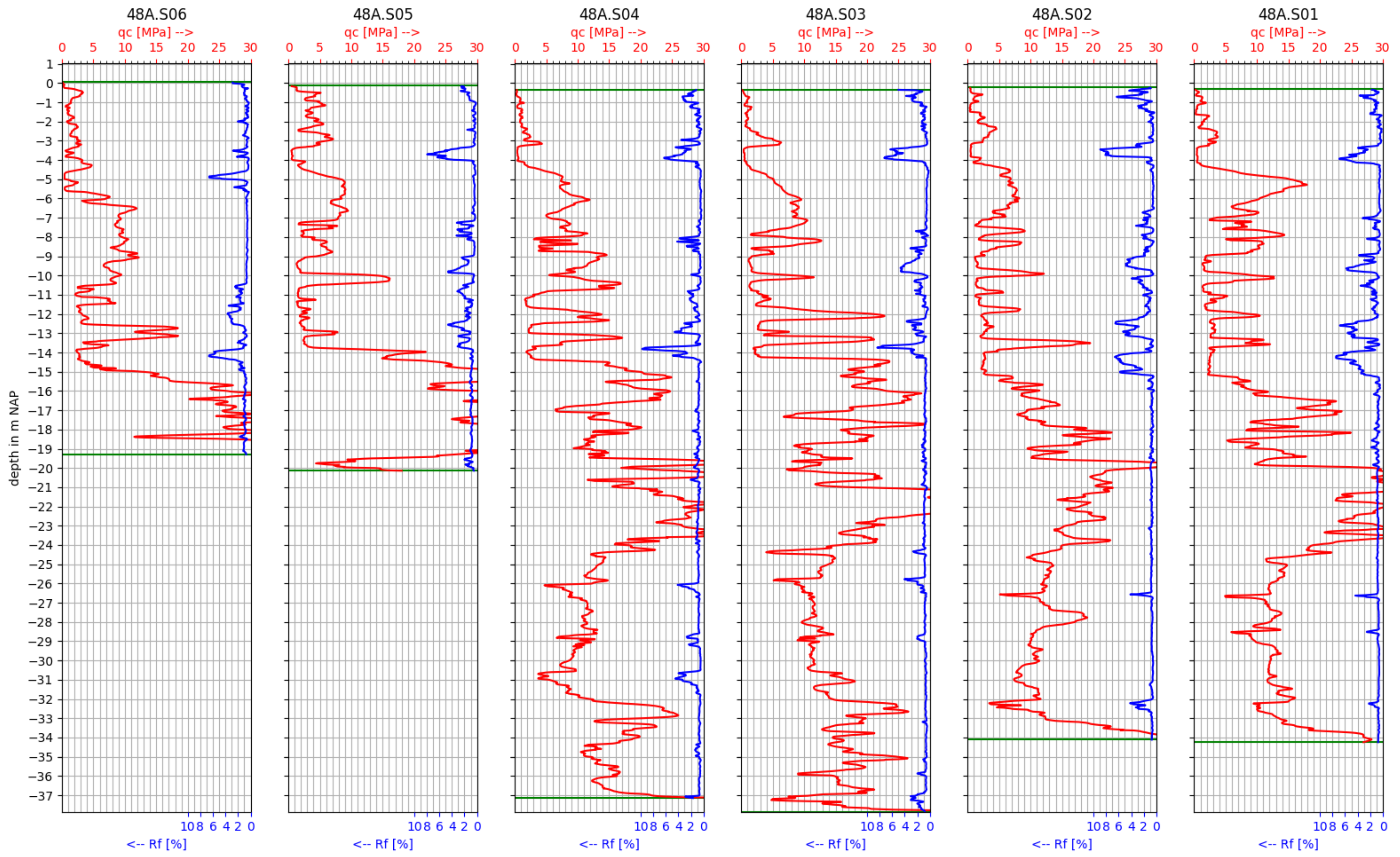
B	T.b.v. Vergunningaanvraag	11-04-2022	BB	MJ	JD
Z	Eerste uitgave	06-07-2021	MJ	MJ	JD
Rev	Omschrijving	Datum rev.	IGT	Gnc	Goep.

Operatiegever: **TenneT TSO B.V.**
 Project: **HDD's 150 kV ZWO**
 Onderdeel: **MKD-HDD2**
Moerdijk HDD2

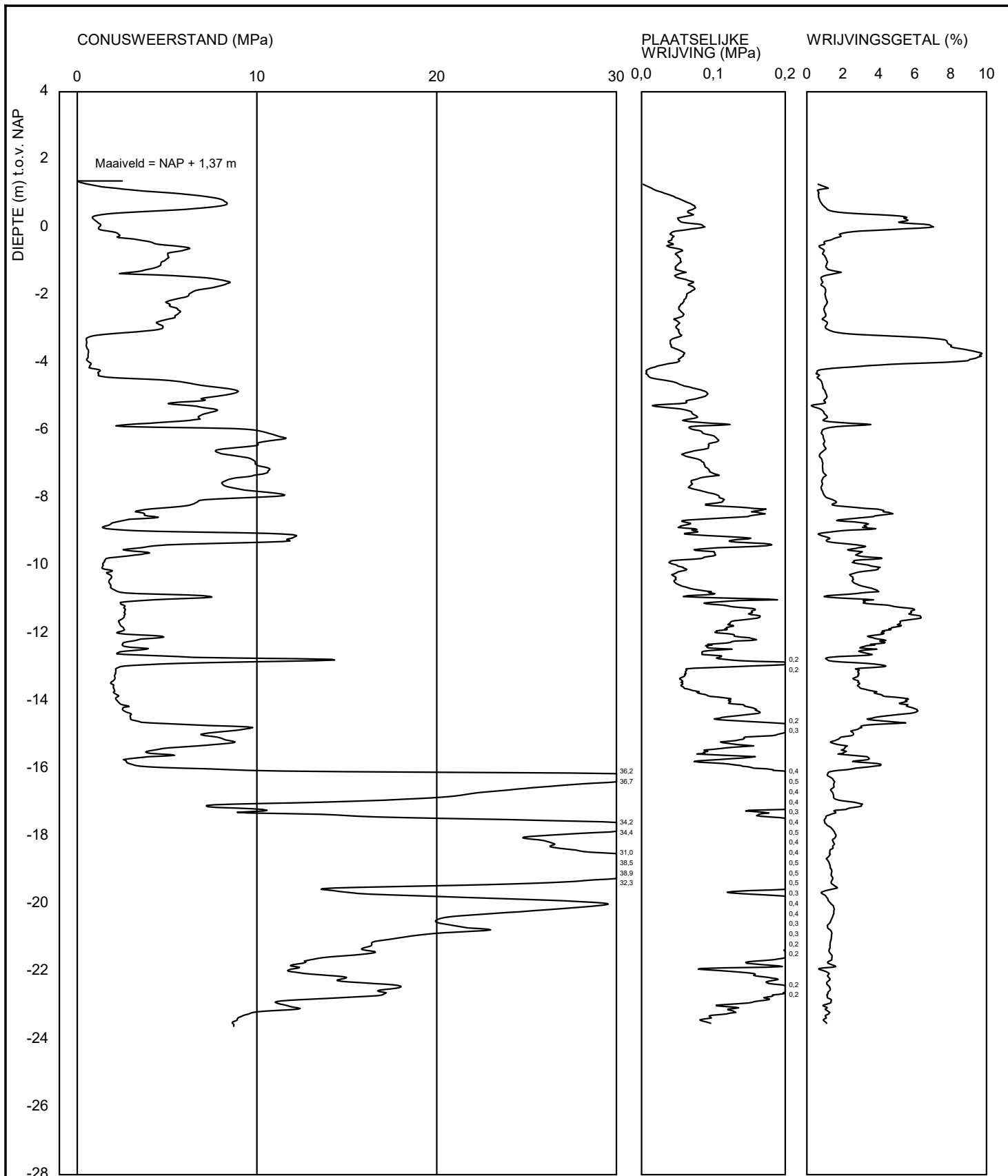
Projectnummer	Tekeningnummer	Versie	Datum van uitgave	Omschrijving	Contractnummer
368722	MKD-HDD2	B	11-04-2022	Definitief ontwerp	
Blad	Van	Schaal	Formaat	Kentoor	Gec.
2	Zie tekening	A1	De Bilt	BB	MJ
					JD

Bijlage 2 – Geotechnisch onderzoek

MDK HDD1

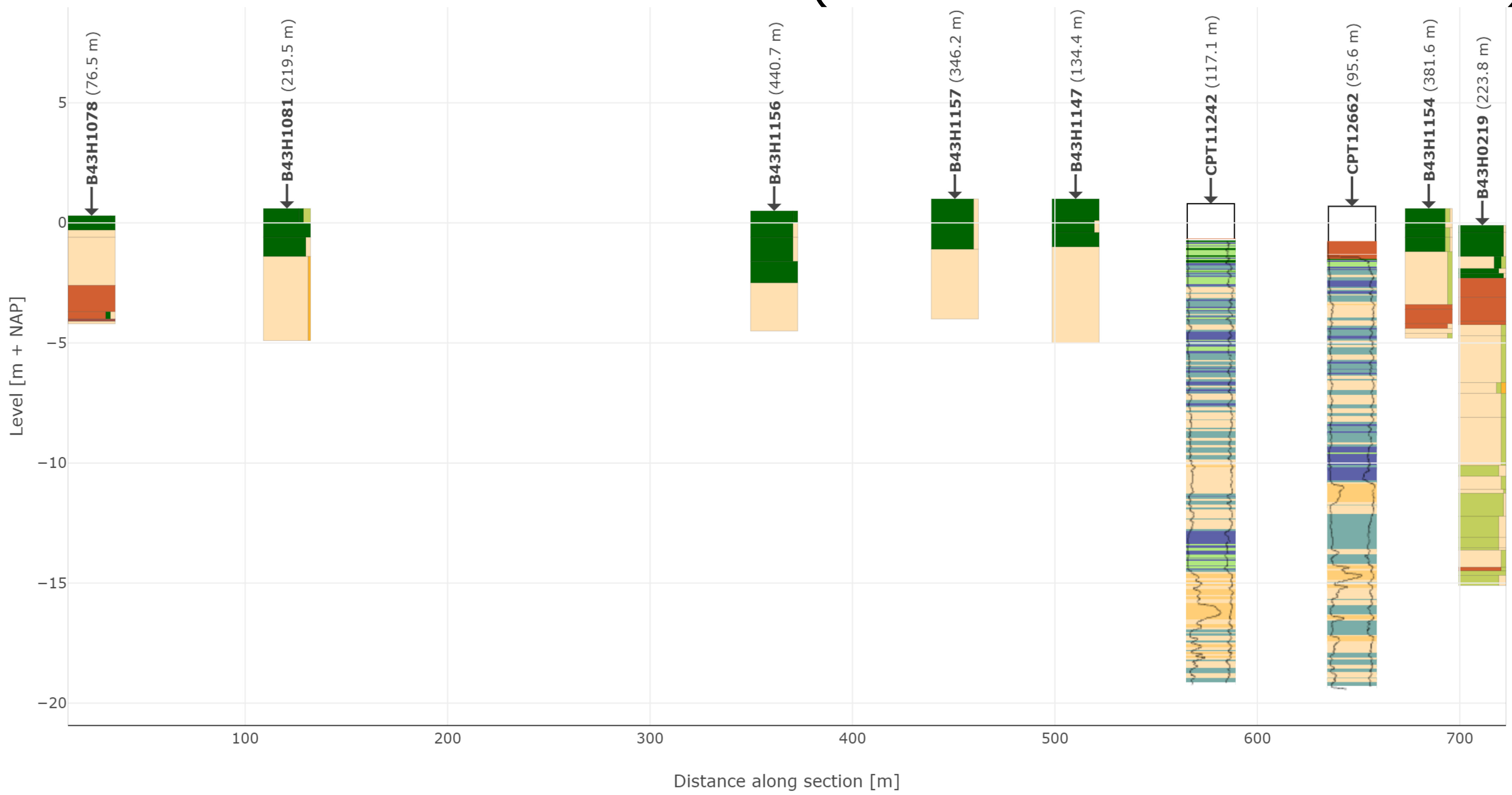


S43H0045



DELTA RES		Boussinesqweg 2629 HV DELFT	Telefoon 088 - 335 82 73 Telefax	datum 1999-02-02	get. -
-				DINO-/	gez.
Sondering S43H0045				BIJL. -	form. A4

Grondonderzoek BRO (tot 500 m afstand van trace)

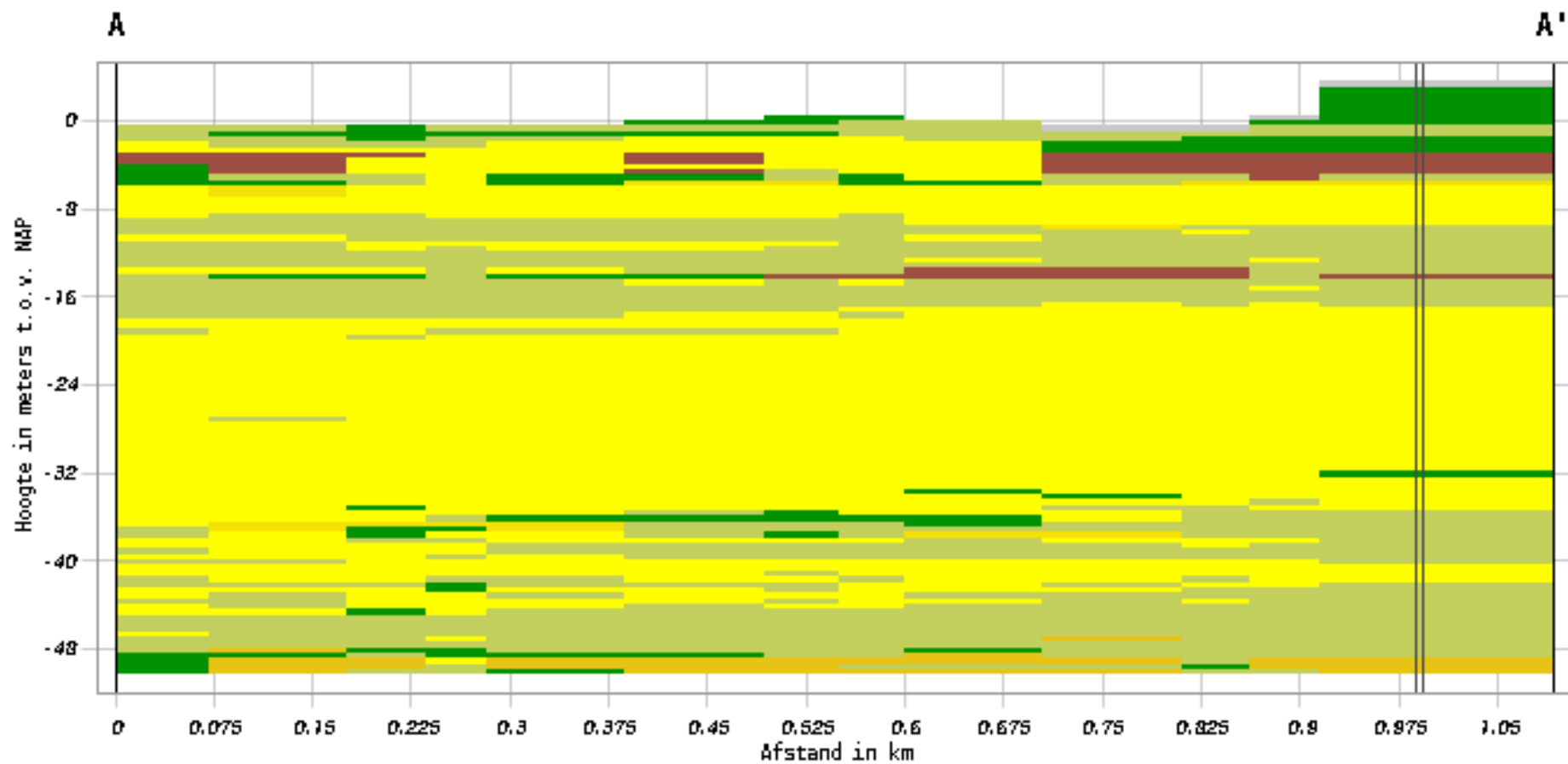


■ Sands
 ■ Sand mixtures
 ■ Silt mixtures
 ■ Clay
 ■ Clay (org. mat) [3<N<15]
 ■ Organic clay [15<N<30]
 ■ Peat [N>30]
 Unknown

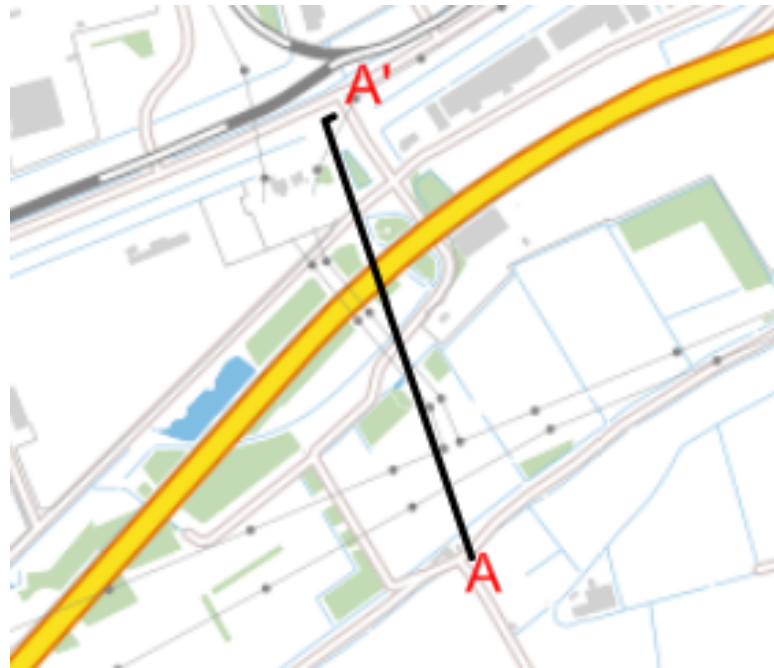
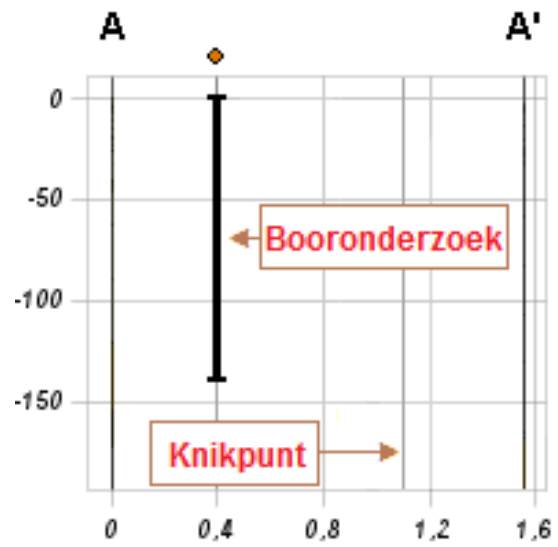
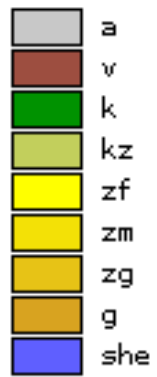


● cpt
 ● borehole
 ● not shown on sectionplot
 — section

Verticale Doorsnede BRO GeoTOP v1.4.1



Lithoklasse



Bijlage 3 – Berekening D-Geo Pipeline

Report for D-Geo Pipeline 20.1

Model : Horizontal Directional Drilling
Developed by Deltares

Date of report: 14-4-2022
Time of report: 11:11:07
Report with version: 20.1.2.31161
Calculated with version: 20.1.2.31161

File name: HDD berekening

1 Table of Contents

1	Table of Contents	2
2	Messages	4
2.1	Calculation Warnings	4
3	Input Data	5
3.1	Model Used	5
3.2	Layer Boundaries	5
3.3	PI-lines	5
3.4	Phreatic Line	6
3.5	Soil Profiles	6
3.6	Selected Boundaries	6
3.7	Soil Material Data	6
3.8	Geometry	7
3.8.1	Geometry Section, Detailed	7
3.8.2	Geometry Top View	7
3.9	Calculation Verticals	8
3.10	Configuration of the Pipeline	10
3.11	Product Pipe Material Data	10
3.12	Pipe Engineering Data	11
3.13	Drilling Fluid Data	12
3.14	Factors	12
3.15	Calculation Options	12
4	Drilling Fluid Pressures	13
4.1	Drilling Fluid Data	13
4.2	Equilibrium between Drilling Fluid Pressure and Pore Pressure	19
4.3	Drilling Fluid Pressure Plots	22
4.3.1	Drilling Fluid Pressures during Pilot	22
4.3.2	Drilling Fluid Pressures during Prereaming	22
4.3.3	Drilling Fluid Pressures during Reaming and Pullback Operation	23
5	Soil Mechanical Data	24
5.1	Soil Mechanical Parameters Pipe 1: pipe nr. 1	24
5.2	Soil Mechanical Parameters Pipe 2: pipe nr. 2	28
5.3	Soil Mechanical Parameters Pipe 3: pipe nr. 3	33
5.4	Soil Mechanical Parameters Pipe 4: pipe nr. 4	37
5.5	Young's Modulus per Layer per Vertical	42
6	Data for Stress Analysis	52
6.1	General Data	52
6.2	Buoyancy Control	52
6.3	Calculation Pulling Force	52
7	Stress Analysis of Pipe 1: pipe nr. 1	54
7.1	Material Data of Pipe 1: pipe nr. 1	54
7.2	Results Stress Analysis of Pipe 1: pipe nr. 1	54
7.2.1	Load Combination 1A: Start Pullback Operation	54
7.2.2	Load Combination 1B: End Pullback Operation	55
7.2.3	Load Combination 2: Application Internal Pressure	55
7.2.4	Load Combination 3: In Operation (Situation without Pressure)	55
7.2.5	Load Combination 4: In Operation (with Internal Pressure)	55
7.3	Check on Calculated Stresses of Pipe 1: pipe nr. 1	56
7.4	Check for Implosion of Pipe 1: pipe nr. 1	56
8	Stress Analysis of Pipe 2: pipe nr. 2	57
8.1	Material Data of Pipe 2: pipe nr. 2	57
8.2	Results Stress Analysis of Pipe 2: pipe nr. 2	57
8.2.1	Load Combination 1A: Start Pullback Operation	57
8.2.2	Load Combination 1B: End Pullback Operation	58
8.2.3	Load Combination 2: Application Internal Pressure	58
8.2.4	Load Combination 3: In Operation (Situation without Pressure)	58
8.2.5	Load Combination 4: In Operation (with Internal Pressure)	58
8.3	Check on Calculated Stresses of Pipe 2: pipe nr. 2	59
8.4	Check for Implosion of Pipe 2: pipe nr. 2	59
9	Stress Analysis of Pipe 3: pipe nr. 3	61
9.1	Material Data of Pipe 3: pipe nr. 3	61
9.2	Results Stress Analysis of Pipe 3: pipe nr. 3	61
9.2.1	Load Combination 1A: Start Pullback Operation	61
9.2.2	Load Combination 1B: End Pullback Operation	62
9.2.3	Load Combination 2: Application Internal Pressure	62

9.2.4 Load Combination 3: In Operation (Situation without Pressure)	62
9.2.5 Load Combination 4: In Operation (with Internal Pressure)	62
9.3 Check on Calculated Stresses of Pipe 3: pipe nr. 3	63
9.4 Check for Implosion of Pipe 3: pipe nr. 3	63
10 Stress Analysis of Pipe 4: pipe nr. 4	64
10.1 Material Data of Pipe 4: pipe nr. 4	64
10.2 Results Stress Analysis of Pipe 4: pipe nr. 4	64
10.2.1 Load Combination 1A: Start Pullback Operation	64
10.2.2 Load Combination 1B: End Pullback Operation	65
10.2.3 Load Combination 2: Application Internal Pressure	65
10.2.4 Load Combination 3: In Operation (Situation without Pressure)	65
10.2.5 Load Combination 4: In Operation (with Internal Pressure)	65
10.3 Check on Calculated Stresses of Pipe 4: pipe nr. 4	66
10.4 Check for Implosion of Pipe 4: pipe nr. 4	66

2 Messages

2.1 Calculation Warnings

One or more layers above the border between the top undrained and underlying drained layers have a S_u -value of 0.

3 Input Data

3.1 Model Used

Model Used : Horizontal Directional Drilling

3.2 Layer Boundaries

Boundary number	Co-ordinates [m]				
9 - L -	0,000	24,520	25,280	26,470	27,190
9 - Z -	1,560	1,190	1,330	1,570	1,620
9 - L -	28,290	30,980	34,590	45,880	54,470
9 - Z -	1,510	1,350	1,540	1,500	1,410
9 - L -	58,530	61,100	64,540	66,250	68,500
9 - Z -	1,330	1,150	-0,360	-0,480	0,400
9 - L -	74,470	152,240	155,430	160,460	163,920
9 - Z -	0,570	0,570	-0,440	-0,570	0,790
9 - L -	167,100	172,930	177,000	191,990	195,210
9 - Z -	0,640	0,780	1,400	1,140	1,440
9 - L -	209,730	218,380	221,660	222,920	224,880
9 - Z -	1,230	1,030	0,050	0,050	0,940
9 - L -	225,870	262,810	335,180	337,510	341,530
9 - Z -	1,050	0,630	0,550	-0,790	-0,950
9 - L -	343,610	413,470	416,540	421,400	426,460
9 - Z -	-0,370	1,580	1,580	2,280	2,150
9 - L -	435,470	437,040	438,670	439,640	477,020
9 - Z -	0,060	-0,060	-0,340	0,130	0,480
9 - L -	481,960	485,360	488,270	490,450	498,180
9 - Z -	-0,470	-0,650	0,260	0,350	0,250
9 - L -	501,370	504,130	507,310	511,330	518,500
9 - Z -	0,250	-0,480	-1,040	-0,110	0,010
9 - L -	525,330	574,810	590,060	599,620	602,180
9 - Z -	0,200	0,390	0,330	0,260	-0,200
9 - L -	604,430	606,130	715,020	716,770	718,010
9 - Z -	-0,750	-0,260	-0,200	-1,010	-0,980
9 - L -	719,460	735,480			
9 - Z -	-0,040	-0,010			
8 - L -	0,000	212,158	735,480		
8 - Z -	0,000	-3,000	-3,000		
7 - L -	0,000	212,158	735,480		
7 - Z -	-3,000	-3,000	-3,000		
6 - L -	0,000	212,158	353,596	735,480	
6 - Z -	-3,000	-3,000	-5,000	-5,000	
5 - L -	0,000	353,596	735,480		
5 - Z -	-5,000	-5,000	-5,000		
4 - L -	0,000	353,596	544,538	735,480	
4 - Z -	-5,000	-5,000	-7,700	-13,400	
3 - L -	0,000	544,538	735,480		
3 - Z -	-7,700	-7,700	-13,400		
2 - L -	0,000	735,480			
2 - Z -	-12,800	-13,400			
1 - L -	0,000	735,480			
1 - Z -	-14,600	-15,000			
0 - L -	0,000	735,480			
0 - Z -	-30,000	-30,000			

3.3 PI-lines

PI-line number	Co-ordinates [m]				
1 - L -	0,000	735,480			
1 - Z -	-0,900	-0,900			

3.4 Phreatic Line

Piezo-line 1 is used as phreatic line (groundwater).

3.5 Soil Profiles

Layer number	Material name	Piezo-line at top	Piezo-line at bottom
9	Klei, sterk zandig	1	1
8	Klei, sterk zandig	1	1
7	Klei, zwak zandig, m...	1	1
6	Klei, zwak zandig, m...	1	1
5	Zand, kleiig, los	1	1
4	Zand, kleiig, los	1	1
3	Zand, kleiig, los	1	1
2	Klei, matig	1	1
1	Zand, schoon, vast	1	1

3.6 Selected Boundaries

The boundary between (cohesive) undrained top layers and underlying (non-cohesive) drained layers, is situated at the top of layer number 1: Zand, schoon, vast

The boundary between compressible top layers and underlying non-compressible layers, is situated at the top of layer number 1: Zand, schoon, vast

3.7 Soil Material Data

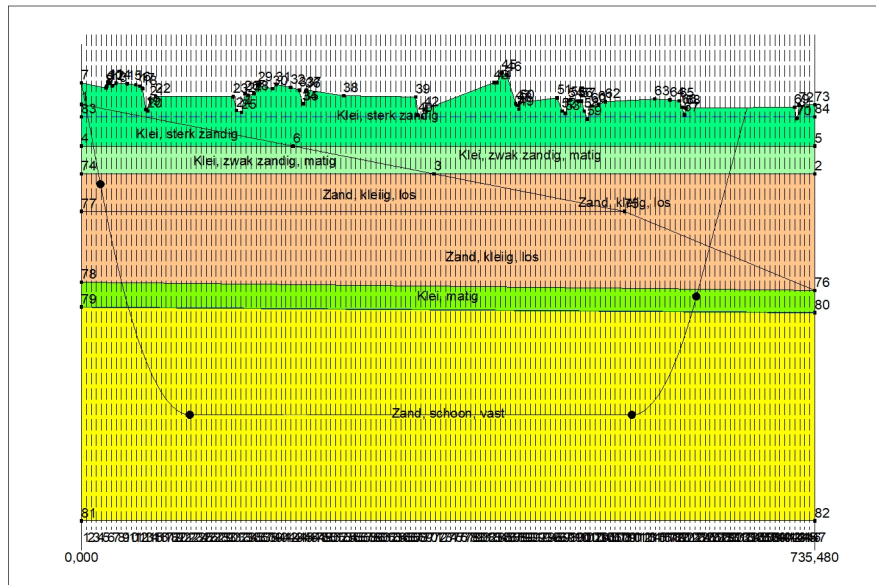
Name	Gamma unsat [kN/m ³]	Gamma sat [kN/m ³]	Cohesion [kN/m ²]	Phi [deg]	Su top [kN/m ²]	Su bottom [kN/m ²]
Zand, kleiig, los	18,00	20,00	0,00	25,00	0,00	0,00
Zand, schoon, vast	19,00	21,00	0,00	35,00	0,00	0,00
Klei, zwak zandig, matig	17,00	17,00	5,00	22,50	100,00	100,00
Veen; slap	11,00	11,00	1,50	15,00	30,00	30,00
Zand, schoon, matig	18,00	20,00	0,00	32,50	0,00	0,00
Zand, schoon, los	17,00	19,00	0,00	30,00	0,00	0,00
Klei, matig	18,00	18,00	5,00	22,50	60,00	60,00
Klei, sterk zandig	18,00	20,00	2,00	27,50	120,00	120,00

Name	Soil type	E _{mod} 100 [kN/m ²]	E _{mod} top [kN/m ²]	E _{mod} bottom [kN/m ²]
Zand, kleiig, los	Sand	10000,00	-	-
Zand, schoon, vast	Sand	75000,00	-	-
Klei, zwak zandig, matig	Clay	3000,00	-	-
Veen; slap	Peat	200,00	-	-
Zand, schoon, matig	Sand	30000,00	-	-
Zand, schoon, los	Sand	15000,00	-	-
Klei, matig	Clay	3000,00	-	-
Klei, sterk zandig	Clay	5000,00	-	-

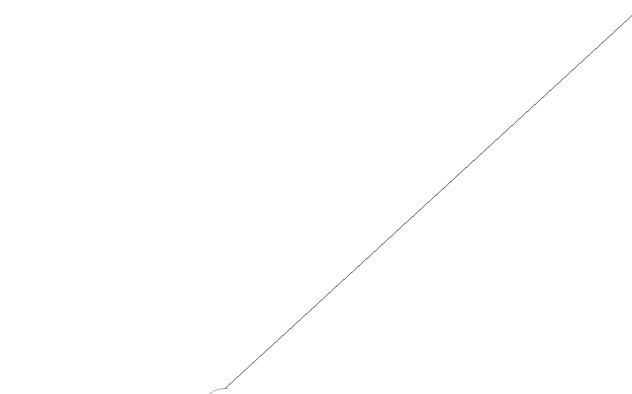
Name	Adhesion A [kN/m ²]	Delta D [deg]	Nu [-]
Zand, kleiig, los	-	-	0,20
Zand, schoon, vast	-	-	0,30
Klei, zwak zandig, matig	-	-	0,30
Veen; slap	-	-	0,30
Zand, schoon, matig	-	-	0,30
Zand, schoon, los	-	-	0,30
Klei, matig	-	-	0,30
Klei, sterk zandig	-	-	0,30

3.8 Geometry

3.8.1 Geometry Section, Detailed



3.8.2 Geometry Top View



3.9 Calculation Verticals

Vertical no.	L-coord. [m]	Z-coord. [m]
1	5,003	-0,360
2	10,006	-2,281
3	15,009	-4,201
4	20,012	-6,120
5	25,015	-7,956
6	30,018	-9,673
7	35,021	-11,272
8	40,024	-12,757
9	45,027	-14,129
10	50,030	-15,391
11	55,033	-16,543
12	60,036	-17,588
13	65,039	-18,527
14	70,042	-19,361
15	75,045	-20,091
16	80,048	-20,719
17	85,051	-21,244
18	90,054	-21,668
19	95,057	-21,990
20	100,060	-22,212
21	105,063	-22,334
22	110,066	-22,360
23	115,069	-22,360
24	120,072	-22,360
25	125,075	-22,360
26	130,078	-22,360
27	135,081	-22,360
28	140,084	-22,360
29	145,087	-22,360
30	150,090	-22,360
31	155,093	-22,360
32	160,096	-22,360
33	165,099	-22,360
34	170,102	-22,360
35	175,105	-22,360
36	180,108	-22,360
37	185,111	-22,360
38	190,114	-22,360
39	195,117	-22,360
40	200,120	-22,360
41	205,123	-22,360
42	210,126	-22,360
43	215,129	-22,360
44	220,132	-22,360
45	225,135	-22,360
46	230,138	-22,360
47	235,141	-22,360
48	240,144	-22,360
49	245,147	-22,360
50	250,150	-22,360
51	255,153	-22,360
52	260,156	-22,360
53	265,159	-22,360
54	270,162	-22,360
55	275,165	-22,360
56	280,168	-22,360
57	285,171	-22,360
58	290,174	-22,360
59	295,177	-22,360
60	300,180	-22,360
61	305,183	-22,360
62	310,186	-22,360

Vertical no.	L-coord. [m]	Z-coord. [m]
63	315,189	-22,360
64	320,192	-22,360
65	325,195	-22,360
66	330,198	-22,360
67	335,201	-22,360
68	340,204	-22,360
69	345,207	-22,360
70	350,210	-22,360
71	355,213	-22,360
72	360,216	-22,360
73	365,219	-22,360
74	370,222	-22,360
75	375,225	-22,360
76	380,228	-22,360
77	385,231	-22,360
78	390,234	-22,360
79	395,237	-22,360
80	400,240	-22,360
81	405,243	-22,360
82	410,246	-22,360
83	415,249	-22,360
84	420,252	-22,360
85	425,255	-22,360
86	430,258	-22,360
87	435,261	-22,360
88	440,264	-22,360
89	445,267	-22,360
90	450,270	-22,360
91	455,273	-22,360
92	460,276	-22,360
93	465,279	-22,360
94	470,282	-22,360
95	475,285	-22,360
96	480,288	-22,360
97	485,291	-22,360
98	490,294	-22,360
99	495,297	-22,360
100	500,300	-22,360
101	505,303	-22,360
102	510,306	-22,360
103	515,309	-22,360
104	520,312	-22,360
105	525,315	-22,360
106	530,318	-22,360
107	535,321	-22,360
108	540,324	-22,360
109	545,327	-22,360
110	550,330	-22,360
111	555,333	-22,336
112	560,336	-22,217
113	565,339	-21,998
114	570,342	-21,678
115	575,345	-21,257
116	580,348	-20,735
117	585,351	-20,110
118	590,354	-19,383
119	595,357	-18,552
120	600,360	-17,616
121	605,363	-16,574
122	610,366	-15,424
123	615,369	-14,166
124	620,372	-12,828
125	625,375	-11,488
126	630,378	-10,147
127	635,381	-8,807

Vertical no.	L-coord. [m]	Z-coord. [m]
128	640,384	-7,466
129	645,387	-6,126
130	650,390	-4,785
131	655,393	-3,445
132	660,396	-2,104
133	665,399	-0,763
134	670,402	n.a.
135	675,405	n.a.
136	680,408	n.a.
137	685,411	n.a.
138	690,414	n.a.
139	695,417	n.a.
140	700,420	n.a.
141	705,423	n.a.
142	710,426	n.a.
143	715,429	n.a.
144	720,432	n.a.
145	725,435	n.a.
146	730,438	n.a.
147	735,441	n.a.

Locations of the calculation verticals; L represents distance along the pipeline projection in the horizontal plane, incremented with the entry co-ordinate.

3.10 Configuration of the Pipeline

X co-ordinate left point	0,000	[m]
Y co-ordinate left point	0,000	[m]
Z co-ordinate left point	1,560	[m]
X co-ordinate right point	665,640	[m]
Y co-ordinate right point	40,000	[m]
Z co-ordinate right point	-0,226	[m]
Angle left	21,0000	[deg]
Angle right	15,0000	[deg]
Bending radius left, vertical in/out	250,000	[m]
Bending radius right, vertical in/out	250,000	[m]
Bending radius pipe on rollers	500,000	[m]
Lowest level of pipe (center bore hole)	-22,360	[m]
Angle of pipe (between radii)	0,0000	[deg]
Number of horizontal bends	1	

The pulling direction of the product pipe is from left to right.

Bending nr.	X1-coord. [m]	Y1-coord. [m]	X2-coord. [m]	Y2-coord. [m]	Bending radius [m]	Direction
1	205,470	0,000	227,910	1,000	250,000	left

3.11 Product Pipe Material Data

Input data pipe nr. 1	
Material	Polyethene
Quality	PE100
Young's modulus (short)	975,00 [N/mm ²]
Young's modulus (long)	350,00 [N/mm ²]
Allowable strength (short)	10,00 [N/mm ²]
Allowable strength (long)	8,00 [N/mm ²]
Tensile factor (alpha)	0,65 [-]
Linear settlement coefficient (alpha_g)	0,0001600 [mm/mmK]
Outer diameter product pipe	315,00 [mm]
Wall thickness (Nominal)	28,70 [mm]
Unit weight pipe material	9,54 [kN/m ³]
Design pressure	0,00 [bar]
Test pressure	0,00 [bar]
Temperature variation	0,00 [deg C]

Input data pipe nr. 2		
Material	Polyethene	
Quality	PE100	
Young's modulus (short)	975,00	[N/mm ²]
Young's modulus (long)	350,00	[N/mm ²]
Allowable strength (short)	10,00	[N/mm ²]
Allowable strength (long)	8,00	[N/mm ²]
Tensile factor (alpha)	0,65	[-]
Linear settlement coefficient (alpha_g)	0,0001600	[mm/mmK]
Outer diameter product pipe	315,00	[mm]
Wall thickness (Nominal)	28,70	[mm]
Unit weight pipe material	9,54	[kN/m ³]
Design pressure	0,00	[bar]
Test pressure	0,00	[bar]
Temperature variation	0,00	[deg C]
Input data pipe nr. 3		
Material	Polyethene	
Quality	PE100	
Young's modulus (short)	975,00	[N/mm ²]
Young's modulus (long)	350,00	[N/mm ²]
Allowable strength (short)	10,00	[N/mm ²]
Allowable strength (long)	8,00	[N/mm ²]
Tensile factor (alpha)	0,65	[-]
Linear settlement coefficient (alpha_g)	0,0001600	[mm/mmK]
Outer diameter product pipe	315,00	[mm]
Wall thickness (Nominal)	28,70	[mm]
Unit weight pipe material	9,54	[kN/m ³]
Design pressure	0,00	[bar]
Test pressure	0,00	[bar]
Temperature variation	0,00	[deg C]
Input data pipe nr. 4		
Material	Polyethene	
Quality	PE100	
Young's modulus (short)	975,00	[N/mm ²]
Young's modulus (long)	350,00	[N/mm ²]
Allowable strength (short)	10,00	[N/mm ²]
Allowable strength (long)	8,00	[N/mm ²]
Tensile factor (alpha)	0,65	[-]
Linear settlement coefficient (alpha_g)	0,0001600	[mm/mmK]
Outer diameter product pipe	315,00	[mm]
Wall thickness (Nominal)	28,70	[mm]
Unit weight pipe material	9,54	[kN/m ³]
Design pressure	0,00	[bar]
Test pressure	0,00	[bar]
Temperature variation	0,00	[deg C]

3.12 Pipe Engineering Data

Pipe filled with water on rollers	No	
Part of cross section filled with fluid	0	[%]
Unit weight fluid	10,00	[kN/m ³]
Bedding angle	30	[deg]
Load angle	30	[deg]
Relative displacement	10,00	[mm]
Compression index	6,00	[-]
Modulus of subgrade reaction drilling fluid (Kv)	500,00	[kN/m ³]
Phi drilling fluid	15,00	[deg]
Cohesion drilling fluid	5,00	[kN/m ²]
Factor of friction pipe-roller (f1)	0,10	[-]
Friction pipe-drilling fluid (f2)	0,000050	[N/mm ²]
Factor of friction pipe-soil (f3)	0,20	[-]

3.13 Drilling Fluid Data

Outer diameter pilot hole	0,300	[m]
Outer diameter pilot pipe	0,170	[m]
Outer diameter preream hole	0,500	[m]
Outer diameter drillpipe	0,170	[m]
Outer diameter bore hole	1,000	[m]
Outer diameter product pipe	0,630	[m]
Pump flow rate pilot	500,0000	[liter/minute]
Pump flow rate pre-reaming	1000,0000	[liter/minute]
Pump flow rate ream and pull-back	1000,0000	[liter/minute]
Circulation loss factor pilot	0,30	[-]
Circulation loss factor pre-reaming	0,20	[-]
Circulation loss factor ream and pull-back	0,20	[-]
Unit weight drilling fluid (γ)	11,1	[kN/m ³]
Yieldpoint drilling fluid (τ)	0,014	[kN/m ²]
Plastic viscosity drilling fluid (μ)	0,000040	[kN.s/m ²]

3.14 Factors

(Polyethene)Safety factor on implosion (Long)	3,0	[-]
(Polyethene)Safety factor on implosion (Short)	1,5	[-]
Contingency factor on unit weight of material types below and above phreatic level	1,10	[-]
Contingency factor on (drained) cohesion C	1,40	[-]
Contingency factor on undrained shear strength S_u	1,40	[-]
Contingency factor on Phi	1,10	[-]
Contingency factor on E-modulus	1,25	[-]
Contingency factor on modulus of subgrade reaction	2,00	[-]
Load factor on design pressure (Polyethene)	1,00	[-]
Load factor on design pressure (combination) (Polyethene)	1,00	[-]
Load factor on test pressure (Polyethene)	1,00	[-]
Load factor on installation (Polyethene)	1,00	[-]
Load factor on reduced neutral soil stress $q_{n;r}$ (Polyethene)	1,50	[-]
Load factor on temperature (Polyethene)	1,10	[-]
Load factor on traffic load (Polyethene)	1,35	[-]
Factor of importance (S)	1,00	[-]
Allowable deflection of steel pipe	15,00	[%]
Allowable piggability of steel pipe	5,00	[%]
Allowable deflection of polyethene pipe	8,00	[%]
Allowable piggability of polyethene pipe	5,00	[%]
Unit weight water	10,00	[kN/m ³]
Safety factor on cover (drained layer)	0,50	[-]
Safety factor on cover (undrained layer)	0,50	[-]
Ratio H/Do for boundary between shallow and deep situation	7,50	[-]

3.15 Calculation Options

Stress analysis option : Standard

4 Drilling Fluid Pressures

4.1 Drilling Fluid Data

Vertical no.	Drilling fluid pressures pilot [kN/m ²]			
	Max, deformation	Max, soil cover	Min, left	Min, right
1	225	225	24	335
2	291	291	48	354
3	286	286	72	373
4	157	157	96	391
5	154	154	119	409
6	175	175	141	425
7	199	199	161	440
8	220	220	180	454
9	399	399	198	467
10	502	502	215	478
11	862	862	230	489
12	915	1125	244	498
13	860	1184	257	505
14	942	1429	269	512
15	979	1571	279	518
16	1004	1673	289	522
17	1025	1752	297	526
18	1041	1813	305	528
19	1054	1857	311	529
20	1063	1886	316	529
21	1068	1902	319	528
22	1069	1906	322	525
23	1069	1905	325	523
24	1069	1905	327	520
25	1069	1905	330	518
26	1069	1905	332	515
27	1069	1905	335	513
28	1069	1905	337	510
29	1069	1905	340	508
30	1069	1904	342	505
31	1018	1799	345	503
32	1005	1772	347	500
33	1078	1923	350	498
34	1077	1920	352	495
35	1099	1967	355	493
36	1112	1994	357	490
37	1107	1983	360	488
38	1102	1973	362	485
39	1117	2003	365	483
40	1113	1996	367	480
41	1109	1987	370	478
42	1105	1978	372	475
43	1099	1965	375	473
44	1066	1895	377	470
45	1091	1949	380	468
46	1093	1952	382	465
47	1090	1946	385	463
48	1087	1939	387	460
49	1084	1932	390	458
50	1080	1925	392	455
51	1077	1919	395	453
52	1074	1912	397	450
53	1072	1908	400	448
54	1072	1907	402	445
55	1072	1906	405	443
56	1071	1906	407	440
57	1071	1905	410	438

Vertical no.	Drilling fluid pressures pilot [kN/m ²]			
	Max, deformation	Max, soil cover	Min, left	Min, right
58	1071	1904	412	435
59	1071	1903	415	433
60	1070	1903	417	430
61	1070	1902	420	428
62	1070	1901	422	425
63	1069	1900	425	423
64	1069	1899	427	420
65	1069	1899	430	418
66	1069	1898	432	415
67	1068	1896	435	413
68	987	1728	437	410
69	1019	1795	440	408
70	1027	1811	442	405
71	1035	1827	445	403
72	1043	1843	447	400
73	1051	1859	450	398
74	1058	1876	452	395
75	1066	1892	455	393
76	1074	1908	457	390
77	1082	1924	460	388
78	1090	1940	462	385
79	1097	1956	465	383
80	1105	1972	467	380
81	1113	1988	470	378
82	1121	2003	472	375
83	1125	2014	475	373
84	1155	2075	477	370
85	1158	2082	480	368
86	1108	1977	482	365
87	1044	1843	485	363
88	1045	1846	487	360
89	1048	1851	490	358
90	1051	1857	492	355
91	1053	1862	495	353
92	1056	1867	497	350
93	1059	1873	500	348
94	1061	1878	502	345
95	1064	1883	505	343
96	1029	1812	507	340
97	1001	1753	510	338
98	1057	1869	512	335
99	1054	1862	515	333
100	1052	1858	517	330
101	999	1748	520	328
102	1018	1788	522	325
103	1035	1823	525	323
104	1041	1835	527	320
105	1049	1851	530	318
106	1050	1853	532	315
107	1051	1855	535	313
108	1052	1857	537	310
109	1054	1859	540	308
110	1055	1862	542	305
111	1055	1860	544	303
112	1051	1847	546	299
113	1044	1819	546	294
114	1032	1775	545	288
115	1016	1715	542	281
116	994	1631	539	272
117	968	1524	535	263
118	938	1388	529	252
119	902	1215	523	241
120	854	987	515	228
121	685	685	506	214

Vertical no.	Drilling fluid pressures pilot [kN/m ²]			
	Max, deformation	Max, soil cover	Min, left	Min, right
122	364	364	495	198
123	371	371	484	182
124	201	201	472	164
125	181	181	460	147
126	161	161	447	129
127	144	144	435	112
128	131	131	423	94
129	137	137	410	77
130	248	248	398	59
131	224	224	386	42
132	185	185	373	24
133	68	68	361	7

Vertical no.	Drilling fluid pressures preream [kN/m ²]			
	Max, deformation	Max, soil cover	Min, left	Min, right
1	196	196	22	24
2	290	290	45	48
3	289	289	67	72
4	186	186	89	96
5	165	165	111	119
6	182	182	131	141
7	203	203	149	161
8	224	224	167	180
9	393	393	183	198
10	396	396	198	215
11	660	660	212	230
12	867	867	224	244
13	860	931	235	257
14	942	1143	246	269
15	979	1280	255	279
16	1004	1384	262	289
17	1025	1469	269	297
18	1041	1535	275	305
19	1054	1584	279	311
20	1063	1617	283	316
21	1068	1635	285	319
22	1069	1638	286	322
23	1069	1638	287	325
24	1069	1638	288	327
25	1069	1638	289	330
26	1069	1637	290	332
27	1069	1637	291	335
28	1069	1637	292	337
29	1069	1637	293	340
30	1069	1637	293	340
31	1018	1544	294	340
32	1005	1521	295	339
33	1078	1653	296	338
34	1077	1650	297	337
35	1099	1690	298	336
36	1112	1714	299	335
37	1107	1705	300	334
38	1102	1696	301	333
39	1117	1722	302	332
40	1113	1715	303	331
41	1109	1708	304	330
42	1105	1700	304	330
43	1099	1688	305	329
44	1066	1627	306	328
45	1091	1674	307	327
46	1093	1677	308	326
47	1090	1671	309	325
48	1087	1665	310	324

Vertical no.	Drilling fluid pressures preream [kN/m ²]			
	Max, deformation	Max, soil cover	Min, left	Min, right
49	1084	1659	311	323
50	1080	1653	312	322
51	1077	1647	313	321
52	1074	1641	314	320
53	1072	1638	314	319
54	1072	1637	315	319
55	1072	1636	316	318
56	1071	1635	317	317
57	1071	1634	318	316
58	1071	1634	319	315
59	1071	1633	320	314
60	1070	1632	321	313
61	1070	1631	322	312
62	1070	1631	323	311
63	1069	1630	324	310
64	1069	1629	324	309
65	1069	1628	325	309
66	1069	1628	326	308
67	1068	1626	327	307
68	987	1480	328	306
69	1019	1538	329	305
70	1027	1552	330	304
71	1035	1566	331	303
72	1043	1580	332	302
73	1051	1594	333	301
74	1058	1607	334	300
75	1066	1621	335	299
76	1074	1635	335	298
77	1082	1649	336	298
78	1090	1663	337	297
79	1097	1677	338	296
80	1105	1691	339	295
81	1113	1704	340	294
82	1121	1718	341	293
83	1125	1727	342	292
84	1155	1780	343	291
85	1158	1786	344	290
86	1108	1695	345	289
87	1044	1578	345	288
88	1045	1581	346	288
89	1048	1585	347	287
90	1051	1590	348	286
91	1053	1594	349	285
92	1056	1599	350	284
93	1059	1603	348	283
94	1061	1608	345	282
95	1064	1612	343	281
96	1029	1550	340	280
97	1001	1500	338	279
98	1057	1599	335	278
99	1054	1594	333	278
100	1052	1590	330	277
101	999	1495	328	276
102	1018	1529	325	275
103	1035	1559	323	274
104	1041	1570	320	273
105	1049	1583	318	272
106	1050	1585	315	271
107	1051	1587	313	270
108	1052	1589	310	269
109	1054	1590	308	268
110	1055	1592	305	267
111	1055	1590	303	266
112	1051	1574	299	264

Vertical no.	Drilling fluid pressures preream [kN/m ²]			
	Max, deformation	Max, soil cover	Min, left	Min, right
113	1044	1542	294	261
114	1032	1495	288	256
115	1016	1429	281	251
116	994	1341	272	244
117	968	1234	263	236
118	938	1104	252	227
119	902	950	241	217
120	762	762	228	206
121	531	531	214	193
122	320	320	198	179
123	360	360	182	165
124	204	204	164	149
125	185	185	147	133
126	167	167	129	117
127	151	151	112	101
128	143	143	94	85
129	163	163	77	70
130	248	248	59	54
131	225	225	42	38
132	184	184	24	22
133	0	0	7	6

Vertical no.	Drilling fluid pressures pull back [kN/m ²]			
	Max, deformation	Max, soil cover	Min, left	Min, right
1	124	124	22	22
2	267	267	44	45
3	296	296	66	67
4	242	242	89	89
5	190	190	110	111
6	198	198	130	131
7	215	215	148	149
8	233	233	166	167
9	373	373	182	183
10	351	351	196	198
11	469	469	210	212
12	607	607	223	224
13	657	657	234	235
14	805	805	244	246
15	908	908	253	255
16	990	990	260	262
17	1025	1059	267	269
18	1041	1115	273	275
19	1054	1157	277	279
20	1063	1186	280	283
21	1068	1202	282	285
22	1069	1205	283	286
23	1069	1205	284	287
24	1069	1205	285	288
25	1069	1205	286	289
26	1069	1204	287	290
27	1069	1204	287	291
28	1069	1204	288	292
29	1069	1204	289	293
30	1069	1204	290	293
31	1018	1137	291	294
32	1005	1120	291	295
33	1078	1215	292	296
34	1077	1213	293	297
35	1099	1242	294	298
36	1112	1259	294	299
37	1107	1252	295	300
38	1102	1246	296	301
39	1117	1264	297	302

Vertical no.	Drilling fluid pressures pull back [kN/m ²]			
	Max, deformation	Max, soil cover	Min, left	Min, right
40	1113	1260	298	303
41	1109	1254	298	304
42	1105	1248	299	304
43	1099	1240	300	305
44	1066	1196	301	306
45	1091	1229	302	307
46	1093	1232	302	308
47	1090	1227	303	309
48	1087	1223	304	310
49	1084	1218	305	311
50	1080	1214	306	312
51	1077	1210	306	311
52	1074	1205	307	310
53	1072	1203	308	310
54	1072	1202	309	309
55	1072	1202	309	308
56	1071	1201	310	307
57	1071	1200	311	306
58	1071	1200	312	306
59	1071	1199	313	305
60	1070	1199	313	304
61	1070	1198	312	303
62	1070	1197	311	302
63	1069	1197	310	302
64	1069	1196	309	301
65	1069	1196	309	300
66	1069	1195	308	299
67	1068	1193	307	299
68	987	1089	306	298
69	1019	1130	305	297
70	1027	1140	304	296
71	1035	1150	303	295
72	1043	1160	302	295
73	1051	1170	301	294
74	1058	1180	300	293
75	1066	1190	299	292
76	1074	1200	298	291
77	1082	1210	298	291
78	1090	1220	297	290
79	1097	1229	296	289
80	1105	1239	295	288
81	1113	1249	294	287
82	1121	1259	293	287
83	1125	1265	292	286
84	1155	1304	291	285
85	1158	1308	290	284
86	1108	1242	289	284
87	1044	1158	288	283
88	1045	1160	288	282
89	1048	1163	287	281
90	1051	1166	286	280
91	1053	1169	285	280
92	1056	1173	284	279
93	1059	1176	283	278
94	1061	1179	282	277
95	1064	1182	281	276
96	1029	1138	280	276
97	1001	1102	279	275
98	1057	1173	278	274
99	1054	1169	278	273
100	1052	1166	277	272
101	999	1098	276	272
102	1018	1122	275	271
103	1035	1144	274	270

Vertical no.	Drilling fluid pressures pull back [kN/m ²]			
	Max, deformation	Max, soil cover	Min, left	Min, right
104	1041	1151	273	269
105	1049	1161	272	269
106	1050	1162	271	268
107	1051	1163	270	267
108	1052	1165	269	266
109	1054	1166	268	265
110	1055	1167	267	265
111	1055	1165	266	264
112	1051	1151	264	261
113	1044	1123	261	258
114	1032	1082	256	254
115	1016	1027	251	248
116	957	957	244	242
117	874	874	236	234
118	777	777	227	225
119	667	667	217	215
120	540	540	206	204
121	389	389	193	192
122	247	247	179	178
123	321	321	165	163
124	211	211	149	148
125	194	194	133	132
126	179	179	117	116
127	167	167	101	100
128	165	165	85	85
129	207	207	70	69
130	248	248	54	53
131	212	212	38	38
132	125	125	22	22
133	0	0	6	6

4.2 Equilibrium between Drilling Fluid Pressure and Pore Pressure

Vertical no.	Static column pressure			
	Drilling fluid [kN/m ²]	Water [kN/m ²]	Safety [-]	Result
1	21	0	-	sufficient
2	43	14	3,09	sufficient
3	64	33	1,94	sufficient
4	85	52	1,63	sufficient
5	105	71	1,49	sufficient
6	124	88	1,42	sufficient
7	142	104	1,37	sufficient
8	158	119	1,33	sufficient
9	173	132	1,31	sufficient
10	187	145	1,29	sufficient
11	200	156	1,28	sufficient
12	211	167	1,27	sufficient
13	221	176	1,26	sufficient
14	231	185	1,25	sufficient
15	238	192	1,24	sufficient
16	245	198	1,24	sufficient
17	251	203	1,23	sufficient
18	255	208	1,23	sufficient
19	259	211	1,23	sufficient
20	261	213	1,23	sufficient
21	262	214	1,22	sufficient
22	262	215	1,22	sufficient
23	262	215	1,22	sufficient
24	262	215	1,22	sufficient
25	262	215	1,22	sufficient
26	262	215	1,22	sufficient
27	262	215	1,22	sufficient
28	261	215	1,22	sufficient

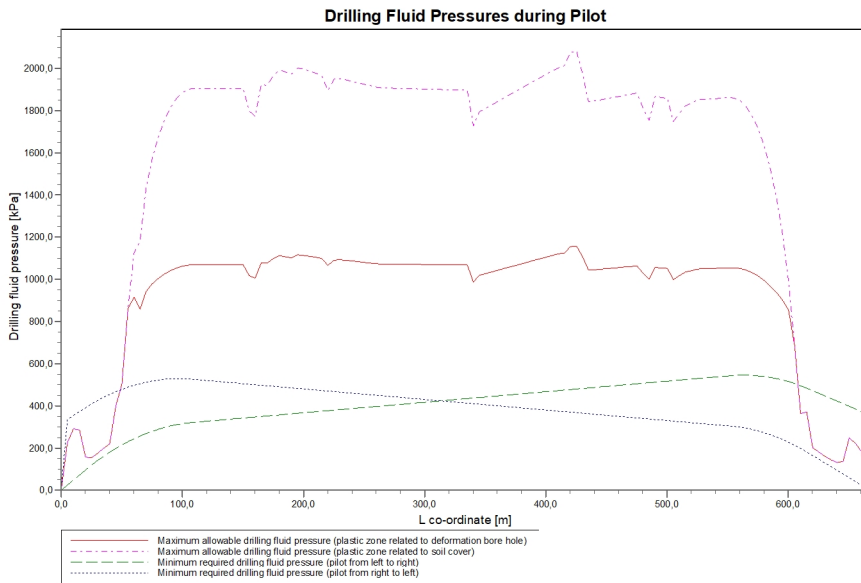
Vertical no.	Static column pressure			Result
	Drilling fluid [kN/m ²]	Water [kN/m ²]	Safety [-]	
29	261	215	1,22	sufficient
30	261	215	1,22	sufficient
31	261	215	1,22	sufficient
32	261	215	1,22	sufficient
33	261	215	1,21	sufficient
34	261	215	1,21	sufficient
35	260	215	1,21	sufficient
36	260	215	1,21	sufficient
37	260	215	1,21	sufficient
38	260	215	1,21	sufficient
39	260	215	1,21	sufficient
40	260	215	1,21	sufficient
41	259	215	1,21	sufficient
42	259	215	1,21	sufficient
43	259	215	1,21	sufficient
44	259	215	1,21	sufficient
45	259	215	1,21	sufficient
46	259	215	1,20	sufficient
47	258	215	1,20	sufficient
48	258	215	1,20	sufficient
49	258	215	1,20	sufficient
50	258	215	1,20	sufficient
51	258	215	1,20	sufficient
52	258	215	1,20	sufficient
53	257	215	1,20	sufficient
54	257	215	1,20	sufficient
55	257	215	1,20	sufficient
56	257	215	1,20	sufficient
57	257	215	1,20	sufficient
58	257	215	1,20	sufficient
59	256	215	1,19	sufficient
60	256	215	1,19	sufficient
61	256	215	1,19	sufficient
62	256	215	1,19	sufficient
63	256	215	1,19	sufficient
64	256	215	1,19	sufficient
65	255	215	1,19	sufficient
66	255	215	1,19	sufficient
67	255	215	1,19	sufficient
68	255	215	1,19	sufficient
69	255	215	1,19	sufficient
70	255	215	1,19	sufficient
71	254	215	1,19	sufficient
72	254	215	1,18	sufficient
73	254	215	1,18	sufficient
74	254	215	1,18	sufficient
75	254	215	1,18	sufficient
76	254	215	1,18	sufficient
77	253	215	1,18	sufficient
78	253	215	1,18	sufficient
79	253	215	1,18	sufficient
80	253	215	1,18	sufficient
81	253	215	1,18	sufficient
82	253	215	1,18	sufficient
83	252	215	1,18	sufficient
84	252	215	1,18	sufficient
85	252	215	1,17	sufficient
86	252	215	1,17	sufficient
87	252	215	1,17	sufficient
88	252	215	1,17	sufficient
89	251	215	1,17	sufficient
90	251	215	1,17	sufficient
91	251	215	1,17	sufficient
92	251	215	1,17	sufficient

Vertical no.	Static column pressure			Result
	Drilling fluid [kN/m ²]	Water [kN/m ²]	Safety [-]	
93	251	215	1,17	sufficient
94	251	215	1,17	sufficient
95	250	215	1,17	sufficient
96	250	215	1,17	sufficient
97	250	215	1,17	sufficient
98	250	215	1,16	sufficient
99	250	215	1,16	sufficient
100	250	215	1,16	sufficient
101	249	215	1,16	sufficient
102	249	215	1,16	sufficient
103	249	215	1,16	sufficient
104	249	215	1,16	sufficient
105	249	215	1,16	sufficient
106	249	215	1,16	sufficient
107	248	215	1,16	sufficient
108	248	215	1,16	sufficient
109	248	215	1,16	sufficient
110	248	215	1,16	sufficient
111	247	214	1,15	sufficient
112	246	213	1,15	sufficient
113	243	211	1,15	sufficient
114	240	208	1,15	sufficient
115	235	204	1,15	sufficient
116	229	198	1,15	sufficient
117	222	192	1,15	sufficient
118	214	185	1,16	sufficient
119	204	177	1,16	sufficient
120	194	167	1,16	sufficient
121	182	157	1,16	sufficient
122	169	145	1,16	sufficient
123	155	133	1,17	sufficient
124	140	119	1,17	sufficient
125	125	106	1,18	sufficient
126	110	92	1,19	sufficient
127	95	79	1,20	sufficient
128	80	66	1,22	sufficient
129	65	52	1,25	sufficient
130	51	39	1,30	sufficient
131	36	25	1,40	sufficient
132	21	12	1,73	sufficient
133	6	0	-	sufficient

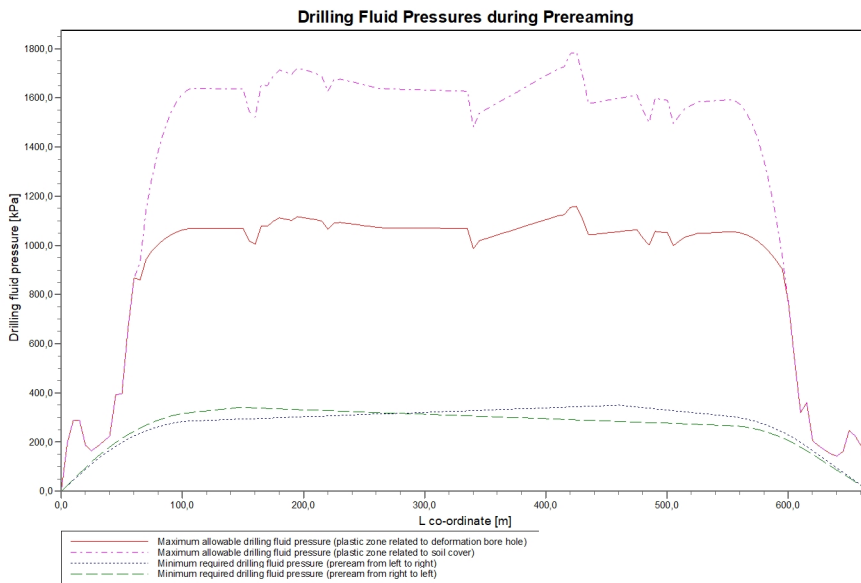
The static drilling fluid pressure is calculated and can be compared with the calculated groundwater pressure. The quotient of the drilling fluid pressure and the groundwater pressure yields the safety factor, which should be higher than the requested factor of safety of 1,10.

4.3 Drilling Fluid Pressure Plots

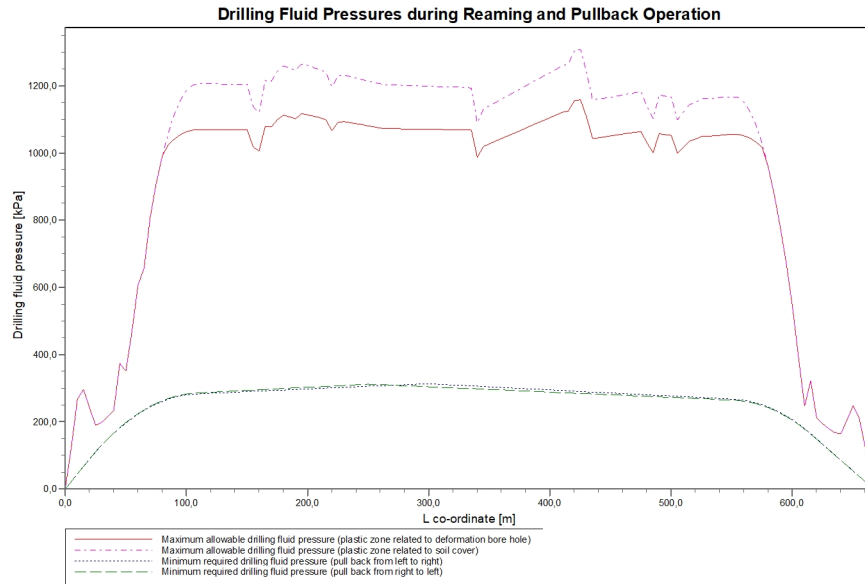
4.3.1 Drilling Fluid Pressures during Pilot



4.3.2 Drilling Fluid Pressures during Prereaming



4.3.3 Drilling Fluid Pressures during Reaming and Pullback Operation



5 Soil Mechanical Data

5.1 Soil Mechanical Parameters Pipe 1: pipe nr. 1

The list with data and issues is shown hereafter:

Note: safety factors not applied.

q_v;p	Passive soil stress	kN/m ²
q_v;n	Neutral soil stress	kN/m ²
q_h;n	Neutral horizontal soil stress	kN/m ²
q_v;r;n	Reduced neutral soil stress	kN/m ²
q_traffic	Traffic load	kN/m ²
q_v;e	Vertical bearing capacity	kN/m ²
q_h;e	Horizontal bearing capacity	kN/m ²
k_v;bot	Vertical modulus of subgrade reaction downward	kN/m ³
k_v;top	Vertical modulus of subgrade reaction upward	kN/m ³
k_h	Horizontal modulus of subgrade reaction	kN/m ³
t_max	Maximal friction pipe-lubricant	kN/m ²
d_max	Displacement at maximal friction	mm

Vertical no.	q_v;p [kN/m ²]	q_v;n [kN/m ²]	q_h;n [kN/m ²]	q_v;r;n [kN/m ²]	q_traffic [kN/m ²]	q_v;e [kN/m ²]
1	80	31	23	31	0	702
2	231	54	40	54	0	1172
3	235	69	33	44	0	962
4	403	84	38	51	0	1313
5	481	103	44	59	0	1609
6	559	122	48	65	0	1915
7	630	140	51	68	0	2203
8	686	155	52	70	0	2011
9	513	166	50	68	0	3557
10	1936	177	49	67	0	8319
11	2044	189	48	65	0	8864
12	2120	197	39	52	0	9256
13	1951	178	25	34	0	8376
14	2171	203	22	29	0	9512
15	2262	213	19	25	0	9994
16	2324	220	17	23	0	10318
17	2374	226	16	22	0	10588
18	2415	230	16	21	0	10806
19	2446	234	15	21	0	10973
20	2467	236	15	20	0	11087
21	2479	238	15	20	0	11150
22	2481	238	15	20	0	11163
23	2481	238	15	20	0	11163
24	2481	238	15	20	0	11163
25	2481	238	15	20	0	11163
26	2481	238	15	20	0	11163
27	2481	238	15	20	0	11163
28	2481	238	15	20	0	11163
29	2481	238	15	20	0	11163
30	2481	238	15	20	0	11163
31	2340	222	15	20	0	10403
32	2305	218	15	20	0	10211
33	2507	241	15	20	0	11302
34	2503	240	15	20	0	11283
35	2565	248	15	20	0	11619
36	2601	252	15	21	0	11817
37	2588	250	15	20	0	11744
38	2575	249	15	20	0	11671
39	2614	253	15	21	0	11888
40	2605	252	15	21	0	11836
41	2594	251	15	21	0	11775
42	2582	250	15	21	0	11711
43	2564	247	15	20	0	11614

Vertical no.	q_v;p [kN/m ²]	q_v;n [kN/m ²]	q_h;n [kN/m ²]	q_v;r;n [kN/m ²]	q_traffic [kN/m ²]	q_v;e [kN/m ²]
44	2472	237	15	20	0	11110
45	2543	245	15	20	0	11499
46	2548	246	15	20	0	11527
47	2539	245	15	20	0	11479
48	2531	244	15	20	0	11431
49	2522	243	15	20	0	11383
50	2513	242	15	20	0	11335
51	2504	241	15	20	0	11287
52	2495	239	15	20	0	11239
53	2490	239	15	20	0	11212
54	2490	239	15	20	0	11207
55	2489	239	15	20	0	11202
56	2488	239	15	20	0	11198
57	2487	238	15	20	0	11193
58	2486	238	15	20	0	11188
59	2485	238	15	20	0	11184
60	2484	238	15	20	0	11179
61	2484	238	15	20	0	11174
62	2483	238	15	20	0	11170
63	2482	238	15	20	0	11165
64	2481	238	15	20	0	11160
65	2480	238	15	20	0	11156
66	2479	238	15	20	0	11151
67	2477	237	15	20	0	11136
68	2251	211	15	20	0	9928
69	2342	222	15	20	0	10409
70	2364	224	15	20	0	10527
71	2386	227	15	20	0	10645
72	2407	229	15	20	0	10762
73	2429	232	15	20	0	10880
74	2451	234	15	20	0	10997
75	2473	237	15	20	0	11115
76	2494	239	15	20	0	11232
77	2516	242	15	21	0	11350
78	2537	244	15	21	0	11468
79	2559	247	15	21	0	11585
80	2580	249	15	21	0	11703
81	2602	252	15	21	0	11820
82	2623	254	15	21	0	11938
83	2637	256	15	21	0	12014
84	2718	266	16	21	0	12464
85	2729	267	16	21	0	12520
86	2589	250	15	21	0	11752
87	2410	230	15	20	0	10775
88	2414	230	15	20	0	10798
89	2421	231	15	20	0	10837
90	2429	232	15	20	0	10877
91	2436	233	15	20	0	10916
92	2443	233	15	20	0	10955
93	2450	234	15	20	0	10995
94	2458	235	15	20	0	11034
95	2465	236	15	21	0	11074
96	2369	225	15	20	0	10558
97	2291	216	15	20	0	10139
98	2446	234	15	20	0	10973
99	2438	233	15	20	0	10925
100	2432	232	15	20	0	10894
101	2285	215	15	20	0	10105
102	2338	221	15	20	0	10391
103	2386	227	15	20	0	10647
104	2402	229	15	20	0	10734
105	2424	231	15	20	0	10851
106	2427	232	15	20	0	10868
107	2430	232	15	20	0	10884
108	2433	232	15	21	0	10900

Vertical no.	q_v;p [kN/m ²]	q_v;n [kN/m ²]	q_h;n [kN/m ²]	q_v;r;n [kN/m ²]	q_traffic [kN/m ²]	q_v;e [kN/m ²]
109	2436	233	15	21	0	10916
110	2439	233	15	21	0	10933
111	2440	233	15	21	0	10936
112	2431	232	15	21	0	10891
113	2413	230	16	21	0	10794
114	2385	227	16	22	0	10646
115	2347	222	17	23	0	10442
116	2293	216	18	24	0	10156
117	2229	209	20	27	0	9818
118	2154	201	23	31	0	9425
119	2066	191	29	39	0	8966
120	1944	178	40	54	0	8346
121	1735	155	43	58	0	7297
122	1652	147	44	59	0	6893
123	428	136	45	61	0	1777
124	566	124	46	61	0	1819
125	513	110	44	59	0	1733
126	460	97	41	56	0	1523
127	404	84	38	51	0	1313
128	347	70	33	45	0	1103
129	287	57	28	38	0	894
130	164	45	22	29	0	697
131	134	35	26	35	0	555
132	60	23	17	23	0	537
133	10	7	5	7	0	214

Vertical no.	q_h;e [kN/m ²]	k_v;bot [kN/m ³]	k_v;top [kN/m ³]	k_h [kN/m ³]	t_max [kN/m ²]	d_max [mm]
1	303	78950	1634	55265	0,05	7,5
2	231	4361	4436	3053	0,05	7,5
3	235	10992	4247	7694	0,05	7,5
4	403	17406	11103	12184	0,05	7,5
5	481	19215	17393	13451	0,05	7,5
6	559	20952	19265	14666	0,05	7,5
7	630	20764	20905	14535	0,05	7,5
8	686	7908	22131	5535	0,05	7,5
9	513	185880	11966	130116	0,05	7,5
10	1936	247809	88874	173467	0,05	7,5
11	2044	256175	241072	179322	0,05	7,5
12	2120	262048	247231	183433	0,05	7,5
13	1951	248663	233175	174064	0,05	7,5
14	2171	265823	251184	186076	0,05	7,5
15	2262	272844	258521	190991	0,05	7,5
16	2324	277467	263344	194227	0,05	7,5
17	2374	281290	267328	196903	0,05	7,5
18	2415	284345	270508	199042	0,05	7,5
19	2446	286654	272910	200658	0,05	7,5
20	2467	288236	274554	201765	0,05	7,5
21	2479	289100	275453	202370	0,05	7,5
22	2481	289282	275642	202497	0,05	7,5
23	2481	289282	275642	202497	0,05	7,5
24	2481	289282	275642	202497	0,05	7,5
25	2481	289282	275642	202497	0,05	7,5
26	2481	289282	275642	202497	0,05	7,5
27	2481	289282	275642	202497	0,05	7,5
28	2481	289282	275642	202497	0,05	7,5
29	2481	289282	275642	202497	0,05	7,5
30	2481	289282	275642	202497	0,05	7,5
31	2340	278660	264587	195062	0,05	7,5
32	2305	275936	261747	193155	0,05	7,5
33	2507	291182	277616	203827	0,05	7,5
34	2503	290925	277349	203647	0,05	7,5
35	2565	295501	282100	206851	0,05	7,5
36	2601	298166	284865	208716	0,05	7,5
37	2588	297183	283845	208028	0,05	7,5

Vertical no.	q _{h,e} [kN/m ²]	k _{v;bot} [kN/m ³]	k _{v;top} [kN/m ³]	k _h [kN/m ³]	t _{max} [kN/m ²]	d _{max} [mm]
38	2575	296198	282823	207339	0,05	7,5
39	2614	299129	285863	209390	0,05	7,5
40	2605	298425	285133	208898	0,05	7,5
41	2594	297606	284284	208324	0,05	7,5
42	2582	296747	283393	207723	0,05	7,5
43	2564	295431	282027	206802	0,05	7,5
44	2472	288546	274877	201982	0,05	7,5
45	2543	293869	280406	205708	0,05	7,5
46	2548	294248	280799	205973	0,05	7,5
47	2539	293597	280124	205518	0,05	7,5
48	2531	292945	279447	205061	0,05	7,5
49	2522	292292	278769	204604	0,05	7,5
50	2513	291637	278089	204146	0,05	7,5
51	2504	290982	277408	203687	0,05	7,5
52	2495	290325	276726	203228	0,05	7,5
53	2490	289947	276333	202963	0,05	7,5
54	2490	289883	276266	202918	0,05	7,5
55	2489	289819	276200	202873	0,05	7,5
56	2488	289755	276133	202828	0,05	7,5
57	2487	289691	276067	202783	0,05	7,5
58	2486	289627	276000	202739	0,05	7,5
59	2485	289563	275933	202694	0,05	7,5
60	2484	289499	275867	202649	0,05	7,5
61	2484	289435	275800	202604	0,05	7,5
62	2483	289370	275734	202559	0,05	7,5
63	2482	289306	275667	202514	0,05	7,5
64	2481	289242	275601	202470	0,05	7,5
65	2480	289178	275534	202425	0,05	7,5
66	2479	289114	275467	202380	0,05	7,5
67	2477	288910	275255	202237	0,05	7,5
68	2251	271862	257495	190303	0,05	7,5
69	2342	278754	264685	195128	0,05	7,5
70	2364	280416	266418	196291	0,05	7,5
71	2386	282071	268141	197450	0,05	7,5
72	2407	283718	269856	198603	0,05	7,5
73	2429	285358	271562	199751	0,05	7,5
74	2451	286990	273259	200893	0,05	7,5
75	2473	288615	274948	202030	0,05	7,5
76	2494	290232	276629	203163	0,05	7,5
77	2516	291843	278302	204290	0,05	7,5
78	2537	293446	279967	205412	0,05	7,5
79	2559	295042	281624	206530	0,05	7,5
80	2580	296632	283273	207642	0,05	7,5
81	2602	298214	284915	208750	0,05	7,5
82	2623	299791	286549	209853	0,05	7,5
83	2637	300803	287598	210562	0,05	7,5
84	2718	306761	293769	214733	0,05	7,5
85	2729	307494	294527	215245	0,05	7,5
86	2589	297293	283959	208105	0,05	7,5
87	2410	283894	270039	198726	0,05	7,5
88	2414	284216	270374	198951	0,05	7,5
89	2421	284766	270946	199336	0,05	7,5
90	2429	285315	271517	199721	0,05	7,5
91	2436	285864	272088	200105	0,05	7,5
92	2443	286411	272657	200488	0,05	7,5
93	2450	286958	273226	200871	0,05	7,5
94	2458	287504	273794	201253	0,05	7,5
95	2465	288049	274360	201634	0,05	7,5
96	2369	280859	266879	196602	0,05	7,5
97	2291	274902	260669	192432	0,05	7,5
98	2446	286649	272904	200654	0,05	7,5
99	2438	285991	272221	200194	0,05	7,5
100	2432	285555	271767	199889	0,05	7,5
101	2285	274417	260163	192092	0,05	7,5
102	2338	278497	264418	194948	0,05	7,5

Vertical no.	q _{h;e} [kN/m ²]	k _{v;bot} [kN/m ³]	k _{v;top} [kN/m ³]	k _h [kN/m ³]	t _{max} [kN/m ²]	d _{max} [mm]
103	2386	282103	268175	197472	0,05	7,5
104	2402	283329	269450	198330	0,05	7,5
105	2424	284964	271152	199475	0,05	7,5
106	2427	285194	271391	199636	0,05	7,5
107	2430	285419	271625	199793	0,05	7,5
108	2433	285644	271859	199951	0,05	7,5
109	2436	285869	272093	200108	0,05	7,5
110	2439	286093	272327	200265	0,05	7,5
111	2440	286148	272384	200304	0,05	7,5
112	2431	285521	271732	199865	0,05	7,5
113	2413	284174	270330	198922	0,05	7,5
114	2385	282096	268167	197467	0,05	7,5
115	2347	279222	265173	195455	0,05	7,5
116	2293	275159	260937	192611	0,05	7,5
117	2229	270285	255849	189200	0,05	7,5
118	2154	264546	249848	185183	0,05	7,5
119	2066	257700	242673	180390	0,05	7,5
120	1944	248205	232694	173744	0,05	7,5
121	1735	231452	202638	162016	0,05	7,5
122	1652	224741	45551	157319	0,05	7,5
123	428	129463	14139	90624	0,05	7,5
124	566	9485	19420	6640	0,05	7,5
125	513	19924	18165	13947	0,05	7,5
126	460	18691	16820	13084	0,05	7,5
127	404	17389	15386	12172	0,05	7,5
128	347	15994	13828	11196	0,05	7,5
129	287	14492	8671	10144	0,05	7,5
130	164	12509	2283	8756	0,05	7,5
131	134	3504	2694	2453	0,05	7,5
132	233	72008	927	50406	0,05	7,5
133	80	71715	6	50200	0,05	7,5

Maximum soil stress	: q _{v;n} ;max = 267 kN/m ²
Maximum reduced soil stress (incl. traffic loads)	: q _{traffic} ;max = 70 kN/m ²
Maximum reduced soil stress	: q _{v;r;n} ;max = 70 kN/m ²
Max. vertical modulus of subgrade reaction (without safety factor) only for verticals in deep situation	: k _v ;max = 307494 kN/m ³
Maximum vertical modulus of subgrade reaction (with safety factor) only for verticals in deep situation	: k _v ;max = 614987 kN/m ³

5.2 Soil Mechanical Parameters Pipe 2: pipe nr. 2

The list with data and issues is shown hereafter:

Note: safety factors not applied.

q _{v;p}	Passive soil stress	kN/m ²
q _{v;n}	Neutral soil stress	kN/m ²
q _{h;n}	Neutral horizontal soil stress	kN/m ²
q _{v;r;n}	Reduced neutral soil stress	kN/m ²
q _{traffic}	Traffic load	kN/m ²
q _{v;e}	Vertical bearing capacity	kN/m ²
q _{h;e}	Horizontal bearing capacity	kN/m ²
k _{v;bot}	Vertical modulus of subgrade reaction downward	kN/m ³
k _{v;top}	Vertical modulus of subgrade reaction upward	kN/m ³
k _h	Horizontal modulus of subgrade reaction	kN/m ³
t _{max}	Maximal friction pipe-lubricant	kN/m ²
d _{max}	Displacement at maximal friction	mm

Vertical no.	q _{v;p} [kN/m ²]	q _{v;n} [kN/m ²]	q _{h;n} [kN/m ²]	q _{v;r;n} [kN/m ²]	q _{traffic} [kN/m ²]	q _{v;e} [kN/m ²]
1	80	31	23	31	0	702
2	231	54	40	54	0	1172
3	235	69	33	44	0	962
4	403	84	38	51	0	1313

Vertical no.	q_v;p [kN/m ²]	q_v;n [kN/m ²]	q_h;n [kN/m ²]	q_v;r;n [kN/m ²]	q_traffic [kN/m ²]	q_v;e [kN/m ²]
5	481	103	44	59	0	1609
6	559	122	48	65	0	1915
7	630	140	51	68	0	2203
8	686	155	52	70	0	2011
9	513	166	50	68	0	3557
10	1936	177	49	67	0	8319
11	2044	189	48	65	0	8864
12	2120	197	39	52	0	9256
13	1951	178	25	34	0	8376
14	2171	203	22	29	0	9512
15	2262	213	19	25	0	9994
16	2324	220	17	23	0	10318
17	2374	226	16	22	0	10588
18	2415	230	16	21	0	10806
19	2446	234	15	21	0	10973
20	2467	236	15	20	0	11087
21	2479	238	15	20	0	11150
22	2481	238	15	20	0	11163
23	2481	238	15	20	0	11163
24	2481	238	15	20	0	11163
25	2481	238	15	20	0	11163
26	2481	238	15	20	0	11163
27	2481	238	15	20	0	11163
28	2481	238	15	20	0	11163
29	2481	238	15	20	0	11163
30	2481	238	15	20	0	11163
31	2340	222	15	20	0	10403
32	2305	218	15	20	0	10211
33	2507	241	15	20	0	11302
34	2503	240	15	20	0	11283
35	2565	248	15	20	0	11619
36	2601	252	15	21	0	11817
37	2588	250	15	20	0	11744
38	2575	249	15	20	0	11671
39	2614	253	15	21	0	11888
40	2605	252	15	21	0	11836
41	2594	251	15	21	0	11775
42	2582	250	15	21	0	11711
43	2564	247	15	20	0	11614
44	2472	237	15	20	0	11110
45	2543	245	15	20	0	11499
46	2548	246	15	20	0	11527
47	2539	245	15	20	0	11479
48	2531	244	15	20	0	11431
49	2522	243	15	20	0	11383
50	2513	242	15	20	0	11335
51	2504	241	15	20	0	11287
52	2495	239	15	20	0	11239
53	2490	239	15	20	0	11212
54	2490	239	15	20	0	11207
55	2489	239	15	20	0	11202
56	2488	239	15	20	0	11198
57	2487	238	15	20	0	11193
58	2486	238	15	20	0	11188
59	2485	238	15	20	0	11184
60	2484	238	15	20	0	11179
61	2484	238	15	20	0	11174
62	2483	238	15	20	0	11170
63	2482	238	15	20	0	11165
64	2481	238	15	20	0	11160
65	2480	238	15	20	0	11156
66	2479	238	15	20	0	11151
67	2477	237	15	20	0	11136
68	2251	211	15	20	0	9928
69	2342	222	15	20	0	10409

Vertical no.	q_v;p [kN/m ²]	q_v;n [kN/m ²]	q_h;n [kN/m ²]	q_v;r;n [kN/m ²]	q_traffic [kN/m ²]	q_v;e [kN/m ²]
70	2364	224	15	20	0	10527
71	2386	227	15	20	0	10645
72	2407	229	15	20	0	10762
73	2429	232	15	20	0	10880
74	2451	234	15	20	0	10997
75	2473	237	15	20	0	11115
76	2494	239	15	20	0	11232
77	2516	242	15	21	0	11350
78	2537	244	15	21	0	11468
79	2559	247	15	21	0	11585
80	2580	249	15	21	0	11703
81	2602	252	15	21	0	11820
82	2623	254	15	21	0	11938
83	2637	256	15	21	0	12014
84	2718	266	16	21	0	12464
85	2729	267	16	21	0	12520
86	2589	250	15	21	0	11752
87	2410	230	15	20	0	10775
88	2414	230	15	20	0	10798
89	2421	231	15	20	0	10837
90	2429	232	15	20	0	10877
91	2436	233	15	20	0	10916
92	2443	233	15	20	0	10955
93	2450	234	15	20	0	10995
94	2458	235	15	20	0	11034
95	2465	236	15	21	0	11074
96	2369	225	15	20	0	10558
97	2291	216	15	20	0	10139
98	2446	234	15	20	0	10973
99	2438	233	15	20	0	10925
100	2432	232	15	20	0	10894
101	2285	215	15	20	0	10105
102	2338	221	15	20	0	10391
103	2386	227	15	20	0	10647
104	2402	229	15	20	0	10734
105	2424	231	15	20	0	10851
106	2427	232	15	20	0	10868
107	2430	232	15	20	0	10884
108	2433	232	15	21	0	10900
109	2436	233	15	21	0	10916
110	2439	233	15	21	0	10933
111	2440	233	15	21	0	10936
112	2431	232	15	21	0	10891
113	2413	230	16	21	0	10794
114	2385	227	16	22	0	10646
115	2347	222	17	23	0	10442
116	2293	216	18	24	0	10156
117	2229	209	20	27	0	9818
118	2154	201	23	31	0	9425
119	2066	191	29	39	0	8966
120	1944	178	40	54	0	8346
121	1735	155	43	58	0	7297
122	1652	147	44	59	0	6893
123	428	136	45	61	0	1777
124	566	124	46	61	0	1819
125	513	110	44	59	0	1733
126	460	97	41	56	0	1523
127	404	84	38	51	0	1313
128	347	70	33	45	0	1103
129	287	57	28	38	0	894
130	164	45	22	29	0	697
131	134	35	26	35	0	555
132	60	23	17	23	0	537
133	10	7	5	7	0	214

Vertical no.	q _{h;e} [kN/m ²]	k _{v;bot} [kN/m ³]	k _{v;top} [kN/m ³]	k _h [kN/m ³]	t _{max} [kN/m ²]	d _{max} [mm]
1	303	78950	1634	55265	0,05	7,5
2	231	4361	4436	3053	0,05	7,5
3	235	10992	4247	7694	0,05	7,5
4	403	17406	11103	12184	0,05	7,5
5	481	19215	17393	13451	0,05	7,5
6	559	20952	19265	14666	0,05	7,5
7	630	20764	20905	14535	0,05	7,5
8	686	7908	22131	5535	0,05	7,5
9	513	185880	11966	130116	0,05	7,5
10	1936	247809	88874	173467	0,05	7,5
11	2044	256175	241072	179322	0,05	7,5
12	2120	262048	247231	183433	0,05	7,5
13	1951	248663	233175	174064	0,05	7,5
14	2171	265823	251184	186076	0,05	7,5
15	2262	272844	258521	190991	0,05	7,5
16	2324	277467	263344	194227	0,05	7,5
17	2374	281290	267328	196903	0,05	7,5
18	2415	284345	270508	199042	0,05	7,5
19	2446	286654	272910	200658	0,05	7,5
20	2467	288236	274554	201765	0,05	7,5
21	2479	289100	275453	202370	0,05	7,5
22	2481	289282	275642	202497	0,05	7,5
23	2481	289282	275642	202497	0,05	7,5
24	2481	289282	275642	202497	0,05	7,5
25	2481	289282	275642	202497	0,05	7,5
26	2481	289282	275642	202497	0,05	7,5
27	2481	289282	275642	202497	0,05	7,5
28	2481	289282	275642	202497	0,05	7,5
29	2481	289282	275642	202497	0,05	7,5
30	2481	289282	275642	202497	0,05	7,5
31	2340	278660	264587	195062	0,05	7,5
32	2305	275936	261747	193155	0,05	7,5
33	2507	291182	277616	203827	0,05	7,5
34	2503	290925	277349	203647	0,05	7,5
35	2565	295501	282100	206851	0,05	7,5
36	2601	298166	284865	208716	0,05	7,5
37	2588	297183	283845	208028	0,05	7,5
38	2575	296198	282823	207339	0,05	7,5
39	2614	299129	285863	209390	0,05	7,5
40	2605	298425	285133	208898	0,05	7,5
41	2594	297606	284284	208324	0,05	7,5
42	2582	296747	283393	207723	0,05	7,5
43	2564	295431	282027	206802	0,05	7,5
44	2472	288546	274877	201982	0,05	7,5
45	2543	293869	280406	205708	0,05	7,5
46	2548	294248	280799	205973	0,05	7,5
47	2539	293597	280124	205518	0,05	7,5
48	2531	292945	279447	205061	0,05	7,5
49	2522	292292	278769	204604	0,05	7,5
50	2513	291637	278089	204146	0,05	7,5
51	2504	290982	277408	203687	0,05	7,5
52	2495	290325	276726	203228	0,05	7,5
53	2490	289947	276333	202963	0,05	7,5
54	2490	289883	276266	202918	0,05	7,5
55	2489	289819	276200	202873	0,05	7,5
56	2488	289755	276133	202828	0,05	7,5
57	2487	289691	276067	202783	0,05	7,5
58	2486	289627	276000	202739	0,05	7,5
59	2485	289563	275933	202694	0,05	7,5
60	2484	289499	275867	202649	0,05	7,5
61	2484	289435	275800	202604	0,05	7,5
62	2483	289370	275734	202559	0,05	7,5
63	2482	289306	275667	202514	0,05	7,5
64	2481	289242	275601	202470	0,05	7,5

Vertical no.	q _{h;e} [kN/m ²]	k _{v;bot} [kN/m ³]	k _{v;top} [kN/m ³]	k _h [kN/m ³]	t _{max} [kN/m ²]	d _{max} [mm]
65	2480	289178	275534	202425	0,05	7,5
66	2479	289114	275467	202380	0,05	7,5
67	2477	288910	275255	202237	0,05	7,5
68	2251	271862	257495	190303	0,05	7,5
69	2342	278754	264685	195128	0,05	7,5
70	2364	280416	266418	196291	0,05	7,5
71	2386	282071	268141	197450	0,05	7,5
72	2407	283718	269856	198603	0,05	7,5
73	2429	285358	271562	199751	0,05	7,5
74	2451	286990	273259	200893	0,05	7,5
75	2473	288615	274948	202030	0,05	7,5
76	2494	290232	276629	203163	0,05	7,5
77	2516	291843	278302	204290	0,05	7,5
78	2537	293446	279967	205412	0,05	7,5
79	2559	295042	281624	206530	0,05	7,5
80	2580	296632	283273	207642	0,05	7,5
81	2602	298214	284915	208750	0,05	7,5
82	2623	299791	286549	209853	0,05	7,5
83	2637	300803	287598	210562	0,05	7,5
84	2718	306761	293769	214733	0,05	7,5
85	2729	307494	294527	215245	0,05	7,5
86	2589	297293	283959	208105	0,05	7,5
87	2410	283894	270039	198726	0,05	7,5
88	2414	284216	270374	198951	0,05	7,5
89	2421	284766	270946	199336	0,05	7,5
90	2429	285315	271517	199721	0,05	7,5
91	2436	285864	272088	200105	0,05	7,5
92	2443	286411	272657	200488	0,05	7,5
93	2450	286958	273226	200871	0,05	7,5
94	2458	287504	273794	201253	0,05	7,5
95	2465	288049	274360	201634	0,05	7,5
96	2369	280859	266879	196602	0,05	7,5
97	2291	274902	260669	192432	0,05	7,5
98	2446	286649	272904	200654	0,05	7,5
99	2438	285991	272221	200194	0,05	7,5
100	2432	285555	271767	199889	0,05	7,5
101	2285	274417	260163	192092	0,05	7,5
102	2338	278497	264418	194948	0,05	7,5
103	2386	282103	268175	197472	0,05	7,5
104	2402	283329	269450	198330	0,05	7,5
105	2424	284964	271152	199475	0,05	7,5
106	2427	285194	271391	199636	0,05	7,5
107	2430	285419	271625	199793	0,05	7,5
108	2433	285644	271859	199951	0,05	7,5
109	2436	285869	272093	200108	0,05	7,5
110	2439	286093	272327	200265	0,05	7,5
111	2440	286148	272384	200304	0,05	7,5
112	2431	285521	271732	199865	0,05	7,5
113	2413	284174	270330	198922	0,05	7,5
114	2385	282096	268167	197467	0,05	7,5
115	2347	279222	265173	195455	0,05	7,5
116	2293	275159	260937	192611	0,05	7,5
117	2229	270285	255849	189200	0,05	7,5
118	2154	264546	249848	185183	0,05	7,5
119	2066	257700	242673	180390	0,05	7,5
120	1944	248205	232694	173744	0,05	7,5
121	1735	231452	202638	162016	0,05	7,5
122	1652	224741	45551	157319	0,05	7,5
123	428	129463	14139	90624	0,05	7,5
124	566	9485	19420	6640	0,05	7,5
125	513	19924	18165	13947	0,05	7,5
126	460	18691	16820	13084	0,05	7,5
127	404	17389	15386	12172	0,05	7,5
128	347	15994	13828	11196	0,05	7,5
129	287	14492	8671	10144	0,05	7,5

Vertical no.	q _h ;e [kN/m ²]	k _v ;bot [kN/m ³]	k _v ;top [kN/m ³]	k _h [kN/m ³]	t _{max} [kN/m ²]	d _{max} [mm]
130	164	12509	2283	8756	0,05	7,5
131	134	3504	2694	2453	0,05	7,5
132	233	72008	927	50406	0,05	7,5
133	80	71715	6	50200	0,05	7,5

Maximum soil stress	: q _{v;n} ;max = 267 kN/m ²
Maximum reduced soil stress (incl. traffic loads)	: q _{traffic} ;max = 70 kN/m ²
Maximum reduced soil stress	: q _{v;r;n} ;max = 70 kN/m ²
Max. vertical modulus of subgrade reaction (without safety factor) only for verticals in deep situation	: k _v ;max = 307494 kN/m ³
Maximum vertical modulus of subgrade reaction (with safety factor) only for verticals in deep situation	: k _v ;max = 614987 kN/m ³

5.3 Soil Mechanical Parameters Pipe 3: pipe nr. 3

The list with data and issues is shown hereafter:

Note: safety factors not applied.

q _v ;p	Passive soil stress	kN/m ²
q _v ;n	Neutral soil stress	kN/m ²
q _h ;n	Neutral horizontal soil stress	kN/m ²
q _v ;r;n	Reduced neutral soil stress	kN/m ²
q _{traffic}	Traffic load	kN/m ²
q _v ;e	Vertical bearing capacity	kN/m ²
q _h ;e	Horizontal bearing capacity	kN/m ²
k _v ;bot	Vertical modulus of subgrade reaction downward	kN/m ³
k _v ;top	Vertical modulus of subgrade reaction upward	kN/m ³
k _h	Horizontal modulus of subgrade reaction	kN/m ³
t _{max}	Maximal friction pipe-lubricant	kN/m ²
d _{max}	Displacement at maximal friction	mm

Vertical no.	q _v ;p [kN/m ²]	q _v ;n [kN/m ²]	q _h ;n [kN/m ²]	q _v ;r;n [kN/m ²]	q _{traffic} [kN/m ²]	q _v ;e [kN/m ²]
1	80	31	23	31	0	702
2	231	54	40	54	0	1172
3	235	69	33	44	0	962
4	403	84	38	51	0	1313
5	481	103	44	59	0	1609
6	559	122	48	65	0	1915
7	630	140	51	68	0	2203
8	686	155	52	70	0	2011
9	513	166	50	68	0	3557
10	1936	177	49	67	0	8319
11	2044	189	48	65	0	8864
12	2120	197	39	52	0	9256
13	1951	178	25	34	0	8376
14	2171	203	22	29	0	9512
15	2262	213	19	25	0	9994
16	2324	220	17	23	0	10318
17	2374	226	16	22	0	10588
18	2415	230	16	21	0	10806
19	2446	234	15	21	0	10973
20	2467	236	15	20	0	11087
21	2479	238	15	20	0	11150
22	2481	238	15	20	0	11163
23	2481	238	15	20	0	11163
24	2481	238	15	20	0	11163
25	2481	238	15	20	0	11163
26	2481	238	15	20	0	11163
27	2481	238	15	20	0	11163
28	2481	238	15	20	0	11163
29	2481	238	15	20	0	11163
30	2481	238	15	20	0	11163
31	2340	222	15	20	0	10403

Vertical no.	q_v;p [kN/m ²]	q_v;n [kN/m ²]	q_h;n [kN/m ²]	q_v;r;n [kN/m ²]	q_traffic [kN/m ²]	q_v;e [kN/m ²]
32	2305	218	15	20	0	10211
33	2507	241	15	20	0	11302
34	2503	240	15	20	0	11283
35	2565	248	15	20	0	11619
36	2601	252	15	21	0	11817
37	2588	250	15	20	0	11744
38	2575	249	15	20	0	11671
39	2614	253	15	21	0	11888
40	2605	252	15	21	0	11836
41	2594	251	15	21	0	11775
42	2582	250	15	21	0	11711
43	2564	247	15	20	0	11614
44	2472	237	15	20	0	11110
45	2543	245	15	20	0	11499
46	2548	246	15	20	0	11527
47	2539	245	15	20	0	11479
48	2531	244	15	20	0	11431
49	2522	243	15	20	0	11383
50	2513	242	15	20	0	11335
51	2504	241	15	20	0	11287
52	2495	239	15	20	0	11239
53	2490	239	15	20	0	11212
54	2490	239	15	20	0	11207
55	2489	239	15	20	0	11202
56	2488	239	15	20	0	11198
57	2487	238	15	20	0	11193
58	2486	238	15	20	0	11188
59	2485	238	15	20	0	11184
60	2484	238	15	20	0	11179
61	2484	238	15	20	0	11174
62	2483	238	15	20	0	11170
63	2482	238	15	20	0	11165
64	2481	238	15	20	0	11160
65	2480	238	15	20	0	11156
66	2479	238	15	20	0	11151
67	2477	237	15	20	0	11136
68	2251	211	15	20	0	9928
69	2342	222	15	20	0	10409
70	2364	224	15	20	0	10527
71	2386	227	15	20	0	10645
72	2407	229	15	20	0	10762
73	2429	232	15	20	0	10880
74	2451	234	15	20	0	10997
75	2473	237	15	20	0	11115
76	2494	239	15	20	0	11232
77	2516	242	15	21	0	11350
78	2537	244	15	21	0	11468
79	2559	247	15	21	0	11585
80	2580	249	15	21	0	11703
81	2602	252	15	21	0	11820
82	2623	254	15	21	0	11938
83	2637	256	15	21	0	12014
84	2718	266	16	21	0	12464
85	2729	267	16	21	0	12520
86	2589	250	15	21	0	11752
87	2410	230	15	20	0	10775
88	2414	230	15	20	0	10798
89	2421	231	15	20	0	10837
90	2429	232	15	20	0	10877
91	2436	233	15	20	0	10916
92	2443	233	15	20	0	10955
93	2450	234	15	20	0	10995
94	2458	235	15	20	0	11034
95	2465	236	15	21	0	11074
96	2369	225	15	20	0	10558

Vertical no.	q_v;p [kN/m ²]	q_v;n [kN/m ²]	q_h;n [kN/m ²]	q_v;r;n [kN/m ²]	q_traffic [kN/m ²]	q_v;e [kN/m ²]
97	2291	216	15	20	0	10139
98	2446	234	15	20	0	10973
99	2438	233	15	20	0	10925
100	2432	232	15	20	0	10894
101	2285	215	15	20	0	10105
102	2338	221	15	20	0	10391
103	2386	227	15	20	0	10647
104	2402	229	15	20	0	10734
105	2424	231	15	20	0	10851
106	2427	232	15	20	0	10868
107	2430	232	15	20	0	10884
108	2433	232	15	21	0	10900
109	2436	233	15	21	0	10916
110	2439	233	15	21	0	10933
111	2440	233	15	21	0	10936
112	2431	232	15	21	0	10891
113	2413	230	16	21	0	10794
114	2385	227	16	22	0	10646
115	2347	222	17	23	0	10442
116	2293	216	18	24	0	10156
117	2229	209	20	27	0	9818
118	2154	201	23	31	0	9425
119	2066	191	29	39	0	8966
120	1944	178	40	54	0	8346
121	1735	155	43	58	0	7297
122	1652	147	44	59	0	6893
123	428	136	45	61	0	1777
124	566	124	46	61	0	1819
125	513	110	44	59	0	1733
126	460	97	41	56	0	1523
127	404	84	38	51	0	1313
128	347	70	33	45	0	1103
129	287	57	28	38	0	894
130	164	45	22	29	0	697
131	134	35	26	35	0	555
132	60	23	17	23	0	537
133	10	7	5	7	0	214

Vertical no.	q_h;e [kN/m ²]	k_v;bot [kN/m ³]	k_v;top [kN/m ³]	k_h [kN/m ³]	t_max [kN/m ²]	d_max [mm]
1	303	78950	1634	55265	0,05	7,5
2	231	4361	4436	3053	0,05	7,5
3	235	10992	4247	7694	0,05	7,5
4	403	17406	11103	12184	0,05	7,5
5	481	19215	17393	13451	0,05	7,5
6	559	20952	19265	14666	0,05	7,5
7	630	20764	20905	14535	0,05	7,5
8	686	7908	22131	5535	0,05	7,5
9	513	185880	11966	130116	0,05	7,5
10	1936	247809	88874	173467	0,05	7,5
11	2044	256175	241072	179322	0,05	7,5
12	2120	262048	247231	183433	0,05	7,5
13	1951	248663	233175	174064	0,05	7,5
14	2171	265823	251184	186076	0,05	7,5
15	2262	272844	258521	190991	0,05	7,5
16	2324	277467	263344	194227	0,05	7,5
17	2374	281290	267328	196903	0,05	7,5
18	2415	284345	270508	199042	0,05	7,5
19	2446	286654	272910	200658	0,05	7,5
20	2467	288236	274554	201765	0,05	7,5
21	2479	289100	275453	202370	0,05	7,5
22	2481	289282	275642	202497	0,05	7,5
23	2481	289282	275642	202497	0,05	7,5
24	2481	289282	275642	202497	0,05	7,5
25	2481	289282	275642	202497	0,05	7,5

Vertical no.	q _{h;e} [kN/m ²]	k _{v;bot} [kN/m ³]	k _{v;top} [kN/m ³]	k _h [kN/m ³]	t _{max} [kN/m ²]	d _{max} [mm]
26	2481	289282	275642	202497	0,05	7,5
27	2481	289282	275642	202497	0,05	7,5
28	2481	289282	275642	202497	0,05	7,5
29	2481	289282	275642	202497	0,05	7,5
30	2481	289282	275642	202497	0,05	7,5
31	2340	278660	264587	195062	0,05	7,5
32	2305	275936	261747	193155	0,05	7,5
33	2507	291182	277616	203827	0,05	7,5
34	2503	290925	277349	203647	0,05	7,5
35	2565	295501	282100	206851	0,05	7,5
36	2601	298166	284865	208716	0,05	7,5
37	2588	297183	283845	208028	0,05	7,5
38	2575	296198	282823	207339	0,05	7,5
39	2614	299129	285863	209390	0,05	7,5
40	2605	298425	285133	208898	0,05	7,5
41	2594	297606	284284	208324	0,05	7,5
42	2582	296747	283393	207723	0,05	7,5
43	2564	295431	282027	206802	0,05	7,5
44	2472	288546	274877	201982	0,05	7,5
45	2543	293869	280406	205708	0,05	7,5
46	2548	294248	280799	205973	0,05	7,5
47	2539	293597	280124	205518	0,05	7,5
48	2531	292945	279447	205061	0,05	7,5
49	2522	292292	278769	204604	0,05	7,5
50	2513	291637	278089	204146	0,05	7,5
51	2504	290982	277408	203687	0,05	7,5
52	2495	290325	276726	203228	0,05	7,5
53	2490	289947	276333	202963	0,05	7,5
54	2490	289883	276266	202918	0,05	7,5
55	2489	289819	276200	202873	0,05	7,5
56	2488	289755	276133	202828	0,05	7,5
57	2487	289691	276067	202783	0,05	7,5
58	2486	289627	276000	202739	0,05	7,5
59	2485	289563	275933	202694	0,05	7,5
60	2484	289499	275867	202649	0,05	7,5
61	2484	289435	275800	202604	0,05	7,5
62	2483	289370	275734	202559	0,05	7,5
63	2482	289306	275667	202514	0,05	7,5
64	2481	289242	275601	202470	0,05	7,5
65	2480	289178	275534	202425	0,05	7,5
66	2479	289114	275467	202380	0,05	7,5
67	2477	288910	275255	202237	0,05	7,5
68	2251	271862	257495	190303	0,05	7,5
69	2342	278754	264685	195128	0,05	7,5
70	2364	280416	266418	196291	0,05	7,5
71	2386	282071	268141	197450	0,05	7,5
72	2407	283718	269856	198603	0,05	7,5
73	2429	285358	271562	199751	0,05	7,5
74	2451	286990	273259	200893	0,05	7,5
75	2473	288615	274948	202030	0,05	7,5
76	2494	290232	276629	203163	0,05	7,5
77	2516	291843	278302	204290	0,05	7,5
78	2537	293446	279967	205412	0,05	7,5
79	2559	295042	281624	206530	0,05	7,5
80	2580	296632	283273	207642	0,05	7,5
81	2602	298214	284915	208750	0,05	7,5
82	2623	299791	286549	209853	0,05	7,5
83	2637	300803	287598	210562	0,05	7,5
84	2718	306761	293769	214733	0,05	7,5
85	2729	307494	294527	215245	0,05	7,5
86	2589	297293	283959	208105	0,05	7,5
87	2410	283894	270039	198726	0,05	7,5
88	2414	284216	270374	198951	0,05	7,5
89	2421	284766	270946	199336	0,05	7,5
90	2429	285315	271517	199721	0,05	7,5

Vertical no.	q _h ;e [kN/m ²]	k _v ;bot [kN/m ³]	k _v ;top [kN/m ³]	k _h [kN/m ³]	t _{max} [kN/m ²]	d _{max} [mm]
91	2436	285864	272088	200105	0,05	7,5
92	2443	286411	272657	200488	0,05	7,5
93	2450	286958	273226	200871	0,05	7,5
94	2458	287504	273794	201253	0,05	7,5
95	2465	288049	274360	201634	0,05	7,5
96	2369	280859	266879	196602	0,05	7,5
97	2291	274902	260669	192432	0,05	7,5
98	2446	286649	272904	200654	0,05	7,5
99	2438	285991	272221	200194	0,05	7,5
100	2432	285555	271767	199889	0,05	7,5
101	2285	274417	260163	192092	0,05	7,5
102	2338	278497	264418	194948	0,05	7,5
103	2386	282103	268175	197472	0,05	7,5
104	2402	283329	269450	198330	0,05	7,5
105	2424	284964	271152	199475	0,05	7,5
106	2427	285194	271391	199636	0,05	7,5
107	2430	285419	271625	199793	0,05	7,5
108	2433	285644	271859	199951	0,05	7,5
109	2436	285869	272093	200108	0,05	7,5
110	2439	286093	272327	200265	0,05	7,5
111	2440	286148	272384	200304	0,05	7,5
112	2431	285521	271732	199865	0,05	7,5
113	2413	284174	270330	198922	0,05	7,5
114	2385	282096	268167	197467	0,05	7,5
115	2347	279222	265173	195455	0,05	7,5
116	2293	275159	260937	192611	0,05	7,5
117	2229	270285	255849	189200	0,05	7,5
118	2154	264546	249848	185183	0,05	7,5
119	2066	257700	242673	180390	0,05	7,5
120	1944	248205	232694	173744	0,05	7,5
121	1735	231452	202638	162016	0,05	7,5
122	1652	224741	45551	157319	0,05	7,5
123	428	129463	14139	90624	0,05	7,5
124	566	9485	19420	6640	0,05	7,5
125	513	19924	18165	13947	0,05	7,5
126	460	18691	16820	13084	0,05	7,5
127	404	17389	15386	12172	0,05	7,5
128	347	15994	13828	11196	0,05	7,5
129	287	14492	8671	10144	0,05	7,5
130	164	12509	2283	8756	0,05	7,5
131	134	3504	2694	2453	0,05	7,5
132	233	72008	927	50406	0,05	7,5
133	80	71715	6	50200	0,05	7,5

Maximum soil stress	:	q _v ;n;max = 267 kN/m ²
Maximum reduced soil stress (incl. traffic loads)	:	q _{traffic} ;max = 70 kN/m ²
Maximum reduced soil stress	:	q _v ;r;n;max = 70 kN/m ²
Max. vertical modulus of subgrade reaction (without safety factor) only for verticals in deep situation	:	k _v ;max = 307494 kN/m ³
Maximum vertical modulus of subgrade reaction (with safety factor) only for verticals in deep situation	:	k _v ;max = 614987 kN/m ³

5.4 Soil Mechanical Parameters Pipe 4: pipe nr. 4

The list with data and issues is shown hereafter:

Note: safety factors not applied.

q _v ;p	Passive soil stress	kN/m ²
q _v ;n	Neutral soil stress	kN/m ²
q _h ;n	Neutral horizontal soil stress	kN/m ²
q _v ;r;n	Reduced neutral soil stress	kN/m ²
q _{traffic}	Traffic load	kN/m ²
q _v ;e	Vertical bearing capacity	kN/m ²
q _h ;e	Horizontal bearing capacity	kN/m ²

k_v;bot	Vertical modulus of subgrade reaction downward	kN/m ³
k_v;top	Vertical modulus of subgrade reaction upward	kN/m ³
k_h	Horizontal modulus of subgrade reaction	kN/m ³
t_max	Maximal friction pipe-lubricant	kN/m ²
d_max	Displacement at maximal friction	mm

Vertical no.	q_v;p [kN/m ²]	q_v;n [kN/m ²]	q_h;n [kN/m ²]	q_v;r;n [kN/m ²]	q_traffic [kN/m ²]	q_v;e [kN/m ²]
1	80	31	23	31	0	702
2	231	54	40	54	0	1172
3	235	69	33	44	0	962
4	403	84	38	51	0	1313
5	481	103	44	59	0	1609
6	559	122	48	65	0	1915
7	630	140	51	68	0	2203
8	686	155	52	70	0	2011
9	513	166	50	68	0	3557
10	1936	177	49	67	0	8319
11	2044	189	48	65	0	8864
12	2120	197	39	52	0	9256
13	1951	178	25	34	0	8376
14	2171	203	22	29	0	9512
15	2262	213	19	25	0	9994
16	2324	220	17	23	0	10318
17	2374	226	16	22	0	10588
18	2415	230	16	21	0	10806
19	2446	234	15	21	0	10973
20	2467	236	15	20	0	11087
21	2479	238	15	20	0	11150
22	2481	238	15	20	0	11163
23	2481	238	15	20	0	11163
24	2481	238	15	20	0	11163
25	2481	238	15	20	0	11163
26	2481	238	15	20	0	11163
27	2481	238	15	20	0	11163
28	2481	238	15	20	0	11163
29	2481	238	15	20	0	11163
30	2481	238	15	20	0	11163
31	2340	222	15	20	0	10403
32	2305	218	15	20	0	10211
33	2507	241	15	20	0	11302
34	2503	240	15	20	0	11283
35	2565	248	15	20	0	11619
36	2601	252	15	21	0	11817
37	2588	250	15	20	0	11744
38	2575	249	15	20	0	11671
39	2614	253	15	21	0	11888
40	2605	252	15	21	0	11836
41	2594	251	15	21	0	11775
42	2582	250	15	21	0	11711
43	2564	247	15	20	0	11614
44	2472	237	15	20	0	11110
45	2543	245	15	20	0	11499
46	2548	246	15	20	0	11527
47	2539	245	15	20	0	11479
48	2531	244	15	20	0	11431
49	2522	243	15	20	0	11383
50	2513	242	15	20	0	11335
51	2504	241	15	20	0	11287
52	2495	239	15	20	0	11239
53	2490	239	15	20	0	11212
54	2490	239	15	20	0	11207
55	2489	239	15	20	0	11202
56	2488	239	15	20	0	11198
57	2487	238	15	20	0	11193
58	2486	238	15	20	0	11188
59	2485	238	15	20	0	11184

Vertical no.	q_v;p [kN/m ²]	q_v;n [kN/m ²]	q_h;n [kN/m ²]	q_v;r;n [kN/m ²]	q_traffic [kN/m ²]	q_v;e [kN/m ²]
60	2484	238	15	20	0	11179
61	2484	238	15	20	0	11174
62	2483	238	15	20	0	11170
63	2482	238	15	20	0	11165
64	2481	238	15	20	0	11160
65	2480	238	15	20	0	11156
66	2479	238	15	20	0	11151
67	2477	237	15	20	0	11136
68	2251	211	15	20	0	9928
69	2342	222	15	20	0	10409
70	2364	224	15	20	0	10527
71	2386	227	15	20	0	10645
72	2407	229	15	20	0	10762
73	2429	232	15	20	0	10880
74	2451	234	15	20	0	10997
75	2473	237	15	20	0	11115
76	2494	239	15	20	0	11232
77	2516	242	15	21	0	11350
78	2537	244	15	21	0	11468
79	2559	247	15	21	0	11585
80	2580	249	15	21	0	11703
81	2602	252	15	21	0	11820
82	2623	254	15	21	0	11938
83	2637	256	15	21	0	12014
84	2718	266	16	21	0	12464
85	2729	267	16	21	0	12520
86	2589	250	15	21	0	11752
87	2410	230	15	20	0	10775
88	2414	230	15	20	0	10798
89	2421	231	15	20	0	10837
90	2429	232	15	20	0	10877
91	2436	233	15	20	0	10916
92	2443	233	15	20	0	10955
93	2450	234	15	20	0	10995
94	2458	235	15	20	0	11034
95	2465	236	15	21	0	11074
96	2369	225	15	20	0	10558
97	2291	216	15	20	0	10139
98	2446	234	15	20	0	10973
99	2438	233	15	20	0	10925
100	2432	232	15	20	0	10894
101	2285	215	15	20	0	10105
102	2338	221	15	20	0	10391
103	2386	227	15	20	0	10647
104	2402	229	15	20	0	10734
105	2424	231	15	20	0	10851
106	2427	232	15	20	0	10868
107	2430	232	15	20	0	10884
108	2433	232	15	21	0	10900
109	2436	233	15	21	0	10916
110	2439	233	15	21	0	10933
111	2440	233	15	21	0	10936
112	2431	232	15	21	0	10891
113	2413	230	16	21	0	10794
114	2385	227	16	22	0	10646
115	2347	222	17	23	0	10442
116	2293	216	18	24	0	10156
117	2229	209	20	27	0	9818
118	2154	201	23	31	0	9425
119	2066	191	29	39	0	8966
120	1944	178	40	54	0	8346
121	1735	155	43	58	0	7297
122	1652	147	44	59	0	6893
123	428	136	45	61	0	1777
124	566	124	46	61	0	1819

Vertical no.	q_v;p [kN/m ²]	q_v;n [kN/m ²]	q_h;n [kN/m ²]	q_v;r;n [kN/m ²]	q_traffic [kN/m ²]	q_v;e [kN/m ²]
125	513	110	44	59	0	1733
126	460	97	41	56	0	1523
127	404	84	38	51	0	1313
128	347	70	33	45	0	1103
129	287	57	28	38	0	894
130	164	45	22	29	0	697
131	134	35	26	35	0	555
132	60	23	17	23	0	537
133	10	7	5	7	0	214

Vertical no.	q_h;e [kN/m ²]	k_v;bot [kN/m ³]	k_v;top [kN/m ³]	k_h [kN/m ³]	t_max [kN/m ²]	d_max [mm]
1	303	78950	1634	55265	0,05	7,5
2	231	4361	4436	3053	0,05	7,5
3	235	10992	4247	7694	0,05	7,5
4	403	17406	11103	12184	0,05	7,5
5	481	19215	17393	13451	0,05	7,5
6	559	20952	19265	14666	0,05	7,5
7	630	20764	20905	14535	0,05	7,5
8	686	7908	22131	5535	0,05	7,5
9	513	185880	11966	130116	0,05	7,5
10	1936	247809	88874	173467	0,05	7,5
11	2044	256175	241072	179322	0,05	7,5
12	2120	262048	247231	183433	0,05	7,5
13	1951	248663	233175	174064	0,05	7,5
14	2171	265823	251184	186076	0,05	7,5
15	2262	272844	258521	190991	0,05	7,5
16	2324	277467	263344	194227	0,05	7,5
17	2374	281290	267328	196903	0,05	7,5
18	2415	284345	270508	199042	0,05	7,5
19	2446	286654	272910	200658	0,05	7,5
20	2467	288236	274554	201765	0,05	7,5
21	2479	289100	275453	202370	0,05	7,5
22	2481	289282	275642	202497	0,05	7,5
23	2481	289282	275642	202497	0,05	7,5
24	2481	289282	275642	202497	0,05	7,5
25	2481	289282	275642	202497	0,05	7,5
26	2481	289282	275642	202497	0,05	7,5
27	2481	289282	275642	202497	0,05	7,5
28	2481	289282	275642	202497	0,05	7,5
29	2481	289282	275642	202497	0,05	7,5
30	2481	289282	275642	202497	0,05	7,5
31	2340	278660	264587	195062	0,05	7,5
32	2305	275936	261747	193155	0,05	7,5
33	2507	291182	277616	203827	0,05	7,5
34	2503	290925	277349	203647	0,05	7,5
35	2565	295501	282100	206851	0,05	7,5
36	2601	298166	284865	208716	0,05	7,5
37	2588	297183	283845	208028	0,05	7,5
38	2575	296198	282823	207339	0,05	7,5
39	2614	299129	285863	209390	0,05	7,5
40	2605	298425	285133	208898	0,05	7,5
41	2594	297606	284284	208324	0,05	7,5
42	2582	296747	283393	207723	0,05	7,5
43	2564	295431	282027	206802	0,05	7,5
44	2472	288546	274877	201982	0,05	7,5
45	2543	293869	280406	205708	0,05	7,5
46	2548	294248	280799	205973	0,05	7,5
47	2539	293597	280124	205518	0,05	7,5
48	2531	292945	279447	205061	0,05	7,5
49	2522	292292	278769	204604	0,05	7,5
50	2513	291637	278089	204146	0,05	7,5
51	2504	290982	277408	203687	0,05	7,5
52	2495	290325	276726	203228	0,05	7,5
53	2490	289947	276333	202963	0,05	7,5

Vertical no.	q _{h;e} [kN/m ²]	k _{v;bot} [kN/m ³]	k _{v;top} [kN/m ³]	k _h [kN/m ³]	t _{max} [kN/m ²]	d _{max} [mm]
54	2490	289883	276266	202918	0,05	7,5
55	2489	289819	276200	202873	0,05	7,5
56	2488	289755	276133	202828	0,05	7,5
57	2487	289691	276067	202783	0,05	7,5
58	2486	289627	276000	202739	0,05	7,5
59	2485	289563	275933	202694	0,05	7,5
60	2484	289499	275867	202649	0,05	7,5
61	2484	289435	275800	202604	0,05	7,5
62	2483	289370	275734	202559	0,05	7,5
63	2482	289306	275667	202514	0,05	7,5
64	2481	289242	275601	202470	0,05	7,5
65	2480	289178	275534	202425	0,05	7,5
66	2479	289114	275467	202380	0,05	7,5
67	2477	288910	275255	202237	0,05	7,5
68	2251	271862	257495	190303	0,05	7,5
69	2342	278754	264685	195128	0,05	7,5
70	2364	280416	266418	196291	0,05	7,5
71	2386	282071	268141	197450	0,05	7,5
72	2407	283718	269856	198603	0,05	7,5
73	2429	285358	271562	199751	0,05	7,5
74	2451	286990	273259	200893	0,05	7,5
75	2473	288615	274948	202030	0,05	7,5
76	2494	290232	276629	203163	0,05	7,5
77	2516	291843	278302	204290	0,05	7,5
78	2537	293446	279967	205412	0,05	7,5
79	2559	295042	281624	206530	0,05	7,5
80	2580	296632	283273	207642	0,05	7,5
81	2602	298214	284915	208750	0,05	7,5
82	2623	299791	286549	209853	0,05	7,5
83	2637	300803	287598	210562	0,05	7,5
84	2718	306761	293769	214733	0,05	7,5
85	2729	307494	294527	215245	0,05	7,5
86	2589	297293	283959	208105	0,05	7,5
87	2410	283894	270039	198726	0,05	7,5
88	2414	284216	270374	198951	0,05	7,5
89	2421	284766	270946	199336	0,05	7,5
90	2429	285315	271517	199721	0,05	7,5
91	2436	285864	272088	200105	0,05	7,5
92	2443	286411	272657	200488	0,05	7,5
93	2450	286958	273226	200871	0,05	7,5
94	2458	287504	273794	201253	0,05	7,5
95	2465	288049	274360	201634	0,05	7,5
96	2369	280859	266879	196602	0,05	7,5
97	2291	274902	260669	192432	0,05	7,5
98	2446	286649	272904	200654	0,05	7,5
99	2438	285991	272221	200194	0,05	7,5
100	2432	285555	271767	199889	0,05	7,5
101	2285	274417	260163	192092	0,05	7,5
102	2338	278497	264418	194948	0,05	7,5
103	2386	282103	268175	197472	0,05	7,5
104	2402	283329	269450	198330	0,05	7,5
105	2424	284964	271152	199475	0,05	7,5
106	2427	285194	271391	199636	0,05	7,5
107	2430	285419	271625	199793	0,05	7,5
108	2433	285644	271859	199951	0,05	7,5
109	2436	285869	272093	200108	0,05	7,5
110	2439	286093	272327	200265	0,05	7,5
111	2440	286148	272384	200304	0,05	7,5
112	2431	285521	271732	199865	0,05	7,5
113	2413	284174	270330	198922	0,05	7,5
114	2385	282096	268167	197467	0,05	7,5
115	2347	279222	265173	195455	0,05	7,5
116	2293	275159	260937	192611	0,05	7,5
117	2229	270285	255849	189200	0,05	7,5
118	2154	264546	249848	185183	0,05	7,5

Vertical no.	q _{h;e} [kN/m ²]	k _{v;bot} [kN/m ³]	k _{v;top} [kN/m ³]	k _h [kN/m ³]	t _{max} [kN/m ²]	d _{max} [mm]
119	2066	257700	242673	180390	0,05	7,5
120	1944	248205	232694	173744	0,05	7,5
121	1735	231452	202638	162016	0,05	7,5
122	1652	224741	45551	157319	0,05	7,5
123	428	129463	14139	90624	0,05	7,5
124	566	9485	19420	6640	0,05	7,5
125	513	19924	18165	13947	0,05	7,5
126	460	18691	16820	13084	0,05	7,5
127	404	17389	15386	12172	0,05	7,5
128	347	15994	13828	11196	0,05	7,5
129	287	14492	8671	10144	0,05	7,5
130	164	12509	2283	8756	0,05	7,5
131	134	3504	2694	2453	0,05	7,5
132	233	72008	927	50406	0,05	7,5
133	80	71715	6	50200	0,05	7,5

Maximum soil stress	:	q _{v;n;max} = 267 kN/m ²
Maximum reduced soil stress (incl. traffic loads)	:	q _{traffic;max} = 70 kN/m ²
Maximum reduced soil stress	:	q _{v;r;n;max} = 70 kN/m ²
Max. vertical modulus of subgrade reaction (without safety factor) only for verticals in deep situation	:	k _{v;max} = 307494 kN/m ³
Maximum vertical modulus of subgrade reaction (with safety factor) only for verticals in deep situation	:	k _{v;max} = 614987 kN/m ³

5.5 Young's Modulus per Layer per Vertical

Layer number	Material name	Type of determination
9	Klei, sterk zandig	Calculated with E100
8	Klei, sterk zandig	Calculated with E100
7	Klei, zwak zandig, matig	Calculated with E100
6	Klei, zwak zandig, matig	Calculated with E100
5	Zand, kleiig, los	Calculated with E100
4	Zand, kleiig, los	Calculated with E100
3	Zand, kleiig, los	Calculated with E100
2	Klei, matig	Calculated with E100
1	Zand, schoon, vast	Calculated with E100

Layer number	Vertical 1 (L=5,003 m)		Vertical 2 (L=10,006 m)		Vertical 3 (L=15,009 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
9	0,000	1,806	0,000	1,801	0,000	1,797
8	1,806	3,495	1,801	3,436	1,797	3,376
7	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
6	2,097	2,457	2,061	2,423	2,026	2,388
5	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
4	8,827	10,243	8,750	10,177	8,672	10,110
3	10,243	12,488	10,177	12,436	10,110	12,382
2	4,281	4,594	4,252	4,565	4,223	4,537
1	97,889	138,236	97,506	137,960	97,122	137,682

Layer number	Vertical 4 (L=20,012 m)		Vertical 5 (L=25,015 m)		Vertical 6 (L=30,018 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
9	0,000	1,792	0,000	1,879	0,000	2,058
8	1,792	3,316	1,879	3,334	2,058	3,434
7	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
6	1,989	2,354	2,001	2,364	2,061	2,422
5	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
4	8,593	10,042	8,618	10,063	8,748	10,175
3	10,042	12,329	10,063	12,348	10,175	12,441
2	4,194	4,508	4,204	4,518	4,255	4,567
1	96,737	137,405	96,866	137,490	97,532	137,953

Layer number	Vertical 7 (L=35,021 m)		Vertical 8 (L=40,024 m)		Vertical 9 (L=45,027 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
9	0,000	2,238	0,000	2,284	0,000	2,331
8	2,238	3,538	2,284	3,524	2,331	3,510
7	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
6	2,123	2,482	2,114	2,474	2,106	2,466
5	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
4	8,882	10,290	8,864	10,275	8,846	10,259
3	10,290	12,537	10,275	12,526	10,259	12,515
2	4,308	4,619	4,301	4,613	4,295	4,606
1	98,219	138,434	98,136	138,369	98,053	138,304

Layer number	Vertical 10 (L=50,03 m)		Vertical 11 (L=55,033 m)		Vertical 12 (L=60,036 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
9	0,000	2,352	0,000	2,363	0,000	2,273
8	2,352	3,473	2,363	3,428	2,273	3,289
7	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
6	2,084	2,445	2,057	2,418	1,973	2,338
5	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
4	8,799	10,218	8,740	10,168	8,558	10,012
3	10,218	12,483	10,168	12,443	10,012	12,318
2	4,278	4,589	4,256	4,567	4,188	4,500
1	97,822	138,134	97,532	137,923	96,631	137,281

Layer number	Vertical 13 (L=65,039 m)		Vertical 14 (L=70,042 m)		Vertical 15 (L=75,045 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
9	0,000	0,747	0,000	1,654	0,000	1,810
8	0,747	1,913	1,654	2,649	1,810	2,754
7	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
6	1,148	1,558	1,589	1,972	1,653	2,032
5	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
4	6,640	8,431	7,694	9,284	7,840	9,405
3	8,431	11,073	9,284	11,737	9,405	11,835
2	3,532	3,856	3,876	4,194	3,928	4,245
1	87,746	131,173	92,469	134,372	93,166	134,846

Layer number	Vertical 16 (L=80,048 m)		Vertical 17 (L=85,051 m)		Vertical 18 (L=90,054 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
9	0,000	1,846	0,000	1,882	0,000	1,918
8	1,846	2,754	1,882	2,754	1,918	2,754
7	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
6	1,653	2,032	1,653	2,032	1,653	2,032
5	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
4	7,840	9,405	7,840	9,405	7,840	9,405
3	9,405	11,837	9,405	11,839	9,405	11,840
2	3,929	4,245	3,930	4,246	3,931	4,247
1	93,175	134,846	93,184	134,846	93,193	134,846

Layer number	Vertical 19 (L=95,057 m)		Vertical 20 (L=100,06 m)		Vertical 21 (L=105,063 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
9	0,000	1,954	0,000	1,990	0,000	2,025
8	1,954	2,754	1,990	2,754	2,025	2,754
7	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
6	1,653	2,032	1,653	2,032	1,653	2,032
5	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
4	7,840	9,405	7,840	9,405	7,840	9,405
3	9,405	11,842	9,405	11,844	9,405	11,846
2	3,932	4,247	3,933	4,248	3,934	4,249
1	93,202	134,846	93,211	134,846	93,220	134,846

Layer number	Vertical 22 (L=110,066 m)		Vertical 23 (L=115,069 m)		Vertical 24 (L=120,072 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
9	0,000	2,061	0,000	2,096	0,000	2,131
8	2,061	2,754	2,096	2,754	2,131	2,754
7	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
6	1,653	2,032	1,653	2,032	1,653	2,032
5	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
4	7,840	9,405	7,840	9,405	7,840	9,405
3	9,405	11,847	9,405	11,849	9,405	11,851
2	3,935	4,249	3,936	4,250	3,937	4,251
1	93,229	134,846	93,238	134,846	93,247	134,846

Layer number	Vertical 25 (L=125,075 m)		Vertical 26 (L=130,078 m)		Vertical 27 (L=135,081 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
9	0,000	2,166	0,000	2,201	0,000	2,236
8	2,166	2,754	2,201	2,754	2,236	2,754
7	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
6	1,653	2,032	1,653	2,032	1,653	2,032
5	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
4	7,840	9,405	7,840	9,405	7,840	9,405
3	9,405	11,852	9,405	11,854	9,405	11,856
2	3,937	4,251	3,938	4,252	3,939	4,252
1	93,256	134,846	93,265	134,846	93,274	134,846

Layer number	Vertical 28 (L=140,084 m)		Vertical 29 (L=145,087 m)		Vertical 30 (L=150,09 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
9	0,000	2,270	0,000	2,304	0,000	2,339
8	2,270	2,754	2,304	2,754	2,339	2,754
7	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
6	1,653	2,032	1,653	2,032	1,653	2,032
5	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
4	7,840	9,405	7,840	9,405	7,840	9,405
3	9,405	11,858	9,405	11,859	9,405	11,861
2	3,940	4,253	3,941	4,254	3,942	4,254
1	93,283	134,846	93,292	134,846	93,301	134,846

Layer number	Vertical 31 (L=155,093 m)		Vertical 32 (L=160,096 m)		Vertical 33 (L=165,099 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
9	0,000	1,550	0,000	1,366	0,000	2,581
8	1,550	1,969	1,366	1,760	2,581	2,891
7	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
6	1,182	1,589	1,056	1,473	1,735	2,110
5	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
4	6,723	8,497	6,412	8,253	8,026	9,561
3	8,497	11,156	8,253	10,973	9,561	11,990
2	3,574	3,894	3,481	3,802	4,011	4,321
1	88,274	131,411	86,970	130,532	94,216	135,461

Layer number	Vertical 34 (L=170,102 m)		Vertical 35 (L=175,105 m)		Vertical 36 (L=180,108 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
9	0,000	2,596	0,000	2,962	0,000	3,185
8	2,596	2,873	2,962	3,198	3,185	3,386
7	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
6	1,724	2,100	1,919	2,286	2,032	2,394
5	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
4	8,001	9,540	8,438	9,910	8,685	10,121
3	9,540	11,975	9,910	12,273	10,121	12,446
2	4,003	4,313	4,163	4,471	4,258	4,563
1	94,105	135,378	96,237	136,863	97,473	137,729

Layer number	Vertical 37 (L=185,111 m)		Vertical 38 (L=190,114 m)		Vertical 39 (L=195,117 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
9	0,000	3,146	0,000	3,108	0,000	3,347
8	3,146	3,317	3,108	3,247	3,347	3,453
7	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
6	1,990	2,354	1,948	2,315	2,072	2,433
5	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
4	8,595	10,043	8,503	9,965	8,773	10,196
3	10,043	12,385	9,965	12,323	10,196	12,512
2	4,224	4,530	4,191	4,497	4,294	4,598
1	97,030	137,409	96,585	137,089	97,941	138,042

Layer number	Vertical 40 (L=200,12 m)		Vertical 41 (L=205,123 m)		Vertical 42 (L=210,126 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
9	0,000	3,329	0,000	3,303	0,000	3,273
8	3,329	3,404	3,303	3,347	3,273	3,286
7	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
6	2,042	2,405	2,008	2,372	1,972	2,337
5	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
4	8,709	10,141	8,634	10,077	8,554	10,009
3	10,141	12,469	10,077	12,418	10,009	12,365
2	4,270	4,574	4,242	4,547	4,213	4,518
1	97,627	137,813	97,259	137,547	96,873	137,267

Layer number	Vertical 43 (L=215,129 m)		Vertical 44 (L=220,132 m)		Vertical 45 (L=225,135 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
9	0,000	3,193	0,000	2,701	0,000	3,083
8	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
7	1,916	1,924	1,621	1,643	1,850	1,884
6	1,924	2,283	1,643	2,002	1,884	2,220
5	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
4	8,432	9,904	7,766	9,344	8,284	9,779
3	9,904	12,282	9,344	11,837	9,779	12,185
2	4,168	4,473	3,929	4,239	4,116	4,421
1	96,275	136,840	93,083	134,607	95,570	136,333

Layer number	Vertical 46 (L=230,138 m)		Vertical 47 (L=235,141 m)		Vertical 48 (L=240,144 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
9	0,000	3,109	0,000	3,063	0,000	3,017
8	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
7	1,866	1,914	1,838	1,899	1,810	1,885
6	1,914	2,235	1,899	2,209	1,885	2,182
5	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
4	8,320	9,810	8,258	9,757	8,196	9,705
3	9,810	12,211	9,757	12,170	9,705	12,130
2	4,130	4,435	4,108	4,413	4,086	4,392
1	95,755	136,456	95,462	136,245	95,169	136,033

Layer number	Vertical 49 (L=245,147 m)		Vertical 50 (L=250,15 m)		Vertical 51 (L=255,153 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
9	0,000	2,970	0,000	2,924	0,000	2,877
8	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
7	1,782	1,871	1,754	1,857	1,726	1,842
6	1,871	2,156	1,857	2,129	1,842	2,102
5	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
4	8,134	9,652	8,070	9,598	8,007	9,545
3	9,652	12,089	9,598	12,049	9,545	12,008
2	4,064	4,370	4,042	4,348	4,020	4,326
1	94,875	135,821	94,580	135,609	94,284	135,397

Layer number	Vertical 52 (L=260,156 m)		Vertical 53 (L=265,159 m)		Vertical 54 (L=270,162 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
9	0,000	2,830	0,000	2,802	0,000	2,798
8	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
7	1,698	1,828	1,681	1,825	1,679	1,836
6	1,828	2,075	1,825	2,060	1,836	2,057
5	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
4	7,942	9,491	7,905	9,460	7,899	9,455
3	9,491	11,967	9,460	11,944	9,455	11,941
2	3,998	4,305	3,986	4,292	3,985	4,291
1	93,987	135,184	93,819	135,061	93,798	135,040

Layer number	Vertical 55 (L=275,165 m)		Vertical 56 (L=280,168 m)		Vertical 57 (L=285,171 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
9	0,000	2,793	0,000	2,788	0,000	2,784
8	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
7	1,676	1,847	1,673	1,858	1,670	1,868
6	1,847	2,054	1,858	2,052	1,868	2,049
5	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
4	7,893	9,450	7,886	9,444	7,880	9,439
3	9,450	11,939	9,444	11,937	9,439	11,934
2	3,984	4,289	3,982	4,288	3,981	4,286
1	93,777	135,020	93,756	134,999	93,735	134,978

Layer number	Vertical 58 (L=290,174 m)		Vertical 59 (L=295,177 m)		Vertical 60 (L=300,18 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
9	0,000	2,779	0,000	2,775	0,000	2,770
8	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
7	1,668	1,879	1,665	1,890	1,662	1,900
6	1,879	2,046	1,890	2,044	1,900	2,041
5	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
4	7,874	9,434	7,867	9,428	7,861	9,423
3	9,434	11,932	9,428	11,929	9,423	11,927
2	3,980	4,285	3,978	4,283	3,977	4,282
1	93,714	134,957	93,694	134,937	93,673	134,916

Layer number	Vertical 61 (L=305,183 m)		Vertical 62 (L=310,186 m)		Vertical 63 (L=315,189 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
9	0,000	2,765	0,000	2,761	0,000	2,756
8	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
7	1,659	1,911	1,656	1,922	1,654	1,932
6	1,911	2,039	1,922	2,036	1,932	2,033
5	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
4	7,855	9,418	7,848	9,413	7,842	9,407
3	9,418	11,924	9,413	11,922	9,407	11,919
2	3,976	4,280	3,974	4,279	3,973	4,277
1	93,652	134,895	93,631	134,874	93,610	134,854

Layer number	Vertical 64 (L=320,192 m)		Vertical 65 (L=325,195 m)		Vertical 66 (L=330,198 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
9	0,000	2,752	0,000	2,747	0,000	2,742
8	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
7	1,651	1,943	1,648	1,953	1,645	1,964
6	1,943	2,031	1,953	2,028	1,964	2,025
5	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
4	7,836	9,402	7,829	9,397	7,823	9,391
3	9,402	11,917	9,397	11,914	9,391	11,912
2	3,972	4,275	3,970	4,274	3,969	4,272
1	93,589	134,833	93,568	134,812	93,547	134,791

Layer number	Vertical 67 (L=335,201 m)		Vertical 68 (L=340,204 m)		Vertical 69 (L=345,207 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
9	0,000	2,728	0,000	1,437	0,000	1,976
8	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
7	1,637	1,969	0,862	1,257	1,186	1,570
6	1,969	2,017	1,257	1,297	1,570	1,593
5	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
4	7,803	9,375	5,920	7,877	6,734	8,505
3	9,375	11,900	7,877	10,762	8,505	11,232
2	3,963	4,266	3,374	3,689	3,613	3,922
1	93,461	134,725	85,344	129,220	88,680	131,441

Layer number	Vertical 70 (L=350,21 m)		Vertical 71 (L=355,213 m)		Vertical 72 (L=360,216 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
9	0,000	2,102	0,000	2,226	0,000	2,348
8	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
7	1,261	1,654	1,336	1,733	1,409	1,802
6	1,654	1,664	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
5	n.a.	n.a.	7,097	7,113	7,272	7,336
4	6,918	8,652	7,113	8,796	7,336	8,938
3	8,652	11,345	8,796	11,457	8,938	11,568
2	3,671	3,979	3,729	4,036	3,787	4,093
1	89,483	131,978	90,279	132,512	91,068	133,045

Layer number	Vertical 73 (L=365,219 m)		Vertical 74 (L=370,222 m)		Vertical 75 (L=375,225 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
9	0,000	2,469	0,000	2,588	0,000	2,706
8	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
7	1,481	1,870	1,553	1,938	1,624	2,005
6	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
5	7,443	7,553	7,610	7,763	7,773	7,968
4	7,553	9,077	7,763	9,215	7,968	9,350
3	9,077	11,678	9,215	11,787	9,350	11,895
2	3,845	4,149	3,903	4,205	3,960	4,261
1	91,850	133,575	92,626	134,103	93,395	134,630

Layer number	Vertical 76 (L=380,228 m)		Vertical 77 (L=385,231 m)		Vertical 78 (L=390,234 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
9	0,000	2,823	0,000	2,938	0,000	3,053
8	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
7	1,694	2,071	1,763	2,137	1,832	2,203
6	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
5	7,933	8,167	8,090	8,362	8,244	8,553
4	8,167	9,484	8,362	9,615	8,553	9,745
3	9,484	12,002	9,615	12,108	9,745	12,213
2	4,017	4,317	4,074	4,373	4,131	4,428
1	94,158	135,154	94,915	135,676	95,665	136,196

Layer number	Vertical 79 (L=395,237 m)		Vertical 80 (L=400,24 m)		Vertical 81 (L=405,243 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
9	0,000	3,166	0,000	3,278	0,000	3,389
8	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
7	1,899	2,268	1,967	2,332	2,034	2,396
6	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
5	8,395	8,739	8,544	8,921	8,689	9,100
4	8,739	9,873	8,921	10,000	9,100	10,125
3	9,873	12,317	10,000	12,420	10,125	12,522
2	4,187	4,484	4,243	4,539	4,300	4,594
1	96,410	136,714	97,150	137,230	97,883	137,744

Layer number	Vertical 82 (L=410,246 m)		Vertical 83 (L=415,249 m)		Vertical 84 (L=420,252 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
9	0,000	3,500	0,000	3,570	0,000	3,983
8	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
7	2,100	2,460	2,142	2,500	2,390	2,739
6	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
5	8,833	9,275	8,924	9,400	9,448	9,934
4	9,275	10,248	9,400	10,327	9,934	10,783
3	10,248	12,624	10,327	12,690	10,783	13,065
2	4,356	4,648	4,392	4,684	4,601	4,890
1	98,611	138,257	99,081	138,586	101,784	140,525

Layer number	Vertical 85 (L=425,255 m)		Vertical 86 (L=430,258 m)		Vertical 87 (L=435,261 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
9	0,000	4,034	0,000	3,325	0,000	2,361
8	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
7	2,420	2,769	1,995	2,359	1,417	1,809
6	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
5	9,511	10,029	8,605	9,213	7,291	8,044
4	10,029	10,838	9,213	10,052	8,044	8,953
3	10,838	13,112	10,052	12,472	8,953	11,606
2	4,628	4,916	4,272	4,565	3,807	4,109
1	102,122	140,764	97,505	137,445	91,290	133,102

Layer number	Vertical 88 (L=440,264 m)		Vertical 89 (L=445,267 m)		Vertical 90 (L=450,27 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
9	0,000	2,385	0,000	2,426	0,000	2,466
8	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
7	1,431	1,823	1,455	1,846	1,480	1,869
6	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
5	7,324	8,118	7,382	8,213	7,439	8,307
4	8,118	8,980	8,213	9,027	8,307	9,074
3	8,980	11,629	9,027	11,667	9,074	11,705
2	3,819	4,120	3,839	4,140	3,859	4,159
1	91,451	133,206	91,719	133,384	91,986	133,561

Layer number	Vertical 91 (L=455,273 m)		Vertical 92 (L=460,276 m)		Vertical 93 (L=465,279 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
9	0,000	2,506	0,000	2,546	0,000	2,586
8	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
7	1,504	1,891	1,528	1,914	1,552	1,937
6	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
5	7,495	8,400	7,551	8,491	7,607	8,582
4	8,400	9,120	8,491	9,166	8,582	9,212
3	9,120	11,743	9,166	11,780	9,212	11,818
2	3,879	4,178	3,899	4,197	3,919	4,217
1	92,253	133,739	92,518	133,916	92,783	134,093

Layer number	Vertical 94 (L=470,282 m)		Vertical 95 (L=475,285 m)		Vertical 96 (L=480,288 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
9	0,000	2,626	0,000	2,665	0,000	2,136
8	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
7	1,575	1,959	1,599	1,982	1,281	1,682
6	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
5	7,662	8,672	7,717	8,761	6,966	8,151
4	8,672	9,258	8,761	9,303	8,151	8,691
3	9,258	11,855	9,303	11,892	8,691	11,421
2	3,939	4,236	3,959	4,255	3,711	4,012
1	93,048	134,270	93,311	134,446	89,938	132,121

Layer number	Vertical 97 (L=485,291 m)		Vertical 98 (L=490,294 m)		Vertical 99 (L=495,297 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
9	0,000	1,679	0,000	2,564	0,000	2,516
8	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
7	1,008	1,429	1,538	1,924	1,509	1,897
6	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
5	6,290	7,628	7,575	8,759	7,508	8,741
4	7,628	8,159	8,759	9,186	8,741	9,131
3	8,159	11,024	9,186	11,806	9,131	11,765
2	3,506	3,811	3,913	4,210	3,891	4,188
1	87,100	130,199	92,684	133,993	92,385	133,780

Layer number	Vertical 100 (L=500,3 m)		Vertical 101 (L=505,303 m)		Vertical 102 (L=510,306 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
9	0,000	2,484	0,000	1,641	0,000	1,957
8	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
7	1,490	1,878	0,985	1,408	1,174	1,583
6	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
5	7,463	8,743	6,232	7,765	6,705	8,192
4	8,743	9,094	7,765	8,114	8,192	8,483
3	9,094	11,738	8,114	10,998	8,483	11,275
2	3,877	4,174	3,493	3,797	3,635	3,936
1	92,190	133,639	86,905	130,043	88,871	131,358

Layer number	Vertical 103 (L=515,309 m)		Vertical 104 (L=520,312 m)		Vertical 105 (L=525,315 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
9	0,000	2,229	0,000	2,320	0,000	2,440
8	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
7	1,337	1,735	1,392	1,786	1,464	1,854
6	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
5	7,101	8,561	7,231	8,710	7,402	8,892
4	8,561	8,799	8,710	8,904	8,892	9,044
3	8,799	11,516	8,904	11,599	9,044	11,708
2	3,760	4,059	3,803	4,101	3,861	4,157
1	90,592	132,523	91,180	132,919	91,958	133,448

Layer number	Vertical 106 (L=530,318 m)		Vertical 107 (L=535,321 m)		Vertical 108 (L=540,324 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
9	0,000	2,457	0,000	2,474	0,000	2,490
8	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
7	1,474	1,863	1,484	1,873	1,494	1,882
6	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
5	7,426	8,952	7,449	9,010	7,472	9,069
4	8,952	9,063	9,010	9,082	9,069	9,101
3	9,063	11,725	9,082	11,741	9,101	11,758
2	3,870	4,165	3,879	4,174	3,887	4,182
1	92,075	133,522	92,190	133,595	92,305	133,668

Layer number	Vertical 109 (L=545,327 m)		Vertical 110 (L=550,33 m)		Vertical 111 (L=555,333 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
9	0,000	2,507	0,000	2,523	0,000	2,539
8	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
7	1,504	1,891	1,514	1,901	1,524	1,910
6	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
5	7,495	9,133	7,519	9,233	7,541	9,333
4	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
3	9,133	11,774	9,233	11,791	9,333	11,807
2	3,896	4,190	3,905	4,199	3,913	4,207
1	92,419	133,740	92,533	133,813	92,647	133,886

Layer number	Vertical 112 (L=560,336 m)		Vertical 113 (L=565,339 m)		Vertical 114 (L=570,342 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
9	0,000	2,556	0,000	2,572	0,000	2,588
8	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
7	1,533	1,919	1,543	1,929	1,553	1,938
6	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
5	7,564	9,431	7,587	9,528	7,610	9,624
4	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
3	9,431	11,823	9,528	11,840	9,624	11,856
2	3,922	4,215	3,931	4,223	3,939	4,232
1	92,761	133,958	92,875	134,031	92,989	134,104

Layer number	Vertical 115 (L=575,345 m)		Vertical 116 (L=580,348 m)		Vertical 117 (L=585,351 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
9	0,000	2,601	0,000	2,584	0,000	2,568
8	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
7	1,561	1,945	1,551	1,936	1,541	1,926
6	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
5	7,628	9,715	7,604	9,773	7,581	9,831
4	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
3	9,715	11,869	9,773	11,856	9,831	11,843
2	3,946	4,238	3,939	4,231	3,932	4,224
1	93,080	134,160	92,982	134,086	92,884	134,012

Layer number	Vertical 118 (L=590,354 m)		Vertical 119 (L=595,357 m)		Vertical 120 (L=600,36 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
9	0,000	2,550	0,000	2,519	0,000	2,378
8	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
7	1,530	1,916	1,511	1,898	1,427	1,819
6	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
5	7,557	9,888	7,513	9,930	7,313	9,856
4	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
3	9,888	11,829	9,930	11,802	9,856	11,678
2	3,925	4,216	3,911	4,203	3,845	4,138
1	92,780	133,934	92,589	133,795	91,696	133,172

Layer number	Vertical 121 (L=605,363 m)		Vertical 122 (L=610,366 m)		Vertical 123 (L=615,369 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
9	0,000	1,834	0,000	2,038	0,000	2,040
8	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
7	1,100	1,514	1,223	1,628	1,224	1,629
6	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
5	6,522	9,365	6,824	9,655	6,827	9,734
4	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
3	9,365	11,202	9,655	11,382	9,734	11,386
2	3,597	3,894	3,690	3,985	3,692	3,987
1	88,284	130,840	89,566	131,702	89,591	131,712

Layer number	Vertical 124 (L=620,372 m)		Vertical 125 (L=625,375 m)		Vertical 126 (L=630,378 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
9	0,000	2,043	0,000	2,045	0,000	2,048
8	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
7	1,226	1,630	1,227	1,632	1,229	1,633
6	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
5	6,831	9,813	6,835	9,892	6,838	9,969
4	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
3	9,813	11,390	9,892	11,394	9,969	11,398
2	3,694	3,989	3,696	3,991	3,698	3,992
1	89,616	131,723	89,641	131,734	89,666	131,744

Layer number	Vertical 127 (L=635,381 m)		Vertical 128 (L=640,384 m)		Vertical 129 (L=645,387 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
9	0,000	2,050	0,000	2,053	0,000	2,055
8	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
7	1,230	1,635	1,232	1,636	1,233	1,637
6	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
5	6,842	10,046	6,845	10,123	6,849	10,199
4	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
3	10,046	11,401	10,123	11,405	10,199	11,409
2	3,700	3,994	3,703	3,996	3,705	3,998
1	89,690	131,755	89,715	131,765	89,740	131,776

Layer number	Vertical 130 (L=650,39 m)		Vertical 131 (L=655,393 m)		Vertical 132 (L=660,396 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
9	0,000	2,058	0,000	2,060	0,000	2,062
8	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
7	1,235	1,639	1,236	1,640	1,237	1,641
6	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
5	6,853	10,274	6,856	10,349	6,860	10,423
4	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
3	10,274	11,413	10,349	11,417	10,423	11,421
2	3,707	3,999	3,709	4,001	3,711	4,003
1	89,765	131,787	89,790	131,797	89,815	131,808

Layer number	Vertical 133 (L=665,399 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
9	0,000	2,065
8	n.a.	n.a.
7	1,239	1,643
6	n.a.	n.a.
5	6,864	10,497
4	n.a.	n.a.
3	10,497	11,425
2	3,713	4,005
1	89,840	131,818

6 Data for Stress Analysis

6.1 General Data

Number of pipes in bundle	:	Npipes = 4 [-]
Pipeline diameter	:	Do = 315,00 mm
Wall thickness	:	t = 28,70 mm
Unit weight pipeline material	:	gamma_s = 9,54 kN/m ³
Pipeline diameter	:	Do = 315,00 mm
Wall thickness	:	t = 28,70 mm
Unit weight pipeline material	:	gamma_s = 9,54 kN/m ³
Pipeline diameter	:	Do = 315,00 mm
Wall thickness	:	t = 28,70 mm
Unit weight pipeline material	:	gamma_s = 9,54 kN/m ³
Pipeline diameter	:	Do = 315,00 mm
Wall thickness	:	t = 28,70 mm
Unit weight pipeline material	:	gamma_s = 9,54 kN/m ³
Equivalent pipeline diameter	:	Do = 831,29 mm
Equivalent wall thickness	:	t = 41,62 mm
Equivalent unit weight pipeline material	:	gamma_s = 9,54 kN/m ³
Max. vertical modulus of subgrade reaction (without safety factor)	:	k_v;max = 161730 kN/m ³
Unit weight drilling fluid pullback operation	:	gamma_b = 11,10 kN/m ³
Bending radius on rollers	:	Rrol = 500,000 m
Friction coefficient pipe/rollers	:	f1 = 0,10
Friction between pipe and drilling fluid	:	f2 = 0,000050 N/mm ²
Friction coefficient pipe / soil	:	f3 = 0,20

6.2 Buoyancy Control

The friction between soil and pipe is partially caused by buoyancy of the pipeline in the drilling fluid. Uplift forces resulting from buoyancy can be neutralized by filling the pipeline. The optimal volume of fluid placed in the pipe provides the most advantageous distribution of buoyant forces.

Buoyancy of the pipeline when filled with fluid for 0%

Uplift forces	:	353	[kg/m]
Weight of pipeline (including filling)	:	100	[kg/m]
Result	:	252	[kg/m] (Pipeline moves upwards)

6.3 Calculation Pulling Force

During the pullback operation the pipe experiences friction which is based on:

- friction between pipe and pipe-roller (f1 = 0,10)
- friction between pipe and drilling fluid (f2 = 0,000050 [N/mm²])
- friction between pipe and soil (f3 = 0,20)

Due to the friction a pulling force is induced in the pipeline.
The pulling direction of the product pipe is from left to right.

This calculation takes into account that the length of the pipe on the rollers decreases while pulling back the pipeline. During the pull back operation the bore hole is supposed to be stable.

Characteristic points	Length pipe in bore hole (m)	Characteristic value pulling force (kN)
T1	0	66
T2	20	77
T3	112	140

Characteristic points	Length pipe in bore hole (m)	Characteristic value pulling force (kN)
T4	555	381
T5	621	443
T6	673	470

The calculated values for the pulling force are characteristic values (without safety factor). According to article E.1.2.1 of NEN 3650-1:2012 it is recommended to use a total factor for stochastic variation and model uncertainty (γ) of at least 1.4 for the stress analysis. In the pipe stress analysis (next chapter), a factor of 1,80 is used and a load factor of 1,00.

7 Stress Analysis of Pipe 1: pipe nr. 1

7.1 Material Data of Pipe 1: pipe nr. 1

The list with data and issues is shown hereafter:

Material pipeline	:	Polyethene PE100
Outer diameter	:	Do = 315,00 mm
Wall thickness	:	t = 28,70 mm
Design pressure	:	pd = 0,00 bar
Test pressure	:	pt = 0,00 bar
Temperature variation	:	dt = 0,00 deg Celcius
Length pipeline	:	L = 673 m
Young's modulus (short)	:	E = 975 N/mm ²
Young's modulus (long)	:	E = 350 N/mm ²
Allowable stress (short)	:	S = 10 N/mm ²
Allowable stress (long)	:	S = 8 N/mm ²
Factor of importance (S)	:	S = 1,00
Unit weight pipeline material	:	gamma_s = 9,54 kN/m ³
Bedding angle	:	beta = 30 degrees
Load angle	:	alpha = 30 degrees
Moment coefficient soil top (indirect)	:	kt' = 0,078
Moment coefficient soil bottom (indirect)	:	kb' = 0,179
Moment coefficient soil top (direct)	:	kt = 0,257
Moment coefficient soil bottom (direct)	:	kb = 0,257
Deflection coefficient (indirect)	:	ky' = 0,071
Deflection coefficient (direct)	:	ky = 0,143
Maximal reduced vertical soil load (without safety factor)	:	q_v;r;n;max = 70 kN/m ²
Traffic load (without safety factor)	:	q_v = 0 kN/m ²
Max. vertical modulus of subgrade reaction (without safety factor)	:	k_v;max = 307494 kN/m ³
Used radius (excluding safety factors)	:	Rmin = 250,000 m
Load factor on installation	:	f_install = 1,00
Load factor on reduced neutral soil stress q_n;r	:	f_Qnr = 1,50
Load factor on design pressure	:	f_pd = 1,00
Load factor on design pressure (combination)	:	f_pd;comb = 1,00
Load factor on test pressure	:	f_pt = 1,00
Load factor on temperature	:	f_temp = 1,10
Load factor on traffic load	:	f_v = 1,35
Contingency factor on bending radius	:	f_R = 1,10
Contingency factor on modulus of subgrade reaction	:	f_kv = 2,00
Contingency factor on bending moment	:	f_k = 1,40
Total factor on pulling force for stoch. varia. and model uncertainty	:	f = 1,80
Linear settlement coefficient averaged between t1 and t2	:	alpha_g = 0,0001600 mm/mmK

7.2 Results Stress Analysis of Pipe 1: pipe nr. 1

In the calculation 5 load combinations are considered:

- Load combination 1A: start pull-back operation
- Load combination 1B: end of pull-back operation
- Load combination 2: application internal pressure
- Load combination 3: pipeline in operation, no inner pressure
- Load combination 4: pipeline in operation, pressure applied

The wall thickness is 28,7 mm. The calculation hereafter will prove that the pipeline wall thickness is sufficient. The calculations are in accordance with NEN 3650 series.

7.2.1 Load Combination 1A: Start Pullback Operation

Axial stress:

$$\sigma_b = M_b/W_b = f_k E \cdot I_b / (R_{rol} \cdot W_b) = 0,43 \quad \text{N/mm}^2$$

$$\sigma_t = f \cdot f_{install} \cdot T_1/A = f \cdot f_{install} (L_{rol} \cdot Q \cdot f_1)/A = 1,16 \quad \text{N/mm}^2$$

Maximum axial stress $\Sigma_{a,max}$	=	1,44	N/mm ²
---------------------------------------	---	------	-------------------

In this load combination the tangential stress is negligible.

7.2.2 Load Combination 1B: End Pullback Operation

Axial stress:

$$\Sigma_b = Mb/Wb = f_k \cdot E \cdot I_b / (R_{min} \cdot Wb) = 0,86 \text{ N/mm}^2$$

$$\Sigma_t = f \cdot f_{install} \cdot T_{max}/A = 8,20 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Maximum axial stress } \Sigma_{a,max} = 8,76 \text{ N/mm}^2$$

Tangential stress:

Load q_r on pipeline due to reaction of soil in bends (according to NEN 3650-1 annex 5 D3.3):

$$q_r = k_v \cdot y = (0.322 \cdot \Lambda^2 \cdot E \cdot I) / (D_o \cdot R / f_R)$$

$$\Lambda = (f_{kv} \cdot k_v \cdot D_o / (4 \cdot E \cdot I))^{0.25} = 3,7E-3 \text{ 1/mm}$$

$$q_r = 0,0160 \text{ N/mm}^2$$

$$\Sigma_{qr} = k' \cdot q_r \cdot (r_g / W_w) \cdot D_o = 0,94 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Maximum tangential stress } \Sigma_{t,max} = 0,61 \text{ N/mm}^2$$

7.2.3 Load Combination 2: Application Internal Pressure

Due to internal pressure :

$$\Sigma_{py} = f_{pd} \cdot p_d \cdot ((r_u^2 + r_i^2) / (r_u^2 - r_i^2)) = 0,00 \text{ N/mm}^2$$

$$\Sigma_{px} = 0.5 \cdot \Sigma_{py} = 0,00 \text{ N/mm}^2$$

$$\Sigma_{ptest} = f_{pt} \cdot p_t \cdot ((r_u^2 + r_i^2) / (r_u^2 - r_i^2)) = 0,00 \text{ N/mm}^2$$

7.2.4 Load Combination 3: In Operation (Situation without Pressure)

Axial stress:

$$\Sigma_b = Mb/Wb = f_k \cdot E \cdot I_b / (R_{min} \cdot Wb) = 0,31 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Maximum axial stress } \Sigma_{a,max} = 0,20 \text{ N/mm}^2$$

Tangential stress:

$$\Sigma_{qr} = k' \cdot q_r \cdot (r_g / W_w) \cdot D_o = 0,56 \text{ N/mm}^2$$

$$\Sigma_{qn} = k \cdot q_n \cdot (r_g / W_w) \cdot D_o = 8,81 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Maximum tangential stress } \Sigma_{t,max} = 6,09 \text{ N/mm}^2$$

7.2.5 Load Combination 4: In Operation (with Internal Pressure)

Axial stress:

$$\Sigma_b = Mb/Wb = f_k \cdot E \cdot I_b / (R_{min} \cdot Wb) = 0,31 \text{ N/mm}^2$$

Due to internal pressure :

$$\Sigma_{py} = f_{pd} \cdot p_d \cdot ((r_u^2 + r_i^2) / (r_u^2 - r_i^2)) = 0,00 \text{ N/mm}^2$$

$\text{Sigma}_{px} = 0.5 \cdot \text{Sigma}_{py}$	=	0,00	N/mm ²
$\text{Sigma}_{ptest} = f_{pt} \cdot pt \cdot ((ru^2 + ri^2)/(ru^2 - ri^2))$	=	0,00	N/mm ²
$\text{Sigma}_{Temp} = dt \cdot \text{gamma}_t \cdot \text{alpha}_g \cdot E$	=	0,00	N/mm ²
Maximum axial stress $\text{Sigma}_{a,max}$	=	0,20	N/mm ²
Tangential stress:			
$\text{Sigma}_{qr} = k' \cdot qr \cdot (rg/Ww) \cdot Do$	=	0,56	N/mm ²
$\text{Sigma}_{qn} = k \cdot qn \cdot (rg/Ww) \cdot Do$	=	8,81	N/mm ²
Rerounding factor F_{rr}	=	1,000	
Rerounding factor F'_{rr}	=	1,000	
$\text{Sigma}_{t,max} = \text{Sigma}_{py} + ((F'_{rr} \cdot \text{Sigma}_{qr}) + (F_{rr} \cdot \text{Sigma}_{qn}))$			
Maximum tangential stress $\text{Sigma}_{t,max}$	=	6,09	N/mm ²

7.3 Check on Calculated Stresses of Pipe 1: pipe nr. 1

Load combination 1

- $\text{Sigma}_{AxMax} < \text{ShortStrength} \cdot \text{DamageFactor}$
- $\text{Sigma}_{TanMax} < \text{ShortStrength} \cdot \text{DamageFactor}$

Load combination 2

- $\text{Sigma}_{ptest} < \text{ShortStrength} \cdot \text{DamageFactor}$
- $\text{Sigma}_{py} < \text{LongStrength} \cdot \text{DamageFactor}$

Load combination 3

- $\text{Sigma}_{AxMax} < \text{LongStrength} \cdot \text{DamageFactor}$
- $\text{Sigma}_{TanMax} < \text{LongStrength} \cdot \text{DamageFactor}$

Load combination 4

- $\text{Sigma}_{AxMax} < \text{LongStrength} \cdot \text{DamageFactor}$
- $\text{Sigma}_{TanMax} < \text{LongStrength} \cdot \text{DamageFactor}$

All stresses in all conditions are allowable.

	Max allowable stress [N/mm ²]	Load combination 1A	Load combination 1B	Load combination 2	Load combination 3	Load combination 4
Sigma_{ptest}	10,00 (short)	-	-	0,00	-	-
Sigma_{py}	8,00 (long)	-	-	0,00	-	-
Sigma_{axial}	10,00 (short)	1,44	8,76	-	-	-
Sigma_{axial}	8,00 (long)	-	-	-	0,20	0,20
$\text{Sigma}_{tang...}$	10,00 (short)	-	0,61	-	-	-
$\text{Sigma}_{tang...}$	8,00 (long)	-	-	-	6,09	6,09

Stresses in pipeline [N/mm²]

The deflection of the pipeline is 12,3 mm (3,91% x Do). The maximum allowable deflection of the pipeline is 25,2 mm (8,00% x S x Do). The deflection is allowable.

For piggability the maximum allowable deflection of the pipeline is 15,8 mm (5,00% x Do). The deflection is allowable.

7.4 Check for Implosion of Pipe 1: pipe nr. 1

During the pullback operation the drilling fluid gives an external pressure. The highest minimum required drilling fluid pressure during the pullback operation is 313 kN/m², this is less than the maximum allowable external pressure of 1559 kN/m².

In operation, the water pressure at the lowest point of the drilling gives an external pressure. The maximum water pressure equals 215 kN/m², this is less than the maximum allowable external pressure of 280 kN/m².

8 Stress Analysis of Pipe 2: pipe nr. 2

8.1 Material Data of Pipe 2: pipe nr. 2

The list with data and issues is shown hereafter:

Material pipeline	:	Polyethene PE100
Outer diameter	:	Do = 315,00 mm
Wall thickness	:	t = 28,70 mm
Design pressure	:	pd = 0,00 bar
Test pressure	:	pt = 0,00 bar
Temperature variation	:	dt = 0,00 deg Celcius
Length pipeline	:	L = 673 m
Young's modulus (short)	:	E = 975 N/mm ²
Young's modulus (long)	:	E = 350 N/mm ²
Allowable stress (short)	:	S = 10 N/mm ²
Allowable stress (long)	:	S = 8 N/mm ²
Factor of importance (S)	:	S = 1,00
Unit weight pipeline material	:	gamma_s = 9,54 kN/m ³
Bedding angle	:	beta = 30 degrees
Load angle	:	alpha = 30 degrees
Moment coefficient soil top (indirect)	:	kt' = 0,078
Moment coefficient soil bottom (indirect)	:	kb' = 0,179
Moment coefficient soil top (direct)	:	kt = 0,257
Moment coefficient soil bottom (direct)	:	kb = 0,257
Deflection coefficient (indirect)	:	ky' = 0,071
Deflection coefficient (direct)	:	ky = 0,143
Maximal reduced vertical soil load (without safety factor)	:	q_v;r;n;max = 70 kN/m ²
Traffic load (without safety factor)	:	q_v = 0 kN/m ²
Max. vertical modulus of subgrade reaction (without safety factor)	:	k_v;max = 307494 kN/m ³
Used radius (excluding safety factors)	:	Rmin = 250,000 m
Load factor on installation	:	f_install = 1,00
Load factor on reduced neutral soil stress q_n;r	:	f_Qnr = 1,50
Load factor on design pressure	:	f_pd = 1,00
Load factor on design pressure (combination)	:	f_pd;comb = 1,00
Load factor on test pressure	:	f_pt = 1,00
Load factor on temperature	:	f_temp = 1,10
Load factor on traffic load	:	f_v = 1,35
Contingency factor on bending radius	:	f_R = 1,10
Contingency factor on modulus of subgrade reaction	:	f_kv = 2,00
Contingency factor on bending moment	:	f_k = 1,40
Total factor on pulling force for stoch. varia. and model uncertainty	:	f = 1,80
Linear settlement coefficient averaged between t1 and t2	:	alpha_g = 0,0001600 mm/mmK

8.2 Results Stress Analysis of Pipe 2: pipe nr. 2

In the calculation 5 load combinations are considered:

- Load combination 1A: start pull-back operation
- Load combination 1B: end of pull-back operation
- Load combination 2: application internal pressure
- Load combination 3: pipeline in operation, no inner pressure
- Load combination 4: pipeline in operation, pressure applied

The wall thickness is 28,7 mm. The calculation hereafter will prove that the pipeline wall thickness is sufficient. The calculations are in accordance with NEN 3650 series.

8.2.1 Load Combination 1A: Start Pullback Operation

Axial stress:

$$\begin{aligned} \text{Sigma}_b &= Mb/Wb = f_k E \cdot I_b / (R_{rol} \cdot Wb) &= & 0,43 & \text{N/mm}^2 \\ \text{Sigma}_t &= f * f_{install} * T1/A = f * f_{install} (L_{rol} * Q * f1)/A &= & 1,16 & \text{N/mm}^2 \end{aligned}$$

Maximum axial stress $\sigma_{a,max}$	=	1,44	N/mm ²
---------------------------------------	---	------	-------------------

In this load combination the tangential stress is negligible.

8.2.2 Load Combination 1B: End Pullback Operation

Axial stress:

$\sigma_b = M_b/W_b = f_k \cdot E \cdot I_b / (R_{min} \cdot W_b)$	=	0,86	N/mm ²
--	---	------	-------------------

$\sigma_t = f \cdot f_{install} \cdot T_{max}/A$	=	8,20	N/mm ²
--	---	------	-------------------

Maximum axial stress $\sigma_{a,max}$	=	8,76	N/mm ²
---------------------------------------	---	------	-------------------

Tangential stress:

Load q_r on pipeline due to reaction of soil in bends (according to NEN 3650-1 annex 5 D3.3):

$$q_r = k_v \cdot y = (0.322 \cdot \lambda^2 \cdot E \cdot I) / (D_o \cdot R / f_R)$$

$\lambda = (f_{kv} \cdot k_v \cdot D_o / (4 \cdot E \cdot I))^{0.25}$	=	3,7E-3	1/mm
---	---	--------	------

q_r	=	0,0160	N/mm ²
-------	---	--------	-------------------

$\sigma_{qr} = k' \cdot q_r \cdot (r_g / W_w) \cdot D_o$	=	0,94	N/mm ²
--	---	------	-------------------

Maximum tangential stress $\sigma_{t,max}$	=	0,61	N/mm ²
--	---	------	-------------------

8.2.3 Load Combination 2: Application Internal Pressure

Due to internal pressure :

$\sigma_{py} = f_{pd} \cdot p_d \cdot ((r_u^2 + r_i^2) / (r_u^2 - r_i^2))$	=	0,00	N/mm ²
--	---	------	-------------------

$\sigma_{px} = 0.5 \cdot \sigma_{py}$	=	0,00	N/mm ²
---------------------------------------	---	------	-------------------

$\sigma_{ptest} = f_{pt} \cdot p_t \cdot ((r_u^2 + r_i^2) / (r_u^2 - r_i^2))$	=	0,00	N/mm ²
---	---	------	-------------------

8.2.4 Load Combination 3: In Operation (Situation without Pressure)

Axial stress:

$\sigma_b = M_b/W_b = f_k \cdot E \cdot I_b / (R_{min} \cdot W_b)$	=	0,31	N/mm ²
--	---	------	-------------------

Maximum axial stress $\sigma_{a,max}$	=	0,20	N/mm ²
---------------------------------------	---	------	-------------------

Tangential stress:

$\sigma_{qr} = k' \cdot q_r \cdot (r_g / W_w) \cdot D_o$	=	0,56	N/mm ²
--	---	------	-------------------

$\sigma_{qn} = k \cdot q_n \cdot (r_g / W_w) \cdot D_o$	=	8,81	N/mm ²
---	---	------	-------------------

Maximum tangential stress $\sigma_{t,max}$	=	6,09	N/mm ²
--	---	------	-------------------

8.2.5 Load Combination 4: In Operation (with Internal Pressure)

Axial stress:

$\sigma_b = M_b/W_b = f_k \cdot E \cdot I_b / (R_{min} \cdot W_b)$	=	0,31	N/mm ²
--	---	------	-------------------

Due to internal pressure :

$\sigma_{py} = f_{pd} \cdot p_d \cdot ((r_u^2 + r_i^2) / (r_u^2 - r_i^2))$	=	0,00	N/mm ²
--	---	------	-------------------

$\text{Sigma}_{px} = 0.5 \cdot \text{Sigma}_{py}$	=	0,00	N/mm ²
$\text{Sigma}_{ptest} = f_{pt} \cdot pt \cdot ((ru^2 + ri^2)/(ru^2 - ri^2))$	=	0,00	N/mm ²
$\text{Sigma}_{Temp} = dt \cdot \text{gamma}_t \cdot \text{alpha}_g \cdot E$	=	0,00	N/mm ²
Maximum axial stress $\text{Sigma}_{a,max}$	=	0,20	N/mm ²
Tangential stress:			
$\text{Sigma}_{qr} = k' \cdot qr \cdot (rg/Ww) \cdot Do$	=	0,56	N/mm ²
$\text{Sigma}_{qn} = k \cdot qn \cdot (rg/Ww) \cdot Do$	=	8,81	N/mm ²
Rerounding factor F_{rr}	=	1,000	
Rerounding factor F'_{rr}	=	1,000	
$\text{Sigma}_{t,max} = \text{Sigma}_{py} + ((F'_{rr} \cdot \text{Sigma}_{qr}) + (F_{rr} \cdot \text{Sigma}_{qn}))$			
Maximum tangential stress $\text{Sigma}_{t,max}$	=	6,09	N/mm ²

8.3 Check on Calculated Stresses of Pipe 2: pipe nr. 2

Load combination 1

- $\text{Sigma}_{AxMax} < \text{ShortStrength} \cdot \text{DamageFactor}$
- $\text{Sigma}_{TanMax} < \text{ShortStrength} \cdot \text{DamageFactor}$

Load combination 2

- $\text{Sigma}_{ptest} < \text{ShortStrength} \cdot \text{DamageFactor}$
- $\text{Sigma}_{py} < \text{LongStrength} \cdot \text{DamageFactor}$

Load combination 3

- $\text{Sigma}_{AxMax} < \text{LongStrength} \cdot \text{DamageFactor}$
- $\text{Sigma}_{TanMax} < \text{LongStrength} \cdot \text{DamageFactor}$

Load combination 4

- $\text{Sigma}_{AxMax} < \text{LongStrength} \cdot \text{DamageFactor}$
- $\text{Sigma}_{TanMax} < \text{LongStrength} \cdot \text{DamageFactor}$

All stresses in all conditions are allowable.

	Max allowable stress [N/mm ²]	Load combination 1A	Load combination 1B	Load combination 2	Load combination 3	Load combination 4
Sigma_{ptest}	10,00 (short)	-	-	0,00	-	-
Sigma_{py}	8,00 (long)	-	-	0,00	-	-
Sigma_{axial}	10,00 (short)	1,44	8,76	-	-	-
Sigma_{axial}	8,00 (long)	-	-	-	0,20	0,20
$\text{Sigma}_{tang...}$	10,00 (short)	-	0,61	-	-	-
$\text{Sigma}_{tang...}$	8,00 (long)	-	-	-	6,09	6,09

Stresses in pipeline [N/mm²]

The deflection of the pipeline is 12,3 mm (3,91% x Do). The maximum allowable deflection of the pipeline is 25,2 mm (8,00% x S x Do). The deflection is allowable.

For piggability the maximum allowable deflection of the pipeline is 15,8 mm (5,00% x Do). The deflection is allowable.

8.4 Check for Implosion of Pipe 2: pipe nr. 2

During the pullback operation the drilling fluid gives an external pressure. The highest minimum required drilling fluid pressure during the pullback operation is 313 kN/m², this is less than the maximum allowable external pressure of 1559 kN/m².

In operation, the water pressure at the lowest point of the drilling gives an external pressure. The maximum water pressure equals 215 kN/m^2 , this is less than the maximum allowable external pressure of 280 kN/m^2 .

9 Stress Analysis of Pipe 3: pipe nr. 3

9.1 Material Data of Pipe 3: pipe nr. 3

The list with data and issues is shown hereafter:

Material pipeline	:	Polyethene PE100
Outer diameter	:	Do = 315,00 mm
Wall thickness	:	t = 28,70 mm
Design pressure	:	pd = 0,00 bar
Test pressure	:	pt = 0,00 bar
Temperature variation	:	dt = 0,00 deg Celcius
Length pipeline	:	L = 673 m
Young's modulus (short)	:	E = 975 N/mm ²
Young's modulus (long)	:	E = 350 N/mm ²
Allowable stress (short)	:	S = 10 N/mm ²
Allowable stress (long)	:	S = 8 N/mm ²
Factor of importance (S)	:	S = 1,00
Unit weight pipeline material	:	gamma_s = 9,54 kN/m ³
Bedding angle	:	beta = 30 degrees
Load angle	:	alpha = 30 degrees
Moment coefficient soil top (indirect)	:	kt' = 0,078
Moment coefficient soil bottom (indirect)	:	kb' = 0,179
Moment coefficient soil top (direct)	:	kt = 0,257
Moment coefficient soil bottom (direct)	:	kb = 0,257
Deflection coefficient (indirect)	:	ky' = 0,071
Deflection coefficient (direct)	:	ky = 0,143
Maximal reduced vertical soil load (without safety factor)	:	q_v;r;n;max = 70 kN/m ²
Traffic load (without safety factor)	:	q_v = 0 kN/m ²
Max. vertical modulus of subgrade reaction (without safety factor)	:	k_v;max = 307494 kN/m ³
Used radius (excluding safety factors)	:	Rmin = 250,000 m
Load factor on installation	:	f_install = 1,00
Load factor on reduced neutral soil stress q_n;r	:	f_Qnr = 1,50
Load factor on design pressure	:	f_pd = 1,00
Load factor on design pressure (combination)	:	f_pd;comb = 1,00
Load factor on test pressure	:	f_pt = 1,00
Load factor on temperature	:	f_temp = 1,10
Load factor on traffic load	:	f_v = 1,35
Contingency factor on bending radius	:	f_R = 1,10
Contingency factor on modulus of subgrade reaction	:	f_kv = 2,00
Contingency factor on bending moment	:	f_k = 1,40
Total factor on pulling force for stoch. varia. and model uncertainty	:	f = 1,80
Linear settlement coefficient averaged between t1 and t2	:	alpha_g = 0,0001600 mm/mmK

9.2 Results Stress Analysis of Pipe 3: pipe nr. 3

In the calculation 5 load combinations are considered:

- Load combination 1A: start pull-back operation
- Load combination 1B: end of pull-back operation
- Load combination 2: application internal pressure
- Load combination 3: pipeline in operation, no inner pressure
- Load combination 4: pipeline in operation, pressure applied

The wall thickness is 28,7 mm. The calculation hereafter will prove that the pipeline wall thickness is sufficient. The calculations are in accordance with NEN 3650 series.

9.2.1 Load Combination 1A: Start Pullback Operation

Axial stress:

$$\sigma_b = M_b/W_b = f_k E \cdot I_b / (R_{rol} \cdot W_b) = 0,43 \quad \text{N/mm}^2$$

$$\sigma_t = f \cdot f_{install} \cdot T_1/A = f \cdot f_{install} (L_{rol} \cdot Q \cdot f_1)/A = 1,16 \quad \text{N/mm}^2$$

Maximum axial stress $\Sigma_{a,max}$	=	1,44	N/mm ²
---------------------------------------	---	------	-------------------

In this load combination the tangential stress is negligible.

9.2.2 Load Combination 1B: End Pullback Operation

Axial stress:

$$\Sigma_b = Mb/Wb = f_k \cdot E \cdot I_b / (R_{min} \cdot Wb) = 0,86 \text{ N/mm}^2$$

$$\Sigma_t = f \cdot f_{install} \cdot T_{max}/A = 8,20 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Maximum axial stress } \Sigma_{a,max} = 8,76 \text{ N/mm}^2$$

Tangential stress:

Load q_r on pipeline due to reaction of soil in bends (according to NEN 3650-1 annex 5 D3.3):

$$q_r = k_v \cdot y = (0.322 \cdot \Lambda^2 \cdot E \cdot I) / (D_o \cdot R / f_R)$$

$$\Lambda = (f_{kv} \cdot k_v \cdot D_o / (4 \cdot E \cdot I))^{0.25} = 3,7E-3 \text{ 1/mm}$$

$$q_r = 0,0160 \text{ N/mm}^2$$

$$\Sigma_{qr} = k' \cdot q_r \cdot (r_g / W_w) \cdot D_o = 0,94 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Maximum tangential stress } \Sigma_{t,max} = 0,61 \text{ N/mm}^2$$

9.2.3 Load Combination 2: Application Internal Pressure

Due to internal pressure :

$$\Sigma_{py} = f_{pd} \cdot p_d \cdot ((r_u^2 + r_i^2) / (r_u^2 - r_i^2)) = 0,00 \text{ N/mm}^2$$

$$\Sigma_{px} = 0.5 \cdot \Sigma_{py} = 0,00 \text{ N/mm}^2$$

$$\Sigma_{ptest} = f_{pt} \cdot p_t \cdot ((r_u^2 + r_i^2) / (r_u^2 - r_i^2)) = 0,00 \text{ N/mm}^2$$

9.2.4 Load Combination 3: In Operation (Situation without Pressure)

Axial stress:

$$\Sigma_b = Mb/Wb = f_k \cdot E \cdot I_b / (R_{min} \cdot Wb) = 0,31 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Maximum axial stress } \Sigma_{a,max} = 0,20 \text{ N/mm}^2$$

Tangential stress:

$$\Sigma_{qr} = k' \cdot q_r \cdot (r_g / W_w) \cdot D_o = 0,56 \text{ N/mm}^2$$

$$\Sigma_{qn} = k \cdot q_n \cdot (r_g / W_w) \cdot D_o = 8,81 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Maximum tangential stress } \Sigma_{t,max} = 6,09 \text{ N/mm}^2$$

9.2.5 Load Combination 4: In Operation (with Internal Pressure)

Axial stress:

$$\Sigma_b = Mb/Wb = f_k \cdot E \cdot I_b / (R_{min} \cdot Wb) = 0,31 \text{ N/mm}^2$$

Due to internal pressure :

$$\Sigma_{py} = f_{pd} \cdot p_d \cdot ((r_u^2 + r_i^2) / (r_u^2 - r_i^2)) = 0,00 \text{ N/mm}^2$$

$\text{Sigma}_{px} = 0.5 \cdot \text{Sigma}_{py}$	=	0,00	N/mm ²
$\text{Sigma}_{ptest} = f_{pt} \cdot pt \cdot ((ru^2 + ri^2)/(ru^2 - ri^2))$	=	0,00	N/mm ²
$\text{Sigma}_{Temp} = dt \cdot \text{gamma}_t \cdot \text{alpha}_g \cdot E$	=	0,00	N/mm ²
Maximum axial stress $\text{Sigma}_{a,max}$	=	0,20	N/mm ²
Tangential stress:			
$\text{Sigma}_{qr} = k' \cdot qr \cdot (rg/Ww) \cdot Do$	=	0,56	N/mm ²
$\text{Sigma}_{qn} = k \cdot qn \cdot (rg/Ww) \cdot Do$	=	8,81	N/mm ²
Rerounding factor F_{rr}	=	1,000	
Rerounding factor F'_{rr}	=	1,000	
$\text{Sigma}_{t,max} = \text{Sigma}_{py} + ((F'_{rr} \cdot \text{Sigma}_{qr}) + (F_{rr} \cdot \text{Sigma}_{qn}))$			
Maximum tangential stress $\text{Sigma}_{t,max}$	=	6,09	N/mm ²

9.3 Check on Calculated Stresses of Pipe 3: pipe nr. 3

Load combination 1

- $\text{Sigma}_{AxMax} < \text{ShortStrength} \cdot \text{DamageFactor}$
- $\text{Sigma}_{TanMax} < \text{ShortStrength} \cdot \text{DamageFactor}$

Load combination 2

- $\text{Sigma}_{ptest} < \text{ShortStrength} \cdot \text{DamageFactor}$
- $\text{Sigma}_{py} < \text{LongStrength} \cdot \text{DamageFactor}$

Load combination 3

- $\text{Sigma}_{AxMax} < \text{LongStrength} \cdot \text{DamageFactor}$
- $\text{Sigma}_{TanMax} < \text{LongStrength} \cdot \text{DamageFactor}$

Load combination 4

- $\text{Sigma}_{AxMax} < \text{LongStrength} \cdot \text{DamageFactor}$
- $\text{Sigma}_{TanMax} < \text{LongStrength} \cdot \text{DamageFactor}$

All stresses in all conditions are allowable.

	Max allowable stress [N/mm ²]	Load combination 1A	Load combination 1B	Load combination 2	Load combination 3	Load combination 4
Sigma_{ptest}	10,00 (short)	-	-	0,00	-	-
Sigma_{py}	8,00 (long)	-	-	0,00	-	-
Sigma_{axial}	10,00 (short)	1,44	8,76	-	-	-
Sigma_{axial}	8,00 (long)	-	-	-	0,20	0,20
$\text{Sigma}_{tang...}$	10,00 (short)	-	0,61	-	-	-
$\text{Sigma}_{tang...}$	8,00 (long)	-	-	-	6,09	6,09

Stresses in pipeline [N/mm²]

The deflection of the pipeline is 12,3 mm (3,91% x Do). The maximum allowable deflection of the pipeline is 25,2 mm (8,00% x S x Do). The deflection is allowable.

For piggability the maximum allowable deflection of the pipeline is 15,8 mm (5,00% x Do). The deflection is allowable.

9.4 Check for Implosion of Pipe 3: pipe nr. 3

During the pullback operation the drilling fluid gives an external pressure. The highest minimum required drilling fluid pressure during the pullback operation is 313 kN/m², this is less than the maximum allowable external pressure of 1559 kN/m².

In operation, the water pressure at the lowest point of the drilling gives an external pressure. The maximum water pressure equals 215 kN/m², this is less than the maximum allowable external pressure of 280 kN/m².

10 Stress Analysis of Pipe 4: pipe nr. 4

10.1 Material Data of Pipe 4: pipe nr. 4

The list with data and issues is shown hereafter:

Material pipeline	:	Polyethene PE100
Outer diameter	:	Do = 315,00 mm
Wall thickness	:	t = 28,70 mm
Design pressure	:	pd = 0,00 bar
Test pressure	:	pt = 0,00 bar
Temperature variation	:	dt = 0,00 deg Celcius
Length pipeline	:	L = 673 m
Young's modulus (short)	:	E = 975 N/mm ²
Young's modulus (long)	:	E = 350 N/mm ²
Allowable stress (short)	:	S = 10 N/mm ²
Allowable stress (long)	:	S = 8 N/mm ²
Factor of importance (S)	:	S = 1,00
Unit weight pipeline material	:	gamma_s = 9,54 kN/m ³
Bedding angle	:	beta = 30 degrees
Load angle	:	alpha = 30 degrees
Moment coefficient soil top (indirect)	:	kt' = 0,078
Moment coefficient soil bottom (indirect)	:	kb' = 0,179
Moment coefficient soil top (direct)	:	kt = 0,257
Moment coefficient soil bottom (direct)	:	kb = 0,257
Deflection coefficient (indirect)	:	ky' = 0,071
Deflection coefficient (direct)	:	ky = 0,143
Maximal reduced vertical soil load (without safety factor)	:	q_v;r;n;max = 70 kN/m ²
Traffic load (without safety factor)	:	q_v = 0 kN/m ²
Max. vertical modulus of subgrade reaction (without safety factor)	:	k_v;max = 307494 kN/m ³
Used radius (excluding safety factors)	:	Rmin = 250,000 m
Load factor on installation	:	f_install = 1,00
Load factor on reduced neutral soil stress q_n;r	:	f_Qnr = 1,50
Load factor on design pressure	:	f_pd = 1,00
Load factor on design pressure (combination)	:	f_pd;comb = 1,00
Load factor on test pressure	:	f_pt = 1,00
Load factor on temperature	:	f_temp = 1,10
Load factor on traffic load	:	f_v = 1,35
Contingency factor on bending radius	:	f_R = 1,10
Contingency factor on modulus of subgrade reaction	:	f_kv = 2,00
Contingency factor on bending moment	:	f_k = 1,40
Total factor on pulling force for stoch. varia. and model uncertainty	:	f = 1,80
Linear settlement coefficient averaged between t1 and t2	:	alpha_g = 0,0001600 mm/mmK

10.2 Results Stress Analysis of Pipe 4: pipe nr. 4

In the calculation 5 load combinations are considered:

- Load combination 1A: start pull-back operation
- Load combination 1B: end of pull-back operation
- Load combination 2: application internal pressure
- Load combination 3: pipeline in operation, no inner pressure
- Load combination 4: pipeline in operation, pressure applied

The wall thickness is 28,7 mm. The calculation hereafter will prove that the pipeline wall thickness is sufficient. The calculations are in accordance with NEN 3650 series.

10.2.1 Load Combination 1A: Start Pullback Operation

Axial stress:

$$\sigma_b = M_b/W_b = f_k E \cdot I_b / (R_{rol} \cdot W_b) = 0,43 \quad \text{N/mm}^2$$

$$\sigma_t = f \cdot f_{install} \cdot T_1/A = f \cdot f_{install} (L_{rol} \cdot Q \cdot f_1)/A = 1,16 \quad \text{N/mm}^2$$

Maximum axial stress $\Sigma_{a,max}$	=	1,44	N/mm ²
---------------------------------------	---	------	-------------------

In this load combination the tangential stress is negligible.

10.2.2 Load Combination 1B: End Pullback Operation

Axial stress:

$\Sigma_b = M_b/W_b = f_k \cdot E \cdot I_b / (R_{min} \cdot W_b)$	=	0,86	N/mm ²
--	---	------	-------------------

$\Sigma_t = f \cdot f_{install} \cdot T_{max}/A$	=	8,20	N/mm ²
--	---	------	-------------------

Maximum axial stress $\Sigma_{a,max}$	=	8,76	N/mm ²
---------------------------------------	---	------	-------------------

Tangential stress:

Load q_r on pipeline due to reaction of soil in bends (according to NEN 3650-1 annex 5 D3.3):

$$q_r = k_v \cdot y = (0.322 \cdot \lambda^2 \cdot E \cdot I) / (D_o \cdot R / f_R)$$

$\lambda = (f_{kv} \cdot k_v \cdot D_o / (4 \cdot E \cdot I))^{0.25}$	=	3,7E-3	1/mm
---	---	--------	------

q_r	=	0,0160	N/mm ²
-------	---	--------	-------------------

$\Sigma_{qr} = k' \cdot q_r \cdot (r_g / W_w) \cdot D_o$	=	0,94	N/mm ²
--	---	------	-------------------

Maximum tangential stress $\Sigma_{t,max}$	=	0,61	N/mm ²
--	---	------	-------------------

10.2.3 Load Combination 2: Application Internal Pressure

Due to internal pressure :

$\Sigma_{py} = f_{pd} \cdot p_d \cdot ((r_u^2 + r_i^2) / (r_u^2 - r_i^2))$	=	0,00	N/mm ²
--	---	------	-------------------

$\Sigma_{px} = 0.5 \cdot \Sigma_{py}$	=	0,00	N/mm ²
---------------------------------------	---	------	-------------------

$\Sigma_{ptest} = f_{pt} \cdot p_t \cdot ((r_u^2 + r_i^2) / (r_u^2 - r_i^2))$	=	0,00	N/mm ²
---	---	------	-------------------

10.2.4 Load Combination 3: In Operation (Situation without Pressure)

Axial stress:

$\Sigma_b = M_b/W_b = f_k \cdot E \cdot I_b / (R_{min} \cdot W_b)$	=	0,31	N/mm ²
--	---	------	-------------------

Maximum axial stress $\Sigma_{a,max}$	=	0,20	N/mm ²
---------------------------------------	---	------	-------------------

Tangential stress:

$\Sigma_{qr} = k' \cdot q_r \cdot (r_g / W_w) \cdot D_o$	=	0,56	N/mm ²
--	---	------	-------------------

$\Sigma_{qn} = k \cdot q_n \cdot (r_g / W_w) \cdot D_o$	=	8,81	N/mm ²
---	---	------	-------------------

Maximum tangential stress $\Sigma_{t,max}$	=	6,09	N/mm ²
--	---	------	-------------------

10.2.5 Load Combination 4: In Operation (with Internal Pressure)

Axial stress:

$\Sigma_b = M_b/W_b = f_k \cdot E \cdot I_b / (R_{min} \cdot W_b)$	=	0,31	N/mm ²
--	---	------	-------------------

Due to internal pressure :

$\Sigma_{py} = f_{pd} \cdot p_d \cdot ((r_u^2 + r_i^2) / (r_u^2 - r_i^2))$	=	0,00	N/mm ²
--	---	------	-------------------

$\text{Sigma}_{px} = 0.5 \cdot \text{Sigma}_{py}$	=	0,00	N/mm ²
$\text{Sigma}_{ptest} = f_{pt} \cdot pt \cdot ((ru^2 + ri^2)/(ru^2 - ri^2))$	=	0,00	N/mm ²
$\text{Sigma}_{Temp} = dt \cdot \text{gamma}_t \cdot \text{alpha}_g \cdot E$	=	0,00	N/mm ²
Maximum axial stress $\text{Sigma}_{a,max}$	=	0,20	N/mm ²
Tangential stress:			
$\text{Sigma}_{qr} = k' \cdot qr \cdot (rg/Ww) \cdot Do$	=	0,56	N/mm ²
$\text{Sigma}_{qn} = k \cdot qn \cdot (rg/Ww) \cdot Do$	=	8,81	N/mm ²
Rerounding factor F_{rr}	=	1,000	
Rerounding factor F'_{rr}	=	1,000	
$\text{Sigma}_{t,max} = \text{Sigma}_{py} + ((F'_{rr} \cdot \text{Sigma}_{qr}) + (F_{rr} \cdot \text{Sigma}_{qn}))$			
Maximum tangential stress $\text{Sigma}_{t,max}$	=	6,09	N/mm ²

10.3 Check on Calculated Stresses of Pipe 4: pipe nr. 4

Load combination 1

- $\text{Sigma}_{AxMax} < \text{ShortStrength} \cdot \text{DamageFactor}$
- $\text{Sigma}_{TanMax} < \text{ShortStrength} \cdot \text{DamageFactor}$

Load combination 2

- $\text{Sigma}_{ptest} < \text{ShortStrength} \cdot \text{DamageFactor}$
- $\text{Sigma}_{py} < \text{LongStrength} \cdot \text{DamageFactor}$

Load combination 3

- $\text{Sigma}_{AxMax} < \text{LongStrength} \cdot \text{DamageFactor}$
- $\text{Sigma}_{TanMax} < \text{LongStrength} \cdot \text{DamageFactor}$

Load combination 4

- $\text{Sigma}_{AxMax} < \text{LongStrength} \cdot \text{DamageFactor}$
- $\text{Sigma}_{TanMax} < \text{LongStrength} \cdot \text{DamageFactor}$

All stresses in all conditions are allowable.

	Max allowable stress [N/mm ²]	Load combination 1A	Load combination 1B	Load combination 2	Load combination 3	Load combination 4
Sigma_{ptest}	10,00 (short)	-	-	0,00	-	-
Sigma_{py}	8,00 (long)	-	-	0,00	-	-
Sigma_{axial}	10,00 (short)	1,44	8,76	-	-	-
Sigma_{axial}	8,00 (long)	-	-	-	0,20	0,20
$\text{Sigma}_{tang...}$	10,00 (short)	-	0,61	-	-	-
$\text{Sigma}_{tang...}$	8,00 (long)	-	-	-	6,09	6,09

Stresses in pipeline [N/mm²]

The deflection of the pipeline is 12,3 mm (3,91% x Do). The maximum allowable deflection of the pipeline is 25,2 mm (8,00% x S x Do). The deflection is allowable.

For piggability the maximum allowable deflection of the pipeline is 15,8 mm (5,00% x Do). The deflection is allowable.

10.4 Check for Implosion of Pipe 4: pipe nr. 4

During the pullback operation the drilling fluid gives an external pressure. The highest minimum required drilling fluid pressure during the pullback operation is 313 kN/m², this is less than the maximum allowable external pressure of 1559 kN/m².

In operation, the water pressure at the lowest point of the drilling gives an external pressure. The maximum water pressure equals 215 kN/m², this is less than the maximum allowable external pressure of 280 kN/m².

End of Report

D.3 Vergunningsrapportage kabelkruisingen

Kruising A16 en Achterdijk

Vergunningsrapport Rijkswaterstaat en waterschap
Brabantse Delta



Verantwoording

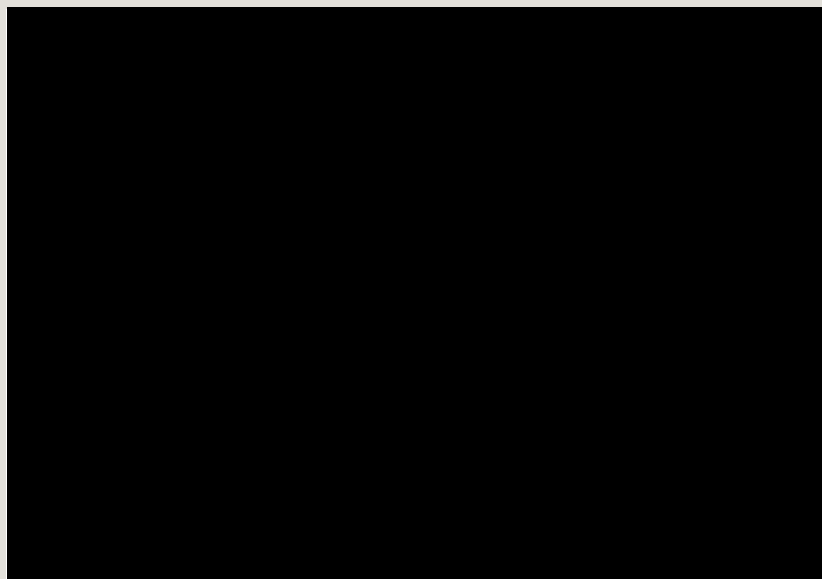
Titel: Kruising A16 en Achterdijk
Onderwerp: Vergunningsrapport Rijkswaterstaat
Projectnummer: 51001237
Klant: TenneT
Referentienummer: NL22-648800269-23001
Versie: D1

Datum: 29-04-2022

Auteurs:
E-mailadres:

Gecontroleerd door:
Paraaf gecontroleerd:

Vrijgegeven door:
Paraaf vrijgegeven:



Inhoudsopgave

1.	Inleiding	5
1.1	Situatie	5
1.2	Leeswijzer	6
2.	Uitgangspunten	7
2.1	Gebruikte documenten	7
2.2	Vigerende normen en richtlijnen	7
2.3	Minimale dagmaat tot bestaande en nieuwe boringen	7
2.4	Horizontale afstand tot overige objecten	8
2.5	Diepteligging	9
2.6	Inwendige overdruk	10
2.7	Grondwaterstand	10
2.8	Belasting- en ondersteuningshoek	10
2.9	Importatiefactor	10
2.10	Geotechnische parameters	10
2.11	Boortechnische gegevens	12
2.12	Verkeersbelasting	12
2.13	Boogstralen	12
3.	Ontwerp	14
3.1	Gegevens HDD	14
3.2	Boorparameters	15
3.3	Intredepunt	15
3.4	Uittredepunt en uitlegstrook	15
4.	Berekeningsresultaten	17
4.1	Trekkrachtberekening	18
4.2	Sterkteberekening bedrijfsfase	18
4.3	Muddrukberekening	18
4.4	Implosie	19
4.5	Kwelweg	19
4.5.1	Kwel uit het eerste watervoerende pakket	19
4.5.2	Kwel tussen de peilgebieden	19
4.5.3	Kwelmaatregelen	21
5.	Risico's en aandachtspunten	22
6.	Conclusie	24
6.1	Algemeen	24
6.2	Uitkomsten ontwerp en berekening	24
	Bijlage 1 – Ontwerptekening	25

Bijlage 2 – Geotechnisch onderzoek26
Bijlage 3 – Berekening D-Geo Pipeline27

1. Inleiding

TenneT is voornemens om delen van de bovengrondse 150 kV-verbindingen binnen het projectgebied van Zuid-West 380 kV Oost ondergronds te verkabelen. Het projectgebied loopt vanaf Rilland aan de westzijde tot aan Tilburg aan de oostzijde. Bij het ondergronds brengen van de kabels moeten circa 45 kruisingen sleufloos worden uitgevoerd door middel van horizontaal gestuurde boringen (HDD's) en persingen.

Dit rapport betreft de kruising met de snelweg A16, de regionale compartimenteringskering in het beheer van waterschap Brabantse Delta en de Achterdijk. De kruising (met codering ZBH HDD1) is vergunningsplichtig bij Rijkswaterstaat met het ontwerp en berekeningen conform NEN 3650:2020, NEN 3651:2020, Richtlijn Boortechnieken en de keur van waterschap Brabantse Delta.

1.1 Situatie

De HDD's starten ten oosten van afrit 18 van de A16 in Zevenbergschen Hoek bij 150 kV hoogspanningsstation Zevenbergschen Hoek (zie figuur 1). Het tracé bestaat uit twee 150kV-circuits, waardoor twee afzonderlijke parallelle HDD-bundels moeten worden gemaakt. Eén bundel bestaat uit 4 mantelbuizen PE100 Ø315 mm SDR 11. In drie van de mantelbuizen wordt een hoogspanningskabel ingetrokken en één mantelbuis is beschikbaar als reserve.

De twee HDD's liggen naast elkaar, met een dagmaat van 5 meter tussen de boorgaten. De HDD's hebben een lengte van 358 m en een maximale diepte van circa NAP -25,0 m (hart van de boring). De twee HDD's kruisen van west naar oost: afrit 18 van Rijksweg A16, twee bovengrondse hoogspanningsverbindingen, Rijksweg A16, de oprit naar de A16, een regionale waterkering in het beheer van waterschap Brabantse Delta en de Achterdijk. Verder kruist het tracé verschillende kabels en leidingen, waaronder vier waterleidingen. Het tracé ligt tussen twee hoogspanningsmasten, te weten ZBH-MDK 150 kV mast 40A en GT-KRK 380 kV mast 33.



Figuur 1 Overzicht situatie ZBH HDD1

1.2 Leeswijzer

Hoofdstuk 2 bevat de uitgangspunten, hoofdstuk 3 het ontwerp en de berekeningen, hoofdstuk 4 bevat de berekeningsresultaten, hoofdstuk 5 de risico's en aandachtspunten en hoofdstuk 6 de conclusies. Als bijlagen zijn toegevoegd de ontwerp-tekening, grondgegevens en de berekeningen.

2. Uitgangspunten

2.1 Gebruikte documenten

Bij het opstellen van de berekeningen is gebruik gemaakt van de volgende documenten:

- Ontwerptekening van ZBH HDD1, tekeningnummer ZBH HDD1 versie B, d.d. 28-04-2022 opgesteld door Sweco (bijlage 1).
- Geotechnisch onderzoek uit Dinoloket en GIS portal van Sweco (bijlage 2).
- Maaiveldhoogten zijn ontleend aan de Algemene Hoogtekaart van Nederland (AHN-3) en het 3D wegprofiel van Rijkswaterstaat.
- KLIC-levering 22O056318 opgevraagd d.d. 28-04-2022
- Legger waterkeringen waterschap Brabantse Delta, bekeken op 20-03-2022, website:
<https://wsbd.maps.arcgis.com/apps/webappviewer/index.html?id=fd76082880324620845b0001369d019a>
- Algemene regels van de Keur waterschap Brabantse Delta, 2020, hoofdstuk 16. Kabels en leiding in en nabij a-wateren en b-wateren.
- Tekeningen geluidsscherm HSL:
 - DOXZN-2018-00963, tekeningnummer B-2-5133-PR-20, As Built d.d. 30-07-2004 van Bouwcombinatie Brabant Noord;
 - DOXZN-2018-002169, tekeningnummer 0-2-DP-16-PL, As Built d.d. 14-05-2004 van Bouwcombinatie Brabant Noord.

2.2 Vigerende normen en richtlijnen

Het ontwerp van de boring voldoet aan:

- NEN 3650:2020;
- NEN 3651:2020;
- Keur en leggers van waterschap Brabantse Delta;
- Richtlijn boortechnieken juni 2019 v1.0 van Rijkswaterstaat;
- VELIN Richtlijn nr. 2017/6 Versie september 2019;
- Handboek Horizontaal Gestuurd Boren (BTL-rapport 50).

2.3 Minimale dagmaat tot bestaande en nieuwe boringen

- NEN 3650-1: 2020, bijlage F.4.3 stelt: De afstand (dagmaat) tussen een parallelleiding of -boring moet minimaal 5 m bedragen, tenzij wordt aangetoond dat een kleinere afstand toelaatbaar is.

- De minimale dagmaat tot bestaande en nieuwe boringen conform de Richtlijn Boortechneiken is:
 - o De minimale dagmaat bij een kruising met een bestaande HDD-boring is 5,0 meter, onafhankelijk van de grondslag;
 - o De minimale dagmaat in zandgrond bij parallelligging tot een bestaande HDD-boring is 5,0 meter;
 - o De minimale dagmaat in klei-/veengrond bij parallelligging tot een bestaande HDD-boring is 10,0 meter;
 - o Bij gelijktijdige uitvoering van meerdere HDD-boringen is het risico op schade minder groot omdat de ligging onderling beter bekend is en omdat kabels en leidingen nog niet in bedrijf zijn. In deze situatie kan de onderlinge dagmaat verkleind worden, zodanig dat stuurcorrecties onbelemmerd kunnen plaatsvinden. De vergunningaanvrager dient een afwijkende dagmaat te onderbouwen, waarbij aantoonbaar wordt gemaakt dat er geen risico ontstaat voor het rijkswaterstaatswerk.

De Richtlijn is specifiekier dan de NEN 3650, voor het ontwerp houden we daarom de Richtlijn Boortechneiken aan. De eerste NAP -17 m bestaat uit zand-, klei- en veenlagen, maar omdat de HDD's voor circa 70% in de pleistocene zandlaag liggen is een dagmaat van 5 m als uitgangswaarde genomen. De HDD's zullen daarnaast met een gyroscoop geboord worden, zodat de afwijkingen minimaal zijn.

2.4 Horizontale afstand tot overige objecten

In het ontwerp zijn de volgende afstanden gehanteerd:

- Voor de horizontale afstand van de HDD's hoogspanningsmastenroute van TenneT is aan maaiveld een afstand van minimaal 5 meter uit de teen van de mast gehanteerd. De funderingswijze van de mast 40A is bekend. De funderingspalen hebben een lengte van 19,5 m en een schoorstand van 4,06:1 (zie figuur 2). De gegevens voor mast 33 zijn niet bekend, aangenomen is dat het ontwerp gelijk zijn aan het ontwerp van mast 40A
 - o De dagmaat afstand op het maaiveld tussen de boring en de teen van mast ZBH-MDK-150-40A bedraagt 11,53 m. De HDD's liggen hier 12,90 m -mv. Rekening houdend met een schoring van 4:1 houden de HDD's een horizontale dagmaat van 5,00 m ten opzichte van de paalfundering. De dichtstbijzijnde HDD ligt hier circa 24,5 m -mv. De HDD's houden hier dus een verticale dagmaat van 5,0 m ten opzichte van de paalfundering. De dagmaat tussen de palen en de bovenste HDD bedraagt daarmee circa 7,0 m. Dit voldoet aan de eisen;
 - o De dagmaat afstand op het maaiveld tussen de boring en de teen van mast GT-KRK-380-33 bedraagt 11,58 m. De HDD's liggen hier 12,90 m -mv. Rekening houdend met een schoring van 4:1 houden de HDD's een dagmaat afstand van 5,05 m ten opzichte van de paalfundering. De dichtstbijzijnde HDD ligt hier circa 24,5 m -mv. De HDD's houden hier dus een verticale dagmaat van 5,0 m ten opzichte van de paalfundering. De dagmaat tussen de palen en de bovenste HDD bedraagt daarmee circa 7,0 m. Dit voldoet aan de eisen.

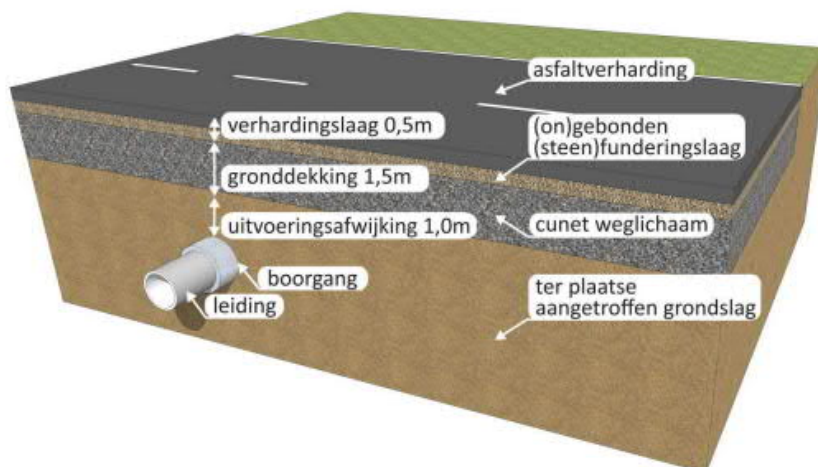
Paaldiameter: Ø406x8		Paalsoort: Puntpalen		N.B. maat \varnothing 7000 op 800 +MV							
Mastnummer:	Masttype:	Paallengte: (in m)	A (in mm)	A $\sqrt{2}$ (in mm)	B (in mm)	B $\sqrt{2}$ (in mm)	Schoorstand:	Paalkophoogte: (in mm t.o.v. mv)	Lengte betonvulling: (in m)	Hoeveelheid beton (in m3) per mast	
40a	S+0	19,5	7070	9998	7279	10294	4,06:1	600	1,7	0,81	
Paaldiameter: Ø609x8		Paalsoort: injectie		N.B. maat \varnothing 8000 op 800 +MV							
Mastnummer:	Masttype:	Paallengte: (in m)	A (in mm)	A $\sqrt{2}$ (in mm)	B (in mm)	B $\sqrt{2}$ (in mm)	Schoorstand:	Paalkophoogte: (in mm t.o.v. mv)	Lengte betonvulling: (in m)	Hoeveelheid beton (in m3) per mast	
38a	E+4	20	8096	11449	8384	11856	2,95:1	600	2	2,21	
39a	E+4	20	8096	11449	8384	11856	2,95:1	600	2	2,21	
41a	E+4	19	8096	11449	8384	11856	2,95:1	600	2	2,21	

Figuur 2 Informatie fundering 150 kV-lijn Geertruidenberg-Moerdijk

2.5 Diepteligging

De diepteligging dient aan de volgende eisen te voldoen:

- De HDD's dienen de kruin van de regionale waterkering te passeren met een dekking van minimaal 10 m en de teen met een dekking van minimaal 3,0 m (NEN 3551:2020 paragraaf 9.6.2).
 - De kruinhoogte van de regionale waterkering in het beheer van waterschap Brabantse Delta is circa NAP +2 m. De HDD's kruisen de regionale waterkering met een minimale afstand van 23,8 m.
- De HDD's dienen een minimale gronddekking te hebben ter plaatse van de verharding van 3 meter (in cohesieve grond) tussen de bovenkant verharding en de bovenkant boorgat (verhardingslaag 0,5 m + gronddekking 1,5 m + uitvoeringsafwijking 1,0 m) (zie figuur 3) (Richtlijn Boortechnieken 2019, paragraaf 2.4.1).
 - De op- en afrit van Rijksweg A16 en de Rijksweg A16 liggen op een minimale afstand van 12,4 m ten opzichte van de HDD's. Dit voldoet aan de eisen.
- De HDD's dienen een dagmaat van 5 meter afstand te hebben bij parallelligging tot of kruising met een bestaande HDD-boring (op basis van de Richtlijn Boortechnieken, zie paragraaf 2.3).
 - Het tracé kruist vier waterleidingen. De afstand tussen de HDD's en de waterleidingen is minimaal 10 m. De HDD's houden voldoende afstand.



Figuur 3 Schematische weergave gronddekking HDD boringen onder wegen (Richtlijn Boortechnieken, 2019)

2.6 Inwendige overdruk

Het betreft mantelbuizen. Er is dus niet gerekend met inwendige overdruk.

2.7 Grondwaterstand

Uit de BRO Grondwaterspiegeldiepte 2021 van DINOloket komt een minimale grondwaterstand van 0,95 m -mv. Voor deze rapportage nemen wij daarom een gemiddelde grondwaterstand aan van 0,95 m -mv.

2.8 Belasting- en ondersteuningshoek

Conform NEN3650-1:2020 paragraaf C.4.1.3 bedraagt voor een HDD de:

- belastingfactor voor trekkracht : 1,8;
- belastinghoek : 30°;
- ondersteuningshoek : 30°.

2.9 Importantiefactor

Voor de HDD is conform paragraaf 6.5 van NEN 3651 een importantiefactor van 1,0 gehanteerd.

2.10 Geotechnische parameters

De gebruikte geotechnische gegevens en parameters zijn gebaseerd op grondonderzoek uit Dinoloket en uit de Sweco-database met historisch grondonderzoek. De ID-nummers, dieptes en de afstanden tot het boortracé van de gebruikte boringen en sonderingen staan in tabel 2-1. De volledige boringen en sonderingen staan in bijlage 2 van deze rapportage. Op basis van dit grondonderzoek heeft Sweco een maatgevend bodemprofiel langs het geplande boortracé opgesteld. Dit bodemprofiel is gecontroleerd met behulp van het 3-D ondergrondmodel GeoTOP. Dit is een model van de grondlagen in de Nederlandse ondiepe ondergrond, opgesteld door de Geologische Dienst Nederland, onderdeel van TNO.

Tabel 2-1 Overzicht van het gebruikte grondonderzoek

ID-nummer	Type	Diepte [NAP m]	Afstand tot boortracé [m]
1114-S4	Sondering	-40	40
1114-S3	Sondering	-40	40
1114-S2	Sondering	-40	40
1114-S1	Sondering	-40	40
1114-S7	Sondering	-40	20
1115-S2	Sondering	-23	80
1115-S3	Sondering	-23	80
1115-S4	Sondering	-23	80
1115-S5	Sondering	-23	80

1115-S6	Sondering	-23	80
1115-S1	Sondering	-23	80
CPT22208	Sondering	-15	60
CPT22252	Sondering	-14	80
CPT22209	Sondering	-14	40
CPT22210	Sondering	-15	20

Uit het grondonderzoek blijkt dat de bovenkant van de vaste zandlaag zich bevindt op circa NAP -17,0 m in het geplande boortracé. Boven de zandlaag bestaat de grond uit wisselende zand-, klei- en veenlagen, zoals geobserveerd in de sonderingen. Vooral aan het zuidelijke uiteinde van het geplande boortracé bevinden zich meerdere sonderingen op korte afstand (op 20 à 40 m) van de boorlijn. Vanaf het middelpunt tot het noordpunt van de boorlijn zijn ook meerdere sonderingen beschikbaar, maar op relatief grotere afstand (grootweg 80 m). Deze twee groepen sonderingen laten zien dat de dieptes van de gevonden grondlagen enigszins variëren. Omdat voor een groot deel van het geplande boortracé de sonderingen ver van de boorlijn af liggen, kan het verloop in diepte van deze grondlagen dus met het beschikbare grondonderzoek niet met zekerheid vastgesteld worden. Hieruit concluderen we dat aanvullend grondonderzoek noodzakelijk is om een grondprofiel met grotere nauwkeurigheid vast te stellen.

Tabel 2-2 laat de in de berekeningen aangehouden grondparameters voor de in het grondonderzoek herkende grondlagen langs de noordkant van het profiel zien. Tabel 2-3 laat de in de berekeningen aangehouden grondparameters voor de in het grondonderzoek herkende grondlagen langs de zuidkant van het profiel zien. De grondparameters zijn opgesteld op basis van kennis en ervaring van de Nederlandse ondergrond en tabel 2b van NEN 9997-1+C2-2017. De stijfheidsmodulus E en ongedraineerde schuifsterkte S_u zijn gecorrigeerd met de conusweerstand conform CUR2003-7 (2003) en CUR162 (1992).

Tabel 2-2 Grondparameters gebruikt in de berekening langs de noordzijde van het profiel gebaseerd op sonderingen 1115-S1, 1115-S6, 1115-S5, 1115-S4, 1115-S3, 1115-S2, CPT22252 en CPT22210

Niveau bovenkant [m t.o.v. NAP]	Niveau onderkant [m t.o.v. NAP]	Lithologie	γ_d [kN/m ³]	γ_n [kN/m ³]	c' [kPa]	ϕ' [°]	S_u top/bottom [kN/m ²]	E [kN/m ²]
0,1	-2,7	Zand; sterk siltig; kleiig	18	20	0,0	30,0	0,0	10000
-2,7	-3,9	Klei; sterk zandig	18	18	0,5	27,5	30,0	2000
-3,9	-4,6	Veen; slap	11	11	1,5	15,0	15,0	200
-4,6	-13,0	Zand; schoon; matig	18	20	0,0	32,5	0,0	30000
-13,0	-18,0	Klei; zwak zandig; matig	18	18	5,0	22,5	80,0	3000

-18,0	-30,0	Zand; schoon; vast	19	21	0,0	35,0	0,0	90000
-------	-------	-----------------------	----	----	-----	------	-----	-------

Tabel 2-3 Grondparameters gebruikt in de berekening langs de zuidzijde van het profiel gebaseerd op sonderingen 1114-S7, 1114-S1, 1114-S2, 1114-S3, 1114-S4, CPT22208 en CPT22209

Niveau bovenkant [m t.o.v. NAP]	Niveau onderkant [m t.o.v. NAP]	Lithologie	γ_d [kN/m ³]	γ_n [kN/m ³]	c' [kPa]	ϕ' [°]	S_u top/bottom [kN/m ²]	E [kN/m ²]
-0,2	-2,0	Zand; sterk siltig; kleiig	18	20	0,0	30,0	0,0	10000
-2,0	-3,0	Klei; sterk zandig	18	18	0,5	27,5	30,0	2000
-3,0	-4,0	Veen; slap	11	11	1,5	15,0	15,0	200
-4,0	-6,0	Zand; schoon; matig	18	20	0,0	32,5	0,0	30000
-6,0	-7,0	Klei; sterk zandig	18	18	0,5	27,5	30,0	2000
-7,0	-13,0	Zand; schoon; matig	18	20	0,0	32,5	0,0	30000
-13,0	-17,0	Klei; zwak zandig; matig	18	18	5,0	22,5	80,0	3000
-17,0	-30,0	Zand; schoon; vast	19	21	0,0	35,0	0,0	90000

2.11 Boortechnische gegevens

De boortechnische parameters voor het ontwerp en de muddrukberendingen zijn betrokken uit het Handboek Horizontaal Gestuurd Boren (BTL-rapport 50), NEN 3650:2020 en NEN 3651:2020. De voor de berekeningen gehanteerde waarden zijn terug te vinden in de invoer van de muddrukberendingen in bijlage 3.

2.12 Verkeersbelasting

Ter plaatse van de kruising met de op- en afrit van de A16 en de A16 zelf is verkeersklasse I gehanteerd conform figuur C17 uit NEN3650-1:2020. Voor de Achterdijk is verkeersklasse II gehanteerd.

2.13 Boogstralen

Het beleid van TenneT is dat HDD's met een gyroscoop geboord worden. De minimaal mogelijke boogstraal van een gyroscoop bedraagt volgens leverancier Brownline 180 m.

In dit ontwerp is sprake van een horizontale bocht en een verticale bocht met een boogstraal van 250 m. De boogstraal voldoet hiermee aan de minimaal vereiste straal van 180 m voor de gyroscoop.

Met de toepassing van een gyroscoop kan tijdens de pilotboring worden bijgestuurd om afwijkingen te compenseren. Het boren met gyroscoop zorgt er daarom voor dat de afwijkingstolerantie bij de uitvoering van de HDD's binnen de afwijkingstolerantie blijven zoals benoemd in de Richtlijn Boortechnieken.

RICHTING	MAXIMALE UITVOERINGS-AFWIJKING
Verticaal*	+1/-1 m
Horizontaal:	
- in lengterichting; t.p.v. uittredepunt	+5/-2 m
- in dwarsrichting; t.p.v. uittredepunt	+1/-1 m
- in dwarsrichting; tracé tussen in- en uittredepunt	+5/-5 m
Bochtstralen	< 10%

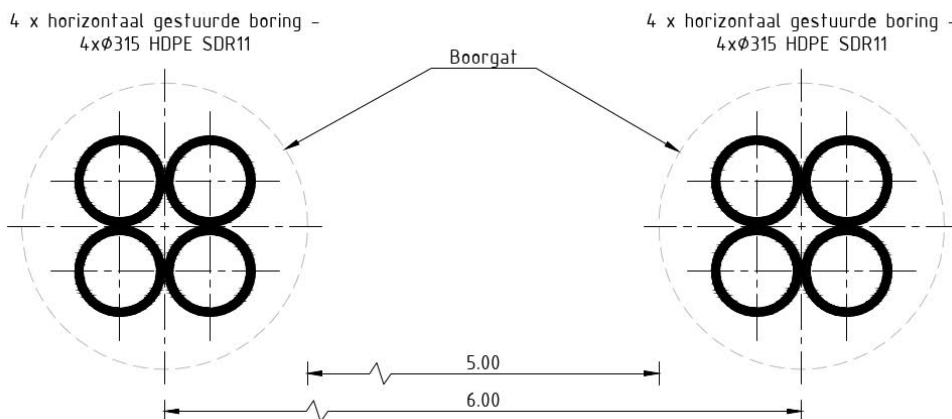
Figuur 4, afwijkingstoleranties HDD's (Bron: Richtlijn Boortechnieken)

3. Ontwerp

3.1 Gegevens HDD

Het ontwerp van de twee HDD's heeft de volgende kenmerkende parameters:

- materiaal: 4x PE100 Ø315 mm SDR 11;
- lengte: 358 m;
- maximale diepte hart buis: NAP -15,0 m;
- intredehoek: 18°;
- uittredehoek: 20°;
- verticale boogstralen: 250 m;
- horizontale boogstralen: 250 m;
- gecombineerde boogstralen: n.v.t.



Figuur 5 Doorsnede van de 2 HDD's

Aan de hand van NEN 3650 en NEN 3651 en de Richtlijn Boortechneik is een ontwerp gemaakt voor de HDD's. De voornaamste randvoorwaarden voor het ontwerp zijn:

- De HDD dient een zodanig tracé te volgen dat er voldoende dekking aanwezig is in het gehele tracé om een blow-out te voorkomen;
- De kruising van een HDD-boring met de rijksweg dient in principe loodrecht op de lengterichting van de rijksweg uitgevoerd te worden. Deze boring is niet loodrecht en hiervoor dient toestemming te worden verkregen van Rijkswaterstaat. TenneT heeft het tracé op voorhand met Rijkswaterstaat besproken en afgestemd dat deze afwijking acceptabel is.

- De sterkte van de leiding dient zodanig te zijn dat deze intact blijft gedurende de aanleg en in de bedrijfsfase;
- De afstandseisen zoals benoemd in paragraaf 2.3, 2,4 en 2,5. In het bijzonder de afstanden tot de fundering van de hoogspanningsmasten en de waterleidingen. Van beide is niet alle informatie over de diepteligging bekend;
- Langs de afrit van de A16 staat een geluidsscherm. Dit geluidsscherm is gefundeerd met een keerwandconstructie die de voet op circa NAP -1,0 m heeft liggen.

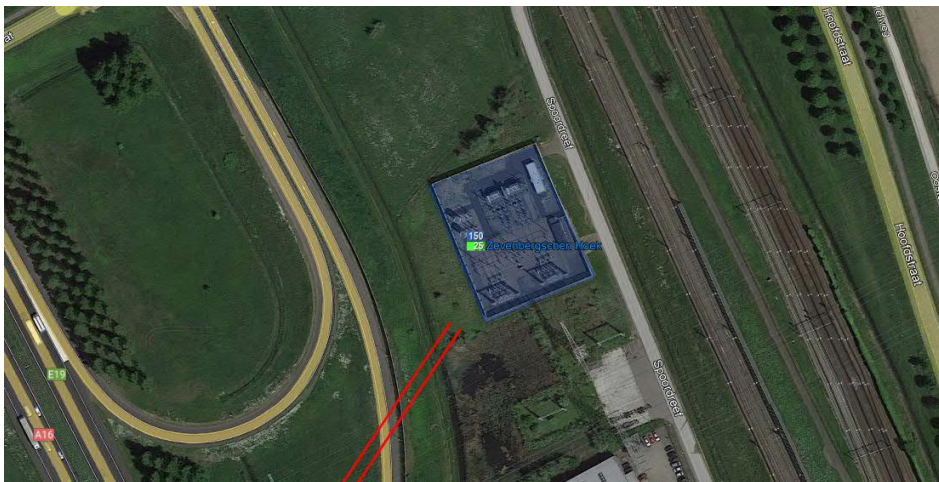
3.2 Boorparameters

Bij de berekeningen zijn de volgende boorparameters aangehouden:

- boorinstallatie : maxi-rig 80 ton;
- diameter boorstang : 0,17 m;
- volumegewicht bentoniet : 11,5 kN/m³;
- diameter pilothole : Ø300 mm;
- ruimgat : Ø500 mm;
- boorgat : Ø1000 mm.

3.3 Intredepunt

De HDD's starten ten oosten van afrit 18 van de A16 bij het 150 kV station Zevenbergschen Hoek (zie figuur 6). Het intredepunt is bereikbaar via de Spoordreef achterlangs het 150 kV-station. Aan de westzijde van het 150 kV station is een smalle strook beschikbaar als werkterrein. Mogelijk dient de watergang tijdelijk gedempt te worden om muduitbraak te voorkomen en het werkterrein te vergroten.



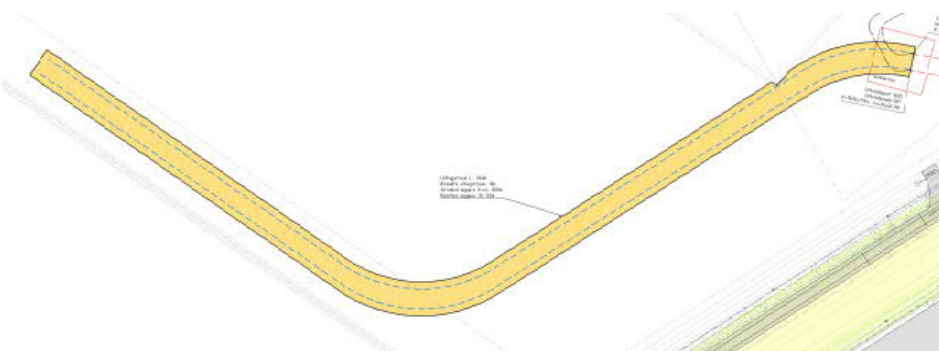
Figuur 6 Intredepunt ZBH HDD1

3.4 Uittredepunt en uitlegstrook

Het uittredepunt ligt aan de zuidzijde van het tracé in het bouwland bereikbaar via de Achterdijk (zie figuur 7). De uitlegstrook ligt in eerste instantie parallel aan de Achterdijk en buigt af langs de watergang (zie figuur 8).



Figuur 7 Uittredepunt ZBH HDD1



Figuur 8 Uitlegstrook ZBH HDD1

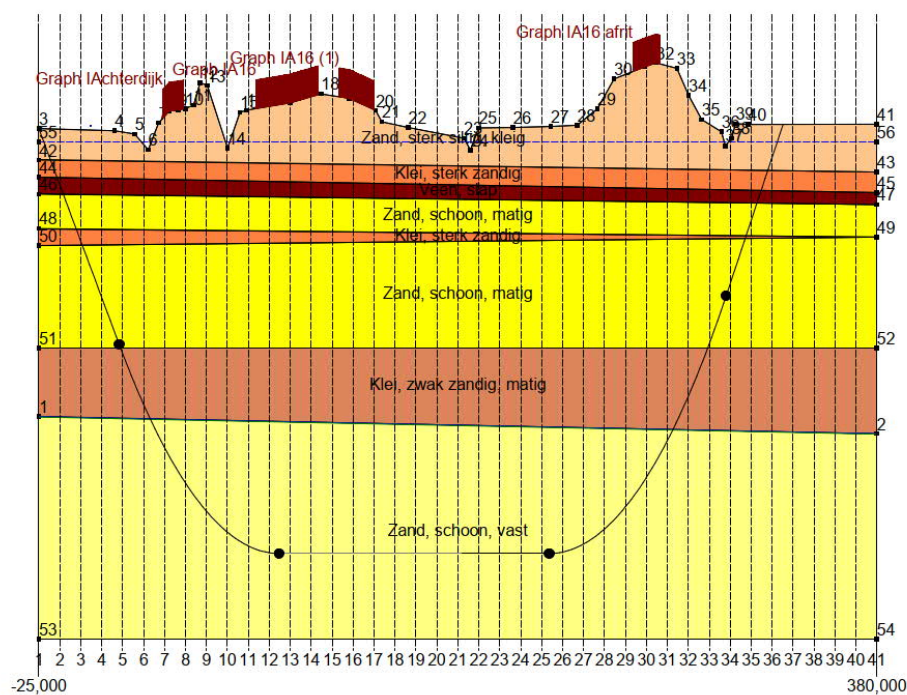
4. Berekeningsresultaten

De volgende berekeningen zijn voor de horizontaal gestuurde boring uitgevoerd:

- een trekkrachtberekening;
- een sterkteberekening voor de bedrijfsfase;
- een muddrukberekening;
- een implosieberekening;
- een kwelwegbeschouwing.

Er is één berekening, dus maar één profiel, opgesteld voor beide HDD's. Uitgangspunt is dat de verschillen tussen de profielen van de twee HDD's verwaarloosbaar klein zijn.

De berekeningen zijn uitgevoerd met het rekenprogramma D-Geo Pipeline versie 20.1 en zijn toegevoegd als bijlage 3. In dit hoofdstuk zijn de resultaten van de berekeningen weergegeven.



Figuur 9 D-Geo Pipeline-model van HDD's ZBH HDD1

4.1 Trekkkrachtberekening

De berekende maximale trekkracht bedraagt $280 \cdot 1,8 = 504$ kN bij volledig met water gevulde leidingen. Dit leidt tot een maximale spanning tijdens de intrekfase van $5,43$ N/mm² aan het einde van de intrekoperatie. Toelaatbaar is 10 N/mm².

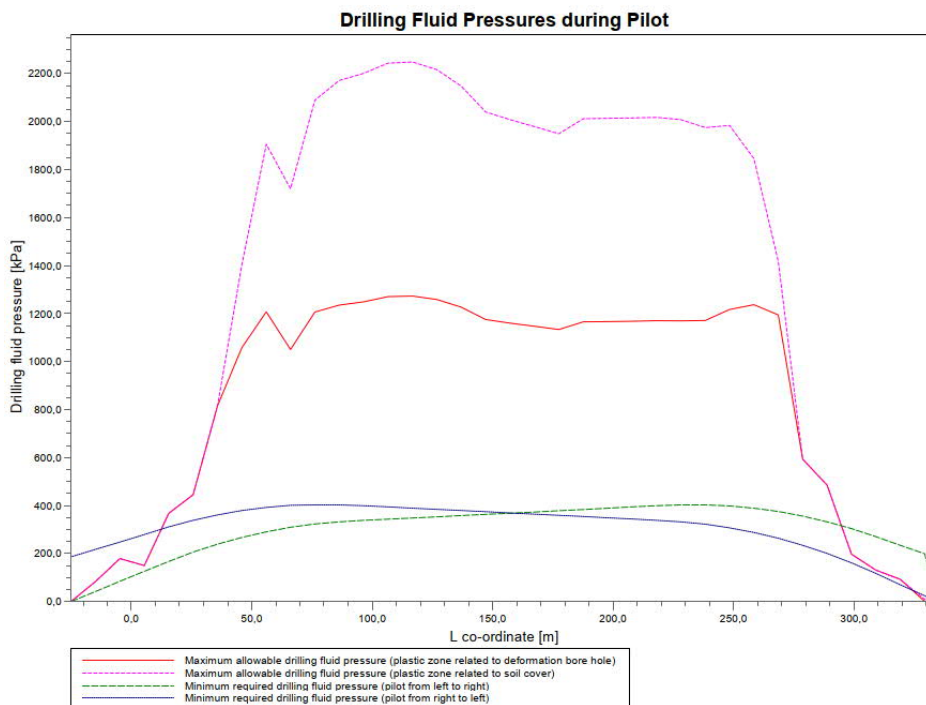
4.2 Sterkteberekening bedrijfsfase

Voor de mantelbuizen is een sterkteberekening in de bedrijfsfase gemaakt. Hieruit volgt een maximaal optredende spanning van $7,01$ N/mm². Toelaatbaar is 8 N/mm² waarbij is uitgegaan van PE 100 SDR 11.

Uit de sterkteberekening blijkt dat een deflectie van $14,1$ mm ($4,49\% \times D_0$) optreedt. Toelaatbaar is een maximale deflectie van $25,2$ mm (8%).

4.3 Muddrukberkening

Bij de geplande diepteligging van de HDD's bestaat tijdens de pilotboring, getuige de berekeningsresultaten, de kans op muduitbraak in de laatste 30 m van het tracé. Geadviseerd wordt bij nadering van het uittredepunt, bij met name de voor muduitbraak maatgevende pilotboring, de druk op de boorspoeling te verminderen. Ook bij het intredepunt bestaat de kans op muduitbraak. Wij adviseren daar de watergang tijdelijk te dempen. Bij het ruimen en de intrekoperatie wordt geen blow-out berekend.



Figuur 10 Muddrukberkening tijdens pilot fase

4.4 Implosie

Zowel tijdens de intrekooperatie als de bedrijfstoestand blijkt uit de berekeningen dat geen implosie optreedt. De berekende alzijdige overdruk op lege leiding bedraagt circa 241 kN/m², terwijl 280 kN/m² toelaatbaar is.

4.5 Kwelweg

Langs een HDD kan op twee wijzen kwel ontstaan. Ten eerste kan kwel ontstaan indien sprake is van overspannen water in de diepere grondlagen. In dat geval is de stijghoogte in het diepere watervoerende pakket hoger dan de freatische waterstand. Ten tweede kan kwel ontstaan indien een HDD twee verschillende peilgebieden verbindt. Hierdoor kan een kortsluitstroom langs de HDD ontstaan. In onderstaande paragraaf zijn beide situaties beschouwd.

4.5.1 Kwel uit het eerste watervoerende pakket

In het gebied zijn in DINOloket geen representatieve peilbuisgegevens te vinden van de diepere grondlagen. Op basis van het geotechnisch profiel, is kwel uit de diepere grondlagen niet uit te sluiten. Om te bepalen of kwelmaatregelen nodig zijn, adviseren wij om nabij het tracé een peilbuis te plaatsen in het eerste watervoerende en freatische pakket en te bemeten.

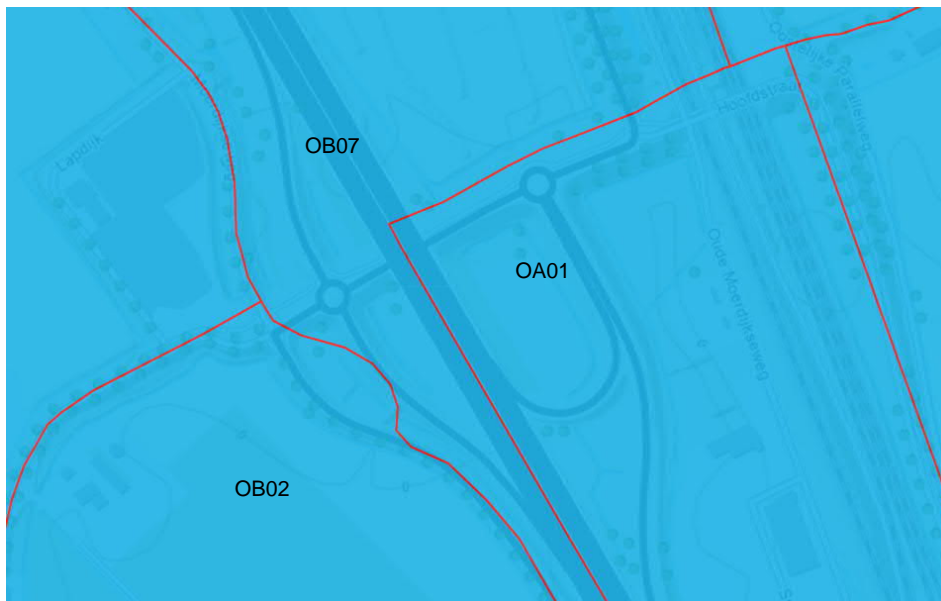
4.5.2 Kwel tussen de peilgebieden

Het intredepunt ligt in een ander peilbesluit dan het uittredepunt. Het intredepunt ligt in het peilgebied Oudland van Zevenbergen en het uittredepunt ligt in het peilgebied Arenberg-Schenkeldijkse polder.

Gezien de waterstandsverschillen tussen de peilgebieden is het mogelijk dat kwel optreedt bij een verkorting van de natuurlijke kwelweg door de HDD.

Tabel 4-1 Peilgebieden en peilbesluiten waterschap Brabantse Delta

Peilgebied	Zomerpeil (m NAP)	Winterpeil (m NAP)
OA01 – Oudland van Zevenbergen	- 1.2	-0.85
OB07 – Klaverpolder Ketelpolder	- 1.8	-2.2
OB02 – Arenberg-schenkeldijkse polder	- 1.25	-1.6



Figuur 11 Peilgebieden bij ZBH HDD1

De kwelwegen zijn berekend volgens Bligh-Lane:

Natuurlijke kwelweg < kwelweg via HDD

$$L_0 \times \frac{1}{3} < L_{vert} + L_{hor} \times \frac{1}{6}$$

Waarin:

- L₀: kortste natuurlijke kwelweg
- L_{vert}: kwelweg in verticale richting
- L_{hor}: kwelweg in horizontale richting (< 45°)

De factoren 1/3 en 1/6 zijn weegfactoren conform Bligh-Lane voor stroming langs een contactvlak van twee grondlagen, respectievelijk het contactvlak tussen grond en boorgang.

In tabel 4-2 zijn de kortste natuurlijke kwelwegen en kortste kwelwegen langs de HDD weergegeven. Voor de kortste natuurlijke kwelweg is de minimale afstand tussen twee watergangen uit een peilgebied gehanteerd die door de HDD gekruist wordt. Hieruit blijkt dat kwel tussen de peilgebieden via de HDD's niet op kan treden.

Tabel 4-2 Berekening van de kortste kwelwegen			
Van peilgebied	Naar peilgebied	Kortste natuurlijke kwelweg [m]	Kortste kwelweg via HDD [m]
OA01	OB07	114/3= 38	7,5 + 114/6 + 24,5 = 51
OA01	OB02	114/3 = 38	7,5 + 230/6 + 22,5 = 68

4.5.3 Kwelmaatregelen

De HDD's kunnen in dit geval niet tot verkorting van de natuurlijke kwelweg leiden. Het is niet uit te sluiten dat de stijghoogte in het eerste watervoerende pakket op deze locatie hoger ligt dan de laagste gemiddelde grondwaterstand. Mogelijk sluiten de bovenliggende kleilagen het eerste watervoerende pakket af. Doordat de HDD's de afsluitende kleilagen doorkruisen bestaat het risico dat langs de boorgang van de HDD's kwel uit de diepere grondlagen ontstaat. Het is daarom noodzakelijk om een peilbuis te slaan nabij het tracé en te onderzoeken of kwel kan ontstaan in deze situatie.

5. Risico's en aandachtspunten

De aannemer dient met de volgende specifieke risico's en aandachtspunten rekening te houden:

- De kruisingen van de HDD's met de rijksweg en de waterkering zijn niet loodrecht en hiervoor dient toestemming te worden verkregen van Rijkswaterstaat en waterschap Brabantse Delta. TenneT heeft het tracé op voorhand met Rijkswaterstaat besproken en afgestemd dat deze afwijking acceptabel en noodzakelijk is;
- Het tijdelijk dempen van de watergang bij het intredepunt om muduitbraak te voorkomen;
- Werken nabij hoogspanningsmasten van TenneT met name bij het intredepunt naast 150 kV station Zevenbergschen Hoek;
- Werken in de beschermingszones van de waterkeringen van waterschap Brabantse Delta;
- Om de werkterreinen te betreden zullen bouwinritten nodig zijn en de aannemer dient de benodigde verkeersplannen met de gemeente te bespreken;
- Het boortracé kruist een geluidsscherm van de HSL in de vorm van een keerwandconstructie. De ontvangen tekeningen en de kwaliteit daarvan geven nog geen exact uitsluitsel over de funderingsdiepte. Bij de uitvoering dient de funderingsdiepte van deze keerwand gecontroleerd te worden door de aannemer;
- Het boortracé passeert mast 33 GT-KRK 380 kV. De exacte funderingsgegevens van deze mast zijn niet bekend en zijn daarom afgeleid van de naastgelegen mast 40A ZBH-MDK 150 kV, waar de gegevens wel van bekend zijn;
- Bij het passeren van de bestaande hoogspanningsmasten dient de stabiliteit van de masten gewaarborgd blijven. Dit kan gemitigeerd worden met geotechnische berekeningen van de plastische straal van de HDD's.
- Het boortracé kruist vijf hoofdwaterleidingen, waarvan er twee buiten gebruik zijn. Van één leiding is geen diepte bekend. Met de beheerders (Brabant Water en DNWG) dient afgestemd te worden over het kruisen van deze leidingen;
- Spiegellassen aanbrengen conform NEN7200;
- Bij het spiegellassen van de leidingdelen dienen alle inwendige lasrillen verwijderd te worden; in overleg met de toezichthouder moeten de verwijderde lasrillen aangetoond kunnen worden;
- TenneT schrijft het gebruik van een gyroscoop als plaatsbepalingssysteem tijdens de pilotboring voor;
- Afwijking van de boorlijn heeft consequenties voor de daarna volgende HDD. De aannemer dient daarom na de pilotboring te controleren of de volgende HDD nog aangepast moeten worden. Ook dient de aannemer

rekening te houden met de volgorde van uitvoeren in verband met afstanden tot obstakels, zoals mastfunderingen. Indien blijkt dat de HDD's niet naast elkaar passen, kan de keuze gemaakt worden om de HDD's onder elkaar te leggen.

6. Conclusie

6.1 Algemeen

TenneT is voornemens om delen van de bovengrondse 150 kV-verbindingen binnen het projectgebied van Zuidwest-Oost ondergronds te verkabelen.

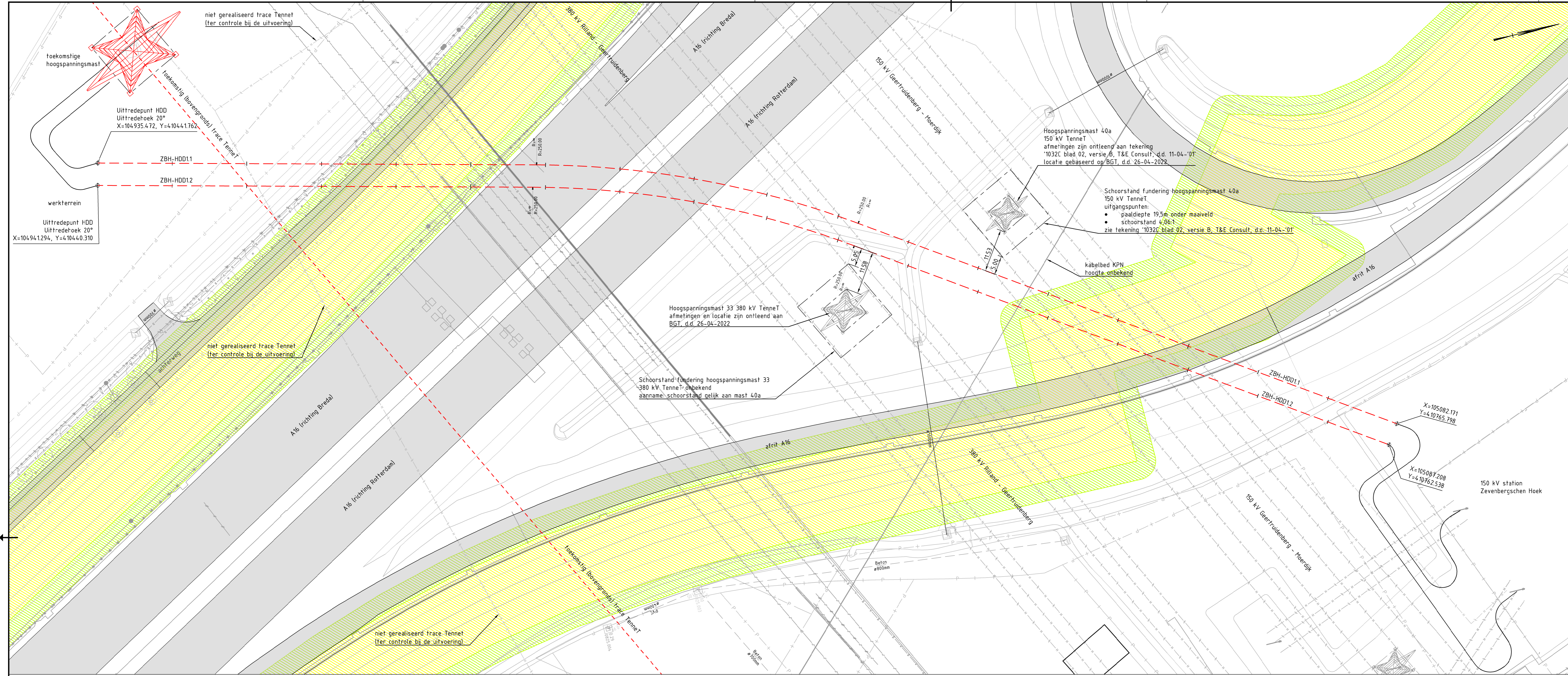
Dit rapport betreft de kruising met de snelweg A16 en de regionale waterkering in beheer bij waterschap Brabantse Delta. De kruising (met codering ZBH HDD1) is vergunningsplichtig bij Rijkswaterstaat en waterschap Brabantse Delta, waarbij het ontwerp en berekeningen moeten zijn uitgevoerd conform NEN 3650:2020, NEN 3651:2020, de Richtlijn Boortechnieken en de Keur van waterschap Brabantse Delta.

6.2 Uitkomsten ontwerp en berekening

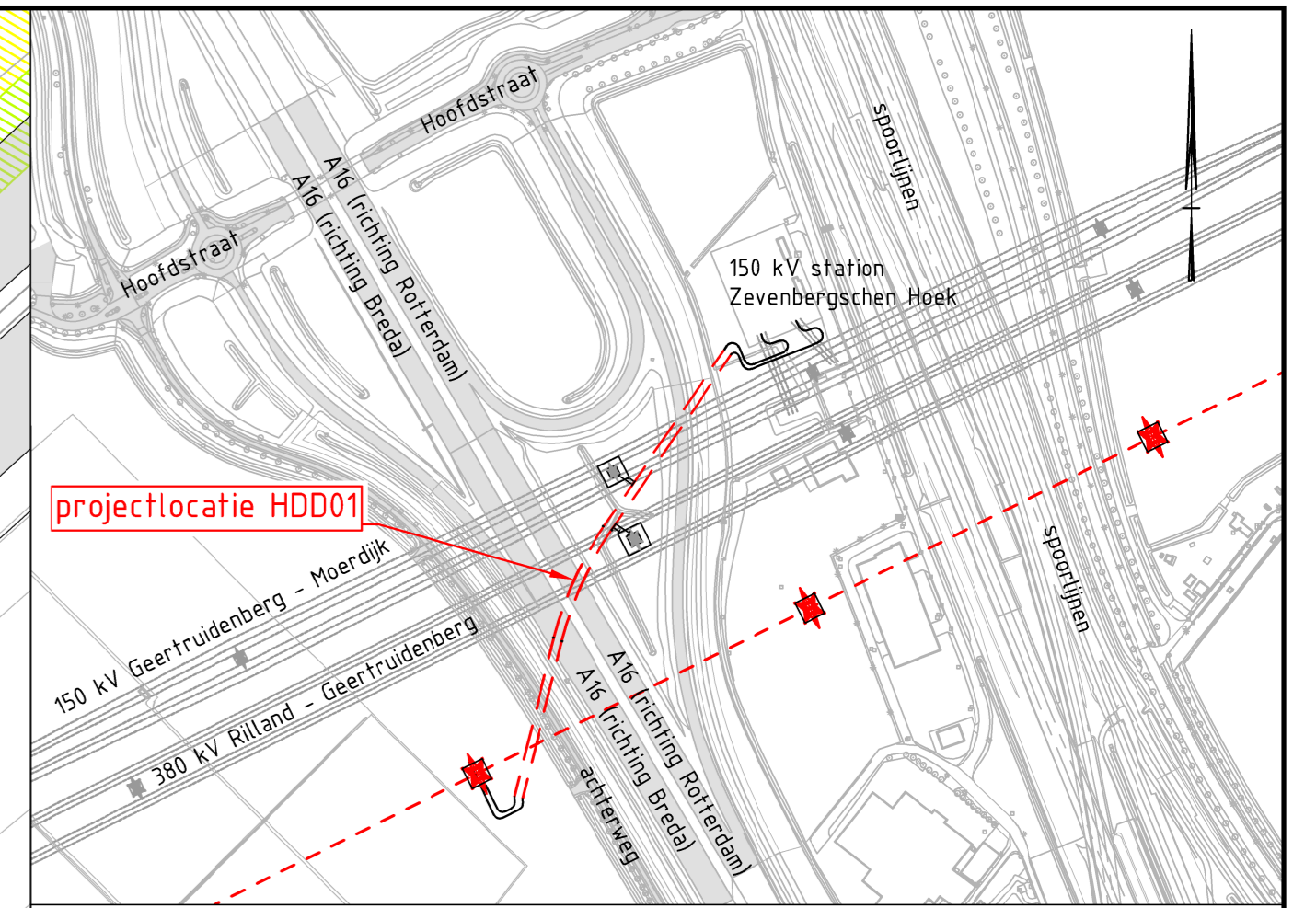
De HDD's, weergegeven op de tekeningen die zijn bijgevoegd als bijlage 1, zijn ontworpen en berekend volgens de vigerende eisen.

Uit de berekeningen, bijgevoegd als bijlage 3, blijkt dat de tracés van de twee parallelle HDD's met 4x PE100 Ø315 mm SDR 11 voldoen aan de eisen.

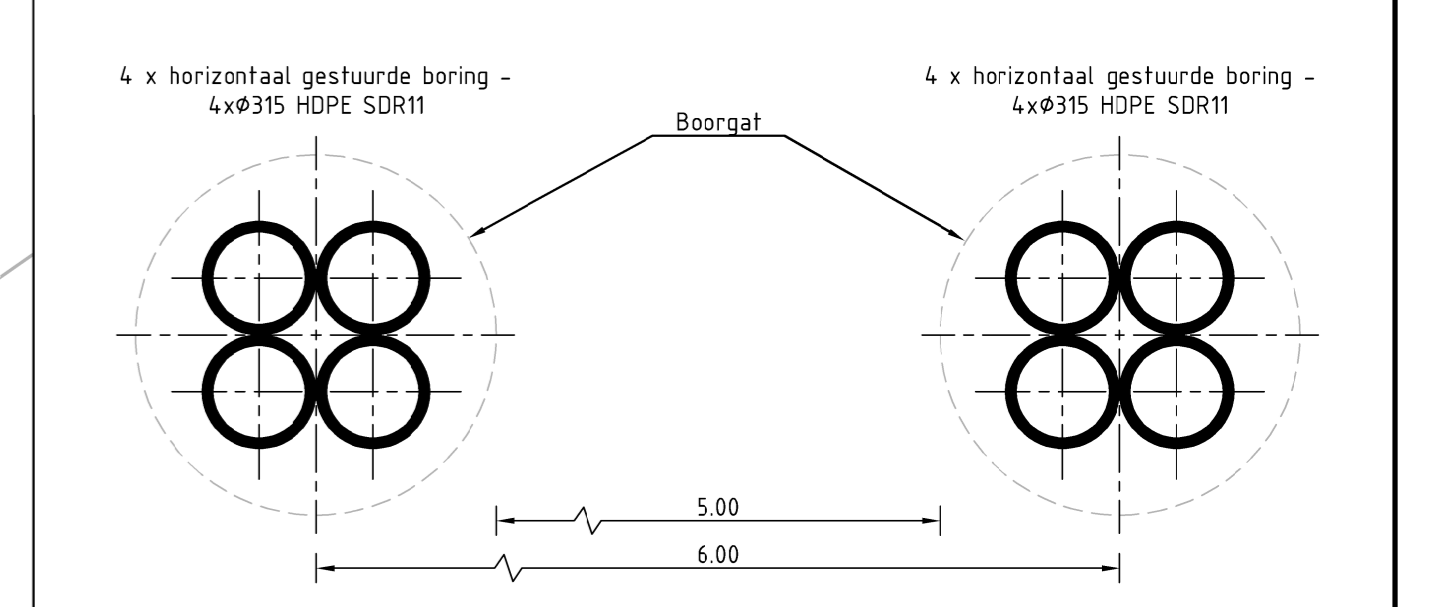
Bijlage 1 – Ontwerptekening



Bovenaanzicht schaal 1:500



Overzicht
Schaal 1:5.000



Principeddoorsnede
Schaal 1:20

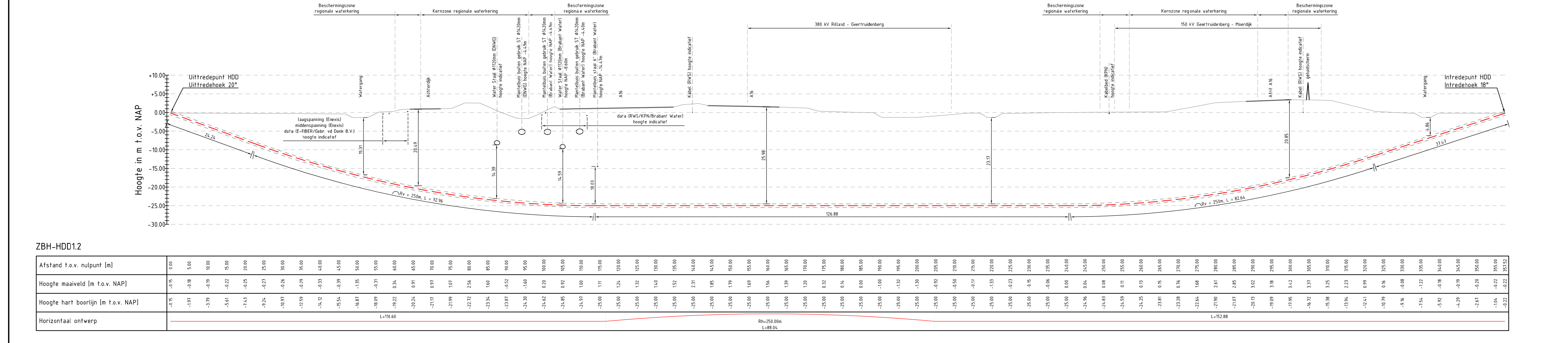
Legenda

	Kadastrale grens
	Leiding gevaarlijke inhoud
	Datatransport
	Landelijk hoogspanningsnet
	Laagspanning
	Gasleiding hoge druk
	Gasleiding lage druk
	Waterleiding
	Drukriolering
	Piolering vrijverval
	Horizontaal gestuurde boring (HDD)
	Boorprofiel met boorgang
	Verharding (asfalt)
	Bestaande topo
	Verharding/wegen
	Kernzone regionale waterkering (bron: legger Waterschap Brabantse Delta)
	Beschermingszone regionale waterkering (bron: legger Waterschap Brabantse Delta)

Vergunningstekening

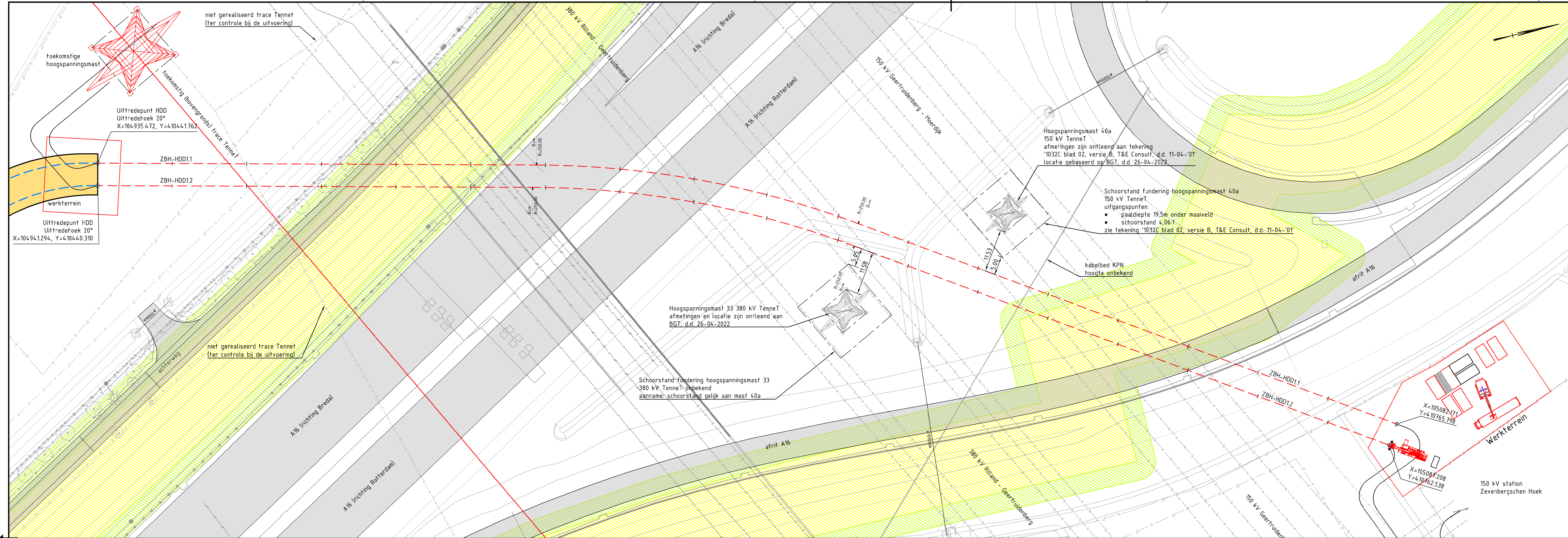
Maten in meters, tenzij anders aangegeven Hoogtematen in meters t.o.v. NAP					
D	C				
B	T.b.v. Vergunningaanvraag	24-04-2022	BB	MJ	JD
A	Eerste uitgave	17-01-2020	BB	MJ	JD
Rev	Omschrijving	Datum rev.	Get.	Get.	Goedg.

TenneT TSO B.V.							
Zuidwest-Oost HDD's 150kV							
Project							
ZBH-HDD1							
Zevenbergschenhoek - A16							
Projectnummer	Tekeningnummer	Versie	Datum van uitgave	Ontwerpfase	Contractnummer		
51001237	ZBH-HDD1	B	28-04-2022	BO			
Bld	Van	Schaal	Kaartoor	Get.	Get.	Goedg.	
1	2	1:500	A1-L (594x1050 mm)	De Bilt	BB	MJ	JD

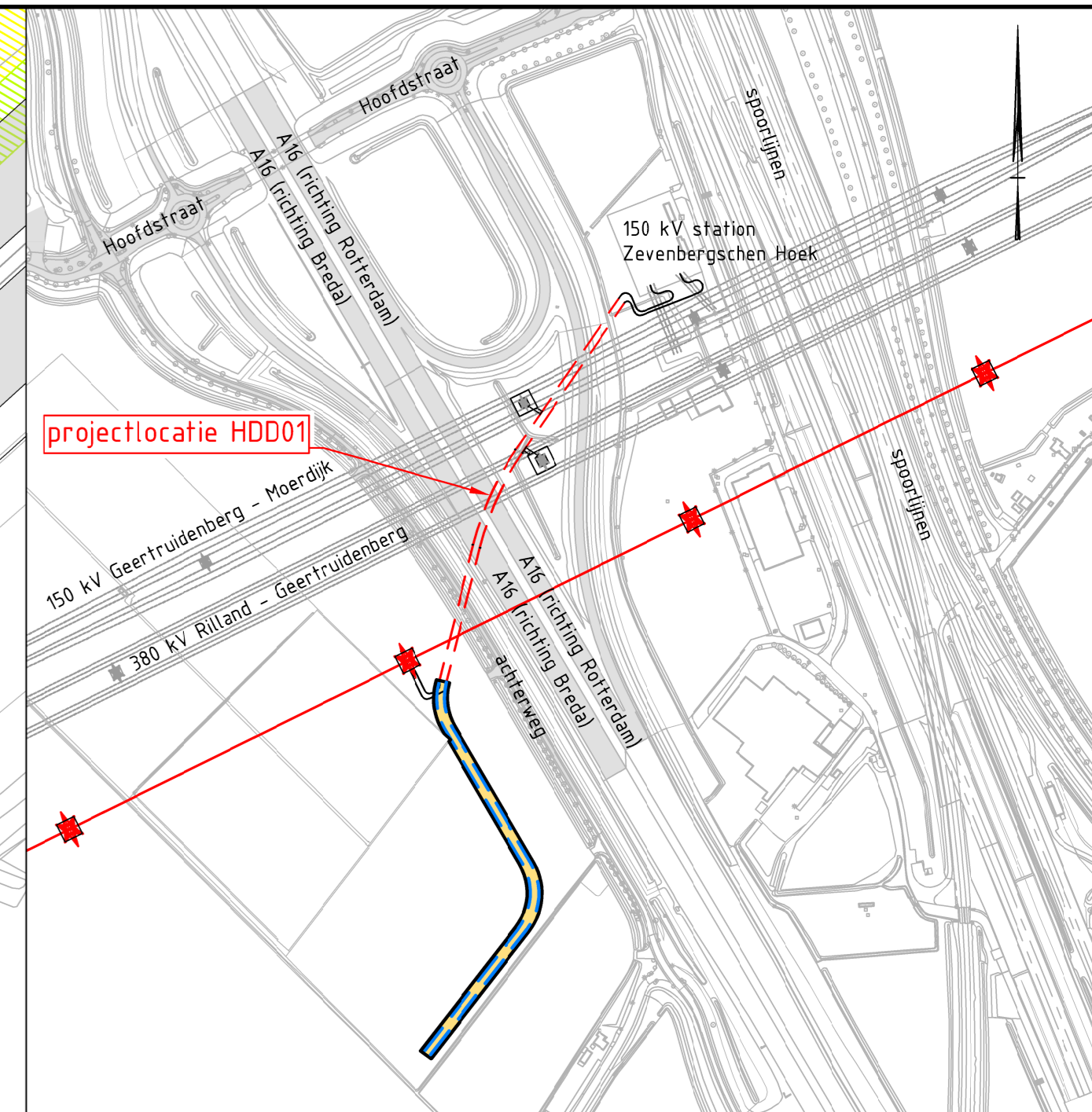


lengteprofiel schaal 1:500

ZBH-HDD12	
Afstand t.o.v. nulpunt [m]	0,00
Hoogte maaienveld [m t.o.v. NAP]	-1,97
Hoogte hart boortlijn [m t.o.v. NAP]	-1,97
Horizontaal ontwerp	L=192.60



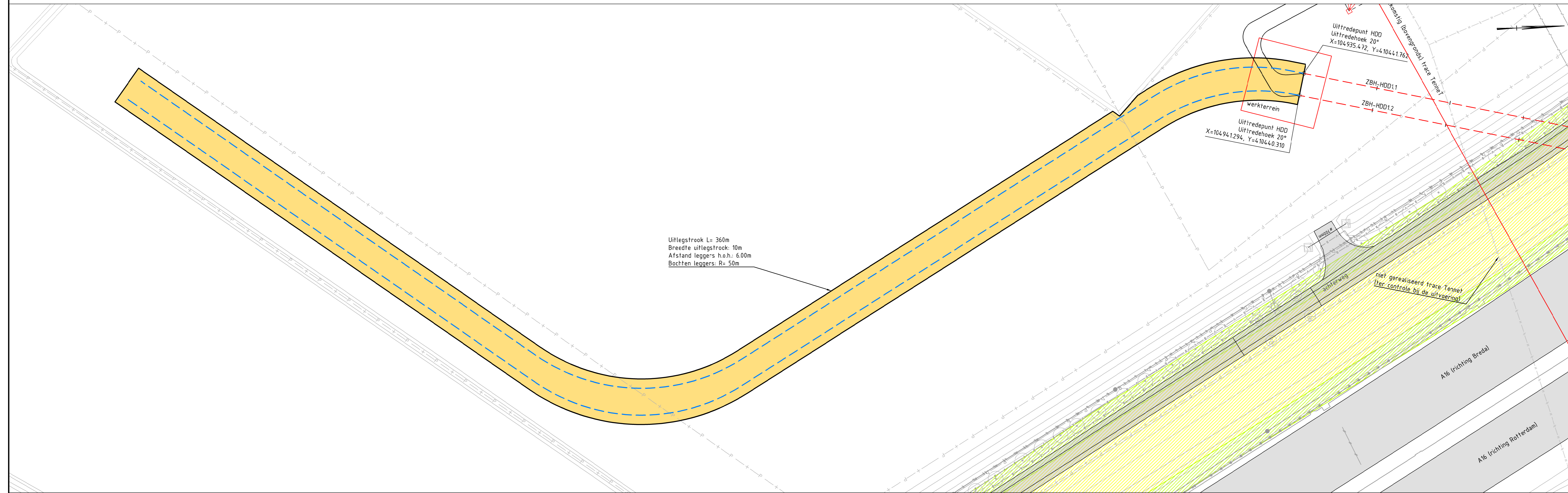
Bovenaanzicht boring schaal 1:500



Overzicht
Schaal 1:5.000

Legenda

- Kadastrale grens
- Leiding gevaarlijke inhoud
- Datatransport
- Landelijk hoogspanningsnet
- Laagspanning
- Middenspanning
- Gasleiding hoge druk
- Gasleiding lage druk
- Waterleiding
- Drukriolering
- Riolering vrijverval
- Horizontaal gestuurde boring (HDD)
- Verharding (asfalt)
- Bestaande topo
- Verharding/wegen
- Kernzone regionale waterkering (bron: legger Waterschap Brabantse Del'ta)
- Beschermingszone regionale waterkering (bron: legger Waterschap Brabantse Del'ta)



Bovenaanzicht uitlegstrook schaal 1:500

Vergunningstekening

Maten in meters, tenzij anders aangegeven
Hoogtematen in meters t.o.v. NAP

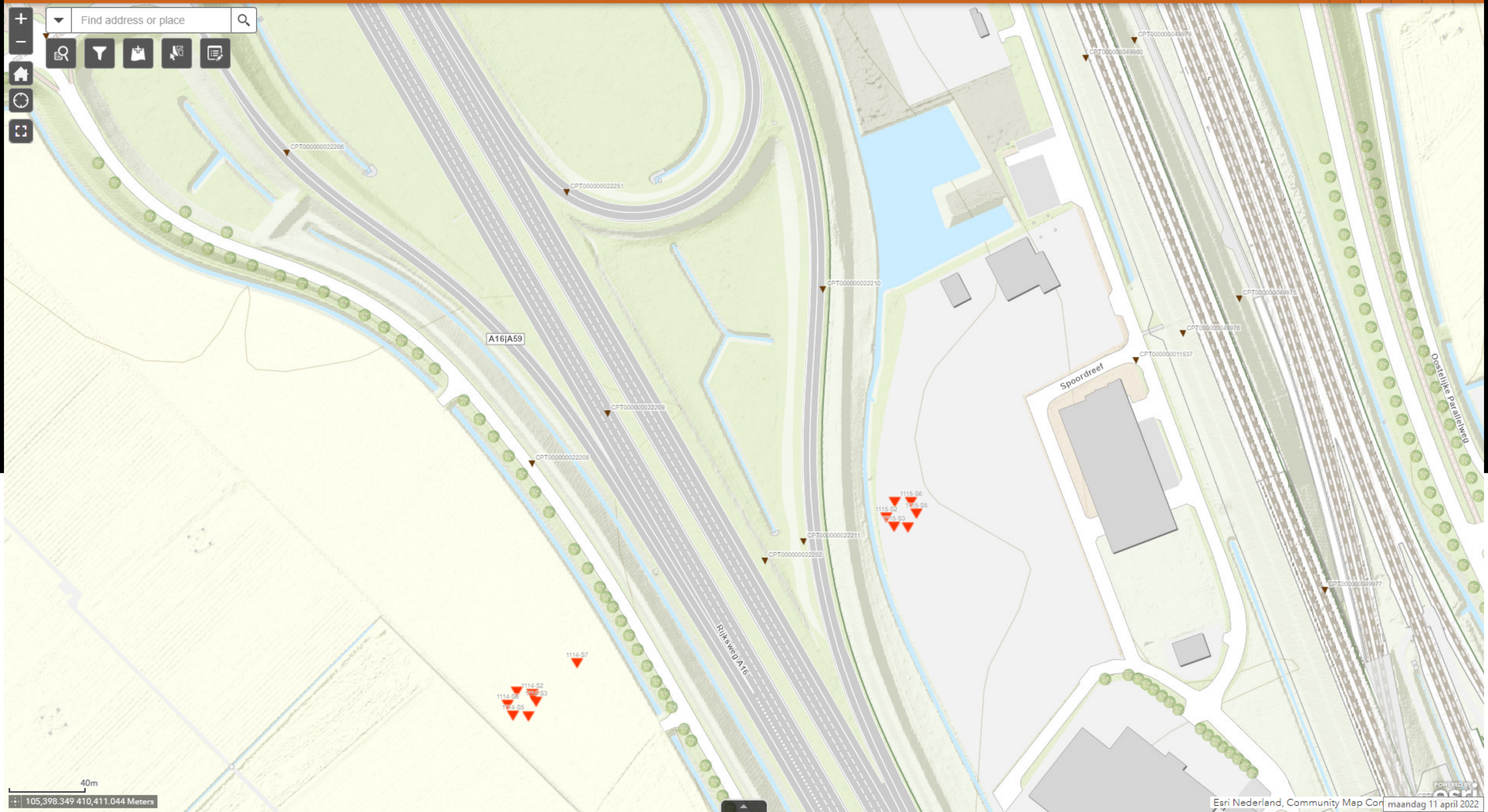
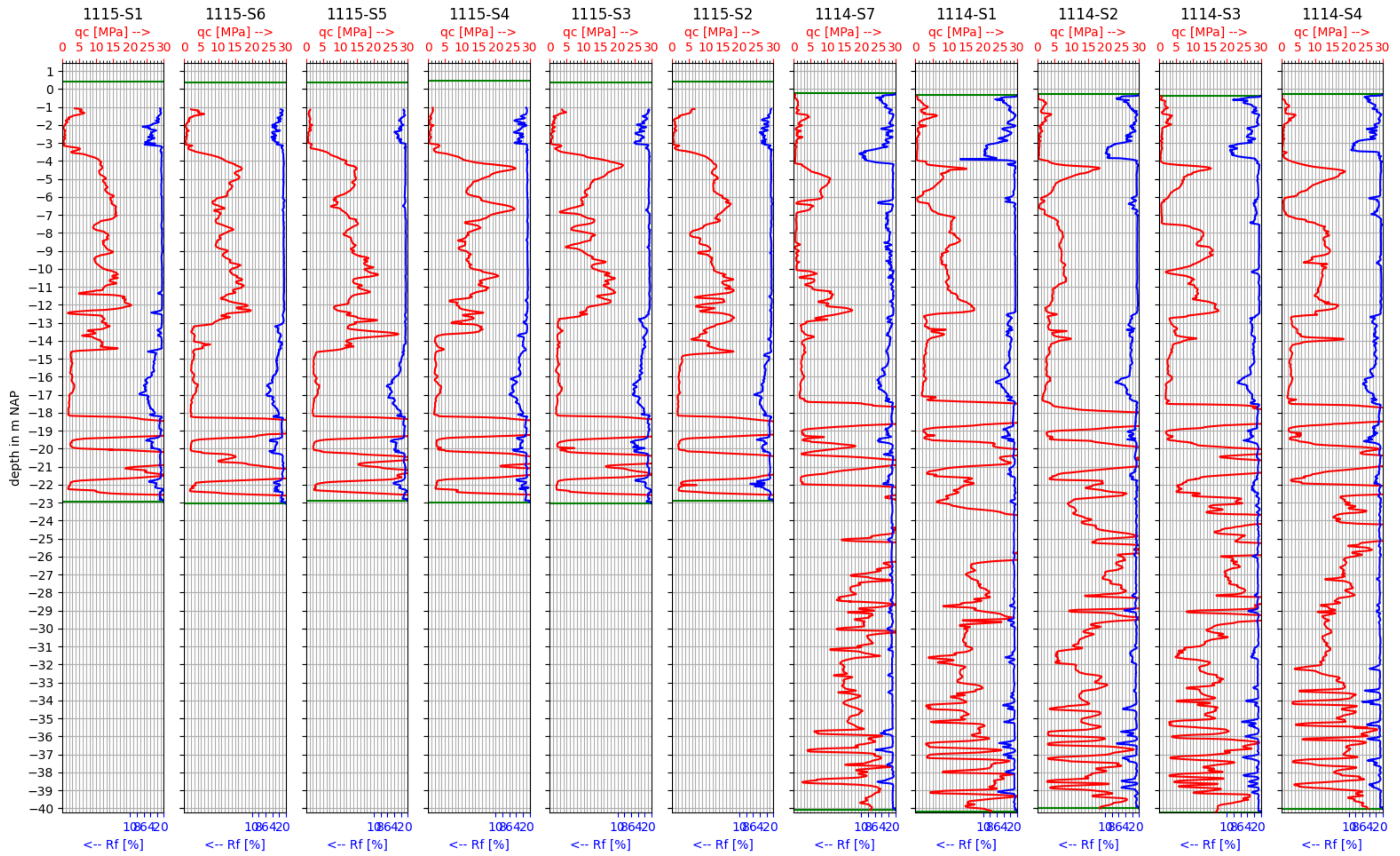
Rev	Omschrijving	Datum rev.	Get.	Gec.	Goedg.
B	T.b.v. Vergunningaanvraag	24-04-2022	BB	MJ	JD
A	Eerste uitgave	17-01-2020	BB	MJ	JD

Opdrachtgever:
TenneT TSO B.V.
Project:
Zuidwest-Oost HDD's 150kV
Onderwerp:
Werkterrein en uitlegstrook Zevenbergschenhoek - A16

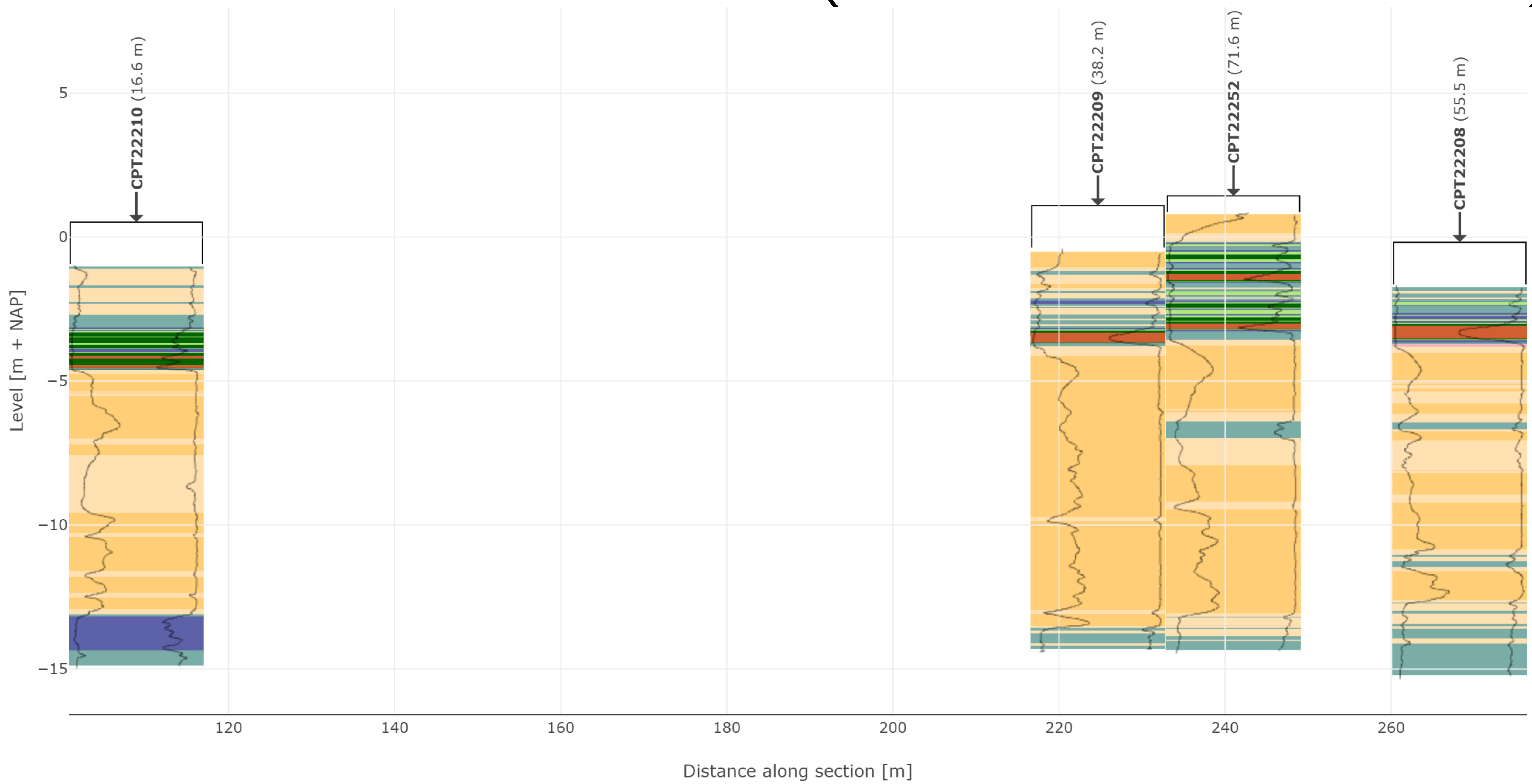
Projectnummer	Tekeningnummer	Versie	Datum van uitgave	Ontwerpfase	Contractnummer		
51001237	ZBH-HDD1	B	28-04-2022	BO			
Blad	Van	Schaal	Formaat	Kantoor	Get.	Gec.	Goedg.
2	2	1:500	A1-L (594x1050 mm)	De Bilt	BB	MJ	JD

Bijlage 2 – Geotechnisch onderzoek

ZBH HDD2



Grondonderzoek BRO (tot 100 m afstand van trace)

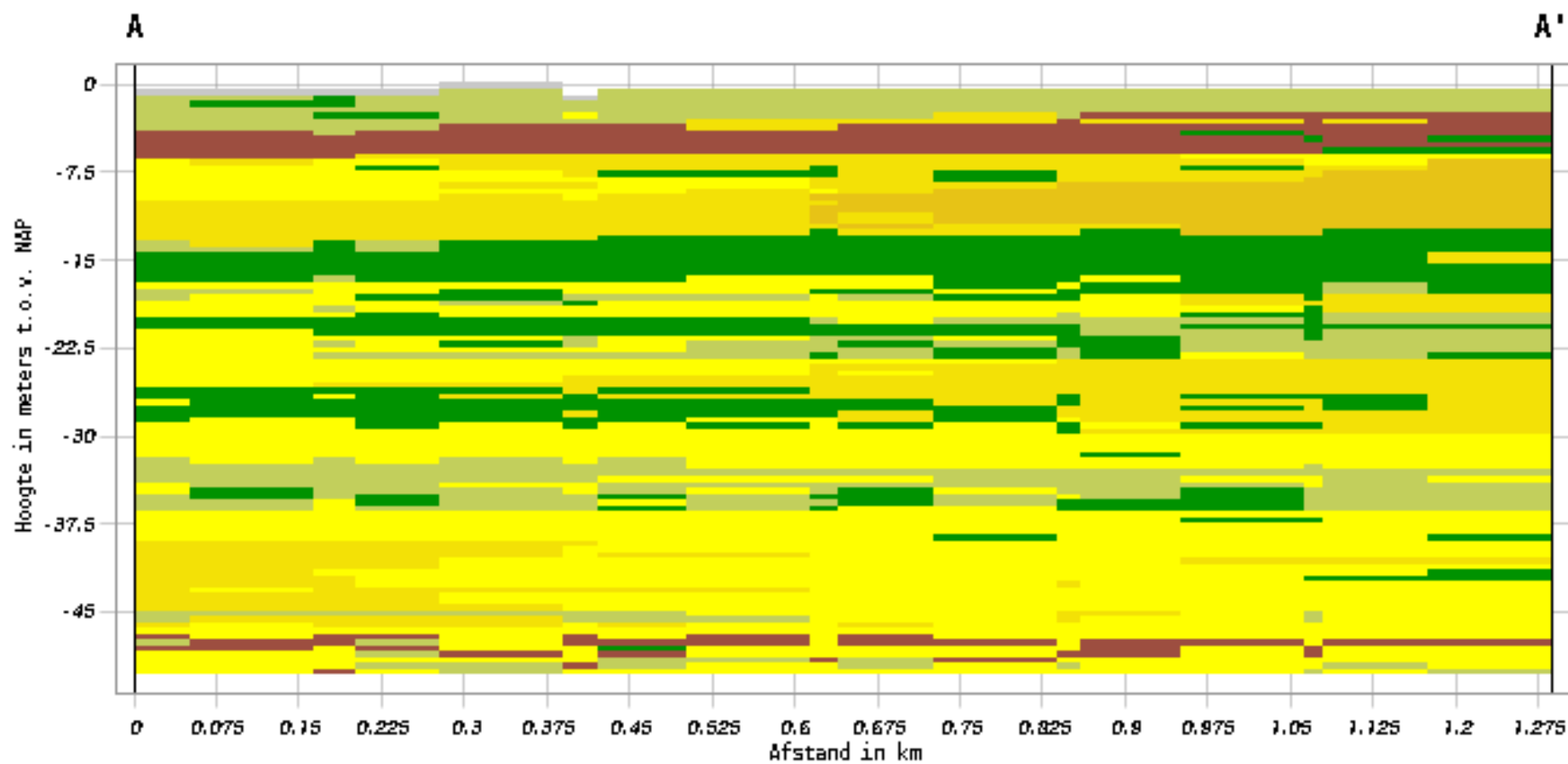


- | | | | | |
|------------------------|---------------|-------------------------|---------|--------------------------|
| Sands | Sand mixtures | Silt mixtures | Clay | Clay (org. mat) [3<N<15] |
| Organic clay [15<N<30] | Peat [N>30] | Sensitive, fine grained | Unknown | |

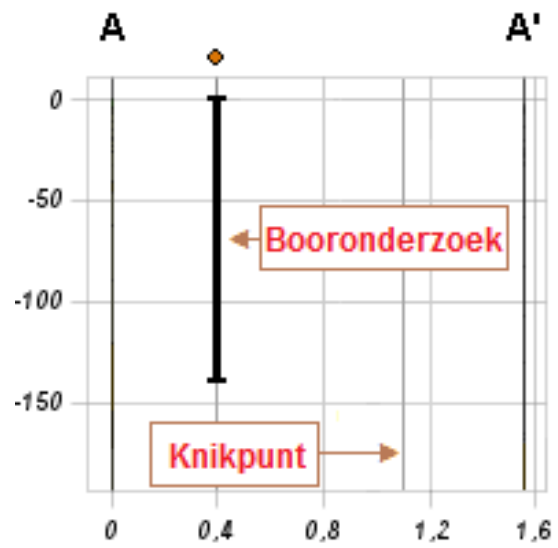
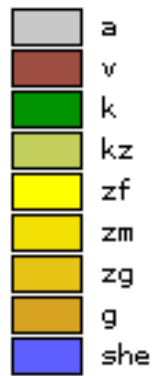


- cpt not shown on sectionplot section

Verticale Doorsnede BRO GeoTOP v1.4.1



Lithoklasse



Bijlage 3 – Berekening D-Geo Pipeline

Report for D-Geo Pipeline 20.1

Model : Horizontal Directional Drilling
Developed by Deltares

Date of report: 28-4-2022
Time of report: 18:21:21
Report with version: 20.1.2.31161
Calculated with version: 20.1.2.31161

File name: HDD berekening

1 Table of Contents

1	Table of Contents	2
2	Messages	4
2.1	Calculation Warnings	4
3	Input Data	5
3.1	Model Used	5
3.2	Layer Boundaries	5
3.3	PI-lines	5
3.4	Phreatic Line	5
3.5	Soil Profiles	5
3.6	Selected Boundaries	6
3.7	Soil Material Data	6
3.8	Geometry	6
3.8.1	Geometry Section, Detailed	7
3.8.2	Geometry Top View	7
3.9	Calculation Verticals	8
3.10	Traffic Load	8
3.11	Configuration of the Pipeline	9
3.12	Product Pipe Material Data	9
3.13	Pipe Engineering Data	10
3.14	Drilling Fluid Data	10
3.15	Factors	10
3.16	Calculation Options	11
4	Drilling Fluid Pressures	12
4.1	Drilling Fluid Data	12
4.2	Equilibrium between Drilling Fluid Pressure and Pore Pressure	14
4.3	Drilling Fluid Pressure Plots	15
4.3.1	Drilling Fluid Pressures during Pilot	15
4.3.2	Drilling Fluid Pressures during Prereaming	15
4.3.3	Drilling Fluid Pressures during Reaming and Pullback Operation	16
5	Soil Mechanical Data	17
5.1	Soil Mechanical Parameters Pipe 1: pipe nr. 1	17
5.2	Soil Mechanical Parameters Pipe 2: pipe nr. 2	18
5.3	Soil Mechanical Parameters Pipe 3: pipe nr. 3	20
5.4	Soil Mechanical Parameters Pipe 4: pipe nr. 4	21
5.5	Young's Modulus per Layer per Vertical	23
6	Data for Stress Analysis	26
6.1	General Data	26
6.2	Buoyancy Control	26
6.3	Calculation Pulling Force	26
7	Stress Analysis of Pipe 1: pipe nr. 1	28
7.1	Material Data of Pipe 1: pipe nr. 1	28
7.2	Results Stress Analysis of Pipe 1: pipe nr. 1	28
7.2.1	Load Combination 1A: Start Pullback Operation	28
7.2.2	Load Combination 1B: End Pullback Operation	29
7.2.3	Load Combination 2: Application Internal Pressure	29
7.2.4	Load Combination 3: In Operation (Situation without Pressure)	29
7.2.5	Load Combination 4: In Operation (with Internal Pressure)	29
7.3	Check on Calculated Stresses of Pipe 1: pipe nr. 1	30
7.4	Check for Implosion of Pipe 1: pipe nr. 1	30
8	Stress Analysis of Pipe 2: pipe nr. 2	31
8.1	Material Data of Pipe 2: pipe nr. 2	31
8.2	Results Stress Analysis of Pipe 2: pipe nr. 2	31
8.2.1	Load Combination 1A: Start Pullback Operation	31
8.2.2	Load Combination 1B: End Pullback Operation	32
8.2.3	Load Combination 2: Application Internal Pressure	32
8.2.4	Load Combination 3: In Operation (Situation without Pressure)	32
8.2.5	Load Combination 4: In Operation (with Internal Pressure)	32
8.3	Check on Calculated Stresses of Pipe 2: pipe nr. 2	33
8.4	Check for Implosion of Pipe 2: pipe nr. 2	33
9	Stress Analysis of Pipe 3: pipe nr. 3	35
9.1	Material Data of Pipe 3: pipe nr. 3	35
9.2	Results Stress Analysis of Pipe 3: pipe nr. 3	35
9.2.1	Load Combination 1A: Start Pullback Operation	35
9.2.2	Load Combination 1B: End Pullback Operation	36

9.2.3 Load Combination 2: Application Internal Pressure	36
9.2.4 Load Combination 3: In Operation (Situation without Pressure)	36
9.2.5 Load Combination 4: In Operation (with Internal Pressure)	36
9.3 Check on Calculated Stresses of Pipe 3: pipe nr. 3	37
9.4 Check for Implosion of Pipe 3: pipe nr. 3	37
10 Stress Analysis of Pipe 4: pipe nr. 4	38
10.1 Material Data of Pipe 4: pipe nr. 4	38
10.2 Results Stress Analysis of Pipe 4: pipe nr. 4	38
10.2.1 Load Combination 1A: Start Pullback Operation	38
10.2.2 Load Combination 1B: End Pullback Operation	39
10.2.3 Load Combination 2: Application Internal Pressure	39
10.2.4 Load Combination 3: In Operation (Situation without Pressure)	39
10.2.5 Load Combination 4: In Operation (with Internal Pressure)	39
10.3 Check on Calculated Stresses of Pipe 4: pipe nr. 4	40
10.4 Check for Implosion of Pipe 4: pipe nr. 4	40

2 Messages

2.1 Calculation Warnings

One or more layers above the border between the top undrained and underlying drained layers have a S_u -value of 0.

3 Input Data

3.1 Model Used

Model Used : Horizontal Directional Drilling

3.2 Layer Boundaries

Boundary number	Co-ordinates [m]				
8 - L -	-25,000	11,520	21,280	27,790	32,840
8 - Z -	-0,170	-0,290	-0,470	-1,400	0,180
8 - L -	38,020	42,210	45,690	49,730	52,860
8 - Z -	0,870	0,930	1,010	1,210	2,520
8 - L -	56,340	66,180	72,180	75,300	96,310
8 - Z -	2,360	-1,300	0,800	0,910	1,340
8 - L -	111,260	125,080	137,770	140,640	153,480
8 - Z -	1,870	1,600	0,900	0,240	-0,100
8 - L -	180,440	183,540	187,440	204,110	222,240
8 - Z -	-0,720	-1,410	-0,120	-0,090	-0,030
8 - L -	235,060	244,880	252,960	267,820	273,240
8 - Z -	0,030	1,000	2,750	3,450	3,680
8 - L -	283,320	289,050	295,350	304,890	306,740
8 - Z -	3,370	1,770	0,370	-0,350	-1,170
8 - L -	309,740	311,730	317,760	380,000	
8 - Z -	-0,710	0,130	0,080	0,090	
7 - L -	-25,000	380,000			
7 - Z -	-2,000	-2,700			
6 - L -	-25,000	380,000			
6 - Z -	-3,000	-3,900			
5 - L -	-25,000	380,000			
5 - Z -	-4,000	-4,600			
4 - L -	-25,000	380,000			
4 - Z -	-6,000	-6,500			
3 - L -	-25,000	380,000			
3 - Z -	-7,000	-6,500			
2 - L -	-25,000	380,000			
2 - Z -	-13,000	-13,000			
1 - L -	-25,000	380,000			
1 - Z -	-17,000	-18,000			
0 - L -	-25,000	380,000			
0 - Z -	-30,000	-30,000			

3.3 PI-lines

PI-line number	Co-ordinates [m]				
1 - L -	-25,000	380,000			
1 - Z -	-0,950	-0,950			

3.4 Phreatic Line

Piezo-line 1 is used as phreatic line (groundwater).

3.5 Soil Profiles

Layer number	Material name	Piezo-line at top	Piezo-line at bottom
8	Zand, sterk siltig, kleig	1	1
7	Klei, sterk zandig	1	1
6	Veen, slap	1	1
5	Zand, schoon, matig	1	1
4	Klei, sterk zandig	1	1
3	Zand, schoon, matig	1	1
2	Klei, zwak zandig, m...	1	1
1	Zand, schoon, vast	1	1

3.6 Selected Boundaries

The boundary between (cohesive) undrained top layers and underlying (non-cohesive) drained layers, is situated at the top of layer number 1: Zand, schoon, vast

The boundary between compressible top layers and underlying non-compressible layers, is situated at the top of layer number 1: Zand, schoon, vast

3.7 Soil Material Data

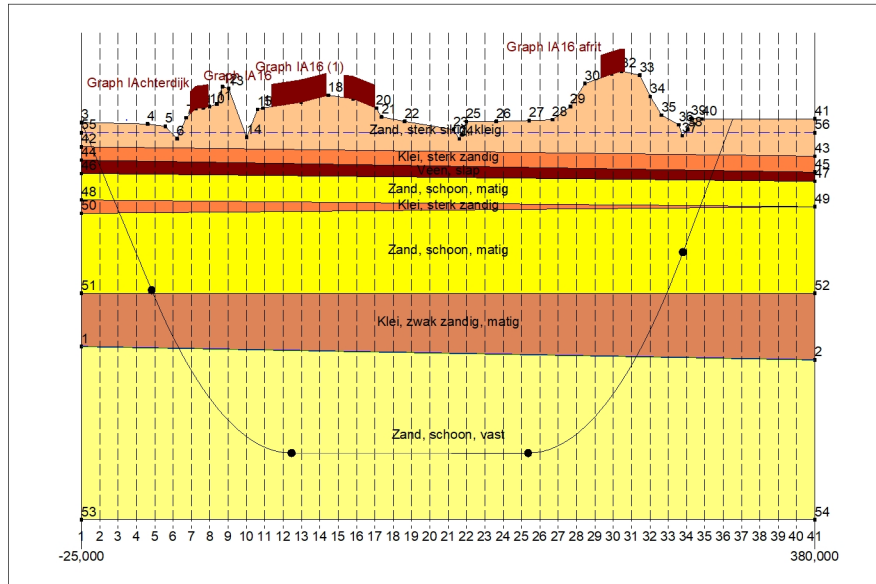
Name	Gamma unsat [kN/m ³]	Gamma sat [kN/m ³]	Cohesion [kN/m ²]	Phi [deg]	Su top [kN/m ²]	Su bottom [kN/m ²]
Zand, sterk siltig, kleig	18,00	20,00	0,00	30,00	0,00	0,00
Klei, sterk zandig	18,00	18,00	0,50	27,50	30,00	30,00
Veen, slap	11,00	11,00	1,50	15,00	15,00	15,00
Zand, schoon, matig	18,00	20,00	0,00	32,50	0,00	0,00
Klei, zwak zandig, matig	18,00	18,00	5,00	22,50	80,00	80,00
Zand, schoon, vast	19,00	21,00	0,00	35,00	0,00	0,00

Name	Soil type	Emod 100 [kN/m ²]	Emod top [kN/m ²]	Emod bottom [kN/m ²]
Zand, sterk siltig, kleig	Sand	10000,00	-	-
Klei, sterk zandig	Clay	2000,00	-	-
Veen, slap	Peat	200,00	-	-
Zand, schoon, matig	Sand	30000,00	-	-
Klei, zwak zandig, matig	Clay	3000,00	-	-
Zand, schoon, vast	Sand	90000,00	-	-

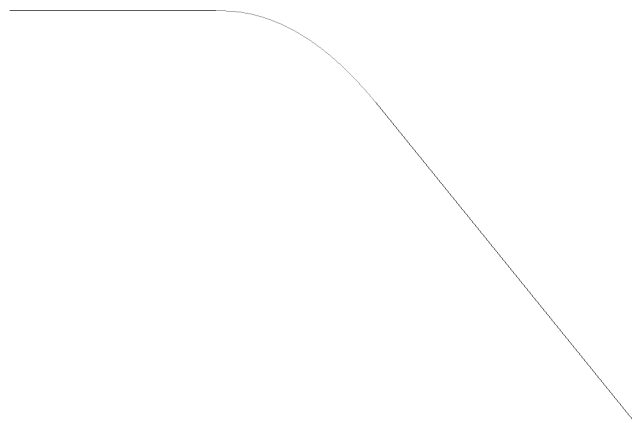
Name	Adhesion A [kN/m ²]	Delta D [deg]	Nu [-]
Zand, sterk siltig, kleig	-	-	0,20
Klei, sterk zandig	-	-	0,20
Veen, slap	-	-	0,20
Zand, schoon, matig	-	-	0,20
Klei, zwak zandig, matig	-	-	0,20
Zand, schoon, vast	-	-	0,30

3.8 Geometry

3.8.1 Geometry Section, Detailed



3.8.2 Geometry Top View



3.9 Calculation Verticals

Vertical no.	L-coord. [m]	Z-coord. [m]
1	-25,000	-0,170
2	-14,875	-3,460
3	-4,750	-6,750
4	5,375	-10,039
5	15,500	-13,322
6	25,625	-16,297
7	35,750	-18,815
8	45,875	-20,891
9	56,000	-22,536
10	66,125	-23,758
11	76,250	-24,564
12	86,375	-24,957
13	96,500	-25,000
14	106,625	-25,000
15	116,750	-25,000
16	126,875	-25,000
17	137,000	-25,000
18	147,125	-25,000
19	157,250	-25,000
20	167,375	-25,000
21	177,500	-25,000
22	187,625	-25,000
23	197,750	-25,000
24	207,875	-25,000
25	218,000	-25,000
26	228,125	-24,916
27	238,250	-24,448
28	248,375	-23,566
29	258,500	-22,268
30	268,625	-20,545
31	278,750	-18,389
32	288,875	-15,789
33	299,000	-12,730
34	309,125	-9,202
35	319,250	-5,517
36	329,375	-1,832
37	339,500	n.a.
38	349,625	n.a.
39	359,750	n.a.
40	369,875	n.a.
41	380,000	n.a.

Locations of the calculation verticals; L represents distance along the pipeline projection in the horizontal plane, incremented with the entry co-ordinate.

3.10 Traffic Load

Achterdijk		
L start	35,00	[m]
L end	45,00	[m]
Load model (graph type)	Graph I	
A16		
L start	80,00	[m]
L end	110,00	[m]
Load model (graph type)	Graph I	
A16 (1)		
L start	120,00	[m]
L end	137,00	[m]
Load model (graph type)	Graph I	

A16 afrit		
L start	262,00	[m]
L end	275,00	[m]
Load model (graph type)	Graph I	

3.11 Configuration of the Pipeline

X co-ordinate left point	-25,000	[m]
Y co-ordinate left point	68,450	[m]
Z co-ordinate left point	-0,170	[m]
X co-ordinate right point	323,400	[m]
Y co-ordinate right point	0,000	[m]
Z co-ordinate right point	0,083	[m]
Angle left	18,0000	[deg]
Angle right	20,0000	[deg]
Bending radius left, vertical in/out	250,000	[m]
Bending radius right, vertical in/out	250,000	[m]
Bending radius pipe on rollers	500,000	[m]
Lowest level of pipe (center bore hole)	-25,000	[m]
Angle of pipe (between radii)	0,0000	[deg]
Number of horizontal bends	1	

The pulling direction of the product pipe is from right to left.

Bending nr.	X1-coord. [m]	Y1-coord. [m]	X2-coord. [m]	Y2-coord. [m]	Bending radius [m]	Direction
1	91,600	68,450	177,600	53,450	250,000	left

3.12 Product Pipe Material Data

Input data pipe nr. 1		
Material	Polyethene	
Quality	PE100	
Young's modulus (short)	975,00	[N/mm ²]
Young's modulus (long)	350,00	[N/mm ²]
Allowable strength (short)	10,00	[N/mm ²]
Allowable strength (long)	8,00	[N/mm ²]
Tensile factor (alpha)	0,65	[-]
Linear settlement coefficient (alpha_g)	0,0001600	[mm/mmK]
Outer diameter product pipe	315,00	[mm]
Wall thickness (Nominal)	28,70	[mm]
Unit weight pipe material	9,54	[kN/m ³]
Design pressure	0,00	[bar]
Test pressure	0,00	[bar]
Temperature variation	0,00	[deg C]

Input data pipe nr. 2		
Material	Polyethene	
Quality	PE100	
Young's modulus (short)	975,00	[N/mm ²]
Young's modulus (long)	350,00	[N/mm ²]
Allowable strength (short)	10,00	[N/mm ²]
Allowable strength (long)	8,00	[N/mm ²]
Tensile factor (alpha)	0,65	[-]
Linear settlement coefficient (alpha_g)	0,0001600	[mm/mmK]
Outer diameter product pipe	315,00	[mm]
Wall thickness (Nominal)	28,70	[mm]
Unit weight pipe material	9,54	[kN/m ³]
Design pressure	0,00	[bar]
Test pressure	0,00	[bar]
Temperature variation	0,00	[deg C]

Input data pipe nr. 3		
Material	Polyethene	
Quality	PE100	
Young's modulus (short)	975,00	[N/mm ²]

Young's modulus (long)	350,00	[N/mm ²]
Allowable strength (short)	10,00	[N/mm ²]
Allowable strength (long)	8,00	[N/mm ²]
Tensile factor (alpha)	0,65	[-]
Linear settlement coefficient (alpha_g)	0,0001600	[mm/mmK]
Outer diameter product pipe	315,00	[mm]
Wall thickness (Nominal)	28,70	[mm]
Unit weight pipe material	9,54	[kN/m ³]
Design pressure	0,00	[bar]
Test pressure	0,00	[bar]
Temperature variation	0,00	[deg C]
Input data pipe nr. 4		
Material	Polyethene	
Quality	PE100	
Young's modulus (short)	975,00	[N/mm ²]
Young's modulus (long)	350,00	[N/mm ²]
Allowable strength (short)	10,00	[N/mm ²]
Allowable strength (long)	8,00	[N/mm ²]
Tensile factor (alpha)	0,65	[-]
Linear settlement coefficient (alpha_g)	0,0001600	[mm/mmK]
Outer diameter product pipe	315,00	[mm]
Wall thickness (Nominal)	28,70	[mm]
Unit weight pipe material	9,54	[kN/m ³]
Design pressure	0,00	[bar]
Test pressure	0,00	[bar]
Temperature variation	0,00	[deg C]

3.13 Pipe Engineering Data

Pipe filled with water on rollers	No	
Part of cross section filled with fluid	0	[%]
Unit weight fluid	10,00	[kN/m ³]
Bedding angle	30	[deg]
Load angle	30	[deg]
Relative displacement	10,00	[mm]
Compression index	6,00	[-]
Modulus of subgrade reaction drilling fluid (Kv)	500,00	[kN/m ³]
Phi drilling fluid	15,00	[deg]
Cohesion drilling fluid	5,00	[kN/m ²]
Factor of friction pipe-roller (f1)	0,10	[-]
Friction pipe-drilling fluid (f2)	0,000050	[N/mm ²]
Factor of friction pipe-soil (f3)	0,20	[-]

3.14 Drilling Fluid Data

Outer diameter pilot hole	0,300	[m]
Outer diameter pilot pipe	0,170	[m]
Outer diameter preream hole	0,500	[m]
Outer diameter drillpipe	0,170	[m]
Outer diameter bore hole	1,000	[m]
Outer diameter product pipe	0,630	[m]
Pump flow rate pilot	500,0000	[liter/minute]
Pump flow rate pre-reaming	1000,0000	[liter/minute]
Pump flow rate ream and pull-back	1000,0000	[liter/minute]
Circulation loss factor pilot	0,30	[-]
Circulation loss factor pre-reaming	0,20	[-]
Circulation loss factor ream and pull-back	0,20	[-]
Unit weight drilling fluid (gamma)	11,1	[kN/m ³]
Yieldpoint drilling fluid (Tau)	0,014	[kN/m ²]
Plastic viscosity drilling fluid (Mu)	0,000040	[kN.s/m ²]

3.15 Factors

(Polyethene)Safety factor on implosion (Long)	3,0	[-]
(Polyethene)Safety factor on implosion (Short)	1,5	[-]

Contingency factor on unit weight		
of material types below and above phreatic level	1,10	[-]
Contingency factor on (drained) cohesion C	1,40	[-]
Contingency factor on undrained shear strength Su	1,40	[-]
Contingency factor on Phi	1,10	[-]
Contingency factor on E-modulus	1,25	[-]
Contingency factor on modulus of subgrade reaction	2,00	[-]
Load factor on design pressure (Polyethene)	1,00	[-]
Load factor on design pressure (combination) (Polyethene)	1,00	[-]
Load factor on test pressure (Polyethene)	1,00	[-]
Load factor on installation (Polyethene)	1,00	[-]
Load factor on reduced neutral soil stress $q_{n;r}$ (Polyethene)	1,50	[-]
Load factor on temperature (Polyethene)	1,10	[-]
Load factor on traffic load (Polyethene)	1,35	[-]
Factor of importance (S)	1,00	[-]
Allowable deflection of steel pipe	15,00	[%]
Allowable piggability of steel pipe	5,00	[%]
Allowable deflection of polyethene pipe	8,00	[%]
Allowable piggability of polyethene pipe	5,00	[%]
Unit weight water	10,00	[kN/m ³]
Safety factor on cover (drained layer)	0,50	[-]
Safety factor on cover (undrained layer)	0,50	[-]
Ratio H/Do for boundary between shallow and deep situation	7,50	[-]

3.16 Calculation Options

Stress analysis option : Standard

4 Drilling Fluid Pressures

4.1 Drilling Fluid Data

Vertical no.	Drilling fluid pressures pilot [kN/m ²]			
	Max, deformation	Max, soil cover	Min, left	Min, right
1	0	0	0	186
2	83	83	42	217
3	179	179	84	248
4	150	150	126	279
5	367	367	167	311
6	445	445	206	338
7	815	815	239	361
8	1058	1404	267	379
9	1207	1905	290	392
10	1050	1720	309	401
11	1206	2089	323	404
12	1235	2171	332	404
13	1249	2201	338	399
14	1270	2243	343	394
15	1273	2248	348	389
16	1258	2216	353	384
17	1226	2147	358	379
18	1175	2040	363	374
19	1160	2008	368	369
20	1147	1979	373	364
21	1133	1949	378	359
22	1165	2012	383	354
23	1166	2013	389	349
24	1168	2015	394	344
25	1170	2017	399	338
26	1169	2008	403	332
27	1171	1975	403	322
28	1217	1984	398	307
29	1237	1846	389	288
30	1194	1418	375	264
31	593	593	356	234
32	485	485	332	200
33	197	197	304	161
34	131	131	270	117
35	92	92	234	70
36	0	9	199	24

Vertical no.	Drilling fluid pressures preream [kN/m ²]			
	Max, deformation	Max, soil cover	Min, left	Min, right
1	0	0	0	0
2	92	92	38	42
3	174	174	77	84
4	152	152	115	126
5	285	285	154	167
6	446	446	189	206
7	630	630	219	239
8	1058	1093	243	267
9	1207	1533	264	290
10	1050	1423	279	309
11	1206	1761	290	321
12	1235	1845	296	324
13	1249	1872	298	322
14	1270	1907	300	321
15	1273	1910	302	319
16	1258	1881	304	317
17	1226	1821	306	315

Vertical no.	Drilling fluid pressures preream [kN/m ²]			
	Max, deformation	Max, soil cover	Min, left	Min, right
18	1175	1729	308	313
19	1160	1700	309	311
20	1147	1674	311	310
21	1133	1648	313	308
22	1165	1701	315	306
23	1166	1701	317	304
24	1168	1702	319	302
25	1170	1703	321	300
26	1169	1692	321	298
27	1171	1646	318	290
28	1217	1620	307	279
29	1237	1461	288	263
30	1085	1085	264	242
31	468	468	234	216
32	485	485	200	185
33	197	197	161	149
34	133	133	117	108
35	97	97	70	65
36	0	9	24	22

Vertical no.	Drilling fluid pressures pull back [kN/m ²]			
	Max, deformation	Max, soil cover	Min, left	Min, right
1	0	0	0	0
2	81	81	38	38
3	136	136	76	77
4	157	157	115	115
5	202	202	153	154
6	445	445	187	189
7	458	458	217	219
8	765	765	242	243
9	1076	1076	262	264
10	1024	1024	277	279
11	1206	1274	287	290
12	1235	1343	293	296
13	1249	1362	295	298
14	1270	1387	297	300
15	1273	1389	298	302
16	1258	1367	300	304
17	1226	1324	302	306
18	1175	1258	303	308
19	1160	1238	305	307
20	1147	1219	306	305
21	1133	1200	308	304
22	1165	1237	306	302
23	1166	1236	304	301
24	1168	1236	302	299
25	1170	1237	300	297
26	1169	1226	298	295
27	1171	1184	290	288
28	1147	1147	279	277
29	1017	1017	263	261
30	753	753	242	240
31	479	479	216	214
32	482	482	185	184
33	198	198	149	148
34	136	136	108	107
35	105	105	65	65
36	0	9	22	22

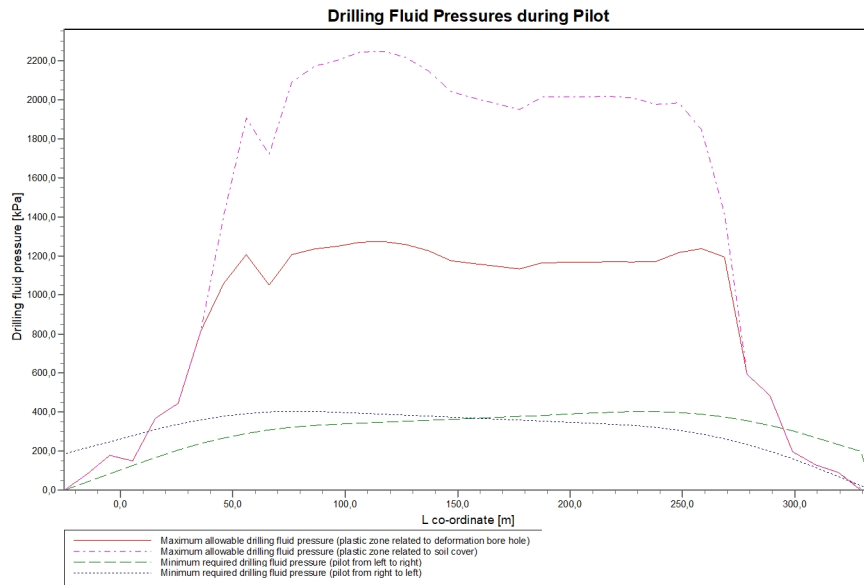
4.2 Equilibrium between Drilling Fluid Pressure and Pore Pressure

Vertical no.	Static column pressure			Result
	Drilling fluid [kN/m ²]	Water [kN/m ²]	Safety [-]	
1	0	0	-	sufficient
2	37	25	1,45	sufficient
3	73	58	1,26	sufficient
4	110	91	1,21	sufficient
5	146	124	1,18	sufficient
6	179	153	1,17	sufficient
7	207	179	1,16	sufficient
8	230	199	1,15	sufficient
9	249	216	1,15	sufficient
10	262	228	1,15	sufficient
11	271	236	1,15	sufficient
12	276	240	1,15	sufficient
13	276	241	1,15	sufficient
14	277	241	1,15	sufficient
15	277	241	1,15	sufficient
16	277	241	1,15	sufficient
17	277	241	1,15	sufficient
18	277	241	1,15	sufficient
19	277	241	1,15	sufficient
20	277	241	1,15	sufficient
21	277	241	1,15	sufficient
22	277	241	1,15	sufficient
23	277	241	1,15	sufficient
24	277	241	1,15	sufficient
25	278	241	1,15	sufficient
26	277	240	1,15	sufficient
27	272	235	1,16	sufficient
28	262	226	1,16	sufficient
29	248	213	1,16	sufficient
30	229	196	1,17	sufficient
31	205	174	1,17	sufficient
32	176	148	1,19	sufficient
33	142	118	1,21	sufficient
34	103	83	1,25	sufficient
35	62	46	1,36	sufficient
36	21	9	2,41	sufficient

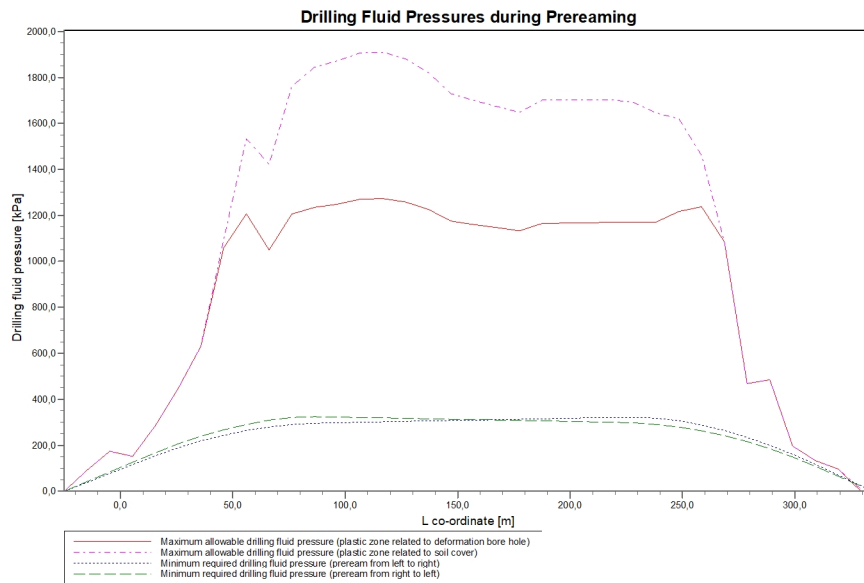
The static drilling fluid pressure is calculated and can be compared with the calculated groundwater pressure. The quotient of the drilling fluid pressure and the groundwater pressure yields the safety factor, which should be higher than the requested factor of safety of 1,10.

4.3 Drilling Fluid Pressure Plots

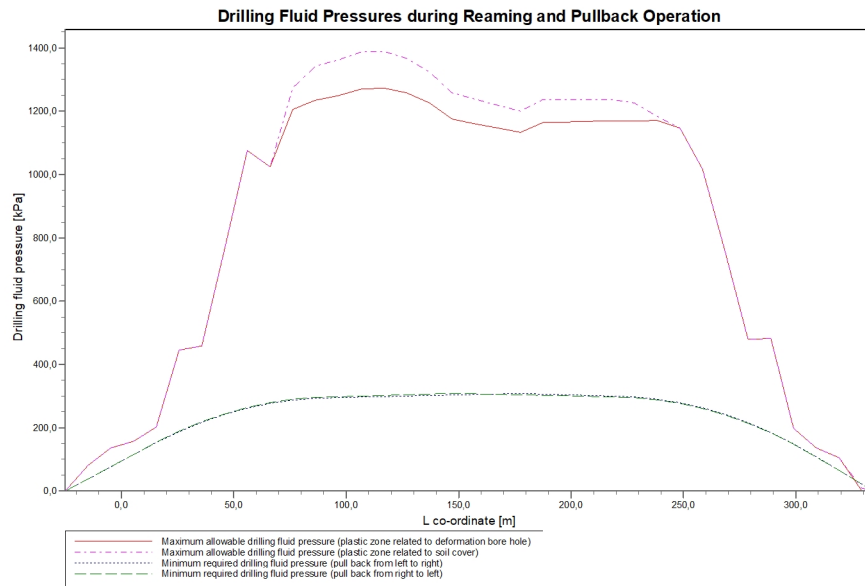
4.3.1 Drilling Fluid Pressures during Pilot



4.3.2 Drilling Fluid Pressures during Prereaming



4.3.3 Drilling Fluid Pressures during Reaming and Pullback Operation



5 Soil Mechanical Data

5.1 Soil Mechanical Parameters Pipe 1: pipe nr. 1

The list with data and issues is shown hereafter:

Note: safety factors not applied.

q_v;p	Passive soil stress	kN/m ²
q_v;n	Neutral soil stress	kN/m ²
q_h;n	Neutral horizontal soil stress	kN/m ²
q_v,r;n	Reduced neutral soil stress	kN/m ²
q_traffic	Traffic load	kN/m ²
q_v;e	Vertical bearing capacity	kN/m ²
q_h;e	Horizontal bearing capacity	kN/m ²
k_v;bot	Vertical modulus of subgrade reaction downward	kN/m ³
k_v;top	Vertical modulus of subgrade reaction upward	kN/m ³
k_h	Horizontal modulus of subgrade reaction	kN/m ³
t_max	Maximal friction pipe-lubricant	kN/m ²
d_max	Displacement at maximal friction	mm

Vertical no.	q_v;p [kN/m ²]	q_v;n [kN/m ²]	q_h;n [kN/m ²]	q_v,r;n [kN/m ²]	q_traffic [kN/m ²]	q_v;e [kN/m ²]
1	0	0	0	0	0	39
2	51	32	24	32	0	205
3	185	57	31	42	0	1926
4	753	89	42	56	0	3148
5	393	120	48	64	0	1589
6	428	132	44	60	0	1735
7	2153	186	49	66	2	8718
8	2451	217	31	42	0	10169
9	2844	259	21	29	0	12160
10	2386	209	16	22	0	9837
11	2812	255	16	21	0	11990
12	2886	264	15	21	2	12368
13	2924	268	15	21	2	12569
14	2983	274	15	21	2	12873
15	2992	275	15	21	0	12922
16	2950	271	15	21	2	12703
17	2860	261	15	21	2	12235
18	2717	245	15	21	0	11500
19	2675	240	15	21	0	11287
20	2637	236	15	20	0	11093
21	2599	232	15	20	0	10898
22	2687	242	15	21	0	11348
23	2690	242	15	21	0	11365
24	2695	243	15	21	0	11387
25	2701	243	15	21	0	11416
26	2699	243	16	21	0	11409
27	2709	244	16	22	0	11462
28	2852	260	19	26	0	12199
29	2926	268	27	36	0	12587
30	2831	258	53	71	2	12099
31	2617	235	59	80	0	11012
32	570	182	56	76	0	2341
33	1012	126	51	68	0	2017
34	642	74	37	50	0	2628
35	332	54	30	40	0	1905
36	69	26	19	26	0	695

Vertical no.	q_h;e [kN/m ²]	k_v;bot [kN/m ³]	k_v;top [kN/m ³]	k_h [kN/m ³]	t_max [kN/m ²]	d_max [mm]
1	0	0	0	0	0,05	7,5
2	51	25917	2070	18142	0,05	7,5
3	185	46078	25291	32255	0,05	7,5
4	753	59706	53185	41794	0,05	7,5

Vertical no.	q _h ;e [kN/m ²]	k _v ;bot [kN/m ³]	k _v ;top [kN/m ³]	k _h [kN/m ³]	t _{max} [kN/m ²]	d _{max} [mm]
5	393	6053	56953	4237	0,05	7,5
6	428	141553	5923	99087	0,05	7,5
7	2153	310872	278355	217610	0,05	7,5
8	2451	337132	319707	235992	0,05	7,5
9	2844	370728	354626	259509	0,05	7,5
10	2386	331230	313547	231861	0,05	7,5
11	2812	367934	351730	257553	0,05	7,5
12	2886	374087	358104	261861	0,05	7,5
13	2924	377315	361446	264121	0,05	7,5
14	2983	382164	366461	267515	0,05	7,5
15	2992	382951	367274	268066	0,05	7,5
16	2950	379468	363672	265627	0,05	7,5
17	2860	371921	355862	260345	0,05	7,5
18	2717	359844	343339	251890	0,05	7,5
19	2675	356278	339637	249395	0,05	7,5
20	2637	352999	336230	247099	0,05	7,5
21	2599	349696	332795	244787	0,05	7,5
22	2687	357301	340700	250111	0,05	7,5
23	2690	357584	340993	250309	0,05	7,5
24	2695	357946	341369	250562	0,05	7,5
25	2701	358443	341885	250910	0,05	7,5
26	2699	358330	341768	250831	0,05	7,5
27	2709	359219	342691	251453	0,05	7,5
28	2852	371350	355270	259945	0,05	7,5
29	2926	377632	361773	264342	0,05	7,5
30	2831	369767	353630	258837	0,05	7,5
31	2617	351718	96944	246203	0,05	7,5
32	570	8505	7917	5954	0,05	7,5
33	1012	10299	65316	7209	0,05	7,5
34	642	54666	47593	38266	0,05	7,5
35	466	42329	20741	29630	0,05	7,5
36	269	3095	3017	2167	0,05	7,5

Maximum soil stress	:	q _v ;n;max = 275 kN/m ²
Maximum reduced soil stress (incl. traffic loads)	:	q _{traffic} ;max = 80 kN/m ²
Maximum reduced soil stress	:	q _v ;r;n;max = 80 kN/m ²
Max. vertical modulus of subgrade reaction (without safety factor) only for verticals in deep situation	:	k _v ;max = 382951 kN/m ³
Maximum vertical modulus of subgrade reaction (with safety factor) only for verticals in deep situation	:	k _v ;max = 765902 kN/m ³

5.2 Soil Mechanical Parameters Pipe 2: pipe nr. 2

The list with data and issues is shown hereafter:

Note: safety factors not applied.

q _v ;p	Passive soil stress	kN/m ²
q _v ;n	Neutral soil stress	kN/m ²
q _h ;n	Neutral horizontal soil stress	kN/m ²
q _v ;r;n	Reduced neutral soil stress	kN/m ²
q _{traffic}	Traffic load	kN/m ²
q _v ;e	Vertical bearing capacity	kN/m ²
q _h ;e	Horizontal bearing capacity	kN/m ²
k _v ;bot	Vertical modulus of subgrade reaction downward	kN/m ³
k _v ;top	Vertical modulus of subgrade reaction upward	kN/m ³
k _h	Horizontal modulus of subgrade reaction	kN/m ³
t _{max}	Maximal friction pipe-lubricant	kN/m ²
d _{max}	Displacement at maximal friction	mm

Vertical no.	q _v ;p [kN/m ²]	q _v ;n [kN/m ²]	q _h ;n [kN/m ²]	q _v ;r;n [kN/m ²]	q _{traffic} [kN/m ²]	q _v ;e [kN/m ²]
1	0	0	0	0	0	39
2	51	32	24	32	0	205
3	185	57	31	42	0	1926

Vertical no.	q_v;p [kN/m ²]	q_v;n [kN/m ²]	q_h;n [kN/m ²]	q_v;r;n [kN/m ²]	q_traffic [kN/m ²]	q_v;e [kN/m ²]
4	753	89	42	56	0	3148
5	393	120	48	64	0	1589
6	428	132	44	60	0	1735
7	2153	186	49	66	2	8718
8	2451	217	31	42	0	10169
9	2844	259	21	29	0	12160
10	2386	209	16	22	0	9837
11	2812	255	16	21	0	11990
12	2886	264	15	21	2	12368
13	2924	268	15	21	2	12569
14	2983	274	15	21	2	12873
15	2992	275	15	21	0	12922
16	2950	271	15	21	2	12703
17	2860	261	15	21	2	12235
18	2717	245	15	21	0	11500
19	2675	240	15	21	0	11287
20	2637	236	15	20	0	11093
21	2599	232	15	20	0	10898
22	2687	242	15	21	0	11348
23	2690	242	15	21	0	11365
24	2695	243	15	21	0	11387
25	2701	243	15	21	0	11416
26	2699	243	16	21	0	11409
27	2709	244	16	22	0	11462
28	2852	260	19	26	0	12199
29	2926	268	27	36	0	12587
30	2831	258	53	71	2	12099
31	2617	235	59	80	0	11012
32	570	182	56	76	0	2341
33	1012	126	51	68	0	2017
34	642	74	37	50	0	2628
35	332	54	30	40	0	1905
36	69	26	19	26	0	695

Vertical no.	q_h;e [kN/m ²]	k_v;bot [kN/m ³]	k_v;top [kN/m ³]	k_h [kN/m ³]	t_max [kN/m ²]	d_max [mm]
1	0	0	0	0	0,05	7,5
2	51	25917	2070	18142	0,05	7,5
3	185	46078	25291	32255	0,05	7,5
4	753	59706	53185	41794	0,05	7,5
5	393	6053	56953	4237	0,05	7,5
6	428	141553	5923	99087	0,05	7,5
7	2153	310872	278355	217610	0,05	7,5
8	2451	337132	319707	235992	0,05	7,5
9	2844	370728	354626	259509	0,05	7,5
10	2386	331230	313547	231861	0,05	7,5
11	2812	367934	351730	257553	0,05	7,5
12	2886	374087	358104	261861	0,05	7,5
13	2924	377315	361446	264121	0,05	7,5
14	2983	382164	366461	267515	0,05	7,5
15	2992	382951	367274	268066	0,05	7,5
16	2950	379468	363672	265627	0,05	7,5
17	2860	371921	355862	260345	0,05	7,5
18	2717	359844	343339	251890	0,05	7,5
19	2675	356278	339637	249395	0,05	7,5
20	2637	352999	336230	247099	0,05	7,5
21	2599	349696	332795	244787	0,05	7,5
22	2687	357301	340700	250111	0,05	7,5
23	2690	357584	340993	250309	0,05	7,5
24	2695	357946	341369	250562	0,05	7,5
25	2701	358443	341885	250910	0,05	7,5
26	2699	358330	341768	250831	0,05	7,5
27	2709	359219	342691	251453	0,05	7,5
28	2852	371350	355270	259945	0,05	7,5
29	2926	377632	361773	264342	0,05	7,5

Vertical no.	q _h ;e [kN/m ²]	k _v ;bot [kN/m ³]	k _v ;top [kN/m ³]	k _h [kN/m ³]	t _{max} [kN/m ²]	d _{max} [mm]
30	2831	369767	353630	258837	0,05	7,5
31	2617	351718	96944	246203	0,05	7,5
32	570	8505	7917	5954	0,05	7,5
33	1012	10299	65316	7209	0,05	7,5
34	642	54666	47593	38266	0,05	7,5
35	466	42329	20741	29630	0,05	7,5
36	269	3095	3017	2167	0,05	7,5

Maximum soil stress	:	q _{v;n} ;max = 275 kN/m ²
Maximum reduced soil stress (incl. traffic loads)	:	q _{traffic} ;max = 80 kN/m ²
Maximum reduced soil stress	:	q _{v;r;n} ;max = 80 kN/m ²
Max. vertical modulus of subgrade reaction (without safety factor) only for verticals in deep situation	:	k _v ;max = 382951 kN/m ³
Maximum vertical modulus of subgrade reaction (with safety factor) only for verticals in deep situation	:	k _v ;max = 765902 kN/m ³

5.3 Soil Mechanical Parameters Pipe 3: pipe nr. 3

The list with data and issues is shown hereafter:

Note: safety factors not applied.

q _{v;p}	Passive soil stress	kN/m ²
q _{v;n}	Neutral soil stress	kN/m ²
q _{h;n}	Neutral horizontal soil stress	kN/m ²
q _{v;r;n}	Reduced neutral soil stress	kN/m ²
q _{traffic}	Traffic load	kN/m ²
q _v ;e	Vertical bearing capacity	kN/m ²
q _h ;e	Horizontal bearing capacity	kN/m ²
k _v ;bot	Vertical modulus of subgrade reaction downward	kN/m ³
k _v ;top	Vertical modulus of subgrade reaction upward	kN/m ³
k _h	Horizontal modulus of subgrade reaction	kN/m ³
t _{max}	Maximal friction pipe-lubricant	kN/m ²
d _{max}	Displacement at maximal friction	mm

Vertical no.	q _{v;p} [kN/m ²]	q _{v;n} [kN/m ²]	q _{h;n} [kN/m ²]	q _{v;r;n} [kN/m ²]	q _{traffic} [kN/m ²]	q _v ;e [kN/m ²]
1	0	0	0	0	0	39
2	51	32	24	32	0	205
3	185	57	31	42	0	1926
4	753	89	42	56	0	3148
5	393	120	48	64	0	1589
6	428	132	44	60	0	1735
7	2153	186	49	66	2	8718
8	2451	217	31	42	0	10169
9	2844	259	21	29	0	12160
10	2386	209	16	22	0	9837
11	2812	255	16	21	0	11990
12	2886	264	15	21	2	12368
13	2924	268	15	21	2	12569
14	2983	274	15	21	2	12873
15	2992	275	15	21	0	12922
16	2950	271	15	21	2	12703
17	2860	261	15	21	2	12235
18	2717	245	15	21	0	11500
19	2675	240	15	21	0	11287
20	2637	236	15	20	0	11093
21	2599	232	15	20	0	10898
22	2687	242	15	21	0	11348
23	2690	242	15	21	0	11365
24	2695	243	15	21	0	11387
25	2701	243	15	21	0	11416
26	2699	243	16	21	0	11409
27	2709	244	16	22	0	11462
28	2852	260	19	26	0	12199

Vertical no.	q_v;p [kN/m ²]	q_v;n [kN/m ²]	q_h;n [kN/m ²]	q_v;r;n [kN/m ²]	q_traffic [kN/m ²]	q_v;e [kN/m ²]
29	2926	268	27	36	0	12587
30	2831	258	53	71	2	12099
31	2617	235	59	80	0	11012
32	570	182	56	76	0	2341
33	1012	126	51	68	0	2017
34	642	74	37	50	0	2628
35	332	54	30	40	0	1905
36	69	26	19	26	0	695

Vertical no.	q_h;e [kN/m ²]	k_v;bot [kN/m ³]	k_v;top [kN/m ³]	k_h [kN/m ³]	t_max [kN/m ²]	d_max [mm]
1	0	0	0	0	0,05	7,5
2	51	25917	2070	18142	0,05	7,5
3	185	46078	25291	32255	0,05	7,5
4	753	59706	53185	41794	0,05	7,5
5	393	6053	56953	4237	0,05	7,5
6	428	141553	5923	99087	0,05	7,5
7	2153	310872	278355	217610	0,05	7,5
8	2451	337132	319707	235992	0,05	7,5
9	2844	370728	354626	259509	0,05	7,5
10	2386	331230	313547	231861	0,05	7,5
11	2812	367934	351730	257553	0,05	7,5
12	2886	374087	358104	261861	0,05	7,5
13	2924	377315	361446	264121	0,05	7,5
14	2983	382164	366461	267515	0,05	7,5
15	2992	382951	367274	268066	0,05	7,5
16	2950	379468	363672	265627	0,05	7,5
17	2860	371921	355862	260345	0,05	7,5
18	2717	359844	343339	251890	0,05	7,5
19	2675	356278	339637	249395	0,05	7,5
20	2637	352999	336230	247099	0,05	7,5
21	2599	349696	332795	244787	0,05	7,5
22	2687	357301	340700	250111	0,05	7,5
23	2690	357584	340993	250309	0,05	7,5
24	2695	357946	341369	250562	0,05	7,5
25	2701	358443	341885	250910	0,05	7,5
26	2699	358330	341768	250831	0,05	7,5
27	2709	359219	342691	251453	0,05	7,5
28	2852	371350	355270	259945	0,05	7,5
29	2926	377632	361773	264342	0,05	7,5
30	2831	369767	353630	258837	0,05	7,5
31	2617	351718	96944	246203	0,05	7,5
32	570	8505	7917	5954	0,05	7,5
33	1012	10299	65316	7209	0,05	7,5
34	642	54666	47593	38266	0,05	7,5
35	466	42329	20741	29630	0,05	7,5
36	269	3095	3017	2167	0,05	7,5

Maximum soil stress	:	q_v;n;max = 275 kN/m ²
Maximum reduced soil stress (incl. traffic loads)	:	q_traffic;max = 80 kN/m ²
Maximum reduced soil stress	:	q_v;r;n;max = 80 kN/m ²
Max. vertical modulus of subgrade reaction (without safety factor) only for verticals in deep situation	:	k_v;max = 382951 kN/m ³
Maximum vertical modulus of subgrade reaction (with safety factor) only for verticals in deep situation	:	k_v;max = 765902 kN/m ³

5.4 Soil Mechanical Parameters Pipe 4: pipe nr. 4

The list with data and issues is shown hereafter:

Note: safety factors not applied.

q_v;p	Passive soil stress	kN/m ²
q_v;n	Neutral soil stress	kN/m ²
q_h;n	Neutral horizontal soil stress	kN/m ²

q_v;r;n	Reduced neutral soil stress	kN/m ²
q_traffic	Traffic load	kN/m ²
q_v;e	Vertical bearing capacity	kN/m ²
q_h;e	Horizontal bearing capacity	kN/m ²
k_v;bot	Vertical modulus of subgrade reaction downward	kN/m ³
k_v;top	Vertical modulus of subgrade reaction upward	kN/m ³
k_h	Horizontal modulus of subgrade reaction	kN/m ³
t_max	Maximal friction pipe-lubricant	kN/m ²
d_max	Displacement at maximal friction	mm

Vertical no.	q_v;p [kN/m ²]	q_v;n [kN/m ²]	q_h;n [kN/m ²]	q_v;r;n [kN/m ²]	q_traffic [kN/m ²]	q_v;e [kN/m ²]
1	0	0	0	0	0	39
2	51	32	24	32	0	205
3	185	57	31	42	0	1926
4	753	89	42	56	0	3148
5	393	120	48	64	0	1589
6	428	132	44	60	0	1735
7	2153	186	49	66	2	8718
8	2451	217	31	42	0	10169
9	2844	259	21	29	0	12160
10	2386	209	16	22	0	9837
11	2812	255	16	21	0	11990
12	2886	264	15	21	2	12368
13	2924	268	15	21	2	12569
14	2983	274	15	21	2	12873
15	2992	275	15	21	0	12922
16	2950	271	15	21	2	12703
17	2860	261	15	21	2	12235
18	2717	245	15	21	0	11500
19	2675	240	15	21	0	11287
20	2637	236	15	20	0	11093
21	2599	232	15	20	0	10898
22	2687	242	15	21	0	11348
23	2690	242	15	21	0	11365
24	2695	243	15	21	0	11387
25	2701	243	15	21	0	11416
26	2699	243	16	21	0	11409
27	2709	244	16	22	0	11462
28	2852	260	19	26	0	12199
29	2926	268	27	36	0	12587
30	2831	258	53	71	2	12099
31	2617	235	59	80	0	11012
32	570	182	56	76	0	2341
33	1012	126	51	68	0	2017
34	642	74	37	50	0	2628
35	332	54	30	40	0	1905
36	69	26	19	26	0	695

Vertical no.	q_h;e [kN/m ²]	k_v;bot [kN/m ³]	k_v;top [kN/m ³]	k_h [kN/m ³]	t_max [kN/m ²]	d_max [mm]
1	0	0	0	0	0,05	7,5
2	51	25917	2070	18142	0,05	7,5
3	185	46078	25291	32255	0,05	7,5
4	753	59706	53185	41794	0,05	7,5
5	393	6053	56953	4237	0,05	7,5
6	428	141553	5923	99087	0,05	7,5
7	2153	310872	278355	217610	0,05	7,5
8	2451	337132	319707	235992	0,05	7,5
9	2844	370728	354626	259509	0,05	7,5
10	2386	331230	313547	231861	0,05	7,5
11	2812	367934	351730	257553	0,05	7,5
12	2886	374087	358104	261861	0,05	7,5
13	2924	377315	361446	264121	0,05	7,5
14	2983	382164	366461	267515	0,05	7,5
15	2992	382951	367274	268066	0,05	7,5
16	2950	379468	363672	265627	0,05	7,5

Vertical no.	q _{h;e} [kN/m ²]	k _{v;bot} [kN/m ³]	k _{v;top} [kN/m ³]	k _h [kN/m ³]	t _{max} [kN/m ²]	d _{max} [mm]
17	2860	371921	355862	260345	0,05	7,5
18	2717	359844	343339	251890	0,05	7,5
19	2675	356278	339637	249395	0,05	7,5
20	2637	352999	336230	247099	0,05	7,5
21	2599	349696	332795	244787	0,05	7,5
22	2687	357301	340700	250111	0,05	7,5
23	2690	357584	340993	250309	0,05	7,5
24	2695	357946	341369	250562	0,05	7,5
25	2701	358443	341885	250910	0,05	7,5
26	2699	358330	341768	250831	0,05	7,5
27	2709	359219	342691	251453	0,05	7,5
28	2852	371350	355270	259945	0,05	7,5
29	2926	377632	361773	264342	0,05	7,5
30	2831	369767	353630	258837	0,05	7,5
31	2617	351718	96944	246203	0,05	7,5
32	570	8505	7917	5954	0,05	7,5
33	1012	10299	65316	7209	0,05	7,5
34	642	54666	47593	38266	0,05	7,5
35	466	42329	20741	29630	0,05	7,5
36	269	3095	3017	2167	0,05	7,5

Maximum soil stress	:	q _{v;n;max} = 275 kN/m ²
Maximum reduced soil stress (incl. traffic loads)	:	q _{traffic;max} = 80 kN/m ²
Maximum reduced soil stress	:	q _{v;r;n;max} = 80 kN/m ²
Max. vertical modulus of subgrade reaction (without safety factor) only for verticals in deep situation	:	k _{v;max} = 382951 kN/m ³
Maximum vertical modulus of subgrade reaction (with safety factor) only for verticals in deep situation	:	k _{v;max} = 765902 kN/m ³

5.5 Young's Modulus per Layer per Vertical

Layer number	Material name	Type of determination
8	Zand, sterk siltig, kleig	Calculated with E100
7	Klei, sterk zandig	Calculated with E100
6	Veen, slap	Calculated with E100
5	Zand, schoon, matig	Calculated with E100
4	Klei, sterk zandig	Calculated with E100
3	Zand, schoon, matig	Calculated with E100
2	Klei, zwak zandig, matig	Calculated with E100
1	Zand, schoon, vast	Calculated with E100

Layer number	Vertical 1 (L=-25 m)		Vertical 2 (L=-14,875 m)		Vertical 3 (L=-4,75 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
8	0,000	4,954	0,000	4,911	0,000	4,867
7	0,650	0,815	0,641	0,807	0,632	0,799
6	0,081	0,083	0,081	0,083	0,080	0,082
5	17,374	21,951	17,272	21,866	17,170	21,780
4	1,213	1,356	1,206	1,345	1,198	1,335
3	23,534	33,074	23,416	33,007	23,297	32,940
2	3,507	4,228	3,495	4,221	3,484	4,215
1	111,520	154,983	111,414	154,835	111,308	154,687

Layer number	Vertical 4 (L=5,375 m)		Vertical 5 (L=15,5 m)		Vertical 6 (L=25,625 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
8	0,000	4,824	0,000	4,665	0,000	3,157
7	0,623	0,791	0,590	0,762	0,316	0,511
6	0,079	0,081	0,076	0,078	0,051	0,053
5	17,067	21,694	16,673	21,380	13,121	18,736
4	1,191	1,324	1,163	1,293	0,942	1,075
3	23,178	32,872	22,845	32,656	20,348	30,979
2	3,473	4,208	3,436	4,178	3,158	3,918

Layer number	Vertical 4 (L=5,375 m)		Vertical 5 (L=15,5 m)		Vertical 6 (L=25,625 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
1	111,202	154,538	110,700	154,105	106,349	150,936

Layer number	Vertical 7 (L=35,75 m)		Vertical 8 (L=45,875 m)		Vertical 9 (L=56 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
8	0,000	6,234	0,000	6,868	0,000	8,471
7	0,939	1,095	1,096	1,248	1,534	1,674
6	0,110	0,111	0,125	0,126	0,167	0,169
5	20,798	24,723	22,529	26,192	27,004	30,123
4	1,468	1,584	1,610	1,720	2,013	2,115
3	25,931	34,916	27,302	35,962	31,064	38,910
2	3,825	4,558	4,009	4,739	4,548	5,261
1	116,883	158,464	119,770	160,536	127,857	166,590

Layer number	Vertical 10 (L=66,125 m)		Vertical 11 (L=76,25 m)		Vertical 12 (L=86,375 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
8	0,000	2,963	0,000	6,788	0,000	7,070
7	0,286	0,488	1,076	1,230	1,148	1,301
6	0,049	0,051	0,123	0,125	0,130	0,132
5	12,753	18,456	22,330	26,008	23,110	26,676
4	0,919	1,038	1,591	1,692	1,657	1,754
3	19,910	30,766	27,026	35,800	27,637	36,279
2	3,124	3,904	3,981	4,724	4,066	4,811
1	106,098	150,463	119,536	160,153	120,896	161,102

Layer number	Vertical 13 (L=96,5 m)		Vertical 14 (L=106,625 m)		Vertical 15 (L=116,75 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
8	0,000	7,344	0,000	7,783	0,000	7,860
7	1,221	1,372	1,339	1,488	1,361	1,509
6	0,137	0,139	0,149	0,150	0,151	0,152
5	23,874	27,336	25,100	28,409	25,320	28,600
4	1,724	1,816	1,833	1,921	1,853	1,937
3	28,243	36,758	29,252	37,554	29,407	37,690
2	4,152	4,898	4,297	5,041	4,322	5,069
1	122,258	162,058	124,480	163,673	124,914	163,935

Layer number	Vertical 16 (L=126,875 m)		Vertical 17 (L=137 m)		Vertical 18 (L=147,125 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
8	0,000	7,566	0,000	6,882	0,000	5,640
7	1,280	1,432	1,100	1,258	0,800	0,970
6	0,143	0,145	0,126	0,127	0,097	0,099
5	24,507	27,878	22,627	26,237	19,293	23,418
4	1,779	1,860	1,614	1,694	1,346	1,426
3	28,674	37,136	27,047	35,910	24,285	33,896
2	4,221	4,976	4,000	4,769	3,647	4,436
1	123,477	162,774	120,238	160,262	114,924	156,243

Layer number	Vertical 19 (L=157,25 m)		Vertical 20 (L=167,375 m)		Vertical 21 (L=177,5 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
8	0,000	5,233	0,000	4,835	0,000	4,400
7	0,710	0,885	0,625	0,806	0,538	0,726
6	0,089	0,090	0,081	0,082	0,073	0,074
5	18,242	22,555	17,231	21,740	16,157	20,894
4	1,267	1,345	1,195	1,271	1,121	1,195
3	23,416	33,295	22,593	32,739	21,739	32,172
2	3,544	4,343	3,450	4,257	3,355	4,172
1	113,405	155,057	112,010	153,967	110,596	152,869

Layer number	Vertical 22 (L=187,625 m)		Vertical 23 (L=197,75 m)		Vertical 24 (L=207,875 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
8	0,000	5,396	0,000	5,443	0,000	5,498
7	0,745	0,922	0,756	0,932	0,768	0,945
6	0,092	0,094	0,093	0,095	0,094	0,096
5	18,688	22,902	18,816	23,002	18,968	23,122
4	1,298	1,366	1,308	1,371	1,318	1,379
3	23,637	33,501	23,696	33,560	23,774	33,632
2	3,580	4,389	3,590	4,403	3,602	4,419
1	114,163	155,398	114,388	155,492	114,649	155,612

Layer number	Vertical 25 (L=218 m)		Vertical 26 (L=228,125 m)		Vertical 27 (L=238,25 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
8	0,000	5,568	0,000	5,651	0,000	6,194
7	0,784	0,960	0,802	0,979	0,929	1,101
6	0,096	0,098	0,098	0,099	0,110	0,112
5	19,160	23,274	19,383	23,453	20,829	24,658
4	1,332	1,389	1,349	1,402	1,461	1,510
3	23,885	33,727	24,022	33,841	25,164	34,677
2	3,618	4,439	3,638	4,462	3,783	4,604
1	114,970	155,777	115,342	155,980	117,624	157,605

Layer number	Vertical 28 (L=248,375 m)		Vertical 29 (L=258,5 m)		Vertical 30 (L=268,625 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
8	0,000	7,997	0,000	9,311	0,000	9,767
7	1,399	1,555	1,784	1,933	1,926	2,072
6	0,156	0,157	0,193	0,195	0,207	0,208
5	25,777	28,955	29,487	32,298	30,789	33,488
4	1,890	1,932	2,251	2,288	2,385	2,418
3	29,356	37,844	32,631	40,451	33,783	41,399
2	4,350	5,151	4,840	5,625	5,022	5,805
1	126,170	164,013	133,312	169,503	135,966	171,534

Layer number	Vertical 31 (L=278,75 m)		Vertical 32 (L=288,875 m)		Vertical 33 (L=299 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
8	0,000	9,800	0,000	8,110	0,000	5,908
7	1,936	2,083	1,430	1,589	0,862	1,040
6	0,208	0,210	0,159	0,160	0,104	0,105
5	30,889	33,577	26,114	29,240	20,112	24,027
4	2,395	2,425	1,920	1,949	1,402	1,430
3	33,844	41,462	29,516	38,027	24,324	34,171
2	5,035	5,821	4,384	5,200	3,695	4,546
1	136,199	171,654	126,920	164,320	116,702	156,492

Layer number	Vertical 34 (L=309,125 m)		Vertical 35 (L=319,25 m)		Vertical 36 (L=329,375 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
8	0,000	4,347	0,000	5,916	0,000	5,933
7	0,527	0,727	0,863	1,044	0,867	1,048
6	0,073	0,074	0,104	0,106	0,105	0,106
5	16,147	20,816	20,147	24,047	20,200	24,086
4	1,114	1,140	1,404	1,425	1,408	1,425
3	21,116	31,985	24,270	34,166	24,272	34,184
2	3,324	4,200	3,694	4,554	3,697	4,561
1	111,058	152,256	116,827	156,442	116,943	156,458

6 Data for Stress Analysis

6.1 General Data

Number of pipes in bundle	:	Npipes = 4 [-]
Pipeline diameter	:	Do = 315,00 mm
Wall thickness	:	t = 28,70 mm
Unit weight pipeline material	:	gamma_s = 9,54 kN/m ³
Pipeline diameter	:	Do = 315,00 mm
Wall thickness	:	t = 28,70 mm
Unit weight pipeline material	:	gamma_s = 9,54 kN/m ³
Pipeline diameter	:	Do = 315,00 mm
Wall thickness	:	t = 28,70 mm
Unit weight pipeline material	:	gamma_s = 9,54 kN/m ³
Pipeline diameter	:	Do = 315,00 mm
Wall thickness	:	t = 28,70 mm
Unit weight pipeline material	:	gamma_s = 9,54 kN/m ³
Equivalent pipeline diameter	:	Do = 831,29 mm
Equivalent wall thickness	:	t = 41,62 mm
Equivalent unit weight pipeline material	:	gamma_s = 9,54 kN/m ³
Max. vertical modulus of subgrade reaction (without safety factor)	:	k_v;max = 201794 kN/m ³
Unit weight drilling fluid pullback operation	:	gamma_b = 11,10 kN/m ³
Bending radius on rollers	:	Rrol = 500,000 m
Friction coefficient pipe/rollers	:	f1 = 0,10
Friction between pipe and drilling fluid	:	f2 = 0,000050 N/mm ²
Friction coefficient pipe / soil	:	f3 = 0,20

6.2 Buoyancy Control

The friction between soil and pipe is partially caused by buoyancy of the pipeline in the drilling fluid. Uplift forces resulting from buoyancy can be neutralized by filling the pipeline. The optimal volume of fluid placed in the pipe provides the most advantageous distribution of buoyant forces.

Buoyancy of the pipeline when filled with fluid for 0%

Uplift forces	:	353	[kg/m]
Weight of pipeline (including filling)	:	100	[kg/m]
Result	:	252	[kg/m] (Pipeline moves upwards)

6.3 Calculation Pulling Force

During the pullback operation the pipe experiences friction which is based on:

- friction between pipe and pipe-roller (f1 = 0,10)
- friction between pipe and drilling fluid (f2 = 0,000050 [N/mm²])
- friction between pipe and soil (f3 = 0,20)

Due to the friction a pulling force is induced in the pipeline.
The pulling direction of the product pipe is from right to left.

This calculation takes into account that the length of the pipe on the rollers decreases while pulling back the pipeline. During the pull back operation the bore hole is supposed to be stable.

Characteristic points	Length pipe in bore hole (m)	Characteristic value pulling force (kN)
T1	0	36
T2	29	52
T3	117	109

Characteristic points	Length pipe in bore hole (m)	Characteristic value pulling force (kN)
T4	247	196
T5	326	258
T6	366	280

The calculated values for the pulling force are characteristic values (without safety factor). According to article E.1.2.1 of NEN 3650-1:2012 it is recommended to use a total factor for stochastic variation and model uncertainty (γ) of at least 1.4 for the stress analysis. In the pipe stress analysis (next chapter), a factor of 1,80 is used and a load factor of 1,00.

7 Stress Analysis of Pipe 1: pipe nr. 1

7.1 Material Data of Pipe 1: pipe nr. 1

The list with data and issues is shown hereafter:

Material pipeline	:	Polyethene PE100
Outer diameter	:	Do = 315,00 mm
Wall thickness	:	t = 28,70 mm
Design pressure	:	pd = 0,00 bar
Test pressure	:	pt = 0,00 bar
Temperature variation	:	dt = 0,00 deg Celcius
Length pipeline	:	L = 366 m
Young's modulus (short)	:	E = 975 N/mm ²
Young's modulus (long)	:	E = 350 N/mm ²
Allowable stress (short)	:	S = 10 N/mm ²
Allowable stress (long)	:	S = 8 N/mm ²
Factor of importance (S)	:	S = 1,00
Unit weight pipeline material	:	gamma_s = 9,54 kN/m ³
Bedding angle	:	beta = 30 degrees
Load angle	:	alpha = 30 degrees
Moment coefficient soil top (indirect)	:	kt' = 0,078
Moment coefficient soil bottom (indirect)	:	kb' = 0,179
Moment coefficient soil top (direct)	:	kt = 0,257
Moment coefficient soil bottom (direct)	:	kb = 0,257
Deflection coefficient (indirect)	:	ky' = 0,071
Deflection coefficient (direct)	:	ky = 0,143
Maximal reduced vertical soil load (without safety factor)	:	q_v;r;n;max = 80 kN/m ²
Traffic load (without safety factor)	:	q_v = 0 kN/m ²
Max. vertical modulus of subgrade reaction (without safety factor)	:	k_v;max = 382951 kN/m ³
Used radius (excluding safety factors)	:	Rmin = 250,000 m
Load factor on installation	:	f_install = 1,00
Load factor on reduced neutral soil stress q_n;r	:	f_Qnr = 1,50
Load factor on design pressure	:	f_pd = 1,00
Load factor on design pressure (combination)	:	f_pd;comb = 1,00
Load factor on test pressure	:	f_pt = 1,00
Load factor on temperature	:	f_temp = 1,10
Load factor on traffic load	:	f_v = 1,35
Contingency factor on bending radius	:	f_R = 1,10
Contingency factor on modulus of subgrade reaction	:	f_kv = 2,00
Contingency factor on bending moment	:	f_k = 1,40
Total factor on pulling force for stoch. varia. and model uncertainty	:	f = 1,80
Linear settlement coefficient averaged between t1 and t2	:	alpha_g = 0,0001600 mm/mmK

7.2 Results Stress Analysis of Pipe 1: pipe nr. 1

In the calculation 5 load combinations are considered:

- Load combination 1A: start pull-back operation
- Load combination 1B: end of pull-back operation
- Load combination 2: application internal pressure
- Load combination 3: pipeline in operation, no inner pressure
- Load combination 4: pipeline in operation, pressure applied

The wall thickness is 28,7 mm. The calculation hereafter will prove that the pipeline wall thickness is sufficient. The calculations are in accordance with NEN 3650 series.

7.2.1 Load Combination 1A: Start Pullback Operation

Axial stress:

$$\sigma_b = M_b/W_b = f_k E \cdot I_b / (R_{rol} \cdot W_b) = 0,43 \quad \text{N/mm}^2$$

$$\sigma_t = f \cdot f_{install} \cdot T_1/A = f \cdot f_{install} (L_{rol} \cdot Q \cdot f_1)/A = 0,63 \quad \text{N/mm}^2$$

Maximum axial stress $\Sigma_{a,max}$	=	0,91	N/mm ²
---------------------------------------	---	------	-------------------

In this load combination the tangential stress is negligible.

7.2.2 Load Combination 1B: End Pullback Operation

Axial stress:

$$\Sigma_b = Mb/Wb = f_k \cdot E \cdot I_b / (R_{min} \cdot Wb) = 0,86 \text{ N/mm}^2$$

$$\Sigma_t = f \cdot f_{install} \cdot T_{max}/A = 4,87 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Maximum axial stress } \Sigma_{a,max} = 5,43 \text{ N/mm}^2$$

Tangential stress:

Load q_r on pipeline due to reaction of soil in bends (according to NEN 3650-1 annex 5 D3.3):

$$q_r = k_v \cdot y = (0.322 \cdot \Lambda^2 \cdot E \cdot I) / (D_o \cdot R / f_R)$$

$$\Lambda = (f_{kv} \cdot k_v \cdot D_o / (4 \cdot E \cdot I))^{0.25} = 3,9E-3 \text{ 1/mm}$$

$$q_r = 0,0178 \text{ N/mm}^2$$

$$\Sigma_{qr} = k' \cdot q_r \cdot (rg/Ww) \cdot D_o = 1,05 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Maximum tangential stress } \Sigma_{t,max} = 0,68 \text{ N/mm}^2$$

7.2.3 Load Combination 2: Application Internal Pressure

Due to internal pressure :

$$\Sigma_{py} = f_{pd} \cdot p_d \cdot ((r_u^2 + r_i^2) / (r_u^2 - r_i^2)) = 0,00 \text{ N/mm}^2$$

$$\Sigma_{px} = 0.5 \cdot \Sigma_{py} = 0,00 \text{ N/mm}^2$$

$$\Sigma_{ptest} = f_{pt} \cdot p_t \cdot ((r_u^2 + r_i^2) / (r_u^2 - r_i^2)) = 0,00 \text{ N/mm}^2$$

7.2.4 Load Combination 3: In Operation (Situation without Pressure)

Axial stress:

$$\Sigma_b = Mb/Wb = f_k \cdot E \cdot I_b / (R_{min} \cdot Wb) = 0,31 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Maximum axial stress } \Sigma_{a,max} = 0,20 \text{ N/mm}^2$$

Tangential stress:

$$\Sigma_{qr} = k' \cdot q_r \cdot (rg/Ww) \cdot D_o = 0,63 \text{ N/mm}^2$$

$$\Sigma_{qn} = k \cdot q_n \cdot (rg/Ww) \cdot D_o = 10,15 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Maximum tangential stress } \Sigma_{t,max} = 7,01 \text{ N/mm}^2$$

7.2.5 Load Combination 4: In Operation (with Internal Pressure)

Axial stress:

$$\Sigma_b = Mb/Wb = f_k \cdot E \cdot I_b / (R_{min} \cdot Wb) = 0,31 \text{ N/mm}^2$$

Due to internal pressure :

$$\Sigma_{py} = f_{pd} \cdot p_d \cdot ((r_u^2 + r_i^2) / (r_u^2 - r_i^2)) = 0,00 \text{ N/mm}^2$$

$\text{Sigma}_{px} = 0.5 \cdot \text{Sigma}_{py}$	=	0,00	N/mm ²
$\text{Sigma}_{ptest} = f_{pt} \cdot pt \cdot ((ru^2 + ri^2)/(ru^2 - ri^2))$	=	0,00	N/mm ²
$\text{Sigma}_{Temp} = dt \cdot \text{gamma}_t \cdot \text{alpha}_g \cdot E$	=	0,00	N/mm ²
Maximum axial stress $\text{Sigma}_{a,max}$	=	0,20	N/mm ²
Tangential stress:			
$\text{Sigma}_{qr} = k' \cdot qr \cdot (rg/Ww) \cdot Do$	=	0,63	N/mm ²
$\text{Sigma}_{qn} = k \cdot qn \cdot (rg/Ww) \cdot Do$	=	10,15	N/mm ²
Rerounding factor F_{rr}	=	1,000	
Rerounding factor F'_{rr}	=	1,000	
$\text{Sigma}_{t,max} = \text{Sigma}_{py} + ((F'_{rr} \cdot \text{Sigma}_{qr}) + (F_{rr} \cdot \text{Sigma}_{qn}))$			
Maximum tangential stress $\text{Sigma}_{t,max}$	=	7,01	N/mm ²

7.3 Check on Calculated Stresses of Pipe 1: pipe nr. 1

Load combination 1

- $\text{Sigma}_{AxMax} < \text{ShortStrength} \cdot \text{DamageFactor}$
- $\text{Sigma}_{TanMax} < \text{ShortStrength} \cdot \text{DamageFactor}$

Load combination 2

- $\text{Sigma}_{ptest} < \text{ShortStrength} \cdot \text{DamageFactor}$
- $\text{Sigma}_{py} < \text{LongStrength} \cdot \text{DamageFactor}$

Load combination 3

- $\text{Sigma}_{AxMax} < \text{LongStrength} \cdot \text{DamageFactor}$
- $\text{Sigma}_{TanMax} < \text{LongStrength} \cdot \text{DamageFactor}$

Load combination 4

- $\text{Sigma}_{AxMax} < \text{LongStrength} \cdot \text{DamageFactor}$
- $\text{Sigma}_{TanMax} < \text{LongStrength} \cdot \text{DamageFactor}$

All stresses in all conditions are allowable.

	Max allowable stress [N/mm ²]	Load combination 1A	Load combination 1B	Load combination 2	Load combination 3	Load combination 4
Sigma_{ptest}	10,00 (short)	-	-	0,00	-	-
Sigma_{py}	8,00 (long)	-	-	0,00	-	-
Sigma_{axial}	10,00 (short)	0,91	5,43	-	-	-
Sigma_{axial}	8,00 (long)	-	-	-	0,20	0,20
$\text{Sigma}_{tang...}$	10,00 (short)	-	0,68	-	-	-
$\text{Sigma}_{tang...}$	8,00 (long)	-	-	-	7,01	7,01

Stresses in pipeline [N/mm²]

The deflection of the pipeline is 14,1 mm (4,49% x Do). The maximum allowable deflection of the pipeline is 25,2 mm (8,00% x S x Do). The deflection is allowable.

For piggability the maximum allowable deflection of the pipeline is 15,8 mm (5,00% x Do). The deflection is allowable.

7.4 Check for Implosion of Pipe 1: pipe nr. 1

During the pullback operation the drilling fluid gives an external pressure. The highest minimum required drilling fluid pressure during the pullback operation is 308 kN/m², this is less than the maximum allowable external pressure of 1559 kN/m².

In operation, the water pressure at the lowest point of the drilling gives an external pressure. The maximum water pressure equals 241 kN/m², this is less than the maximum allowable external pressure of 280 kN/m².

8 Stress Analysis of Pipe 2: pipe nr. 2

8.1 Material Data of Pipe 2: pipe nr. 2

The list with data and issues is shown hereafter:

Material pipeline	:	Polyethene PE100
Outer diameter	:	Do = 315,00 mm
Wall thickness	:	t = 28,70 mm
Design pressure	:	pd = 0,00 bar
Test pressure	:	pt = 0,00 bar
Temperature variation	:	dt = 0,00 deg Celcius
Length pipeline	:	L = 366 m
Young's modulus (short)	:	E = 975 N/mm ²
Young's modulus (long)	:	E = 350 N/mm ²
Allowable stress (short)	:	S = 10 N/mm ²
Allowable stress (long)	:	S = 8 N/mm ²
Factor of importance (S)	:	S = 1,00
Unit weight pipeline material	:	gamma_s = 9,54 kN/m ³
Bedding angle	:	beta = 30 degrees
Load angle	:	alpha = 30 degrees
Moment coefficient soil top (indirect)	:	kt' = 0,078
Moment coefficient soil bottom (indirect)	:	kb' = 0,179
Moment coefficient soil top (direct)	:	kt = 0,257
Moment coefficient soil bottom (direct)	:	kb = 0,257
Deflection coefficient (indirect)	:	ky' = 0,071
Deflection coefficient (direct)	:	ky = 0,143
Maximal reduced vertical soil load (without safety factor)	:	q_v;r;n;max = 80 kN/m ²
Traffic load (without safety factor)	:	q_v = 0 kN/m ²
Max. vertical modulus of subgrade reaction (without safety factor)	:	k_v;max = 382951 kN/m ³
Used radius (excluding safety factors)	:	Rmin = 250,000 m
Load factor on installation	:	f_install = 1,00
Load factor on reduced neutral soil stress q_n;r	:	f_Qnr = 1,50
Load factor on design pressure	:	f_pd = 1,00
Load factor on design pressure (combination)	:	f_pd;comb = 1,00
Load factor on test pressure	:	f_pt = 1,00
Load factor on temperature	:	f_temp = 1,10
Load factor on traffic load	:	f_v = 1,35
Contingency factor on bending radius	:	f_R = 1,10
Contingency factor on modulus of subgrade reaction	:	f_kv = 2,00
Contingency factor on bending moment	:	f_k = 1,40
Total factor on pulling force for stoch. varia. and model uncertainty	:	f = 1,80
Linear settlement coefficient averaged between t1 and t2	:	alpha_g = 0,0001600 mm/mmK

8.2 Results Stress Analysis of Pipe 2: pipe nr. 2

In the calculation 5 load combinations are considered:

- Load combination 1A: start pull-back operation
- Load combination 1B: end of pull-back operation
- Load combination 2: application internal pressure
- Load combination 3: pipeline in operation, no inner pressure
- Load combination 4: pipeline in operation, pressure applied

The wall thickness is 28,7 mm. The calculation hereafter will prove that the pipeline wall thickness is sufficient. The calculations are in accordance with NEN 3650 series.

8.2.1 Load Combination 1A: Start Pullback Operation

Axial stress:

$$\begin{aligned} \text{Sigma}_b &= Mb/Wb = f_k E \cdot I_b / (R_{rol} \cdot Wb) &= & 0,43 & \text{N/mm}^2 \\ \text{Sigma}_t &= f \cdot f_{install} \cdot T1/A = f \cdot f_{install} (L_{rol} \cdot Q \cdot f1)/A &= & 0,63 & \text{N/mm}^2 \end{aligned}$$

Maximum axial stress $\Sigma_{a,max}$	=	0,91	N/mm ²
---------------------------------------	---	------	-------------------

In this load combination the tangential stress is negligible.

8.2.2 Load Combination 1B: End Pullback Operation

Axial stress:

$\Sigma_b = M_b/W_b = f_k \cdot E \cdot I_b / (R_{min} \cdot W_b)$	=	0,86	N/mm ²
--	---	------	-------------------

$\Sigma_t = f \cdot f_{install} \cdot T_{max}/A$	=	4,87	N/mm ²
--	---	------	-------------------

Maximum axial stress $\Sigma_{a,max}$	=	5,43	N/mm ²
---------------------------------------	---	------	-------------------

Tangential stress:

Load q_r on pipeline due to reaction of soil in bends (according to NEN 3650-1 annex 5 D3.3):

$$q_r = k_v \cdot y = (0.322 \cdot \lambda^2 \cdot E \cdot I) / (D_o \cdot R / f_R)$$

$\lambda = (f_{kv} \cdot k_v \cdot D_o / (4 \cdot E \cdot I))^{0.25}$	=	3,9E-3	1/mm
---	---	--------	------

q_r	=	0,0178	N/mm ²
-------	---	--------	-------------------

$\Sigma_{qr} = k' \cdot q_r \cdot (r_g / W_w) \cdot D_o$	=	1,05	N/mm ²
--	---	------	-------------------

Maximum tangential stress $\Sigma_{t,max}$	=	0,68	N/mm ²
--	---	------	-------------------

8.2.3 Load Combination 2: Application Internal Pressure

Due to internal pressure :

$\Sigma_{py} = f_{pd} \cdot p_d \cdot ((r_u^2 + r_i^2) / (r_u^2 - r_i^2))$	=	0,00	N/mm ²
--	---	------	-------------------

$\Sigma_{px} = 0.5 \cdot \Sigma_{py}$	=	0,00	N/mm ²
---------------------------------------	---	------	-------------------

$\Sigma_{ptest} = f_{pt} \cdot p_t \cdot ((r_u^2 + r_i^2) / (r_u^2 - r_i^2))$	=	0,00	N/mm ²
---	---	------	-------------------

8.2.4 Load Combination 3: In Operation (Situation without Pressure)

Axial stress:

$\Sigma_b = M_b/W_b = f_k \cdot E \cdot I_b / (R_{min} \cdot W_b)$	=	0,31	N/mm ²
--	---	------	-------------------

Maximum axial stress $\Sigma_{a,max}$	=	0,20	N/mm ²
---------------------------------------	---	------	-------------------

Tangential stress:

$\Sigma_{qr} = k' \cdot q_r \cdot (r_g / W_w) \cdot D_o$	=	0,63	N/mm ²
--	---	------	-------------------

$\Sigma_{qn} = k \cdot q_n \cdot (r_g / W_w) \cdot D_o$	=	10,15	N/mm ²
---	---	-------	-------------------

Maximum tangential stress $\Sigma_{t,max}$	=	7,01	N/mm ²
--	---	------	-------------------

8.2.5 Load Combination 4: In Operation (with Internal Pressure)

Axial stress:

$\Sigma_b = M_b/W_b = f_k \cdot E \cdot I_b / (R_{min} \cdot W_b)$	=	0,31	N/mm ²
--	---	------	-------------------

Due to internal pressure :

$\Sigma_{py} = f_{pd} \cdot p_d \cdot ((r_u^2 + r_i^2) / (r_u^2 - r_i^2))$	=	0,00	N/mm ²
--	---	------	-------------------

$\text{Sigma}_{px} = 0.5 \cdot \text{Sigma}_{py}$	=	0,00	N/mm ²
$\text{Sigma}_{ptest} = f_{pt} \cdot pt \cdot ((ru^2 + ri^2)/(ru^2 - ri^2))$	=	0,00	N/mm ²
$\text{Sigma}_{Temp} = dt \cdot \text{gamma}_t \cdot \text{alpha}_g \cdot E$	=	0,00	N/mm ²
Maximum axial stress $\text{Sigma}_{a,max}$	=	0,20	N/mm ²
Tangential stress:			
$\text{Sigma}_{qr} = k' \cdot qr \cdot (rg/Ww) \cdot Do$	=	0,63	N/mm ²
$\text{Sigma}_{qn} = k \cdot qn \cdot (rg/Ww) \cdot Do$	=	10,15	N/mm ²
Rerounding factor F_{rr}	=	1,000	
Rerounding factor F'_{rr}	=	1,000	
$\text{Sigma}_{t,max} = \text{Sigma}_{py} + ((F'_{rr} \cdot \text{Sigma}_{qr}) + (F_{rr} \cdot \text{Sigma}_{qn}))$			
Maximum tangential stress $\text{Sigma}_{t,max}$	=	7,01	N/mm ²

8.3 Check on Calculated Stresses of Pipe 2: pipe nr. 2

Load combination 1

- $\text{Sigma}_{AxMax} < \text{ShortStrength} \cdot \text{DamageFactor}$
- $\text{Sigma}_{TanMax} < \text{ShortStrength} \cdot \text{DamageFactor}$

Load combination 2

- $\text{Sigma}_{ptest} < \text{ShortStrength} \cdot \text{DamageFactor}$
- $\text{Sigma}_{py} < \text{LongStrength} \cdot \text{DamageFactor}$

Load combination 3

- $\text{Sigma}_{AxMax} < \text{LongStrength} \cdot \text{DamageFactor}$
- $\text{Sigma}_{TanMax} < \text{LongStrength} \cdot \text{DamageFactor}$

Load combination 4

- $\text{Sigma}_{AxMax} < \text{LongStrength} \cdot \text{DamageFactor}$
- $\text{Sigma}_{TanMax} < \text{LongStrength} \cdot \text{DamageFactor}$

All stresses in all conditions are allowable.

	Max allowable stress [N/mm ²]	Load combination 1A	Load combination 1B	Load combination 2	Load combination 3	Load combination 4
Sigma_{ptest}	10,00 (short)	-	-	0,00	-	-
Sigma_{py}	8,00 (long)	-	-	0,00	-	-
Sigma_{axial}	10,00 (short)	0,91	5,43	-	-	-
Sigma_{axial}	8,00 (long)	-	-	-	0,20	0,20
$\text{Sigma}_{tang...}$	10,00 (short)	-	0,68	-	-	-
$\text{Sigma}_{tang...}$	8,00 (long)	-	-	-	7,01	7,01

Stresses in pipeline [N/mm²]

The deflection of the pipeline is 14,1 mm (4,49% x Do). The maximum allowable deflection of the pipeline is 25,2 mm (8,00% x S x Do). The deflection is allowable.

For piggability the maximum allowable deflection of the pipeline is 15,8 mm (5,00% x Do). The deflection is allowable.

8.4 Check for Implosion of Pipe 2: pipe nr. 2

During the pullback operation the drilling fluid gives an external pressure. The highest minimum required drilling fluid pressure during the pullback operation is 308 kN/m², this is less than the maximum allowable external pressure of 1559 kN/m².

In operation, the water pressure at the lowest point of the drilling gives an external pressure. The maximum water pressure equals 241 kN/m², this is less than the maximum allowable external pressure of 280 kN/m².

9 Stress Analysis of Pipe 3: pipe nr. 3

9.1 Material Data of Pipe 3: pipe nr. 3

The list with data and issues is shown hereafter:

Material pipeline	:	Polyethene PE100
Outer diameter	:	Do = 315,00 mm
Wall thickness	:	t = 28,70 mm
Design pressure	:	pd = 0,00 bar
Test pressure	:	pt = 0,00 bar
Temperature variation	:	dt = 0,00 deg Celcius
Length pipeline	:	L = 366 m
Young's modulus (short)	:	E = 975 N/mm ²
Young's modulus (long)	:	E = 350 N/mm ²
Allowable stress (short)	:	S = 10 N/mm ²
Allowable stress (long)	:	S = 8 N/mm ²
Factor of importance (S)	:	S = 1,00
Unit weight pipeline material	:	gamma_s = 9,54 kN/m ³
Bedding angle	:	beta = 30 degrees
Load angle	:	alpha = 30 degrees
Moment coefficient soil top (indirect)	:	kt' = 0,078
Moment coefficient soil bottom (indirect)	:	kb' = 0,179
Moment coefficient soil top (direct)	:	kt = 0,257
Moment coefficient soil bottom (direct)	:	kb = 0,257
Deflection coefficient (indirect)	:	ky' = 0,071
Deflection coefficient (direct)	:	ky = 0,143
Maximal reduced vertical soil load (without safety factor)	:	q_v;r;n;max = 80 kN/m ²
Traffic load (without safety factor)	:	q_v = 0 kN/m ²
Max. vertical modulus of subgrade reaction (without safety factor)	:	k_v;max = 382951 kN/m ³
Used radius (excluding safety factors)	:	Rmin = 250,000 m
Load factor on installation	:	f_install = 1,00
Load factor on reduced neutral soil stress q_n;r	:	f_Qnr = 1,50
Load factor on design pressure	:	f_pd = 1,00
Load factor on design pressure (combination)	:	f_pd;comb = 1,00
Load factor on test pressure	:	f_pt = 1,00
Load factor on temperature	:	f_temp = 1,10
Load factor on traffic load	:	f_v = 1,35
Contingency factor on bending radius	:	f_R = 1,10
Contingency factor on modulus of subgrade reaction	:	f_kv = 2,00
Contingency factor on bending moment	:	f_k = 1,40
Total factor on pulling force for stoch. varia. and model uncertainty	:	f = 1,80
Linear settlement coefficient averaged between t1 and t2	:	alpha_g = 0,0001600 mm/mmK

9.2 Results Stress Analysis of Pipe 3: pipe nr. 3

In the calculation 5 load combinations are considered:

- Load combination 1A: start pull-back operation
- Load combination 1B: end of pull-back operation
- Load combination 2: application internal pressure
- Load combination 3: pipeline in operation, no inner pressure
- Load combination 4: pipeline in operation, pressure applied

The wall thickness is 28,7 mm. The calculation hereafter will prove that the pipeline wall thickness is sufficient. The calculations are in accordance with NEN 3650 series.

9.2.1 Load Combination 1A: Start Pullback Operation

Axial stress:

$$\sigma_b = M_b/W_b = f_k E \cdot I_b / (R_{rol} \cdot W_b) = 0,43 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_t = f \cdot f_{install} \cdot T_1/A = f \cdot f_{install} (L_{rol} \cdot Q \cdot f_1)/A = 0,63 \text{ N/mm}^2$$

Maximum axial stress $\Sigma_{a,max}$	=	0,91	N/mm ²
---------------------------------------	---	------	-------------------

In this load combination the tangential stress is negligible.

9.2.2 Load Combination 1B: End Pullback Operation

Axial stress:

$$\Sigma_b = Mb/Wb = f_k \cdot E \cdot I_b / (R_{min} \cdot Wb) = 0,86 \text{ N/mm}^2$$

$$\Sigma_t = f \cdot f_{install} \cdot T_{max}/A = 4,87 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Maximum axial stress } \Sigma_{a,max} = 5,43 \text{ N/mm}^2$$

Tangential stress:

Load q_r on pipeline due to reaction of soil in bends (according to NEN 3650-1 annex 5 D3.3):

$$q_r = k_v \cdot y = (0.322 \cdot \Lambda^2 \cdot E \cdot I) / (D_o \cdot R / f_R)$$

$$\Lambda = (f_{kv} \cdot k_v \cdot D_o / (4 \cdot E \cdot I))^{0.25} = 3,9E-3 \text{ 1/mm}$$

$$q_r = 0,0178 \text{ N/mm}^2$$

$$\Sigma_{qr} = k' \cdot q_r \cdot (r_g / W_w) \cdot D_o = 1,05 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Maximum tangential stress } \Sigma_{t,max} = 0,68 \text{ N/mm}^2$$

9.2.3 Load Combination 2: Application Internal Pressure

Due to internal pressure :

$$\Sigma_{py} = f_{pd} \cdot p_d \cdot ((r_u^2 + r_i^2) / (r_u^2 - r_i^2)) = 0,00 \text{ N/mm}^2$$

$$\Sigma_{px} = 0.5 \cdot \Sigma_{py} = 0,00 \text{ N/mm}^2$$

$$\Sigma_{ptest} = f_{pt} \cdot p_t \cdot ((r_u^2 + r_i^2) / (r_u^2 - r_i^2)) = 0,00 \text{ N/mm}^2$$

9.2.4 Load Combination 3: In Operation (Situation without Pressure)

Axial stress:

$$\Sigma_b = Mb/Wb = f_k \cdot E \cdot I_b / (R_{min} \cdot Wb) = 0,31 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Maximum axial stress } \Sigma_{a,max} = 0,20 \text{ N/mm}^2$$

Tangential stress:

$$\Sigma_{qr} = k' \cdot q_r \cdot (r_g / W_w) \cdot D_o = 0,63 \text{ N/mm}^2$$

$$\Sigma_{qn} = k \cdot q_n \cdot (r_g / W_w) \cdot D_o = 10,15 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Maximum tangential stress } \Sigma_{t,max} = 7,01 \text{ N/mm}^2$$

9.2.5 Load Combination 4: In Operation (with Internal Pressure)

Axial stress:

$$\Sigma_b = Mb/Wb = f_k \cdot E \cdot I_b / (R_{min} \cdot Wb) = 0,31 \text{ N/mm}^2$$

Due to internal pressure :

$$\Sigma_{py} = f_{pd} \cdot p_d \cdot ((r_u^2 + r_i^2) / (r_u^2 - r_i^2)) = 0,00 \text{ N/mm}^2$$

$\text{Sigma}_{px} = 0.5 \cdot \text{Sigma}_{py}$	=	0,00	N/mm ²
$\text{Sigma}_{ptest} = f_{pt} \cdot pt \cdot ((ru^2 + ri^2)/(ru^2 - ri^2))$	=	0,00	N/mm ²
$\text{Sigma}_{Temp} = dt \cdot \text{gamma}_t \cdot \text{alpha}_g \cdot E$	=	0,00	N/mm ²
Maximum axial stress $\text{Sigma}_{a,max}$	=	0,20	N/mm ²
Tangential stress:			
$\text{Sigma}_{qr} = k' \cdot qr \cdot (rg/Ww) \cdot Do$	=	0,63	N/mm ²
$\text{Sigma}_{qn} = k \cdot qn \cdot (rg/Ww) \cdot Do$	=	10,15	N/mm ²
Rerounding factor F_{rr}	=	1,000	
Rerounding factor F'_{rr}	=	1,000	
$\text{Sigma}_{t,max} = \text{Sigma}_{py} + ((F'_{rr} \cdot \text{Sigma}_{qr}) + (F_{rr} \cdot \text{Sigma}_{qn}))$			
Maximum tangential stress $\text{Sigma}_{t,max}$	=	7,01	N/mm ²

9.3 Check on Calculated Stresses of Pipe 3: pipe nr. 3

Load combination 1

- $\text{Sigma}_{AxMax} < \text{ShortStrength} \cdot \text{DamageFactor}$
- $\text{Sigma}_{TanMax} < \text{ShortStrength} \cdot \text{DamageFactor}$

Load combination 2

- $\text{Sigma}_{ptest} < \text{ShortStrength} \cdot \text{DamageFactor}$
- $\text{Sigma}_{py} < \text{LongStrength} \cdot \text{DamageFactor}$

Load combination 3

- $\text{Sigma}_{AxMax} < \text{LongStrength} \cdot \text{DamageFactor}$
- $\text{Sigma}_{TanMax} < \text{LongStrength} \cdot \text{DamageFactor}$

Load combination 4

- $\text{Sigma}_{AxMax} < \text{LongStrength} \cdot \text{DamageFactor}$
- $\text{Sigma}_{TanMax} < \text{LongStrength} \cdot \text{DamageFactor}$

All stresses in all conditions are allowable.

	Max allowable stress [N/mm ²]	Load combination 1A	Load combination 1B	Load combination 2	Load combination 3	Load combination 4
Sigma_{ptest}	10,00 (short)	-	-	0,00	-	-
Sigma_{py}	8,00 (long)	-	-	0,00	-	-
Sigma_{axial}	10,00 (short)	0,91	5,43	-	-	-
Sigma_{axial}	8,00 (long)	-	-	-	0,20	0,20
$\text{Sigma}_{tang...}$	10,00 (short)	-	0,68	-	-	-
$\text{Sigma}_{tang...}$	8,00 (long)	-	-	-	7,01	7,01

Stresses in pipeline [N/mm²]

The deflection of the pipeline is 14,1 mm (4,49% x Do). The maximum allowable deflection of the pipeline is 25,2 mm (8,00% x S x Do). The deflection is allowable.

For piggability the maximum allowable deflection of the pipeline is 15,8 mm (5,00% x Do). The deflection is allowable.

9.4 Check for Implosion of Pipe 3: pipe nr. 3

During the pullback operation the drilling fluid gives an external pressure. The highest minimum required drilling fluid pressure during the pullback operation is 308 kN/m², this is less than the maximum allowable external pressure of 1559 kN/m².

In operation, the water pressure at the lowest point of the drilling gives an external pressure. The maximum water pressure equals 241 kN/m², this is less than the maximum allowable external pressure of 280 kN/m².

10 Stress Analysis of Pipe 4: pipe nr. 4

10.1 Material Data of Pipe 4: pipe nr. 4

The list with data and issues is shown hereafter:

Material pipeline	:	Polyethene PE100
Outer diameter	:	Do = 315,00 mm
Wall thickness	:	t = 28,70 mm
Design pressure	:	pd = 0,00 bar
Test pressure	:	pt = 0,00 bar
Temperature variation	:	dt = 0,00 deg Celcius
Length pipeline	:	L = 366 m
Young's modulus (short)	:	E = 975 N/mm ²
Young's modulus (long)	:	E = 350 N/mm ²
Allowable stress (short)	:	S = 10 N/mm ²
Allowable stress (long)	:	S = 8 N/mm ²
Factor of importance (S)	:	S = 1,00
Unit weight pipeline material	:	gamma_s = 9,54 kN/m ³
Bedding angle	:	beta = 30 degrees
Load angle	:	alpha = 30 degrees
Moment coefficient soil top (indirect)	:	kt' = 0,078
Moment coefficient soil bottom (indirect)	:	kb' = 0,179
Moment coefficient soil top (direct)	:	kt = 0,257
Moment coefficient soil bottom (direct)	:	kb = 0,257
Deflection coefficient (indirect)	:	ky' = 0,071
Deflection coefficient (direct)	:	ky = 0,143
Maximal reduced vertical soil load (without safety factor)	:	q_v;r;n;max = 80 kN/m ²
Traffic load (without safety factor)	:	q_v = 0 kN/m ²
Max. vertical modulus of subgrade reaction (without safety factor)	:	k_v;max = 382951 kN/m ³
Used radius (excluding safety factors)	:	Rmin = 250,000 m
Load factor on installation	:	f_install = 1,00
Load factor on reduced neutral soil stress q_n;r	:	f_Qnr = 1,50
Load factor on design pressure	:	f_pd = 1,00
Load factor on design pressure (combination)	:	f_pd;comb = 1,00
Load factor on test pressure	:	f_pt = 1,00
Load factor on temperature	:	f_temp = 1,10
Load factor on traffic load	:	f_v = 1,35
Contingency factor on bending radius	:	f_R = 1,10
Contingency factor on modulus of subgrade reaction	:	f_kv = 2,00
Contingency factor on bending moment	:	f_k = 1,40
Total factor on pulling force for stoch. varia. and model uncertainty	:	f = 1,80
Linear settlement coefficient averaged between t1 and t2	:	alpha_g = 0,0001600 mm/mmK

10.2 Results Stress Analysis of Pipe 4: pipe nr. 4

In the calculation 5 load combinations are considered:

- Load combination 1A: start pull-back operation
- Load combination 1B: end of pull-back operation
- Load combination 2: application internal pressure
- Load combination 3: pipeline in operation, no inner pressure
- Load combination 4: pipeline in operation, pressure applied

The wall thickness is 28,7 mm. The calculation hereafter will prove that the pipeline wall thickness is sufficient. The calculations are in accordance with NEN 3650 series.

10.2.1 Load Combination 1A: Start Pullback Operation

Axial stress:

$$\sigma_b = M_b/W_b = f_k E \cdot I_b / (R_{rol} \cdot W_b) = 0,43 \quad \text{N/mm}^2$$

$$\sigma_t = f \cdot f_{install} \cdot T_1/A = f \cdot f_{install} (L_{rol} \cdot Q \cdot f_1)/A = 0,63 \quad \text{N/mm}^2$$

Maximum axial stress $\Sigma_{a,max}$	=	0,91	N/mm ²
---------------------------------------	---	------	-------------------

In this load combination the tangential stress is negligible.

10.2.2 Load Combination 1B: End Pullback Operation

Axial stress:

$\Sigma_b = M_b/W_b = f_k \cdot E \cdot I_b / (R_{min} \cdot W_b)$	=	0,86	N/mm ²
--	---	------	-------------------

$\Sigma_t = f \cdot f_{install} \cdot T_{max}/A$	=	4,87	N/mm ²
--	---	------	-------------------

Maximum axial stress $\Sigma_{a,max}$	=	5,43	N/mm ²
---------------------------------------	---	------	-------------------

Tangential stress:

Load q_r on pipeline due to reaction of soil in bends (according to NEN 3650-1 annex 5 D3.3):

$$q_r = k_v \cdot y = (0.322 \cdot \lambda^2 \cdot E \cdot I) / (D_o \cdot R / f_R)$$

$\lambda = (f_{kv} \cdot k_v \cdot D_o / (4 \cdot E \cdot I))^{0.25}$	=	3,9E-3	1/mm
---	---	--------	------

q_r	=	0,0178	N/mm ²
-------	---	--------	-------------------

$\Sigma_{qr} = k' \cdot q_r \cdot (r_g / W_w) \cdot D_o$	=	1,05	N/mm ²
--	---	------	-------------------

Maximum tangential stress $\Sigma_{t,max}$	=	0,68	N/mm ²
--	---	------	-------------------

10.2.3 Load Combination 2: Application Internal Pressure

Due to internal pressure :

$\Sigma_{py} = f_{pd} \cdot p_d \cdot ((r_u^2 + r_i^2) / (r_u^2 - r_i^2))$	=	0,00	N/mm ²
--	---	------	-------------------

$\Sigma_{px} = 0.5 \cdot \Sigma_{py}$	=	0,00	N/mm ²
---------------------------------------	---	------	-------------------

$\Sigma_{ptest} = f_{pt} \cdot p_t \cdot ((r_u^2 + r_i^2) / (r_u^2 - r_i^2))$	=	0,00	N/mm ²
---	---	------	-------------------

10.2.4 Load Combination 3: In Operation (Situation without Pressure)

Axial stress:

$\Sigma_b = M_b/W_b = f_k \cdot E \cdot I_b / (R_{min} \cdot W_b)$	=	0,31	N/mm ²
--	---	------	-------------------

Maximum axial stress $\Sigma_{a,max}$	=	0,20	N/mm ²
---------------------------------------	---	------	-------------------

Tangential stress:

$\Sigma_{qr} = k' \cdot q_r \cdot (r_g / W_w) \cdot D_o$	=	0,63	N/mm ²
--	---	------	-------------------

$\Sigma_{qn} = k \cdot q_n \cdot (r_g / W_w) \cdot D_o$	=	10,15	N/mm ²
---	---	-------	-------------------

Maximum tangential stress $\Sigma_{t,max}$	=	7,01	N/mm ²
--	---	------	-------------------

10.2.5 Load Combination 4: In Operation (with Internal Pressure)

Axial stress:

$\Sigma_b = M_b/W_b = f_k \cdot E \cdot I_b / (R_{min} \cdot W_b)$	=	0,31	N/mm ²
--	---	------	-------------------

Due to internal pressure :

$\Sigma_{py} = f_{pd} \cdot p_d \cdot ((r_u^2 + r_i^2) / (r_u^2 - r_i^2))$	=	0,00	N/mm ²
--	---	------	-------------------

$\text{Sigma}_{px} = 0.5 \cdot \text{Sigma}_{py}$	=	0,00	N/mm ²
$\text{Sigma}_{ptest} = f_{pt} \cdot pt \cdot ((ru^2 + ri^2)/(ru^2 - ri^2))$	=	0,00	N/mm ²
$\text{Sigma}_{Temp} = dt \cdot \text{gamma}_t \cdot \text{alpha}_g \cdot E$	=	0,00	N/mm ²
Maximum axial stress $\text{Sigma}_{a,max}$	=	0,20	N/mm ²
Tangential stress:			
$\text{Sigma}_{qr} = k' \cdot qr \cdot (rg/Ww) \cdot Do$	=	0,63	N/mm ²
$\text{Sigma}_{qn} = k \cdot qn \cdot (rg/Ww) \cdot Do$	=	10,15	N/mm ²
Rerounding factor F_{rr}	=	1,000	
Rerounding factor F'_{rr}	=	1,000	
$\text{Sigma}_{t,max} = \text{Sigma}_{py} + ((F'_{rr} \cdot \text{Sigma}_{qr}) + (F_{rr} \cdot \text{Sigma}_{qn}))$			
Maximum tangential stress $\text{Sigma}_{t,max}$	=	7,01	N/mm ²

10.3 Check on Calculated Stresses of Pipe 4: pipe nr. 4

Load combination 1

- $\text{Sigma}_{AxMax} < \text{ShortStrength} \cdot \text{DamageFactor}$
- $\text{Sigma}_{TanMax} < \text{ShortStrength} \cdot \text{DamageFactor}$

Load combination 2

- $\text{Sigma}_{ptest} < \text{ShortStrength} \cdot \text{DamageFactor}$
- $\text{Sigma}_{py} < \text{LongStrength} \cdot \text{DamageFactor}$

Load combination 3

- $\text{Sigma}_{AxMax} < \text{LongStrength} \cdot \text{DamageFactor}$
- $\text{Sigma}_{TanMax} < \text{LongStrength} \cdot \text{DamageFactor}$

Load combination 4

- $\text{Sigma}_{AxMax} < \text{LongStrength} \cdot \text{DamageFactor}$
- $\text{Sigma}_{TanMax} < \text{LongStrength} \cdot \text{DamageFactor}$

All stresses in all conditions are allowable.

	Max allowable stress [N/mm ²]	Load combination 1A	Load combination 1B	Load combination 2	Load combination 3	Load combination 4
Sigma_{ptest}	10,00 (short)	-	-	0,00	-	-
Sigma_{py}	8,00 (long)	-	-	0,00	-	-
Sigma_{axial}	10,00 (short)	0,91	5,43	-	-	-
Sigma_{axial}	8,00 (long)	-	-	-	0,20	0,20
$\text{Sigma}_{tang...}$	10,00 (short)	-	0,68	-	-	-
$\text{Sigma}_{tang...}$	8,00 (long)	-	-	-	7,01	7,01

Stresses in pipeline [N/mm²]

The deflection of the pipeline is 14,1 mm (4,49% x Do). The maximum allowable deflection of the pipeline is 25,2 mm (8,00% x S x Do). The deflection is allowable.

For piggability the maximum allowable deflection of the pipeline is 15,8 mm (5,00% x Do). The deflection is allowable.

10.4 Check for Implosion of Pipe 4: pipe nr. 4

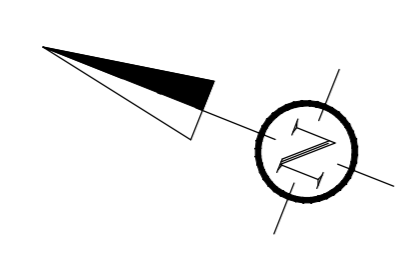
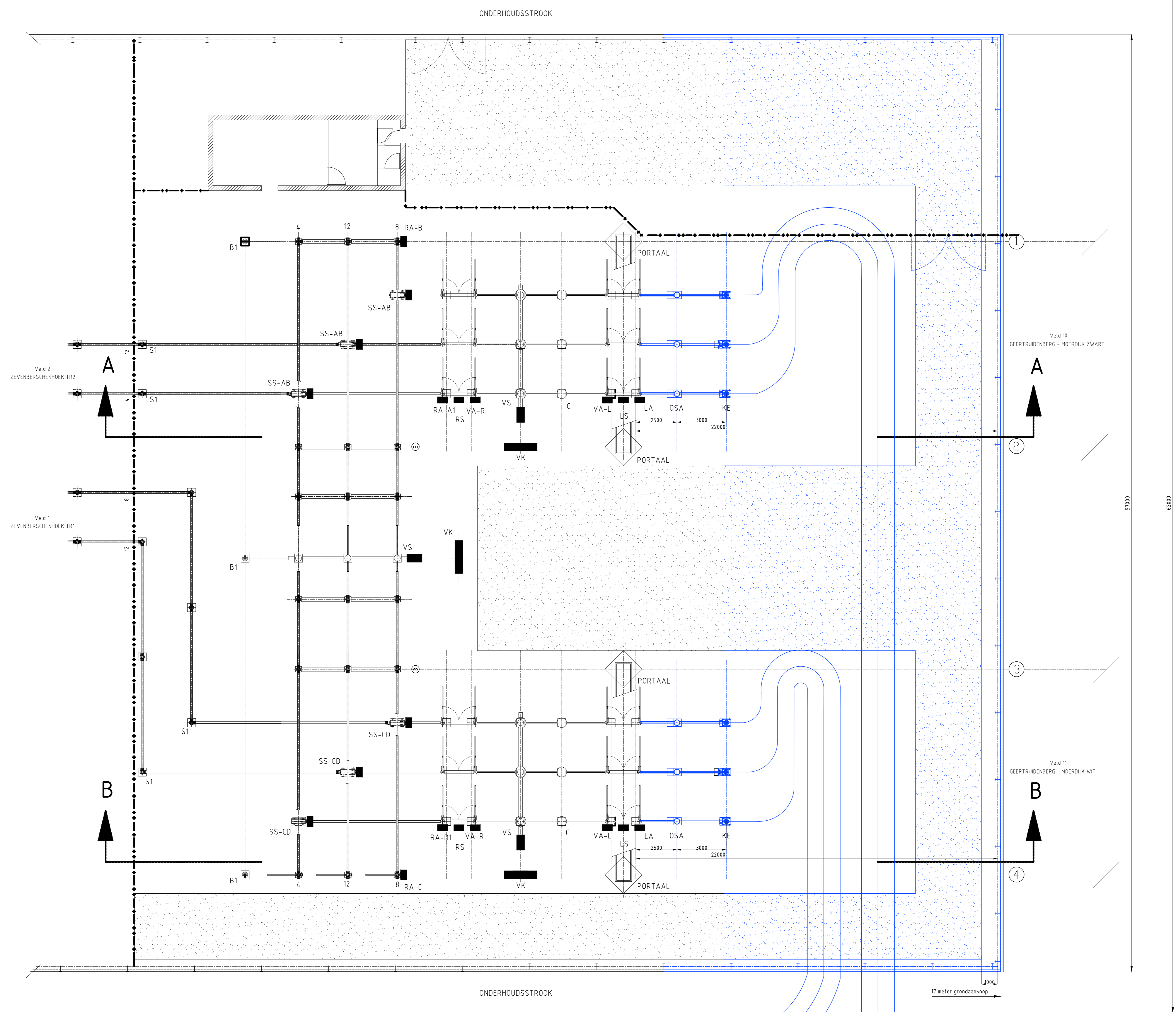
During the pullback operation the drilling fluid gives an external pressure. The highest minimum required drilling fluid pressure during the pullback operation is 308 kN/m², this is less than the maximum allowable external pressure of 1559 kN/m².

In operation, the water pressure at the lowest point of the drilling gives an external pressure. The maximum water pressure equals 241 kN/m², this is less than the maximum allowable external pressure of 280 kN/m².

End of Report

E *Station Zevenbergschenhoek*

E.1 Plattegrond

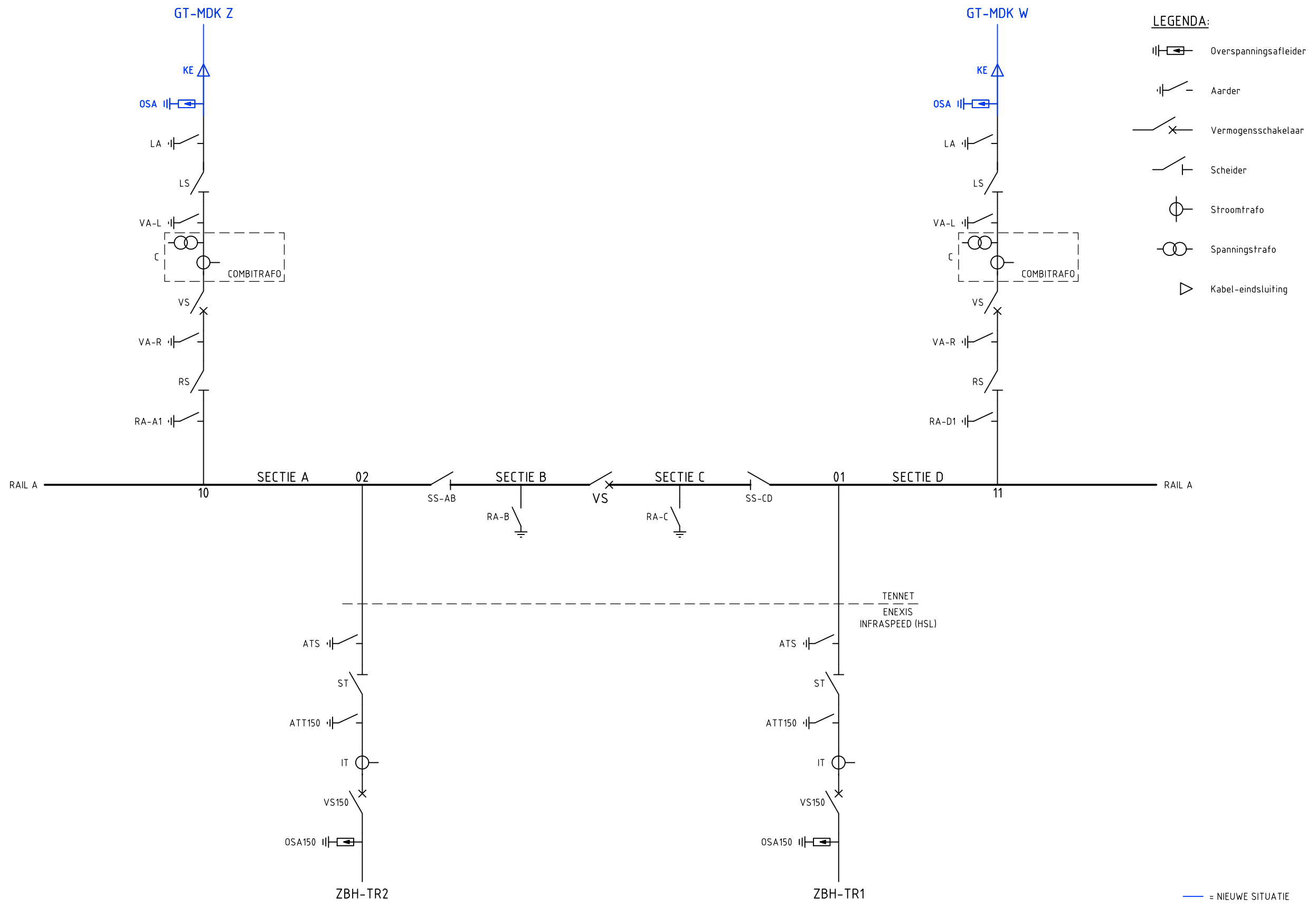


— = NIEUWE SITUATIE

150kV station Zevenbergschenhoek		Definitief voor vergunningen	
Revisie	Revisie datum	Revisie of reden	Revisie
1	15-03-2022	Definitief voor vergunningen	E-TargeT
Projectnummer:	002.678.20	Type:	
Ordering:	B-200582	Ontwerp:	
Project:	Plaftegrond opstelling apparaten gebouw	Document Code:	
Project:		Project:	
 Taking power further		Dispersie nummer:	

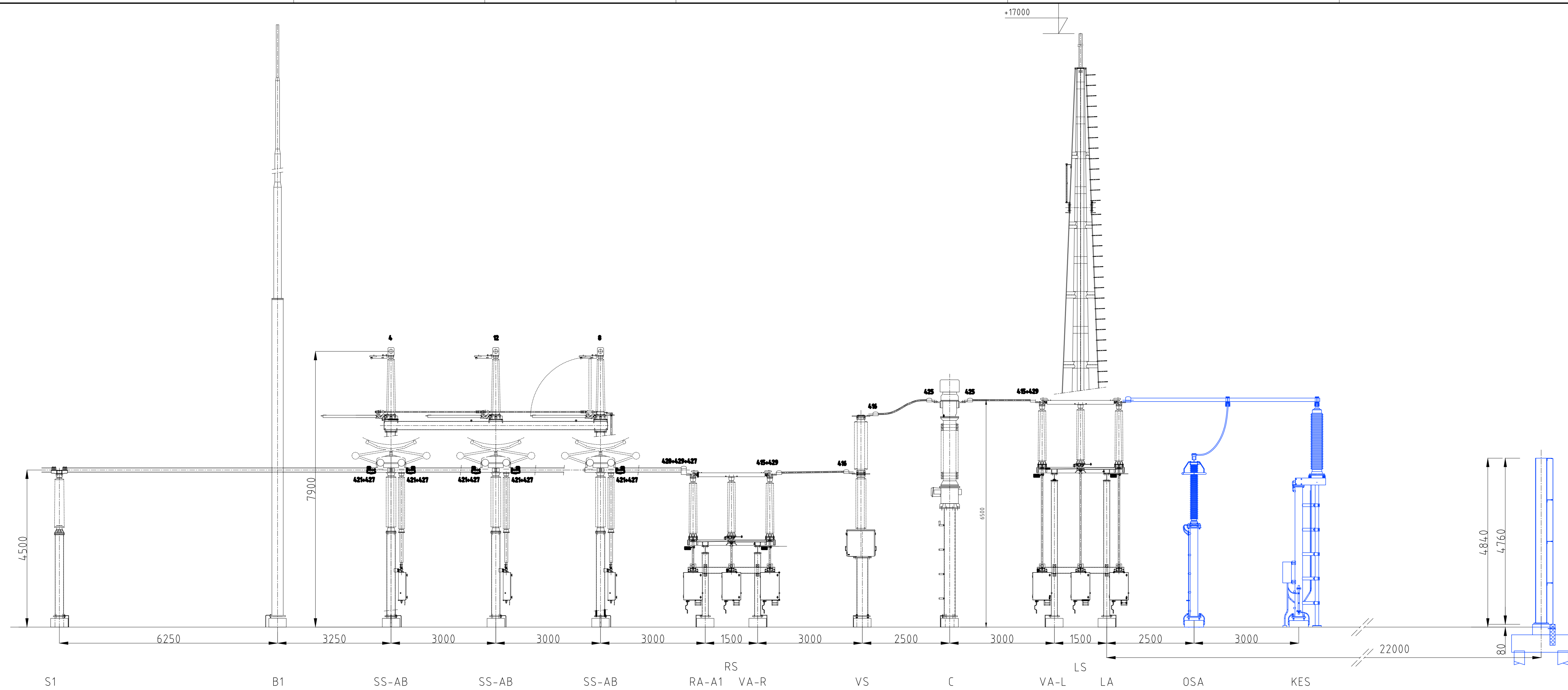
E.2 Situatietekening

E.3 Single line

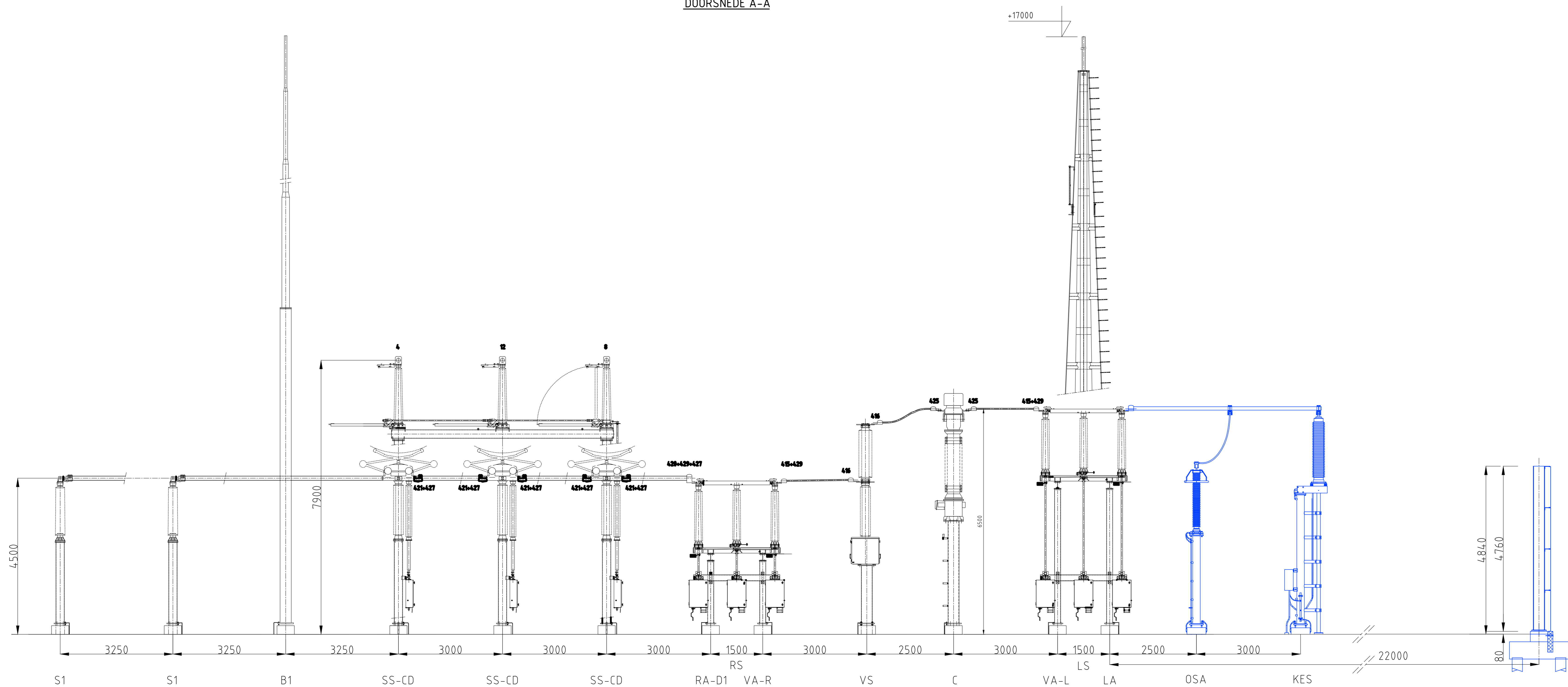


Name Station Zevenbergschenhoek 150				Status Definitief voor vergunningen				
Relationship	Rev.	Revision date	Description of revision	Drawn by:	As-Built date	Scale	Format	Object ID
Projectnummer: 002.678.20	07	25-03-2022	Definitief voor vergunningen	E-Target		nvt	A3	ZBH150
				Topic	Primair			Description:
				Category	Schema			Single line
				Document Code	Grondschem			Document number:
Former Drawing Number: ZBH150-00-11-0001							80017-12-01003	

E.4 Doorsneden velden



GEERTRUIDENBERG-MOERDIJK ZWART
DOORSNEDE A-A



GEERTRUIDENBERG-MOERDIJK WIT
DOORSNEDE B-B

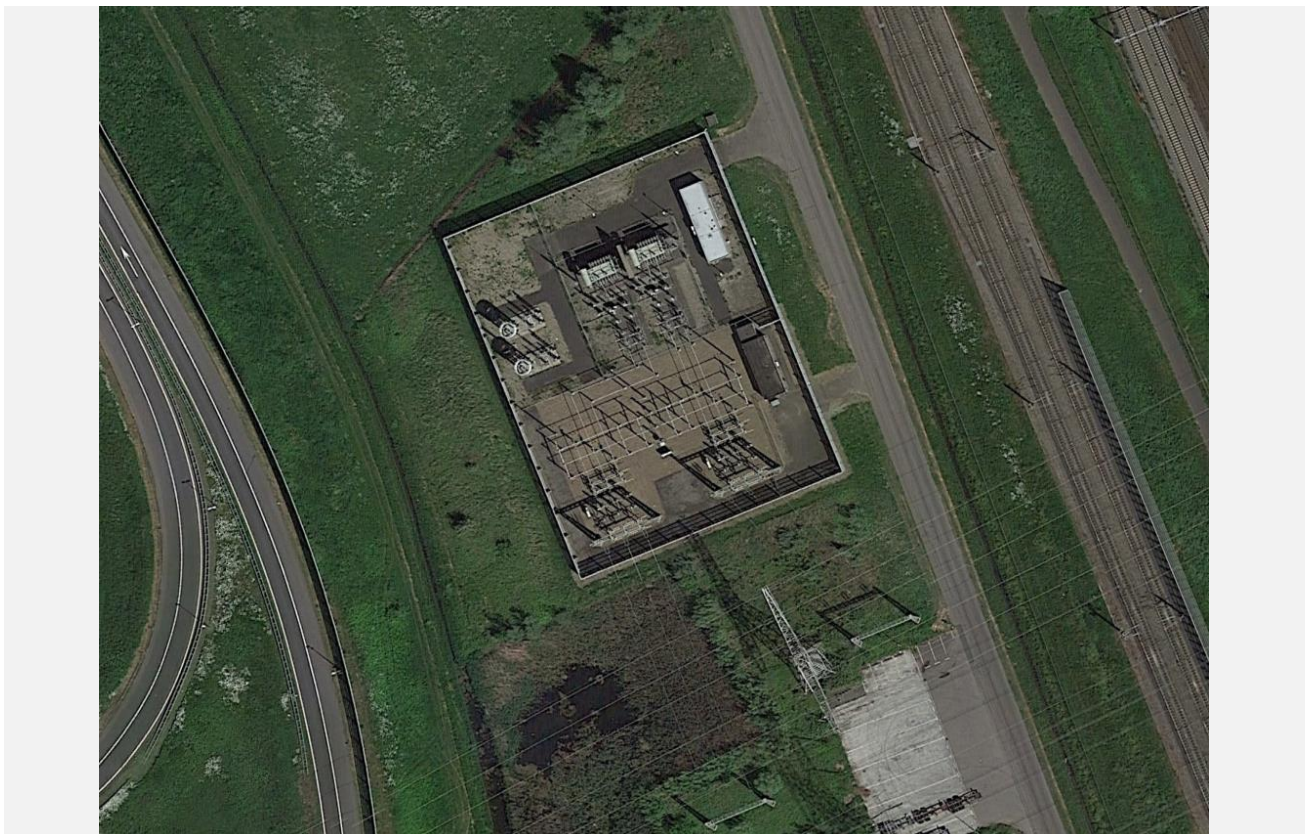
150kV Station Zevenbergschenhoek		Definitief voor vergunningen	
Rev. 01	Revisie datum	Rev. 01	Revisie datum
F 15-03-2022 Definitief voor vergunningen		E-Target	
Projectnummer:	002.678.20	Scale:	1:50
Project:	P-063724-1	Formaat:	A3
Doorsneden Veld 10 en Veld 11		Doorsneden	
		Taking power further	

E.5 Constructieve uitgangspuntenrapport

WB180902

CONSTRUCTIEF UITGANGSPUNTENRAPPORT UITBREIDING ZBH150

13 december 2021



WSP
UTRECHTSEWEG 310, GEBOUW B50,
6812 AR ARNHEM

+31 (0)88 910 20 00

wsp.com

PROJECTNUMMER
WB180902

DOCUMENTNUMMER
WB180902-R02, versie 2.0

RAPPORTHISTORIE

0.1	05-11-2021	Werkversie
0.2	18-11-2021	Interne review
0.3	22-11-2021	Verwerken opmerkingen interne review
1.0	22-11-2021	Concept
1.1	13-12-2021	Verwerken opmerkingen TenneT
2.0	13-12-2021	Definitief

VERANTWOORDING




PRIVATE Copyright © WSP, Doorwerth, the Netherlands. All rights reserved.

Dit document bevat vertrouwelijke informatie. Overdracht van de informatie aan derden zonder schriftelijke toestemming van of namens WSP is verboden. Hetzelfde geldt voor het kopiëren van het document of een gedeelte daarvan.

WSP en/of de met haar gelieerde maatschappijen zijn niet aansprakelijk voor enige directe, indirecte, bijkomstige of gevolgschade ontstaan door of bij het gebruik van de informatie of gegevens uit dit document, of door de onmogelijkheid die informatie of gegevens te gebruiken.

AUTORISATIE

PROJECTNUMMER	DOCUMENTNUMMER	VERSIE	STATUS
WB180902	WB180902-R02	2.0	Definitief

OPGESTELD DOOR	FUNCTIE	DATUM
	Constructeur	22-11-2021
GEVERIFIEERD DOOR	FUNCTIE	DATUM
	Constructeur	18-11-2021
GOEDGEKEURD DOOR	FUNCTIE	DATUM
	Projectleider	18-11-2021

INHOUDS- OPGAVE

1	ALGEMEEN	4
1.1	Gerelateerde documenten	4
2	UITGANGSPUNTEN	5
2.1	algemene uitgangspunten	5
2.2	grondwaterstand	6
2.3	Globale grondeigenschappen	7
3	BESTAANDE SITUATIE	8
4	TOEKOMSTIGE SITUATIE	9
4.1	Rondweg	9
5	CONSTRUCTIEVE OPZET VELDAANPASSING	10
5.1	Veld 10 en veld 11 (lijnvelden naar kabelvelden)	10
5.1.1	Bovenbouw	11
5.1.2	Fundering	12
6	BELASTINGEN	15
6.1	aanpassing veld 10 en veld 11	15
6.1.1	Bovenbouw	15
6.1.2	Fundering	16
	Bijlage A	
	— D-200233-1 Sondeer en boorpunten rapport	
	Bijlage B	
	— D-200657 Berekening paalfundaties hekwerk bedieningsgebouw EG01	

1 ALGEMEEN

Het bestaande hoogspanningsstation 150kV Zevenbergschenhoek (ZBH150) zal in de toekomst worden uitgebreid. De uitbreiding omvat op hoofdlijnen de volgende elementen:

- Bouwrijp maken nieuw aangekochte grond
- Verwijderen deel hekwerk en plaatsen nieuw hekwerk
- Slopen gedeelte bestaande wegverharding achter portalen
- Ombouwen twee lijnvelden naar kabelvelden
 - o Plaatsen OSA en KE
- Uitbreiden rondweg

Ten behoeven van het project Zuidwest 380 Oost zal het bestaande 150kV hoogspanningsstation Zevenbergschenhoek omgebouwd moeten worden. De bestaande lijn GT-ZBH-MDK150 komt op dit moment binnen middels twee lijnvelden (veld 10 en veld 11). T.b.v. de toekomstige lijnaanpassing zullen deze lijnvelden omgebouwd worden tot kabelvelden. De lijnen zullen verwijderd worden en aan de zuidzijde van het portaal zullen een OSA en een kabeleindsluiting geplaatst worden.

Om ruimte te maken voor de veldaanpassing en de kabels, zal extra grond aangekocht worden ten zuiden van het station. Het hekwerk zal hierop aangepast moeten worden, tevens zal een gedeelte van de naastgelegen vijver gedempt moeten worden en zal het terrein bouwrijp gemaakt moeten worden.

In onderstaande situatietekening is de beoogde toekomstige situatie weergegeven.



Figuur 1 - Situatietekening toekomstige situatie

Legenda:

donkerblauw = bovengrondse hoogspanningslijnen

cyaan/geel = ondergronds kabelverbinding

oranje/zwart = nieuw werkterrein

zwart= perceelgrens

1.1 GERELATEERDE DOCUMENTEN

De volgende documenten zijn gerelateerd aan deze rapportage:

Documentnr.	Revisie	Datum	Omschrijving
D-200657	-	22-03-2005	Berekening paalfundaties hekwerk bedieningsgebouw EG01
D-200233-1	-	21-12-2004	Fugro, sondeer en boorpunten rapport

Tabel 1 Tekeningen

2 UITGANGSPUNTEN

2.1 ALGEMENE UITGANGSPUNTEN

De constructies moeten voldoen aan het Bouwbesluit en vigerende Eurocodes. Aanvullend moet worden voldaan aan relevante TenneT specificaties.

Algemeen geldende uitgangspunten voor de ontwerpen zijn hieronder opgesomd.

- Gevolgklasse: CC2;
- Ontwerplevensduur: 50 jaar;
- Windgebied: III, onbebouwd;
- Uitvoeringsklasse betonconstructies: EXC3;
- Uitvoeringsklasse staalconstructies: EXC2;
- Uitvoeringsklasse vermoeiingsgevoelige (staal-) constructies: EXC3;
- Milieuklasse betonconstructies: conform NEN-EN 1992-1-1 en PVE.04.000 (**beton 100 jaar**).

2.2 GRONDWATERSTAND

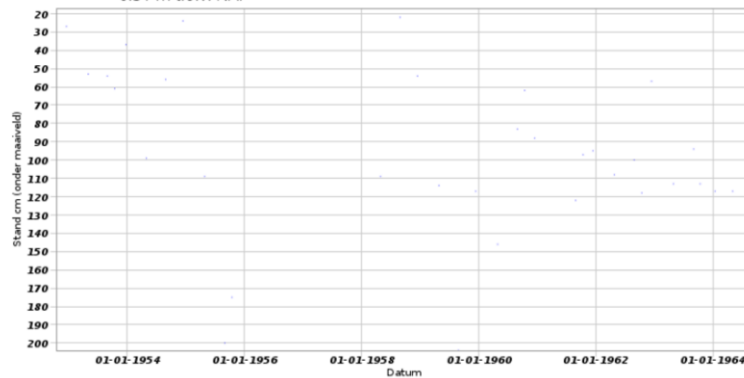
Grondwaterstanden moeten worden vastgesteld middels onderzoek. In deze fase is een inschatting van de meest ongunstige grondwaterstand gemaakt aan de hand van beschikbare gegevens uit Dinoloket, **ter indicatie**. Het maaiveld ligt op de projectlocatie ongeveer op NAP. De maximale grondwaterstand in een periode van +/- 30 jaar is ongeveer 0,40m onder maaiveld. Bij de gemaakte grondboringen in 2004 was de g.w.s. -1.3m beneden maaiveld (moment opname).



Figuur 2 - Projectlocatie (groen), meetlocatie (rood)

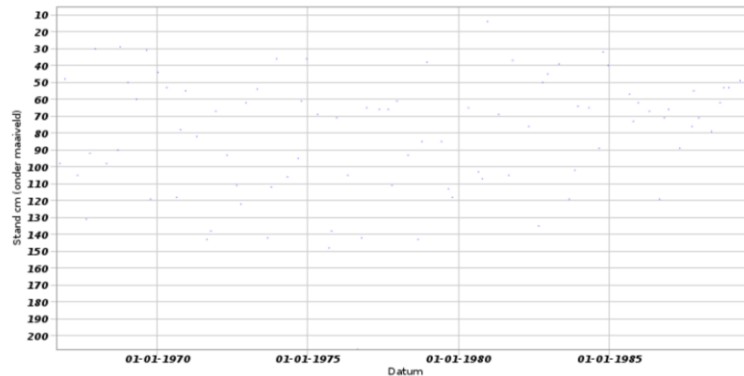
Grondwaterstanden

Identificatie: B44C0229
 Identificatie buis: B44C0229-001
 Coördinaten: 106040, 411170 (RD)
 Maaiveld: -0.31 m t.o.v. NAP



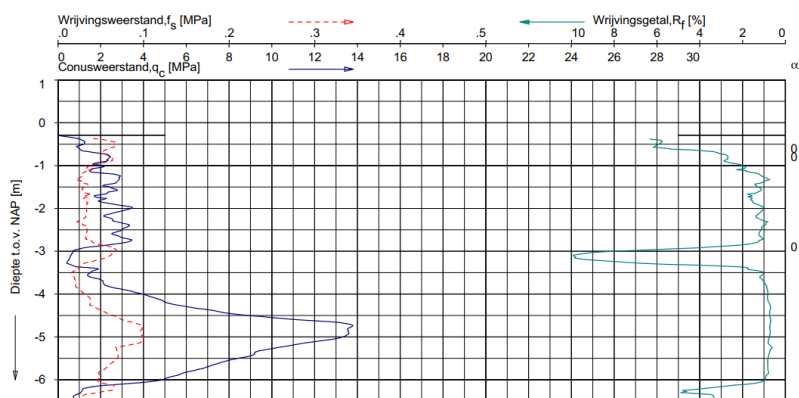
Grondwaterstanden

Identificatie: B44C0231
 Identificatie buis: B44C0231-001
 Coördinaten: 106060, 411200 (RD)
 Maaiveld: Onbekend

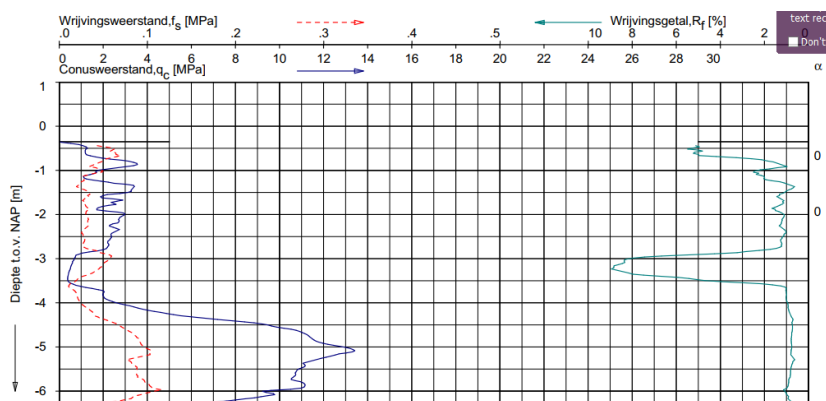


2.3 GLOBALE GRONDEIGENSCHAPPEN

In deze fase van het project is er nog geen geologisch onderzoek uitgevoerd. In deze rapportage is een eerste globaal onderzoek gedaan van de ondergrond, voor het definitieve ontwerp zal grondonderzoek uitgevoerd moeten worden. Op het station zijn in 2004 sonderingen¹ uitgevoerd. DKM8 (veld 11) en DKM5 (Veld 10) zijn het dichtst bij de positie van de nieuwe te plaatsen componenten. Kijkend naar de beschikbare gegevens, dan bevindt de draagkrachtige zandlaag zich op +/- 4m onder maaiveld. In par. 4.1.2. is beschouwt welk type fundering het meest voor de hand ligt kijkend naar de grondeigenschappen. Zie bijlage A voor de sondeerrapport uit 2004.



Figuur 3 grondopbouw sondering DKM8 nabij veld 11

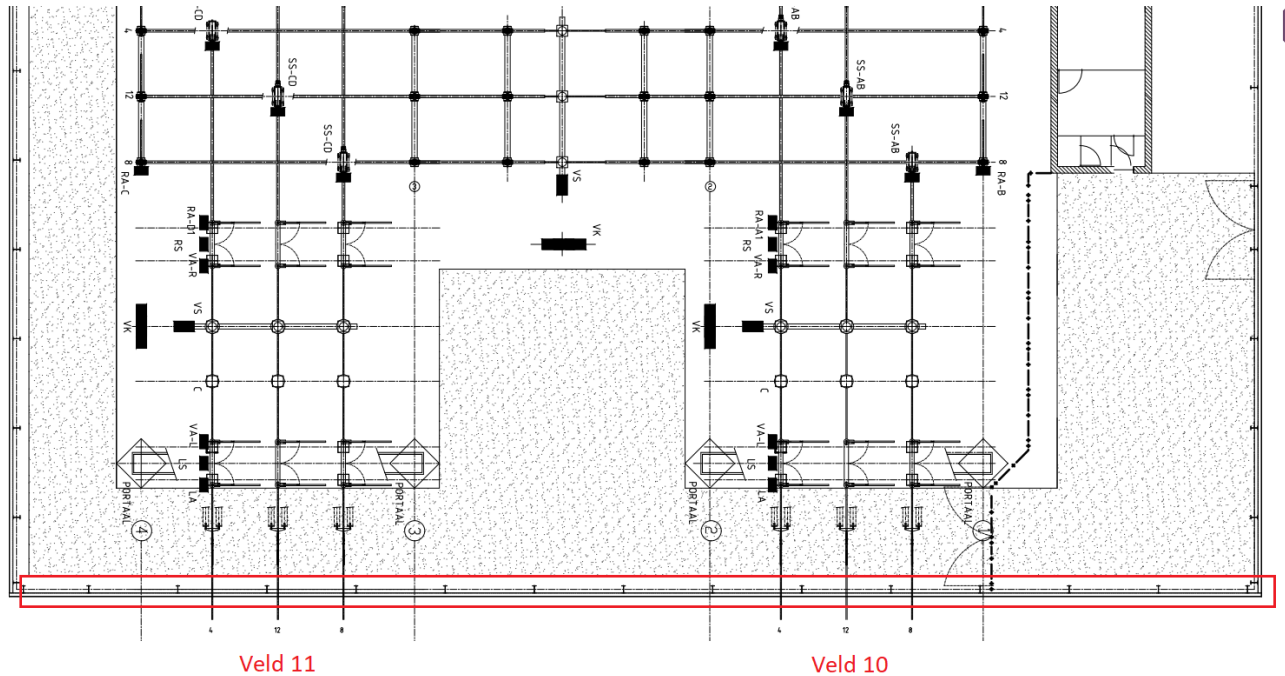


Figuur 4 Grondopbouw sondering DKM5 nabij veld 10

¹ D-200233-1 Sondeer en boorpunten rapport (Bijlage A)

3 BESTAANDE SITUATIE

Het 150kV station Zevenbergschenhoek bestaat uit een TenneT deel en een Enexis deel. Het station bestaat uit twee lijnvelden welke middels één hoofdrail en twee trafovelden verbonden zijn met twee transformatoren.



Figuur 5 bestaande situatie

De bestaande velden zijn middels twee portalen verbonden met de 150kV lijn GT-ZBH-MDK150, zie figuur 6 in groen aangegeven. Naast het bestaande station bevindt zich een vijver welke voor een groot gedeelte dicht gegroeid is met riet, aangegeven in oranje.



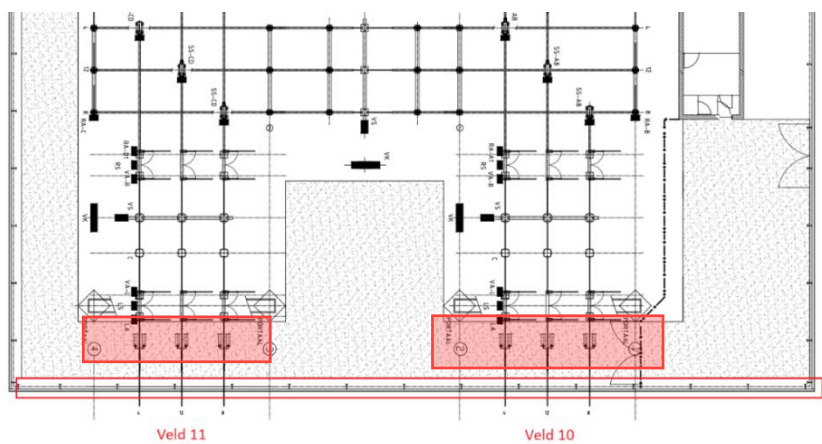
Figuur 6 bestaande situatie

4 TOEKOMSTIGE SITUATIE

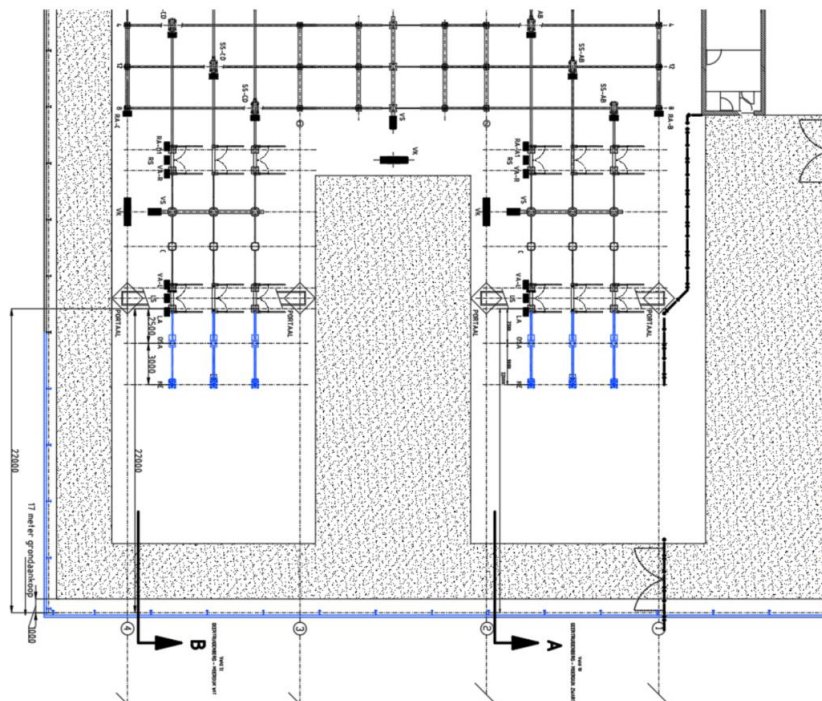
In hoofdstuk 1 is een korte omschrijving gegeven van de toekomstige situatie. De lijnvelden (veld 11 en veld 10) zullen omgebouwd worden naar kabelvelden. In hoofdstuk 5 is hier verder op in gegaan.

4.1 RONDWEG

De 4 meter brede rondweg loopt op dit moment direct achter de bestaande portalen langs. Dit overlapt met de nieuwe posities van de OSA's en Kabeleindsluitingen. De rondweg zal daarom verplaatst worden. De rondweg zal naast het nieuwe hekwerk gemaakt worden. Van de bestaande rondweg zal een klein gedeelte achter de portalen gesloopt worden, in rood aangegeven op figuur 7. In figuur 8 is de toekomstige situatie aangegeven waarbij het hekwerk is verplaatst t.b.v. 17m grondaankoop.



Figuur 7 bestaande situatie deel te verwijderen rondweg



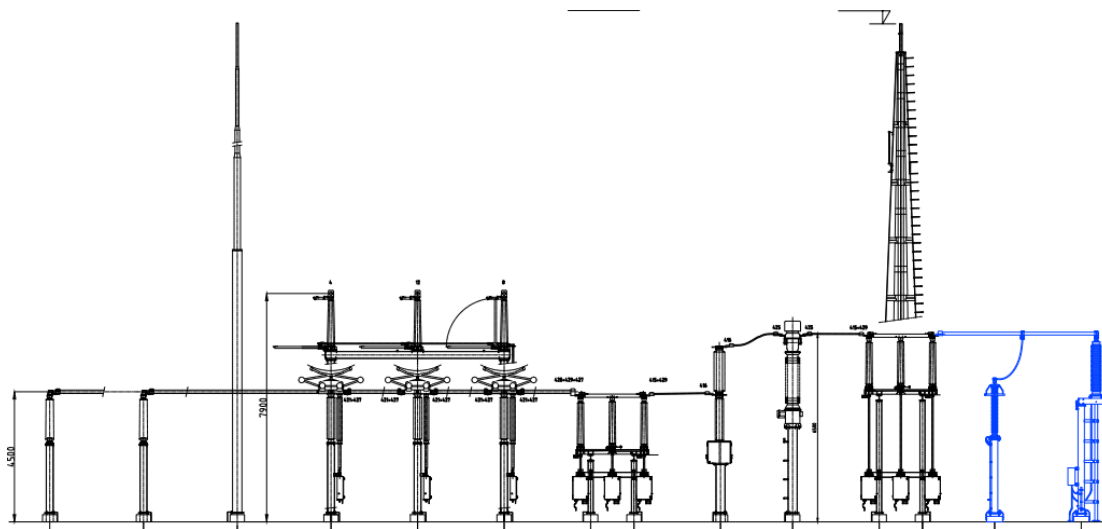
Figuur 8 Toekomstige situatie

5 CONSTRUCTIEVE OPZET VELDAANPASSING

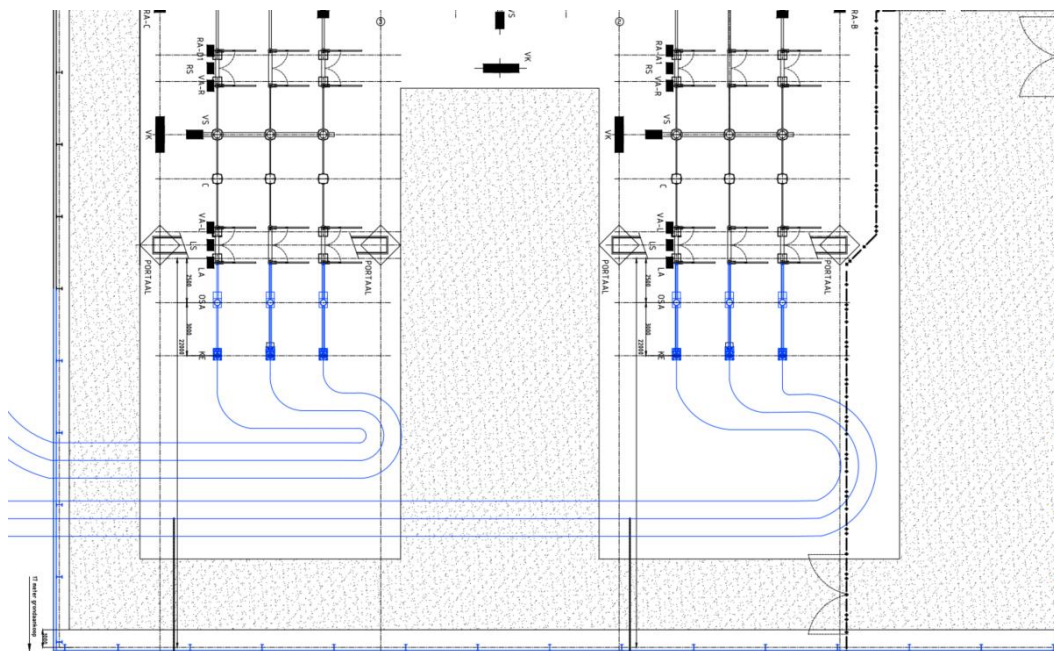
In dit hoofdstuk wordt in hoofdlijnen beschreven wat de gebruikelijke opzet is van de constructies in dit project.

5.1 VELD 10 EN VELD 11 (LIJNVELDEN NAAR KABELVELDEN)

Veld 10 en veld 11 worden omgebouwd van lijnvelden naar kabelvelden. De lijnen zullen verwijderd worden waardoor het portaal geen functie meer zal hebben. De velden zullen aan de zuidzijde uitgebreid worden met een overspanningsafleider en een kabeleindsluiting welke worden aangesloten op de bestaande scheiders welke onder de bestaande portalen staan, zie figuur 9 en 10.



Figuur 9 Zijaanzicht toekomstige situatie veld 10 en veld 11



Figuur 10 Bovenaanzicht toekomstige situatie veld 10 en veld 11

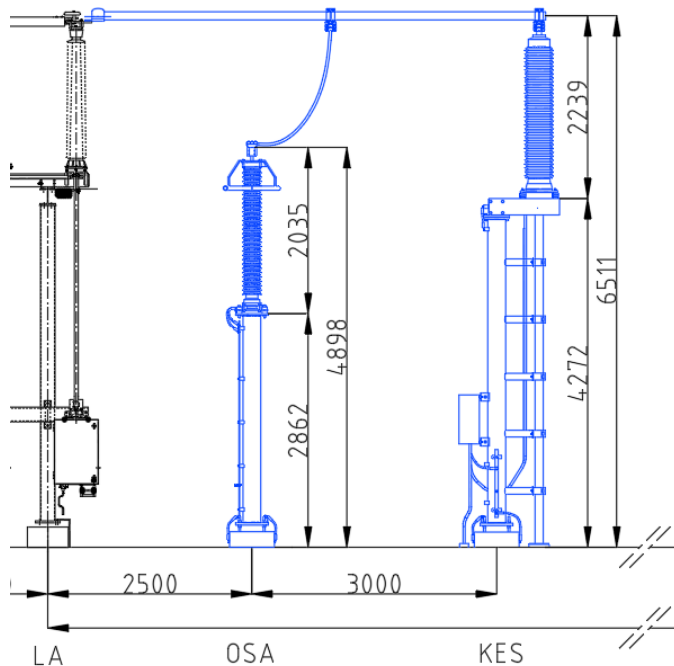
Volgens het PVE.01.000 van TenneT zal voor de uitbreiding een nominale stroomsterkte van 2000A aangehouden moeten worden. De hart op hart afstand van de fasen zal 3m moeten bedragen. Dit is gelijk aan de bestaande veldbreedte.

Kijkend naar de nominale stroomsterkte van 2000A zal een railbuis 100x5mm of een 80x8mm toegepast moeten worden. Bij grotere overspanningen kan constructief ook voor een grotere buisdiameter gekozen worden. De scheider zal middels een railbuis verbonden worden met de kabeleindsluiting. De overspanningsafleider zal middels een flexibele geleider (dropper) verbonden worden met de railbuis. Bij flexibele geleiders zal 2x SAL910 voldoende zijn voor de nominale stroomsterkte. Echter zal de overspanningsafleider waarschijnlijk ook met een enkele verbonden kunnen worden aangezien deze niet in het stroompad staat.

5.1.1 BOVENBOUW

De elektrische componenten worden geplaatst op stalen (buis) kolommen. In de diverse velden zullen de elektrische componenten hoofdzakelijk apart van elkaar staan en zijn de kolommen dus vrijstaand. Enkele componenten zijn aan elkaar gekoppeld (zoals scheiders), in dat geval zullen de kolommen ook gekoppeld zijn middels één of meerdere liggers.

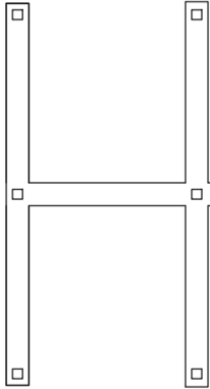
Voor de kolommen geldt over het algemeen dat deze vrij uitkragen en dat deze ter plaatse van de fundering zijn ingeklemd. De verbindingen worden gerealiseerd middels bout-/ankerverbindingen aan kop- en voetplaten. De voetplaten worden niet ondersabeld en de ankers worden met stelruimte uitgevoerd. De diameter volgt uit berekening maar is minimaal M24. Hieronder is een principe weergegeven van de toekomstige situatie. Maatvoering is ter indicatie en zal in de DO/UO fase definitief bepaald moeten worden. Zie hieronder een principe schets van de toekomstige situatie, hierin is de nieuw te bouwen constructie aangegeven in blauw.



Figuur 11 Principe OSA en KE

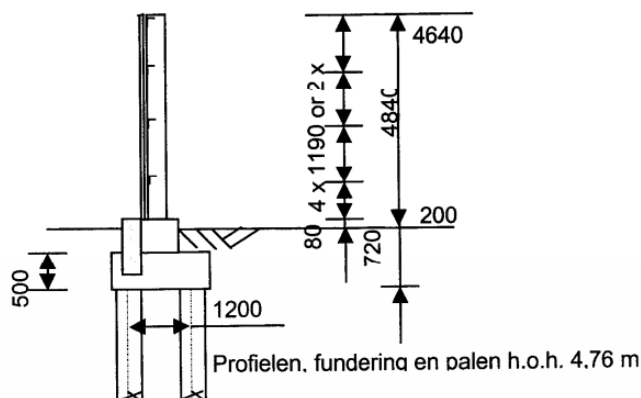
5.1.2 FUNDERING

Uit de globale grondgegevens is gebleken dat de stalen ondersteuning op palen gefundeerd moeten worden. Dit omdat de draagkrachtige laag op ongeveer 4m onder maaiveld begint. Om uitsluitel te geven voor het type fundering zijn ontwerpberekeningen nodig. Elke kolom wordt middels vier ingestorte ankers verbonden aan een balk (rechthoekige balk onder maaiveld met stiepen/opstorten). Er wordt een balkenrooster toegepast met palen, zie onderstaand principe.



Figuur 12 - Principe balkenrooster met palen

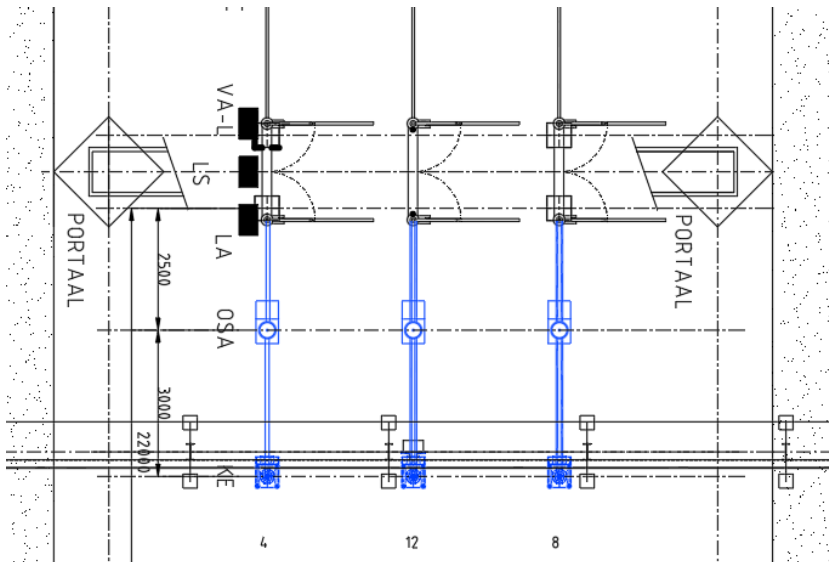
Een extra aandachtspunt van de fundering is de locatie van de kabeindsluitingen in verhouding met het bestaande hekwerk. In de berekening² van de paalfundaties van het hekwerk wordt de fundering omschreven. Uit het document blijkt dat het gaat om een 2-paalpoer van 1700x450x500mm met palen 290x290mm. Zie figuur 13 voor de geometrie. Het berekeningsdocument is bijgesloten in bijlage B.



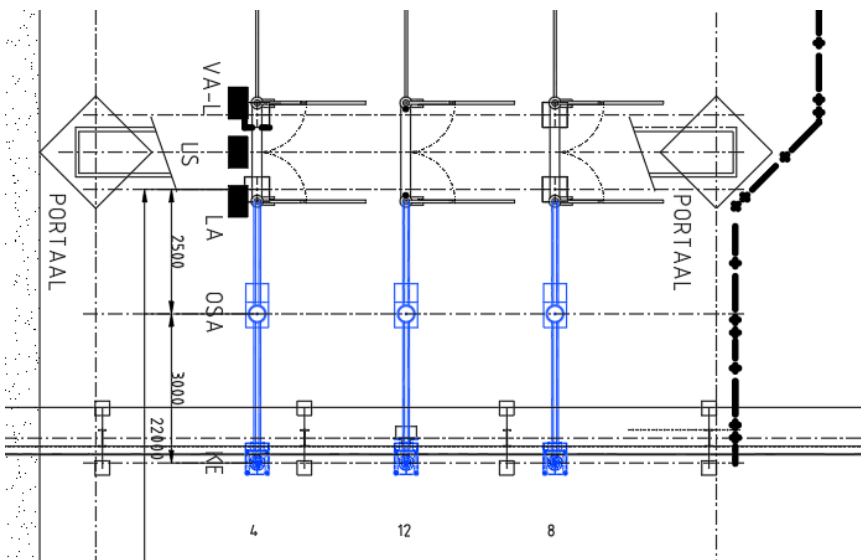
Figuur 13 Geometrie fundering bestaande hekwerk

Wanneer gekeken wordt naar de bestaande tekening van het station dan zijn hier de posities van de kolommen van het hekwerk aangegeven. Hieruit kan opgemaakt worden waar de bestaande palen zich bevinden. De bestaande fundatie van het hekwerk komt mogelijk in overlap met de nieuwe fundering van de kabeindsluitingen. Naast dat het hekwerk op deze positie geamoveerd zal worden, zal ook een gedeelte van de fundering van het hekwerk verwijderd worden. In figuur 14 en 15 is een overzicht weergegeven waarin de posities van de kabeindsluitingen zijn beschouwd t.o.v. de posities van de bestaande palen.

² D-200657 Berekening paalfundaties hekwerk bedieningsgebouw EG01 (Bijlage B)



Figuur 14 Overlap nieuwe kabeindsluitingen met bestaande (te verwijderen) hekwerk Veld 11 Wit



Figuur 15 Overlap nieuwe kabeindsluitingen met bestaande (te verwijderen) hekwerk Veld 10 zwart



Figuur 16 bestaande situatie nabij hekwerk

6 BELASTINGEN

In dit hoofdstuk wordt in hoofdlijnen beschreven wat de te verwachten typen ontwerpbelastingen zijn voor de constructies in dit project en wordt de orde grootte van de (vooral veranderlijke) belastingen opgegeven. In het VO/DO/UO moeten belastingen altijd conform de vigerende regelgeving worden bepaald. De waarden in dit hoofdstuk zijn indicatief en zijn representatieve waarden (dus **geen** rekenwaarden).

6.1 AANPASSING VELD 10 EN VELD 11

Veld 10 en veld 11 zullen uitgebreid worden met een kabeindsluiting en een overspanningsafleider. Overige componenten zullen ongewijzigd blijven. De belasting op de scheider/aarder combinatie zal wijzigen en zal opnieuw beschouwd moeten worden. Het bovenliggende portaal zal geen functie meer hebben en zal daarom ook buiten beschouwing worden gelaten.

6.1.1 BOVENBOUW

Op de bovenbouw werken de volgende typen belastingen:

- Permanente belasting (eigen gewicht constructie en elektrische componenten):
 - o Gewicht overspanningsafleider orde grootte 75 kg;
 - o Gewicht kabeindsluiting orde grootte 215 kg;
- Windbelasting (op constructie en elektrische componenten);
 - o Stuwdruk tot en met 10m hoogte boven maaiveld = 0,70 kN/m²;
- Geleiderbelastingen (flexibele geleiders):
 - In het ontwerp zit enkel een flexibele geleider van de railbuis naar de OSA's. De OSA staat buiten het stroompad, de krachten vanuit de flexibele geleider zijn hierdoor verwaarloosbaar.
- Geleiderbelastingen (starre buisgeleiders):
 - o Eigen gewicht (permanent);
 - Overspanningen van buisgeleiders in kabelvelden zijn doorgaans niet groter dan 14m in verband met doorbuigingseisen voor de buisgeleiders. Aluminium buizen in die velden zijn orde grootte 100x5mm.
 - o Wind op geleiders, zie genoemde stuwdruk hiervoor;
 - o Ijs op geleiders;
 - Voor ijsbelasting op buisgeleiders is in de normen geen rekenregel gegeven. De rekenregel voor flexibele geleiders kan worden gehanteerd. Dit levert relatief hoge ijsbelastingen (30 N/m).
 - o Kortsluitkrachten:
 - De staalconstructie wordt ontworpen op zowel de maximaal optredende kortsluitkracht, met een belastingfactor, als de maximaal toelaatbare dynamische kracht op de componenten, zonder belastingfactor. De toelaatbare krachten op elektrische componenten zijn beperkt, namelijk orde grootte 4 á 10 kN horizontaal.

6.1.2 FUNDERING

Naast de belasting uit de bovenbouw werken specifiek op de fundering nog de volgende typen belastingen:

- Permanente belasting (eigen gewicht);
- Gronddruk zijwaarts;
- Evt. grondwater (opwaarts).

De constructies zijn vrij uitkragende kolommen met het elektrisch component daarbovenop. De horizontale krachten die werken op de componenten grijpen aan het uiteinde aan. Er treden dus relatief grote kantelmomenten op bij ondersteuning. De hoogte van de kolommen en van de elektrische componenten is onder andere afhankelijk van het spanningsniveau. Om de momenten in de fundering op te kunnen vangen kunnen de palen met elkaar verbonden worden middels een balkenrooster. Hoe dit rooster er uit ziet hangt af van de grote en richting van de optredende belasting. Een dergelijk balkenrooster en paalconfiguratie, belast met een topdwarskracht, zullen hoofdzakelijk belast worden op torsie/wringing.

BIJLAGE

A

D-200233-1
SONDEER EN
BOORPUNTEN
RAPPORT

Essentnr D-200233-1

GEOTECHNISCH GRONDONDERZOEK
betreffende

150 kV STATION HSL
AAN DE MOERDIJKSEWEG
TE ZEVENBERGSCHEN HOEK

opdrachtnr.: 7404-0322-000

Opdrachtgever : Essent Netwerk Brabant / Limburg B.V.
Postbus 2712
6030 AA Nederweert

Grondonderzoek uitgevoerd : 16 en 17 december 2004

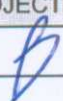
Ingek. d.d. 23 DEC 2004
Bijlage bij Nr. 00023

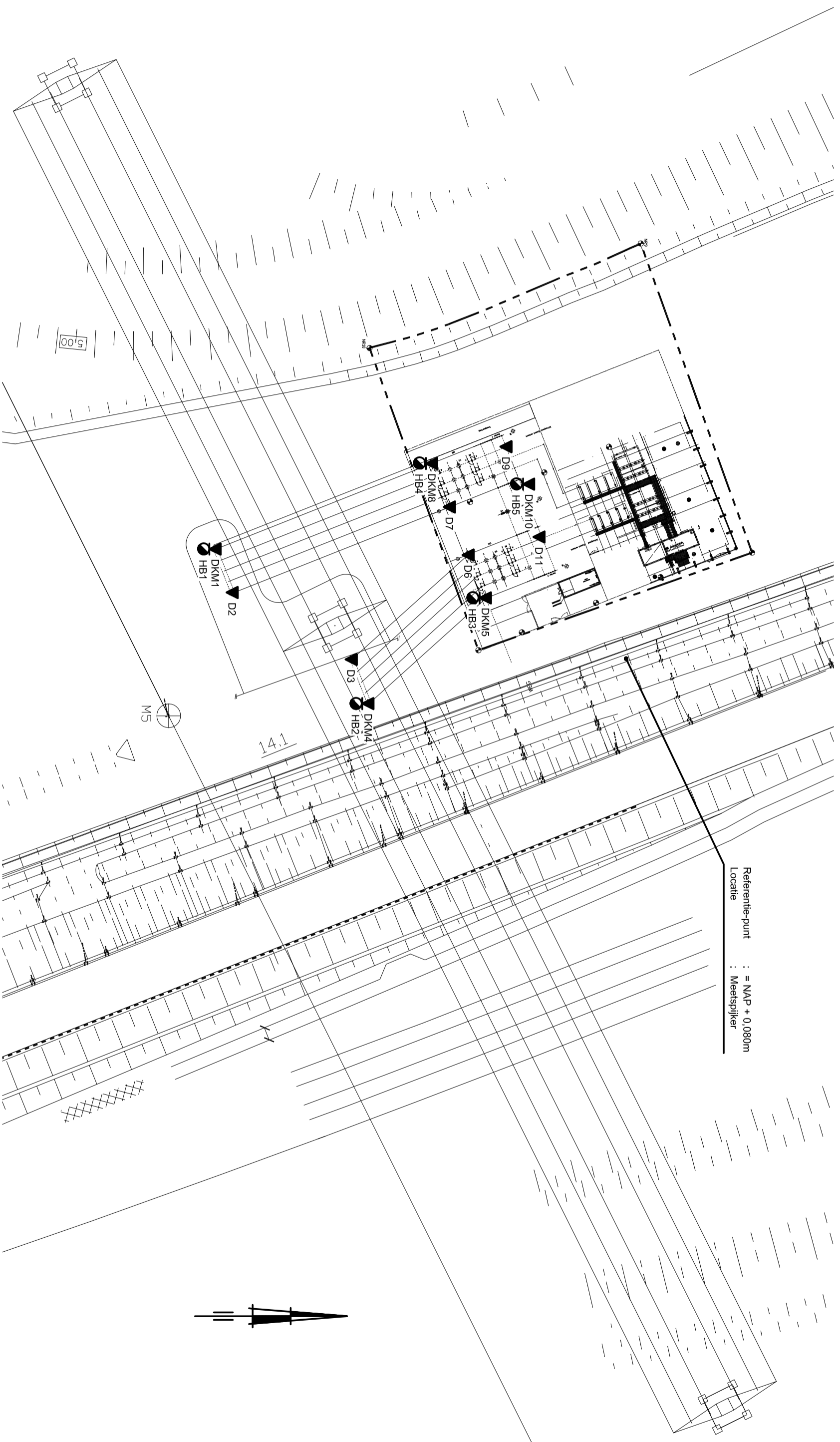
Bijlagen:

- Situatietekening
- "Legenda terreinproeven en grondsoorten"
- "Continu Elektrisch Sonderen"
- Sondeergrafieken
- Handboorstaten

7404-0322-000-1

7404-0322-000-DZKM 1 t/m DZ 11
7404-0322-000-HB 1t/m HB 5

VERSIE	DATUM	OMSCHRIJVING WIJZIGING	PARAAF PROJECTLEIDER
1	21 december 2004		

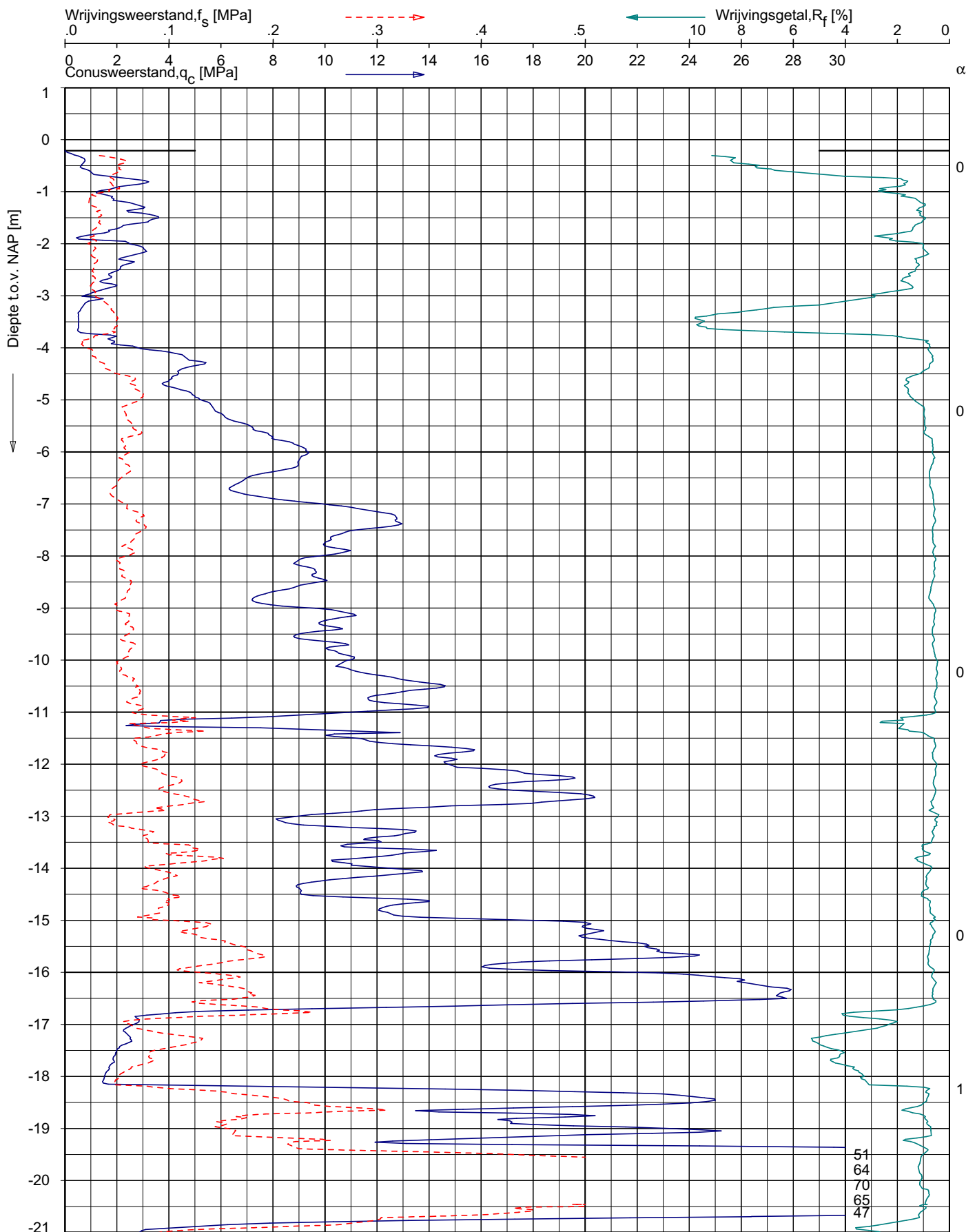


Referentie-punt : = NAP + 0,080m
Locatie : Meetspijker

SITUATIE MET SONDEER- EN BOORPUNTEN
NIEUWBOUW 150KV STATION HSL AAN DE MOERDIJKSEWEG
TE ZEVENBERGSCHE HOEK

Opdr. : 7404-0322-000
Bijl. : 1

Schaal 1 : 1000



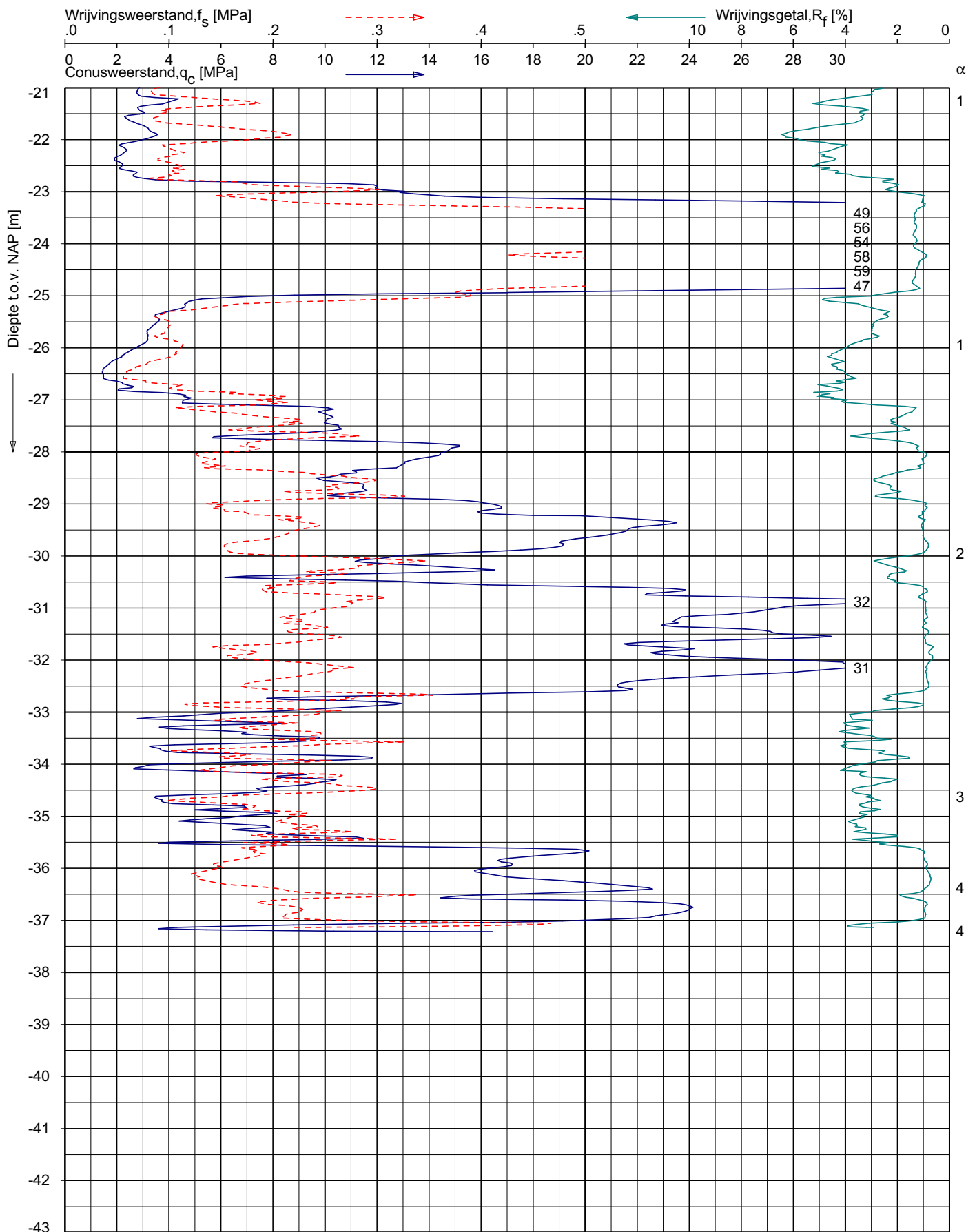
Opg. : 2CM/MWJ d.d. 17-Dec-2004 conus : F7.5CKE/B X = 105130
 Get. : VAL d.d. 20-dec-2004 MV = NAP -0.21 m Y = 410713

Sondering volgens norm NEN 5140: klasse 2
 conustype cilindrisch elektrisch
 α afwijking van de vertikaal



SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING
 NIEUWBOUW 150 kV STATION HSL AAN DE MOERDIJKSEWEG
 TE ZEVENBERGSCHE HOEK

Opdr. 7404-0322-000
 Sond. DZKM1



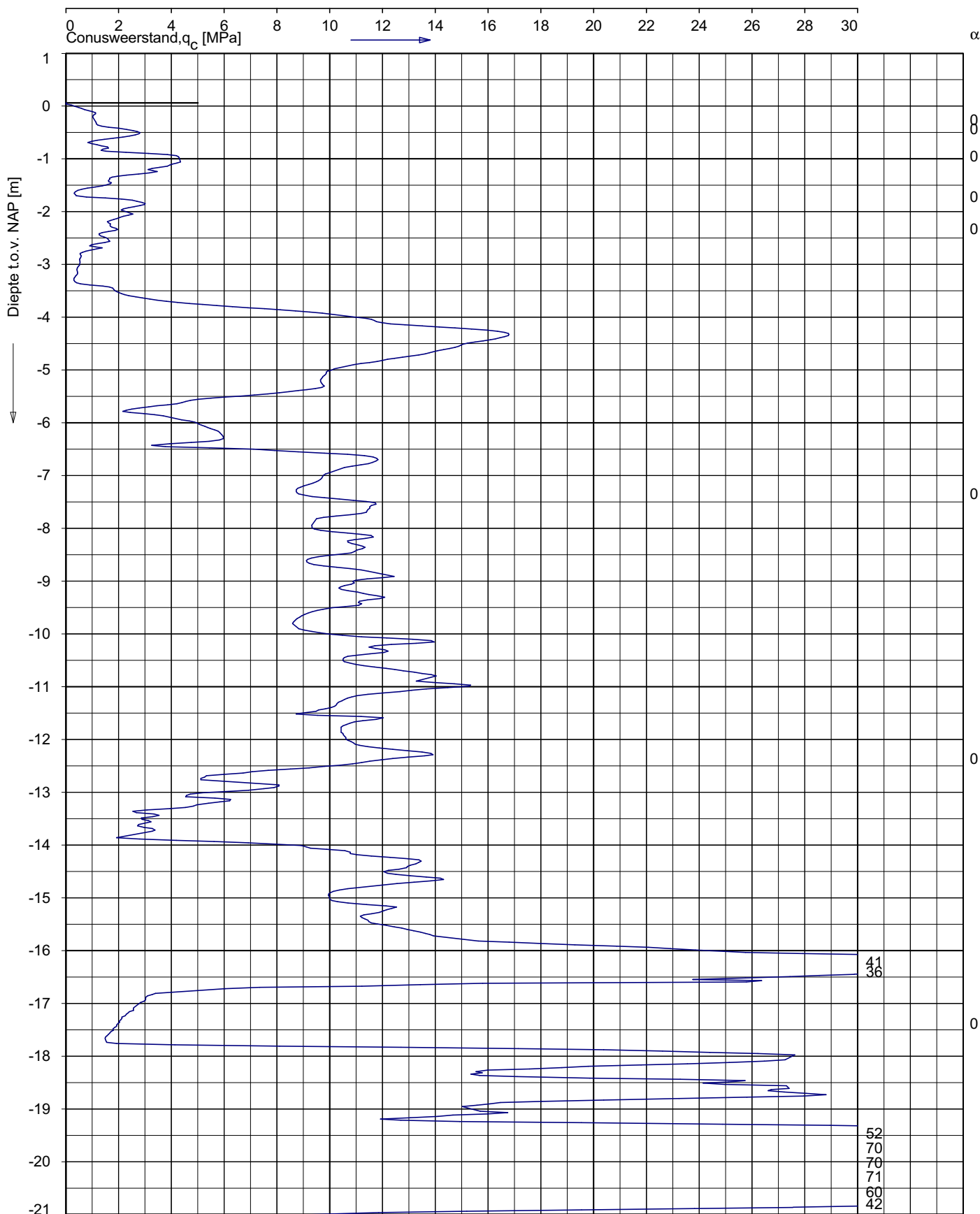
Opg. : 2CM/MWJ d.d. 17-Dec-2004 conus : F7.5CKE/B X = 105130
 Get. : VAL d.d. 20-dec-2004 MV = NAP -0.21 m Y = 410713

Sondering volgens norm NEN 5140: klasse 2
 conustype cilindrisch elektrisch
 α afwijking van de vertikaal



SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING
 NIEUWBOUW 150 kV STATION HSL AAN DE MOERDIJKSEWEG
 TE ZEVENBERGSCHE HOEK

Opdr. 7404-0322-000
 Sond. DZKM1



Opg. : 22CM/MWJ d.d. 17-Dec-2004
 Get. : VAL d.d. 20-dec-2004

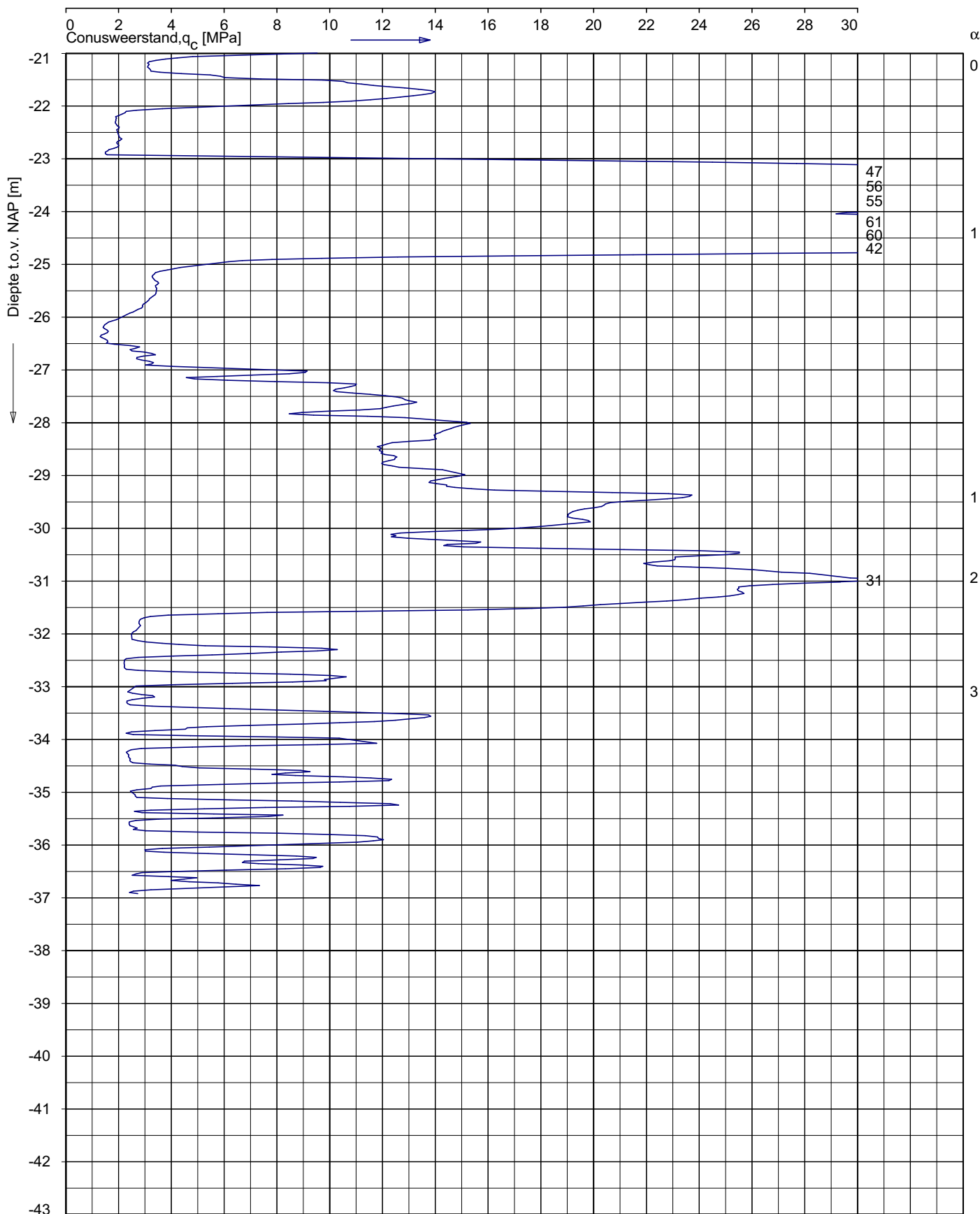
conus : F7.5CKE/B X = 105141
 MV = NAP +0.06 m Y = 410717

Sondering volgens norm NEN 5140: klasse 2
 conustype cilindrisch elektrisch
 α afwijking van de vertikaal



SONDERING
 NIEUWBOUW 150 kV STATION HSL AAN DE MOERDIJKSEWEG
 TE ZEVENBERGSCHEN HOEK

Opdr. 7404-0322-000
 Sond. DZ2



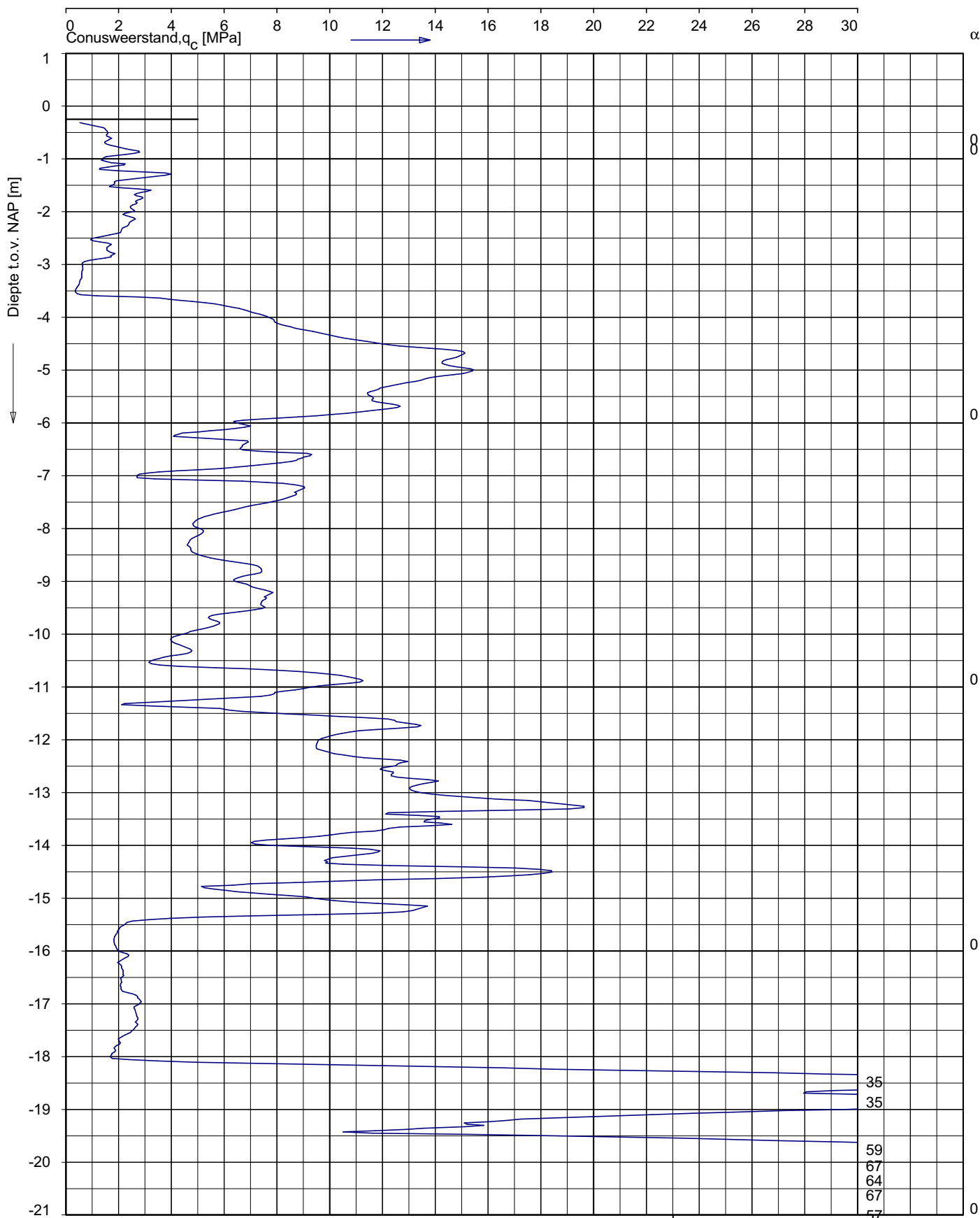
Opg. : 22CM/MWJ d.d. 17-Dec-2004 conus : F7.5CKE/B X = 105141
 Get. : VAL d.d. 20-dec-2004 MV = NAP +0.06 m Y = 410717

Sondering volgens norm NEN 5140: klasse 2
 conustype cilindrisch elektrisch
 α afwijking van de vertikaal



SONDERING
 NIEUWBOUW 150 kV STATION HSL AAN DE MOERDIJKSEWEG
 TE ZEVENBERGSCHEN HOEK

Opdr. 7404-0322-000
 Sond. DZ2



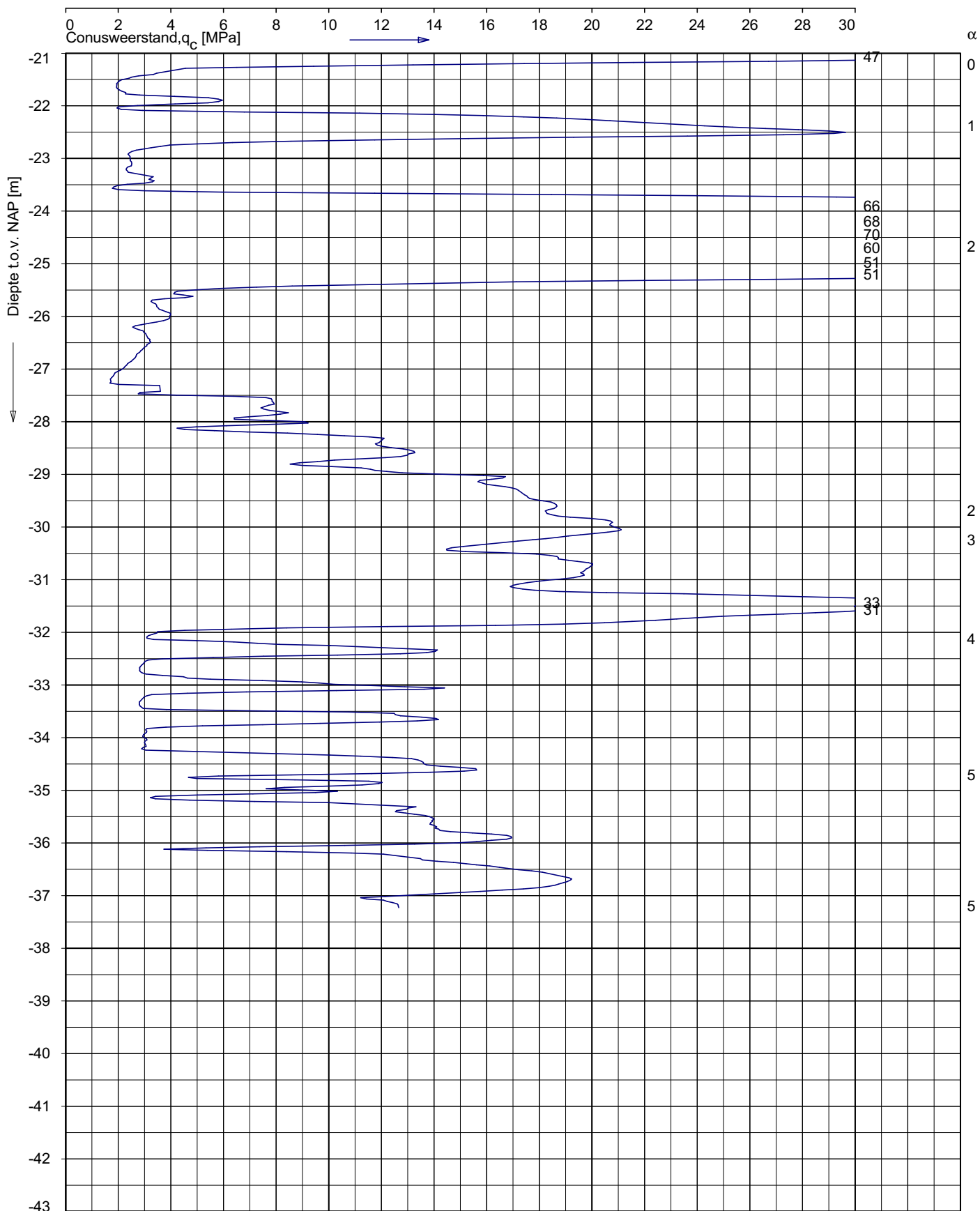
Opg. : CM/MWJ d.d. 17-Dec-2004 conus : F7.5CKE/B X = 105159
 Get. : VAL d.d. 20-dec-2004 MV = NAP -0.25 m Y = 410749

Sondering volgens norm NEN 5140: klasse 2
 conustype cilindrisch elektrisch
 α afwijking van de vertikaal



SONDERING
 NIEUWBOUW 150 kV STATION HSL AAN DE MOERDIJKSEWEG
 TE ZEVENBERGSCHE HOEK

Opdr. 7404-0322-000
 Sond. DZ3



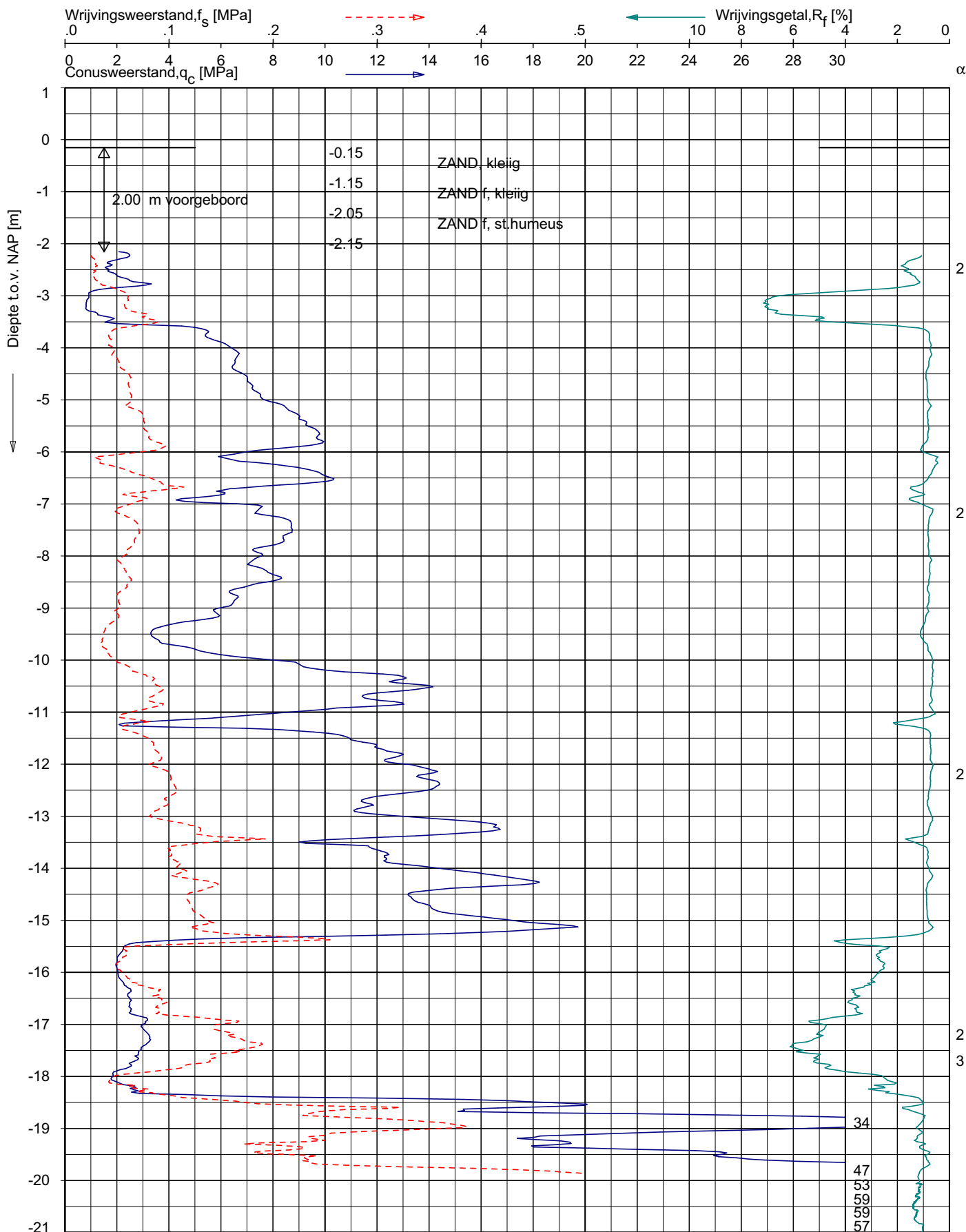
Opg. : CM/MWJ d.d. 17-Dec-2004 conus : F7.5CKE/B X = 105159
 Get. : VAL d.d. 20-dec-2004 MV = NAP -0.25 m Y = 410749

Sondering volgens norm NEN 5140: klasse 2
 conustype cilindrisch elektrisch
 α afwijking van de vertikaal



SONDERING
 NIEUWBOUW 150 kV STATION HSL AAN DE MOERDIJKSEWEG
 TE ZEVENBERGSCHE HOEK

Opdr. 7404-0322-000
 Sond. DZ3



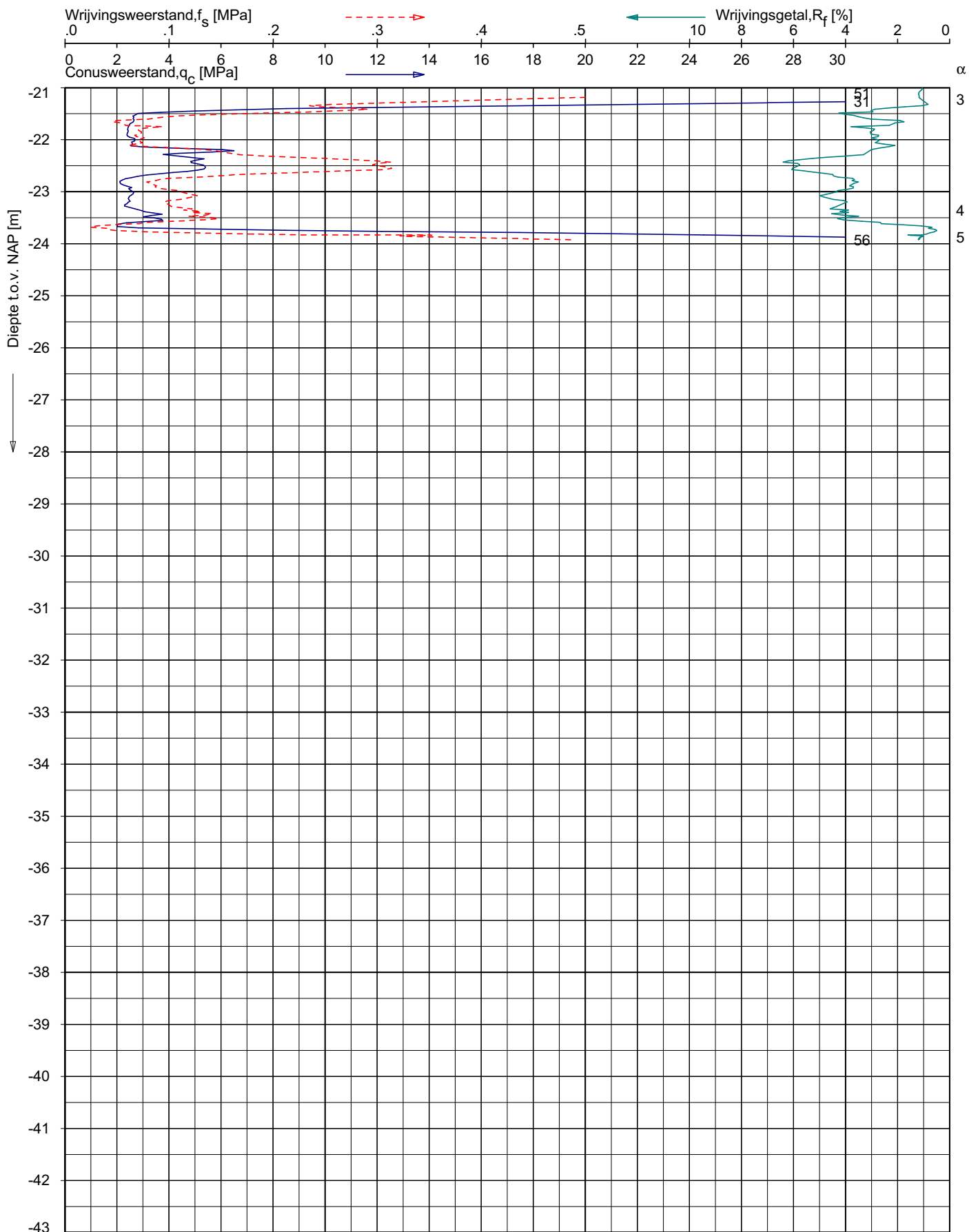
Opg. : CM/MWJ d.d. 16-Dec-2004 conus : F7.5CKE/B X = 105170
 Get. : VAL d.d. 20-dec-2004 MV = NAP -0.15 m Y = 410754

Sondering volgens norm NEN 5140: klasse 2
 conustype cilindrisch elektrisch
 α afwijking van de vertikaal



SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING
 NIEUWBOUW 150 kV STATION HSL AAN DE MOERDIJKSEWEG
 TE ZEVENBERGSCHE HOEK

Opdr. 7404-0322-000
 Sond. DZKM4



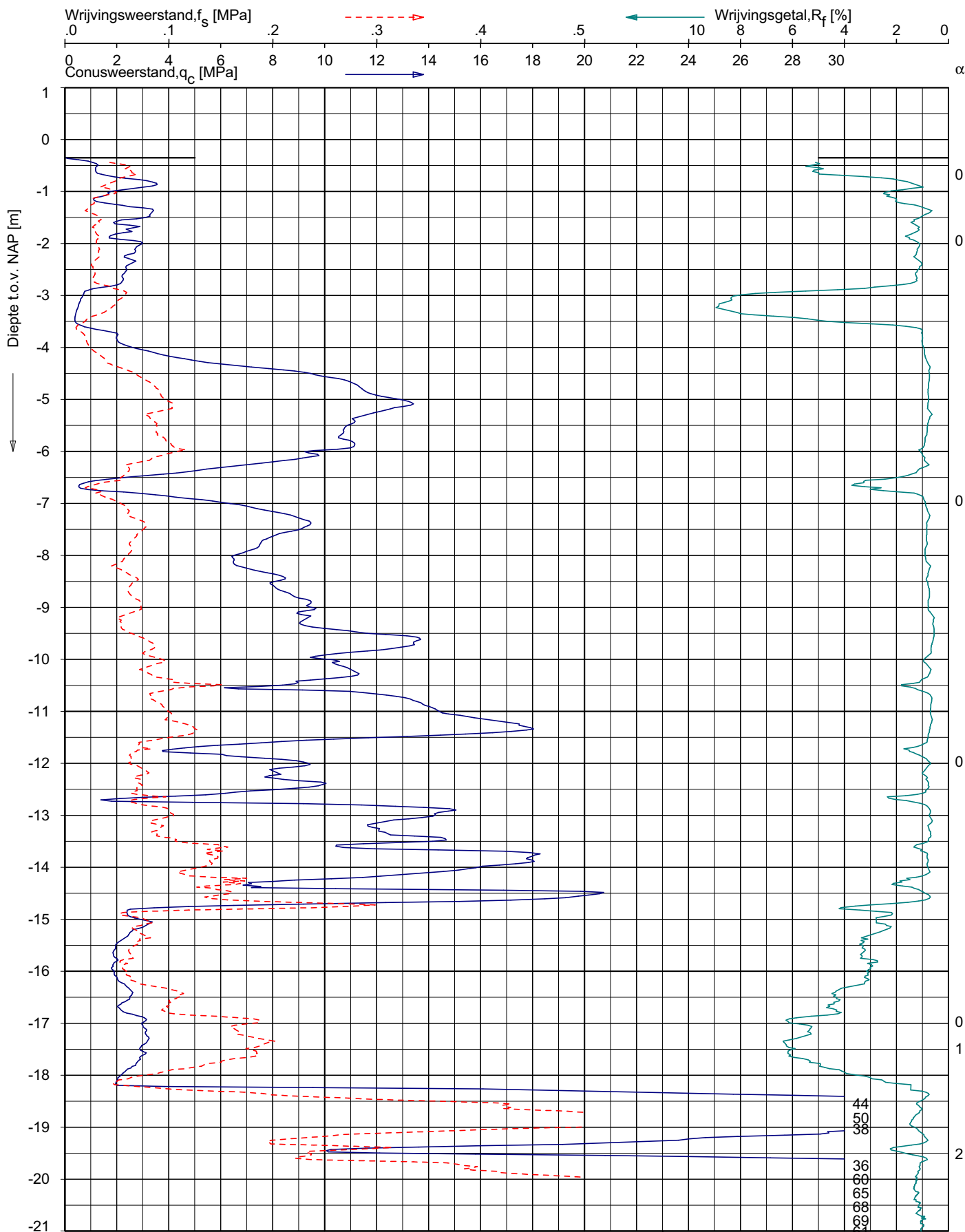
Opg. : CM/MWJ d.d. 16-Dec-2004 conus : F7.5CKE/B X = 105170
 Get. : VAL d.d. 20-dec-2004 MV = NAP -0.15 m Y = 410754

Sondering volgens norm NEN 5140: klasse 2
 conustype cilindrisch elektrisch
 α afwijking van de vertikaal



SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING
 NIEUWBOUW 150 kV STATION HSL AAN DE MOERDIJKSEWEG
 TE ZEVENBERGSCHE HOEK

Opdr. 7404-0322-000
 Sond. DZKM4



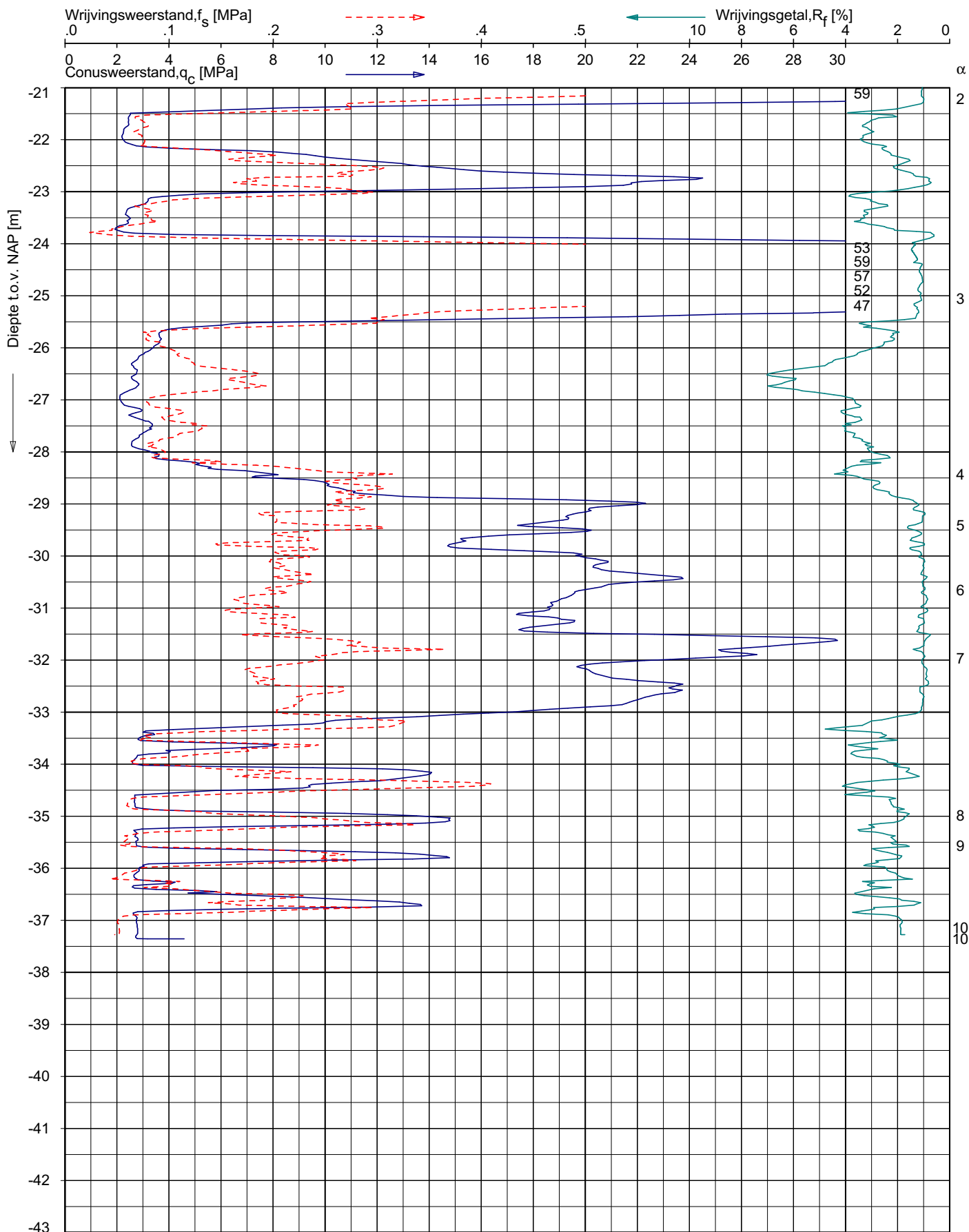
Opg. : CM/MWJ d.d. 16-Dec-2004 conus : F7.5CKE/B X = 105143
 Get. : VAL d.d. 20-dec-2004 MV = NAP -0.35 m Y = 410785

Sondering volgens norm NEN 5140: klasse 2
 conustype cilindrisch elektrisch
 α afwijking van de vertikaal



SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING
 NIEUWBOUW 150 kV STATION HSL AAN DE MOERDIJKSEWEG
 TE ZEVENBERGSCHE HOEK

Opdr. 7404-0322-000
 Sond. DZKM5



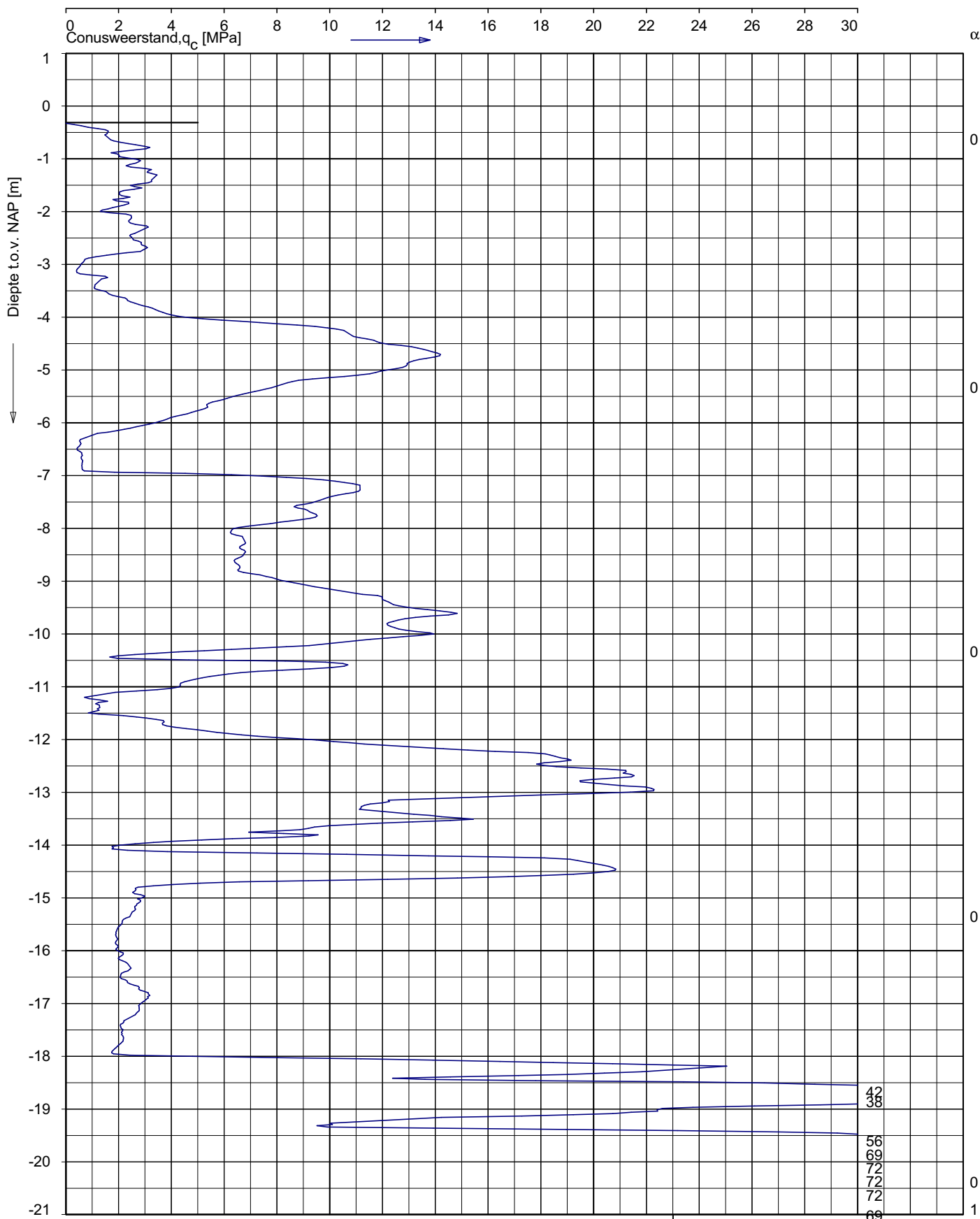
Opg. : CM/MWJ d.d. 16-Dec-2004 conus : F7.5CKE/B X = 105143
 Get. : VAL d.d. 20-dec-2004 MV = NAP -0.35 m Y = 410785

Sondering volgens norm NEN 5140: klasse 2
 conustype cilindrisch elektrisch
 α afwijking van de vertikaal



SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING
 NIEUWBOUW 150 kV STATION HSL AAN DE MOERDIJKSEWEG
 TE ZEVENBERGSCHE HOEK

Opdr. 7404-0322-000
 Sond. DZKM5



Opg. : CM/MWJ d.d. 16-Dec-2004 conus : F7.5CKE/B X = 105131
 Get. : VAL d.d. 20-dec-2004 MV = NAP -0.31 m Y = 410780

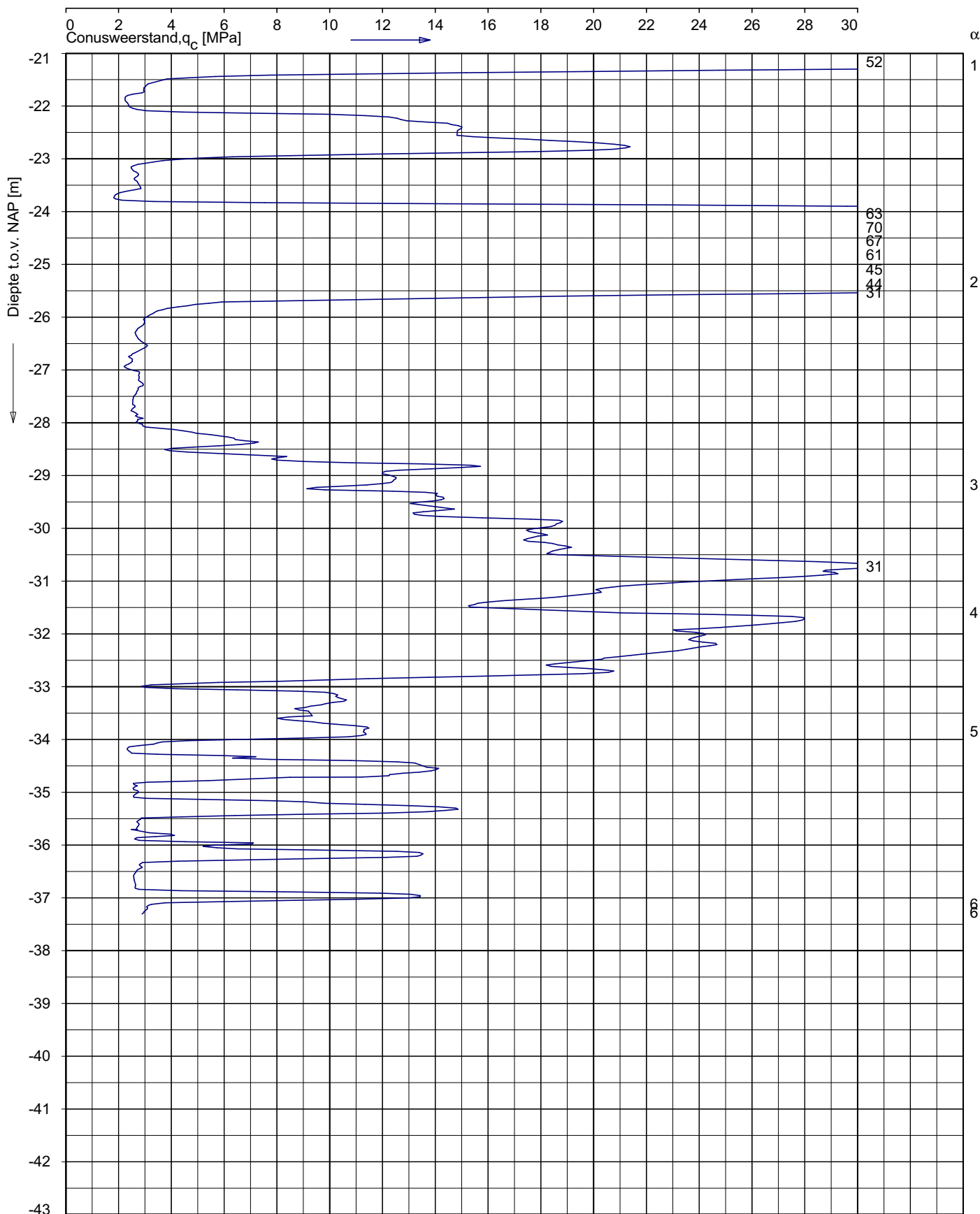
Sondering volgens norm NEN 5140: klasse 2
 conustype cilindrisch elektrisch
 α afwijking van de vertikaal

42
38
56
69
72
72
69

SONDERING
 NIEUWBOUW 150 kV STATION HSL AAN DE MOERDIJKSEWEG
 TE ZEVENBERGSCHEN HOEK

Opdr. 7404-0322-000
 Sond. DZ6





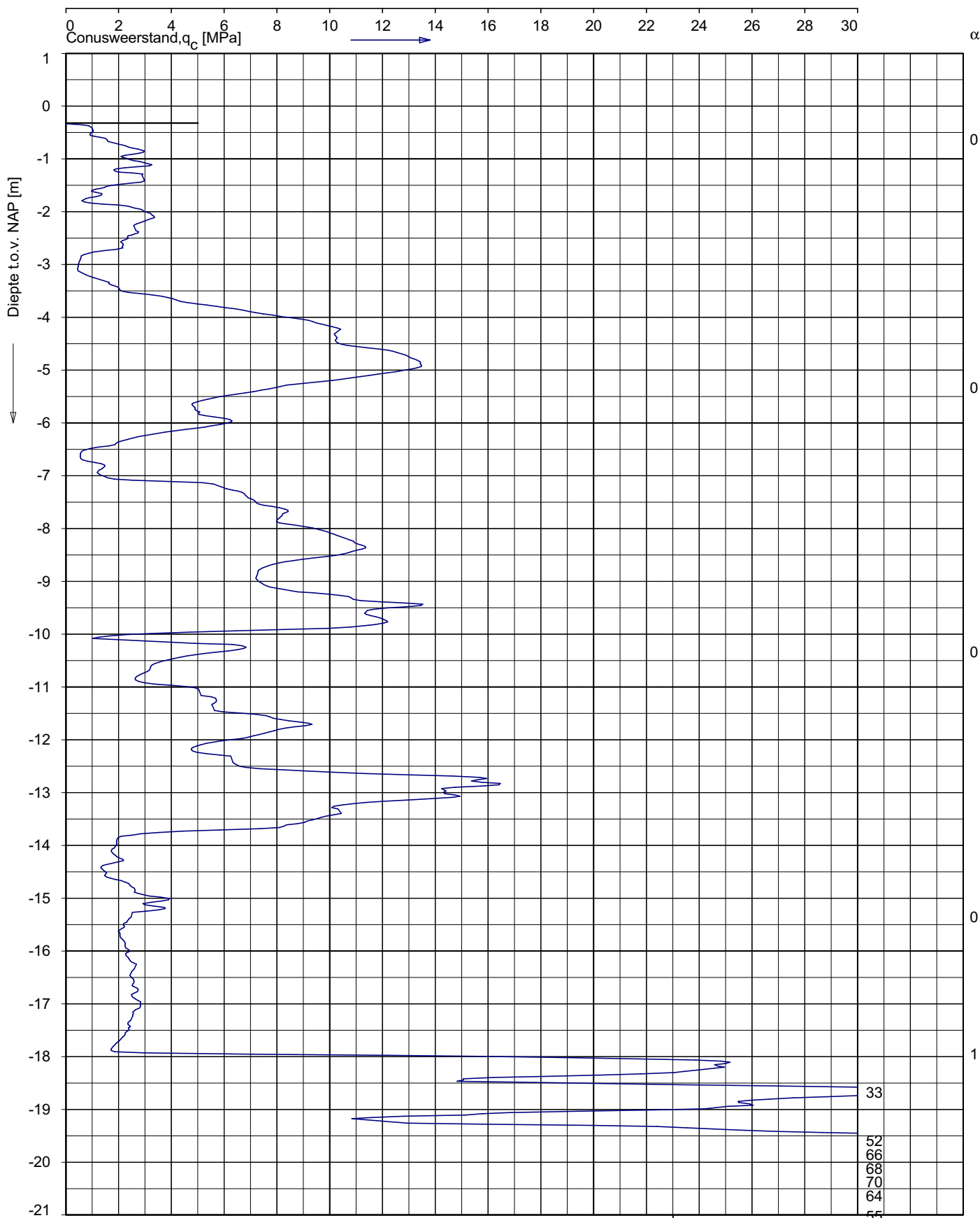
Opg. : CM/MWJ d.d. 16-Dec-2004 conus : F7.5CKE/B X = 105131
 Get. : VAL d.d. 20-dec-2004 MV = NAP -0.31 m Y = 410780

Sondering volgens norm NEN 5140: klasse 2
 conustype cilindrisch elektrisch
 α afwijking van de vertikaal



SONDERING
 NIEUWBOUW 150 kV STATION HSL AAN DE MOERDIJKSEWEG
 TE ZEVENBERGSCHEN HOEK

Opdr. 7404-0322-000
 Sond. DZ6



Opg. : CM/MWJ d.d. 16-Dec-2004 conus : F7.5CKE/B X = 105118
 Get. : VAL d.d. 20-dec-2004 MV = NAP -0.32 m Y = 410775

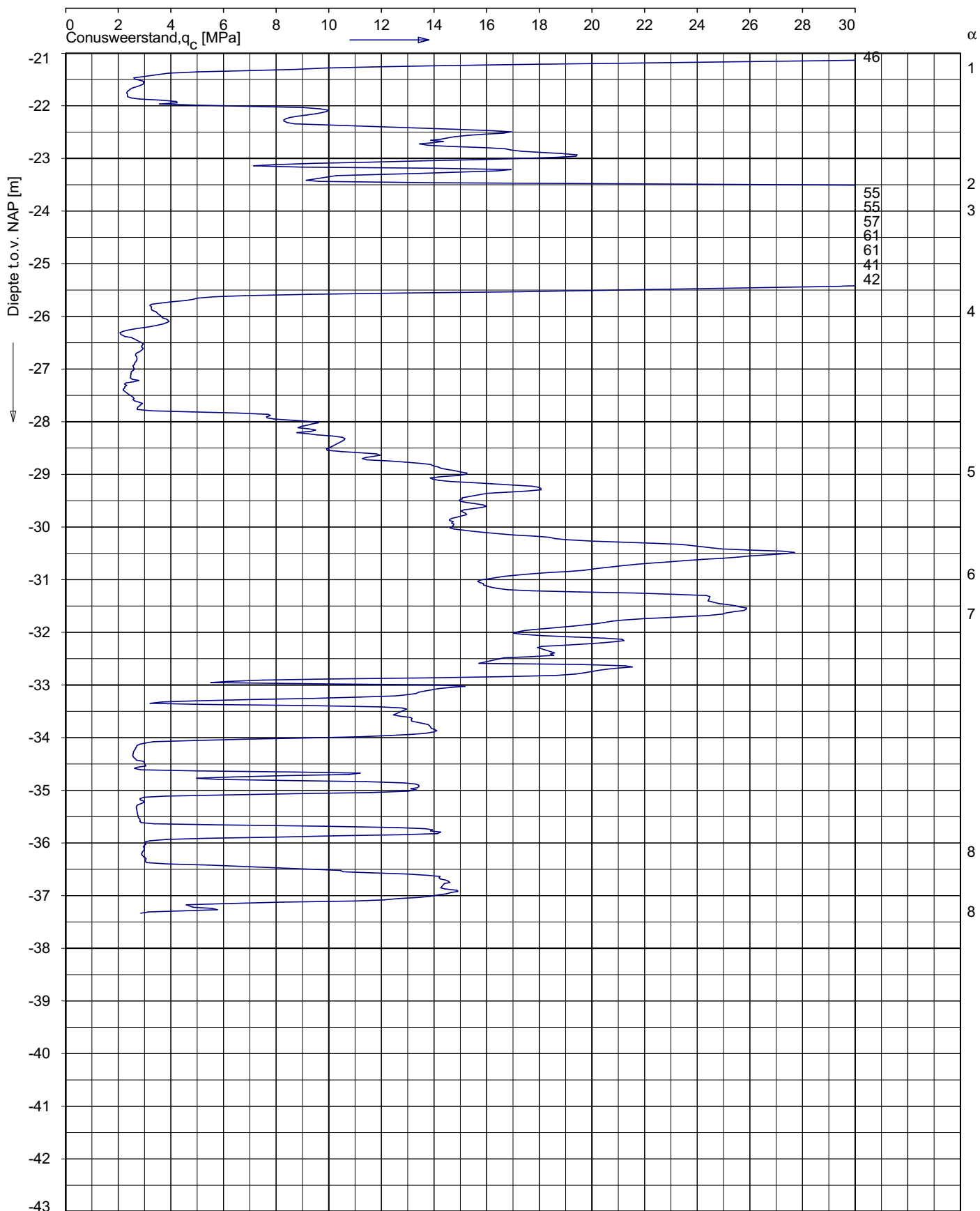
Sondering volgens norm NEN 5140: klasse 2
 conustype cilindrisch elektrisch
 α afwijking van de vertikaal

33
52
66
68
70
64
55

SONDERING
 NIEUWBOUW 150 kV STATION HSL AAN DE MOERDIJKSEWEG
 TE ZEVENBERGSCHE HOEK

Opdr. 7404-0322-000
 Sond. DZ7





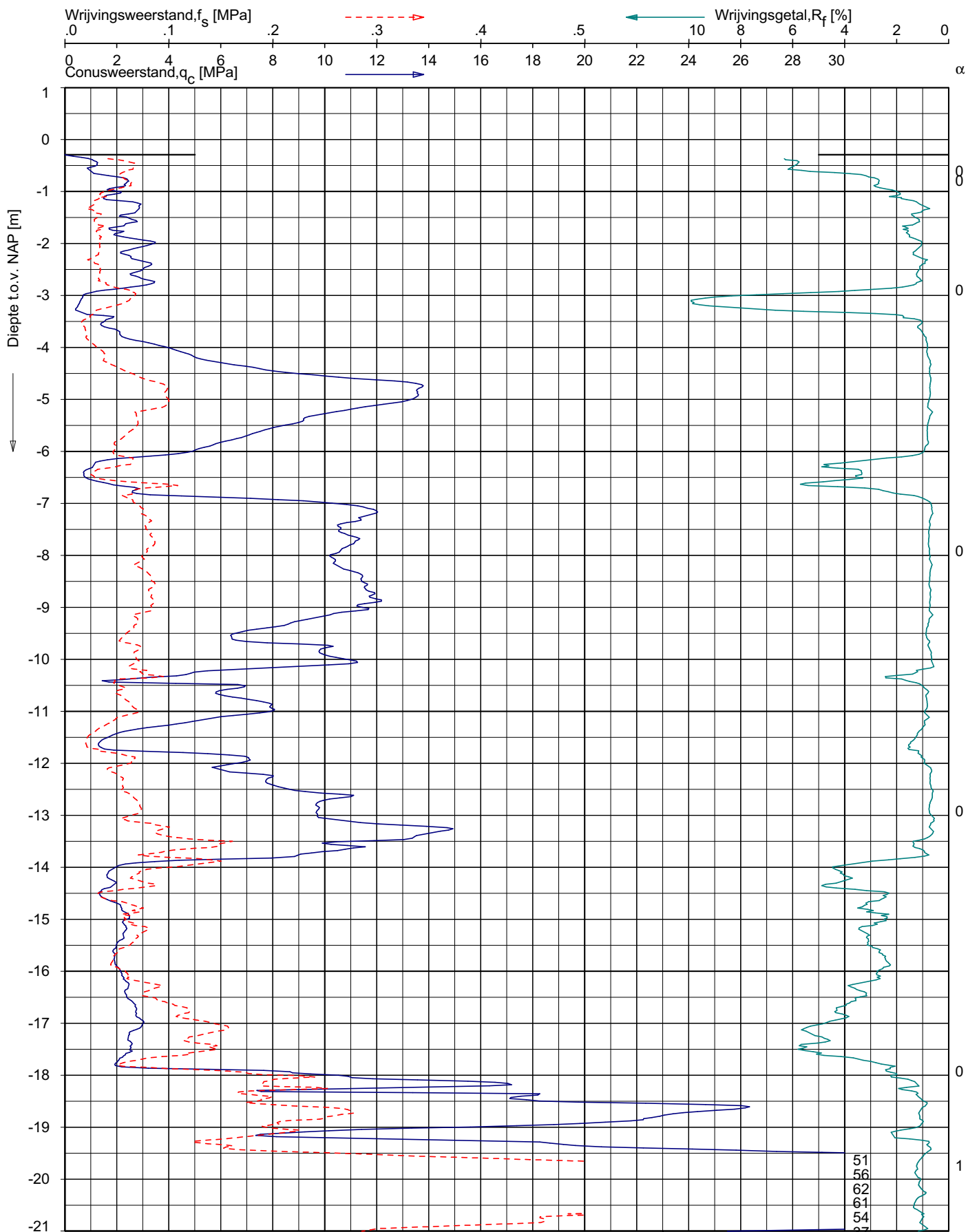
Opg. : CM/MWJ d.d. 16-Dec-2004 conus : F7.5CKE/B X = 105118
 Get. : VAL d.d. 20-dec-2004 MV = NAP -0.32 m Y = 410775

Sondering volgens norm NEN 5140: klasse 2
 conustype cilindrisch elektrisch
 α afwijking van de vertikaal



SONDERING
 NIEUWBOUW 150 kV STATION HSL AAN DE MOERDIJKSEWEG
 TE ZEVENBERGSCHEN HOEK

Opdr. 7404-0322-000
 Sond. DZ7



Opg. : CM/MWJ d.d. 16-Dec-2004 conus : F7.5CKE/B X = 105107
 Get. : VAL d.d. 20-dec-2004 MV = NAP -0.29 m Y = 410770

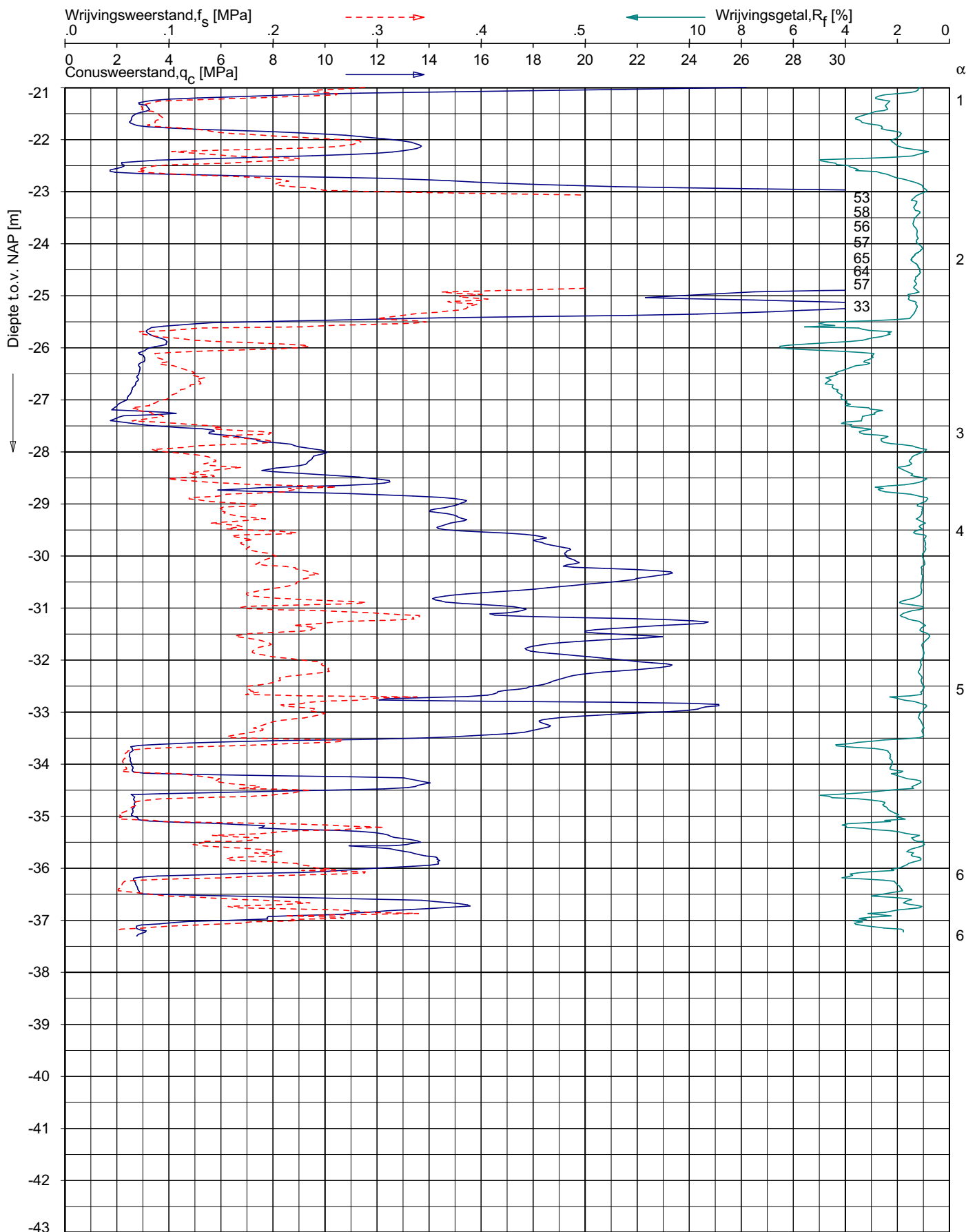
Sondering volgens norm NEN 5140: klasse 2
 conustype cilindrisch elektrisch
 α afwijking van de vertikaal

51
56
62
61
54
57

SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING
 NIEUWBOUW 150 kV STATION HSL AAN DE MOERDIJKSEWEG
 TE ZEVENBERGSCHE HOEK

Opdr. 7404-0322-000
 Sond. DZKM8





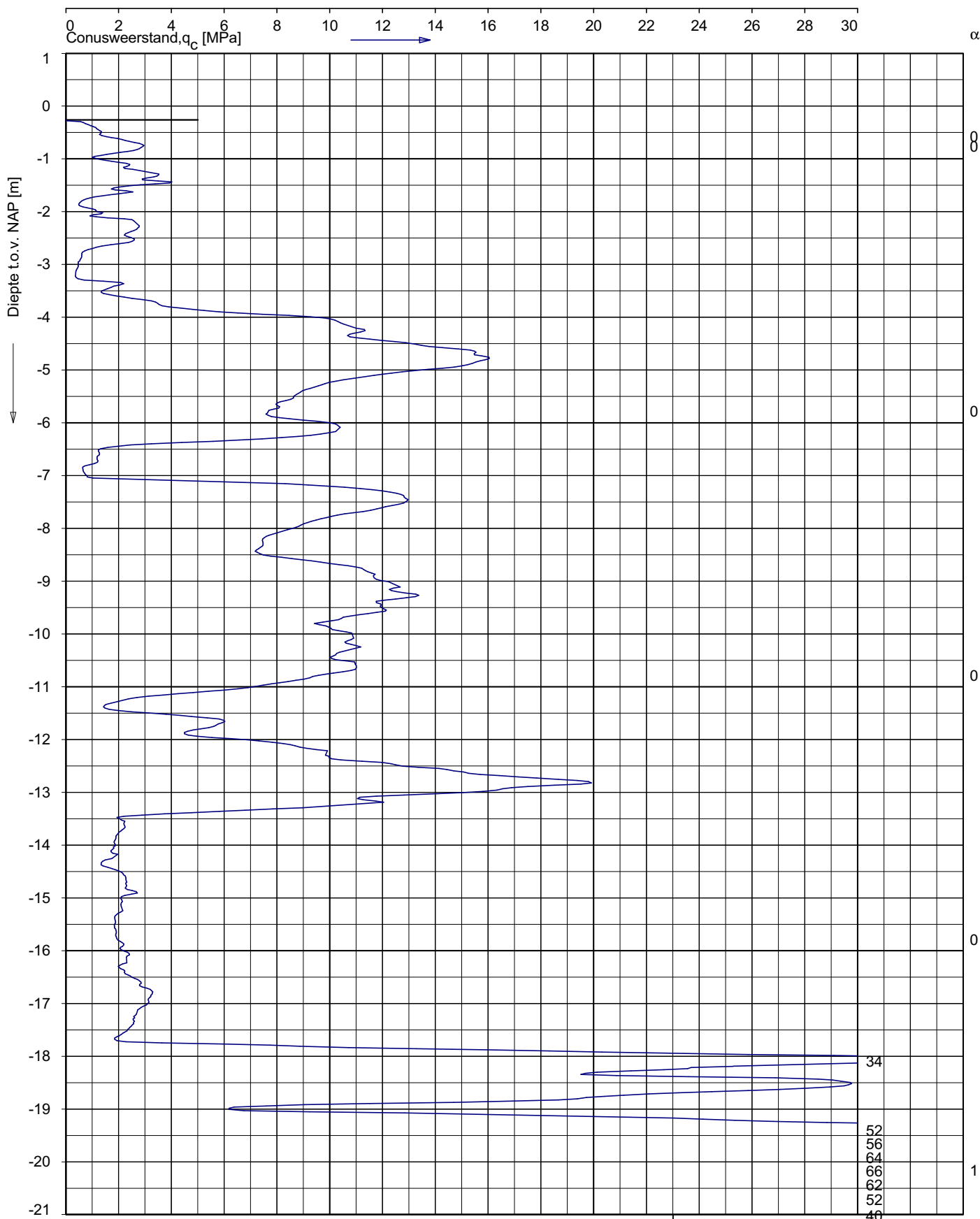
Opg. : CM/MWJ d.d. 16-Dec-2004 conus : F7.5CKE/B X = 105107
 Get. : VAL d.d. 20-dec-2004 MV = NAP -0.29 m Y = 410770

Sondering volgens norm NEN 5140: klasse 2
 conustype cilindrisch elektrisch
 α afwijking van de verticaal



SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING
 NIEUWBOUW 150 kV STATION HSL AAN DE MOERDIJKSEWEG
 TE ZEVENBERGSCHE HOEK

Opdr. 7404-0322-000
 Sond. DZKM8



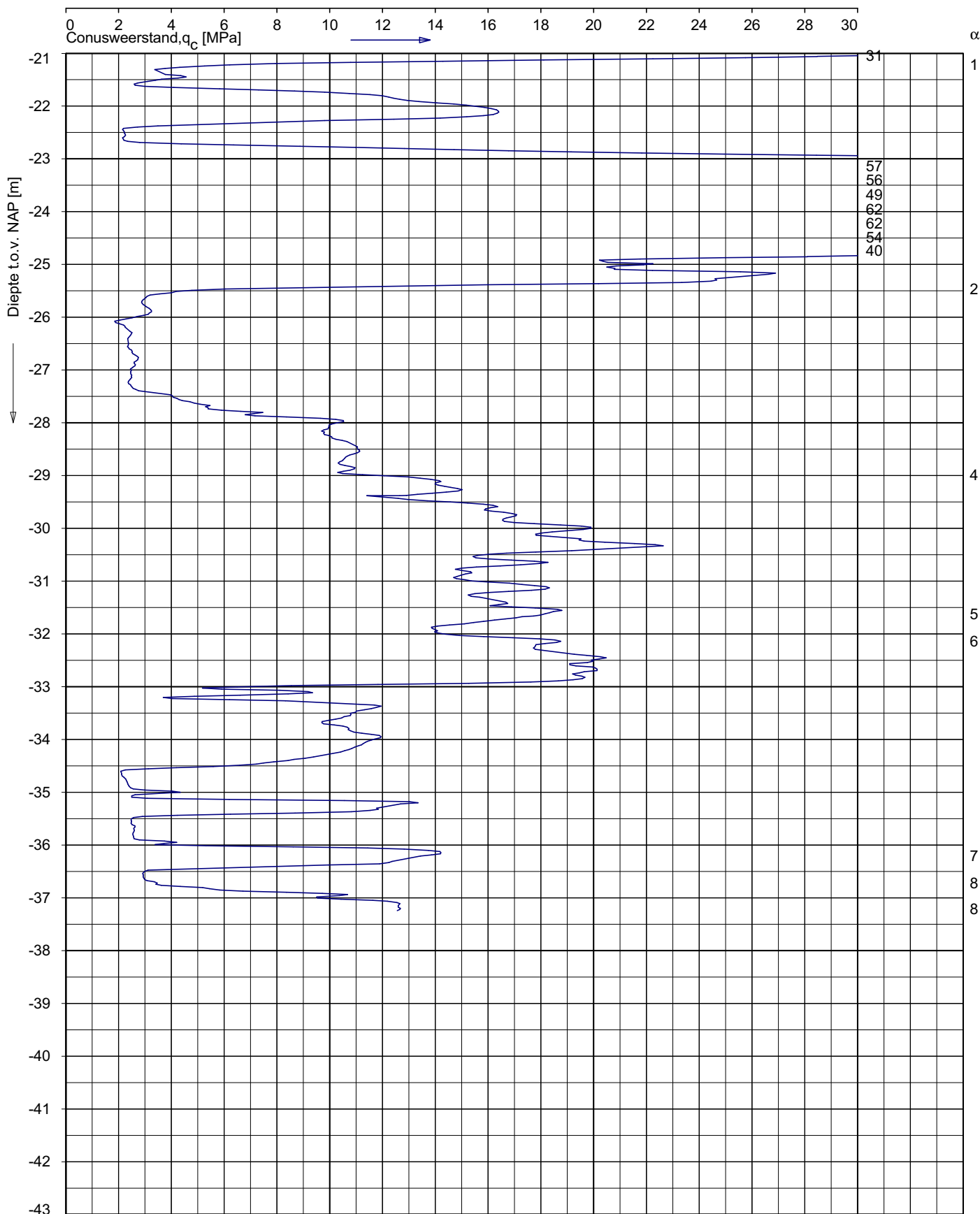
Opg. : CM/MWJ d.d. 16-Dec-2004 conus : F7.5CKE/B X = 105110
 Get. : VAL d.d. 20-dec-2004 MV = NAP -0.26 m Y = 410772

Sondering volgens norm NEN 5140: klasse 2
 conustype cilindrisch elektrisch
 α afwijking van de vertikaal



SONDERING
 NIEUWBOUW 150 kV STATION HSL AAN DE MOERDIJKSEWEG
 TE ZEVENBERGSCHEN HOEK

Opdr. 7404-0322-000
 Sond. DZ9



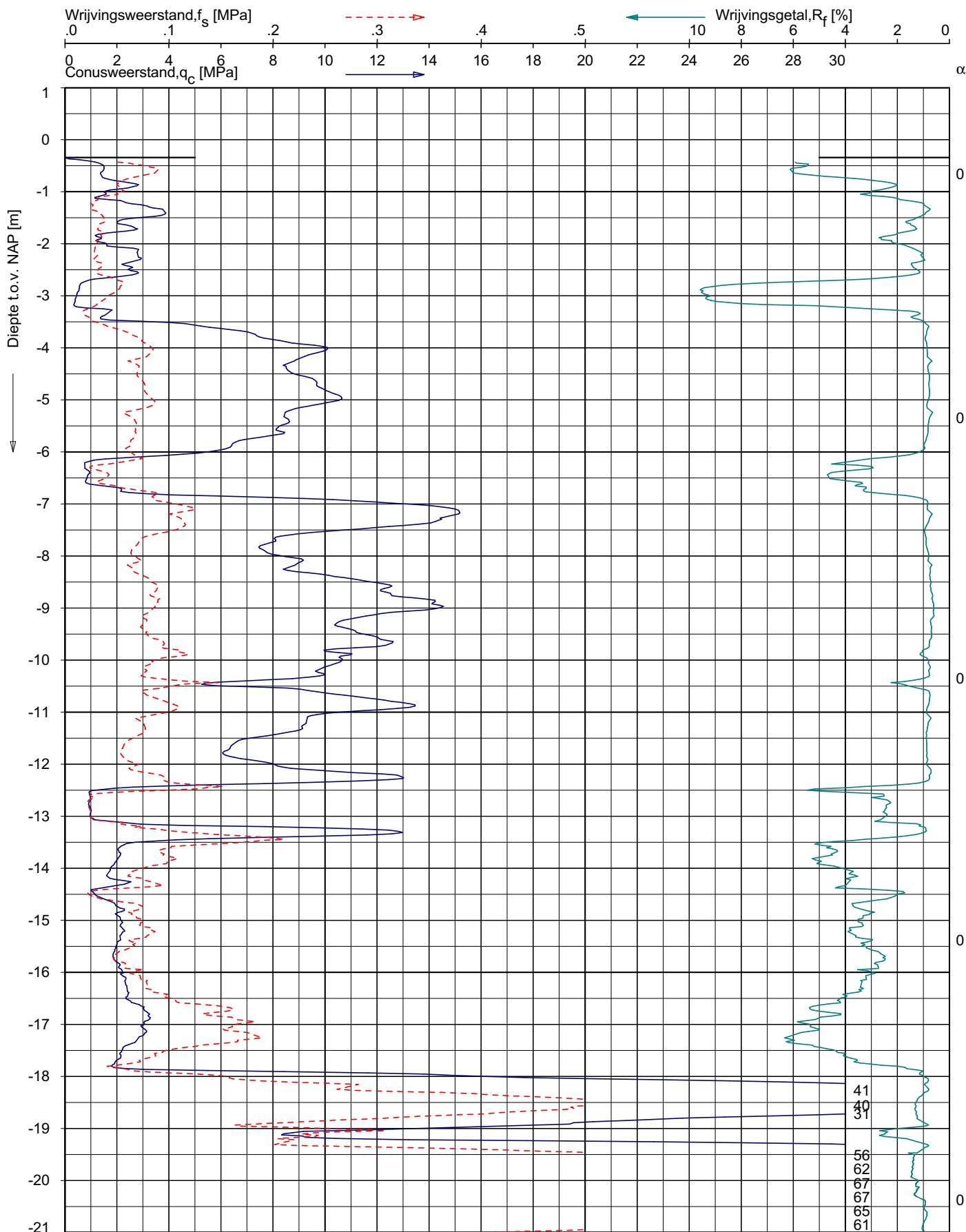
Opg. : CM/MWJ d.d. 16-Dec-2004 conus : F7.5CKE/B X = 105110
 Get. : VAL d.d. 20-dec-2004 MV = NAP -0.26 m Y = 410772

Sondering volgens norm NEN 5140: klasse 2
 conustype cilindrisch elektrisch
 α afwijking van de vertikaal

SONDERING
 NIEUWBOUW 150 kV STATION HSL AAN DE MOERDIJKSEWEG
 TE ZEVENBERGSCHEN HOEK

Opdr. 7404-0322-000
 Sond. DZ9





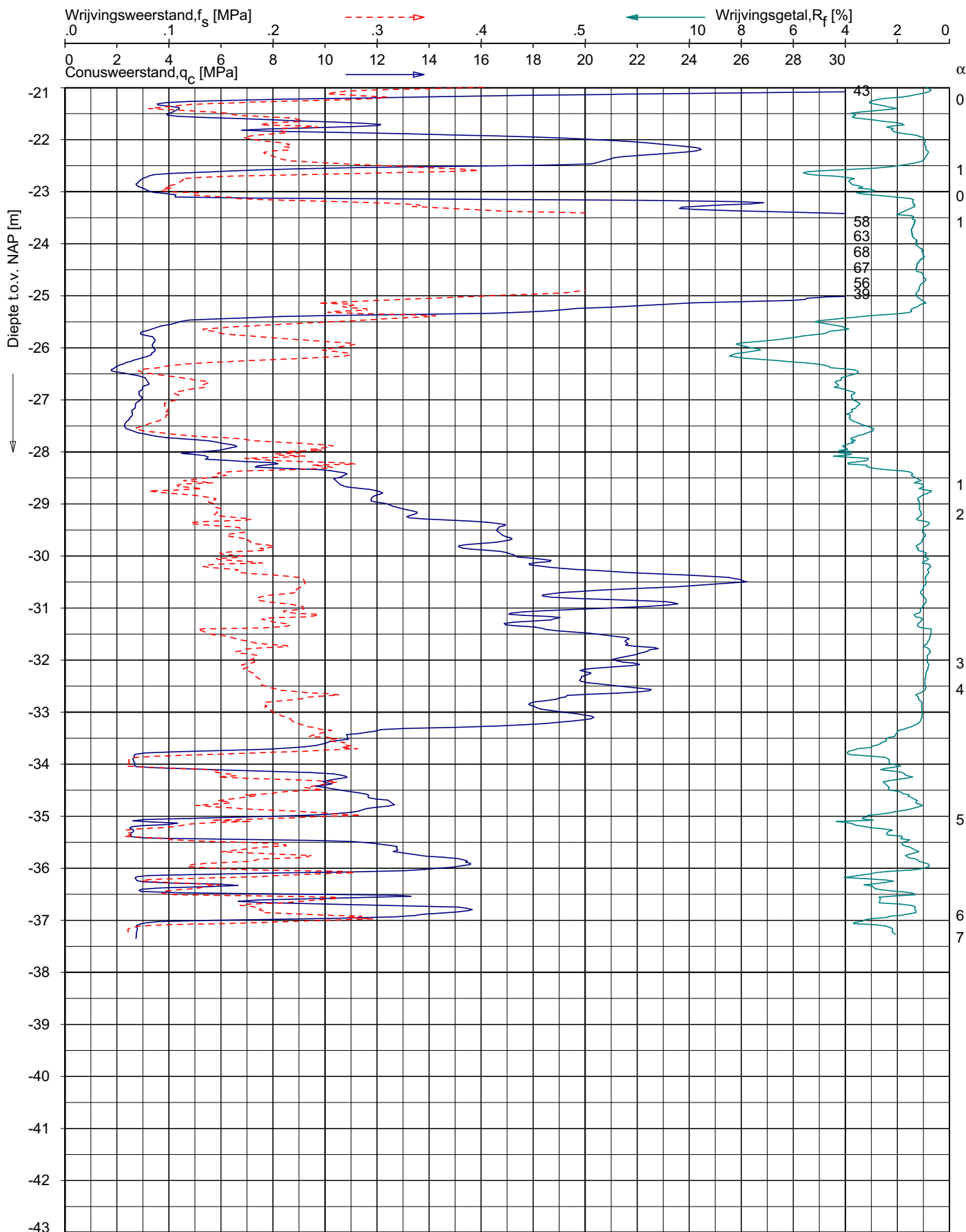
Opg. : CM/MWJ d.d. 16-Dec-2004 conus : F7.5CKE/B X = 105112
 Get. : VAL d.d. 20-dec-2004 MV = NAP -0.34 m Y = 410796

Sondering volgens norm NEN 5140: klasse 2
 conustype cilindrisch elektrisch
 α afwijking van de vertikaal



SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING
 NIEUWBOUW 150 kV STATION HSL AAN DE MOERDIJKSEWEG
 TE ZEVENBERGSCHE HOEK

Opdr. 7404-0322-000
 Sond. DZKM10



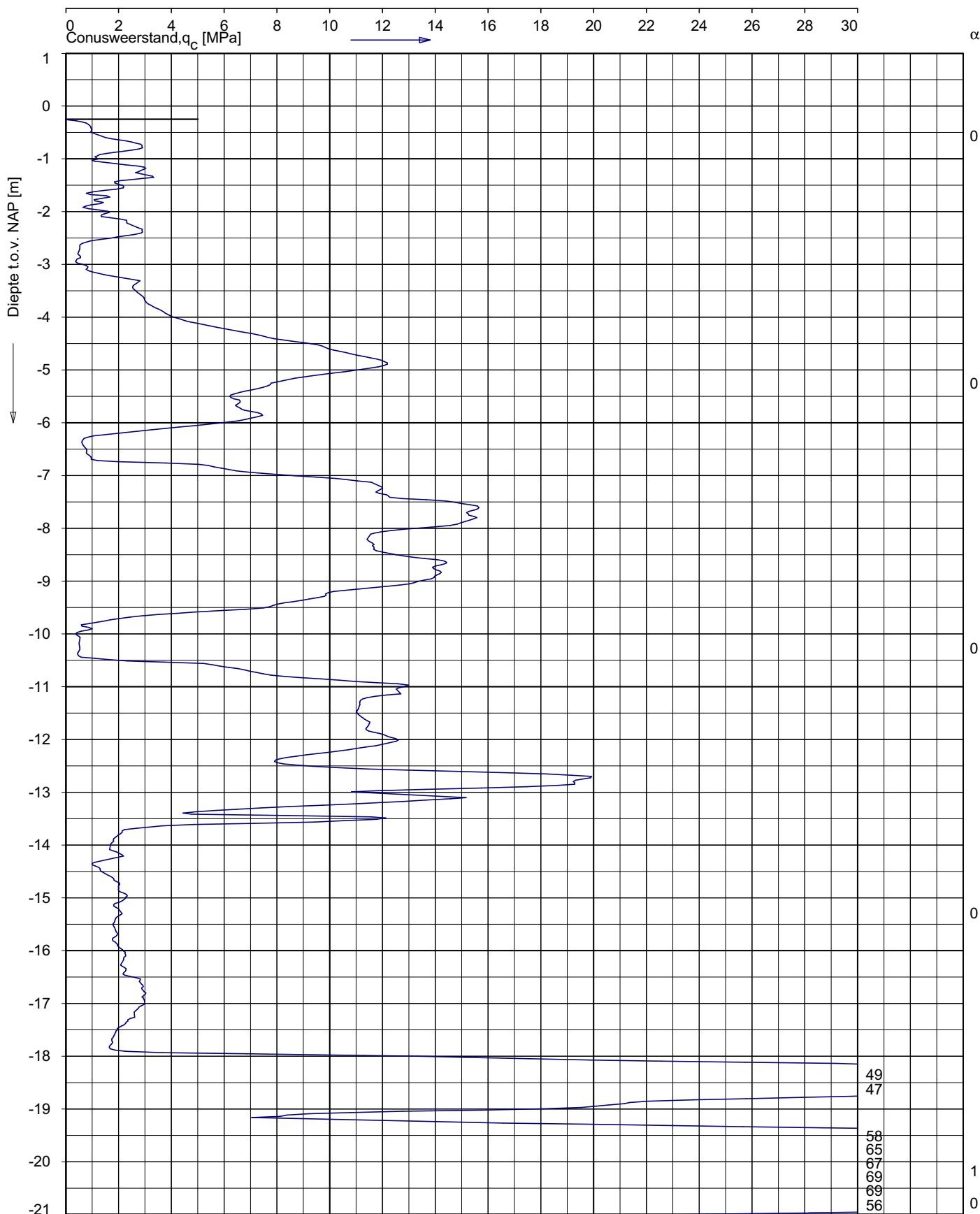
Opg. : CM/MWJ d.d. 16-Dec-2004 conus : F7.5CKE/B X = 105112
 Get. : VAL d.d. 20-dec-2004 MV = NAP -0.34 m Y = 410796

Sondering volgens norm NEN 5140: klasse 2
 conustype cilindrisch elektrisch
 α afwijking van de vertikaal



SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING
 NIEUWBOUW 150 kV STATION HSL AAN DE MOERDIJKSEWEG
 TE ZEVENBERGSCHE HOEK

Opdr. 7404-0322-000
 Sond. DZKM10



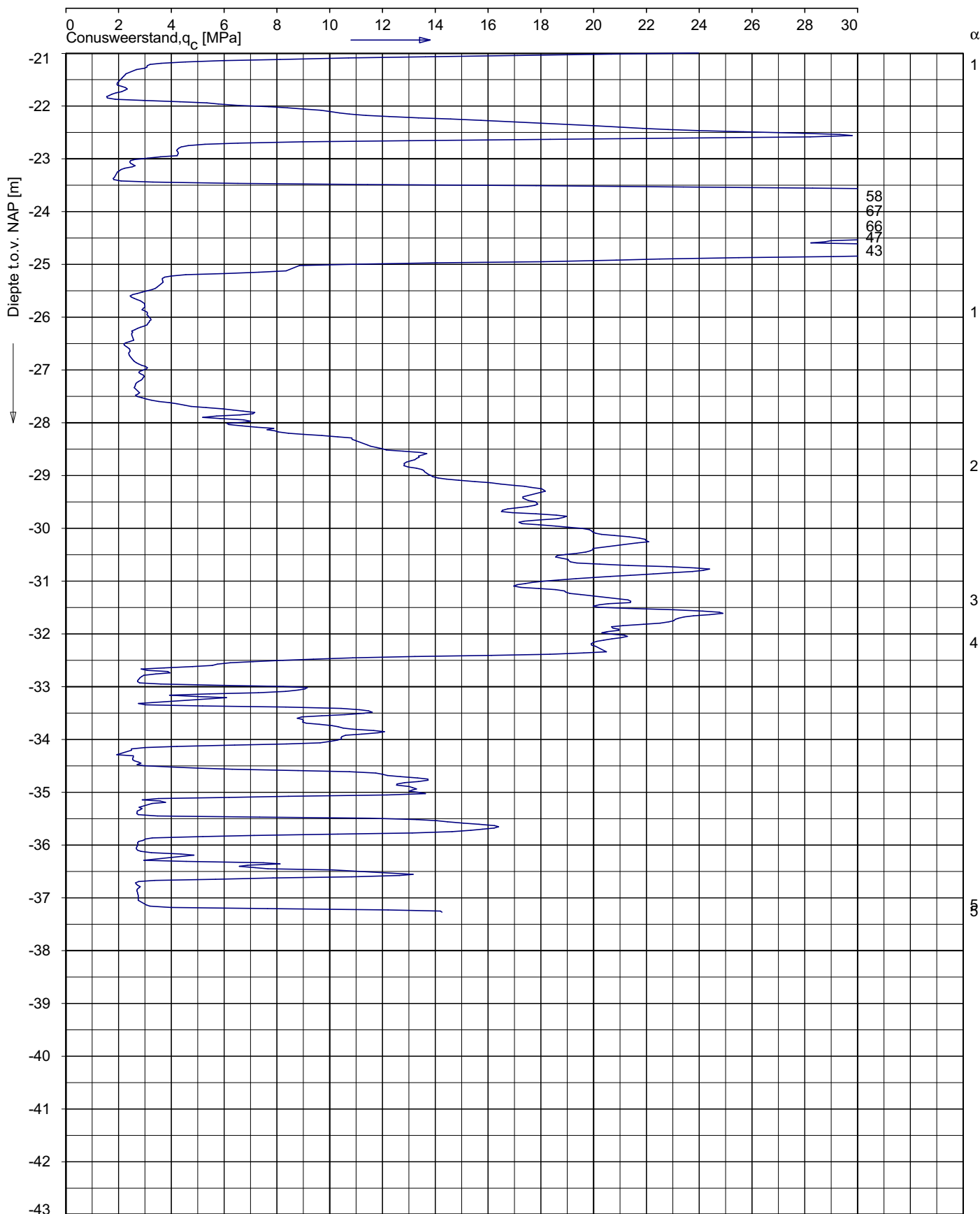
Opg. : CM/MWJ d.d. 16-Dec-2004 conus : F7.5CKE/B X = 105126
 Get. : VAL d.d. 20-dec-2004 MV = NAP -0.25 m Y = 410799

Sondering volgens norm NEN 5140: klasse 2
 conustype cilindrisch elektrisch
 α afwijking van de vertikaal

SONDERING
 NIEUWBOUW 150 kV STATION HSL AAN DE MOERDIJKSEWEG
 TE ZEVENBERGSCHEN HOEK

Opdr. 7404-0322-000
 Sond. DZ11





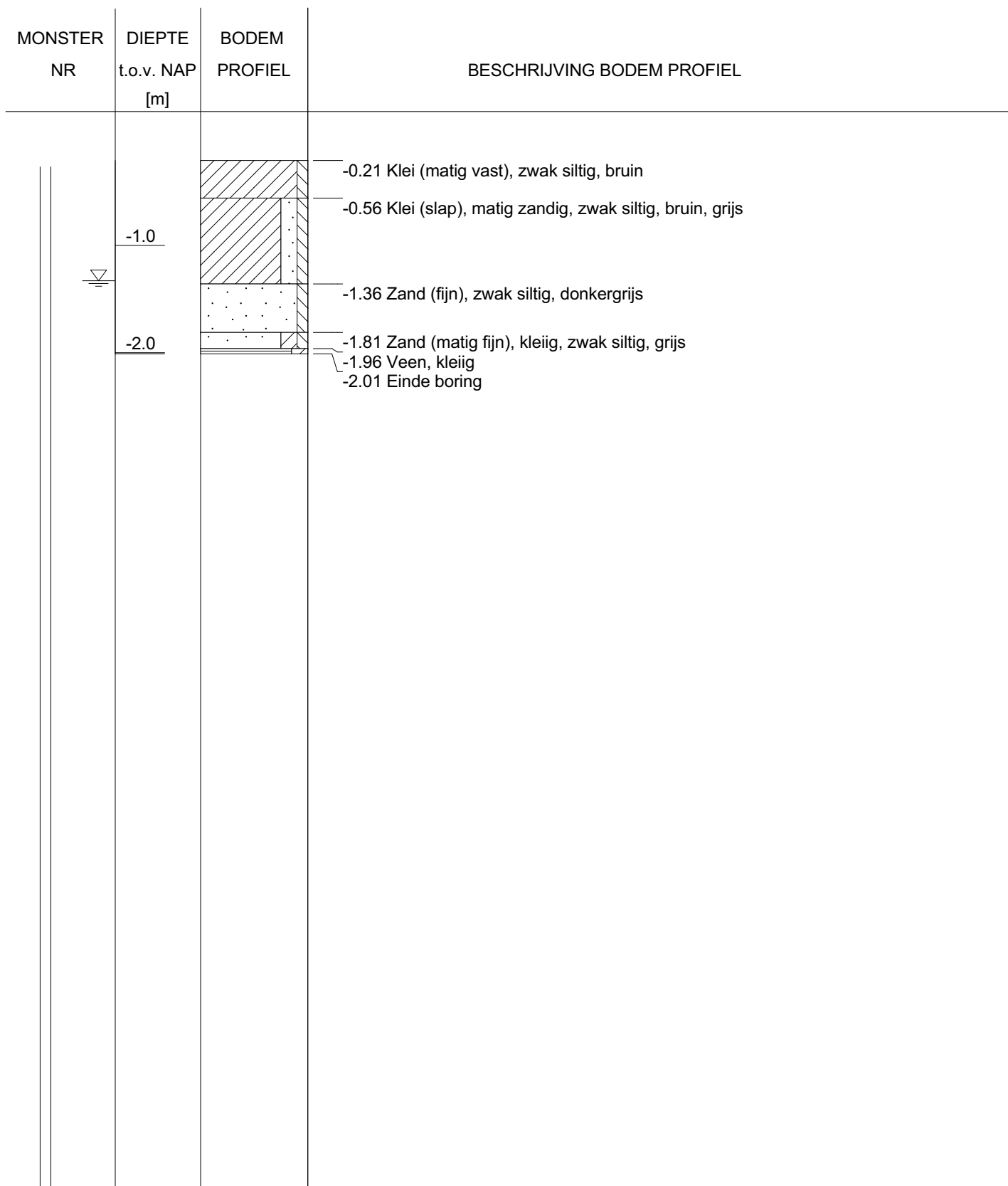
Opg. : CM/MWJ d.d. 16-Dec-2004 conus : F7.5CKE/B X = 105126
 Get. : VAL d.d. 20-dec-2004 MV = NAP -0.25 m Y = 410799

Sondering volgens norm NEN 5140: klasse 2
 conustype cilindrisch elektrisch
 α afwijking van de vertikaal



SONDERING
 NIEUWBOUW 150 kV STATION HSL AAN DE MOERDIJKSEWEG
 TE ZEVENBERGSCHEN HOEK

Opdr. 7404-0322-000
 Sond. DZ11

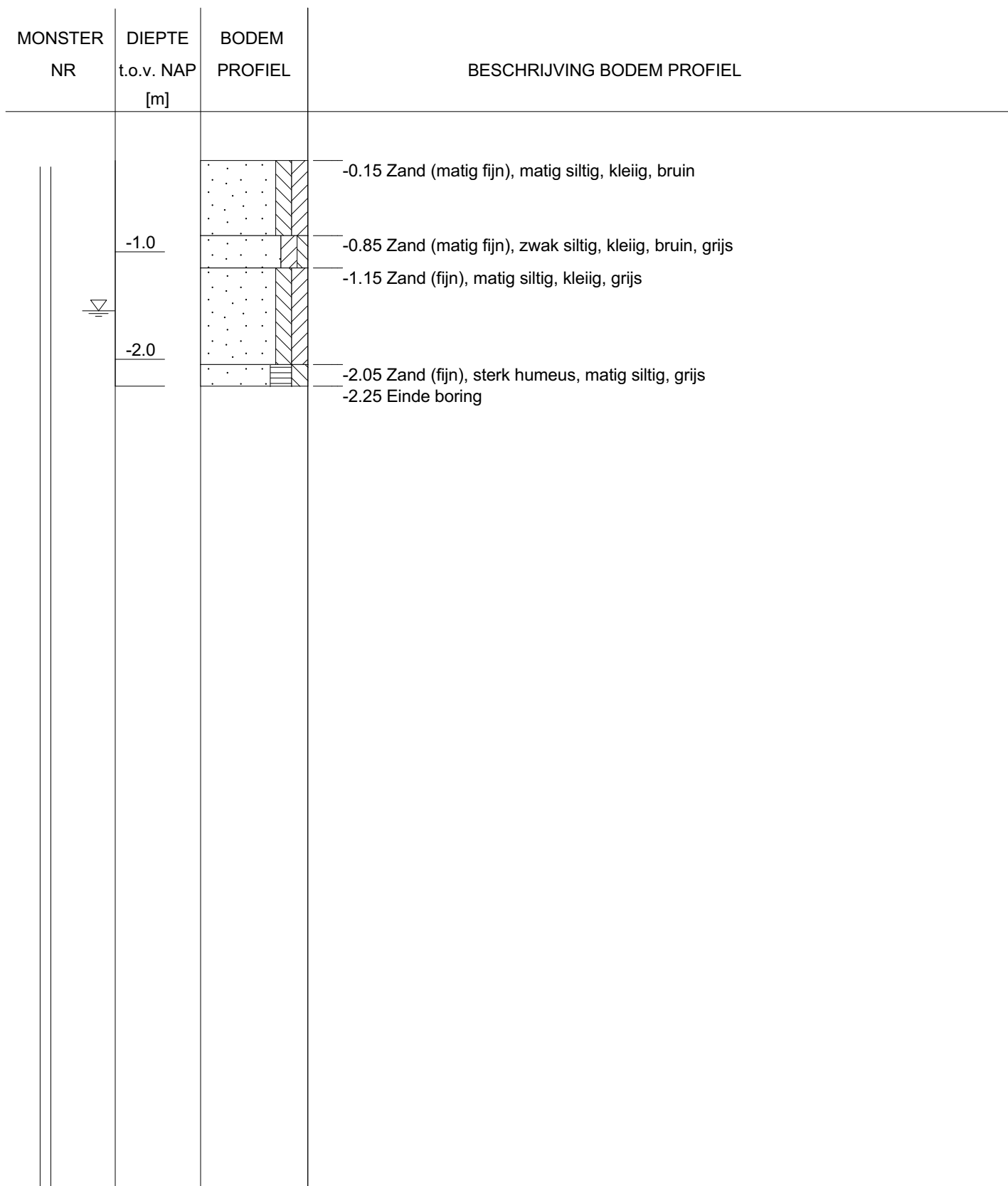


Uitvoering : 17-12-2004 Boring bij : DZKM1 MV : NAP -0.21 m. GHG : MV - m. X : 105130
 Peiling PB : Boormeester : CM / MWJ Gemeten GWS : MV - 1.12 m. GLG : MV - m. Y : 410713

BORING VOLGENS NEN 5119

NIEUWBOUW 150kV STATION HSL AAN DE MOERDIJKSEWEG
 TE ZEVENBERGSCHEN HOEK

Opdr. : 7404-0322-000
 Boring : HB1

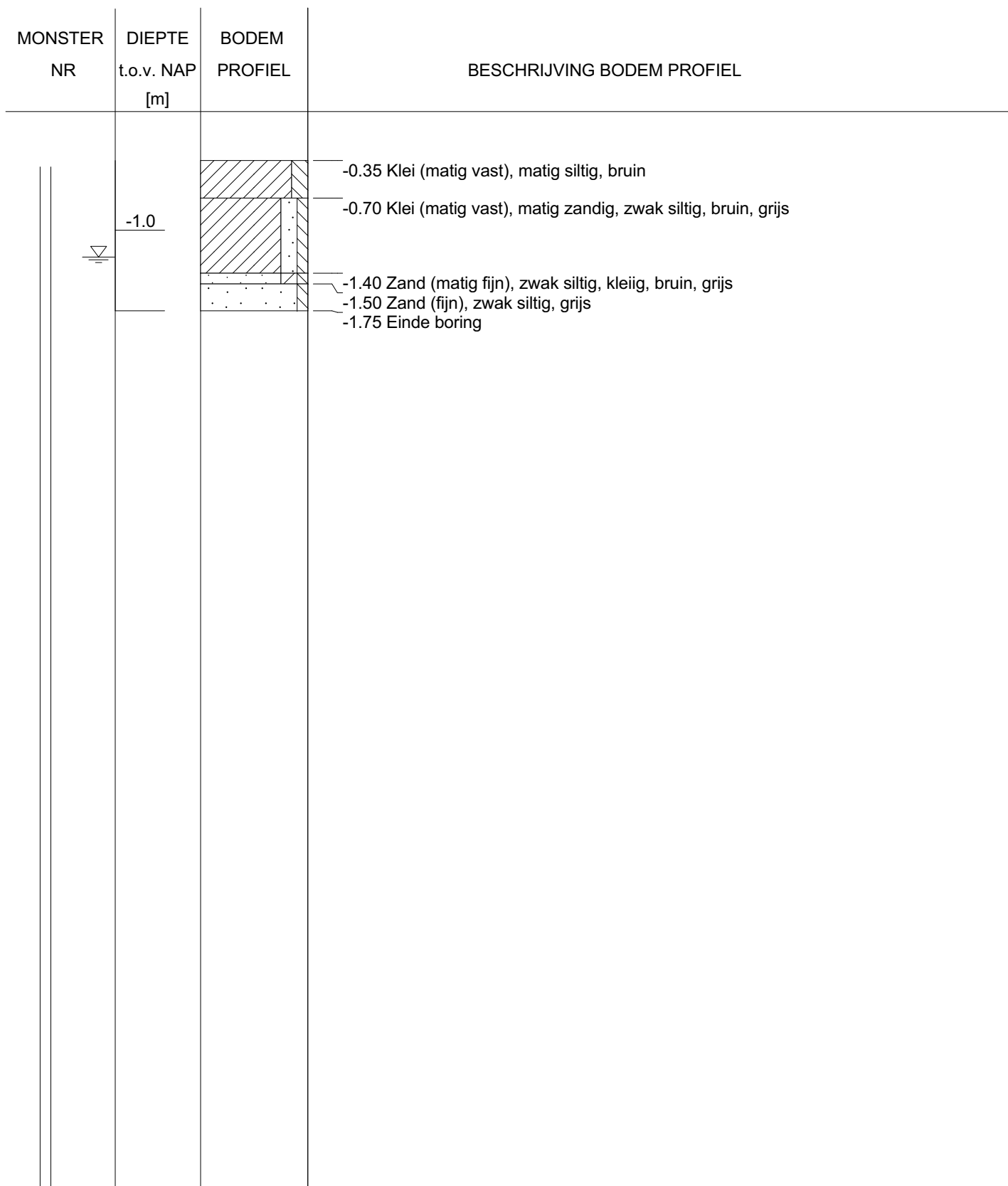


Uitvoering : 16-12-2004 Boring bij : DZKM4 MV : NAP -0.15 m. GHG : MV - m. X : 105170
 Peiling PB : Boormeester : CM / MWJ Gemeten GWS : MV - 1.40 m. GLG : MV - m. Y : 410754

BORING VOLGENS NEN 5119

NIEUWBOUW 150kV STATION HSL AAN DE MOERDIJKSEWEG
 TE ZEVENBERGSCHEN HOEK

Opdr. : 7404-0322-000
 Boring : HB2

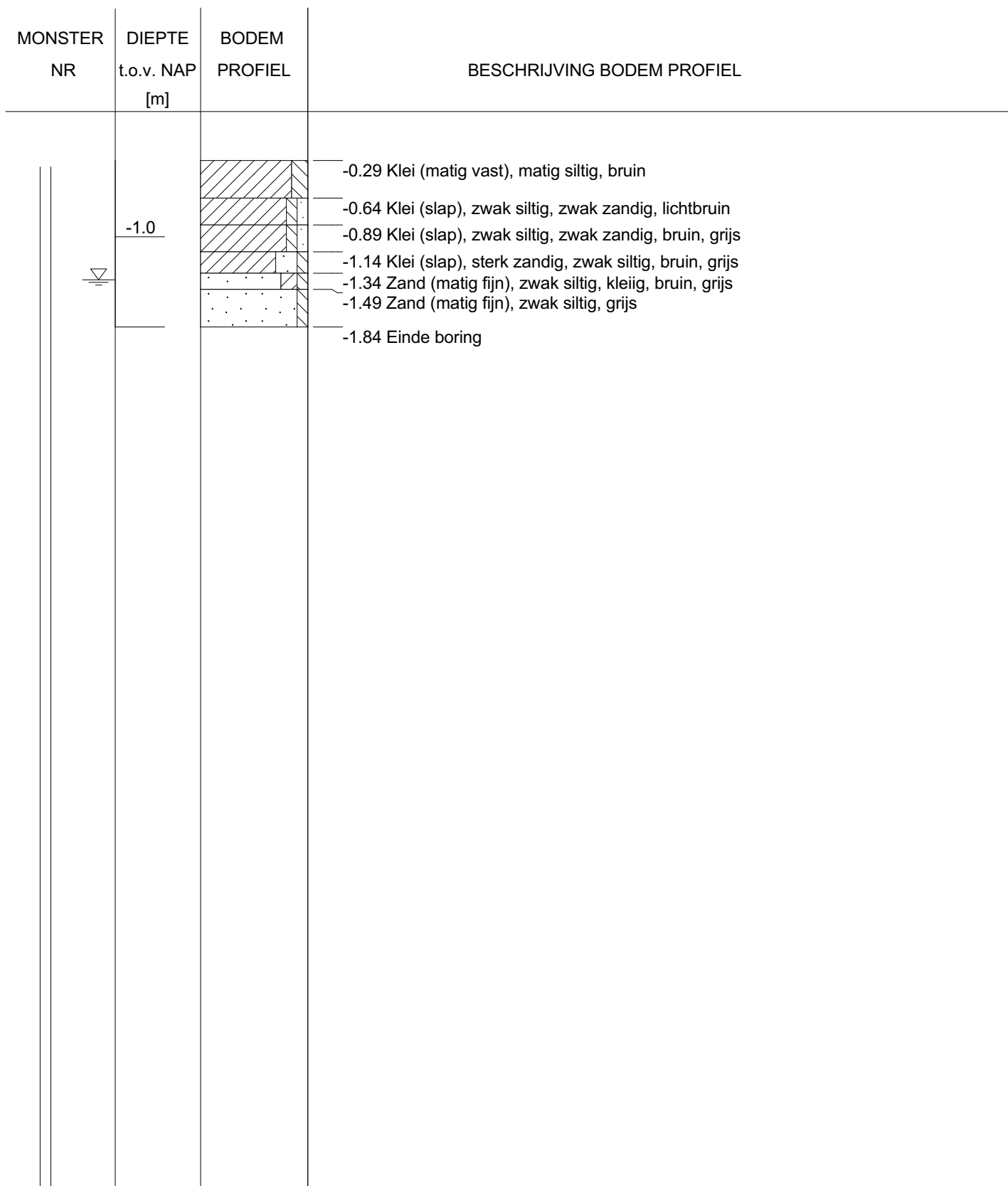


Uitvoering : 16-12-2004 Boring bij : DZKM5 MV : NAP -0.35 m. GHG : MV - m. X : 105143
 Peiling PB : Boormeester : CM / MWJ Gemeten GWS : MV -0.90 m. GLG : MV - m. Y : 410785

BORING VOLGENS NEN 5119

NIEUWBOUW 150kV STATION HSL AAN DE MOERDIJKSEWEG
TE ZEVENBERGSCHEN HOEK

Opdr. : 7404-0322-000
Boring : HB3

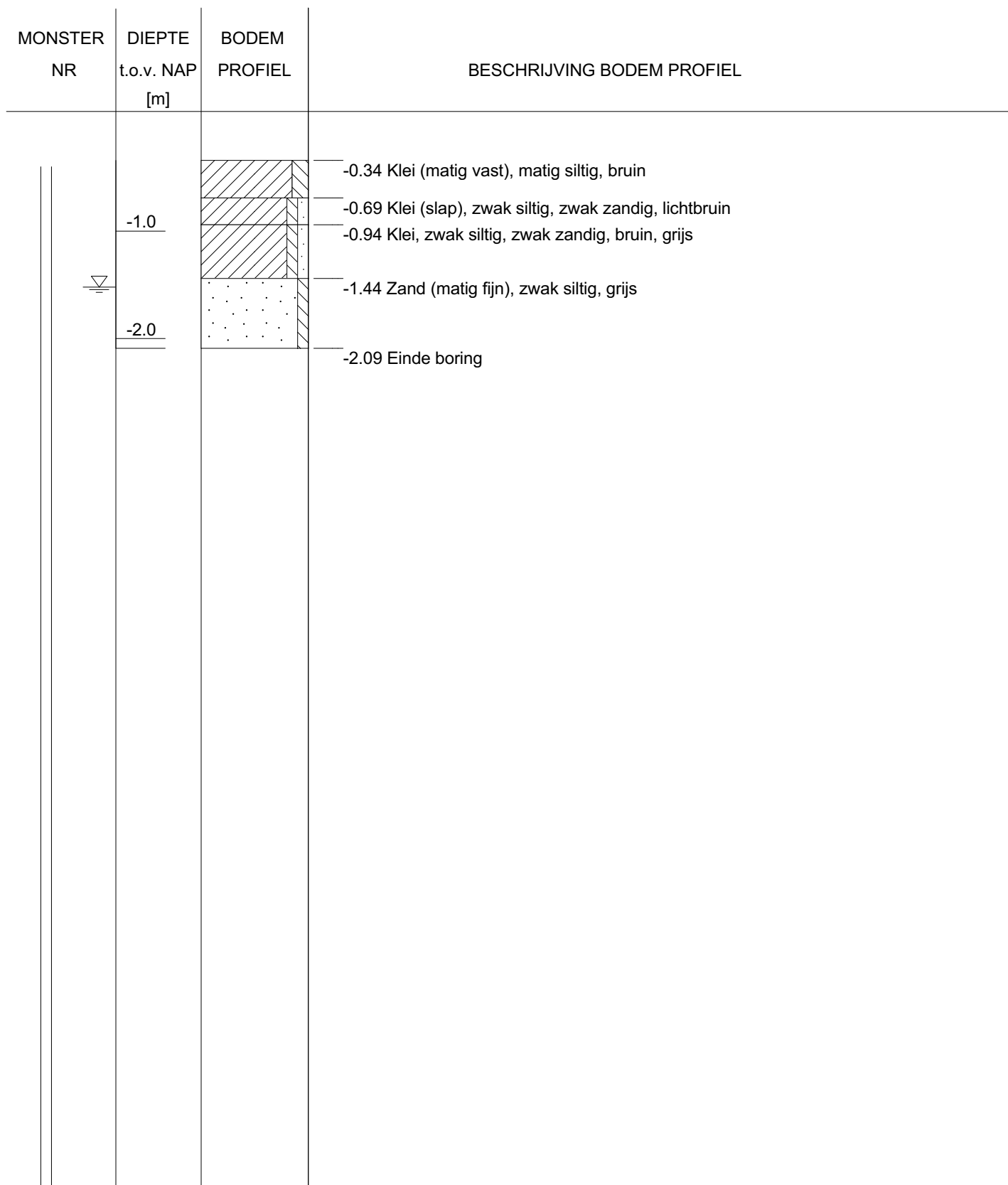


Uitvoering : 16-12-2004 Boring bij : DZKM8 MV : NAP -0.29 m. GHG : MV - m. X : 105114
 Peiling PB : Boormeester : CM / MWJ Gemeten GWS : MV - 1.11 m. GLG : MV - m. Y : 410752

BORING VOLGENS NEN 5119

NIEUWBOUW 150kV STATION HSL AAN DE MOERDIJKSEWEG
 TE ZEVENBERGSCHEN HOEK

Opdr. : 7404-0322-000
 Boring : HB4



Uitvoering : 16-12-2004 Boring bij : DZKM10 MV : NAP -0.34 m. GHG : MV - m. X : 105112
 Peiling PB : Boormeester : CM / MWJ Gemeten GWS : MV - 1.18 m. GLG : MV - m. Y : 410796

BORING VOLGENS NEN 5119

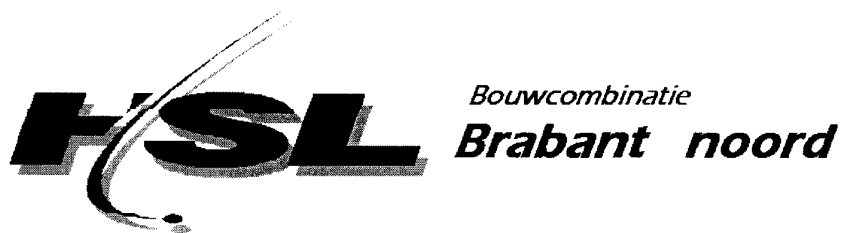
NIEUWBOUW 150kV STATION HSL AAN DE MOERDIJKSEWEG
TE ZEVENBERGSCHEN HOEK

Opdr. : 7404-0322-000
Boring : HB5

BIJLAGE

B

D-200657
BEREKENING
PAALFUNDATIES
HEKWERK
BEDIENINGSGEBO
UW EG01



Bouwcombinatie HSL Brabant Noord
bezoekadres
Steenweg 5
4781 PA Moerdijk
correspondentieadres
Postbus 5014
4780 KA Moerdijk
telefoon 0168-415415
telefax 0168-415400
e-mail info@hsl5n.nl



HSL- A16
Brabant Noord

D-200657



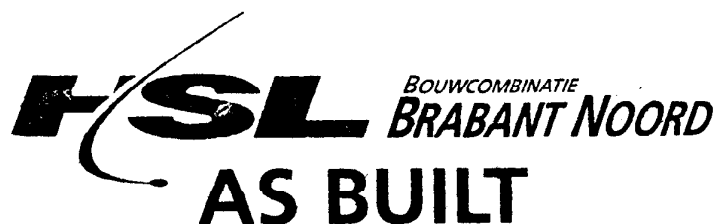
DEFINITIEF ONTWERP

EG01 BEDIENINGSGEBOUW 150 KV STATION
ZEVENBERGSCHENHOEK

Vertaling berekening Multiconsult tbv berekening paalfundaties
hekwerk

documentcode: B-2-EG01-BE-90
aantal pagina's: 11 en bijlage 2 (38 pagina's)

0	11-10-2005	As Built
A	22-03-2005	Voor bouwaanvraag
Rev.	Datum	Status



Datum 22-maart-2005
Referentie 311-60-B0002, vertaling
Blad 10 van 11

- Berekenen of de vertical toelaatbare trekkracht van de paal in spreadsheet Trekpaal2001-4-rev-1.7.xls, voldoet aan de CUR 2001-4

3.5 Ontwerp van de fundering en betonplint

De uitwerking van het ontwerp van de fundaties en betonplinten gebeurt ook in aanvullende detail berekeningen.

Datum 22-maart-2005
Referentie 311-60-B0002, vertaling
Blad 11 van 11

4 Uitstaande acties tbv detailengineering

De hieronder staande acties dienen uitgevoerd te zijn voordat gestart kan worden met de detail engineering.

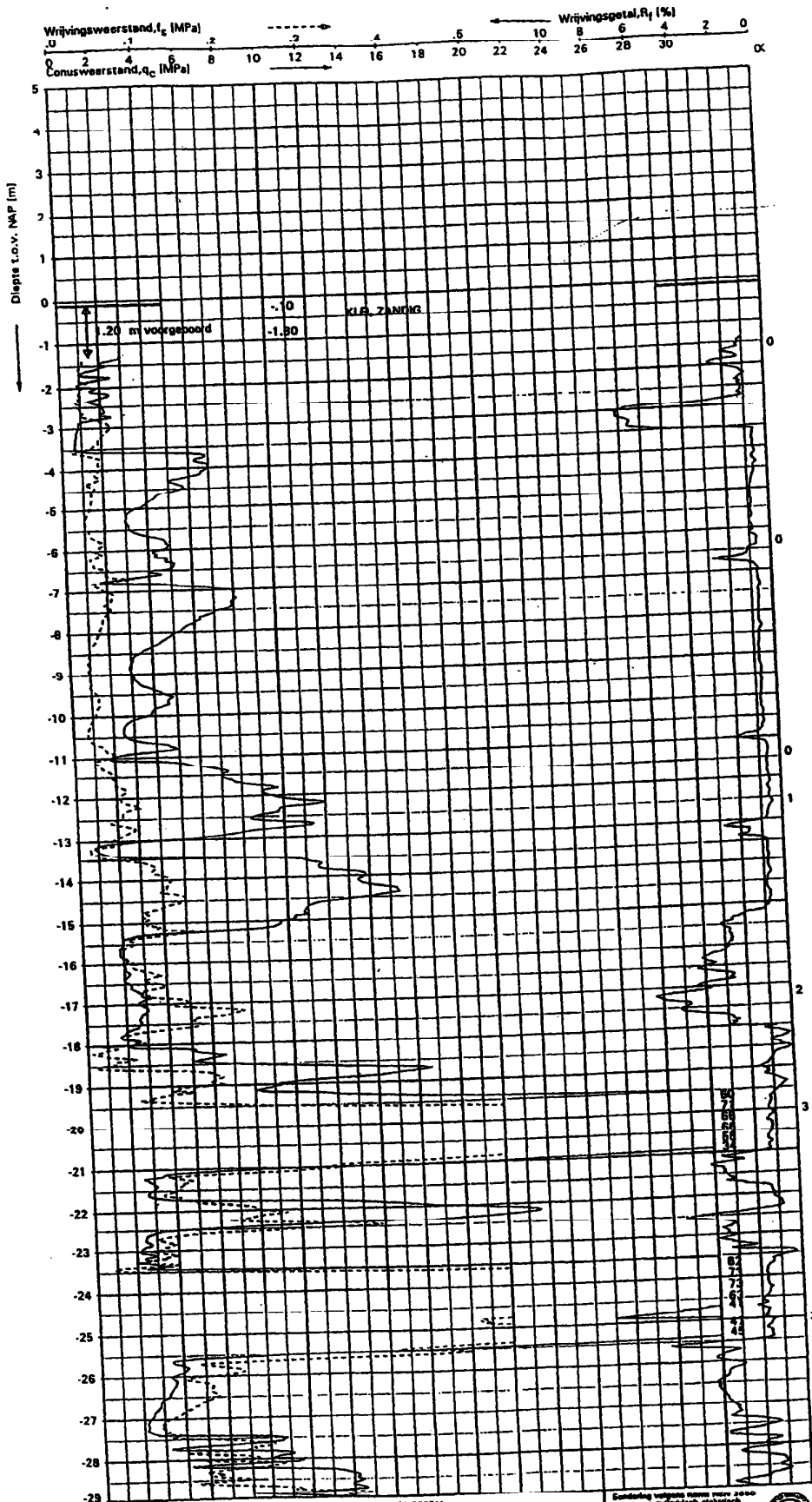
- Na het maken van aanvullende sonderingen, de horizontale en verticale capaciteit van de palen bepalen.
- Het berekenen van de palen, fundaties en betonplint.
- Uitwerken van de volgende details
- Details van de wapening in de fundaties en de betonplint
- Berekenen van de ankers en staalplaten in de fundatie van het hekwerk.

5 Aandachtspunten

De betonplinten aan de onderzijde van het hekwerk dienen horizontaal bevestigd te worden aan de funderingen door middel van ankers en staalplaten.

Datum 22-maart-2005
Referentie 311-60-B0002, vertaling
Blad 12 van 12

Appendix 2 Berekeningen



Opp.: Osh d.d. 27-jan-1998 Conus: F7,5CE5V
 Osh.: KGR d.d. 23-jan-98 MV = NAP -10 m

Sondering volgens normen met 2000
 conusmeting cyclisch elastisch
 D: afwijking van de verhoof

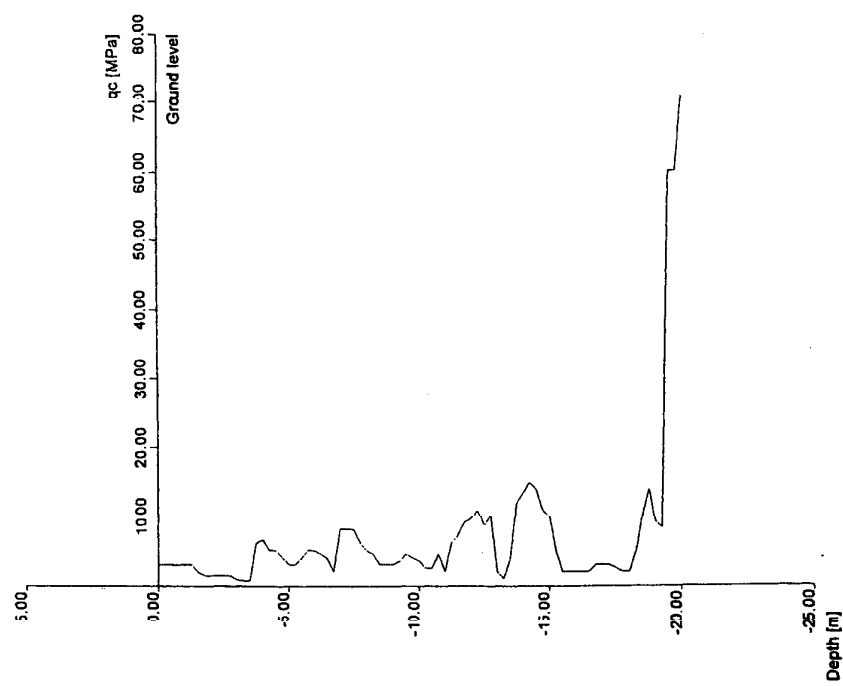


SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING
 GRONDONDERZOEK DERDE FASE 1998-PROJECTBUREAU HSL-ZUID INFRA
 X-106160 V-410747 HAZELDONK - MOERDIJK (TRACEE DEEL 5)

Opdr. W-5250
 Sond. NS 53042

Profile: NS53042

CPT: NS53042



Material	Unit weight dry kN/m ³	Unit weight wet kN/m ³	Phi deg
Clay	18.0	18.0	22.5
Pea	13.0	13.0	15.0
Sand	19.0	21.0	30.0
Loam	21.0	21.0	32.5
Sand	19.0	21.0	30.0
Sand	19.0	21.0	35.0
Clay	19.0	19.0	17.5
Sand	20.0	22.0	40.0

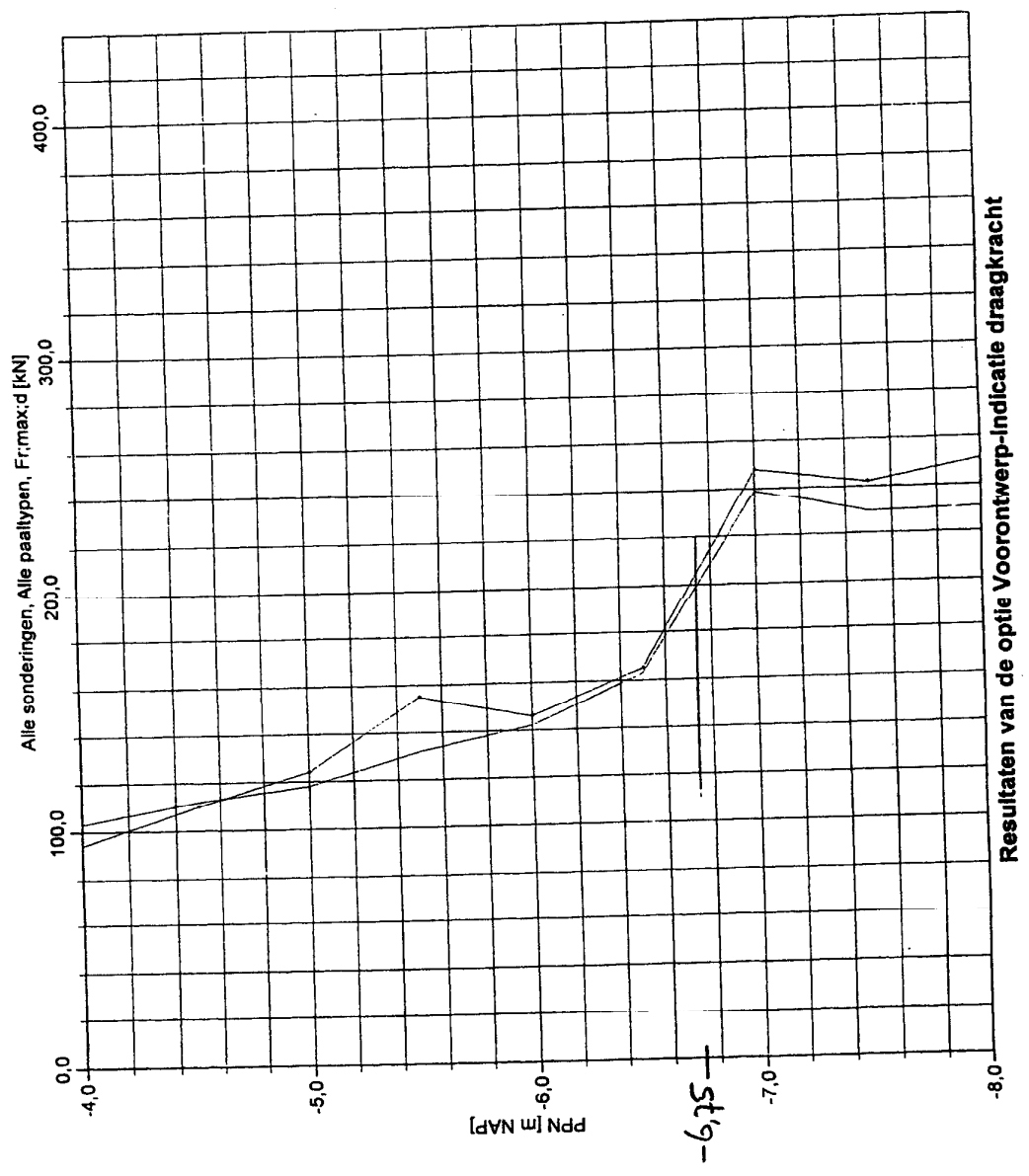
PL (Phreatic Level) = 0.00 [m]
 PTL (Pile Tip Level) = -11.50 [m]
 PSFZ = Positive skin friction zone, top = -3.50 [m]
 NSFZ = Negative skin friction zone, bottom = -3.50 [m]

Multiconsult BV	Postbus 3325 4800DH Breda	Tel 076-5302660 Fax 076-5302661	datum 4/29/2003	get -
Infraprovider TSSL - VO ber. Moerdijk Sondering NS53042				ctr. -
MFoundation 4.3 : poer.foi			Bijl.	form. A4

piles under slabs of various domestic installations (non rigid structures)

blz 3

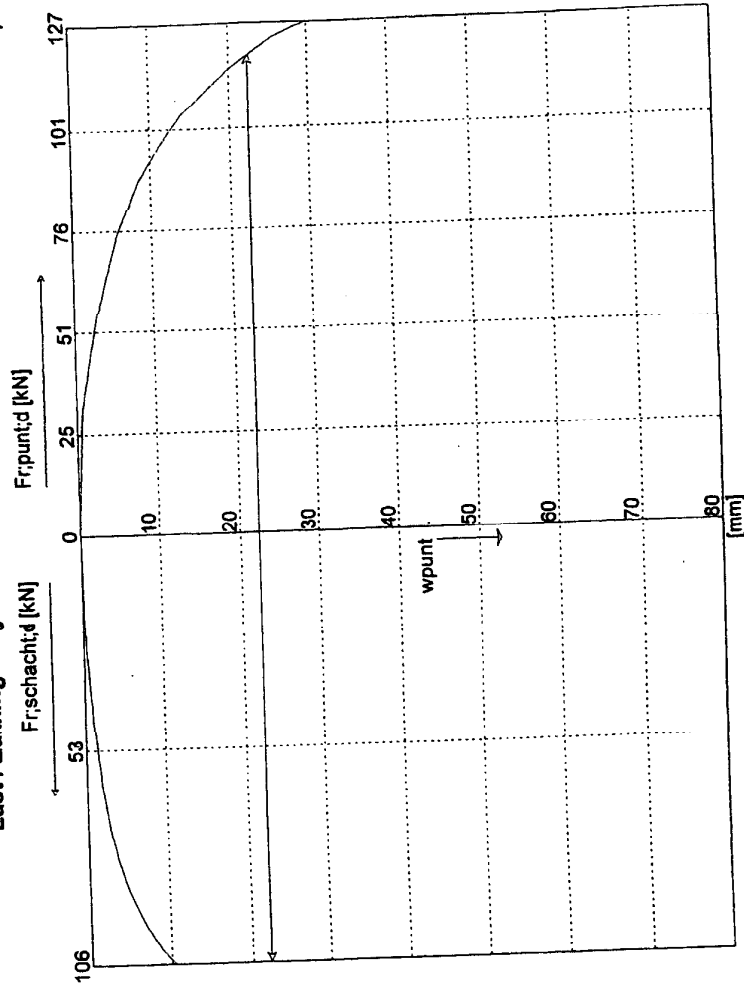
Legenda voor paaltypen/sonderingen
 NS53042, avegearpaal $\phi 350$
 NS53042, prefabpaal 250x250



Resultaten van de optie Voorontwerp-Indicatie draagkracht

Multiconsult BV Postbus 3325 4800DH Breda	Tel 076-5302660 Fax 076-5302661	datum	get.
		4-4-2003	
Infraprovider TSSL - VO her Moerdijk Sondering NS53042 MFfoundation 4.3 : NS53042.foi		cr.	form.
		Bijl.	A4

rotatie-eis: stel $a = 5,0 \text{ m}$
 NEN 6740 § 11.9 $\Rightarrow \frac{1}{3} w_{reg} \leq a \times 0,01$
 $w_{reg} \leq a \times 0,03 = 5,00 \times 0,03 = 150 \text{ mm}$ *
 $w_d = w_{p,d} = 22 \text{ mm} < 150 \text{ mm}$
 Last / Zakking Diagram : Grenstoestand 1B, Slap bouwwerk * bij paalafstand $> 5,0 \text{ m}$
 wordt rotatie-eis maatgevend



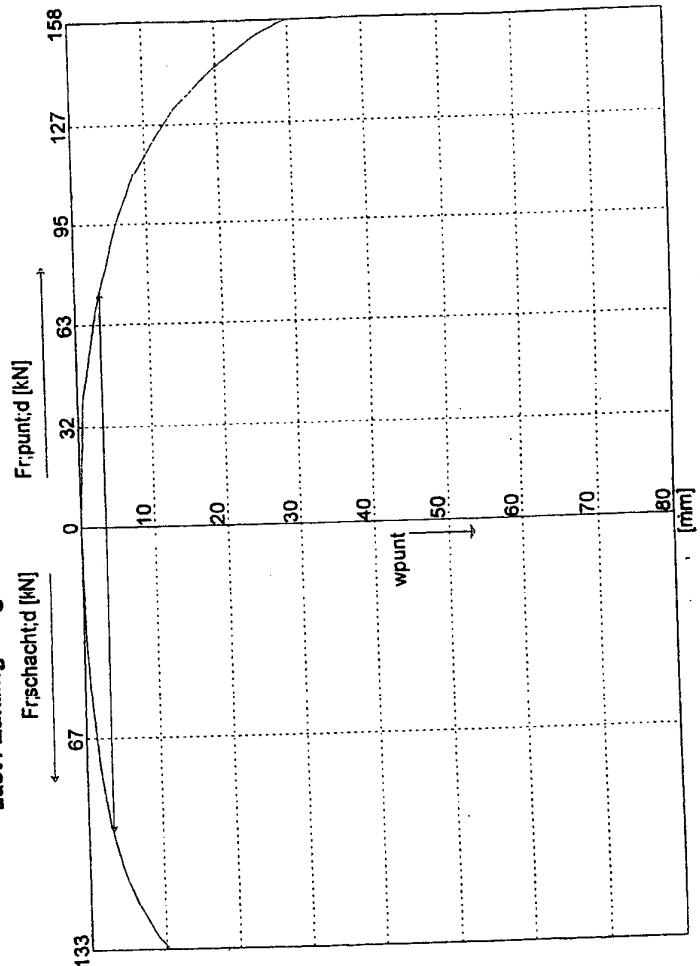
Paal 1 Sond. NS53042, maatgevende situatie, paaltipe : Prefab betonpaal
 Rechthoekig, paalpuntniveau = -6,75 [m], afmetingen : a = 0,250 [m], b = 0,250 [m]

$F_{s;tot;d} = 225,0 \text{ kN}$ $w_{p;tot;d} = 22,4 \text{ mm}$
 $F_{r;s;chacht;d} = 106,3 \text{ kN}$ $F_{r;p;unt;d} = 118,7 \text{ kN}$

Multiconsult BV	Postbus 3325 4800DH Breda	Tel 076-5302690 Fax 076-5302661	datum 9-10-2003	get. -
Infraprovider ISSL - VO ber. Sondering NS53042			-	cb.
MFoundation 4.3 : plaat.foi			Bijl.	form. A4

rotatie eis: stel $a = 5,10 \text{ m}$
 NEN 6740, § 11.9 $\Rightarrow \frac{1}{3} w_{reg} \leq a \times 0,0333$
 $\Rightarrow w_{reg} \leq a \times 0,01 = 5000 \times 0,01 = 50 \text{ mm}$
 $w_d = w_1 + w_2 = 3,4 + ? < 50 \text{ mm}$

Last / Zakking Diagram : Grenstoestand 2, Slap bouwwerk



Paal 1 Sond. NS53042, maatgevende situatie, paaltipe : Prefab betonpaa
 Rechthoekig, paalpuntniveau = -6,75 [m], afmetingen : a = 0,250 [m], b = 0,250 [m]

$$K_v = \frac{169000}{3,4} = 49706 \text{ (rep)}$$

$$K_v \cdot l_{aag} = 35000 \text{ N/mm}$$

$$K_v \cdot h_{aag} = 70000 \text{ N/mm}$$

Fs; tot;d = 169,0 kN wpunt;d = 3,4 mm
 Fr; schacht;d = 95,8 kN Fr; punt;d = 73,2 kN

VI

Multiconsult BV Postbus 3325 4800DH Breda	Tel 076-5302660 Fax 076-5302661	datum	get.
		9-10-2003	-
Infraprovider T33L - VO ber. Sondering NS53042 MFoundation 4.3 : plaat.foi		ctf.	
		Bijl.	form. A4

UITVOER-FILE MFOUNDATION : MODEL BEARING PILES

Programma : MFoundation
 Versie : 4.3
 Licentie : SCIA
 Bedrijf : Multiconsult BV

Probleem identificatie : Infraprovider TSSL - VO ber.
 : Sondering NS53042

Datum : 9-10-2003
 Tijd : 8:40:50

Uitvoerfile : Q:\8152\M-Foundation\TSS2\plaat.foe
 Invoerfile : Q:\8152\M-Foundation\TSS2\plaat.foi

ECHO INVOER

RAPPORTAGE GEGEVENS

Infraprovider TSSL - VO ber. : Geotechnisch adviseur
 Sondering NS53042 : Constructeur bovenbouw
 8152 : Opdrachtgever
 Zevenbergschenhoek : Naam project
 : Beschrijving
 : Nummer project
 : Locatie project

GEOTECHNISCHE CATEGORIE

De fundering is ingedeeld in geotechnische categorie 2.

TOEPASSINGSGEBIED MODEL BEARING PILES

De toetsingen uitgevoerd door het model BEARING PILES van MFOUNDATION hebben betrekking op paalfunderingen waarop statische of quasi-statische belastingen werken die drukkrachten in de palen veroorzaken met dien verstande dat de berekening van de paalkrachten en de vervormingen is gebaseerd op sonderingen. Eventuele rijzing van (trek-)palen en mogelijke horizontale verplaatsingen van palen zijn niet in deze toetsingen opgenomen.

CATEGORIE BOVENBOUW

2 : Overige

ALGEMENE SONDEERGEGEVENS

Naam sondeerfile (file-extensie = .CPT) :

1 = Aantal sonderingen
 Tijdstip sondering :
 1 : Sonderingen vooraf

Nummer/naam sondering	Paalpunt- niveau [m NAP]	Bovenkant pos. kleezone [m NAP]	Onderkant neg. kleezone [m NAP]	X-coor- dinaat [m]	Y-coor- dinaat [m]
1: NS53042	-6.75	-3.50	-3.50	0.00	0.00

GRONDGEGEVENS

1 = Aantal grondprofielen (= aantal sonderingen)
 Grondprofiel nr 1 behorende bij sondering 1: NS53042
 1.00 = OCR-waarde draagkrachtige laag
 0.110 = Verwachte maaiveldzakking in [m]
 0.150 = Maaiveldniveau in [m t.o.v. NAP]
 -1.100 = Niveau grondwaterstand in [m t.o.v. NAP]
 0.000 = Niveau ontgraving in [m t.o.v. NAP]
 7 = Aantal lagen in profiel

Nr laag	Bovenkant laag [m NAP]	Gamma [kN/m3]	Gamma;sat [kN/m3]	Phi [°]	Grond- soort	Mediaan (Zand/Grind) [mm]	qc-reduc- rie perc. [%]

1	0.150	18.00	18.00	22.50	Klei		0.0
2	2.750	13.00	13.00	15.00	Veen		0.0
3	-3.500	19.00	21.00	30.00	Zand	0.300	0.0
4	-6.250	21.00	21.00	32.50	Leem		0.0
5	-6.750	19.00	21.00	30.00	Zand	0.300	0.0
6	-11.000	19.00	21.00	35.00	Zand	0.300	0.0
7	-15.500	19.00	19.00	17.50	Klei		0.0

PAALTYPE prefabpaal

1 : Paal type = Prefab betonpaal

Paalafmetingen :

2 : Rechthoekige paal :

0.250 = Kleinste zijde paalpunt [m]

0.250 = Grootste zijde paalpunt [m]

Paaltype voor bepaling alpha_p :

1 : Geheide paal

1.0000 = alpha_p

Paaltype voor bepaling alpha_s :

1 : Prefab beton

0.0100 = alpha_s Zand (mediaan < 0.6 mm) Grind (mediaan < 2 mm)

0 : alpha_s klei/leem/veen volgens tabel 4 NEN6743

Hierbij is de alpha_s afhankelijk van de grondsoort en relatieve diepte.

Paaltype voor gebruik in last-/zakkingdiagrammen :

1 : Grondverdringende Paal

Materiaaltype paal :

1 : Beton

20000000 : E-modulus paal in [kN/m²]

Gladheidsbehandeling voor paal

1 : Geen gladheidsbehandeling

0.00 : Adhesie paal in [kN/m²]

PALENPLAN

1 = Aantal palen

1 = Aantal samenwerkende palen

(0 = niet ingevoerd, 1 = slappe bovenbouw, >1 = stijve bovenbouw)

Paal nr.	X-coor- dinaat [m]	Y-coor- dinaat [m]	Fs d (t1A/t1B) [kN]	Fs d (t2) [kN]	PO [kN/m ²]	Paalkop- niveau [m NAP]	Paal- code
1	0.00	0.00	197.00	149.00	0.00	0.00	1

TOTALE BELASTINGEN (rekenwaarden)

197.00 = Totale belasting op alle palen in grenstoestand 1A / 1B in [kN]

149.00 = Totale belasting op alle palen in grenstoestand 2 in [kN]

EISEN

Grenstoestand 1B

0.150 = Maximaal toegestane zakking in [m]

0.010000 = Maximaal toegestane (relatieve) rotatie

Grenstoestand 2

0.150 = Maximaal toegestane zakking in [m]

0.030000 = Maximaal toegestane (relatieve) rotatie

OPGEGEVEN PARAMETERS

2 1.00 : geen beta-factor opgegeven

2 1.00 : geen s-factor opgegeven

2 1.00 : geen ksi-factor opgegeven

2 1.00 : geen gamma;m;b opgegeven

2 1.00 : geen gamma;f;nk opgegeven

2 1.00 : geen A negatieve kleef opgegeven

1 : gebruik paalgroep bij negatieve kleef (standaard)

1 : gebruik tussenresultaten file

1 : pas reductie toe bij avegaar (standaard)

2 : gebruik de invloed van ontgravingen (standaard).

Er zijn geen fouten in de algemene invoer ontdekt.
De invoer voldoet aan de normen.

RESULTATEN TOETSING, MODEL BEARING PILES

Toetsing met volledige berekening

FACTOREN PAAL

1.25 = gamma;m;b (NEN 6740 tabel 3, grenstoestand 1A/1B)
1.00 = gamma;m;b (NEN 6740 tabel 3, grenstoestand 2)
0.75 = ksi (NEN 6743 tabel 1, bij M = 1 en N = 1)
1.00 = beta (NEN 6743 figuur 3 : Paalvoetvormfactor)
1.00 = s (NEN 6743 figuur 4 : factor voor invloed vorm
dwarsdoorsnede paalvoet).

Paaltype prefabpaal : Prefab betonpaal
Paalvorm : Rechthoekige paal
Afmetingen [m] : 0.250 0.250

Het programma houdt GEEN rekening met de invloed van de aanwezigheid van van de bijzondere variaties in de ondergrond op de maximaal toelaatbare H.O.H.-afstand van de sonderingen conform art. 8.4.2 NEN 6740.

TOETSING GRENSTOESTAND 1A

Eis volgens NEN 6740 art. 5.1 en 6.3.1: $F_{s;d} \leq F_{r;d}$.
Slappe constructie dus vergelijking per paal.
 $F_{s;d} = 197.000$ [kN]
 $F_{r;d} = 232.986$ [kN]
Er wordt voldaan aan de eis van grenstoestand 1A.

TOETSING GRENSTOESTAND 1B

Zakkingseis volgens NEN 6740 art. 5.1 en 6.3.1 : $W_d \leq W_{req}$.
 $W_d = 0.023$ [m]
 $W_{req} = 0.150$ [m]
Er wordt voldaan aan de zakkingseis van grenstoestand 1B.

Door de norm aanbevolen criteria voor rotatie en relatieve rotatie-eis (NEN 6740 art. 5.1) : $\theta = \beta = 1:100$.
Maximaal optredende (relatieve) rotatie = 0.000000 [---]
Maximaal toegestane (relatieve) rotatie = 0.010000 [---]
Er wordt voldaan aan de rotatie-eisen van grenstoestand 1B.

TOETSING GRENSTOESTAND 2

Zakkingseis volgens NEN 6740 art. 5.1 en 6.3.1 : $W_d \leq W_{req}$.
Voor woningen en woongebouwen geldt : $W_{req} = 0.15$ m. Voor overige typen bovenbouw geldt deze eis eveneens tenzij er een nadere zakkingseis is gedefinieerd.
 $W_d = 0.004$ [m]
 $W_{req} = 0.150$ [m]
Er wordt voldaan aan de zakkingseis van grenstoestand 2.

Door de norm vastgestelde criteria voor rotatie en relatieve rotatie-eis (NEN 6740 art. 5.1) voor woningen en woongebouwen : $\theta = \beta = 1:300$.
Voor overige typen bovenbouw gelden deze eisen eveneens tenzij er nadere eisen zijn gedefinieerd.
Maximaal optredende (relatieve) rotatie = 0.000000 [---]
Maximaal toegestane (relatieve) rotatie = 0.030000 [---]
De maximale rotatie treedt op tussen paal 0 en 0
N.B.: Het hier gehanteerde criterium wijkt af van de door de norm aanbevolen waarde voor θ en β (= 1:300).
Er wordt voldaan aan de rotatie-eisen van grenstoestand 2.

AANVULLENDE INFORMATIE

MFoundation 4.3

Rekenwaarden van de optredende maximale schachtspanningen (berekend op het scheidingsvlak tussen positieve en negatieve kleeftzone) :
 Bij Grenstoestand 1A/1B : $\sigma = 3.60 \text{ [N/mm}^2\text{]}$
 Bij Grenstoestand 2 : $\sigma = 2.70 \text{ [N/mm}^2\text{]}$

De maximale zakking werd gevonden bij :

- Grenstoestand 1B : Sondering NS53042 Paal nummer 1.
 Componenten van deze maximale zakking zijn :
 - wneg = 0.000 [m]
 - wpunt;d = 0.022 [m]
 - wel;d = 0.001 [m]
 - w2;d = 0.000 [m]
- Grenstoestand 2 : Sondering NS53042 Paal nummer 1.
 - wneg = 0.000 [m]
 - wpunt;d = 0.003 [m]
 - wel;d = 0.001 [m]
 - w2;d = 0.000 [m]

wneg is hierbij de zakking ten gevolge van de negatieve kleeft indien de verwachte maaiveldzakking (mvz) is gelegen tussen de volgende grenzen :
 $0.02 < mvz \leq 0.10 \text{ meter.}$

Bij maaiveldzakkingen buiten deze grenzen is wneg 0.

De draagkracht schacht + punt bij :

- Grenstoestand 1B

naam sondering	Draagkracht Schacht [kN] Fr;max;schacht;d	Draagkracht Punt [kN] Fr;max;punt;d	Draagkracht Totaal [kN]
NS53042	106.446	126.540	232.986

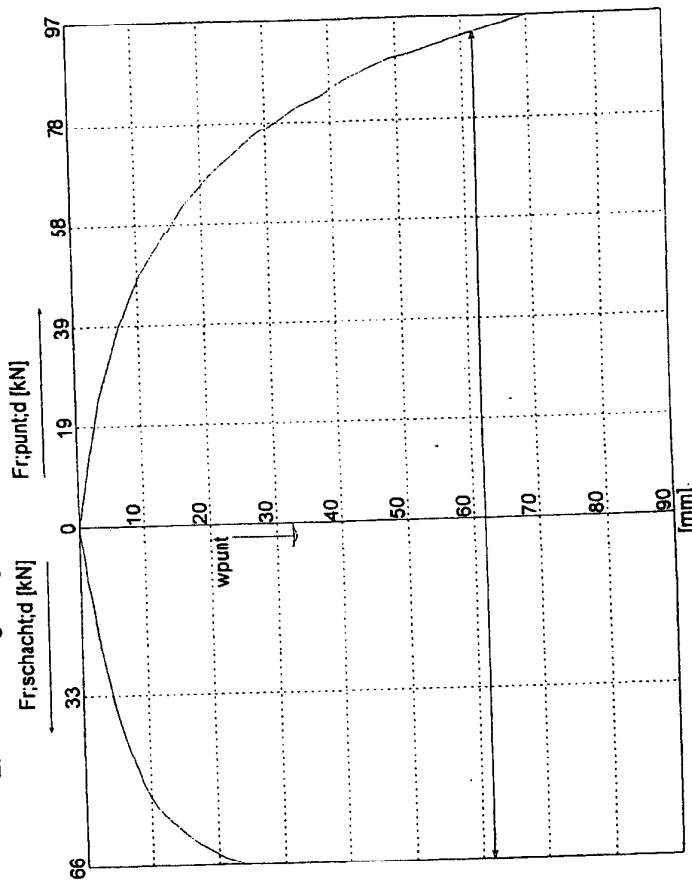
- Grenstoestand 2

naam sondering	Draagkracht Schacht [kN] Fr;max;schacht;d	Draagkracht Punt [kN] Fr;max;punt;d	Draagkracht Totaal [kN]
NS53042	133.057	158.176	291.233

EINDE UITVOER



Last / Zakking Diagram : Grenstoestand 1B, Slap bouwwerk

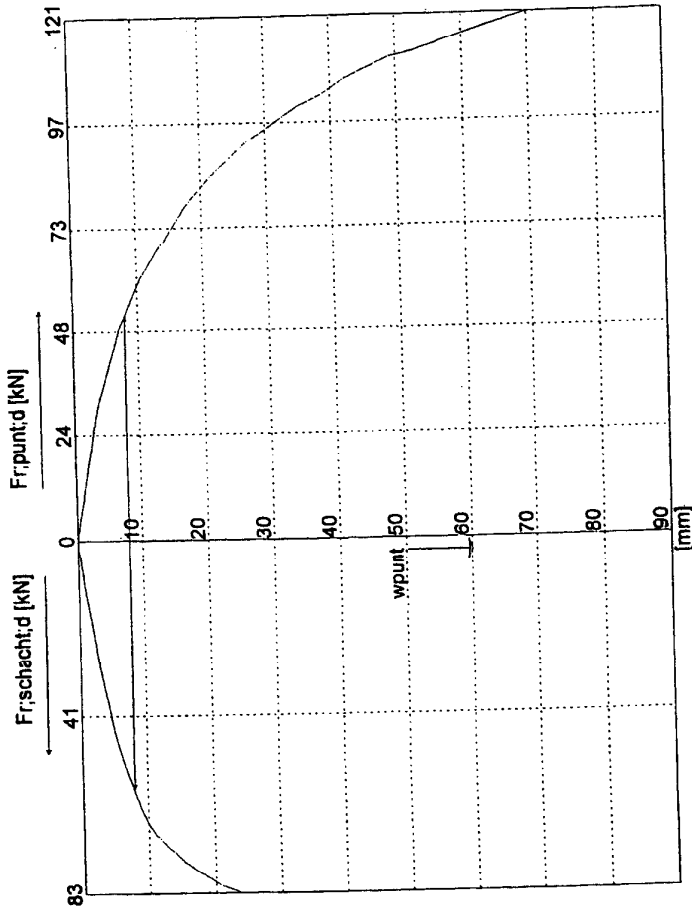


Paal 1 Sond. NS53042, maatgevende situatie, paaltype : Avegearpaal
 Ronde paal, paalpuntniveau = -6,50 [m], D = 0,350 [m]

Fs:tot;d = 160,0 kN wpunt;d = 61,7 mm
Fr:schacht;d = 66,2 kN Fr:punt;d = 93,8 kN

Multiconsult BV	Postbus 3325 4800DH Breda	Tel 076-5302660 Fax 076-5302661	datum	get.
			4-4-2003	-
Infraprovider TSSL - VO ber. Moerdijk Sondering NS53042	MFoundation 4.3 : NS53042.foi		cr.	form.
			Bijl.	A4

Last / Zakking Diagram : Grenstoestand 2, Slap bouwwerk



Paal 1 Sond. NS53042, maatgevende situatie, paaltype : Avegearpaal
 Ronde paal, paalpuntniveau = -6.50 [m], D = 0.350 [m]

Fr:schacht/d = 58.1 kN wpunt;d = 8.0 mm
Fr:punt;d = 51.9 kN

Multiconsult BV	Postbus 3325 4800DH Breda	Tel 076-5302660 Fax 076-5302681	datum 4-4-2003	get. -
Infraprovider TSSL - VO ber. Moerdijk Sondering NS53042			-	
MFoundation 4.3 : NS53042.foi			Bijl.	form. A4

UITVOER-FILE MFOUNDATION : MODEL BEARING PILES

Programma : MFoundation
 Versie : 4.3
 Licentie : SCIA
 Bedrijf : Multiconsult BV

Probleem identificatie : Infraprovider TSSL VO ber.
 : Sondering NS53042

Datum : 9-10-2003
 Tijd : 8:42:57

Uitvoerfile : Q:\8152\M-Foundation\TSS2\plaat.foo
 Invoerfile : Q:\8152\M-Foundation\TSS2\plaat.foi

ECHO INVOER

RAPPORTAGE GEGEVENS

Infraprovider TSSL - VO ber.
 Sondering NS53042
 8152
 Zevenbergschenhoek

: Geotechnisch adviseur
 : Constructeur bovenbouw
 : Opdrachtgever
 : Naam project
 : Beschrijving
 : Nummer project
 : Locatie project

GEOTECHNISCHE CATEGORIE

De fundering is ingedeeld in geotechnische categorie 2.

TOEPASSINGSGBIED MODEL BEARING PILES

De toetsingen uitgevoerd door het model BEARING PILES van MFOUNDATION hebben betrekking op paalfunderingen waarop statische of quasi-statische belastingen werken die drukkrachten in de palen veroorzaken met dien verstande dat de berekening van de paalkrachten en de vervormingen is gebaseerd op sonderingen. Eventuele rijzing van (trek-)palen en mogelijke horizontale verplaatsingen van palen zijn niet in deze toetsingen opgenomen.

CATEGORIE BOVENBOUW

2 : Overige

ALGEMENE SONDEERGEGEVENS

Naam sondeerfile (file-extensie = .CPT) :

1 = Aantal sonderingen
 Tijdstip sondering :
 1 : Sonderingen vooraf

Nummer/naam sondering	Paalpunt- niveau	Bovenkant pos. kleezone	Onderkant neg. kleezone	X-coor- dinaat	Y-coor- dinaat
	[m NAP]	[m NAP]	[m NAP]	[m]	[m]
1: NS53042	-6.75	-3.50	-3.50	0.00	0.00

GRONDGEGEVENS

1 = Aantal grondprofielen (= aantal sonderingen)
 Grondprofiel nr 1 behorende bij sondering 1: NS53042
 1.00 = OCR-waarde draagkrachtige laag
 0.110 = Verwachte maaiveldzakking in [m]
 0.150 = Maaiveldniveau in [m t.o.v. NAP]
 -1.100 = Niveau grondwaterstand in [m t.o.v. NAP]
 0.000 = Niveau ontgraving in [m t.o.v. NAP]
 7 = Aantal lagen in profiel

Nr laag	Bovenkant laag	Gamma	Gamma;sat	Phi	Grond- soort	Mediaan (Zand/Grind)	lqc-reduc- tie perc.
	[m NAP]	[kN/m3]	[kN/m3]	[ø]		[mm]	[%]

1	0.150	18.00	18.00	22.50	Klei		0.0
2	-2.750	13.00	13.00	15.00	Veen		0.0
3	-3.500	19.00	21.00	30.00	Zand	0.300	0.0
4	-6.250	21.00	21.00	32.50	Leem		0.0
5	-6.750	19.00	21.00	30.00	Zand	0.300	0.0
6	-11.000	19.00	21.00	35.00	Zand	0.300	0.0
7	-15.500	19.00	19.00	17.50	Klei		0.0

13

PAALTYPE avegearpaal

3 : Paal type = Avegearpaal
 Paalafmetingen :
 1 : Ronde paal :
 0.350 = Diameter [m]
 Paaltype voor bepaling alpha_p :
 6 : Avegearpaal
 0.8000 = alpha_p
 Paaltype voor bepaling alpha_s :
 9 : Avegearpaal
 0.0060 = alpha_s Zand (mediaan < 0.6 mm) Grind (mediaan < 2 mm)
 0 : alpha_s klei/leem/veen volgens tabel 4 NEN6743
 Hierbij is de alpha_s afhankelijk van de grondsoort en relatieve diepte.
 Paaltype voor gebruik in last-/zakingsdiagrammen :
 2 : Avegearpaal
 Materiaaltype paal :
 1 : Beton
 20000000 : E-modulus paal in [kN/m2]
 Gladheidsbehandeling voor paal
 1 : Geen gladheidsbehandeling
 0.00 : Adhesie paal in [kN/m2]

PALENPLAN

1 = Aantal palen
 1 = Aantal samenwerkende palen
 (0 = niet ingevoerd, 1 = slappe bovenbouw, >1 = stijve bovenbouw)

Paal nr.	X-coor- dinaat [m]	Y-coor- dinaat [m]	Fs_d (t1A/t1B) [kN]	Fs_d (t2) [kN]	P0 [kN/m2]	Paalkop- niveau [m NAP]	Paal- code
1	0.00	0.00	197.00	149.00	0.00	0.00	1

TOTALE BELASTINGEN (rekenwaarden)

197.00 = Totale belasting op alle palen in grenstoestand 1A / 1B in [kN]
 149.00 = Totale belasting op alle palen in grenstoestand 2 in [kN]

EISEN

Grenstoestand 1B

0.150 = Maximaal toegestane zakking in [m]
 0.010000 = Maximaal toegestane (relatieve) rotatie

Grenstoestand 2

0.150 = Maximaal toegestane zakking in [m]
 0.030000 = Maximaal toegestane (relatieve) rotatie

OPGEGEVEN PARAMETERS

2 1.00 : geen beta-factor opgegeven
 2 1.00 : geen s-factor opgegeven
 2 1.00 : geen ksi-factor opgegeven
 2 1.00 : geen gamma;m;b opgegeven
 2 1.00 : geen gamma;f;nk opgegeven
 2 1.00 : geen A negatieve kleeft opgegeven
 1 : gebruik paalgroep bij negatieve kleeft (standaard)
 1 : gebruik tussenresultaten file
 1 : pas reductie toe bij avegeaar (standaard)
 2 : gebruik de invloed van ontgravingen (standaard).

FOUTEN EN WAARSCHUWINGEN

=====

Er zijn geen fouten in de algemene invoer ontdekt.
De invoer voldoet aan de normen.

RESULTATEN TOETSING, MODEL BEARING PILES

Toetsing met volledige berekening.

FACTOREN PAAL

1.25 = gamma;m;b (NEN 6740 tabel 3, grenstoestand 1A/1B)
1.00 = gamma:m;b (NEN 6740 tabel 3, grenstoestand 2)
0.75 = ksi (NEN 6743 tabel 1, bij M = 1 en N = 1)
1.00 = beta (NEN 6743 figuur 3 : Paalvoetvormfactor)
1.00 = s (NEN 6743 figuur 4 : factor voor invloed vorm
dwarsdoorsnede paalvoet).

Paaltype avegaarpaal : Avegaarpaal
PaalVorm : Ronde paal
Afmetingen [m] : 0.350

Het programma houdt GEEN rekening met de invloed van de aanwezigheid van
van de bijzondere variaties in de ondergrond op de maximaal toelaatbare
H.O.H.-afstand van de sonderingen conform art. 8.4.2 NEN 6740.

TOETSING GRENSTOESTAND 1A

Eis volgens NEN 6740 art. 5.1 en 6.3.1: $F_s;d \leq F_r;d$.
Slappe constructie dus vergelijking per paal.
 $F_s;d = 197.000$ [kN]
 $F_r;d = 242.160$ [kN]
Er wordt voldaan aan de eis van grenstoestand 1A.

TOETSING GRENSTOESTAND 1B

Zakkingseis volgens NEN 6740 art. 5.1 en 6.3.1 : $W_d \leq W_{req}$.
 $W_d = 0.048$ [m]
 $W_{req} = 0.150$ [m]
Er wordt voldaan aan de zakkingseis van grenstoestand 1B.

Door de norm aanbevolen criteria voor rotatie en relatieve rotatie-eis (NEN
6740 art. 5.1) : $\theta = \beta = 1:100$.
Maximaal optredende (relatieve) rotatie = 0.000000 [--]
Maximaal toegestane (relatieve) rotatie = 0.010000 [--]
Er wordt voldaan aan de rotatie-eisen van grenstoestand 1B.

TOETSING GRENSTOESTAND 2

Zakkingseis volgens NEN 6740 art. 5.1 en 6.3.1 : $W_d \leq W_{req}$.
Voor woningen en woongebouwen geldt : $W_{req} = 0.15$ m. Voor overige typen boven-
bouw geldt deze eis eveneens tenzij er een nadere zakkingseis is gedefinieerd.
 $W_d = 0.010$ [m]
 $W_{req} = 0.150$ [m]
Er wordt voldaan aan de zakkingseis van grenstoestand 2.

Door de norm vastgestelde criteria voor rotatie en relatieve rotatie-eis (NEN
6740 art. 5.1) voor woningen en woongebouwen : $\theta = \beta = 1:300$.
Voor overige typen bovenbouw gelden deze eisen eveneens tenzij er nadere
eisen zijn gedefinieerd.
Maximaal optredende (relatieve) rotatie = 0.000000 [--]
Maximaal toegestane (relatieve) rotatie = 0.030000 [--]
De maximale rotatie treedt op tussen paal 0 en 0
N.B.: Het hier gehanteerde criterium wijkt af van de door de norm
aanbevolen waarde voor θ en β (= 1:300).
Er wordt voldaan aan de rotatie-eisen van grenstoestand 2.

AANVULLENDE INFORMATIE

Rekenwaarden van de optredende maximale schachtspanningen (berekend op het

scheidingsvlak tussen positieve en negatieve kleezone) :
 Bij Grenstoestand 1A/1B : $\sigma = 2.37$ [N/mm²]
 Bij Grenstoestand 2 : $\sigma = 1.78$ [N/mm²]

15

De maximale zakkings werd gevonden bij :

- Grenstoestand 1B : Sondering NS53042 Paal nummer 1.
 Componenten van deze maximale zakkings zijn :
 - wneg = 0.000 [m]
 - wpunt;d = 0.047 [m]
 - wel;d = 0.001 [m]
 - w2;d = 0.000 [m]
- Grenstoestand 2 : Sondering NS53042 Paal nummer 1.
 - wneg = 0.000 [m]
 - wpunt;d = 0.009 [m]
 - wel;d = 0.001 [m]
 - w2;d = 0.000 [m]

wneg is hierbij de zakkings ten gevolge van de negatieve klee indien de verwachte maaiveldzakkings (mvz) is gelegen tussen de volgende grenzen :
 $0.02 < mvz \leq 0.10$ meter.

Bij maaiveldzakkings buiten deze grenzen is wneg 0.

De draagkracht schacht + punt bij :

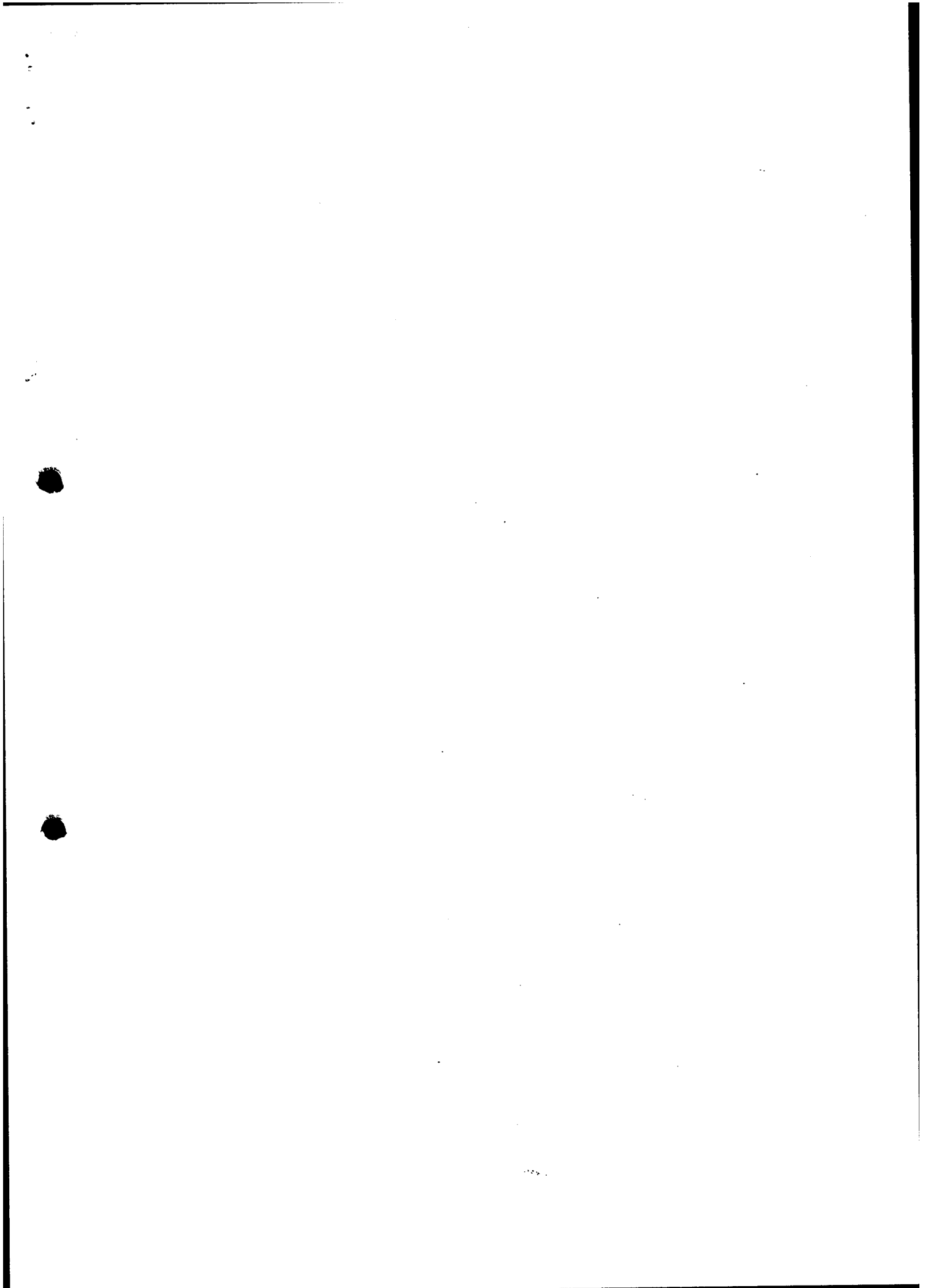
- Grenstoestand 1B

naam sondering	Draagkracht Schacht [kN] Fr;max;schacht;d	Draagkracht Punt [kN] Fr;max;punt;d	Draagkracht Totaal [kN]
NS53042	86.325	155.835	242.160

- Grenstoestand 2

naam sondering	Draagkracht Schacht [kN] Fr;max;schacht;d	Draagkracht Punt [kN] Fr;max;punt;d	Draagkracht Totaal [kN]
NS53042	107.906	194.794	302.700

EINDE UITVOER

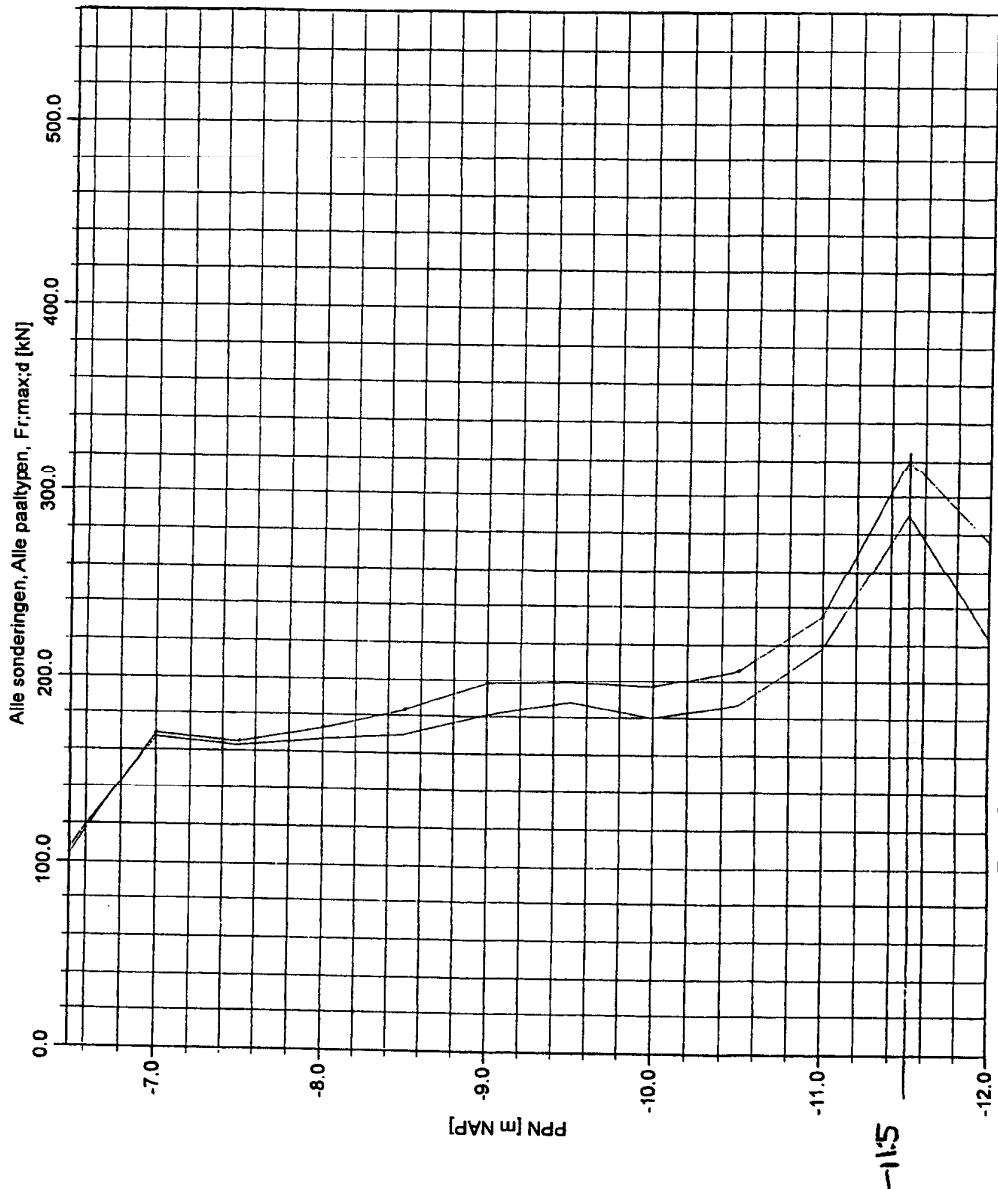


piles under gantry foundation
(rigid structure)

b12 16

Legenda voor paaltypen/sonderingen

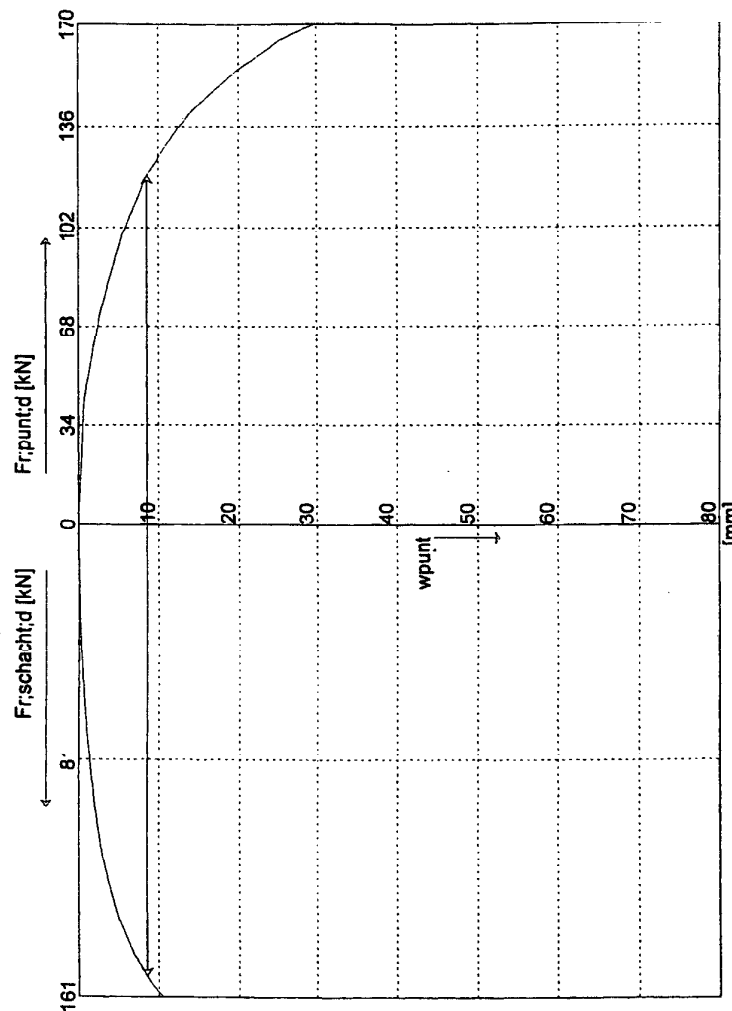
- NS53042, avegapaal ϕ 250
- NS53042, prefabpaal 250x250



Resultaten van de optie Voorontwerp-Indicatie draagkracht

Multiconsult BV	Postbus 3325 4800DH Breda	Tel 076-5302660 Fax 076-5302661	datum 4/4/2003	get.
Infraprovider TSSL - VO ber. Moerdijk Sondering NS53042 MFoundation 4.3 : poer.foi			Bijl.	form. A4

Last / Zakking Diagram : Grenstoestand 1B, Stijf bouwwerk

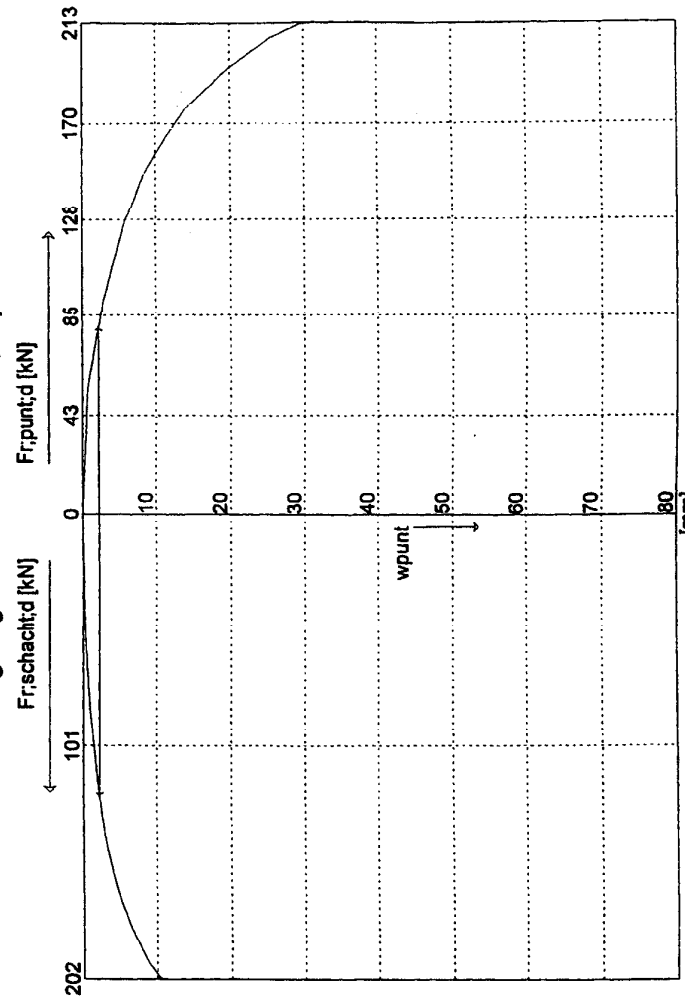


Paal 4 Sond. NS53042, slechtste situatie, paaltype : Prefab betonpaal
 Rechthoekig, paalpuntniveau = -1,50 [m], afmetingen : a = 0,250 [m], b = 0,250 [m]

F_s;tot;d = 274,0 kN wpunt;d = 8,6 mm
F_r;schacht;d = 154,4 kN F_r;bunt;d = 1196 kN

Multiconsult BV	Postbus 3325 4800DH Breda	Tel 076-5302660 Fax 076-5302681	datum 9-10-2003	get. -
Infraprovider TSSI - VO ber. Sondering NS53042			-	chr.
MFoundation 4.3 : poer.foi			Bijl.	form. A4

Last / Zakking Diagram : Grenstoestand 2, Stijf bouwwerk



Paal 4 Sond. NS53042, slechtste situatie, paaltipe : Prefab betonpaal
 Rechthoekig, paalpuntniveau = -1,50 [m], afmetingen : a = 0,250 [m], b = 0,250 [m]

F_s;tot;d = 203,0 kN wpunt;d = 2,2 mm
F_r;schacht;d = 122,9 kN Fr:punt;d = 80,1 kN

Multiconsult BV	Postbus 3325 4800DH Breda	Tel 076-5302660 Fax 076-5302661	datum 9-10-2003	get. -
Infraprovider TSSL - VO ber. Sondering NS53042			-	ctr.
MFoundation 4.3 : poer.foi			Bijl.	form. A4

UITVOER-FILE MFOUNDATION : MODEL BEARING PILES

19

Programma : MFoundation
 Versie : 4.3
 Licentie : SCIA
 Bedrijf : Multiconsult BV

Probleem identificatie : Infraprovider TSSL - VO ber.
 : Sondering NS53042

Datum : 9-10-2003
 Tijd : 9:38:38

Uitvoerfile : Q:\8152\M-Foundation\TSS2\poer.foe
 Invoerfile : Q:\8152\M-Foundation\TSS2\poer.foi

ECHO INVOER

RAPPORPAGE GEGEVENS

Infraprovider TSSL - VO ber.
 Sondering NS53042
 8152
 Zevenbergschenhoek

: Geotechnisch adviseur
 : Constructeur bovenbouw
 : Opdrachtgever
 : Naam project
 : Beschrijving
 : Nummer project
 : Locatie project

GEOTECHNISCHE CATEGORIE

De fundering is ingedeeld in geotechnische categorie 2.

TOEPASSINGSGBIED MODEL BEARING PILES

De toetsingen uitgevoerd door het model BEARING PILES van MFOUNDATION hebben betrekking op paalfunderingen waarop statische of quasi-statische belastingen werken die drukkrachten in de palen veroorzaken met dien verstande dat de berekening van de paalkrachten en de vervormingen is gebaseerd op sonderingen. Eventuele rijzing van (trek-)palen en mogelijke horizontale verplaatsingen van palen zijn niet in deze toetsingen opgenomen.

CATEGORIE BOVENBOUW

2 : Overige

ALGEMENE SONDEERGEVENS

Naam sondeerfile (file-extensie = .CPT) :

1 = Aantal sonderingen
 Tijdstip sondering :
 1 : Sonderingen vooraf

Nummer/naam	Paalpunt- sondering	Bovenkant niveau	Onderkant niveau	X-coor- dinaat	Y-coor- dinaat
	[m NAP]	[m NAP]	[m NAP]	[m]	[m]
1: NS53042	-11.50	-3.50	-3.50	1.10	0.85

GRONDGEVENS

1 = Aantal grondprofielen (= aantal sonderingen)
 Grondprofiel nr 1 behorende bij sondering 1: NS53042
 1.00 = OCR-waarde draagkrachtige laag
 0.110 = Verwachte maaiveldzakking in [m]
 0.150 = Maaiveldniveau in [m t.o.v. NAP]
 -1.100 = Niveau grondwaterstand in [m t.o.v. NAP]
 -1.700 = Niveau ontgraving in [m t.o.v. NAP]
 8 = Aantal lagen in profiel

Nr	Bovenkant	Gamma	Gamma;sat	Phi	Grond-	Mediaan	qc-reduc-
laag	laag				soort	(%sand/Grind)	tie perc.
	[m NAP]	[kN/m3]	[kN/m3]	[°]		[mm]	[%]

1	0.150	18.00	18.00	22.50	Klei		0.0
2	-2.750	13.00	13.00	15.00	Veen		0.0
3	-3.500	19.00	21.00	30.00	Zand	0.300	0.0
4	-6.250	21.00	21.00	32.50	Leem		0.0
5	-6.750	19.00	21.00	30.00	Zand	0.300	0.0
6	-11.000	19.00	21.00	35.00	Zand	0.300	0.0
7	-15.500	19.00	19.00	17.50	Klei		0.0
8	-18.000	20.00	22.00	40.00	Zand	0.300	0.0

PAALTYPE profabpaal 250 x 250

1 : Paal type = Prefab betonpaal
 Paalafmetingen :
 2 : Rechthoekige paal :
 0.250 = Kleinste zijde paalpunt [m]
 0.250 = Grootste zijde paalpunt [m]
 Paaltype voor bepaling alpha_p :
 1 : Geheide paal
 1.0000 = alpha_p
 Paaltype voor bepaling alpha_s :
 1 : Prefab beton
 0.0100 = alpha_s Zand (mediaan < 0.6 mm) Grind (mediaan < 2 mm)
 0 : alpha_s klei/leem/veen volgens tabel 4 NEN6743
 Hierbij is de alpha_s afhankelijk van de grondsoort en relatieve diepte.
 Paaltype voor gebruik in last-/zakkingsdiagrammen :
 1 : Grondverdringende Paal
 Materiaaltype paal :
 1 : Beton
 20000000 : E-modulus paal in [kN/m²]
 Gladheidsbehandeling voor paal
 1 : Geen gladheidsbehandeling
 0.00 : Adhesie paal in [kN/m²]

PALENPLAN

4 = Aantal palen
 4 = Aantal samenwerkende palen
 (0 = niet ingevoerd, 1 = slappe bovenbouw, >1 = stijve bovenbouw)

Paal nr.	X-coor- dinaat [m]	Y-coor- dinaat [m]	Fs_d (t1A/t1B) [kN]	Fs_d (t2) [kN]	PO [kN/m ²]	Paalkop- niveau [m NAP]	Paal- code
1	0.00	0.00	1.35	1.00	0.00	-1.70	1
2	2.20	0.00	223.00	166.00	0.00	-1.70	2
3	0.00	1.70	28.00	21.00	0.00	-1.70	3
4	2.20	1.70	270.00	200.00	0.00	-1.70	4

TOTALE BELASTINGEN (rekenwaarden)

522.35 = Totale belasting op alle palen in grenstoestand 1A / 1B in [kN]
 388.00 = Totale belasting op alle palen in grenstoestand 2 in [kN]

EISEN

Grenstoestand 1B

0.150 = Maximaal toegestane zakking in [m]
 0.010000 = Maximaal toegestane (relatieve) rotatie

Grenstoestand 2

0.150 = Maximaal toegestane zakking in [m]
 0.030000 = Maximaal toegestane (relatieve) rotatie

OPGEGEVEN PARAMETERS

2 1.00 : geen beta-factor opgegeven
 2 1.00 : geen s-factor opgegeven
 2 1.00 : geen ksi-factor opgegeven
 2 1.00 : geen gamma;m;b opgegeven
 2 1.00 : geen gamma;f;nk opgegeven
 2 1.00 : geen A negatieve kleef opgegeven
 1 : gebruik paalgroep bij negatieve kleef (standaard)
 1 : gebruik tussenresultaten file
 1 : pas reductie toe bij avegaar (standaard)
 2 : gebruik de invloed van ontgravingen (standaard).

FOUTEN EN WAARSCHUWINGEN

Er zijn geen fouten in de algemene invoer ontdekt.
De invoer voldoet aan de normeisen.

RESULTATEN TOETSING, MODEL BEARING PILES

Toetsing met volledige berekening.

FACTOREN PAAL

1.25 = gamma;m;b (NEN 6740 tabel 3, grenstoestand 1A/1B)
1.00 = gamma;m;b (NEN 6740 tabel 3, grenstoestand 2)
0.81 = ksi (NEN 6743 tabel 1, bij M =4 en N = 1)
1.00 = beta (NEN 6743 figuur 3 : Paalvoetvormfactor)
1.00 = s (NEN 6743 figuur 4 : factor voor invloed vorm
dwarsdoorsnede paalvoet).

Paaltype prefabpaal 250 x 250 : Prefab betonpaal
Paalvorm : Rechthoekige paal
Afmetingen [m] : 0.250 0.250

Het programma houdt GEEN rekening met de invloed van de aanwezigheid van
van de bijzondere variaties in de ondergrond op de maximaal toelaatbare
H.O.H.-afstand van de sonderingen conform art. 8.4.2 NEN 6740.

TOETSING GRENSTOESTAND 1A

Eis volgens NEN 6740 art. 5.1 en 6.3.1: $F_{s;d} \leq F_{r;d}$.
Stijve constructie dus vergelijking totale belasting met totale draagkracht.
 $F_{s;d} = 522.350$ [kN]
 $F_{r;d} = 1325.753$ [kN]
Er wordt voldaan aan de eis van grenstoestand 1A.

TOETSING GRENSTOESTAND 1B

Zakkingseis volgens NEN 6740 art. 5.1 en 6.3.1 : $W_d \leq W_{req}$.
 $W_d = 0.007$ [m]
 $W_{req} = 0.150$ [m]
Er wordt voldaan aan de zakkingseis van grenstoestand 1B.

Door de norm aanbevolen criteria voor rotatie en relatieve rotatie-eis (NEN
6740 art. 5.1) : $\theta = \beta = 1:100$.
Maximaal optredende (relatieve) rotatie = 0.000000 [--]
Maximaal toegestane (relatieve) rotatie = 0.010000 [--]
Er wordt voldaan aan de rotatie-eisen van grenstoestand 1B.

TOETSING GRENSTOESTAND 2

Zakkingseis volgens NEN 6740 art. 5.1 en 6.3.1 : $W_d \leq W_{req}$.
Voor woningen en woongebouwen geldt : $W_{req} = 0.15$ m. Voor overige typen boven-
bouw geldt deze eis eveneens tenzij er een nadere zakkingseis is gedefinieerd.
 $W_d = 0.004$ [m]
 $W_{req} = 0.150$ [m]
Er wordt voldaan aan de zakkingseis van grenstoestand 2.

Door de norm vastgestelde criteria voor rotatie en relatieve rotatie-eis (NEN
6740 art. 5.1) voor woningen en woongebouwen : $\theta = \beta = 1:300$.
Voor overige typen bovenbouw gelden deze eisen eveneens tenzij er nadere
eisen zijn gedefinieerd.
Maximaal optredende (relatieve) rotatie = 0.000000 [--]
Maximaal toegestane (relatieve) rotatie = 0.030000 [--]
De maximale rotatie treedt op tussen paal 0 en 0
N.B.: Het hier gehanteerde criterium wijkt af van de door de norm
aanbevolen waarde voor θ en β (= 1:300).
Er wordt voldaan aan de rotatie-eisen van grenstoestand 2.

AANVULLENDE INFORMATIE

Rekenwaarden van de optredende maximale schachtspanningen (berekend op het scheidingsvlak tussen positieve en negatieve kleeftzone) :

Bij Grenstoestand 1A/1B : $\sigma = 4.38$ [N/mm²]

Bij Grenstoestand 2 : $\sigma = 3.25$ [N/mm²]

De maximale zakking werd gevonden bij :

- Grenstoestand 1B : Sondering NS53042 Paal nummer 4.

Componenten van deze maximale zakking zijn :

- wneg = 0.000 [m]

- wpunt;d = 0.009 [m]

- wel;d = 0.002 [m]

- w2;d = 0.003 [m]

- Grenstoestand 2 : Sondering NS53042 Paal nummer 4.

- wneg = 0.000 [m]

- wpunt;d = 0.002 [m]

- wel;d = 0.001 [m]

- w2;d = 0.002 [m]

wneg is hierbij de zakking ten gevolge van de negatieve kleeft indien de verwachte maaiveldzakking (mvz) is gelegen tussen de volgende grenzen :
0.02 < mvz <= 0.10 meter.

Bij maaiveldzakkingen buiten deze grenzen is wneg 0.

De draagkracht schacht + punt bij :

- Grenstoestand 1B

naam	Draagkracht Schacht [kN]	Draagkracht Punt [kN]	Draagkracht Totaal [kN]
sondering	Fr;max;schacht;d	Fr;max;punt;d	
NS53042	161.404	170.035	331.438

- Grenstoestand 2

naam	Draagkracht Schacht [kN]	Draagkracht Punt [kN]	Draagkracht Totaal [kN]
sondering	Fr;max;schacht;d	Fr;max;punt;d	
NS53042	201.755	212.543	414.298

EINDE UITVOER

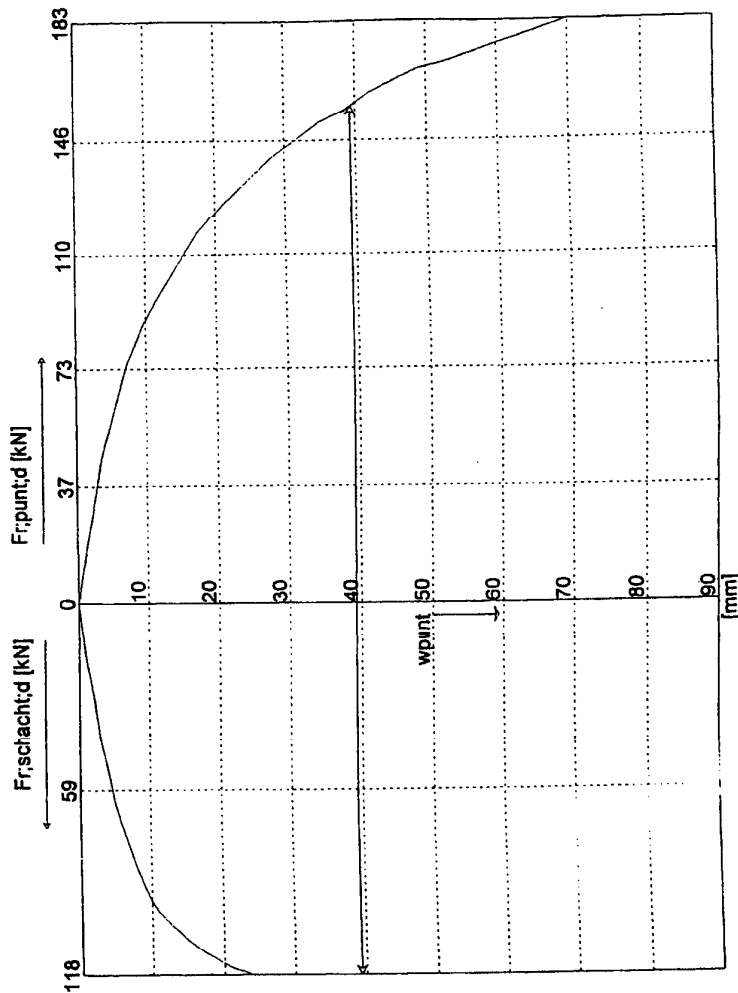
100
100

100

100

100

Last / Zakking Diagram : Grenstoestand 1B, Sijf bouwwerk

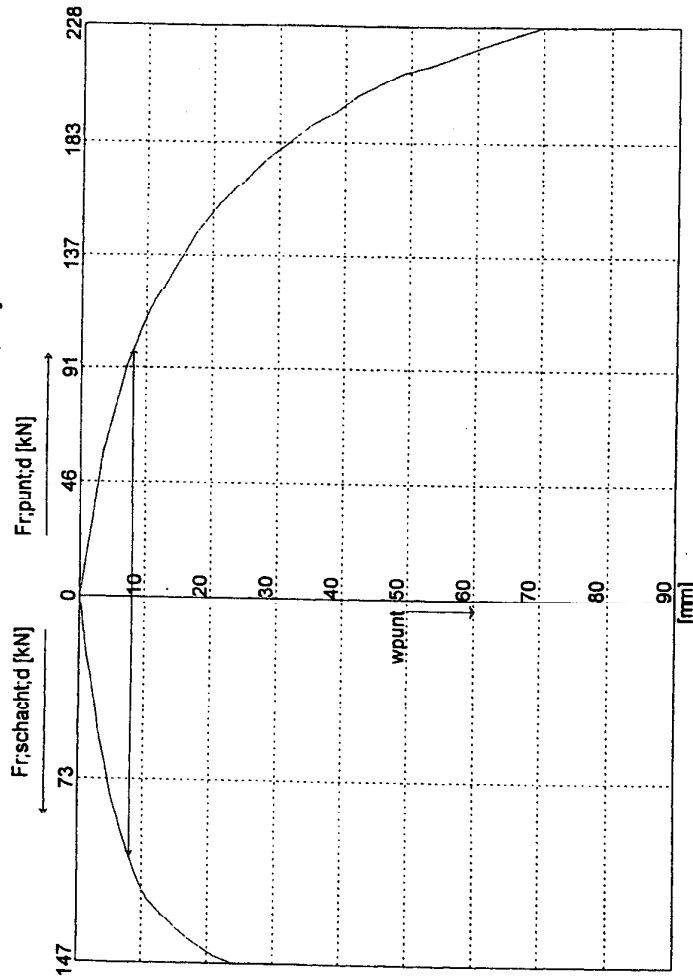


Paal 4 Sond. NS53042, slechtste situatie, paaltipe : Avegearpaal
 Ronde paal, paalniveau = -11,50 [m], D = 0,350 [m]

Fr;tot;d = 274,0 kN wpunt;d = 39,3 mm
Fr;schacht;d = 117,4 kN Fr;bunt;d = 156,6 kN

Multiconsult BV	Postbus 3325 4800DH Breda	Tel 076-5302660 Fax 076-5302661	datum	get.
			9-10-2003	-
Infraprovider TSSL - VO ber. Sondering NS53042	MFoundation 4.3 : poer.foi			dr.
			Bijl.	form A4

Last / Zakking Diagram : Grenstoestand 2, Stijf bouwwerk



Paal 4 Sond. NS53042, slechtste situatie, paaltipe : Avegearpaal
 Ronde paal, paalpuntniveau = -1,50 [m], D = 0,350 [m]

Fs;tot;d = 203,0 kN wpunt;d = 8,1 mm
 Fr:schacht;d = 104,4 kN Fr:punt;d = 98,6 kN

Multiconsult BV	Postbus 3325 4800DH Breda	Tel 076-5302660 Fax 076-5302661	datum 9-10-2003	get. -
Infraprovider TSSI - VO ber. Sondering NS53042			-	dr. -
MFoundation 4.3 : poer.foi			Bijl.	form. A4

UITVOER-FILE MFOUNDATION : MODEL BEARING PILES

25

Programma : MFoundation
 Versie : 4.3
 Licentie : SCIA
 Bedrijf : Multiconsult BV

Probleem identificatie : Infraprovider TSSL - VO ber.
 : Sondering NS53042

Datum : 9-10-2003
 Tijd : 9:44:08

Uitvoerfile : Q:\8152\M-Foundation\TSS2\poer.foo
 Invoerfile : Q:\8152\M-Foundation\TSS2\poer.foi

ECHO INVOER

RAPPORTAGE GEGEVENS

Infraprovider TSSL - VO ber. : Geotechnisch adviseur
 Sondering NS53042 : Constructeur bovenbouw
 8152 : Opdrachtgever
 Zevenbergschenhoek : Naam project
 : Beschrijving
 : Nummer project
 : Locatie project

GEOTECHNISCHE CATEGORIE

De fundering is ingedeeld in geotechnische categorie 2.

TOEPASSINGSGEBIED MODEL BEARING PILES

De toetsingen uitgevoerd door het model BEARING PILES van MFOUNDATION hebben betrekking op paalfunderingen waarop statische of quasi-statische belastingen werken die drukkrachten in de palen veroorzaken met dien verstande dat de berekening van de paalkrachten en de vervormingen is gebaseerd op sonderingen. Eventuele rijzing van (trek-)palen en mogelijke horizontale verplaatsingen van palen zijn niet in deze toetsingen opgenomen.

CATEGORIE BOVENBOUW

2 : Overige

ALGEMENE SONDEERGEGEVENS

Naam sondeerfile (file-extensie = .CPT) :

1 = Aantal sonderingen
 Tijdstip sondering :
 1 : Sonderingen vooraf

Nummer/naam sondering	Paalpunt- niveau [m NAP]	Bovenkant pos. kleefzone [m NAP]	Onderkant neg. kleefzone [m NAP]	X-coor- dinaat [m]	Y-coor- dinaat [m]
1: NS53042	-11.50	-3.50	-3.50	1.10	0.85

GRONDGEGEVENS

1 = Aantal grondprofielen (= aantal sonderingen)
 Grondprofiel nr 1 behorende bij sondering 1: NS53042
 1.00 = OCR-waarde draagkrachtige laag
 0.110 = Verwachte maaiveldzakking in [m]
 0.150 = Maaiveldniveau in [m t.o.v. NAP]
 -1.100 = Niveau grondwaterstand in [m t.o.v. NAP]
 -1.700 = Niveau ontgraving in [m t.o.v. NAP]
 8 = Aantal lagen in profiel

Nr laag	Bovenkant laag [m NAP]	Gamma [kN/m3]	Gamma;sat [kN/m3]	Phi [°]	Grond- soort	Mediaan (Zand/Grind) [mm]	qc-reduc- tie perc. [%]

1	0.150	18.00	18.00	22.50	Klei		0.0
2	-2.750	13.00	13.00	15.00	Veen		0.0
3	-3.500	19.00	21.00	30.00	Zand	0.300	0.0
4	-6.250	21.00	21.00	32.50	Leem		0.0
5	-6.750	19.00	21.00	30.00	Zand	0.300	0.0
6	-11.000	19.00	21.00	35.00	Zand	0.300	0.0
7	-15.500	19.00	19.00	17.50	Klei		0.0
8	-18.000	20.00	22.00	40.00	Zand	0.300	0.0

PAALTYPE avegearpaal rond 350

3 : Paal type = Avegearpaal

Paalafmetingen :

1 : Ronde paal :

0.350 = Diameter [m]

Paaltype voor bepaling alpha_p :

6 : Avegearpaal

0.8000 = alpha_p

Paaltype voor bepaling alpha_s :

9 : Avegearpaal

0.0060 = alpha_s Zand (mediaan < 0.6 mm) Grind (mediaan < 2 mm)

0 : alpha_s klei/leem/veen volgens tabel 4 NEN6743

Hierbij is de alpha_s afhankelijk van de grondsoort en relatieve diepte.

Paaltype voor gebruik in last-/zakkingsdiagrammen :

2 : Avegearpaal

Materiaaltype paal :

1 : Beton

20000000 : E-modulus paal in [kN/m²]

Gladheidsbehandeling voor paal

1 : Geen gladheidsbehandeling

0.00 : Adhesie paal in [kN/m²]

PALENPLAN

4 = Aantal palen

4 = Aantal samenwerkende palen

(0 = niet ingevoerd, 1 = slappe bovenbouw, >1 = stijve bovenbouw)

Paal nr.	X-coor- dinaat [m]	Y-coor- dinaat [m]	Fs_d (t1A/t1B) [kN]	Fs_d (t2) [kN]	P0 [kN/m ²]	Paalkop- niveau [m NAP]	Paal- code
1	0.00	0.00	1.35	1.00	0.00	-1.70	1
2	2.20	0.00	223.00	166.00	0.00	-1.70	2
3	0.00	1.70	28.00	21.00	0.00	-1.70	3
4	2.20	1.70	270.00	200.00	0.00	-1.70	4

TOTALE BELASTINGEN (rekenwaarden)

522.35 = Totale belasting op alle palen in grenstoestand 1A / 1B in [kN]

388.00 = Totale belasting op alle palen in grenstoestand 2 in [kN]

EISEN

Grenstoestand 1A

0.150 = Maximaal toegestane zakking in [m]

0.010000 = Maximaal toegestane (relatieve) rotatie

Grenstoestand 2

0.150 = Maximaal toegestane zakking in [m]

0.030000 = Maximaal toegestane (relatieve) rotatie

OPGEGEVEN PARAMETERS

- 2 1.00 : geen beta-factor opgegeven
- 2 1.00 : geen s-factor opgegeven
- 2 1.00 : geen ksi-factor opgegeven
- 2 1.00 : geen gamma;m;b opgegeven
- 2 1.00 : geen gamma;f;nk opgegeven
- 2 1.00 : geen A negatieve kleeft opgegeven
- 1 : gebruik paalgroep bij negatieve kleeft (standaard)
- 1 : gebruik tussenresultaten file
- 1 : pas reductie toe bij avegeaar (standaard)
- 2 : gebruik de invloed van ontgravingen (standaard).

FOUTEN EN WAARSCHUWINGEN

Er zijn geen fouten in de algemene invoer ontdekt.
De invoer voldoet aan de normen.

RESULTATEN TOETSING, MODEL BEARING PILES

Toetsing met volledige berekening.

FACTOREN PAAL

1.25 = gamma;m;b (NEN 6740 tabel 3, grenstoestand 1A/1B)
1.00 = gamma;m;b (NEN 6740 tabel 3, grenstoestand 2)
0.81 = ksi (NEN 6743 tabel 1, bij M = 4 en N = 1)
1.00 = beta (NEN 6743 figuur 3 : Paalvoetvormfactor)
1.00 = s (NEN 6743 figuur 4 : factor voor invloed vorm
dwarsdoorsnede paalvoet).

Paaltype avegaarpaal rond 350 : Avegaarpaal
PaalVorm : Ronde paal
Afmetingen [m] : 0.350

Het programma houdt GEEN rekening met de invloed van de aanwezigheid van van de bijzondere variaties in de ondergrond op de maximaal toelaatbare H.O.H.-afstand van de sonderingen conform art. 8.4.2 NEN 6740.

TOETSING GRENSTOESTAND 1A

Eis volgens NEN 6740 art. 5.1 en 6.3.1: $F_{s;d} \leq F_{r;d}$.
Stijve constructie dus vergelijking totale belasting met totale draagkracht.
 $F_{s;d} = 522.350$ [kN]
 $F_{r;d} = 1201.244$ [kN]
Er wordt voldaan aan de eis van grenstoestand 1A.

TOETSING GRENSTOESTAND 1B

Zakkingseis volgens NEN 6740 art. 5.1 en 6.3.1 : $W_d \leq W_{req}$.
 $W_d = 0.018$ [m]
 $W_{req} = 0.150$ [m]
Er wordt voldaan aan de zakkingseis van grenstoestand 1B.

Door de norm aanbevolen criteria voor rotatie en relatieve rotatie-eis (NEN 6740 art. 5.1) : $\theta = \beta = 1:100$.
Maximaal optredende (relatieve) rotatie = 0.000000 [--]
Maximaal toegestane (relatieve) rotatie = 0.010000 [--]
Er wordt voldaan aan de rotatie-eisen van grenstoestand 1B.

TOETSING GRENSTOESTAND 2

Zakkingseis volgens NEN 6740 art. 5.1 en 6.3.1 : $W_d \leq W_{req}$.
Voor woningen en woongebouwen geldt : $W_{req} = 0.15$ m. Voor overige typen bovenbouw geldt deze eis eveneens tenzij er een nadere zakkingseis is gedefinieerd.
 $W_d = 0.008$ [m]
 $W_{req} = 0.150$ [m]
Er wordt voldaan aan de zakkingseis van grenstoestand 2.

Door de norm vastgestelde criteria voor rotatie en relatieve rotatie-eis (NEN 6740 art. 5.1) voor woningen en woongebouwen : $\theta = \beta = 1:300$.
Voor overige typen bovenbouw gelden deze eisen eveneens tenzij er nadere eisen zijn gedefinieerd.
Maximaal optredende (relatieve) rotatie = 0.000000 [--]
Maximaal toegestane (relatieve) rotatie = 0.030000 [--]
De maximale rotatie treedt op tussen paal 0 en 0
N.B.: Het hier gehanteerde criterium wijkt af van de door de norm aanbevolen waarde voor θ en β (= 1:300).
Er wordt voldaan aan de rotatie-eisen van grenstoestand 2.

AANVULLENDE INFORMATIE

Rekenwaarden van de optredende maximale schachtspanningen (berekend op het scheidingsvlak tussen positieve en negatieve kleefzone) :

Bij Grenstoestand 1A/1B : $\sigma = 2.85$ [N/mm²]
 Bij Grenstoestand 2 : $\sigma = 2.11$ [N/mm²]

De maximale zakking werd gevonden bij :

- Grenstoestand 1B : Sondering NS53042 Paal nummer 4.

Componenten van deze maximale zakking zijn :

- wneg = 0.000 [m]
 - wpunt;d = 0.039 [m]
 - wel;d = 0.001 [m]
 - w2;d = 0.003 [m]

- Grenstoestand 2 : Sondering NS53042 Paal nummer 4.

- wneg = 0.000 [m]
 - wpunt;d = 0.008 [m]
 - wel;d = 0.001 [m]
 - w2;d = 0.003 [m]

wneg is hierbij de zakking ten gevolge van de negatieve kleef indien de verwachte maaiveldzakking (mvz) is gelegen tussen de volgende grenzen :
 $0.02 < mvz \leq 0.10$ meter.

Bij maaiveldzakkingen buiten deze grenzen is wneg 0.

De draagkracht schacht + punt bij :

- Grenstoestand 1B

naam	Draagkracht Schacht [kN]	Draagkracht Punt [kN]	Draagkracht Totaal [kN]
sondering	Fr;max;schacht;d	Fr;max;punt;d	
NS53042	117.556	182.755	300.311

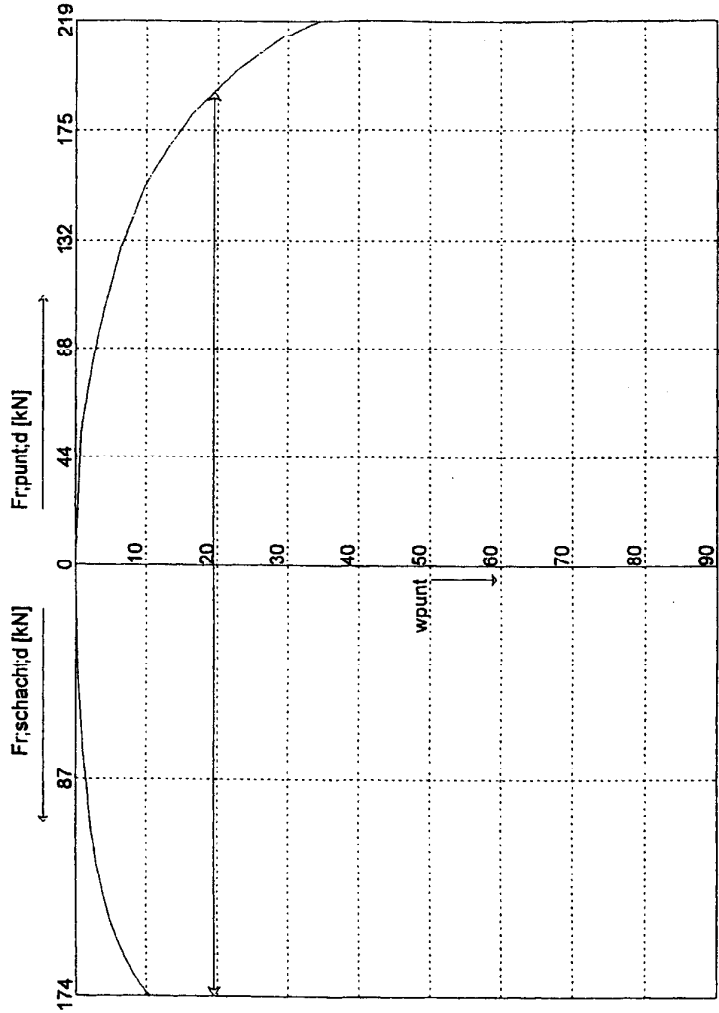
- Grenstoestand 2

naam	Draagkracht Schacht [kN]	Draagkracht Punt [kN]	Draagkracht Totaal [kN]
sondering	Fr;max;schacht;d	Fr;max;punt;d	
NS53042	146.944	228.444	375.389

EINDE UITVOER



Last / Zakking Diagram : Grenstoestand 1B, Stijf bouwwerk

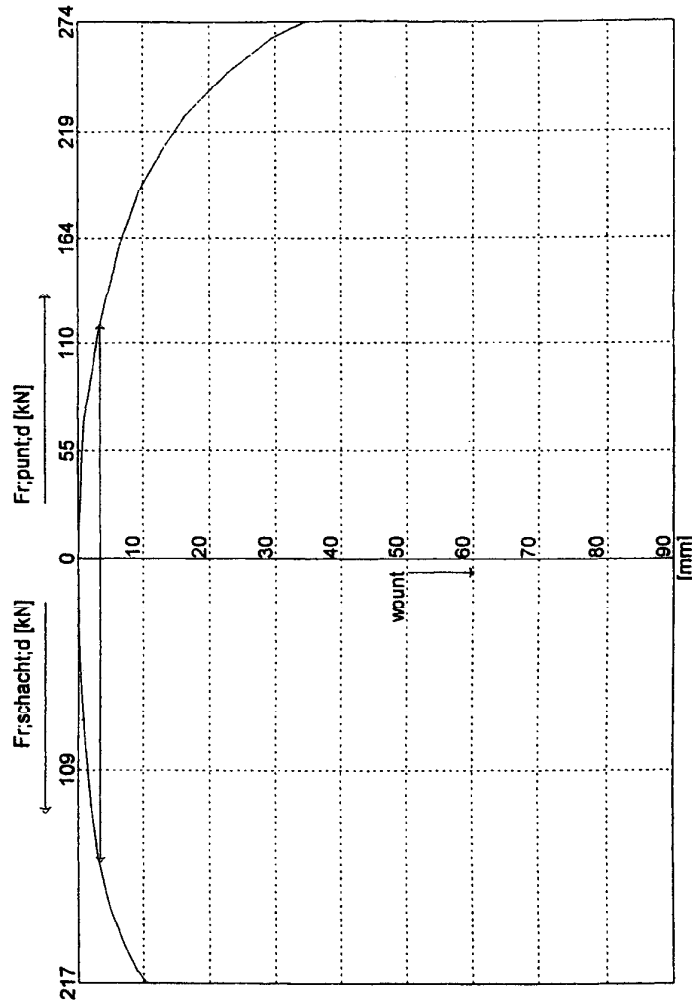


Paal 1 Sond. NS53042, slechtste situatie, paaltype : Prefab betonpaal
 Rechthoekig, paalpuntniveau = -11,50[m], afmetingen : a = 0,290 [m], b = 0,290 [m]

Fs;tot;d = 364,0 kN wpunt;d = 19,5 mm
Fr:schachtid = 173,6 kN Fr:punt;d = 190,4 kN

Multiconsult BV	Postbus 3325 4800OH Breda	Tel 076-5302660 Fax 076-5302661	datum 9-10-2003	get. -
Infraprovider TSSL - VO ber. Moerdijk Sondering NS53042			-	dr.
MFoundation 4.3 : kelder.foi			Bijl.	form. A4

Last / Zakking Diagram : Grenstoestand 2, Stijf bouwwerk



Paal 1 Sond. NS53042, slechtste situatie, paaltipe : Prefab betonpaal
 Rechthoekig, paalpuntniveau = -11,50 [m], afmetingen : a = 0,290 [m], b = 0,290 [m]

$F_s; tot; d = 275,0 \text{ kN}$ $w_{punt; d} = 3,4 \text{ mm}$
 $F_r; schacht; d = 155,6 \text{ kN}$ $F_r; punt; d = 119,5 \text{ kN}$

Multiconsult BV	Postbus 3325 4800DH Brada	Tel 078-5302660 Fax 076-5302661	datum 9-10-2003	gel. -
Infraprovider T33L - VO ber. Moerdijk Sondering NS53042			-	
MFoundation 4.3 : kelder.foi			Bijl.	form. A4

UITVOER-FILE MFOUNDATION : MODEL BEARING PILES

Programma : MFoundation
 Versie : 4.3
 Licentie : SCIA
 Bedrijf : Multiconsult BV

Probleem identificatie : Infraprovider TSSL - VO ber. Moerdijk
 : Sondering NS53042

Datum : 9-10-2003
 Tijd : 10:23:56

Uitvoerfile : Q:\8152\M-FOUNDATION\TSS2\kelder.foo
 Invoerfile : Q:\8152\M-FOUNDATION\TSS2\kelder.foi

ECHO INVOER

RAPPORTAGE GEGEVENS

Infraprovider TSSL - VO ber. Moerdijk : Geotechnisch adviseur
 Sondering NS53042 : Constructeur bovenbouw
 8152 : Opdrachtgever
 Zevenbergschenhoek : Naam project
 : Beschrijving
 : Nummer project
 : Locatie project

GEOTECHNISCHE CATEGORIE

De fundering is ingedeeld in geotechnische categorie 2.

TOEPASSINGSGEBIED MODEL BEARING PILES

De toetsingen uitgevoerd door het model BEARING PILES van MFOUNDATION hebben betrekking op paalfunderingen waarop statische of quasi-statische belastingen werken die drukkrachten in de palen veroorzaken met dien verstande dat de berekening van de paalkrachten en de vervormingen is gebaseerd op sonderingen. Eventuele rijzing van (trek-)palen en mogelijke horizontale verplaatsingen van palen zijn niet in deze toetsingen opgenomen.

CATEGORIE BOVENBOUW

2 : Overige

ALGEMENE SONDEERGEDEVENS

Naam sondeerfile (file-extensie = .CPT) :

1 = Aantal sonderingen
 Tijdstip sondering :
 1 : Sonderingen vooraf

Nummer/naam sondering	Paalpunt- niveau [m NAP]	Bovenkant pos. kleefzone [m NAP]	Onderkant neg. kleefzone [m NAP]	X-coor- dinaat [m]	Y-coor- dinaat [m]
1: NS53042	-11.50	-3.50	-3.50	4.50	2.25

GRONDGEDEVENS

1 = Aantal grondprofielen (= aantal sonderingen)
 Grondprofiel nr 1 behorende bij sondering 1: NS53042
 1.00 = OCR-waarde draagkrachtige laag
 0.110 = Verwachte maaiveldzakking in [m]
 0.150 = Maaiveldniveau in [m t.o.v. NAP]
 -1.100 = Niveau grondwaterstand in [m t.o.v. NAP]
 -2.100 = Niveau ontgraving in [m t.o.v. NAP]
 8 = Aantal lagen in profiel

Nr laag	Bovenkant laag [m NAP]	Gamma [kN/m3]	Gamma;sat [kN/m3]	Phi [ø]	Grond- soort	Mediaan (Zand/Grind) [mm]	qc-reduc- tie perc. [%]

1	0.150	18.00	18.00	22.50	Klei		0.0
2	-2.750	13.00	13.00	15.00	Veen		0.0
3	-3.500	19.00	21.00	30.00	Zand	0.300	0.0
4	-6.250	21.00	21.00	32.50	Leem		0.0
5	-6.750	19.00	21.00	30.00	Zand	0.300	0.0
6	-11.000	19.00	21.00	35.00	Zand	0.300	0.0
7	-15.500	19.00	19.00	17.50	Klei		0.0
8	-18.000	20.00	22.00	40.00	Zand	0.300	0.0

32

PAALTYPE prefabpaal

1 : Paal type = Prefab betonpaal
 Paalafmetingen :
 2 : Rechthoekige paal :
 0.290 = Kleinste zijde paalpunt [m]
 0.290 = Grootste zijde paalpunt [m]
 Paaltype voor bepaling alpha_p :
 1 : Geheide paal
 1.0000 = alpha_p
 Paaltype voor bepaling alpha_s :
 1 : Prefab beton
 0.0100 = alpha_s Zand (mediaan < 0.6 mm) Grind (mediaan < 2 mm)
 0 : alpha_s klei/leem/veen volgens tabel 4 NEN6743
 Hierbij is de alpha_s afhankelijk van de grondsoort en relatieve diepte.
 Paaltype voor gebruik in last-/zakkingsdiagrammen :
 1 : Grondverdringende Paal
 Materiaaltype paal :
 1 : Beton
 20000000 : E-modulus paal in [kN/m2]
 Gladheidsbehandeling voor paal
 1 : Geen gladheidsbehandeling
 0.00 : Adhesie paal in [kN/m2]

PALENPLAN

8 = Aantal palen
 8 = Aantal samenwerkende palen
 (0 = niet ingevoerd, 1 = slappe bovenbouw, >1 = stijve bovenbouw)

Paal nr.	X-coor- dinaat [m]	Y-coor- dinaat [m]	Fs d (t1A/t1B) [kN]	Fs d (t2) [kN]	PO [kN/m2]	Paalkop- niveau [m NAP]	Paal- code
1	0.00	2.25	361.00	273.00	0.00	-2.10	1
2	1.00	0.13	361.00	273.00	0.00	-2.10	2
3	1.00	4.13	361.00	273.00	0.00	-2.10	3
4	4.50	0.13	362.00	274.00	0.00	-2.10	4
5	4.50	4.13	362.00	274.00	0.00	-2.10	5
6	8.00	0.13	351.00	266.00	0.00	-2.10	6
7	8.00	4.13	351.00	266.00	0.00	-2.10	7
8	9.00	2.25	349.00	265.00	0.00	-2.10	8

TOTALE BELASTINGEN (rekenwaarden)

2858.00 = Totale belasting op alle palen in grenstoestand 1A / 1B in [kN]
 2164.00 = Totale belasting op alle palen in grenstoestand 2 in [kN]

EISEN

Grenstoestand 1B

0.150 = Maximaal toegestane zakking in [m]
 0.010000 = Maximaal toegestane (relatieve) rotatie

Grenstoestand 2

0.150 = Maximaal toegestane zakking in [m]
 0.030000 = Maximaal toegestane (relatieve) rotatie

OPGEGEVEN PARAMETERS

2 1.00 : geen beta-factor opgegeven
 2 1.00 : geen s-factor opgegeven
 2 1.00 : geen ksi-factor opgegeven
 2 1.00 : geen gamma;m;b opgegeven
 2 1.00 : geen gamma;f;nk opgegeven
 2 1.00 : geen A negatieve kleef opgegeven

1 : gebruik paalgroep bij negatieve kleeft (standaard)
 1 : gebruik tussenresultaten file
 1 : pas reductie toe bij avegaar (standaard)
 2 : gebruik de invloed van ontgravingen (standaard).

FOUTEN EN WAARSCHUWINGEN

Er zijn geen fouten in de algemene invoer ontdekt.
 De invoer voldoet aan de normen.

RESULTATEN TOETSING, MODEL BEARING PILES

=====

Toetsing met volledige berekening.

FACTOREN PAAL

1.25 = $\gamma_{m;b}$ (NEN 6740 tabel 3, grenstoestand 1A/1B)
 1.00 = $\gamma_{m;b}$ (NEN 6740 tabel 3, grenstoestand 2)
 0.81 = κ (NEN 6743 tabel 1, bij $M=8$ en $N=1$)
 1.00 = β (NEN 6743 figuur 3 : Paalvoetvormfactor)
 1.00 = s (NEN 6743 figuur 4 : factor voor invloed vorm
 dwarsdoorsnede paalvoet).

Paaltype prefabpaal : Prefab betonpaal
 PaalVorm : Rechthoekige paal
 Afmetingen [m] : 0.290 0.290

Het programma houdt GEEN rekening met de invloed van de aanwezigheid van van de bijzondere variaties in de ondergrond op de maximaal toelaatbare H.O.H.-afstand van de sonderingen conform art. 8.4.2 NEN 6740.

TOETSING GRENSTOESTAND 1A

Eis volgens NEN 6740 art. 5.1 en 6.3.1: $F_{s;d} \leq F_{r;d}$.
 Stijve constructie dus vergelijking totale belasting met totale draagkracht.
 $F_{s;d} = 2858.000$ [kN]
 $F_{r;d} = 3145.187$ [kN]
 Er wordt voldaan aan de eis van grenstoestand 1A.

TOETSING GRENSTOESTAND 1B

Zakkingseis volgens NEN 6740 art. 5.1 en 6.3.1 : $W_d \leq W_{req}$.
 $W_d = 0.024$ [m]
 $W_{req} = 0.150$ [m]
 Er wordt voldaan aan de zakkingseis van grenstoestand 1B.

Door de norm aanbevolen criteria voor rotatie en relatieve rotatie-eis (NEN 6740 art. 5.1) : $\theta = \beta = 1:100$.
 Maximaal optredende (relatieve) rotatie = 0.000000 [---]
 Maximaal toegestane (relatieve) rotatie = 0.010000 [---]
 Er wordt voldaan aan de rotatie-eisen van grenstoestand 1B.

TOETSING GRENSTOESTAND 2

Zakkingseis volgens NEN 6740 art. 5.1 en 6.3.1 : $W_d \leq W_{req}$.
 Voor woningen en woongebouwen geldt : $W_{req} = 0.15$ m. Voor overige typen bovenbouw geldt deze eis eveneens tenzij er een nadere zakkingseis is gedefinieerd.
 $W_d = 0.007$ [m]
 $W_{req} = 0.150$ [m]
 Er wordt voldaan aan de zakkingseis van grenstoestand 2.

Door de norm vastgestelde criteria voor rotatie en relatieve rotatie-eis (NEN 6740 art. 5.1) voor woningen en woongebouwen : $\theta = \beta = 1:300$.
 Voor overige typen bovenbouw gelden deze eisen eveneens tenzij er nadere eisen zijn gedefinieerd.
 Maximaal optredende (relatieve) rotatie = 0.000000 [---]
 Maximaal toegestane (relatieve) rotatie = 0.030000 [---]
 De maximale rotatie treedt op tussen paal 0 en 0

N.B.: Het hier gehanteerde criterium wijkt af van de door de norm
aanbevolen waarde voor theta en beta (= 1:300).
Er wordt voldaan aan de rotatie-eisen van grenstoestand 2.

34

AANVULLENDE INFORMATIE

Rekenwaarden van de optredende maximale schachtspanningen (berekend op het
scheidingsvlak tussen positieve en negatieve kleeftzone) :
Bij Grenstoestand 1A/1B : $\sigma = 4.34$ [N/mm²]
Bij Grenstoestand 2 : $\sigma = 3.28$ [N/mm²]

De maximale zakking werd gevonden bij :

- Grenstoestand 1B : Sondering NS53042 Paal nummer 1.

Componenten van deze maximale zakking zijn :

- wneg = 0.000 [m]
- wpunt;d = 0.020 [m]
- wel;d = 0.002 [m]
- w2;d = 0.005 [m]

- Grenstoestand 2 : Sondering NS53042 Paal nummer 1.

- wneg = 0.000 [m]
- wpunt;d = 0.003 [m]
- wel;d = 0.001 [m]
- w2;d = 0.004 [m]

wneg is hierbij de zakking ten gevolge van de negatieve kleeft indien de
verwachte maaiveldzakking (mvz) is gelegen tussen de volgende grenzen :
 $0.02 < mvz \leq 0.10$ meter.

Bij maaiveldzakkingen buiten deze grenzen is wneg 0.

De draagkracht schacht + punt bij :

- Grenstoestand 1B

naam sondering	Draagkracht Schacht [kN] Fr;max;schacht;d	Draagkracht Punt [kN] Fr;max;punt;d	Draagkracht Totaal [kN]
NS53042	173.815	219.333	393.148

- Grenstoestand 2

naam sondering	Draagkracht Schacht [kN] Fr;max;schacht;d	Draagkracht Punt [kN] Fr;max;punt;d	Draagkracht Totaal [kN]
NS53042	217.269	274.166	491.435

EINDE UITVOER

N.B.: Het hier gehanteerde criterium wijkt af van de door de norm
aanbevolen waarde voor theta en beta (= 1:300).
Er wordt voldaan aan de rotatie-eisen van grenstoestand 2.

34

AANVULLENDE INFORMATIE

Rekenwaarden van de optredende maximale schachtspanningen (berekend op het
scheidingsvlak tussen positieve en negatieve kleezone) :
Bij Grenstoestand 1A/1B : $\sigma = 4.34$ [N/mm²]
Bij Grenstoestand 2 : $\sigma = 3.28$ [N/mm²]

De maximale zakking werd gevonden bij :

- Grenstoestand 1B : Sondering NS53042 Paal nummer 1.
Componenten van deze maximale zakking zijn :

- wneg = 0.000 [m]
- wpunt;d = 0.020 [m]
- wel;d = 0.002 [m]
- w2;d = 0.005 [m]

- Grenstoestand 2 : Sondering NS53042 Paal nummer 1.

- wneg = 0.000 [m]
- wpunt;d = 0.003 [m]
- wel;d = 0.001 [m]
- w2;d = 0.004 [m]

wneg is hierbij de zakking ten gevolge van de negatieve klee indien de
verwachte maaiveldzakking (mvz) is gelegen tussen de volgende grenzen :
 $0.02 < mvz \leq 0.10$ meter.

Bij maaiveldzakkingen buiten deze grenzen is wneg 0.

De draagkracht schacht + punt bij :

- Grenstoestand 1B

naam sondering	Draagkracht Schacht [kN] Fr;max;schacht;d	Draagkracht Punt [kN] Fr;max;punt;d	Draagkracht Totaal [kN]
NS53042	173.815	219.333	393.148

- Grenstoestand 2

naam sondering	Draagkracht Schacht [kN] Fr;max;schacht;d	Draagkracht Punt [kN] Fr;max;punt;d	Draagkracht Totaal [kN]
NS53042	217.269	274.166	491.435

EINDE UITVOER



UITVOER-FILE MFOUNDATION : MODEL BEARING PILES

35

Programma : MFoundation
 Versie : 4.3
 Licentie : SCIA
 Bedrijf : Multiconsult BV

Probleem identificatie : Infraprovider TSSL - VO ber. moerdijk
 : Sondering NS53042

Datum : 9-10-2003
 Tijd : 10:34:05

Uitvoerfile : Q:\8152\M-Foundation\TSS2\kelder.foo
 Invoerfile : Q:\8152\M-Foundation\TSS2\kelder.foi

ECHO INVOER

RAPPORTAGE GEGEVENS

 : Geotechnisch adviseur
 : Constructeur bovenbouw
 : Opdrachtgever
 Infraprovider TSSL - VO ber. Moerdijk : Naam project
 Sondering NS53042 : Beschrijving
 8152 : Nummer project
 Zevenbergschenhoek : Locatie project

GEOTECHNISCHE CATEGORIE

 De fundering is ingedeeld in geotechnische categorie 2.

TOEPASSINGSGBIED MODEL BEARING PILES

 De toetsingen uitgevoerd door het model BEARING PILES van MFOUNDATION hebben betrekking op paalfunderingen waarop statische of quasi-statische belastingen werken die drukkrachten in de palen veroorzaken met dien verstande dat de berekening van de paalkrachten en de vervormingen is gebaseerd op sonderingen. Eventuele rijzing van (trek-)palen en mogelijke horizontale verplaatsingen van palen zijn niet in deze toetsingen opgenomen.

CATEGORIE BOVENBOUW

 2 : Overige

ALGEMENE SONDEERGEGEVENS

 Naam sondeerfile (file-extensie = .CPT) :

1 = Aantal sonderingen
 Tijdstip sondering :
 1 : Sonderingen vooraf

Nummer/naam sondering	Paalpunt- niveau [m NAP]	Bovenkant pos. kleefzone [m NAP]	Onderkant neg. kleefzone [m NAP]	X-coor- dinaat [m]	Y-coor- dinaat [m]
1: NS53042	-11.50	-3.50	-3.50	4.50	2.25

GRONDGEGEVENS

 1 = Aantal grondprofielen (= aantal sonderingen)
 Grondprofiel nr 1 behorende bij sondering 1: NS53042
 1.00 = OCR-waarde draagkrachtige laag
 0.110 = Verwachte maaiveldzakking in [m]
 0.150 = Maaiveldniveau in [m t.o.v. NAP]
 -1.100 = Niveau grondwaterstand in [m t.o.v. NAP]
 -2.100 = Niveau ontgraving in [m t.o.v. NAP]
 8 = Aantal lagen in profiel

Nr laag	Bovenkant laag [m NAP]	Gamma [kN/m3]	Gamma;sat [kN/m3]	Phi [°]	Grond- soort	Mediaan (Zand/Grind) [mm]	qc-reduc- tie perc. [%]

1	0.150	18.00	18.00	22.50	Klei		0.0
2	-2.750	13.00	13.00	15.00	Veen		0.0
3	-3.500	19.00	21.00	30.00	Zand	0.300	0.0
4	-6.250	21.00	21.00	32.50	Leem		0.0
5	-6.750	19.00	21.00	30.00	Zand	0.300	0.0
6	-11.000	19.00	21.00	35.00	Zand	0.300	0.0
7	-15.500	19.00	19.00	17.50	Klei		0.0
8	-18.000	20.00	22.00	40.00	Zand	0.300	0.0

PAALTYPE avegearpaal

3 : Paal type = Avegearpaal
 Paalafmetingen :
 1 : Ronde paal :
 0.400 = Diameter [m]
 Paaltype voor bepaling alpha_p :
 6 : Avegearpaal
 0.8000 = alpha_p
 Paaltype voor bepaling alpha_s :
 9 : Avegearpaal
 0.0060 = alpha_s Zand (mediaan < 0.6 mm) Grind (mediaan < 2 mm)
 0 : alpha_s klei/leem/veen volgens tabel 4 NEN6743
 Hierbij is de alpha_s afhankelijk van de grondsoort en relatieve diepte.
 Paaltype voor gebruik in last-/zakkingsdiagrammen :
 2 : Avegearpaal
 Materiaaltype paal :
 1 : Beton
 20000000 : E-modulus paal in [kN/m2]
 Gladheidsbehandeling voor paal
 1 : Geen gladheidsbehandeling
 0.00 : Adhesie paal in [kN/m2]

PALENPLAN

8 = Aantal palen
 8 = Aantal samenwerkende palen
 (0 = niet ingevoerd, 1 = slappe bovenbouw, >1 = stijve bovenbouw)

Paal nr.	X-coor- dinaat [m]	Y-coor- dinaat [m]	Fs_d (t1A/t1B) [kN]	Fs_d (t2) [kN]	PO [kN/m2]	Paalkop- niveau [m NAP]	Paal- code
1	0.00	2.25	361.00	273.00	0.00	-2.10	1
2	1.00	0.13	361.00	273.00	0.00	-2.10	2
3	1.00	4.13	361.00	273.00	0.00	-2.10	3
4	4.50	0.13	362.00	274.00	0.00	-2.10	4
5	4.50	4.13	362.00	274.00	0.00	-2.10	5
6	8.00	0.13	351.00	266.00	0.00	-2.10	6
7	8.00	4.13	351.00	266.00	0.00	-2.10	7
8	9.00	2.25	349.00	265.00	0.00	-2.10	8

TOTALE BELASTINGEN (rekenwaarden)

2858.00 = Totale belasting op alle palen in grenstoestand 1A / 1B in [kN]
 2164.00 = Totale belasting op alle palen in grenstoestand 2 in [kN]

EISEN

Grenstoestand 1B
 0.150 = Maximaal toegestane zakkings in [m]
 0.010000 = Maximaal toegestane (relatieve) rotatie
 Grenstoestand 2
 0.150 = Maximaal toegestane zakkings in [m]
 0.030000 = Maximaal toegestane (relatieve) rotatie

OPGEGEVEN PARAMETERS

2 1.00 : geen beta-factor opgegeven
 2 1.00 : geen s-factor opgegeven
 2 1.00 : geen ksi-factor opgegeven
 2 1.00 : geen gamma;m;b opgegeven
 2 1.00 : geen gamma;f;nk opgegeven
 2 1.00 : geen A negatieve kleeft opgegeven
 1 : gebruik paalgroep bij negatieve kleeft (standaard)

1 : gebruik tussenresultaten file
 1 : pas reductie toe bij avegaar (standaard)
 2 : gebruik de invloed van ontgravingen (standaard).

37

FOUTEN EN WAARSCHUWINGEN

Er zijn geen fouten in de algemene invoer ontdekt.
 De invoer voldoet aan de normen.

RESULTATEN TOETSING, MODEL BEARING PILES

=====

Toetsing met volledige berekening.

FACTOREN PAAL

1.25 = gamma;m;b (NEN 6740 tabel 3, grenstoestand 1A/1B)
 1.00 = gamma;m;b (NEN 6740 tabel 3, grenstoestand 2)
 0.81 = ksi (NEN 6743 tabel 1, bij M=8 en N=1)
 1.00 = beta (NEN 6743 figuur 3 : Paalvoetvormfactor)
 1.00 = s (NEN 6743 figuur 4 : factor voor invloed vorm
 dwarsdoorsnede paalvoet).

Paaltype avegaarpaal : Avegaarpaal
 PaalVorm : Ronde paal
 Afmetingen [m] : 0.400

Het programma houdt GEEN rekening met de invloed van de aanwezigheid van
 van de bijzondere variaties in de ondergrond op de maximaal toelaatbare
 H.O.H.-afstand van de sonderingen conform art. 8.4.2 NEN 6740.

TOETSING GRENSTOESTAND 1A

Eis volgens NEN 6740 art. 5.1 en 6.3.1: $F_{s;d} \leq F_{r;d}$.
 Stijve constructie dus vergelijking totale belasting met totale draagkracht.
 $F_{s;d} = 2858.000$ [kN]
 $F_{r;d} = 2326.166$ [kN]
 Er wordt NIET voldaan aan de eis van grenstoestand 1A.

TOETSING GRENSTOESTAND 1B

Zakkingseis volgens NEN 6740 art. 5.1 en 6.3.1 : $W_d \leq W_{req}$.
 $W_d = 99.005$ [m]
 $W_{req} = 0.150$ [m]
 Er wordt NIET voldaan aan de zakkingseis van grenstoestand 1B.

Door de norm aanbevolen criteria voor rotatie en relatieve rotatie-eis (NEN
 6740 art. 5.1) : $\theta = \beta = 1:100$.
 Maximaal optredende (relatieve) rotatie = 0.000000 [---]
 Maximaal toegestane (relatieve) rotatie = 0.010000 [---]
 Er wordt voldaan aan de rotatie-eisen van grenstoestand 1B.

TOETSING GRENSTOESTAND 2

Zakkingseis volgens NEN 6740 art. 5.1 en 6.3.1 : $W_d \leq W_{req}$.
 Voor woningen en woongebouwen geldt : $W_{req} = 0.15$ m. Voor overige typen boven-
 bouw geldt deze eis eveneens tenzij er een nadere zakkingseis is gedefinieerd.
 $W_d = 0.022$ [m]
 $W_{req} = 0.150$ [m]
 Er wordt voldaan aan de zakkingseis van grenstoestand 2.

Door de norm vastgestelde criteria voor rotatie en relatieve rotatie-eis (NEN
 6740 art. 5.1) voor woningen en woongebouwen : $\theta = \beta = 1:300$.
 Voor overige typen bovenbouw gelden deze eisen eveneens tenzij er nadere
 eisen zijn gedefinieerd.
 Maximaal optredende (relatieve) rotatie = 0.000000 [---]
 Maximaal toegestane (relatieve) rotatie = 0.030000 [---]
 De maximale rotatie treedt op tussen paal 0 en 0
 N.B.: Het hier gehanteerde criterium wijkt af van de door de norm

aanbevolen waarde voor theta en beta (= 1:300).
Er wordt voldaan aan de rotatie-eisen van grenstoestand 2.

38

AANVULLENDE INFORMATIE

Rekenwaarden van de optredende maximale schachtspanningen (berekend op het scheidingsvlak tussen positieve en negatieve kleezone) :

Bij Grenstoestand 1A/1B : sigma = 2.90 [N/mm²]

Bij Grenstoestand 2 : sigma = 2.20 [N/mm²]

De maximale zakking werd gevonden bij :

- Grenstoestand 1B : Sondering NS53042 Paal nummer 4.

Componenten van deze maximale zakking zijn :

- wneg = 0.000 [m]

- wpunt;d = 99.000 [m]

- wel;d = 0.001 [m]

- w2;d = 0.004 [m]

- Grenstoestand 2 : Sondering NS53042 Paal nummer 4.

- wneg = 0.000 [m]

- wpunt;d = 0.019 [m]

- wel;d = 0.001 [m]

- w2;d = 0.003 [m]

wneg is hierbij de zakking ten gevolge van de negatieve kleef indien de verwachte maaiveldzakking (mvz) is gelegen tussen de volgende grenzen :
0.02 < mvz <= 0.10 meter.

Bij maaiveldzakkingen buiten deze grenzen is wneg 0.

De draagkracht schacht + punt bij :

- Grenstoestand 1B

naam	Draagkracht Schacht [kN]	Draagkracht Punt [kN]	Draagkracht Totaal [kN]
sondering	Fr;max;schacht;d	Fr;max;punt;d	
NS53042	124.692	166.079	290.771

- Grenstoestand 2

naam	Draagkracht Schacht [kN]	Draagkracht Punt [kN]	Draagkracht Totaal [kN]
sondering	Fr;max;schacht;d	Fr;max;punt;d	
NS53042	155.865	207.598	363.463

EINDE UITVOER

Documenthistorie

revisie	Datum	hoofdstuknr.	wijziging	consequentie
A	22-03-05		eerste uitgave	
0	11-10-05		geen	As Built status

Datum 22-maart-2005
Referentie 311-60-B0002, vertaling
Blad 1 van 11

Inhoud

1	Inleiding	2
1.1	Omschrijving on scope	2
1.2	Schematisering	2
2	Verticaal draagvermogen van de palen	3
2.1	Uitgangspunten	3
2.2	Berekeningen	3
2.3	Resultaten	3
3	Hekwerk	4
3.1	Geometrie	4
3.2	Belasting palen	4
3.3	Ontwerp regels en stijlen	5
3.4	Berekening afmetingen palen	7
3.5	Ontwerp van de fundering en betonplint	10
4	Uitstaande acties tbv detailengineering	11
5	Aandachtspunten	11

Datum 22-maart-2005
Referentie 311-60-B0002, vertaling
Blad 2 van 11

1 Inleiding

1.1 Omschrijving en scope

Dit document bevat het definitieve ontwerp van de fundaties ten behoeve van het hekwerk rond het TSS2 substation en het aanpalende Essent voedingsstations te Zevenbergschenhoek. Het station bevindt zich ter hoogte van km 31.450 aan de westzijde van het HSL-spoor.

1.2 Schematisering

De funderingen van het hekwerk worden beschouwd als een homogene constructie.

Gebruikte software

- ESA-Prima Win, versie 3.50
- TS raamwerken, versie 3.32
- Microsoft® Excel 2000(9.0, 3821SR-1)
- MFoundation 3.4. (Build 1.4), model avegaar palen.
- MSheet 5.4. (Build 9.901)

Datum 22-maart-2005
Referentie 311-60-B0002, vertaling
Blad 3 van 11

2 Verticaal draagvermogen van de palen

2.1 Uitgangspunten

Voor deze berekening is gebruik gemaakt van sondering NS 53042 (Zie appendix 2, blz 1 en 2)

Voor deze berekening is één paaltype gecontroleerd:

- Geprefabriceerde beton paal 250 x 250

2.2 Berekeningen

Zie appendix 2

2.3 Resultaten

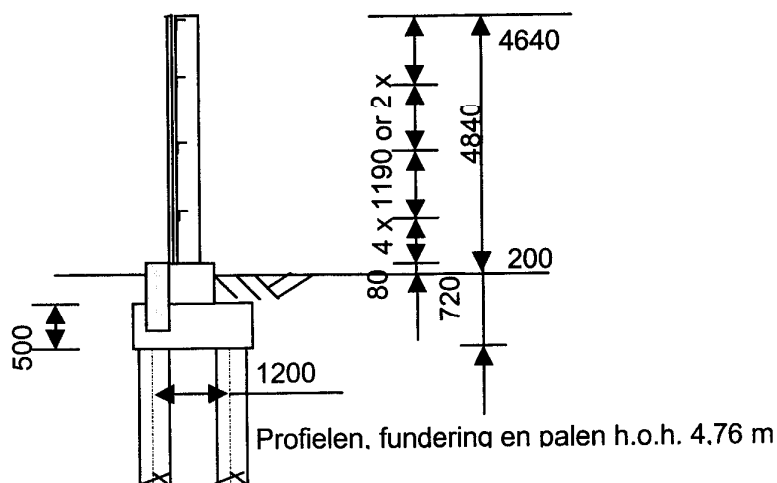
Paal type	Structure type	Sondering	Paalpuntnivo [m N.A.P.]	$F_{r,s;d}$ (groep) [kN]	$F_{r,s;d}$ (paal) [kN]
1	A	NS53042	- 6,75		233
	B	NS53042	-11,50	1325	331
	C	NS53042	-11,50	3145	393 ¹⁾

Opmerking 1: De resultaten zijn voor een prefab paal 290 x 290

De waarden zoals hierboven weergegeven worden alleen als uitgangspunt gebruikt. Het werkelijke draagvermogen van de palen (horizontaal en verticaal) is afhankelijk van de lokale grondweerstand. Voordat gestart wordt met het detail ontwerp zullen er aanvullende sonderingen uitgevoerd moeten worden.

3 Hekwerk

3.1 Geometrie



3.2 Belasting palen

$G_{rep} = 21,1 + 9,7 = 30,8 \text{ kN} \downarrow$, veroorzaakt door het gewicht van het hekwerk, de fundatie en betonplint (minimum grondwater)

$G_{rep} = 21,1 - 4,2 = 16,9 \text{ kN} \downarrow$, veroorzaakt door het gewicht van het hekwerk en de fundaties (maximum grondwater, geen betonplint)

Moments on top of pile:

$M_{s,rep,max} = 2,85 \times 4,76 \times (\frac{1}{2} \times 4,76 + 0,8) = 43,1 \text{ kNm}$, veroorzaakt door windbelasting of

$M_{s,rep,max} = 5,2 \times \frac{1}{4} \times 4,76 + \frac{1}{2} \times 43,1 = 27,7 \text{ kNm}$, veroorzaakt door het gewicht van een open staande poort ($\approx 5,2 \text{ kN}$) en de windbelasting op het hekwerk ernaast.

Maximum paal belasting

Eigen gewicht $G_{rep,max}$: $F_{s,rep,max} = 30,8 / 2 = 15,4 \text{ kN} \downarrow$ (per paal)

Variabele belasting $M_{s,rep,max}$: $F_{s,rep,max} = \frac{43,1}{1,2} = 35,9 \text{ kN} \downarrow$ (per paal)

$F_{s,rep,max,tot} = 15,4 + 35,9 = 51,3 \text{ kN} \downarrow$

$F_{s,d,max,tot} = 1,2 \times 51,3 = 61,6 \text{ kN} \downarrow > 1,35 \times 15,4 = 20,8 \text{ kN} \downarrow$

Minimum paal belasting

Eigen gewicht $G_{rep,min}$: $F_{s,rep,min} = 16,9 / 2 = 8,5 \text{ kN} \downarrow$ (per paal)

Datum 22-maart-2005
 Referentie 311-60-B0002, vertaling
 Blad 5 van 11

Variabele belasting $M_{s,rep,max}$: $F_{s,rep,max} = \frac{43,1}{1,2} = 35,9 \text{ kN}\uparrow$ (per paal)

$F_{s,rep,min,tot} = 35,9 - 8,5 = 27,4 \text{ kN}\uparrow$ (trek)

$F_{s,d,min,tot} = 1,2 \times 35,9 - 0,9 \times 8,5 - 1,0 \times 4,2 / 2 = 33,3 \text{ kN}\uparrow$ (trek)

Horizontale belasting op de paal

$F_{s,h,rep,max} = 2,85 \times 4,76 / 2 = 13,6 / 2 = 6,8 \text{ kN}\rightarrow$ (per paal)

$F_{s,h,d,max} = 1,2 \times 6,8 = 8,2 \text{ kN}\rightarrow$

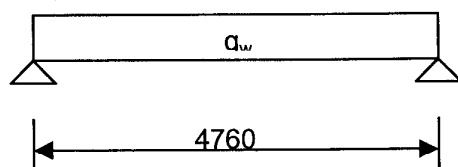
Samenvatting van de paalbelastingen

$F_{s,v,d}$ [kN]		$F_{s,h,d}$ [kN]
Druk↓	Trek↑	Horizontaal→
61,6	33,3	8,2

3.3 Ontwerp regels en stijlen

1) Regels

Maatgevend voor de regels is een lengte $l_{th} = 4,76 \text{ m}$ en en h.o.h-maat van 2,1 m.



Belastingen:

Eigen gewicht

Druk en trekkracht veroorzaakt door het eigengewicht zijn verwaarloosbaar, omdat de profielen en de staalplaten een stijf geheel vormen.

Veranderlijke belastingen:

- windbelasting: $q_{rep} = 1,46 \text{ kN/m}$

Formule:

$M_{rep} = 1/8 \times 1,46 \times 4,76^2 = 4,1 \text{ kNm}$

$M_d = 1,2 \times 4,1 = 5,0 \text{ kNm}$

$W_{y,needed} = 5,0 / 0,235 = 21,1 \text{ cm}^3$

$U_{end} < 0,004 \times 4760 = 19,0 \text{ mm}$

$I_{y,needed} = \frac{6,2 \times 1,46 \times 4,76^4}{19,0} = 244 \text{ cm}^4$

Datum 22-maart-2005
Referentie 311-60-B0002, vertaling
Blad 6 van 11

Praktisch gekozen: **L150/75/9 S235** ($I_y = 455 \text{ cm}^4$, $W_{y,el} = 46,8 \text{ cm}^3$)

2) Stijlen

Voor de stijlen is een h.o.h.-maat van 4,76 m maatgevend.

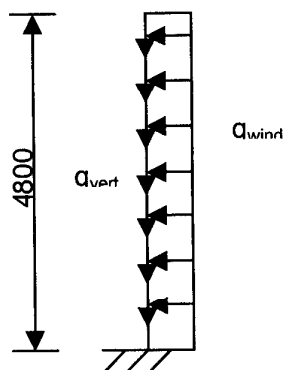
Belastingen:

Eigen gewicht

- eigen gewicht $q_{rep} = 0,5 + (3,3 + 2,9) / 4,8 = 0,5 + 1,3 \text{ kN/m} \downarrow$

Veranderlijke belastingen:

- windbelasting: $q_{rep} = 2,85 \text{ kN/m}$

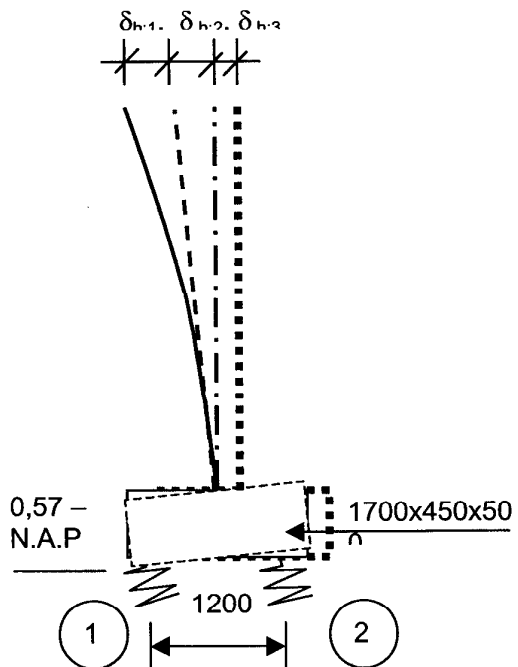


Uit de berekening van de IPE 330 kolommen (indien volledig ingeklemd) volgt:
Sterkte: $u.c = 0,29$ en $u_{max;h;top;profile} = 7,7 \text{ mm}$

3.4 Berekening afmetingen palen

schematisatie

Overeenkomsting NEN 6702, art. 10.3, is de maximaal toelaatbare horizontale vervorming van het hekwerk $h/150 = 4800/150 = 32$ mm. De optredende vervorming wordt in onderstaande figuur weergegeven, en wordt veroorzaakt door de windbelasting.



Eis: $\delta_{h,1} + \delta_{h,2} + \delta_{h,3} < 32$ mm

Hierbij is:

$\delta_{h,1}$ is de vervorming aan de top van het hekwerk, veroorzaakt door de vervorming van de kolom

$\delta_{h,2}$ is de vervorming aan de top van het hekwerk, veroorzaakt door rotatie van de fundering ten gevolge van verticale verplaatsing van de paal.

$\delta_{h,3}$ is de vervorming van het hekwerk, veroorzaakt door horizontale verplaatsingen van de palen.

Wanneer er geen sonderingen beschikbaar zijn in de directe omgeving, dan dient de paallengte berekend te worden in het detail ontwerp. Voor dit ontwerp zijn de volgende limitatieve voorwaarden en uitgangspunten gebruikt:

De fundering (1700 x 450 x 500) is beschouwd als oneindig stijf
Meest aannemelijk, palen 290 x 290 (Beton B55) zullen voldoen. De actie breedte $a = 4,76$ m en $b = 0,29$ m; P.P.N. en afmetingen te bepalen in het detail ontwerp.
Wanneer de wind wordt voorgesteld als een kleine korte belasting, de palen worden voorgespannen en beneden het grondwater nivo staan, dan dienen er twee E_c 's te worden beschouwd in MSheet voor de berekening van de horizontale verplaatsing: $E_{max} = E'_b$ and $E_{min} = E'_b / (1 + \emptyset)$, with $\emptyset = \emptyset_{max} = 0,9$ overeenkomsting tabel 8 NEN 6720
 $\Rightarrow EI_{max} = 3,6 \times 10^7 \times 1/12 \times 0,29^4 / (4,76 \times 0,29) = 15371 \text{ kNm}^2/\text{m}^2$
 $\Rightarrow EI_{min} = 3,6 \times 10^7 / (1 + 0,9) \times 1/12 \times 0,29^4 / (4,76 \times 0,29) = 8090 \text{ kNm}^2/\text{m}^2$

Rekenfactoren welke gebruikt moeten worden zijn:

Datum 22-maart-2005
Referentie 311-60-B0002, vertaling
Blad 8 van 11

Rekenfactor zand: $s = 2,5$
Rekenfactor veen, klei etc.: $s = 1,5$

Op de volgende manier dienen de parameters voor de palen te worden gecorrigeerd met een rekenfactor en de h.o.h.afstand:

$K'_{bed} = s \times K_{bed} / a = 0,525 K_{bed}$ voor zand en $K'_{bed} = s \times K_{bed} / 4,76 = 0,315 K_{bed}$ voor veen, klei etc.

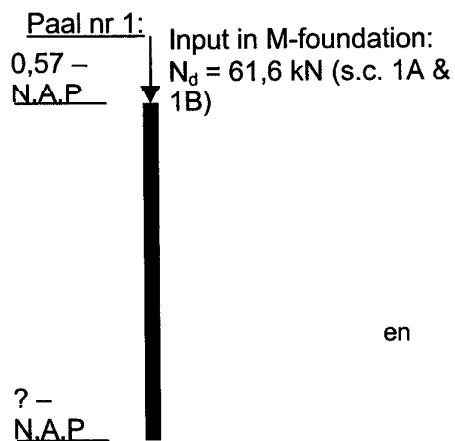
λ_a , λ_n en λ_p moeten worden bepaald met MSheet en op de volgende manier worden gecorrigeerd voor de palen.

$$\lambda'_a = \frac{\lambda_a}{s \cdot a} = 0,084 \cdot \lambda_a \text{ voor zand en } 0,140 \cdot \lambda_a \text{ voor klei en veen.}$$

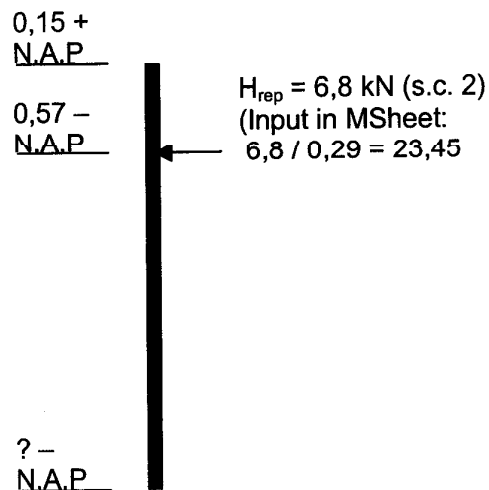
$$\lambda'_n = \frac{\lambda_n}{a} = 0,21 \cdot \lambda_n \text{ voor alles}$$

$$\lambda'_p = \frac{\lambda_p \cdot s}{a} = 0,525 \cdot \lambda_p \text{ voor zand en } 0,315 \cdot \lambda_p \text{ voor klei en veen.}$$

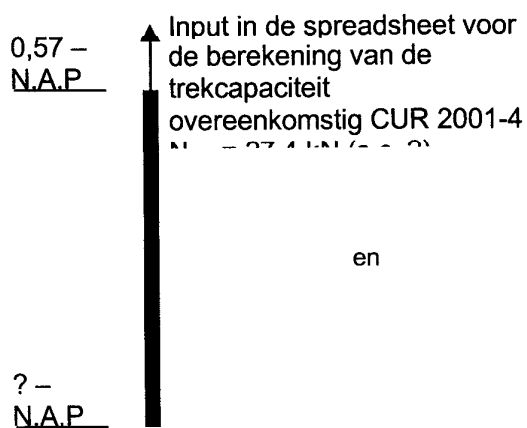
Belasting op de palen:



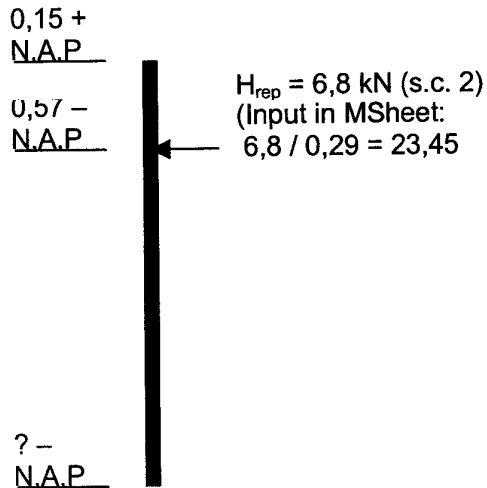
en



Paal nr 2:



en



Berekeningen

De volgende berekeningen dienen te worden gemaakt in het detail ontwerp voor de bepaling van de paal afmetingen:

- Controle van de horizontale verplaatsing van het hekwerk
- Berekenen of de zijdelingse krachten, momenten en horizontale verplaatsingen van de paal in MSheet voldoen aan de CUR 166
- Berekenen of het verticale draagvermogen en de verplaatsingen in Mfoundation voldoen aan de NEN 6740 en NEN 6743

E.6 AIM-melding

Melding Activiteitenbesluit

Hierbij doe ik, [REDACTED] (namens mevrouw [REDACTED] melding van het veranderen van het bedrijf **TenneT TSO BV**. Het voor de melding gebruikte e-mailadres is [REDACTED]

Activiteiten

U heeft geen activiteiten geselecteerd waarvoor specifieke milieuregels uit het Activiteitenbesluit gelden.

Gegevens melder

Organisatie melder:	Royal HaskoningDHV
Naam melder:	[REDACTED]
Adres:	Postbus 151 6500AD NIJMEGEN
Telefoon:	06 52 40 87 50
E-mail:	[REDACTED]

Gegevens verantwoordelijk persoon

Naam:	[REDACTED]
Telefoon:	[REDACTED]
E-mail:	[REDACTED]

Gegevens locatie activiteiten

Naam:	TenneT TSO BV
Perceel:	Sectie: O2254 O2584
Bouwplan:	Naam bouwplan: Nummer bouwplan:
Toelichting locatie:	
KvK Inschrijving:	Onderneming: 09155985 Vestiging: 000020300360 Toelichting: nvt
Type inrichting:	type A
Reden melding:	veranderen activiteiten

Correspondentieadres melding

Correspondentie sturen naar:

Postbus 718
6800 AS ARNHEM

Beschrijving activiteiten

Datum van de activiteiten:	01-07-2028
Beschrijving activiteiten:	Het bestaande hoogspanningsstation 150kV Zevenbergschenhoek (ZBH150) zal in de toekomst worden uitgebreid. De uitbreiding omvat op hoofdlijnen de volgende elementen: - Bouwrijp maken nieuw aangekochte grond - Verwijderen deel hekwerk en plaatsen nieuw hekwerk - Slopen gedeelte bestaande wegverharding achter portalen - Ombouwen twee lijnvelden naar kabelvelden o Plaatsen OSA (overspanningsafleiders) en KE (kabeleindsluitingen) - Uitbreiden rondweg Ten behoeven van het project Zuidwest 380 Oost zal het bestaande 150kV hoogspanningsstation Zevenbergschenhoek omgebouwd moeten worden. De bestaande lijn GT-ZBH-MDK150 komt op dit moment binnen middels twee lijnvelden (veld 10 en veld 11). T.b.v. de toekomstige lijnaanpassing zullen deze lijnvelden omgebouwd worden tot kabelvelden. De lijnen zullen verwijderd worden en aan de zuidzijde van het portaal zullen een OSA en een kabeleindsluiting geplaatst worden. Om ruimte te maken voor de veldaanpassing en de kabels, zal extra grond aangekocht worden ten zuiden van het station. Het hekwerk zal hierop aangepast moeten worden, tevens zal een gedeelte van de naastgelegen vijver gedempt moeten worden en zal het terrein bouwrijp gemaakt moeten worden. Beoogde planning is dat deze verandering Q3 2028 is gerealiseerd.
Bijlage met beschrijving toevoegen:	Ja

Extra informatie bij de melding

Indien benodigd zal verder informatie nog worden aangeleverd.

Bijlagen geüpload

De volgende bestanden zijn toegevoegd aan de melding:

Indeling locatie activiteiten	002.678.00 0982768 P2 Bovenaanzicht ZBH150.pdf
Situatieschets	002.678.00 0982774 P4 Bovenaanzicht +situatie.pdf
Toelichting op de aard en omvang van de activiteiten/processen	002.678.00 0982783 Constructieve uitgangspun.pdf
Grondschem	002.678.00 0982696 P1 Single line ZBH150.pdf

Gegevens bevoegd gezag

Gemeente Moerdijk
Spoorlaan 181
5038 CB Tilburg

Referentie melding

Deze melding is bij ons bekend als **AIM-sessie Ah81k13nbdo**. Wilt u alstublieft, als u schriftelijk of mondeling contact zoekt, dit als referentie vermelden?

Datum en tijdstip melding

Deze melding is gemaakt op 18-07-2022 om 13:55 uur.