ATRON Engineering
Advies & Infra

Hoofdvestiging (correspondentieadres)
Hulsenboschstraat 22 B-1
4251 LR Werkendam

Nevenvestiging
Tjalk 43
2411 NZ Bodegraven

T 0183-216020
E info@atron-engineering.nl
www.atron-engineering.nl

KvK 70156689
BTW NL858166173B01
IBAN NL42INGB0006956686

Opdrachtgever : Reddyn BV
Contactpersoon : [redacted]
Adres : Postbus 50
Plaats : 6920 AB Duiven

MEMO

Onderwerp: Werkomschrijving horizontaal gestuurde boring N785-Schelmseweg Arnhem

Horizontaal gestuurde boring

t.b.v. verleggen 50kV kabel

Schelmseweg te Arnhem



Figuur 1 overzicht werklocatie (Bron: Google Earth)

Versie	Datum	Status	Opgesteld	Gecontroleerd	Akkoord
1	28-05-2026	Voor vergunning	[redacted]	[redacted]	[redacted]

Tabel 1 Versie- en wijzigingsoverzicht

Op al onze aanbiedingen, aanvaarding van opdrachten, mededelingen en overeenkomsten, zijn van toepassing de algemene branchevoorwaarden conform de DNR 2011. Deze voorwaarden zijn te vinden op www.atron-engineering.nl of op verzoek kunnen wij u deze kosteloos toezenden. Eventuele afwijkingen t.o.v. de DNR 2011 zijn vastgelegd in deze offerte.

ATRON Engineering
Advies & Infra

Hoofdvestiging (correspondentieadres)
Hulsenboschstraat 22 B-1
4251 LR Werkendam

Nevenvestiging
Tjalk 43
2411 NZ Bodegraven

T 0183-216020
E info@atron-engineering.nl
www.atron-engineering.nl

KvK 70156689
BTW NL858166173B01
IBAN NL42INGB0006956686

Inhoudsopgave

1. Inleiding 4
2. Uitgangspunten 5
2.1 Informatie 5
2.2 Voorschriften en literatuur 5
2.3 Ontwerp 5
3. Beschrijving werkmethode 7
3.1 Algemeen 7
4. Omschrijving project 10
4.1 Projectlocatie 10
4.2 Locatie intredepunt 10
4.3 Locatie uittredepunt en uitleglocatie 10
4.4 Betrokken objecten boortracé 11
4.5 Overzicht aandachtspunten bestaande kabels en/of leidingen 11
4.6 Tijdschema 11
5. Realisatie werkzaamheden 12
5.1 Voorstel in te zetten boormaterieel 12
5.2 Inrichten werkterrein 13
5.3 Voorbereiden leidingstreng(en) en uitleglocatie 13
5.4 Graven in- en uittredepunt 13
5.5 Plaatsen van dodemansbed 13
5.6 Controle werkwater 14
5.7 Pilotboring 14
5.8 In te zetten meetsysteem 15
5.9 Afwijkingen 16
5.10 Afkoppelen boorkop/verwijderen meetdraad 17
5.11 Ruimfase(n) 17
5.12 Wiper trip 18
5.13 Intrekfase horizontaal gestuurde boring 18
5.14 Ballasten van de leiding(en) 19
5.15 Boorvloeistof 19
5.16 Mudretour 19
5.17 Scheidingsinstalatie (recycling) 20
5.18 Aanlevering registratie 20
5.19 Vrijkomende grond / boorspoeling 20
6. Grond en grondwater 22
6.1 Geotechnisch onderzoek 22
6.2 Beschrijving grondgesteldheid 22
6.3 Grondwaterstanden 23
6.4 Beschouwing kwelproblematiek 23
7. Berekeningsresultaten 25
7.1 Boorspoeldrukken 25
7.2 Sterkteberekening 26
7.3 Trekkrachtberekening 26

Op al onze aanbiedingen, aanvaarding van opdrachten, mededelingen en overeenkomsten, zijn van toepassing de algemene branchevoorwaarden conform de DNR 2011. Deze voorwaarden zijn te vinden op www.atron-engineering.nl of op verzoek kunnen wij u deze kosteloos toezenden. Eventuele afwijkingen t.o.v. de DNR 2011 zijn vastgelegd in deze offerte.

ATRON Engineering
Advies & Infra

Hoofdvestiging (correspondentieadres)
Hulsenboschstraat 22 B-1
4251 LR Werkendam

Nevenvestiging
Tjalk 43
2411 NZ Bodegraven

T 0183-216020
E info@atron-engineering.nl
www.atron-engineering.nl

KvK 70156689
BTW NL858166173B01
IBAN NL42INGB0006956686

Lijst met tabellen

Tabel 1 Versie- en wijzigingsoverzicht 1
Tabel 2 Specificaties horizontaal gestuurde boring 5
Tabel 3 Specificaties mantelbuizen 6
Tabel 4 Overzicht raakvlakken bestaande kabels en leidingen 11
Tabel 5 Maximale afwijking pilotboring (volgens NEN 3650) 16
Tabel 6 Grondwaterstanden uit isohypsenkaart www.grondwatertools.nl 23
Tabel 7 Toetsing materiaalspanningen 26
Tabel 8 Voorspelling trekkracht (indicatief) 26

Lijst met figuren

Figuur 1 overzicht werklocatie (Bron: Google Earth) 1
Figuur 2 pilotboring 7
Figuur 3 ruimfase 8
Figuur 4 intrekfase 9
Figuur 5 overzicht werklocatie (bron: Open street-maps) 10
Figuur 6 Boormachine 12
Figuur 7 Afwijkingen conform Richtlijn boortechnieken 2019-RWS 16
Figuur 8 Voorbeeld Fly-cutter Figuur 9 In te trekken bundel 17
Figuur 10 Voorbeeld Barrel-reamer 18
Figuur 11 Scheidingsinstallatie/recycling 20
Figuur 12 schematische bodemopbouw (D-Geo Pipeline) 22
Figuur 13 boorspoeldrukken tijdens pilotboring 25

Lijst met bijlagen

Bijlage 1 Ontwerptekening horizontaal gestuurde boring 28
Bijlage 2 Grondonderzoek 29
Bijlage 3 Resultaten sterkteberekening (D-Geo Pipeline) 30
Bijlage 4 Beschrijving meetsysteem 31
Bijlage 5 Beschrijving boorvloeistof 32
Bijlage 6 Voorbeeld opstelling materieel 33
Bijlage 7 Risicoanalyse 34

Op al onze aanbiedingen, aanvaarding van opdrachten, mededelingen en overeenkomsten, zijn van toepassing de algemene branchevoorwaarden conform de DNR 2011. Deze voorwaarden zijn te vinden op www.atron-engineering.nl of op verzoek kunnen wij u deze kosteloos toezenden. Eventuele afwijkingen t.o.v. de DNR 2011 zijn vastgelegd in deze offerte.

Hoofdvestiging (correspondentieadres)
Hulsenboschstraat 22 B-1
4251 LR Werkendam

Nevenvestiging
Tjalk 43
2411 NZ Bodegraven

T 0183-216020
E info@atron-engineering.nl
www.atron-engineering.nl

KvK 70156689
BTW NL858166173B01
IBAN NL42INGB0006956686

1. Inleiding

Reddyn B.V. heeft opdracht verleend aan ATRON Engineering B.V. voor de engineering van diverse horizontaal gestuurde boringen. Reddyn B.V. is momenteel bezig met de voorbereiding van de verlegging van twee 50kV verbindingen aan de Schelmseweg te Arnhem.

Ten behoeve van de verlegging van de 50kV verbinding is de realisatie van een horizontaal gestuurde boring noodzakelijk. De horizontaal gestuurde boring kruist de N785.

Voorliggende werkmethodebeschrijving beschrijft het boorproces en de werkzaamheden welke benodigd zijn voor de realisatie van deze horizontaal gestuurde boring. Deze werkmethodebeschrijving kan uitsluitend worden gebruikt voor de vergunningaanvraag voor deze werkzaamheden op basis waarvan de uiteindelijke civiele aannemer zijn werkplan kan opstellen.

Op al onze aanbiedingen, aanvaarding van opdrachten, mededelingen en overeenkomsten, zijn van toepassing de algemene branchevoorwaarden conform de DNR 2011. Deze voorwaarden zijn te vinden op www.atron-engineering.nl of op verzoek kunnen wij u deze kosteloos toezenden. Eventuele afwijkingen t.o.v. de DNR 2011 zijn vastgelegd in deze offerte.

Hoofdvestiging (correspondentieadres)
Hulsenboschstraat 22 B-1
4251 LR Werkendam

Nevenvestiging
Tjalk 43
2411 NZ Bodegraven

T 0183-216020
E info@atron-engineering.nl
www.atron-engineering.nl

KvK 70156689
BTW NL858166173B01
IBAN NL42INGB0006956686

2. Uitgangspunten

2.1 Informatie

Voor deze werkmethodebeschrijving hebben de volgende documenten als input gediend:

- Tekening(en):
  - Ontwerptekening XR-N-N784_DEFINITIEF_ONTWERP
  - Plantekening RLI-3022
- Document(en):
  - Oriëntatie KLIC-melding
    - 26O0010942
- Grondonderzoek
  - WVB Bodem Rapportage VWB/0957/26/2470

2.2 Voorschriften en literatuur

Het ontwerp van de horizontaal gestuurde boring en de berekeningen zijn gebaseerd op de volgende normen en voorschriften:

- NEN3650-1:2020 Eisen voor buisleidingsystemen – Deel 1: Algemeen
- NEN3650-3:2020 Eisen voor buisleidingsystemen – Deel 3: Kunststoffen
- NEN3651:2020 Aanvullende eisen voor buisleidingen in of nabij belangrijke waterstaatswerken
- Keur en leggers van het Waterschap Rijn en IJssel
- VELIN voorwaarden en EV-eisen vanuit andere netbeheerders o.b.v. de verrichte KLIC-meldingen.
- Richtlijn boortechnieken Rijkswaterstaat juni 2019
- ProRail, spoorkruisingen derden RLN00427-2 (sleufloze technieken)
- DCA (Drilling Contractors Association) Technical Guidelines 2nd February 2001

2.3 Ontwerp

Het ontwerp van de horizontaal gestuurde boring is weergegeven op de ontwerptekening welke is opgenomen in Bijlage 1. In onderstaande tabel zijn de eigenschappen van de horizontaal gestuurde boring gespecificeerd.

De uiteindelijke civiele aannemer dient het ontwerp te beoordelen op uitvoerbaarheid, risico's en afwijkingen in het ontwerp, grondslag en KLIC. Na controle zal hij hiervoor de ontwerpverantwoordelijkheid overnemen van opdrachtgever.

Omschrijving	HDD	Eenheid
Lengte	545.7	m
Intredehoek	16	○
Uittredehoek	16	○
Neergaande bochtstraal	350	m
Opgaande bochtstraal	250	m
Horizontale bochtstraal	250	m
Gecombineerde bochtstraal	203.43	m
Maximale gronddekking (maaiveld)	30.77	m

Tabel 2 Specificaties horizontaal gestuurde boring

Op al onze aanbiedingen, aanvaarding van opdrachten, mededelingen en overeenkomsten, zijn van toepassing de algemene branchevoorwaarden conform de DNR 2011. Deze voorwaarden zijn te vinden op www.atron-engineering.nl of op verzoek kunnen wij u deze kosteloos toezenden. Eventuele afwijkingen t.o.v. de DNR 2011 zijn vastgelegd in deze offerte.

Hoofdvestiging (correspondentieadres)
Hulsenboschstraat 22 B-1
4251 LR Werkendam

Nevenvestiging
Tjalk 43
2411 NZ Bodegraven

T 0183-216020
E info@atron-engineering.nl
www.atron-engineering.nl

KvK 70156689
BTW NL858166173B01
IBAN NL42INGB0006956686

Omschrijving	
Materiaal	PE100 SDR11
Uitwendige diameter	250mm
Wanddikte	18.2mm
Aantal	4

Tabel 3 Specificaties mantelbuizen

Op al onze aanbiedingen, aanvaarding van opdrachten, mededelingen en overeenkomsten, zijn van toepassing de algemene branchevoorwaarden conform de DNR 2011, Deze voorwaarden zijn te vinden op www.atron-engineering.nl of op verzoek kunnen wij u deze kosteloos toezenden. Eventuele afwijkingen t.o.v. de DNR 2011 zijn vastgelegd in deze offerte.

Hoofdvestiging (correspondentieadres)
Hulsenboschstraat 22 B-1
4251 LR Werkendam

Nevenvestiging
Tjalk 43
2411 NZ Bodegraven

T 0183-216020
E info@atron-engineering.nl
www.atron-engineering.nl

KvK 70156689
BTW NL858166173B01
IBAN NL42INGB0006956686

3. Beschrijving werkmethode

3.1 Algemeen

Bij het aanleggen van ondergrondse netwerken die bestaan uit kabels en leidingen kunnen horizontaal gestuurde boringen worden toegepast om o.a. wegen, watergangen en andere bovengrondse- en ondergrondse infrastructurele constructies te kruisen. Door het toepassen van deze sleufloze techniek wordt de overlast voor de omgeving tot een minimum beperkt.

Een horizontaal gestuurde boring bestaat uit 3 fasen, te weten:

- Fase 1: Pilotboring
- Fase 2: Ruimen
- Fase 3: Intrekken mantelbuizen

Tijdens alle fasen wordt er gebruik gemaakt van boorspoeling. De boorspoeling bestaat uit een water-bentonietmengsel waar eventueel additieven aan toegevoegd kunnen worden om gewenste eigenschappen te verkrijgen. De samenstelling van de boorspoeling is met name afhankelijk van het in te zetten materieel, de grondsoort en de kwaliteit van het grondwater.

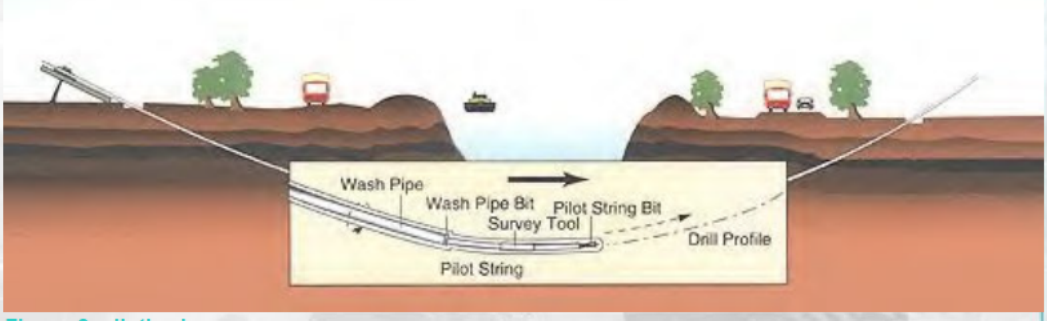
De voornaamste functies van de boorspoeling zijn:

- Medium voor losspuiten van grond via nozzles in de boorkop of ruimer
- Afvoeren/transporteren van de losgespoten grond
- In stand houden van het boorgat
- Afpleisteren van de tunnelwand (filtercake)
- Smering van de boorstreng en de in te trekken mediumleiding
- Koeling van de boorkop/boorbit en het aandrijven van de mudmotor

De boorspoeling wordt door middel van een hogedrukpomp door de boorstangen naar de boorkop of ruimer gepompt. Vervolgens zal de boorspoeling onder hoge druk via diverse nozzles in de boorkop of ruimer de grond of tunnel in worden gepompt.

Bij een horizontaal gestuurde boring worden de werkzaamheden vanaf het maaiveld uitgevoerd. Een gestuurde boring bestaat doorgaans uit twee werkterreinen: een rig-site (intredepunt) waar onder andere de boor-rig opgesteld is en een pipe-site (uittredepunt) waar de in te trekken buis samengesteld en klaargelegd wordt.

<u>Fase 1: De pilotboring</u>



Figuur 2 pilotboring

Op al onze aanbiedingen, aanvaarding van opdrachten, mededelingen en overeenkomsten, zijn van toepassing de algemene branchevoorwaarden conform de DNR 2011. Deze voorwaarden zijn te vinden op www.atron-engineering.nl of op verzoek kunnen wij u deze kosteloos toezenden. Eventuele afwijkingen t.o.v. de DNR 2011 zijn vastgelegd in deze offerte.

Hoofdvestiging (correspondentieadres)
Hulsenboschstraat 22 B-1
4251 LR Werkendam

Nevenvestiging
Tjalk 43
2411 NZ Bodegraven

T 0183-216020
E info@atron-engineering.nl
www.atron-engineering.nl

KvK 70156689
BTW NL858166173B01
IBAN NL42INGB0006956686

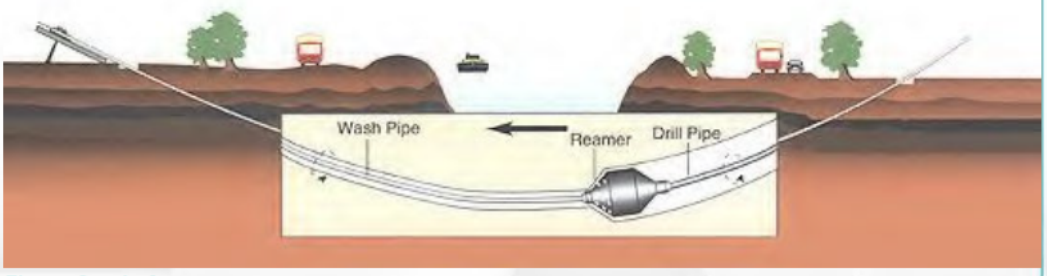
Aan de voorkant van de boorstreng is een boorkop aangebracht. De boorspoeling wordt via de boorstreng naar de boorkop gepompt en wordt samen met de losgewoelde grond langs de buitenzijde van de boorstreng door de boortunnel afgevoerd. Over het eerste gedeelte van de boorstreng kan eventueel een casing/beschermbuis worden aangebracht in de volgende gevallen:

- indien de boorgatstabiliteit in gevaar komt;
- indien gevaar bestaat voor een blow-out op een kwetsbare plek;
- indien gevaar bestaat voor knikken van de boorstang.

Het eerste deel van een horizontaal gestuurde boring bestaat uit een rechtstand onder een vooraf bepaalde intredehoek. Deze rechtstand gaat over in een neergaande verticale of gecombineerde bocht gevolgd door een horizontale rechtstand (eventueel met een horizontale bocht). Hierna volgt er een opgaande verticale of gecombineerde bocht met aan het einde een rechtstand tot het uittredepunt, eveneens onder een vooraf bepaalde uittredehoek.

De driedimensionale plaatsbepaling van de boring wordt tijdens deze eerste fase verkregen door de geregistreerde coördinaten tijdens de pilotboring. De locatie van de boring, de eisen van de opdrachtgever, de eisen en wensen van de vergunningverlener, het te kruisen obstakel, storende externe invloeden en de diepte zijn bepalend voor het toe te passen meetsysteem.

Fase 2: Ruimen van het boorgat



Figuur 3 ruimfase

Nadat de boorstreng bij het uittredepunt boven de grond is gekomen wordt de boorkop verwijderd en wordt op het uiteinde van de boorstreng een ruimer gemonteerd. Vervolgens wordt de boorstreng met ruimer teruggetrokken richting intredepunt. De ruimer wordt met een draaiende beweging door het voorgeboorde pilotboorgat teruggetrokken. Op de ruimer zijn behalve nozzles, waardoor de boorspoeling naar buiten gespoten wordt, soms ook messen, kammen of tanden aangebracht (afhankelijk van de grondslag waarin geboord wordt). De losgewoelde grond wordt langs de buitenzijde van de boorstreng door het geruimde boorgat in de retourstroom van de boorspoeling afgevoerd naar het maaiveld.
Achter de ruimer worden opnieuw boorstangen gekoppeld zodat de verbinding tussen in- en uittredepunt behouden blijft. Afhankelijk van de grondslag, het pompvermogen en de vereiste boorgatdiameter kunnen meerdere ruimeroperaties achter elkaar worden uitgevoerd.

Op al onze aanbiedingen, aanvaarding van opdrachten, mededelingen en overeenkomsten, zijn van toepassing de algemene branchevoorwaarden conform de DNR 2011. Deze voorwaarden zijn te vinden op www.atron-engineering.nl of op verzoek kunnen wij u deze kosteloos toezenden. Eventuele afwijkingen t.o.v. de DNR 2011 zijn vastgelegd in deze offerte.

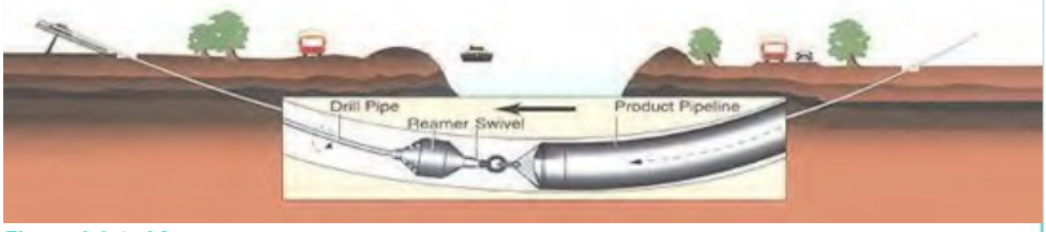
Hoofdvestiging (correspondentieadres)
Hulsenboschstraat 22 B-1
4251 LR Werkendam

Nevenvestiging
Tjalk 43
2411 NZ Bodegraven

T 0183-216020
E info@atron-engineering.nl
www.atron-engineering.nl

KvK 70156689
BTW NL858166173B01
IBAN NL42INGB0006956686

Fase 3: Intrekken van de mantelbuizen:



Figuur 4 intrekfase

Tijdens de laatste fase van het boorproces wordt de buis samen met een trekkop achter een ruimer gekoppeld en in het geruimde boorgat getrokken. Het boorgat blijft tijdens de intrekoperatie geheel gevuld met de boorspoeling. De boorgatdiameter dient tussen de 30% en 50% groter te zijn dan de diameter van de in te trekken buis.

Ten behoeve van het inbrengen van de mantelbuizen wordt tussen de ruimer en de buis een swivel (wartellager) gemonteerd zodat geen rotatie van de buis kan optreden. Nadat de medium voerende buis in zijn geheel door de boortunnel is getrokken en indien nodig succesvol is beproefd/getest, is de boring voltooid.

Tijdens de verschillende fasen worden de boorspoeldrukken gecontroleerd en geregistreerd. Bij alle fasen dient de gehele boortunnel gevuld te blijven met boorspoeling zodat er continu druk in de boortunnel blijft staan Dit is belangrijk om achterblijvende holle ruimten in de grond en instorten van de boortunnel te voorkomen.

Op al onze aanbiedingen, aanvaarding van opdrachten, mededelingen en overeenkomsten, zijn van toepassing de algemene branchevoorwaarden conform de DNR 2011. Deze voorwaarden zijn te vinden op www.atron-engineering.nl of op verzoek kunnen wij u deze kosteloos toezenden. Eventuele afwijkingen t.o.v. de DNR 2011 zijn vastgelegd in deze offerte.

Hoofdvestiging (correspondentieadres)
Hulsenboschstraat 22 B-1
4251 LR Werkendam

Nevenvestiging
Tjalk 43
2411 NZ Bodegraven

T 0183-216020
E info@atron-engineering.nl
www.atron-engineering.nl

KvK 70156689
BTW NL858166173B01
IBAN NL42INGB0006956686

4. Omschrijving project

4.1 Projectlocatie

De horizontaal gestuurde boring is gelegen aan de Schelmseweg en kruist de N785. In onderstaand overzicht is de projectlocatie weergegeven en de locatie (indicatief) van de horizontaal gestuurde boring.



Figuur 5 overzicht werklocatie (bron: Open street-maps)

4.2 Locatie intredepunt

Het intredepunt van de horizontaal gestuurde boring ligt in het bestaande fietspad naast de N785 t.h.v. HMP10.95. De locatie van het intredepunt is toegankelijk via de Schelmseweg. Nabij het intredepunt is beperkte opstelruimte aanwezig voor het benodigde materiaal en materieel.

4.3 Locatie uittredepunt en uitleglocatie

Het uittredepunt van de horizontaal gestuurde boring is gelegen in de berm van het fietspad ter hoogte van de Vogelkersweg. Nabij het uittredepunt is voldoende ruimte beschikbaar voor het benodigde materieel en materiaal. De bundel zal voorafgaand aan de intrekfase worden samengesteld langs het bestaande fietspad. Na gereedkomen van de boorgang zal de bundel worden ingetrokken in de boortunnel.

De aannemer dient rekening te houden met de bereikbaarheid voor belanghebbenden. Voorafgaand aan de uitvoering van de werkzaamheden zullen door de aannemer de benodigde verkeersplannen opgesteld dienen te worden om goedkeuring te verkrijgen van de wegbeheerders.

Het vaststellen van de precieze omvang van het werkterrein is onderdeel van de voorbereidingen voor de uitvoering en behoeft goedkeuring van de opdrachtgever. De aannemer dient zich ten tijde van de aanbieding te vergewissen dat er voldoende werkruimte aanwezig is.

Op al onze aanbiedingen, aanvaarding van opdrachten, mededelingen en overeenkomsten, zijn van toepassing de algemene branchevoorwaarden conform de DNR 2011. Deze voorwaarden zijn te vinden op www.atron-engineering.nl of op verzoek kunnen wij u deze kosteloos toezenden. Eventuele afwijkingen t.o.v. de DNR 2011 zijn vastgelegd in deze offerte.

Hoofdvestiging (correspondentieadres)
Hulsenboschstraat 22 B-1
4251 LR Werkendam

Nevenvestiging
Tjalk 43
2411 NZ Bodegraven

T 0183-216020
E info@atron-engineering.nl
www.atron-engineering.nl

KvK 70156689
BTW NL858166173B01
IBAN NL42INGB0006956686

4.4 Betrokken objecten boortracé

Bij de realisatie van de horizontaal gestuurde boring worden de volgende objecten gekruist:

- ❖ Kruising van Schelmseweg

4.5 Overzicht aandachtspunten bestaande kabels en/of leidingen

In navolgend overzicht zijn de stakeholders weergegeven zoals bestaande kabel- en leidingbeheerders welke een aandachtspunt zijn voor deze horizontaal gestuurde boring. Kabels en leidingen met een standaardligging welke geen conflict geven worden in navolgende tabel niet behandeld.

Eigenaar	Discipline	Opmerking
Nederlandse Gasunie	Hogedruk gas	EV melding Zie tekening N-568-10-KR-008
Liander	50kV	Bestaande eigen kabel nabij uittredepunt

Tabel 4 Overzicht raakvlakken bestaande kabels en leidingen

4.6 Tijdschema

De bepaling van de tijdsduur voor het realiseren van de gestuurde boring is mede afhankelijk van het in te zetten materieel, de locatie, de in te trekken leiding(en) en de grondslag. Voor de uitvoering van deze horizontaal gestuurde boring zal onderstaand gemiddelde tijdsschema van toepassing zijn:

- Aanleg van bouw-/toegangswegen : 2.00 dag(en)
- Inrichten werkterrein : 2.00 dag(en)
- Samenstellen van de bundel :10.00 dag(en)
- Uitvoeren van de pilotboring : 2.00 dag(en)
- Uitvoeren van ruimgang : 2.00 dag(en)
- Intrekken van de bundel : 2.00 dag(en)
- Afvoer en opruimen werkterrein(en) : 2.00 dag(en)

De startdatum wordt bepaald in overleg met de opdrachtgever. Hierbij dient rekening gehouden te worden met eventuele vergunningen en toestemmingen.
De boorwerkzaamheden mogen pas aanvangen na het verkrijgen van alle goedkeuringen/toestemmingen.

Op al onze aanbiedingen, aanvaarding van opdrachten, mededelingen en overeenkomsten, zijn van toepassing de algemene branchevoorwaarden conform de DNR 2011, Deze voorwaarden zijn te vinden op www.atron-engineering.nl of op verzoek kunnen wij u deze kosteloos toezenden. Eventuele afwijkingen t.o.v. de DNR 2011 zijn vastgelegd in deze offerte.

Hoofdvestiging (correspondentieadres)
Hulsenboschstraat 22 B-1
4251 LR Werkendam

Nevenvestiging
Tjalk 43
2411 NZ Bodegraven

T 0183-216020
E info@atron-engineering.nl
www.atron-engineering.nl

KvK 70156689
BTW NL858166173B01
IBAN NL42INGB0006956686

5. Realisatie werkzaamheden

5.1 *Voorstel in te zetten boormaterieel*

De processen van sleufloze technieken worden bij horizontaal gestuurde boringen verdeeld in drie categorieën (S-A, S-B en S-C)

De indeling voor de horizontaal gestuurde boringen is ingegeven door de omvang van de boring.

- "Kleine gestuurde boringen" (S-A) worden uitgevoerd met een mini-rig tot een maximale trekkracht van 12 ton (120 kN).
- "Grote gestuurde boringen" (S-B) worden uitgevoerd met een midi-rig tot een maximale trekkracht van 80 ton (800 kN).
- "Zeer grote boringen" (S-C) worden over uitgevoerd met een maxi-rig met een trekkracht van meer dan 80 ton (800 kN).

De regeling geeft aan dat onder bepaalde omstandigheden besloten kan worden om hiervan af te wijken. Enkele voorbeelden zijn:

- Aard en omvang van het te kruisen object
- Grondslag
- Leidingmateriaal
- Diepte
- Detectiemethode van de zender in de boorkop
- Risico in geval van schades

Onderstaand treft u een voorstel voor het in te zetten boormaterieel en de daarbij behorende technische specificaties waarmee de horizontaal gestuurde boring uitgevoerd zou kunnen worden.

De berekeningen en het boorontwerp dienen door de uiteindelijke civiele aannemer gecontroleerd en indien nodig aangepast te worden in overeenstemming met het in te zetten materieel.

Boormachine	**80 tonner**	
	Rig-klasse	Maxi-rig
	Merk:	Prime Drilling PD80/45 CU ELECTRIC
	Elektrisch vermogen	250 kW
	Gewicht:	21,000 kg
	Max. drukkracht:	80 ton
	Max. opneembare trekkracht	80 ton
	Max. in-/uittrede hoek	8-18 graden

Figuur 6 Boormachine

Op al onze aanbiedingen, aanvaarding van opdrachten, mededelingen en overeenkomsten, zijn van toepassing de algemene branchevoorwaarden conform de DNR 2011. Deze voorwaarden zijn te vinden op www.atron-engineering.nl of op verzoek kunnen wij u deze kosteloos toezenden. Eventuele afwijkingen t.o.v. de DNR 2011 zijn vastgelegd in deze offerte.

Hoofdvestiging (correspondentieadres)
Hulsenboschstraat 22 B-1
4251 LR Werkendam

Nevenvestiging
Tjalk 43
2411 NZ Bodegraven

T 0183-216020
E info@atron-engineering.nl
www.atron-engineering.nl

KvK 70156689
BTW NL858166173B01
IBAN NL42INGB0006956686

5.2 Inrichten werkterrein

Het werkterrein voor de realisatie van de horizontaal gestuurde boring zal in overleg met de opdrachtgever en eventueel andere betrokken stakeholders worden bepaald en ingericht.

Ter plaatse van het intredepunt dient ervan uitgegaan te worden dat er een werkterrein benodigd is van ca. 880m2 voor het opstellen van het benodigde materieel. Dit gaat naast de boor-rig om pompen, mix-units, aggregaten, voorraadcontainers, schaft- en materiaalvoorzieningen, recycling-unit, bentonietopslag en opstelruimte voor transportmaterieel, vacuümwagen en andere vervoersmiddelen.

Ter plaatse van het uittredepunt dient rekening gehouden te worden met een werkterrein van minimaal 750/1250m2 voor het opstellen van het benodigde materieel. Dit gaat om o.a. opslag voor boorstangen, voorraadcontainers en opstelruimte voor transportmaterieel, vacuümwagen en andere vervoersmiddelen.

De boorstelling zal worden opgesteld op draglineschotten/rijplaten om de belasting van de boorstelling gelijkmatig te verdelen over de ondergrond.

5.3 Voorbereiden leidingstreng(en) en uitleglocatie

Voorafgaand aan de boorwerkzaamheden worden de High Density Polyethyleen (HDPE)-buizen samengesteld door middel van spiegellassen conform de NEN7200. Tijdens het lasproces worden de lasrillen verwijderd, tenzij anders voorgeschreven door de opdrachtgever. De leidingstreng moet tijdig worden opgeleverd. In de planning zal dit tot uitdrukking moeten komen. Oplevering van de leidingstreng, moet plaatvinden voordat aangevangen wordt met het ruimen.

De leidingstreng wordt uitgelegd op rollenstellen voorafgaand aan de intrekfase ofwel de mantelbuizen kunnen vanaf haspel worden ingetrokken.

5.4 Graven in- en uittredepunt

Het eerste grondverzet welke plaats vindt is met het graven van de in- en uittredegaten ofwel proefsleuven door de civiele aannemer. Voorafgaand aan deze grondroeringen dient er een KLIC-graafmelding te worden verricht.

De aanwezige kabels en leidingen in de ontwerptekening(en) zijn afkomstig vanuit een oudere KLIC-oriëntatiemelding en dienen te worden geverifieerd met de kabels en leidingen vanuit de nieuwe KLIC-melding. Eventuele afwijkingen dienen te worden overlegd met de opdrachtgever.

Eventuele EV-meldingen dienen voor aanvang van de graafwerkzaamheden afgehandeld te worden met de betreffende kabel- of leidingbeheerder. Eventuele aanvullende werkafspraken dienen schriftelijk te worden vastgelegd.

5.5 Plaatsen van dodemansbed

Voor de realisatie van horizontaal gestuurde boringen is het noodzakelijk dat de benodigde trek- en drukkrachten worden opgevangen.

Hiervoor wordt doorgaans een zogenaamd ‘dodemansbed’ geplaatst om de reactiekrachten vanuit de verschillende boorfasen op te vangen. Het is aan de uiteindelijke civiele aannemer om te bepalen op welke wijze hij het ‘dodemansbed’ zal realiseren en

Op al onze aanbiedingen, aanvaarding van opdrachten, mededelingen en overeenkomsten, zijn van toepassing de algemene branchevoorwaarden conform de DNR 2011, Deze voorwaarden zijn te vinden op www.atron-engineering.nl of op verzoek kunnen wij u deze kosteloos toezenden. Eventuele afwijkingen t.o.v. de DNR 2011 zijn vastgelegd in deze offerte.

Hoofdvestiging (correspondentieadres)
Hulsenboschstraat 22 B-1
4251 LR Werkendam

Nevenvestiging
Tjalk 43
2411 NZ Bodegraven

T 0183-216020
E info@atron-engineering.nl
www.atron-engineering.nl

KvK 70156689
BTW NL858166173B01
IBAN NL42INGB0006956686

dimensioneren. Hierbij dient tevens rekening gehouden te worden met de bestaande ondergrondse en bovengrondse infra.

5.6 Controle werkwater

Voor uitvoering van de werkzaamheden dient het werkwater te worden gecontroleerd met betrekking tot de pH-waarde, hardheid en geleidbaarheid voordat de boorvloeistof wordt aangemaakt.

Het werkwater kan afkomstig zijn vanuit een nabijgelegen watergang ofwel vanuit een aanwezige brandkaan. De civiele aannemer zal zorg moeten dragen voor het verzorgen van het benodigde werkwater.

Van het water wat tijdens het aanmaken van bentoniet of andere toevoegstoffen wordt gebruikt (zowel tijdens de pilotboring, het ruimen van het boorgat en het intrekken) zullen de volgende gegevens geregistreerd moeten worden:

- datum [dd-mm-jj]
- meettijdstip [uur : min]
- pH waarde [-]
- chloridegehalte [µS/cm]
- hardheid [-]
- eventuele toevoegingen [soort – kg/M3]

Bij gebruik van werkwater vanuit het 'oppervlaktewater' zal tevens een watermonster genomen moeten worden om eventuele verontreinigingen uit te sluiten. Indien er verontreinigingen aanwezig zijn in het gebruikte werkwater kunnen deze een verontreiniging veroorzaken op de locatie van de horizontaal gestuurde boring. De civiele aannemer is verantwoordelijk voor het controleren op verontreinigingen in het gebruikte werkwater.

5.7 Pilotboring

De pilotboring zorgt ervoor dat de verbinding tussen het intredepunt en het uittredepunt tot stand wordt gebracht conform de opgestelde ontwerptekening.

Tijdens de pilot is er nog geen verbinding met het uittredepunt. Daarom zal de boorspoeling terugkomen naar het intredepunt. De terugontvangen boorspoeling wordt daarbij opgevangen en verpompt naar de recyclinginstallatie voor hergebruik.

Tijdens de pilotboring dienen de volgende parameters geregistreerd te worden (per stang):

- Stangnummer: [-]
- Stanglengte: [m]
- Begin- en stoptijd: [uur:min]
- Duur: [min:sec]
- Debiet bentoniet: [l/min]
- Druk aan de rig: [bar]
- Viscositeit [sec]
- Soortelijk gewicht [kg/M3]
- Duwkracht: [ton]
- Torsie: [kNm]
- Returns: % en de richting
- Eventuele opmerkingen



Gedurende de pilotboring worden de volgende waarden live gemeten en geregistreerd:

Op al onze aanbiedingen, aanvaarding van opdrachten, mededelingen en overeenkomsten, zijn van toepassing de algemene branchevoorwaarden conform de DNR 2011. Deze voorwaarden zijn te vinden op www.atron-engineering.nl of op verzoek kunnen wij u deze kosteloos toezenden. Eventuele afwijkingen t.o.v. de DNR 2011 zijn vastgelegd in deze offerte.

Hoofdvestiging (correspondentieadres)
Hulsenboschstraat 22 B-1
4251 LR Werkendam

Nevenvestiging
Tjalk 43
2411 NZ Bodegraven

T 0183-216020
E info@atron-engineering.nl
www.atron-engineering.nl

KvK 70156689
BTW NL858166173B01
IBAN NL42INGB0006956686

- X (t.o.v. referentiepunt): [m]
- Y (t.o.v. referentiepunt): [m]
- Z (t.o.v. referentiepunt): [m]
- Easting: [m]
- Northing: [m]
- Depth: [m]
- Pitch: [°]
- Azimuth: [°]
- Minimum Mud pressure: [bar]
- Maximum Mud pressure: [bar]
- Average Mud pressure: [bar]
- Total Length [m]

Tijdens de pilotboring dient een drillingreport opgesteld te worden door de Surveyor welke wordt opgenomen in de As-Built documentatie.

5.8 In te zetten meetsysteem

Momenteel worden er doorgaans de volgende drie typen meetsystemen toegepast voor de pilotboring van een horizontaal gestuurde boring.

1. *Walk-over meetsysteem*

Een 'Walk-over' meetsysteem maakt gebruik van sondes die vanuit de boorkop een signaal uitzenden. Deze signalen bevatten gegevens over de richting, de diepte en de hellingshoek van de boorkop.

Om het signaal van de boorkop te kunnen ontvangen moet de ontvanger loodrecht boven de boorkop op het maaiveld geplaatst zijn. De signalen van de sonde kunnen beïnvloed worden door omgevingsfactoren zoals damwanden, (tram)rails en andere kabels en leidingen in de nabijheid van de boring. Dit meetsysteem is tevens slechts toepasbaar bij geringe boordieptes.

2. *Steeringtool*

De Steeringtool is een zeer nauwkeurig meetsysteem waarbij de boorkop gedetecteerd kan worden vanaf de boorslede zonder een (continue) ontvanger boven de boorkop. Ook deze signalen kunnen beïnvloed worden door omgevingsfactoren zoals damwanden, (tram)rails en andere kabels en leidingen. Voordelen ten opzichte van het Walk-over meetsysteem zijn dat de Steeringtool toepasbaar is bij grotere dieptes echter dient voor het bepalen van de 'richting' alsnog een meting op het maaiveld loodrecht boven de boorkop plaats te vinden.

3. *Gyro-steeringtool*

De gyroscoop is een computergestuurde optische meettechniek waarmee lange, diepe en zéér nauwkeurige horizontaal gestuurde boringen uitgevoerd kunnen worden. De meting met behulp van een gyroscoop werkt met een data-uitwisseling via een PC. De gyroscoop is een zéér accuraat optisch meetsysteem dat volledig storingsvrij werkt en perfect een vooropgesteld traject volgt (AutoCAD).

Voor de uitvoering van deze horizontaal gestuurde boring is het aan te bevelen om een gyro-meetsysteem in te zetten. De specificaties van dit meetsysteem zijn opgenomen in Bijlage 4

Op al onze aanbiedingen, aanvaarding van opdrachten, mededelingen en overeenkomsten, zijn van toepassing de algemene branchevoorwaarden conform de DNR 2011. Deze voorwaarden zijn te vinden op www.atron-engineering.nl of op verzoek kunnen wij u deze kosteloos toezenden. Eventuele afwijkingen t.o.v. de DNR 2011 zijn vastgelegd in deze offerte.

Hoofdvestiging (correspondentieadres)
Hulsenboschstraat 22 B-1
4251 LR Werkendam

Nevenvestiging
Tjalk 43
2411 NZ Bodegraven

T 0183-216020
E info@atron-engineering.nl
www.atron-engineering.nl

KvK 70156689
BTW NL858166173B01
IBAN NL42INGB0006956686

5.9 *Afwijkingen*

Tijdens de pilotboring kunnen er in het horizontale en verticale vlak afwijkingen optreden ten opzichte van de ontworpen boorlijn. Bijvoorbeeld veroorzaakt door slappe grondlagen, obstakels in de ondergrond (bijvoorbeeld stenen), overgangslagen van harde naar zachte ondergrond of andersom, etc.

De boormeester en assistent-boormeester dienen continu en nauwlettend het boorproces in de gaten te houden en eventuele afwijkingen te registreren.

De boormeester en assistent-boormeester op locatie zullen aangeven welke correctie/sturing benodigd is om terug te komen in het originele tracé. Door te sterk terug te sturen in de richting van de ontworpen boorlijn kunnen er extra spanningen in de leidingen optreden en kan er een kwalitatief mindere boring ontstaan. Indien dit voorkomt is het advies een iets grotere afwijking te accepteren om zo een kwalitatief betere boring te verkrijgen.

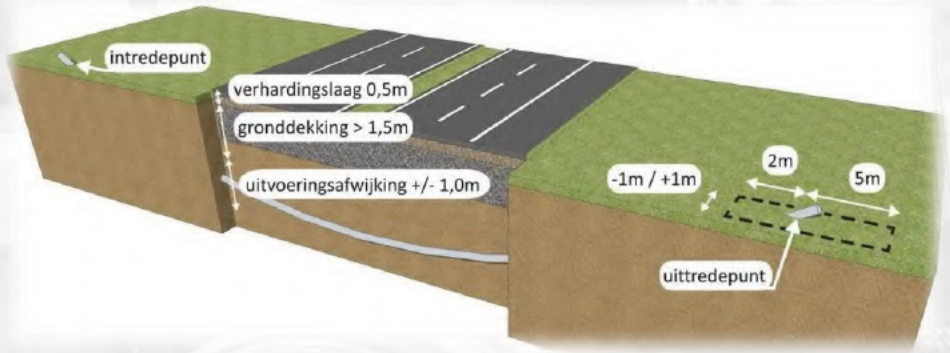
Indien het boortracé niet meer richting het geplande tracé kan worden gecorrigeerd dient de boring tot voor de afwijking teruggetrokken te worden en zal een nieuwe poging moeten worden gedaan om het geplande tracé aan te houden. Wanneer de boring buiten de 'maximale toegestane afwijking' treedt zal door de aannemer contact moeten worden opgenomen met de opdrachtgever en vergunningverlener(s).

Volgens de NEN 3650-01 mag de afwijking in de lengte-, breedte- en diepteligging van de hartlijn van de leiding niet groter zijn dan aangegeven in onderstaande tabel.

Richting	Maximale afwijking
Verticaal	+1m / -1m
Horizontaal (in lengterichting t.p.v. uittredepunt)	+5m / -2m
Horizontaal (in dwarsrichting t.p.v. uittredepunt)	+1m / -1m
Horizontaal (in dwarsrichting tracé tussen in-/uittredepunt	+5m / -5m

Tabel 5 Maximale afwijking pilotboring (volgens NEN 3650)

In onderstaande figuur is tevens de maximale afwijking (conform 'Richtlijn boortechnieken 2019' van Rijkswaterstaat) visueel gemaakt.



Figuur 7 Afwijkingen conform Richtlijn boortechnieken 2019-RWS

Op al onze aanbiedingen, aanvaarding van opdrachten, mededelingen en overeenkomsten, zijn van toepassing de algemene branchevoorwaarden conform de DNR 2011. Deze voorwaarden zijn te vinden op www.atron-engineering.nl of op verzoek kunnen wij u deze kosteloos toezenden. Eventuele afwijkingen t.o.v. de DNR 2011 zijn vastgelegd in deze offerte.

Hoofdvestiging (correspondentieadres)
Hulsenboschstraat 22 B-1
4251 LR Werkendam

Nevenvestiging
Tjalk 43
2411 NZ Bodegraven

T 0183-216020
E info@atron-engineering.nl
www.atron-engineering.nl

KvK 70156689
BTW NL858166173B01
IBAN NL42INGB0006956686

Aan de maximaal toegestane afwijkingen kunnen strengere eisen worden gesteld wanneer dit voor lokale situaties gewenst is, bijvoorbeeld wanneer bijzondere objecten worden gepasseerd. De minimale gronddekking dient hierbij te allen tijde gewaarborgd te blijven.

5.10 Afkoppelen boorkop/verwijderen meetdraad

Als de pilotboring gereed is en is bovengekomen in het uittredegat zal de boorkop afgekoppeld kunnen worden en wordt gestart met de volgende fase van het boorproces.

Na realisatie van de pilotboring middels een gyro-meetsysteem kan het noodzakelijk zijn om de aanwezige meetdraad in de boorstangen te verwijderen. Indien de meetdraad niet wordt verwijderd kan de meetdraad oppropppen in de boorstangen waardoor deze kunnen verstoppen.

5.11 Ruimfase(n)

Als de boorkop, het meetsysteem en eventueel de meetdraad verwijderd is kan gestart worden met het vergroten van het boorgat. Hiervoor wordt een ruimer geplaatst op de boorstangen. Daarnaast is het aan te bevelen om achter de ruimer stangen te koppelen, zodat er verbinding blijft tussen het in- en uittredepunt.

De buitendiameter van de in te trekken bundel bedraagt ca.600mm

Conform de Richtlijn Boortechniek 2019 mag de ruimerdiameter maximaal 1,3 maal de leidingdiameter bedragen (bundelboring). Voor deze boring kan een zogenaamde Fly-cutter worden toegepast met een diameter van ca. 780mm.



Figuur 8 Voorbeeld Fly-cutter



Figuur 9 In te trekken bundel

De benodigde ruimerafmeting kan worden bereikt door het uitvoeren van één of meerdere ruimfasen wat vooraf door de civiele aannemer dient te worden bepaald. De combinatie van ruimerdiameter en de diameter van de centreer-barrel moet zo worden gekozen dat onder normale omstandigheden een cilindrisch gat wordt geboord.

Het boren en ruimen van het boorgat zal plaats moeten vinden met een 'retourstroom' van boorvloeistof.

Tijdens de ruimfase worden de volgende parameters geregistreerd per stang:

- Stangnummer/lengte: [m]
- Begin- en stoptijd: [uur:min]
- Duur: [min:sec]
- Debiet bentoniet: [l/min]
- Druk aan de rig: [bar]
- Torsie: [kNm]
- Trekkracht: [ton]

Op al onze aanbiedingen, aanvaarding van opdrachten, mededelingen en overeenkomsten, zijn van toepassing de algemene branchevoorwaarden conform de DNR 2011. Deze voorwaarden zijn te vinden op www.atron-engineering.nl of op verzoek kunnen wij u deze kosteloos toezenden. Eventuele afwijkingen t.o.v. de DNR 2011 zijn vastgelegd in deze offerte.

Hoofdvestiging (correspondentieadres)
Hulsenboschstraat 22 B-1
4251 LR Werkendam

Nevenvestiging
Tjalk 43
2411 NZ Bodegraven

T 0183-216020
E info@atron-engineering.nl
www.atron-engineering.nl

KvK 70156689
BTW NL858166173B01
IBAN NL42INGB0006956686

- Returns: hoeveelheid en positie
- Viscositeit [sec]
- Soortelijk gewicht [kg/M3]
- Cuttings in/ Cuttings uit [-]
- Eventuele toevoegingen [soort – kg/M3]
- Eventuele opmerkingen

5.12 Wiper trip

Om het boorgat 'schoon' op te leveren voor de intrekfase kan overwogen worden om een extra 'Wiper trip' (cleaning run) uit te voeren. De 'Wiper trip' wordt uitgevoerd met behulp van een Barrel-reamer of een stenenvanger en is noodzakelijk in de volgende gevallen:

- Afwijkend hoog zandpercentage in de boorspoeling tijdens de ruimfase.
- Onderbroken verloop van het ruimproces.
- Afwijkingen in mud- en retourstroom.
- Indicatie van aanwezigheid van stenen in de boortunnel.
- *Indien voorgescheven door opdrachtgever/leverancier o.i.d.*



Figuur 10 Voorbeeld Barrel-reamer

De in te trekken bundel ligt gereed voor intrekken na de laatste ruimgang. Mocht in geval van een incident reparaties aan de bundel moeten worden uitgevoerd dan kan tevens worden overwogen een extra 'Wiper trip' uit te voeren om de conditie van de boorspoeling op peil te houden. Zo ook indien de werkzaamheden door andere omstandigheden langer hebben stilgelegen waardoor de staat van de boortunnel (boorgatstabiliteit) kan zijn verslechterd. De uitvoering van een 'Wiper trip' moet t.a.t. in de aanbieding en planning zijn meegenomen.

5.13 Intrekfase horizontaal gestuurde boring

De intrekfase zal direct na het uitvoeren van de laatste ruimgang of 'Wiper trip plaatsvinden'. Voor deze fase zal opnieuw een Barrel-reamer gebruikt worden welke voor de in te trekken bundel geplaatst wordt en 'twee inches' groter is dan de buitendiameter van de in te trekken bundel.

Tijdens de intrekfase worden de volgende parameters geregistreerd:

- Stangnummer/lengte: [m]
- Begin- en stoptijd: [uur:min]
- Duur: [min:sec]
- Debiet bentoniet: [l/min]
- Druk aan de rig: [bar]

Op al onze aanbiedingen, aanvaarding van opdrachten, mededelingen en overeenkomsten, zijn van toepassing de algemene branchevoorwaarden conform de DNR 2011. Deze voorwaarden zijn te vinden op www.atron-engineering.nl of op verzoek kunnen wij u deze kosteloos toezenden. Eventuele afwijkingen t.o.v. de DNR 2011 zijn vastgelegd in deze offerte.

Hoofdvestiging (correspondentieadres)
Hulsenboschstraat 22 B-1
4251 LR Werkendam

Nevenvestiging
Tjalk 43
2411 NZ Bodegraven

T 0183-216020
E info@atron-engineering.nl
www.atron-engineering.nl

KvK 70156689
BTW NL858166173B01
IBAN NL42INGB0006956686

- Torsie: [kNm]
- Trekkracht: [ton]
- Returns: hoeveelheid en positie
- Viscositeit [sec]
- Soortelijk gewicht [kg/M3]
- Cuttings in/ Cuttings uit [-]
- Eventuele toevoegingen [soort – kg/M3]
- Eventuele opmerkingen

5.14 Ballasten van de leiding(en)

Gedurende de intrekfase kunnen de bundel worden afgevuld met water om zodoende de wrijving gedurende de intrekfase te reduceren. Als de op- of neerwaartse kracht van de productleiding in de met boorvloeistof gevulde boorgang meer dan 2000N/m zal bedragen, moet de leiding tot binnen de voorgenoemde marge worden geballast.

De civiele aannemer zal o.b.v. de benodigde trekkracht, aanwezige grondslag en het in te zetten materiaal moeten bepalen of afvullen noodzakelijk is. Indien hij ervoor kiest over te gaat tot ballasten dient dit te gebeuren met schoon (leiding)water.

5.15 Boorvloeistof

Boorvloeistof dient te bestaan uit een mengsel van schoon water en bentoniet. De mix-hoeveelheid kan variëren omdat de mengverhouding wordt aangepast aan de lokaal geconstateerde grondslag.

Op de projectlocatie mag enkel gerecyclede boorspoeling worden toegepast als deze is voorzien van een geldig keuringscertificaat. In andere gevallen dient de boorspoeling vers te worden aangemaakt op de projectlocatie.

In bijlage 3 is een voorbeeld toegevoegd voor de toepassing en eigenschappen van boorspoeling. De boorvloeistof dient over de navolgende functie te beschikken:

- Hydraulisch ontgraven / losspuiten van de grond ter plaatse van de boorkop
- Vertransporteren van de geboorde massa
- In suspensie houden van de losgeboorde grond
- Stabilisatie van het boorgat
- Afpleistering van het boorgat
- Smering van de leiding in het boorgat tijdens de intrekfase
- Koeling en smering van de tandenruimers en de draaiende boorstangen.

Indien dit noodzakelijk is voor de uitvoering van de werkzaamheden of welslagen van de horizontaal gestuurde boring zal de aannemer eventueel benodigde toevoegstoffen gebruiken.

5.16 Mudretour

Voor het transporteren van de boorspoeling en cuttings tijdens het boorproces vanaf uittrede naar intrede (ofwel andersom) kan gebruik worden gemaakt van vacuüm-wagens. Deze pompen de uitkomende bentoniet/cuttings af en transporteren deze naar de scheidingsinstallatie (recycling).

Daarnaast is het mogelijk, indien de situatie/locatie dit toelaat, dat er een zogenaamde mudretourleiding wordt aangelegd over maaiveld. Hierbij wordt een leiding uitgelegd langs de boorlijn ofwel (bijvoorbeeld) door een watergang. Hierdoor wordt het transport

Op al onze aanbiedingen, aanvaarding van opdrachten, mededelingen en overeenkomsten, zijn van toepassing de algemene branchevoorwaarden conform de DNR 2011, Deze voorwaarden zijn te vinden op www.atron-engineering.nl of op verzoek kunnen wij u deze kosteloos toezenden. Eventuele afwijkingen t.o.v. de DNR 2011 zijn vastgelegd in deze offerte.

Hoofdvestiging (correspondentieadres)
Hulsenboschstraat 22 B-1
4251 LR Werkendam

Nevenvestiging
Tjalk 43
2411 NZ Bodegraven

T 0183-216020
E info@atron-engineering.nl
www.atron-engineering.nl

KvK 70156689
BTW NL858166173B01
IBAN NL42INGB0006956686

van uit- naar intrede door middel van vacuümwagens beperkt. Het uitleggen van de mudretourleiding over maaiveld zal altijd door de civiele aannemer moeten worden afgestemd met de betrokken stakeholders.

Indien er meerdere horizontaal gestuurde boringen worden gerealiseerd op één locatie kan ervoor worden gekozen een van deze 'mantelbuizen' te gebruiken tijdens de tweede horizontaal gestuurde boring. Door deze 'mantelbuis' worden vervolgens bentoniet/cuttings getransporteerd naar de scheidingsinstallatie. Aan te bevelen valt wel deze leiding na afronding van de werkzaamheden grondig te spoelen en middels een foam-pig te reinigen.

5.17 Scheidingsinstalatie (recycling)

Nadat de uitgekomen bentoniet/ cuttings zijn afgepompt uit de mud-gaten wordt deze getransporteerd naar een scheidingsinstallatie ofwel zogenaamde recycling.

De uitkomende bentoniet/cuttings kunnen tevens tijdelijk worden opgeslagen in vloeistofcontainers alvorens deze worden getransporteerd naar en bewerkt in de scheidingsinstallatie/recycling.



Figuur 11 Scheidingsinstallatie/recycling

De scheidingsinstallatie/recycling zorgt ervoor dat de bentoniet wordt gescheiden van de cuttings (zand, klei ofwel grondresten). Hierdoor kan de bentoniet tijdens het verdere boorproces worden hergebruikt en kunnen de cuttings door de civiele aannemer afgevoerd worden van locatie naar een erkende verwerker.

Het (tijdelijk) opslaan van vrijgekomen cuttings in bassins is enkel toegestaan als dit door de opdrachtgever en de betrokken eigenaar van het perceel wordt toegestaan. Uitgangspunt is dat de (tijdelijke) opslag plaatsvindt in vloeistofcontainers.

5.18 Aanlevering registratie

Alle gegevens worden opgenomen in een "boormap registratiesheet". Dit document wordt door het boorbedrijf gearchiveerd. De geregistreerde gegevens worden tijdens uitvoering van de werkzaamheden verwerkt. Deze stukken zullen ter beschikking gesteld worden aan de opdrachtgever of eventuele vergunningverleners en moeten worden toegevoegd aan het revisiepakket.

5.19 Vrijkomende grond / boorspoeling

Alle vrijkomende grond die, op basis van chemische verontreinigingen dan wel op basis van fysische eigenschappen, niet geschikt is om opnieuw verwerkt te worden, boorspoeling of overtollige grond wordt geacht voor de opdrachtgever geen waarde te hebben.

Op al onze aanbiedingen, aanvaarding van opdrachten, mededelingen en overeenkomsten, zijn van toepassing de algemene branchevoorwaarden conform de DNR 2011. Deze voorwaarden zijn te vinden op www.atron-engineering.nl of op verzoek kunnen wij u deze kosteloos toezenden. Eventuele afwijkingen t.o.v. de DNR 2011 zijn vastgelegd in deze offerte.

De civiele aannemer dient overtollige boorspoeling of vrijgekomen cuttings af te voeren naar een bewerkings-, verwerkings- of eindverwerkingsinrichting als bedoeld in de Wet milieubeheer. Hierbij behoort tevens het afgeven van de grond aan de desbetreffende inrichting inclusief alle kosten zoals leges, acceptatiekosten en vervoerskosten tot klasse industrie. Bij oplevering zullen geleide bewijzen, transportbrieven, stortbewijzen etc. dienen te worden getoond dan wel als hardcopy bij de opleverbescheiden te worden aangeleverd.

Hoofdvestiging (correspondentieadres)
Hulsenboschstraat 22 B-1
4251 LR Werkendam

Nevenvestiging
Tjalk 43
2411 NZ Bodegraven

T 0183-216020
E info@atron-engineering.nl
www.atron-engineering.nl

KvK 70156689
BTW NL858166173B01
IBAN NL42INGB0006956686

Op al onze aanbiedingen, aanvaarding van opdrachten, mededelingen en overeenkomsten, zijn van toepassing de algemene branchevoorwaarden conform de DNR 2011, Deze voorwaarden zijn te vinden op www.atron-engineering.nl of op verzoek kunnen wij u deze kosteloos toezenden. Eventuele afwijkingen t.o.v. de DNR 2011 zijn vastgelegd in deze offerte.

Hoofdvestiging (correspondentieadres)
Hulsenboschstraat 22 B-1
4251 LR Werkendam

Nevenvestiging
Tjalk 43
2411 NZ Bodegraven

T 0183-216020
E info@atron-engineering.nl
www.atron-engineering.nl

KvK 70156689
BTW NL858166173B01
IBAN NL42INGB0006956686

6. Grond en grondwater

6.1 Geotechnisch onderzoek

Voorafgaand aan de uitvoering van de horizontaal gestuurde boring dient de lokale geotechnische informatie te worden verzameld. Indien er geen geotechnische informatie beschikbaar is kan een geotechnisch onderzoek worden uitgevoerd.

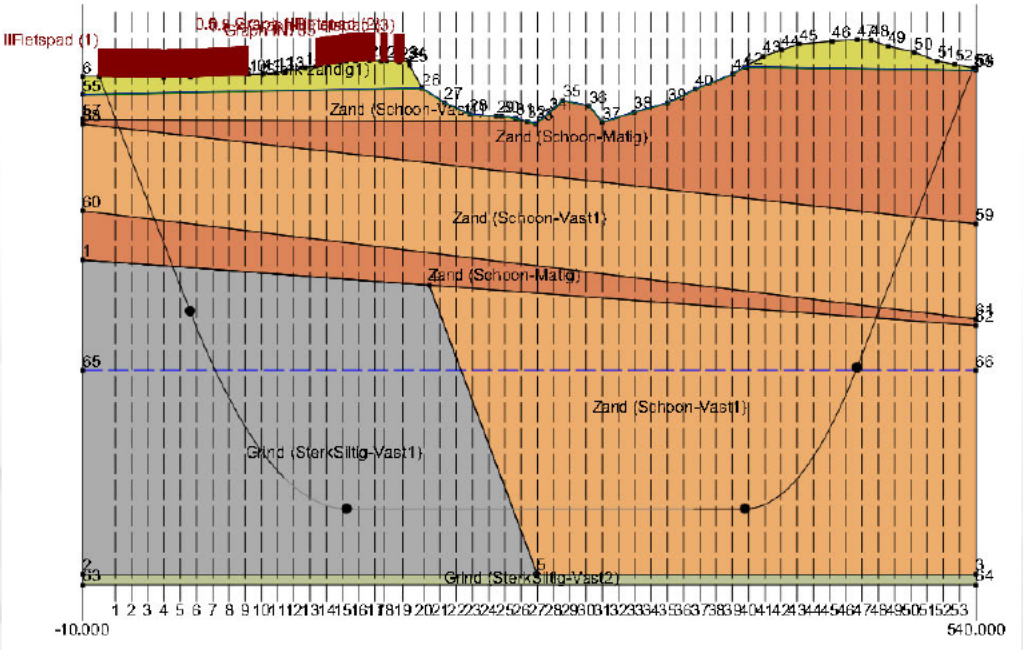
Voor deze horizontaal gestuurde boring is geotechnisch onderzoek uitgevoerd De resultaten van deze onderzoeken zijn opgenomen als Bijlage 2.

Deze geotechnische informatie is als input gebruikt voor de sterkte- en mud-druk berekeningen welke middels het programma D-Geo pipeline zijn vervaardigd.

Indien de civiele aannemer het noodzakelijk acht aanvullend grondonderzoek uit te voeren dient hij dit mee te nemen in zijn aanbieding.

6.2 Beschrijving grondgesteldheid

Onderstaande figuur is afkomstig uit de D-Geo pipeline berekening en geeft een indicatie van de aanwezige bodemopbouw.



Figuur 12 schematische bodemopbouw (D-Geo Pipeline)

Op basis van de beschikbare grondonderzoeken kan worden aangenomen dat de boring de bovenlaag bestaat uit een sterk kleiige zandlaag gevolgd door matige en vastgepakte zandlagen. De vloerbuis bevindt zich in siltige vaste grindlaag gevolgd door een vast gepakte zandlaag.

Op al onze aanbiedingen, aanvaarding van opdrachten, mededelingen en overeenkomsten, zijn van toepassing de algemene branchevoorwaarden conform de DNR 2011. Deze voorwaarden zijn te vinden op www.atron-engineering.nl of op verzoek kunnen wij u deze kosteloos toezenden. Eventuele afwijkingen t.o.v. de DNR 2011 zijn vastgelegd in deze offerte.

Hoofdvestiging (correspondentieadres)
Hulsenboschstraat 22 B-1
4251 LR Werkendam

Nevenvestiging
Tjalk 43
2411 NZ Bodegraven

T 0183-216020
E info@atron-engineering.nl
www.atron-engineering.nl

KvK 70156689
BTW NL858166173B01
IBAN NL42INGB0006956686

6.3 Grondwaterstanden

Tijdens de uitvoering van de sonderingen is de freatische grondwaterstand niet waargenomen. Dit wordt ondersteund door de gemeten waterspanningen. In de directe omgeving zijn geen watergangen aanwezig waarmee de grondwaterstand kan worden geverifieerd. Daarom zijn via www.grondwatertools.nl aanvullende grondwatergegevens opgevraagd. Deze gegevens zijn opgenomen in onderstaande tabel.

Omschrijving	N.A.P.	Waarde
GWS (freatisch)	+	44m
GWS in watervoerende pakket (artesisch)	+	44m

Tabel 6 Grondwaterstanden uit isohypsenkaart www.grondwatertools.nl

6.4 Beschouwing kwelproblematiek

Tijdens de uitvoering van een horizontaal gestuurde boring kan er een (alternatieve) kwelweg ontstaan waarbij er door drukverschil kwelwater langs de boorlijn naar het intredepunt of uittredepunt stroomt. In het algemeen zijn drie verschillende situaties aangeduid waarbij kwelvorming kan optreden. Hieronder zijn de situaties beschreven en beoordeeld voor deze horizontaal gestuurde boring.

1. *Een onderdoorgang van de boorgang onder een open watergang of oppervlaktewater, waarbij de waterstand van het oppervlaktewater 'hoger' is/kan worden dan de grondwaterstanden ter plaatse van het in-/ of uittredepunt. (voorbeeld: kruising boezemwater / kruising waterkering waarbij bij maatgevend hoogwater voorgenoemd scenario optreedt)*

In dit geval zou er door de 'waterdruk op de boortunnel' een kwelstroom kunnen ontstaan. Om deze situatie te kunnen beoordelen is een kwelwegberekening noodzakelijk.

Van deze situatie is geen sprake, uit de isohypsenkaart blijkt dat het grondwater op ca. 44m NAP zit.

2. *Verschil in (freatische)grondwaterstanden tussen in -/en uittredepunt)*

Mocht er een verschil zijn in de freatische grondwaterstanden tussen het in-/ en uittredepunt dan zou er een kwelstroom kunnen ontstaan via de boortunnel. Hierbij zal het hoger gelegen grondwater via de boortunnel kunnen uitstromen in het lager gelegen grondwater.

Hier is geen sprake van.

3. *Een doorsnijding van een watervoerend pakket waarbij de stijghoogte (arthesisch grondwater) in het watervoerende pakket hoger is dan de freatische grondwaterstand.*

Indien er sprake is van een stijghoogte in het watervoerende pakket (arthesisch grondwater) welke hoger is dan de aanwezige freatische grondwaterstanden is er sprake van spanningswater. In dit geval kan het ook zo zijn dat eventuele kwel niet zichtbaar is ter hoogte van/op maaiveld omdat het spanningswater via de boortunnel zal uitstromen in de aanwezige freatische grondwaterstand.

Op al onze aanbiedingen, aanvaarding van opdrachten, mededelingen en overeenkomsten, zijn van toepassing de algemene branchevoorwaarden conform de DNR 2011. Deze voorwaarden zijn te vinden op www.atron-engineering.nl of op verzoek kunnen wij u deze kosteloos toezenden. Eventuele afwijkingen t.o.v. de DNR 2011 zijn vastgelegd in deze offerte.

Hoofdvestiging (correspondentieadres)
Hulsenboschstraat 22 B-1
4251 LR Werkendam

Nevenvestiging
Tjalk 43
2411 NZ Bodegraven

T 0183-216020
E info@atron-engineering.nl
www.atron-engineering.nl

KvK 70156689
BTW NL858166173B01
IBAN NL42INGB0006956686

De stijghoogte blijft ver onder het maaiveld. Conclusie is dat deze situatie niet van toepassing is.

Op al onze aanbiedingen, aanvaarding van opdrachten, mededelingen en overeenkomsten, zijn van toepassing de algemene branchevoorwaarden conform de DNR 2011, Deze voorwaarden zijn te vinden op www.atron-engineering.nl of op verzoek kunnen wij u deze kosteloos toezenden. Eventuele afwijkingen t.o.v. de DNR 2011 zijn vastgelegd in deze offerte.

Hoofdvestiging (correspondentieadres)
Hulsenboschstraat 22 B-1
4251 LR Werkendam

Nevenvestiging
Tjalk 43
2411 NZ Bodegraven

T 0183-216020
E info@atron-engineering.nl
www.atron-engineering.nl

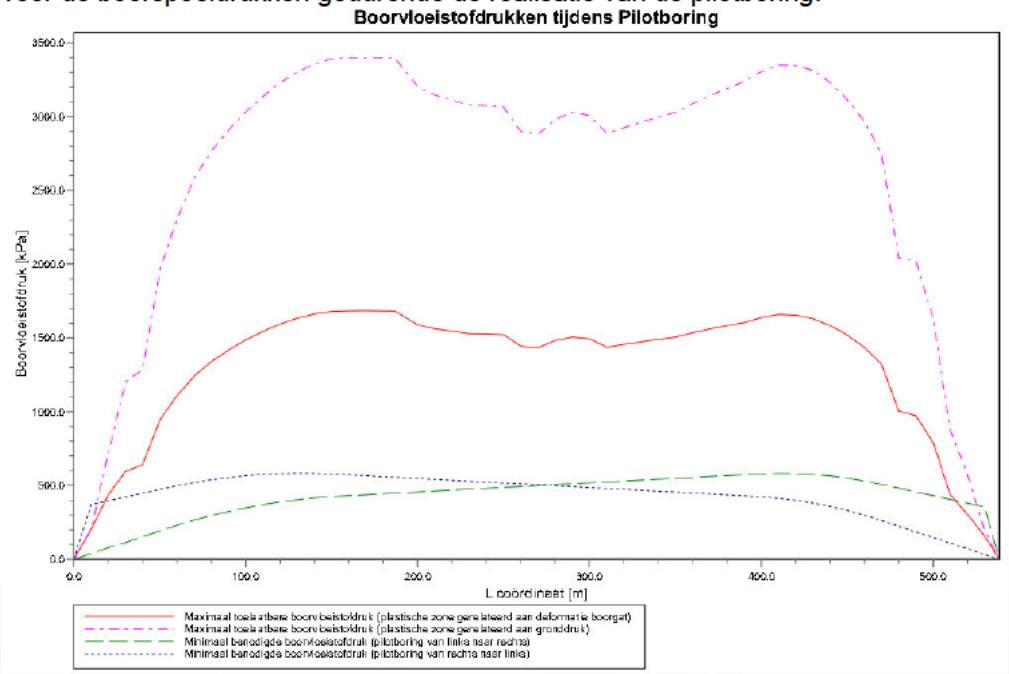
KvK 70156689
BTW NL858166173B01
IBAN NL42INGB0006956686

7. Berekeningsresultaten

In onderstaande hoofdstukken zijn de resultaten weergegeven uit de sterkte- en mud-druk berekeningen vervaardigd in het programma D-Geo Pipeline van Deltares conform de NEN 3650. Deze berekeningen zijn toegevoegd als bijlage 3. De uiteindelijke civiele aannemer dient vooruitlopend op de werkzaamheden deze berekeningen te controleren en-/of controleberekeningen op te stellen ter verificatie van onderstaande conclusies.

7.1 Boorspoeldrukken

Het ontwerp van de horizontaal gestuurde boring is getoetst door middel van de uitvoering van een mud-druk berekening. Onderstaande figuur 13 geeft de verwachtingswaarde weer voor de boorspoeldrukken gedurende de realisatie van de pilotboring.



Figuur 13 boorspoeldrukken tijdens pilotboring

De benodigde boorspoeldrukken zijn indicatief en onder andere afhankelijk van de boorapparatuur die de aannemer zal inzetten. Uit de grafieken blijkt dat de pilotboring de meest kritische fase is. In bovenstaande figuur is deze fase weergegeven.

Nabij het uittredepunt bestaat de kans op een mud-uitbraak ofwel instabiel boorgat. De mud-engineer dient tijdens het boorproces de mud-drukken nauwlettend in de gaten te houden en nabij uittrede dient de voortgangssnelheid en pompdruk te worden verlaagd om een mud-uitbraak te voorkomen.

Daarnaast kan ervoor worden gekozen om voordat de kritische parameters worden bereikt het boorgat te spoelen om zo het soortelijk gewicht (en tegendruk) te verlagen waardoor de kans op een mud-uitbraak kan worden beperkt.

Een instabiel boorgat kan ervoor zorgen dat het boorgat nabij in-/ of uittrede instort, trekkrachten oplopen ofwel zettingen optreden op maaiveld. De uiteindelijke civiele aannemer zal eventuele maatregelen of nazorg-maatregelen moeten treffen om dit te beheersen/voorkomen.

Op al onze aanbiedingen, aanvaarding van opdrachten, mededelingen en overeenkomsten, zijn van toepassing de algemene branchevoorwaarden conform de DNR 2011. Deze voorwaarden zijn te vinden op www.atron-engineering.nl of op verzoek kunnen wij u deze kosteloos toezenden. Eventuele afwijkingen t.o.v. de DNR 2011 zijn vastgelegd in deze offerte.

Hoofdvestiging (correspondentieadres)
Hulsenboschstraat 22 B-1
4251 LR Werkendam

Nevenvestiging
Tjalk 43
2411 NZ Bodegraven

T 0183-216020
E info@atron-engineering.nl
www.atron-engineering.nl

KvK 70156689
BTW NL858166173B01
IBAN NL42INGB0006956686

7.2 Sterkteberekening

Het ontwerp van de horizontaal gestuurde boring is getoetst door middel van de uitvoering van een sterkteberekening. In onderstaande tabel zijn de verwachtingswaarden weergegeven van de materiaalspanningen. De toetsing van de spanningen heeft betrekking op de volgende boorfasen:

- 1A: Begin trekoperatie
- 1B: Einde trekoperatie
- 2: Intern op druk brengen
- 3: Bedrijfsfase, drukloos
- 4: Bedrijfsfase, onder druk

	Max toelaatbare spanning [N/mm²]	Spannings combinatie 1A	Spannings combinatie 1B	Spannings combinatie 2	Spannings combinatie 3	Spannings combinatie 4
sigma_ptest	10.00 (kort)	-	-	0.00	-	-
sigma_py	8.00 (lang)	-	-	0.00	-	-
sigma_axiaal	10.00 (kort)	2.15	4.16	-	-	-
sigma_axiaal	8.00 (lang)	-	-	-	0.20	0.20
sigma_tangent	10.00 (kort)	-	0.71	-	-	-
sigma_tangent	8.00 (lang)	-	-	-	4.93	4.93

Tabel 7 Toetsing materiaalspanningen

De deflectie op de buis bedraagt 8.4mm (3,68% x Dg) voor de 250mm. De maximaal toelaatbare deflectie bedraagt 22.7mm. De optredende maximale deflectie is dus toelaatbaar.

De uitwendige druk (toetsing implosie) blijft tijdens de uitvoering en in de eindsituatie tevens onder de toelaatbare uitwendige druk. Het toegepaste materiaal PE100 SDR11 is hiermee voldoende sterk. Dit geldt zowel tijdens het intrekken van de buizen als in de bedrijfsfase van de mediumleiding.

7.3 Trekkrachtberekening

In onderstaande tabel zijn de verwachtingswaarden t.a.v. de trekkracht weergegeven. In de berekening wordt ervan uitgegaan dat de in te trekken bundel tijdens de intrekfase ***100%*** wordt gevuld met (drink)water. **Opmerking:** In de directe omgeving is geen water voorhanden. Het benodigde water dient daarom per transport naar de projectlocatie te worden aangevoerd. Als alternatief kan in overleg met **Vitens** worden bekeken of directe levering op locatie mogelijk is

De benodigde trekkracht voor het intrekken van de boorstreng bedraagt voor deze gestuurde boring circa 117kN. (excl. onzekerheidsfactoren)

Karakteristieke punten	Lengte leiding in gat (m)	Karakteristieke waarde voor de trekkracht (kN)
T1	0	34
T2	58	39
T3	156	56
T4	401	96
T5	471	111
T6	546	117

Tabel 8 Voorspelling trekkracht (indicatief)

Volgens de voorschriften van de Drilling Contractors Association (DCA-Europe) wordt een boormachine voorgeschreven met een trekkracht van 2 tot 3 keer de maximaal berekende waarde.

Op al onze aanbiedingen, aanvaarding van opdrachten, mededelingen en overeenkomsten, zijn van toepassing de algemene branchevoorwaarden conform de DNR 2011. Deze voorwaarden zijn te vinden op www.atron-engineering.nl of op verzoek kunnen wij u deze kosteloos toezenden. Eventuele afwijkingen t.o.v. de DNR 2011 zijn vastgelegd in deze offerte.

Hoofdvestiging (correspondentieadres)
Hulsenboschstraat 22 B-1
4251 LR Werkendam

Nevenvestiging
Tjalk 43
2411 NZ Bodegraven

T 0183-216020
E info@atron-engineering.nl
www.atron-engineering.nl

KvK 70156689
BTW NL858166173B01
IBAN NL42INGB0006956686

Bij deze trekkrachtberekening is geen rekening gehouden met een onzekerheidsfactor van 2.0. Indien rekening wordt gehouden met deze 'onzekerheidsfactor bedraagt de te verwachten trekkracht (2,0 x 117kN) 234kN.

Er is tevens geen rekening gehouden met andere (model)onzekerheidsfactoren voor het opstellen van de trekkrachtberekening. Het wel-/niet afvullen van de mantelbuis/leiding is ter keuze aannemer en moet op haalbaarheid worden getoetst. De aannemer dient rekening te houden met alle factoren welke van invloed kunnen zijn op de benodigde trekkracht en hier de inzet van zijn materieel (o.a. dodemansbed, verankering en keuze boor-rig) op af te stemmen.

Op al onze aanbiedingen, aanvaarding van opdrachten, mededelingen en overeenkomsten, zijn van toepassing de algemene branchevoorwaarden conform de DNR 2011. Deze voorwaarden zijn te vinden op www.atron-engineering.nl of op verzoek kunnen wij u deze kosteloos toezenden. Eventuele afwijkingen t.o.v. de DNR 2011 zijn vastgelegd in deze offerte.

ATRON Engineering
Advies & Infra

Hoofdvestiging (correspondentieadres)
Hulsenboschstraat 22 B-1
4251 LR Werkendam

Nevenvestiging
Tjalk 43
2411 NZ Bodegraven

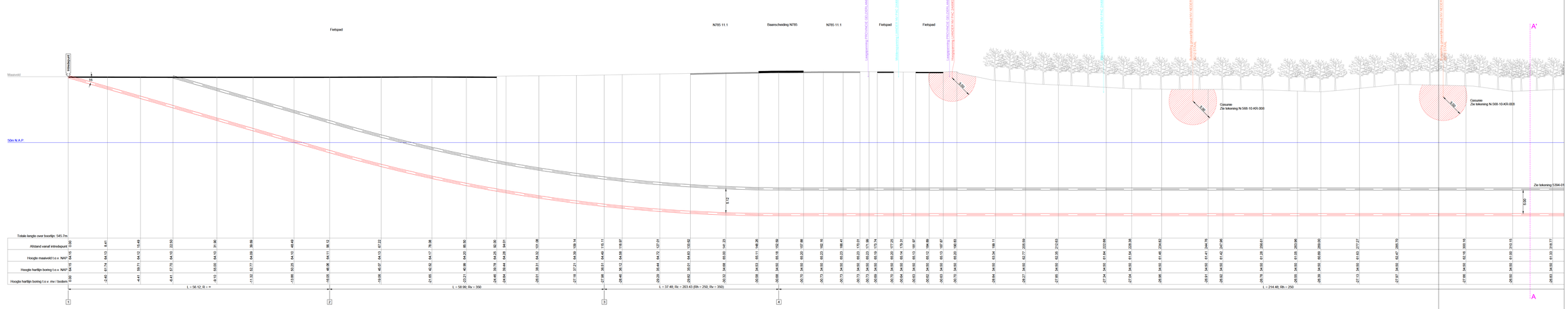
T 0183-216020
E info@atron-engineering.nl
www.atron-engineering.nl

KvK 70156689
BTW NL858166173B01
IBAN NL42INGB0006956686

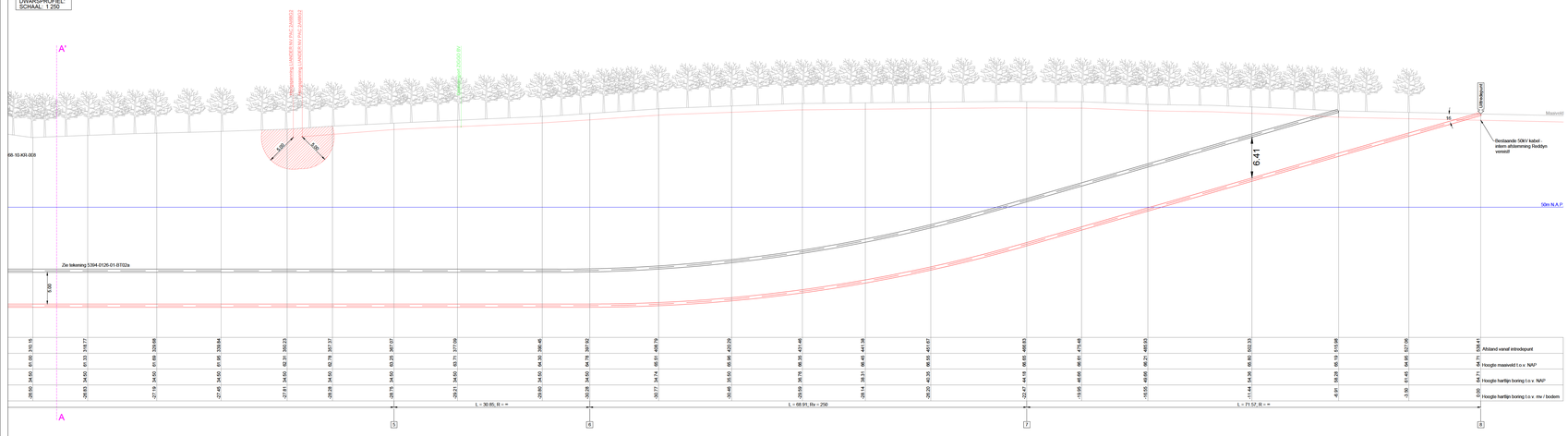
Bijlage 1 Ontwerptekening horizontaal gestuurde boring

Op al onze aanbiedingen, aanvaarding van opdrachten, mededelingen en overeenkomsten, zijn van toepassing de algemene branchevoorwaarden conform de DNR 2011, Deze voorwaarden zijn te vinden op www.atron-engineering.nl of op verzoek kunnen wij u deze kosteloos toezenden. Eventuele afwijkingen t.o.v. de DNR 2011 zijn vastgelegd in deze offerte.

DWARSPROFIEL
SCHAAL: 1:250



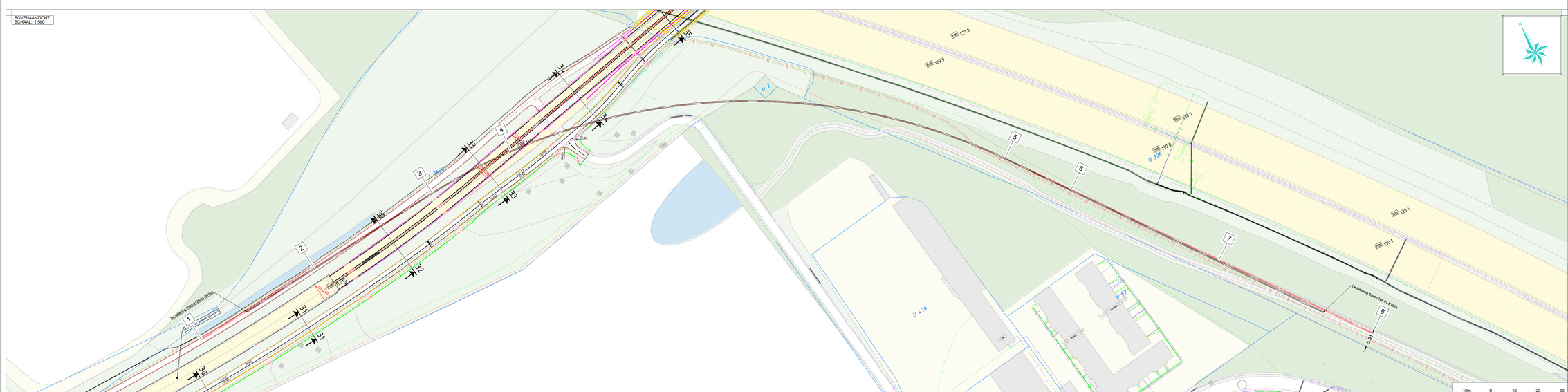
DWARSPROFIEL
SCHAAL: 1:250



OVERZICHT
SCHAAL: 1:4000 @A4



BOVENAANZICHT
SCHAAL: 1:500



COORDINATENLIJST				
		X	Y	Z(NAP)
1	Intrede	192842.68	447004.17	64.15
2	Begin Verticale Boocht	192898.66	447008.09	48.06
3	Begin Horizontale Boocht	192957.50	447012.22	36.51
4	Einde Verticale Boocht	192994.95	447012.03	34.50
5	Einde Horizontale Boocht	193176.56	446910.70	34.50
6	Begin Verticale Boocht	193184.81	446885.82	34.50
7	Einde Verticale Boocht	193235.56	446830.26	44.18
8	Uittrede	193277.90	446772.55	64.71

DOORSNEDE
SCHAAL: 1:20

TE BOREN BUIS:
4x Ø250mm PE100 SDR11

Remgat Ø780

Informatie
Lengte HDD: 545.7 m
Diameter(s) buis/bundel: Ø250 mm
Verwachte trekkracht: 234 kN

KLIC nummer: 26O0010942
Ontvangstdatum: 22-01-2026

DE HOOGTEMATEN ZIJN VERKREGEN UIT AHN DEZE ZIJN INDICATIEF
EXACTE LIGGING VAN KABELS EN LEIDINGEN D ENEN TIJDENS DE UITVOER NGBEPAALD TE WORDEN DOOR MIDDEL VAN PROEFSLEUVEN.

Legenda
- Horizontaal gestuurde boring
- Bestaande Horizontaal gestuurde boring / Boogzinker / Mari elbuis
- Kadaster
- Topografie
- Toekomstige topografie
- Grond=vaterstand
- Centerlijn weg
- Beheersgebied Rijks=ate staat
- Locatie sondering
- Locatie mechanische boring

Legenda KLIC
- Datatransport
- Laagspanning
- Middenspanning
- Hoogspanning
- Gas lage druk
- Gas hoge druk
- Water
- Riool vrijverval
- Riool onder druk
- Warmtetransport
- Buisleiding gevaarlijke inhoud
- Buisleiding gevaarlijke inhoud (Arcering)

Opmerkingen
- Uitgangspunt inzet 80 tons boorrig met midi-gyro
-
-
-

Nr.	Omschrijving	Ingetekend	Gecontroleerd	Goedgekeurd	Datum
Rev.	Tekeningnr.	Ingetekend	Gecontroleerd	Goedgekeurd	Datum

ATRON Engineering
Advies & Infra

Project: 50kV KABEL KATTENBERG-PRES KHAAF 1 EN 2 REC 50kV KBG-PSH SCHELMSEWEG
Locatie: N784 Plaats: Arnhem

Titel: Horizontaal gestuurde boring t/o.v. 50kV
Schaal: 4x Ø250mm PE100 SDR11
Kenmerk: RLI-3022
Opdrachtgever:
Onderdeel: Overzicht en dwarsprofiel

Informatie verstrekt door: Reddyn BV, Postbus 50, 6920 AB Duiven
Tekening verstrekt door: Reddyn BV, Postbus 50, 6920 AB Duiven

Engineer | Controleur | Opdrachtnemende ijkv

Blad	Totaal	Schaal	Formaat	Tekening versie uitgifte	Status
1	1	Diverse	A0+	19-03-2026	CONCEPT

Tekeningnummer: 5394-0126-01-BT02b

ATRON Engineering
Advies & Infra

Bijlage 2 Grondonderzoek

Hoofdvestiging (correspondentieadres)
Hulsenboschstraat 22 B-1
4251 LR Werkendam

Nevenvestiging
Tjalk 43
2411 NZ Bodegraven

T 0183-216020
E info@atron-engineering.nl
www.atron-engineering.nl

KvK 70156689
BTW NL858166173B01
IBAN NL42INGB0006956686

Op al onze aanbiedingen, aanvaarding van opdrachten, mededelingen en overeenkomsten, zijn van toepassing de algemene branchevoorwaarden conform de DNR 2011. Deze voorwaarden zijn te vinden op www.atron-engineering.nl of op verzoek kunnen wij u deze kosteloos toezenden. Eventuele afwijkingen t.o.v. de DNR 2011 zijn vastgelegd in deze offerte.

Legenda

Project:

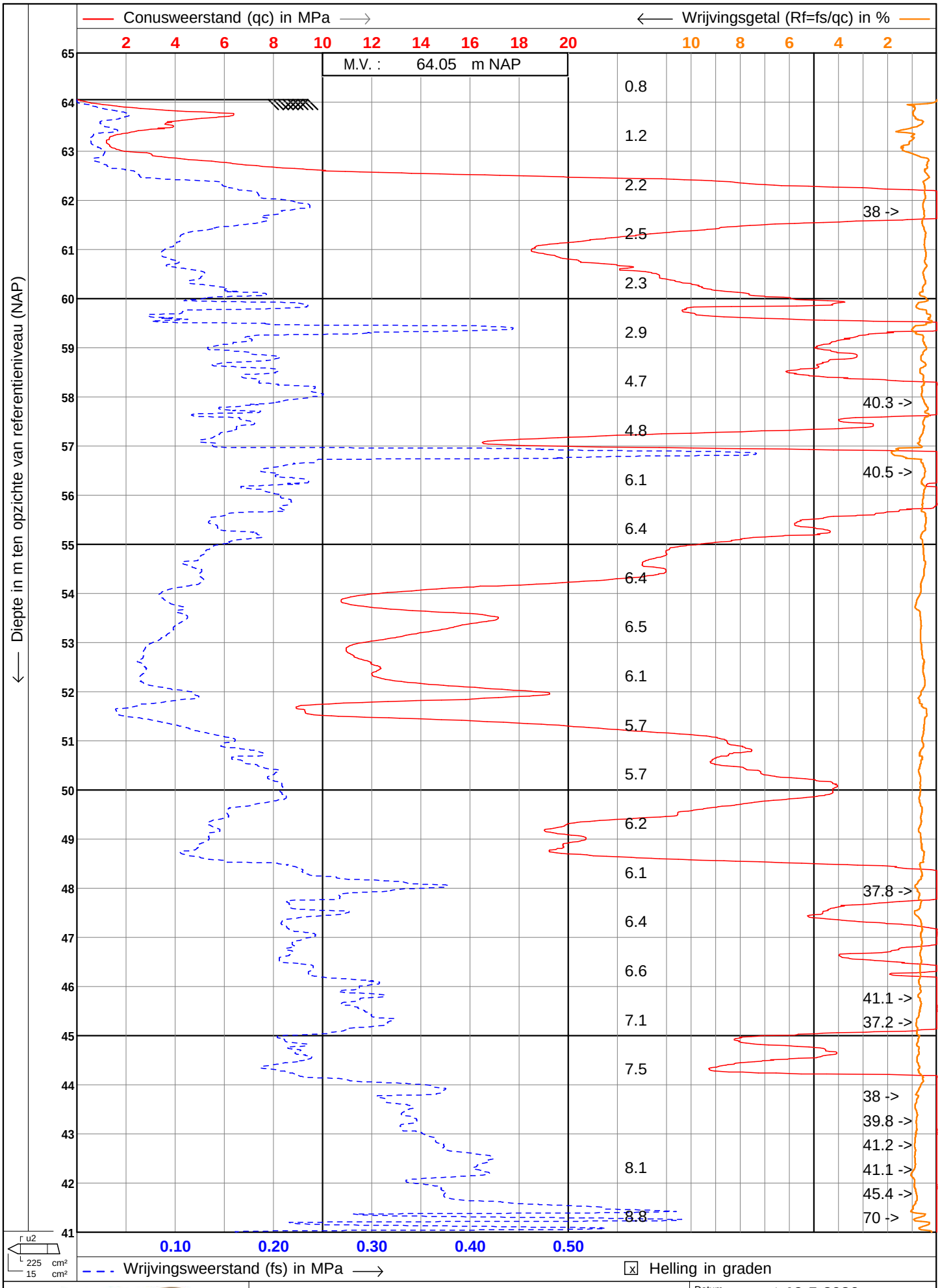
B0957 – Arnhem

Locaties:

Sondering met kleefmeting

id	rdX	rdY	Z
CPT01	191819,24	446892,3	64,41
CPT02	192260,71	446929,63	62,16
CPT03	192824,07	447000,55	64,05
CPT04	193228,15	446784,1	65,4
CPT02-2	192261,77	446929,83	62,19
CPT03-2	192825,03	447000,4	64,05
CPT04-2	193228,1	446784,19	65,34

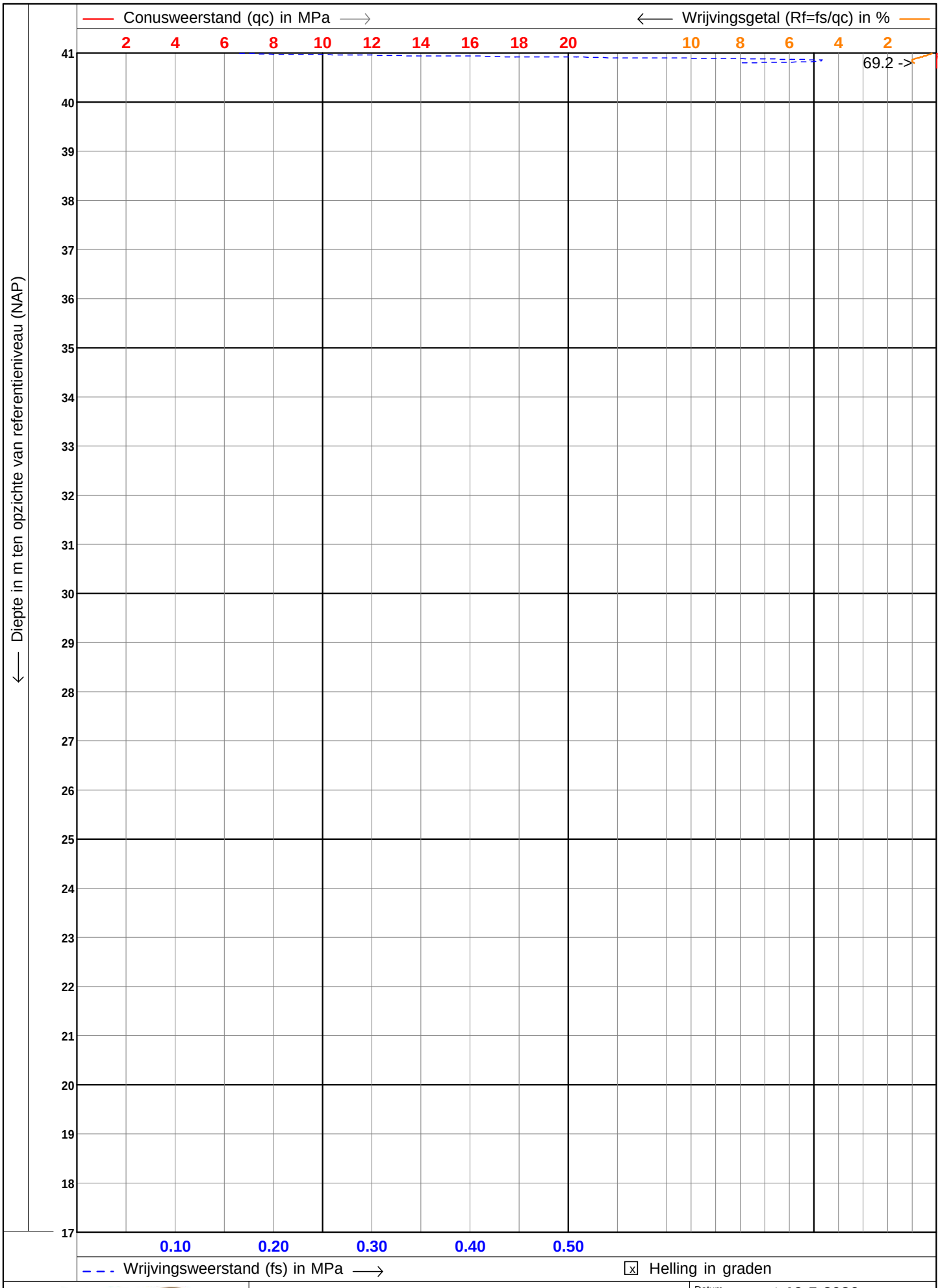




Test according ISO 22476-1

Project	:	**Sonderingen aan de Schelmseweg**
Lokatie	:	**Arnhem**
Positie	:	**447000.4098, 192825.0342 RD**

Datum	:	**19-5-2026**
Conusnr.	:	**DP15-CFPTXY.71457**
Projectnr.	:	**B0957**
Sondeernr.	:	**CPT03-2**

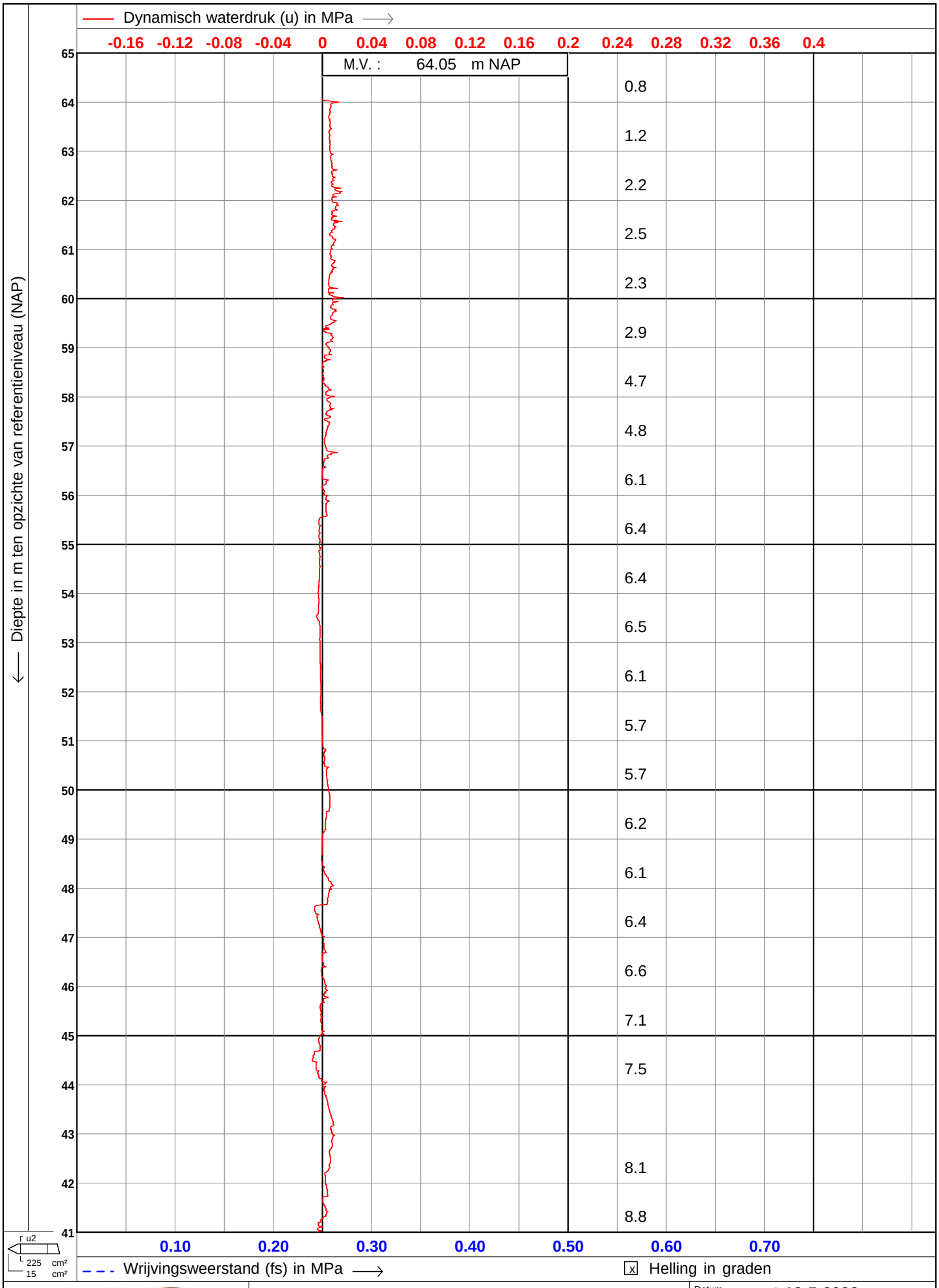


VWB bodem

Test according ISO 22476-1

Project	:	**Sonderingen aan de Schelmseweg**
Lokatie	:	**Arnhem**
Positie	:	**447000.4098, 192825.0342 RD**

Datum	:	**19-5-2026**
Conusnr.	:	**DP15-CFPTXY.71457**
Projectnr.	:	**B0957**
Sondeernr.	:	**CPT03-2**

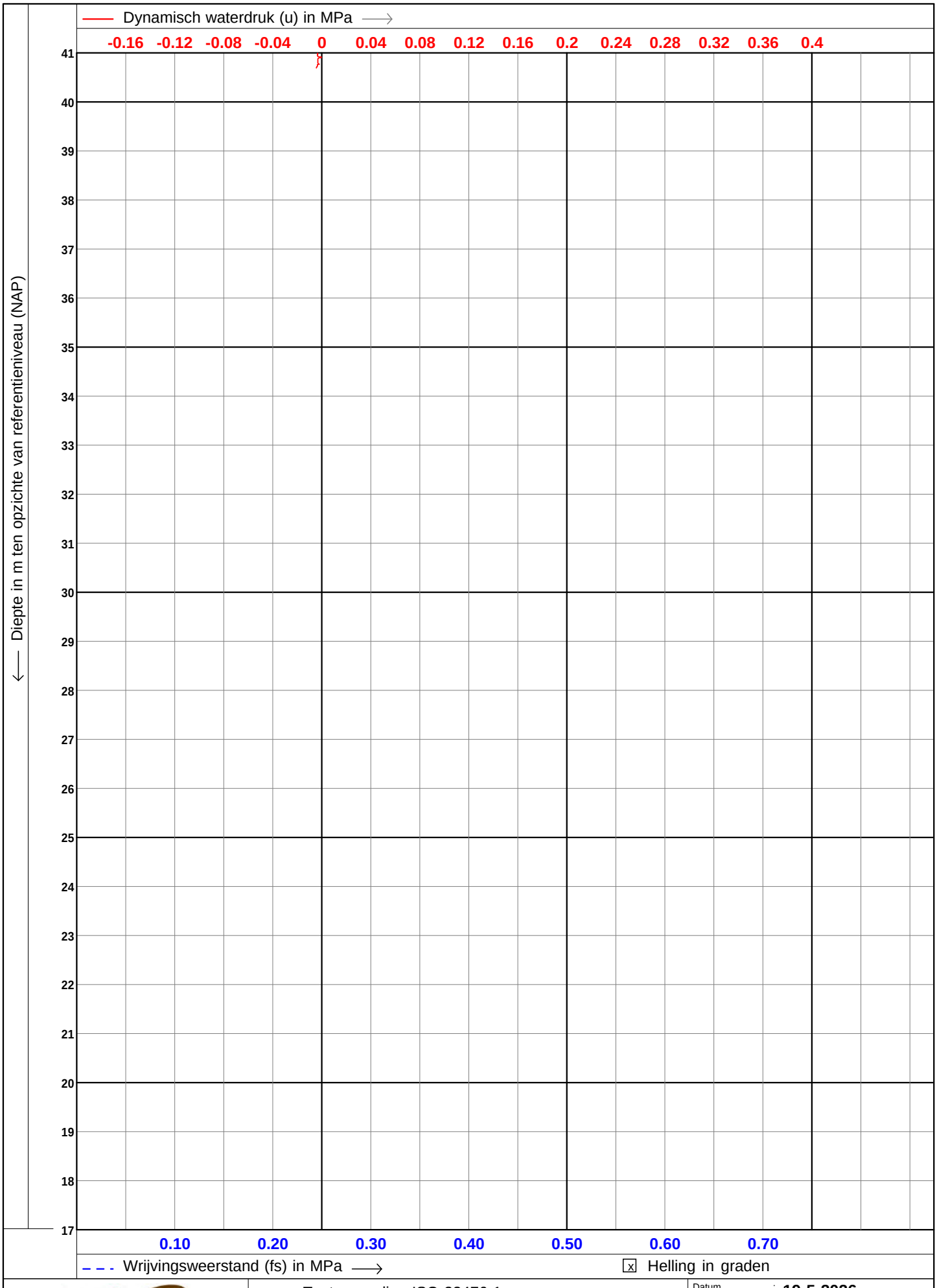


VWB bodem

Test according ISO 22476-1

Project	:	**Sonderingen aan de Schelmseweg**
Lokatie	:	**Arnhem**
Positie	:	**447000.4098, 192825.0342 RD**

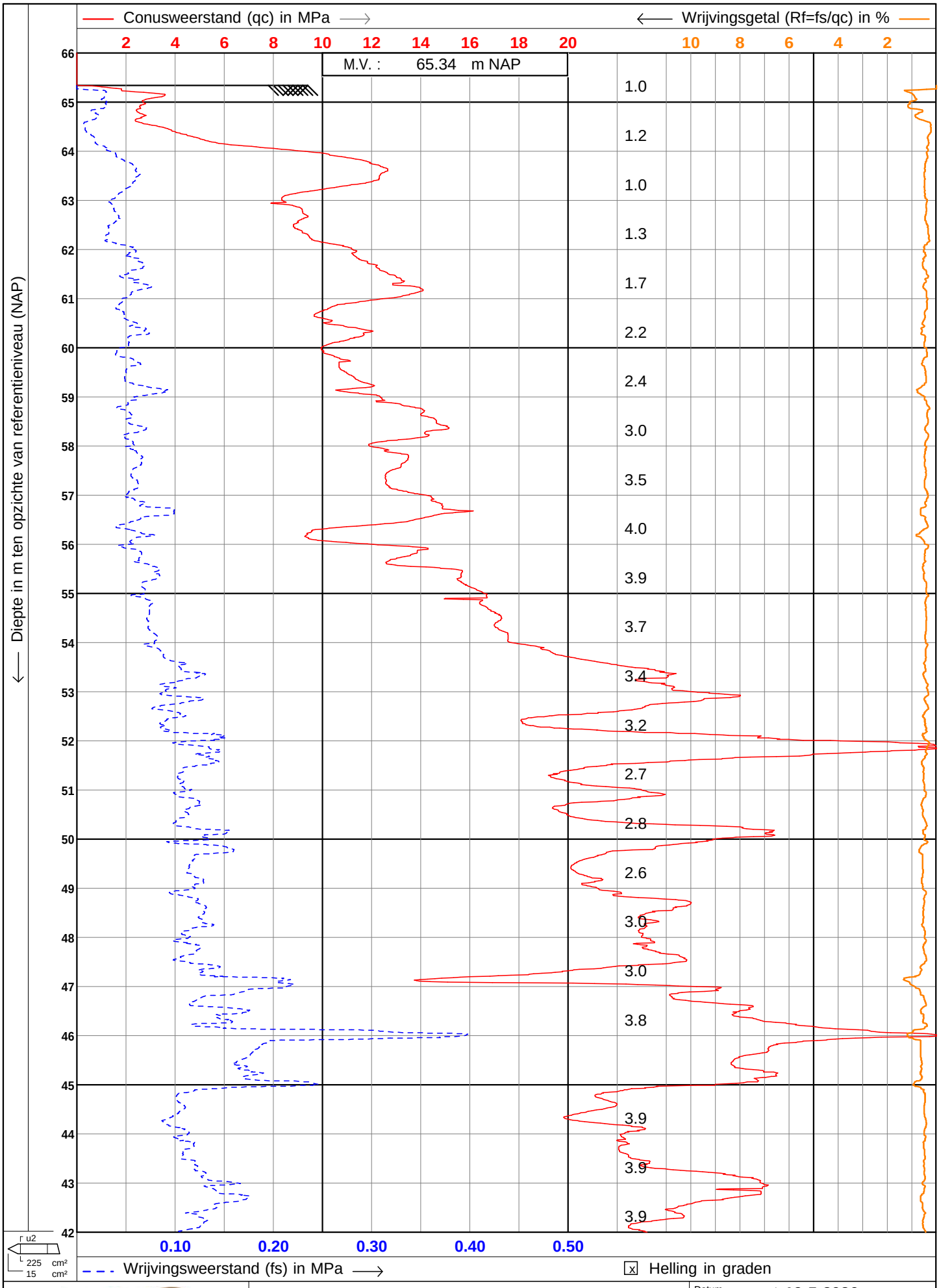
Datum	:	**19-5-2026**
Conusnr.	:	**DP15-CFPTXY.71457**
Projectnr.	:	**B0957**
Sondeernr.	:	**CPT03-2**



Test according ISO 22476-1

Project	:	**Sonderingen aan de Schelmseweg**
Lokatie	:	**Arnhem**
Positie	:	**447000.4098, 192825.0342 RD**

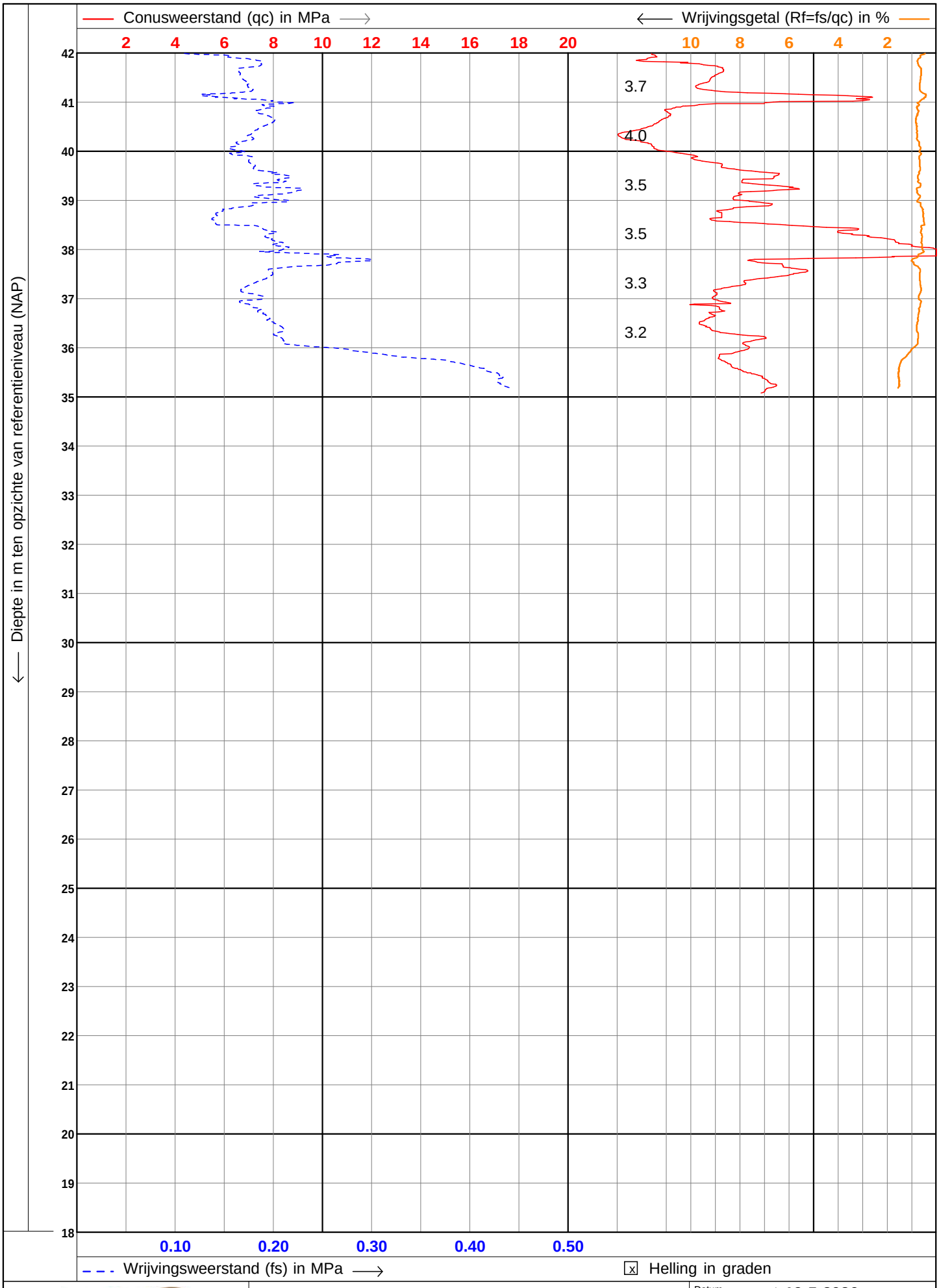
Datum	:	**19-5-2026**
Conusnr.	:	**DP15-CFPTXY.71457**
Projectnr.	:	**B0957**
Sondeernr.	:	**CPT03-2**



Test according ISO 22476-1

Project	:	**Sonderingen aan de Schelmseweg**
Lokatie	:	**Arnhem**
Positie	:	**193228.1, 446784.19 RD**

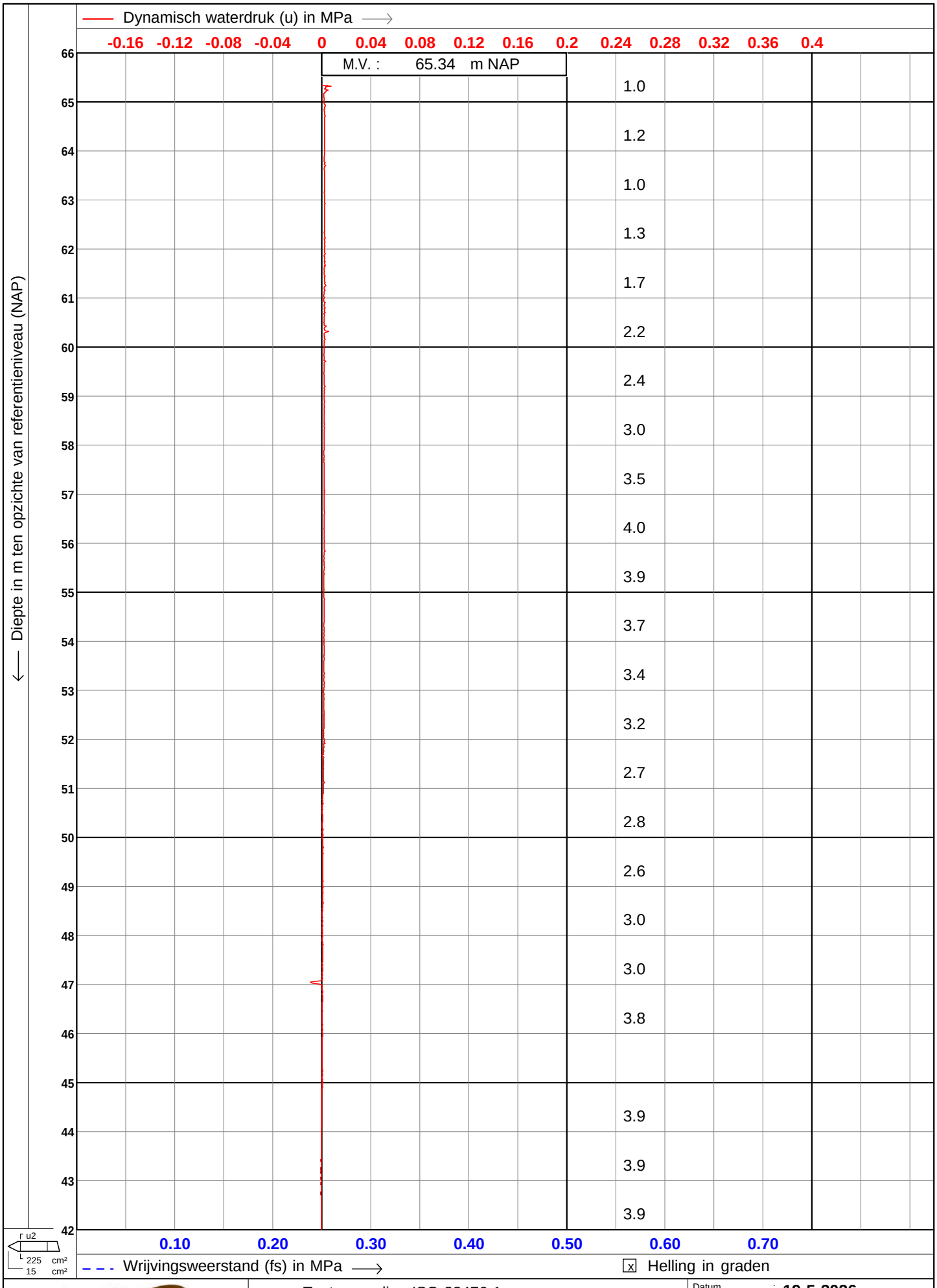
Datum	:	**19-5-2026**
Conusnr.	:	**DP15-CFPTXY.71457**
Projectnr.	:	**B0957**
Sondeernr.	:	**CPT04-2**



Test according ISO 22476-1

Project	:	**Sonderingen aan de Schelmseweg**
Lokatie	:	**Arnhem**
Positie	:	**193228.1, 446784.19 RD**

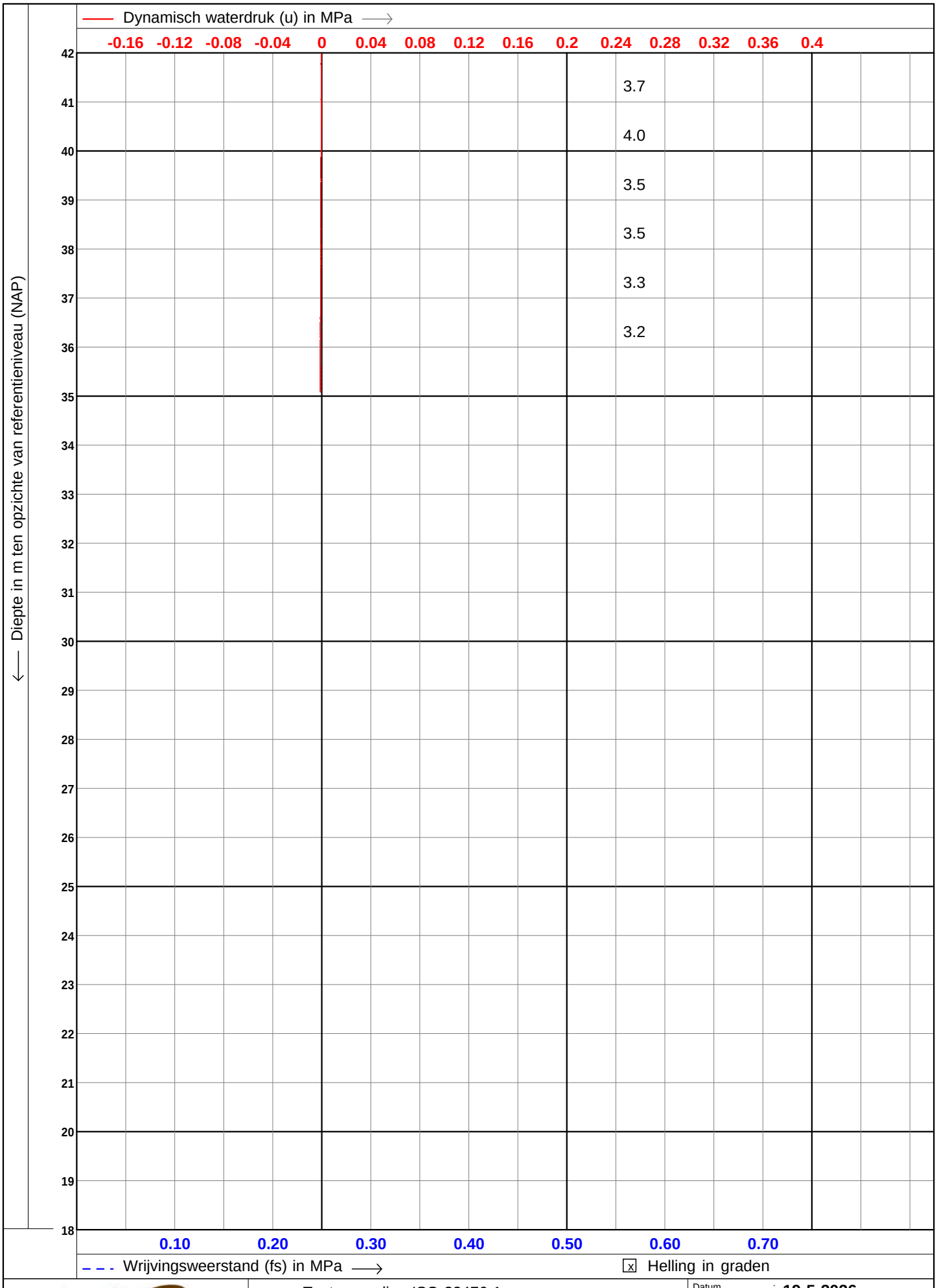
Datum	:	**19-5-2026**
Conusnr.	:	**DP15-CFPTXY.71457**
Projectnr.	:	**B0957**
Sondeernr.	:	**CPT04-2**



Test according ISO 22476-1

Project	:	**Sonderingen aan de Schelmseweg**
Lokatie	:	**Arnhem**
Positie	:	**193228.1, 446784.19 RD**

Datum	:	**19-5-2026**
Conusnr.	:	**DP15-CFPTXY.71457**
Projectnr.	:	**B0957**
Sondeernr.	:	**CPT04-2**



VWB bodem	Test according ISO 22476-1	Datum : **19-5-2026**	
	Project : **Sonderingen aan de Schelmseweg**	Conusnr. : **DP15-CFPTXY.71457**	
	Lokatie : **Arnhem**	Projectnr. : **B0957**	
	Positie : **193228.1, 446784.19 RD**	Sondeernr. : **CPT04-2**	**4/4**

ATRON Engineering
Advies & Infra

Bijlage 3 Resultaten sterkteberekening (D-Geo Pipeline)

Hoofdvestiging (correspondentieadres)
Hulsenboschstraat 22 B-1
4251 LR Werkendam

Nevenvestiging
Tjalk 43
2411 NZ Bodegraven

T 0183-216020
E info@atron-engineering.nl
www.atron-engineering.nl

KvK 70156689
BTW NL858166173B01
IBAN NL42INGB0006956686

Op al onze aanbiedingen, aanvaarding van opdrachten, mededelingen en overeenkomsten, zijn van toepassing de algemene branchevoorwaarden conform de DNR 2011. Deze voorwaarden zijn te vinden op www.atron-engineering.nl of op verzoek kunnen wij u deze kosteloos toezenden. Eventuele afwijkingen t.o.v. de DNR 2011 zijn vastgelegd in deze offerte.

Rapport voor D-Geo Pipeline 24.1

Ontwerp van leidinginstallatie
Ontwikkeld door Deltares

Bedrijfsnaam:	ATRON Engineering BV
Datum van rapport:	5/28/2026
Tijd van rapport:	11:34:29 AM
Rapport met versie:	24.1.2.1914
Berekend met versie:	24.1.2.1914
Bestandsnaam:	5394-BT02b
Projectbeschrijving:	50kV KABEL KATTENBERG-PRESIKHAAF 1 EN 2 REC 50kV KBG-PSH SCHELMSEWEG - N784 - Arnhem RLI-3022 - 4x Ø250mm PE100 SDR11

1 Inhoudsopgave

1 Inhoudsopgave 2
2 Invoergegevens 4
2.1 Algemene Invoergegevens 4
2.2 Laagscheidingen 4
2.3 PN-Lijnen 4
2.4 Freatische Lijn 5
2.5 Grondprofielen 5
2.6 Grenslagen 5
2.7 Grondeigenschappen 5
2.8 Geometrie 8
2.8.1 Geometrie Sectie, Detail 8
2.8.2 Geometrie Bovenaanzicht 8
2.9 Berekenings Verticalen 9
2.10 Verkeersbelasting 9
2.11 Configuratie van de Pijpleiding 10
2.12 Materiaalgegevens van de Leiding 10
2.13 Gegevens voor Leidingberekening 11
2.14 Boorvloeistof Gegevens 12
2.15 Factoren 12
2.16 Rekenopties 12
3 Boorvloeistofdrukken 13
3.1 Boorvloeistof Gegevens 13
3.2 Evenwicht tussen Waterdruk en Boorvloeistofdruk 15
3.3 Boorvloeistofdruk Grafieken 17
3.3.1 Boorvloeistofdrukken tijdens Pilotboring 17
3.3.2 Boorvloeistofdrukken tijdens Voorruimen 17
3.3.3 Boorvloeistofdrukken tijdens Ruim- en Intrekoperatie 18
4 Grondmechanische Data 19
4.1 Grondmechanische Parameters Ø250mm PE100 SDR11 (1): leiding no. 1 19
4.2 Grondmechanische Parameters Ø250mm PE100 SDR11 (2): leiding no. 2 21
4.3 Grondmechanische Parameters Ø250mm PE100 SDR11 (3): leiding no. 3 23
4.4 Grondmechanische Parameters Ø250mm PE100 SDR11 (4): leiding no. 4 25
4.5 Young's Modulus per Laag per Verticaal 27
5 Gegevens voor Sterkteberekening 32
5.1 Algemene Gegevens 32
5.2 Ballasten Leiding 32
5.3 Trekkrachtberekening 32
6 Sterkteberekening van Ø250mm PE100 SDR11 (1): leiding no. 1 34
6.1 Materiaalgegevens van Ø250mm PE100 SDR11 (1): leiding no. 1 34
6.2 Resultaten Sterkteberekening van Ø250mm PE100 SDR11 (1): leiding no. 1 34
6.2.1 Belasting Combinatie 1A: Begin Trekoperatie 34
6.2.2 Belasting Combinatie 1B: Einde Trekoperatie 35
6.2.3 Belasting Combinatie 2: Intern op Druk Brengen 35
6.2.4 Belasting Combinatie 3: Bedrijfstoestand in Drukloze Situatie 35
6.2.5 Belasting Combinatie 4: Bedrijfstoestand met Inwendige Druk 35
6.3 Controle van de Berekende Spanningen van Ø250mm PE100 SDR11 (1): leiding no. 1 36
6.4 Toetsing op Implosie van Ø250mm PE100 SDR11 (1): leiding no. 1 37
7 Sterkteberekening van Ø250mm PE100 SDR11 (2): leiding no. 2 38
7.1 Materiaalgegevens van Ø250mm PE100 SDR11 (2): leiding no. 2 38
7.2 Resultaten Sterkteberekening van Ø250mm PE100 SDR11 (2): leiding no. 2 38
7.2.1 Belasting Combinatie 1A: Begin Trekoperatie 38
7.2.2 Belasting Combinatie 1B: Einde Trekoperatie 39
7.2.3 Belasting Combinatie 2: Intern op Druk Brengen 39
7.2.4 Belasting Combinatie 3: Bedrijfstoestand in Drukloze Situatie 39
7.2.5 Belasting Combinatie 4: Bedrijfstoestand met Inwendige Druk 39
7.3 Controle van de Berekende Spanningen van Ø250mm PE100 SDR11 (2): leiding no. 2 40
7.4 Toetsing op Implosie van Ø250mm PE100 SDR11 (2): leiding no. 2 41
8 Sterkteberekening van Ø250mm PE100 SDR11 (3): leiding no. 3 42
8.1 Materiaalgegevens van Ø250mm PE100 SDR11 (3): leiding no. 3 42
8.2 Resultaten Sterkteberekening van Ø250mm PE100 SDR11 (3): leiding no. 3 42
8.2.1 Belasting Combinatie 1A: Begin Trekoperatie 42
8.2.2 Belasting Combinatie 1B: Einde Trekoperatie 43
8.2.3 Belasting Combinatie 2: Intern op Druk Brengen 43

8.2.4 Belasting Combinatie 3: Bedrijfstoestand in Drukloze Situatie 43
8.2.5 Belasting Combinatie 4: Bedrijfstoestand met Inwendige Druk 43
8.3 Controle van de Berekende Spanningen van Ø250mm PE100 SDR11 (3): leiding no. 3 44
8.4 Toetsing op Implosie van Ø250mm PE100 SDR11 (3): leiding no. 3 45
9 Sterkteberekening van Ø250mm PE100 SDR11 (4): leiding no. 4 46
9.1 Materiaalgegevens van Ø250mm PE100 SDR11 (4): leiding no. 4 46
9.2 Resultaten Sterkteberekening van Ø250mm PE100 SDR11 (4): leiding no. 4 46
9.2.1 Belasting Combinatie 1A: Begin Trekoperatie 46
9.2.2 Belasting Combinatie 1B: Einde Trekoperatie 47
9.2.3 Belasting Combinatie 2: Intern op Druk Brengen 47
9.2.4 Belasting Combinatie 3: Bedrijfstoestand in Drukloze Situatie 47
9.2.5 Belasting Combinatie 4: Bedrijfstoestand met Inwendige Druk 47
9.3 Controle van de Berekende Spanningen van Ø250mm PE100 SDR11 (4): leiding no. 4 48
9.4 Toetsing op Implosie van Ø250mm PE100 SDR11 (4): leiding no. 4 49

2 Invoergegevens

2.1 Algemene Invoergegevens

Gebruikt model	Horizontaal Gestuurde Boring
Eindigt aan de oppervlakte	Ja
Norm voor spannings analyse	Nederlandse norm (NEN 3650)
Abrupt zakkingsverschil	Nee

2.2 Laagscheidingen

Laagscheidingnummer	Coördinaten [m]				
8 - L -	-10.000	0.000	39.690	56.120	92.000
8 - Z -	64.150	64.150	64.090	64.110	64.280
8 - L -	101.080	109.140	115.110	127.010	133.620
8 - Z -	64.320	64.390	64.490	64.720	64.830
8 - L -	141.230	148.260	152.590	157.880	166.410
8 - Z -	65.000	65.110	65.180	65.200	65.230
8 - L -	173.740	177.250	184.890	190.830	191.162
8 - Z -	65.190	65.200	65.132	65.200	64.904
8 - L -	199.110	212.630	228.380	244.760	247.960
8 - Z -	63.340	62.350	61.540	61.410	61.420
8 - L -	256.610	263.960	269.000	277.270	285.700
8 - Z -	61.280	61.050	60.890	61.630	62.470
8 - L -	301.770	310.150	329.680	350.230	367.070
8 - Z -	62.110	61.000	61.690	62.310	63.250
8 - L -	390.450	397.552	408.790	420.290	431.460
8 - Z -	64.300	64.769	65.510	65.960	66.350
8 - L -	451.670	466.830	475.480	485.930	502.330
8 - Z -	66.550	66.650	66.610	66.210	65.800
8 - L -	515.980	527.060	538.410	540.000	
8 - Z -	65.190	64.950	64.710	64.710	
7 - L -	-10.000	199.110	212.630	228.380	244.760
7 - Z -	62.899	63.340	62.350	61.540	61.410
7 - L -	247.960	256.610	263.960	269.000	277.270
7 - Z -	61.420	61.280	61.050	60.890	61.630
7 - L -	285.700	301.770	310.150	329.680	350.230
7 - Z -	62.470	62.110	61.000	61.690	62.310
7 - L -	367.070	390.450	397.552	540.000	
7 - Z -	63.250	64.300	64.769	64.550	
6 - L -	-10.000	263.960	269.000	277.270	285.700
6 - Z -	61.191	61.050	60.890	61.630	62.470
6 - L -	301.770	310.150	329.680	350.230	367.070
6 - Z -	62.110	61.000	61.690	62.310	63.250
6 - L -	390.450	397.552	540.000		
6 - Z -	64.300	64.769	64.550		
5 - L -	-10.000	540.000			
5 - Z -	60.882	54.027			
4 - L -	-10.000	540.000			
4 - Z -	54.920	47.511			
3 - L -	-10.000	203.411	540.000		
3 - Z -	51.566	49.822	47.072		
2 - L -	-10.000	203.411	270.000	540.000	
2 - Z -	51.566	49.822	30.000	30.000	
1 - L -	-10.000	270.000	540.000		
1 - Z -	30.000	30.000	30.000		
0 - L -	-10.000	540.000			
0 - Z -	29.267	29.267			

2.3 PN-Lijnen

PN-lijnnummer	Coördinaten [m]				
1 - L -	-10.000	540.000			

PN-lijnnummer	Coördinaten [m]				
1 - Z -	44.000	44.000			

2.4 Freatische Lijn

Piezo lijn 1 is gebruikt als freatische lijn (grondwater).

2.5 Grondprofielen

Laag nummer	Materiaalnaam	Piezo lijn op boven	Piezo lijn op onder
8	Klei (Sterk zandig1)	1	1
7	Zand (Schoon-Vast1)	1	1
6	Zand (Schoon-Matig)	1	1
5	Zand (Schoon-Vast1)	1	1
4	Zand (Schoon-Matig)	1	1
3	Zand (Schoon-Vast1)	1	1
2	Grind (SterkSiltig-Va...	1	1
1	Grind (SterkSiltig-Va...	1	1

2.6 Grenslagen

De grens tussen (cohesieve) ongedraineerde toplagen en onderliggende (niet-cohesieve) gedraineerde lagen ligt aan de bovenzijde van laag nummer 7: Zand (Schoon-Vast1)
De grens tussen compressibele toplagen en de onderliggende niet-compressibele lagen ligt aan de bovenzijde van laag nummer 7: Zand (Schoon-Vast1)

2.7 Grondeigenschappen

Naam	Gamma onverz [kN/m³]	Gamma verz [kN/m³]	Cohesie [kN/m²]	Phi [gr]	Su top [kN/m²]	Su onder [kN/m²]
Grind (Zwak siltig-Los)	17.00	19.00	0.00	32.50	0.00	0.00
Grind (Zwak siltig-M...	18.00	20.00	0.00	35.00	0.00	0.00
Grind (Zwak siltig-V...	19.00	21.00	0.00	37.50	0.00	0.00
Grind (Zwak siltig-V...	20.00	22.00	0.00	40.00	0.00	0.00
Grind (Sterk Siltig-L...	18.00	20.00	0.00	30.00	0.00	0.00
Grind (SterkSiltig-M...	19.00	21.00	0.00	32.50	0.00	0.00
Grind (SterkSiltig-Va...	20.00	22.00	0.00	35.00	0.00	0.00
Grind (SterkSiltig-Va...	21.00	22.50	0.00	40.00	0.00	0.00
Zand (Schoon-Los)	17.00	19.00	0.00	30.00	0.00	0.00
Zand (Schoon-Matig)	18.00	20.00	0.00	32.50	0.00	0.00
Zand (Schoon-Vast1)	19.00	21.00	0.00	35.00	0.00	0.00
Zand (Schoon-Vast2)	20.00	22.00	0.00	40.00	0.00	0.00
Zand (Zw Siltig kleii...	18.00	20.00	0.00	27.00	0.00	0.00
Zand (Zw Siltig kleii...	19.00	21.00	0.00	32.50	0.00	0.00
Zand (St Siltig kleiig1)	18.00	20.00	0.00	25.00	0.00	0.00
Zand (St Siltig kleiig2)	19.00	21.00	0.00	30.00	0.00	0.00
Leem (Zw zandig-sl...	19.00	19.00	0.00	27.50	50.00	50.00
Leem (Zw zandig-sl...	19.00	19.00	0.00	30.00	50.00	50.00
Leem (Zw zandig-M...	20.00	20.00	1.00	27.50	100.00	100.00
Leem (Zw zandig-M...	20.00	20.00	1.00	32.50	100.00	100.00
Leem (Zw zandig-V...	21.00	21.00	2.50	27.50	200.00	200.00
Leem (Zw zandig-V...	22.00	22.00	3.80	35.00	300.00	300.00
Leem (Sterk Zandig 1)	19.00	19.00	0.00	27.50	50.00	50.00
Leem (Sterk Zandig 2)	20.00	20.00	1.00	35.00	100.00	100.00
Klei (Schoon slap)	14.00	14.00	0.00	17.50	25.00	25.00
Klei (Schoon Matig)	17.00	17.00	5.00	17.50	50.00	50.00
Klei (Schoon Vast1)	19.00	19.00	13.00	17.50	100.00	100.00
Klei (Schoon Vast2)	20.00	20.00	15.00	25.00	200.00	200.00
Klei (Zw zandig Slap)	15.00	15.00	0.00	22.50	40.00	40.00
Klei (Zw zandig Matig)	18.00	18.00	5.00	22.50	80.00	80.00
Klei (Zw zandig Vast...	20.00	20.00	13.00	22.50	120.00	120.00
Klei (Zw zandig Vast...	21.00	21.00	15.00	27.50	170.00	170.00
Klei (Sterk zandig1)	18.00	18.00	0.00	27.50	0.00	0.00

Naam	Gamma onverz [kN/m³]	Gamma verz [kN/m³]	Cohesie [kN/m²]	Phi [gr]	Su top [kN/m²]	Su onder [kN/m²]
Klei (Sterk zandig2)	20.00	20.00	1.00	32.50	10.00	10.00
Klei (Organisch Slap1)	13.00	13.00	0.00	15.00	10.00	10.00
Klei (Organisch Slap2)	13.00	13.00	1.00	15.00	10.00	10.00
Klei (Organisch Mati...	15.00	15.00	0.00	15.00	25.00	25.00
Klei (Organisch Mati...	16.00	16.00	1.00	15.00	30.00	30.00
Veen (niet vb Slap1)	10.00	10.00	1.00	15.00	10.00	10.00
Veen (niet vb Slap2)	12.00	12.00	2.50	15.00	20.00	20.00
Veen (Matig vb 1)	12.00	12.00	2.50	15.00	20.00	20.00
Veen (Matig vb 2)	13.00	13.00	5.00	15.00	30.00	30.00

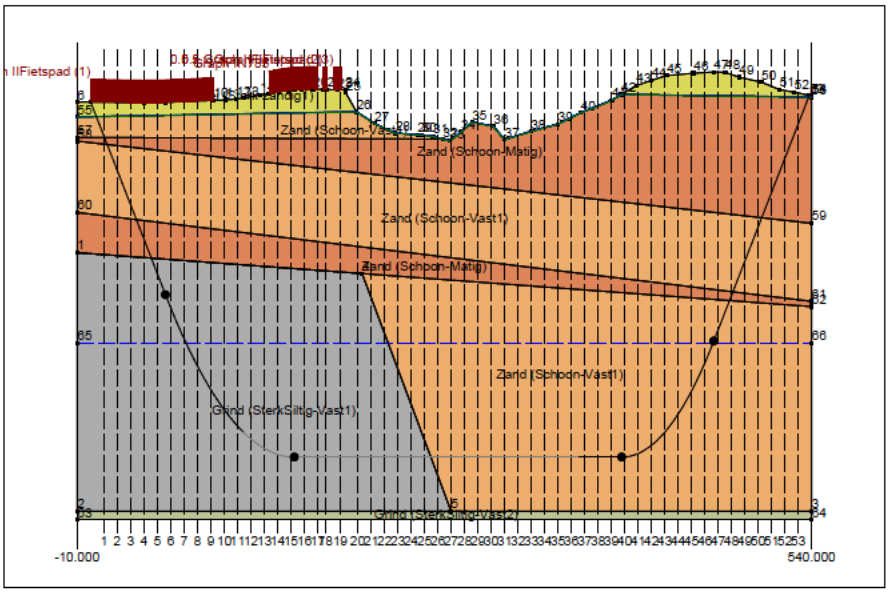
Naam	Grondtype	Emod 100 [kN/m²]	Emod top [kN/m²]	Emod onder [kN/m²]
Grind (Zwak siltig-Los)	Grind	45000.00	-	-
Grind (Zwak siltig-M...	Grind	75000.00	-	-
Grind (Zwak siltig-V...	Grind	90000.00	-	-
Grind (Zwak siltig-V...	Grind	105000.00	-	-
Grind (Sterk Siltig-L...	Grind	30000.00	-	-
Grind (SterkSiltig-M...	Grind	45000.00	-	-
Grind (SterkSiltig-Va...	Grind	75000.00	-	-
Grind (SterkSiltig-Va...	Grind	110000.00	-	-
Zand (Schoon-Los)	Zand	15000.00	-	-
Zand (Schoon-Matig)	Zand	45000.00	-	-
Zand (Schoon-Vast1)	Zand	75000.00	-	-
Zand (Schoon-Vast2)	Zand	110000.00	-	-
Zand (Zw Siltig kleii...	Zand	35000.00	-	-
Zand (Zw Siltig kleii...	Zand	50000.00	-	-
Zand (St Siltig kleiig1)	Zand	15000.00	-	-
Zand (St Siltig kleiig2)	Zand	30000.00	-	-
Leem (Zw zandig-sl...	Leem	2000.00	-	-
Leem (Zw zandig-sl...	Leem	2000.00	-	-
Leem (Zw zandig-M...	Leem	3000.00	-	-
Leem (Zw zandig-M...	Leem	3000.00	-	-
Leem (Zw zandig-V...	Leem	5000.00	-	-
Leem (Zw zandig-V...	Leem	7000.00	-	-
Leem (Sterk Zandig 1)	Leem	3000.00	-	-
Leem (Sterk Zandig 2)	Leem	5000.00	-	-
Klei (Schoon slap)	Klei	1000.00	-	-
Klei (Schoon Matig)	Klei	2000.00	-	-
Klei (Schoon Vast1)	Klei	4000.00	-	-
Klei (Schoon Vast2)	Klei	10000.00	-	-
Klei (Zw zandig Slap)	Klei	1500.00	-	-
Klei (Zw zandig Matig)	Klei	2000.00	-	-
Klei (Zw zandig Vast...	Klei	5000.00	-	-
Klei (Zw zandig Vast...	Klei	10000.00	-	-
Klei (Sterk zandig1)	Klei	2000.00	-	-
Klei (Sterk zandig2)	Klei	5000.00	-	-
Klei (Organisch Slap1)	Klei	500.00	-	-
Klei (Organisch Slap2)	Klei	500.00	-	-
Klei (Organisch Mati...	Klei	1000.00	-	-
Klei (Organisch Mati...	Klei	2000.00	-	-
Veen (niet vb Slap1)	Veen	200.00	-	-
Veen (niet vb Slap2)	Veen	500.00	-	-
Veen (Matig vb 1)	Veen	500.00	-	-
Veen (Matig vb 2)	Veen	1000.00	-	-

Naam	Adhesie A [kN/m²]	Delta D [gr]	Nu [-]
Grind (Zwak siltig-Los)	-	-	0.30
Grind (Zwak siltig-M...	-	-	0.30
Grind (Zwak siltig-V...	-	-	0.30
Grind (Zwak siltig-V...	-	-	0.30

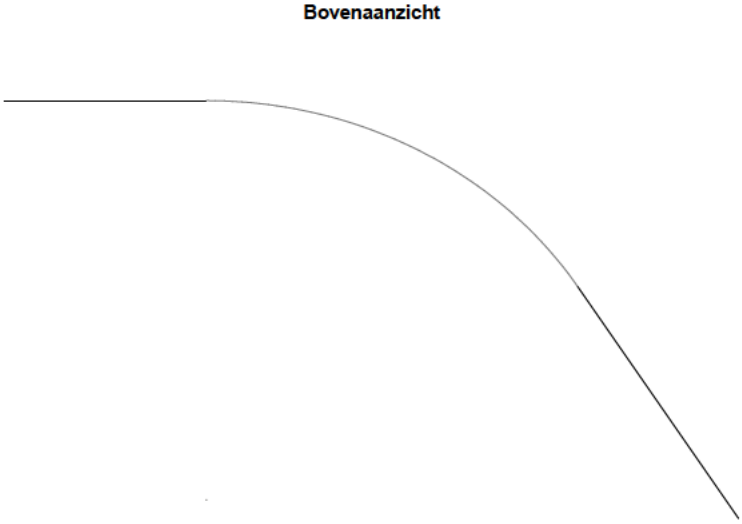
Naam	Adhesie A [kN/m²]	Delta D [gr]	Nu [-]
Grind (Sterk Siltig-L...	-	-	0.30
Grind (SterkSiltig-M...	-	-	0.30
Grind (SterkSiltig-Va...	-	-	0.30
Grind (SterkSiltig-Va...	-	-	0.30
Zand (Schoon-Los)	-	-	0.30
Zand (Schoon-Matig)	-	-	0.30
Zand (Schoon-Vast1)	-	-	0.30
Zand (Schoon-Vast2)	-	-	0.30
Zand (Zw Siltig kleii...	-	-	0.30
Zand (Zw Siltig kleii...	-	-	0.30
Zand (St Siltig kleiig1)	-	-	0.30
Zand (St Siltig kleiig2)	-	-	0.30
Leem (Zw zandig-sl...	-	-	0.45
Leem (Zw zandig-sl...	-	-	0.45
Leem (Zw zandig-M...	-	-	0.45
Leem (Zw zandig-M...	-	-	0.45
Leem (Zw zandig-V...	-	-	0.45
Leem (Zw zandig-V...	-	-	0.45
Leem (Sterk Zandig 1)	-	-	0.45
Leem (Sterk Zandig 2)	-	-	0.45
Klei (Schoon slap)	-	-	0.45
Klei (Schoon Matig)	-	-	0.45
Klei (Schoon Vast1)	-	-	0.45
Klei (Schoon Vast2)	-	-	0.45
Klei (Zw zandig Slap)	-	-	0.45
Klei (Zw zandig Matig)	-	-	0.45
Klei (Zw zandig Vast...	-	-	0.45
Klei (Zw zandig Vast...	-	-	0.45
Klei (Sterk zandig1)	-	-	0.45
Klei (Sterk zandig2)	-	-	0.45
Klei (Organisch Slap1)	-	-	0.45
Klei (Organisch Slap2)	-	-	0.45
Klei (Organisch Mati...	-	-	0.45
Klei (Organisch Mati...	-	-	0.45
Veen (niet vb Slap1)	-	-	0.45
Veen (niet vb Slap2)	-	-	0.45
Veen (Matig vb 1)	-	-	0.45
Veen (Matig vb 2)	-	-	0.45

2.8 Geometrie

2.8.1 Geometrie Sectie, Detail



2.8.2 Geometrie Bovenaanzicht



2.9 Berekenings Verticalen

Verticaal nr.	L-coörd. [m]	Z-coörd. [m]
1	10.000	61.283
2	20.000	58.415
3	30.000	55.548
4	40.000	52.680
5	50.000	49.813
6	60.000	46.969
7	70.000	44.384
8	80.000	42.111
9	90.000	40.142
10	100.000	38.474
11	110.000	37.101
12	120.000	36.021
13	130.000	35.230
14	140.000	34.727
15	150.000	34.510
16	160.000	34.500
17	170.000	34.500
18	175.796	34.500
19	186.847	34.500
20	200.000	34.500
21	210.000	34.500
22	220.000	34.500
23	230.000	34.500
24	240.000	34.500
25	250.000	34.500
26	260.000	34.500
27	270.000	34.500
28	280.000	34.500
29	290.000	34.500
30	300.000	34.500
31	310.000	34.500
32	320.000	34.500
33	330.000	34.500
34	340.000	34.500
35	350.000	34.500
36	360.000	34.500
37	370.000	34.500
38	380.000	34.500
39	390.000	34.500
40	400.000	34.509
41	410.000	34.792
42	420.000	35.477
43	430.000	36.567
44	440.000	38.068
45	450.000	39.986
46	460.000	42.332
47	470.000	45.095
48	480.000	47.963
49	490.000	50.830
50	500.000	53.698
51	510.000	56.565
52	520.000	59.432
53	530.000	62.300

Locaties berekenings verticalen; L is de horizontale coördinaat langs de leiding geprojecteerd op het horizontale vlak, opgehoogd met de intrede coördinaat.

2.10 Verkeersbelasting

Fietspad (1)
L begin 0.00 [m]

L einde	92.00	[m]
Belastingsmodel (grafiektype)	0.5 x Graph II	
N785		
L begin	133.62	[m]
L einde	170.01	[m]
Belastingsmodel (grafiektype)	Graph I	
Fietspad (2)		
L begin	173.74	[m]
L einde	177.25	[m]
Belastingsmodel (grafiektype)	0.5 x Graph II	
Fietspad (3)		
L begin	181.97	[m]
L einde	187.87	[m]
Belastingsmodel (grafiektype)	0.5 x Graph II	

2.11 Configuratie van de Pijpleiding

X coördinaat linker punt	0.000	[m]
Y coördinaat linker punt	0.000	[m]
Z coördinaat linker punt	64.150	[m]
X coördinaat rechter punt	417.960	[m]
Y coördinaat rechter punt	-261.480	[m]
Z coördinaat rechter punt	64.710	[m]
Hoek links	16.0000	[gr]
Hoek rechts	16.0000	[gr]
Kromtestraal links	350.000	[m]
Kromtestraal rechts	250.000	[m]
Kromtestraal rollenbaan (intrekboog)	100.000	[m]
Diepste punt van de pijpleiding (hart boortracé)	34.500	[m]
Hoek van de pijpleiding (tussen de stralen)	0.0000	[gr]
Aantal horizontale bochten	1	

De pijpleiding wordt van links naar rechts ingetrokken.

Bocht nr.	X1-coörd. [m]	Y1-coörd. [m]	X2-coörd. [m]	Y2-coörd. [m]	Kromtestraal [m]	Richting
1	115.110	0.000	326.530	-116.580	250.000	links

2.12 Materiaalgegevens van de Leiding

Invoergegevens leiding no. 1		
Materiaal	Polyetheen	
Kwaliteit	PE100	
Elasticiteitsmodulus (kort)	975.00	[N/mm²]
Elasticiteitsmodulus (lang)	350.00	[N/mm²]
Toelaatbare spanning (kort)	10.00	[N/mm²]
Toelaatbare spanning (lang)	8.00	[N/mm²]
Tensile factor (alfa)	0.65	[-]
Lineaire uitzettingscoëff. (alfa_g)	0.0001600	[mm/mmK]
Uitwendige diameter leiding	250.00	[mm]
Wanddikte (Nominaal)	22.70	[mm]
Volumegewicht leidingmateriaal	9.54	[kN/m³]
Ontwerpdruk	0.00	[bar]
Incidentele druk	0.00	[bar]
Temperatuur variatie	0.00	[gr C]
Invoergegevens leiding no. 2		
Materiaal	Polyetheen	
Kwaliteit	PE100	
Elasticiteitsmodulus (kort)	975.00	[N/mm²]
Elasticiteitsmodulus (lang)	350.00	[N/mm²]
Toelaatbare spanning (kort)	10.00	[N/mm²]

Toelaatbare spanning (lang)	8.00	[N/mm²]
Tensile factor (alfa)	0.65	[-]
Lineaire uitzettingscoëff. (alfa_g)	0.0001600	[mm/mmK]
Uitwendige diameter leiding	250.00	[mm]
Wanddikte (Nominaal)	22.70	[mm]
Volumegewicht leidingmateriaal	9.54	[kN/m³]
Ontwerpdruk	0.00	[bar]
Incidentele druk	0.00	[bar]
Temperatuur variatie	0.00	[gr C]

Invoergegevens leiding no. 3		
Materiaal	Polyetheen	
Kwaliteit	PE100	
Elasticiteitsmodulus (kort)	975.00	[N/mm²]
Elasticiteitsmodulus (lang)	350.00	[N/mm²]
Toelaatbare spanning (kort)	10.00	[N/mm²]
Toelaatbare spanning (lang)	8.00	[N/mm²]
Tensile factor (alfa)	0.65	[-]
Lineaire uitzettingscoëff. (alfa_g)	0.0001600	[mm/mmK]
Uitwendige diameter leiding	250.00	[mm]
Wanddikte (Nominaal)	22.70	[mm]
Volumegewicht leidingmateriaal	9.54	[kN/m³]
Ontwerpdruk	0.00	[bar]
Incidentele druk	0.00	[bar]
Temperatuur variatie	0.00	[gr C]

Invoergegevens leiding no. 4		
Materiaal	Polyetheen	
Kwaliteit	PE100	
Elasticiteitsmodulus (kort)	975.00	[N/mm²]
Elasticiteitsmodulus (lang)	350.00	[N/mm²]
Toelaatbare spanning (kort)	10.00	[N/mm²]
Toelaatbare spanning (lang)	8.00	[N/mm²]
Tensile factor (alfa)	0.65	[-]
Lineaire uitzettingscoëff. (alfa_g)	0.0001600	[mm/mmK]
Uitwendige diameter leiding	250.00	[mm]
Wanddikte (Nominaal)	22.70	[mm]
Volumegewicht leidingmateriaal	9.54	[kN/m³]
Ontwerpdruk	0.00	[bar]
Incidentele druk	0.00	[bar]
Temperatuur variatie	0.00	[gr C]

2.13 Gegevens voor Leidingberekening

Leiding gevuld met water op rollenbaan	Nee	
Percentage leiding gevuld met vloeistof	100	[%]
Volume gewicht vloeistof	10.00	[kN/m³]
Opleghoek	30	[gr]
Belastingshoek	30	[gr]
Relatieve verplaatsing	10.00	[mm]
Samendrukkingsconstante	6.00	[-]
Beddingsconstante boorvloeistof (Kv)	500.00	[kN/m³]
Hoek van inwendige wrijving boorvloeistof	15.00	[gr]
Wrijvingsfactor leiding-rollenbaan (f1)	0.10	[-]
Wrijvingscoefficient leiding-boorvloeistof (f2)	0.000050	[N/mm²]
Wrijvingsfactor leiding-grond (f3)	0.20	[-]

2.14 Boorvloeistof Gegevens

Uitwendige diameter boorgat pilotboring	0.251	[m]
Uitwendige diameter pilotbuis	0.127	[m]
Uitwendige diameter boorgat voorruimen	0.500	[m]
Uitwendige diameter buis voorruimen	0.127	[m]
Uitwendige diameter uiteindelijke boorgat	0.780	[m]
Uitwendige diameter leiding	0.500	[m]
Debiet tijdens pilotboring	1650.0000	[liter/minuut]
Debiet tijdens voorruimen	1500.0000	[liter/minuut]
Debiet tijdens intrekken	1300.0000	[liter/minuut]
Factor debietverlies tijdens pilotboring	0.30	[-]
Factor debietverlies tijdens voorruimen	0.20	[-]
Factor debietverlies tijdens intrekken	0.20	[-]
Volumegewicht boorvloeistof	11.1	[kN/m³]
Zwichtspanning boorvloeistof	0.014	[kN/m²]
Viscositeit boorvloeistof	0.000040	[kN.s/m²]

2.15 Factoren

(Polyetheen)Veiligheidsfactor implosie (Lang)	3.0	[-]
(Polyetheen)Veiligheidsfactor implosie (Kort)	1.5	[-]
Onzekerheidsfactor volumegewicht van materiaaltypen onder en boven freatische lijn	1.10	[-]
Onzekerheidsfactor (gedraineerde) cohesie C	1.40	[-]
Onzekerheidsfactor ongedraineerde schuifsterkte Su	1.40	[-]
Onzekerheidsfactor Phi	1.10	[-]
Onzekerheidsfactor E-modulus	1.25	[-]
Onzekerheidsfactor beddingsconstante	2.00	[-]
Belastingsfactor ontwerpdruk (Polyetheen)	1.00	[-]
Belastingsfactor ontwerpdruk (combinatie) (Polyetheen)	1.00	[-]
Belastingsfactor testdruk (Polyetheen)	1.00	[-]
Belastingsfactor aanlegbelasting (Polyetheen)	1.00	[-]
Belastingsfactor gereduc. neutr. grondspan. q_n;r (Polyetheen)	1.50	[-]
Belastingsfactor temperatuur (Polyetheen)	1.10	[-]
Belastingsfactor verkeersbelasting (Polyetheen)	1.35	[-]
Importantie factor (S)	1.00	[-]
Toelaatbare deflectie stalen leiding	15.00	[%]
Toelaatb. deflectie stalen leiding bij inspectie ('piggability')	5.00	[%]
Toelaatbare deflectie polyetheen leiding	10.00	[%]
Toelaat. deflectie polyetheen leiding bij inspectie ('piggability')	5.00	[%]
Volumegewicht water	10.00	[kN/m³]
Veiligheidsfactor dekking (gedraineerde lagen)	0.50	[-]
Veiligheidsfactor dekking (ongedraineerde lagen)	0.50	[-]
Verhouding H/Do voor grens tussen ondiepe en diepe situatie	7.50	[-]

2.16 Rekenopties

Stress analyse optie : Standaard

3 Boorvloeistofdrukken

3.1 Boorvloeistof Gegevens

Verticaal nr.	Boorvloeistofdrukken pilot [kN/m²]			
	Max, deformatie	Max, gronddruk	Min, links	Min, rechts
1	204	204	38	371
2	435	715	77	397
3	596	1204	115	422
4	640	1285	153	447
5	946	1963	192	473
6	1108	2304	230	498
7	1242	2584	265	520
8	1339	2764	296	539
9	1419	2909	325	554
10	1486	3031	349	567
11	1544	3136	371	576
12	1594	3230	389	581
13	1634	3303	404	584
14	1663	3359	416	583
15	1680	3392	425	579
16	1684	3400	431	573
17	1685	3401	437	567
18	1684	3400	441	563
19	1682	3397	448	557
20	1589	3203	456	548
21	1562	3146	462	542
22	1546	3113	468	536
23	1529	3077	475	530
24	1527	3074	481	524
25	1522	3064	487	517
26	1444	2901	493	511
27	1434	2881	499	505
28	1482	2979	506	499
29	1506	3030	512	492
30	1495	3007	518	486
31	1438	2889	524	480
32	1456	2925	531	474
33	1474	2963	537	467
34	1490	2996	543	461
35	1505	3028	549	455
36	1533	3087	555	449
37	1560	3142	562	443
38	1583	3189	568	436
39	1605	3237	574	430
40	1638	3304	580	424
41	1659	3350	583	414
42	1654	3347	582	401
43	1632	3314	576	382
44	1585	3232	566	359
45	1520	3117	551	332
46	1437	2970	531	299
47	1322	2748	507	262
48	1006	2042	482	224
49	973	2023	456	185
50	789	1632	431	147
51	439	879	406	109
52	301	570	380	71
53	158	195	355	32

Verticaal nr.	Boorvloeistofdrukken voorruimen [kN/m²]			
	Max, deformatie	Max, gronddruk	Min, links	Min, rechts
1	128	128	34	38
2	432	495	67	77
3	595	954	101	115
4	646	1223	134	153
5	929	1855	168	192
6	1103	2292	201	230
7	1239	2577	231	265
8	1337	2760	258	296
9	1417	2905	282	325
10	1485	3028	302	349
11	1542	3133	319	371
12	1593	3227	332	387
13	1633	3301	343	394
14	1662	3357	350	398
15	1679	3389	354	399
16	1683	3398	356	397
17	1683	3399	357	396
18	1683	3398	358	395
19	1681	3394	360	393
20	1588	3201	362	391
21	1561	3143	364	389
22	1544	3110	365	388
23	1527	3073	367	386
24	1524	3068	369	384
25	1515	3049	370	383
26	1443	2899	372	381
27	1433	2879	374	380
28	1481	2977	375	378
29	1505	3027	377	376
30	1494	3005	378	375
31	1437	2887	380	373
32	1454	2922	382	371
33	1473	2960	383	370
34	1488	2993	385	368
35	1504	3025	387	367
36	1532	3084	388	365
37	1559	3139	390	363
38	1581	3186	391	362
39	1604	3233	393	360
40	1636	3300	395	358
41	1657	3347	393	354
42	1652	3344	387	344
43	1630	3310	377	331
44	1583	3227	359	312
45	1517	3112	332	289
46	1433	2962	299	262
47	1315	2731	262	229
48	1069	2198	224	196
49	967	1961	185	162
50	756	1429	147	129
51	439	800	109	95
52	301	442	71	62
53	129	129	32	28

Verticaal nr.	Boorvloeistofdrukken intrekken [kN/m²]			
	Max, deformatie	Max, gronddruk	Min, links	Min, rechts
1	94	94	34	34
2	373	373	68	67
3	593	758	102	101
4	653	1063	136	134
5	909	1595	170	168

Verticaal nr.	Boorvloeistofdrukken intrekken [kN/m²]			
	Max, deformatie	Max, gronddruk	Min, links	Min, rechts
6	1098	2085	204	201
7	1236	2476	235	231
8	1335	2735	262	258
9	1415	2901	287	282
10	1483	3024	307	302
11	1541	3130	325	319
12	1592	3224	339	332
13	1631	3298	350	343
14	1661	3354	357	350
15	1678	3387	362	354
16	1682	3395	364	356
17	1682	3396	366	357
18	1682	3395	368	358
19	1680	3391	370	360
20	1587	3198	373	362
21	1559	3140	375	364
22	1543	3106	377	365
23	1525	3069	379	367
24	1521	3061	381	369
25	1508	3033	383	370
26	1442	2896	381	372
27	1432	2876	380	374
28	1479	2974	378	375
29	1504	3024	376	377
30	1493	3002	375	378
31	1436	2884	373	380
32	1453	2920	371	382
33	1471	2957	370	381
34	1487	2990	368	379
35	1503	3022	367	377
36	1531	3081	365	374
37	1557	3136	363	372
38	1580	3183	362	370
39	1602	3230	360	368
40	1635	3297	358	366
41	1656	3343	354	360
42	1650	3340	344	351
43	1628	3305	331	336
44	1580	3222	312	318
45	1514	3105	289	294
46	1429	2952	262	266
47	1306	2635	229	233
48	1110	2154	196	199
49	960	1715	162	165
50	717	1175	129	131
51	439	678	95	97
52	301	350	62	63
53	96	96	28	29

3.2 Evenwicht tussen Waterdruk en Boorvloeistofdruk

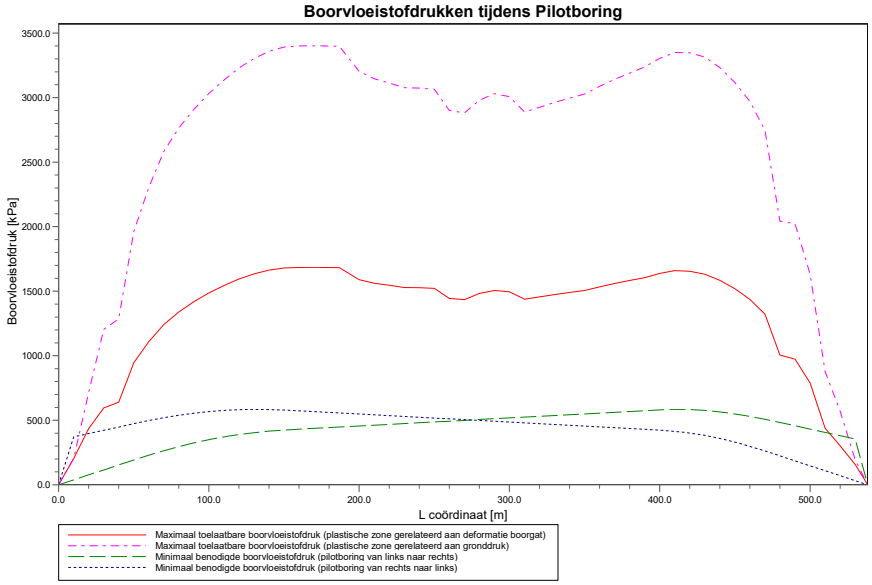
Verticaal nr.	Hydrostatische kolomdruk			
	Boorvloeistof [kN/m²]	Water [kN/m²]	Veiligheidsfactor [-]	Resultaat
1	32	0	-	voldoet
2	64	0	-	voldoet
3	95	0	-	voldoet
4	127	0	-	voldoet
5	159	0	-	voldoet
6	191	0	-	voldoet
7	220	0	-	voldoet
8	245	19	12.97	voldoet
9	267	39	6.92	voldoet

Verticaal nr.	Hydrostatische kolomdruk			
	Boorvloeistof [kN/m²]	Water [kN/m²]	Veiligheidsfactor [-]	Resultaat
10	286	55	5.17	voldoet
11	301	69	4.36	voldoet
12	313	80	3.93	voldoet
13	322	88	3.67	voldoet
14	328	93	3.54	voldoet
15	330	95	3.48	voldoet
16	331	95	3.48	voldoet
17	331	95	3.48	voldoet
18	331	95	3.48	voldoet
19	331	95	3.49	voldoet
20	331	95	3.49	voldoet
21	331	95	3.49	voldoet
22	332	95	3.49	voldoet
23	332	95	3.49	voldoet
24	332	95	3.49	voldoet
25	332	95	3.50	voldoet
26	332	95	3.50	voldoet
27	332	95	3.50	voldoet
28	333	95	3.50	voldoet
29	333	95	3.50	voldoet
30	333	95	3.50	voldoet
31	333	95	3.50	voldoet
32	333	95	3.51	voldoet
33	333	95	3.51	voldoet
34	333	95	3.51	voldoet
35	334	95	3.51	voldoet
36	334	95	3.51	voldoet
37	334	95	3.51	voldoet
38	334	95	3.52	voldoet
39	334	95	3.52	voldoet
40	334	95	3.52	voldoet
41	331	92	3.60	voldoet
42	324	85	3.80	voldoet
43	312	74	4.20	voldoet
44	295	59	4.98	voldoet
45	274	40	6.83	voldoet
46	248	17	14.88	voldoet
47	218	0	-	voldoet
48	186	0	-	voldoet
49	154	0	-	voldoet
50	122	0	-	voldoet
51	90	0	-	voldoet
52	59	0	-	voldoet
53	27	0	-	voldoet

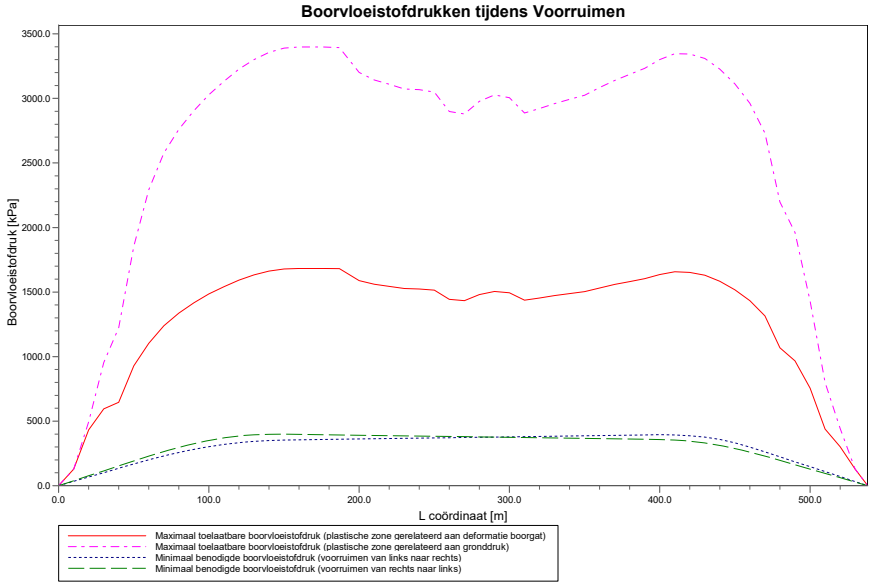
De statische boorvloeistofdruk is berekend en kan worden vergeleken met de berekende grondwater druk. De veiligheids factor wordt bepaald door de verhouding van boorvloeistofdruk en grondwater druk. Deze moet hoger zijn dan de vereiste veiligheidsfactor van 1.10

3.3 Boorvloeistofdruk Grafieken

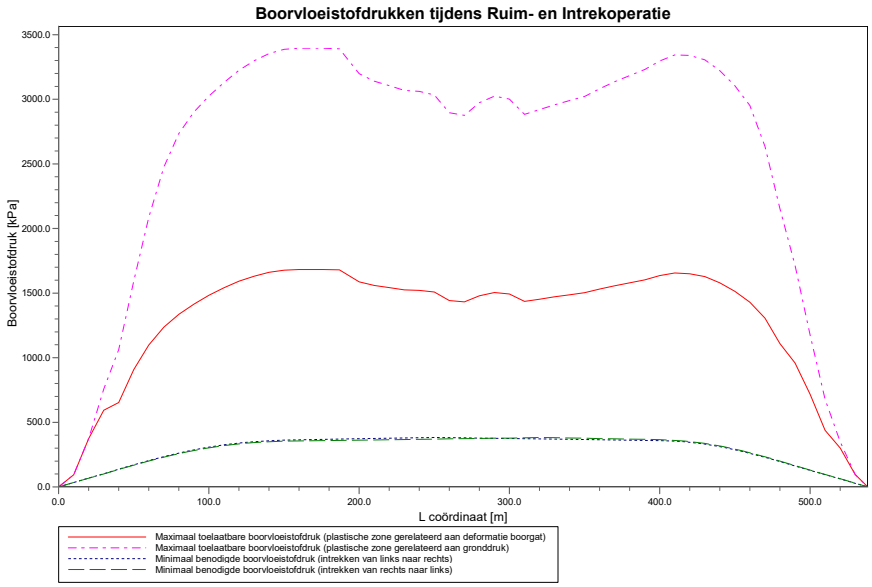
3.3.1 Boorvloeistofdrukken tijdens Pilotboring



3.3.2 Boorvloeistofdrukken tijdens Voorruimen



3.3.3 Boorvloeistofdrukken tijdens Ruim- en Intrekoperatie



4 Grondmechanische Data

4.1 Grondmechanische Parameters Ø250mm PE100 SDR11 (1): leiding no. 1

De volgende gegevens en uitgangspunten zijn gehanteerd voor de sterkteberekening:
Merk op: veiligheidsfactoren niet toegepast.

q_v;p	Passieve grondspanning	kN/m²
q_v;n	Neutrale grondspanning	kN/m²
q_h;n	Neutrale horizontale grondspanning	kN/m²
q_v,r;n	Gereduceerde neutrale grondspanning	kN/m²
q_verkeer	Verkeersbelasting	kN/m²
q_v;e	Verticaal evenwichtsdraagvermogen	kN/m²
q_h;e	Horizontaal evenwichtsdraagvermogen	kN/m²
k_v;bot	Verticaal beddingsgetal omlaag	kN/m³
k_v;top	Verticaal beddingsgetal omhoog	kN/m³
k_h	Horizontaal beddinggetal	kN/m³
t_max	Maximale wrijving leiding-boorvloeistof	kN/m²
d_max	Corresponderende verplaatsing bij mobilisatie maximale wrijving	mm

Verticaal nr.	q_v;p [kN/m²]	q_v;n [kN/m²]	q_h;n [kN/m²]	q_v;r;n [kN/m²]	q_verkeer [kN/m²]	q_v;e [kN/m²]
1	218	51	33	51	4	1811
2	805	105	16	25	1	4933
3	1734	159	16	25	1	7467
4	1742	211	16	25	0	7447
5	2709	266	16	25	0	12474
6	3188	323	16	25	0	15152
7	3611	375	16	25	0	17589
8	3857	407	16	24	0	19071
9	4047	432	15	23	0	20213
10	4207	452	15	23	0	21183
11	4344	470	14	23	0	22024
12	4466	486	14	22	0	22778
13	4561	499	14	22	0	23373
14	4633	509	14	22	1	23821
15	4674	514	14	22	1	24076
16	4683	515	14	22	1	24134
17	4683	515	14	22	1	24131
18	4680	515	14	22	0	24115
19	4673	514	14	22	0	24073
20	4418	480	14	22	0	22479
21	4297	464	14	22	0	21731
22	4191	450	14	21	0	21080
23	4103	438	14	21	0	20543
24	4068	434	14	21	0	20331
25	4036	430	13	21	0	20134
26	3993	424	13	21	0	19874
27	3964	421	13	21	0	19702
28	4092	437	13	21	0	20476
29	4157	446	13	21	0	20870
30	4125	441	13	21	0	20678
31	3968	421	13	21	0	19722
32	4013	427	13	21	0	19995
33	4061	433	13	21	0	20288
34	4102	438	13	21	0	20539
35	4144	444	13	21	0	20790
36	4219	454	13	21	0	21252
37	4291	463	14	21	0	21692
38	4352	471	14	21	0	22067
39	4412	479	14	21	0	22442
40	4499	491	14	21	0	22983
41	4560	499	14	21	0	23362
42	4556	498	14	21	0	23335

Verticaal nr.	q_v;p [kN/m²]	q_v;n [kN/m²]	q_h;n [kN/m²]	q_v;r;n [kN/m²]	q_verkeer [kN/m²]	q_v;e [kN/m²]
43	4512	492	14	22	0	23065
44	4405	478	14	22	0	22402
45	4257	459	15	23	0	21493
46	4068	434	15	24	0	20339
47	3766	395	16	24	0	18519
48	2575	337	16	24	0	13774
49	2806	277	15	24	0	13000
50	2291	218	15	24	0	10233
51	1360	158	15	24	0	5579
52	767	100	15	23	0	3540
53	177	45	29	45	0	1590

Verticaal nr.	q_h;e [kN/m²]	k_v;bot [kN/m³]	k_v;top [kN/m³]	k_h [kN/m³]	t_max [kN/m²]	d_max [mm]
1	497	144728	128336	101310	0.05	7.5
2	1164	243531	209630	170472	0.05	7.5
3	1734	276544	271018	193581	0.05	7.5
4	1742	196219	182916	137353	0.05	7.5
5	2709	390588	352744	273412	0.05	7.5
6	3188	432736	411061	302915	0.05	7.5
7	3611	466074	448392	326252	0.05	7.5
8	3857	485158	473409	339611	0.05	7.5
9	4047	500701	489248	350490	0.05	7.5
10	4207	513619	502400	359533	0.05	7.5
11	4344	524617	513588	367232	0.05	7.5
12	4466	534316	523449	374021	0.05	7.5
13	4561	541877	531133	379314	0.05	7.5
14	4633	547517	536862	383262	0.05	7.5
15	4674	550715	540110	385501	0.05	7.5
16	4683	551437	540843	386006	0.05	7.5
17	4683	551394	540799	385976	0.05	7.5
18	4680	551198	540600	385839	0.05	7.5
19	4673	550680	540074	385476	0.05	7.5
20	4418	530466	519536	371326	0.05	7.5
21	4297	520778	509684	364545	0.05	7.5
22	4191	512225	500981	358558	0.05	7.5
23	4103	505080	493707	353556	0.05	7.5
24	4068	502223	490798	351556	0.05	7.5
25	4036	499577	488103	349704	0.05	7.5
26	3993	495577	484999	346904	0.05	7.5
27	3964	493225	482606	345257	0.05	7.5
28	4092	503687	493247	352581	0.05	7.5
29	4157	508947	498595	356263	0.05	7.5
30	4125	506388	495993	354472	0.05	7.5
31	3968	493506	482892	345454	0.05	7.5
32	4013	497216	486666	348051	0.05	7.5
33	4061	501171	490689	350820	0.05	7.5
34	4102	504538	494113	353177	0.05	7.5
35	4144	507888	497518	355522	0.05	7.5
36	4219	514012	503741	359808	0.05	7.5
37	4291	519791	509613	363854	0.05	7.5
38	4352	524677	514575	367274	0.05	7.5
39	4412	529527	519500	370669	0.05	7.5
40	4499	536453	526531	375517	0.05	7.5
41	4560	541268	531417	378888	0.05	7.5
42	4556	540933	531077	378653	0.05	7.5
43	4512	537511	527605	376258	0.05	7.5
44	4405	529033	518998	370323	0.05	7.5
45	4257	517225	507006	362057	0.05	7.5
46	4068	501936	491466	351355	0.05	7.5
47	3766	480267	462138	336187	0.05	7.5
48	2575	399414	387095	279590	0.05	7.5
49	2806	398558	376527	278991	0.05	7.5
50	2291	351661	265441	246163	0.05	7.5

Verticaal nr.	q_h;e [kN/m²]	k_v;bot [kN/m³]	k_v;top [kN/m³]	k_h [kN/m³]	t_max [kN/m²]	d_max [mm]
51	1360	169228	154101	118460	0.05	7.5
52	898	135094	116548	94566	0.05	7.5
53	365	93869	66826	65708	0.05	7.5

Maximale grondspanning : q_v;n;max = 515 kN/m²
Maximale gereduceerde grondspanning (incl. verkeersbelastingen) : q_verkeer;max = 55 kN/m²
Maximale gereduceerde grondspanning : q_v;r;n;max = 51 kN/m²
Maximale verticale beddingsconstante (zonder veiligheidsfactor) alleen voor verticalen in diepe situatie : k_v;max = 551437 kN/m³
Maximale verticale beddingsconstante (veiligheidsfactor toegepast) alleen voor verticalen in diepe situatie : k_v;max = 1102875 kN/m³

4.2 Grondmechanische Parameters Ø250mm PE100 SDR11 (2): leiding no. 2

De volgende gegevens en uitgangspunten zijn gehanteerd voor de sterkteberekening:
Merk op: veiligheidsfactoren niet toegepast.

q_v;p	Passieve grondspanning	kN/m²
q_v;n	Neutrale grondspanning	kN/m²
q_h;n	Neutrale horizontale grondspanning	kN/m²
q_v,r;n	Gereduceerde neutrale grondspanning	kN/m²
q_verkeer	Verkeersbelasting	kN/m²
q_v;e	Verticaal evenwichtsdraagvermogen	kN/m²
q_h;e	Horizontaal evenwichtsdraagvermogen	kN/m²
k_v;bot	Verticaal beddingsgetal omlaag	kN/m³
k_v;top	Verticaal beddingsgetal omhoog	kN/m³
k_h	Horizontaal beddinggetal	kN/m³
t_max	Maximale wrijving leiding-boorvloeistof	kN/m²
d_max	Corresponderende verplaatsing bij mobilisatie maximale wrijving	mm

Verticaal nr.	q_v;p [kN/m²]	q_v;n [kN/m²]	q_h;n [kN/m²]	q_v;r;n [kN/m²]	q_verkeer [kN/m²]	q_v;e [kN/m²]
1	218	51	33	51	4	1811
2	805	105	16	25	1	4933
3	1734	159	16	25	1	7467
4	1742	211	16	25	0	7447
5	2709	266	16	25	0	12474
6	3188	323	16	25	0	15152
7	3611	375	16	25	0	17589
8	3857	407	16	24	0	19071
9	4047	432	15	23	0	20213
10	4207	452	15	23	0	21183
11	4344	470	14	23	0	22024
12	4466	486	14	22	0	22778
13	4561	499	14	22	0	23373
14	4633	509	14	22	1	23821
15	4674	514	14	22	1	24076
16	4683	515	14	22	1	24134
17	4683	515	14	22	1	24131
18	4680	515	14	22	0	24115
19	4673	514	14	22	0	24073
20	4418	480	14	22	0	22479
21	4297	464	14	22	0	21731
22	4191	450	14	21	0	21080
23	4103	438	14	21	0	20543
24	4068	434	14	21	0	20331
25	4036	430	13	21	0	20134
26	3993	424	13	21	0	19874
27	3964	421	13	21	0	19702
28	4092	437	13	21	0	20476
29	4157	446	13	21	0	20870
30	4125	441	13	21	0	20678
31	3968	421	13	21	0	19722

Verticaal nr.	q_v;p [kN/m²]	q_v;n [kN/m²]	q_h;n [kN/m²]	q_v;r;n [kN/m²]	q_verkeer [kN/m²]	q_v;e [kN/m²]
32	4013	427	13	21	0	19995
33	4061	433	13	21	0	20288
34	4102	438	13	21	0	20539
35	4144	444	13	21	0	20790
36	4219	454	13	21	0	21252
37	4291	463	14	21	0	21692
38	4352	471	14	21	0	22067
39	4412	479	14	21	0	22442
40	4499	491	14	21	0	22983
41	4560	499	14	21	0	23362
42	4556	498	14	21	0	23335
43	4512	492	14	22	0	23065
44	4405	478	14	22	0	22402
45	4257	459	15	23	0	21493
46	4068	434	15	24	0	20339
47	3766	395	16	24	0	18519
48	2575	337	16	24	0	13774
49	2806	277	15	24	0	13000
50	2291	218	15	24	0	10233
51	1360	158	15	24	0	5579
52	767	100	15	23	0	3540
53	177	45	29	45	0	1590

Verticaal nr.	q_h;e [kN/m²]	k_v;bot [kN/m³]	k_v;top [kN/m³]	k_h [kN/m³]	t_max [kN/m²]	d_max [mm]
1	497	144728	128336	101310	0.05	7.5
2	1164	243531	209630	170472	0.05	7.5
3	1734	276544	271018	193581	0.05	7.5
4	1742	196219	182916	137353	0.05	7.5
5	2709	390588	352744	273412	0.05	7.5
6	3188	432736	411061	302915	0.05	7.5
7	3611	466074	448392	326252	0.05	7.5
8	3857	485158	473409	339611	0.05	7.5
9	4047	500701	489248	350490	0.05	7.5
10	4207	513619	502400	359533	0.05	7.5
11	4344	524617	513588	367232	0.05	7.5
12	4466	534316	523449	374021	0.05	7.5
13	4561	541877	531133	379314	0.05	7.5
14	4633	547517	536862	383262	0.05	7.5
15	4674	550715	540110	385501	0.05	7.5
16	4683	551437	540843	386006	0.05	7.5
17	4683	551394	540799	385976	0.05	7.5
18	4680	551198	540600	385839	0.05	7.5
19	4673	550680	540074	385476	0.05	7.5
20	4418	530466	519536	371326	0.05	7.5
21	4297	520778	509684	364545	0.05	7.5
22	4191	512225	500981	358558	0.05	7.5
23	4103	505080	493707	353556	0.05	7.5
24	4068	502223	490798	351556	0.05	7.5
25	4036	499577	488103	349704	0.05	7.5
26	3993	495577	484999	346904	0.05	7.5
27	3964	493225	482606	345257	0.05	7.5
28	4092	503687	493247	352581	0.05	7.5
29	4157	508947	498595	356263	0.05	7.5
30	4125	506388	495993	354472	0.05	7.5
31	3968	493506	482892	345454	0.05	7.5
32	4013	497216	486666	348051	0.05	7.5
33	4061	501171	490689	350820	0.05	7.5
34	4102	504538	494113	353177	0.05	7.5
35	4144	507888	497518	355522	0.05	7.5
36	4219	514012	503741	359808	0.05	7.5
37	4291	519791	509613	363854	0.05	7.5
38	4352	524677	514575	367274	0.05	7.5
39	4412	529527	519500	370669	0.05	7.5

Verticaal nr.	q_h;e [kN/m²]	k_v;bot [kN/m³]	k_v;top [kN/m³]	k_h [kN/m³]	t_max [kN/m²]	d_max [mm]
40	4499	536453	526531	375517	0.05	7.5
41	4560	541268	531417	378888	0.05	7.5
42	4556	540933	531077	378653	0.05	7.5
43	4512	537511	527605	376258	0.05	7.5
44	4405	529033	518998	370323	0.05	7.5
45	4257	517225	507006	362057	0.05	7.5
46	4068	501936	491466	351355	0.05	7.5
47	3766	480267	462138	336187	0.05	7.5
48	2575	399414	387095	279590	0.05	7.5
49	2806	398558	376527	278991	0.05	7.5
50	2291	351661	265441	246163	0.05	7.5
51	1360	169228	154101	118460	0.05	7.5
52	898	135094	116548	94566	0.05	7.5
53	365	93869	66826	65708	0.05	7.5

Maximale grondspanning : q_v;n;max = 515 kN/m²
Maximale gereduceerde grondspanning (incl. verkeersbelastingen) : q_verkeer;max = 55 kN/m²
Maximale gereduceerde grondspanning : q_v;r;n;max = 51 kN/m²
Maximale verticale beddingsconstante (zonder veiligheidsfactor) alleen voor verticalen in diepe situatie : k_v;max = 551437 kN/m³
Maximale verticale beddingsconstante (veiligheidsfactor toegepast) alleen voor verticalen in diepe situatie : k_v;max = 1102875 kN/m³

4.3 Grondmechanische Parameters Ø250mm PE100 SDR11 (3): leiding no. 3

De volgende gegevens en uitgangspunten zijn gehanteerd voor de sterkteberekening:
Merk op: veiligheidsfactoren niet toegepast.

q_v;p	Passieve grondspanning	kN/m²
q_v;n	Neutrale grondspanning	kN/m²
q_h;n	Neutrale horizontale grondspanning	kN/m²
q_v,r;n	Gereduceerde neutrale grondspanning	kN/m²
q_verkeer	Verkeersbelasting	kN/m²
q_v;e	Verticaal evenwichtsdraagvermogen	kN/m²
q_h;e	Horizontaal evenwichtsdraagvermogen	kN/m²
k_v;bot	Verticaal beddingsgetal omlaag	kN/m³
k_v;top	Verticaal beddingsgetal omhoog	kN/m³
k_h	Horizontaal beddinggetal	kN/m³
t_max	Maximale wrijving leiding-boorvloeistof	kN/m²
d_max	Corresponderende verplaatsing bij mobilisatie maximale wrijving	mm

Verticaal nr.	q_v;p [kN/m²]	q_v;n [kN/m²]	q_h;n [kN/m²]	q_v;r;n [kN/m²]	q_verkeer [kN/m²]	q_v;e [kN/m²]
1	218	51	33	51	4	1811
2	805	105	16	25	1	4933
3	1734	159	16	25	1	7467
4	1742	211	16	25	0	7447
5	2709	266	16	25	0	12474
6	3188	323	16	25	0	15152
7	3611	375	16	25	0	17589
8	3857	407	16	24	0	19071
9	4047	432	15	23	0	20213
10	4207	452	15	23	0	21183
11	4344	470	14	23	0	22024
12	4466	486	14	22	0	22778
13	4561	499	14	22	0	23373
14	4633	509	14	22	1	23821
15	4674	514	14	22	1	24076
16	4683	515	14	22	1	24134
17	4683	515	14	22	1	24131
18	4680	515	14	22	0	24115
19	4673	514	14	22	0	24073
20	4418	480	14	22	0	22479

Verticaal nr.	q_v;p [kN/m²]	q_v;n [kN/m²]	q_h;n [kN/m²]	q_v;r;n [kN/m²]	q_verkeer [kN/m²]	q_v;e [kN/m²]
21	4297	464	14	22	0	21731
22	4191	450	14	21	0	21080
23	4103	438	14	21	0	20543
24	4068	434	14	21	0	20331
25	4036	430	13	21	0	20134
26	3993	424	13	21	0	19874
27	3964	421	13	21	0	19702
28	4092	437	13	21	0	20476
29	4157	446	13	21	0	20870
30	4125	441	13	21	0	20678
31	3968	421	13	21	0	19722
32	4013	427	13	21	0	19995
33	4061	433	13	21	0	20288
34	4102	438	13	21	0	20539
35	4144	444	13	21	0	20790
36	4219	454	13	21	0	21252
37	4291	463	14	21	0	21692
38	4352	471	14	21	0	22067
39	4412	479	14	21	0	22442
40	4499	491	14	21	0	22983
41	4560	499	14	21	0	23362
42	4556	498	14	21	0	23335
43	4512	492	14	22	0	23065
44	4405	478	14	22	0	22402
45	4257	459	15	23	0	21493
46	4068	434	15	24	0	20339
47	3766	395	16	24	0	18519
48	2575	337	16	24	0	13774
49	2806	277	15	24	0	13000
50	2291	218	15	24	0	10233
51	1360	158	15	24	0	5579
52	767	100	15	23	0	3540
53	177	45	29	45	0	1590

Verticaal nr.	q_h;e [kN/m²]	k_v;bot [kN/m³]	k_v;top [kN/m³]	k_h [kN/m³]	t_max [kN/m²]	d_max [mm]
1	497	144728	128336	101310	0.05	7.5
2	1164	243531	209630	170472	0.05	7.5
3	1734	276544	271018	193581	0.05	7.5
4	1742	196219	182916	137353	0.05	7.5
5	2709	390588	352744	273412	0.05	7.5
6	3188	432736	411061	302915	0.05	7.5
7	3611	466074	448392	326252	0.05	7.5
8	3857	485158	473409	339611	0.05	7.5
9	4047	500701	489248	350490	0.05	7.5
10	4207	513619	502400	359533	0.05	7.5
11	4344	524617	513588	367232	0.05	7.5
12	4466	534316	523449	374021	0.05	7.5
13	4561	541877	531133	379314	0.05	7.5
14	4633	547517	536862	383262	0.05	7.5
15	4674	550715	540110	385501	0.05	7.5
16	4683	551437	540843	386006	0.05	7.5
17	4683	551394	540799	385976	0.05	7.5
18	4680	551198	540600	385839	0.05	7.5
19	4673	550680	540074	385476	0.05	7.5
20	4418	530466	519536	371326	0.05	7.5
21	4297	520778	509684	364545	0.05	7.5
22	4191	512225	500981	358558	0.05	7.5
23	4103	505080	493707	353556	0.05	7.5
24	4068	502223	490798	351556	0.05	7.5
25	4036	499577	488103	349704	0.05	7.5
26	3993	495577	484999	346904	0.05	7.5
27	3964	493225	482606	345257	0.05	7.5
28	4092	503687	493247	352581	0.05	7.5

Verticaal nr.	q_h;e [kN/m²]	k_v;bot [kN/m³]	k_v;top [kN/m³]	k_h [kN/m³]	t_max [kN/m²]	d_max [mm]
29	4157	508947	498595	356263	0.05	7.5
30	4125	506388	495993	354472	0.05	7.5
31	3968	493506	482892	345454	0.05	7.5
32	4013	497216	486666	348051	0.05	7.5
33	4061	501171	490689	350820	0.05	7.5
34	4102	504538	494113	353177	0.05	7.5
35	4144	507888	497518	355522	0.05	7.5
36	4219	514012	503741	359808	0.05	7.5
37	4291	519791	509613	363854	0.05	7.5
38	4352	524677	514575	367274	0.05	7.5
39	4412	529527	519500	370669	0.05	7.5
40	4499	536453	526531	375517	0.05	7.5
41	4560	541268	531417	378888	0.05	7.5
42	4556	540933	531077	378653	0.05	7.5
43	4512	537511	527605	376258	0.05	7.5
44	4405	529033	518998	370323	0.05	7.5
45	4257	517225	507006	362057	0.05	7.5
46	4068	501936	491466	351355	0.05	7.5
47	3766	480267	462138	336187	0.05	7.5
48	2575	399414	387095	279590	0.05	7.5
49	2806	398558	376527	278991	0.05	7.5
50	2291	351661	265441	246163	0.05	7.5
51	1360	169228	154101	118460	0.05	7.5
52	898	135094	116548	94566	0.05	7.5
53	365	93869	66826	65708	0.05	7.5

Maximale grondspanning : q_v;n;max = 515 kN/m²
Maximale gereduceerde grondspanning (incl. verkeersbelastingen) : q_verkeer;max = 55 kN/m²
Maximale gereduceerde grondspanning : q_v;r;n;max = 51 kN/m²
Maximale verticale beddingsconstante (zonder veiligheidsfactor) alleen voor verticalen in diepe situatie : k_v;max = 551437 kN/m³
Maximale verticale beddingsconstante (veiligheidsfactor toegepast) alleen voor verticalen in diepe situatie : k_v;max = 1102875 kN/m³

4.4 Grondmechanische Parameters Ø250mm PE100 SDR11 (4): leiding no. 4

De volgende gegevens en uitgangspunten zijn gehanteerd voor de sterkteberekening:
Merk op: veiligheidsfactoren niet toegepast.

q_v;p	Passieve grondspanning	kN/m²
q_v;n	Neutrale grondspanning	kN/m²
q_h;n	Neutrale horizontale grondspanning	kN/m²
q_v,r;n	Gereduceerde neutrale grondspanning	kN/m²
q_verkeer	Verkeersbelasting	kN/m²
q_v;e	Verticaal evenwichtsdraagvermogen	kN/m²
q_h;e	Horizontaal evenwichtsdraagvermogen	kN/m²
k_v;bot	Verticaal beddingsgetal omlaag	kN/m³
k_v;top	Verticaal beddingsgetal omhoog	kN/m³
k_h	Horizontaal beddinggetal	kN/m³
t_max	Maximale wrijving leiding-boorvloeistof	kN/m²
d_max	Corresponderende verplaatsing bij mobilisatie maximale wrijving	mm

Verticaal nr.	q_v;p [kN/m²]	q_v;n [kN/m²]	q_h;n [kN/m²]	q_v;r;n [kN/m²]	q_verkeer [kN/m²]	q_v;e [kN/m²]
1	218	51	33	51	4	1811
2	805	105	16	25	1	4933
3	1734	159	16	25	1	7467
4	1742	211	16	25	0	7447
5	2709	266	16	25	0	12474
6	3188	323	16	25	0	15152
7	3611	375	16	25	0	17589
8	3857	407	16	24	0	19071
9	4047	432	15	23	0	20213

Verticaal nr.	q_v;p [kN/m²]	q_v;n [kN/m²]	q_h;n [kN/m²]	q_v;r;n [kN/m²]	q_verkeer [kN/m²]	q_v;e [kN/m²]
10	4207	452	15	23	0	21183
11	4344	470	14	23	0	22024
12	4466	486	14	22	0	22778
13	4561	499	14	22	0	23373
14	4633	509	14	22	1	23821
15	4674	514	14	22	1	24076
16	4683	515	14	22	1	24134
17	4683	515	14	22	1	24131
18	4680	515	14	22	0	24115
19	4673	514	14	22	0	24073
20	4418	480	14	22	0	22479
21	4297	464	14	22	0	21731
22	4191	450	14	21	0	21080
23	4103	438	14	21	0	20543
24	4068	434	14	21	0	20331
25	4036	430	13	21	0	20134
26	3993	424	13	21	0	19874
27	3964	421	13	21	0	19702
28	4092	437	13	21	0	20476
29	4157	446	13	21	0	20870
30	4125	441	13	21	0	20678
31	3968	421	13	21	0	19722
32	4013	427	13	21	0	19995
33	4061	433	13	21	0	20288
34	4102	438	13	21	0	20539
35	4144	444	13	21	0	20790
36	4219	454	13	21	0	21252
37	4291	463	14	21	0	21692
38	4352	471	14	21	0	22067
39	4412	479	14	21	0	22442
40	4499	491	14	21	0	22983
41	4560	499	14	21	0	23362
42	4556	498	14	21	0	23335
43	4512	492	14	22	0	23065
44	4405	478	14	22	0	22402
45	4257	459	15	23	0	21493
46	4068	434	15	24	0	20339
47	3766	395	16	24	0	18519
48	2575	337	16	24	0	13774
49	2806	277	15	24	0	13000
50	2291	218	15	24	0	10233
51	1360	158	15	24	0	5579
52	767	100	15	23	0	3540
53	177	45	29	45	0	1590

Verticaal nr.	q_h;e [kN/m²]	k_v;bot [kN/m³]	k_v;top [kN/m³]	k_h [kN/m³]	t_max [kN/m²]	d_max [mm]
1	497	144728	128336	101310	0.05	7.5
2	1164	243531	209630	170472	0.05	7.5
3	1734	276544	271018	193581	0.05	7.5
4	1742	196219	182916	137353	0.05	7.5
5	2709	390588	352744	273412	0.05	7.5
6	3188	432736	411061	302915	0.05	7.5
7	3611	466074	448392	326252	0.05	7.5
8	3857	485158	473409	339611	0.05	7.5
9	4047	500701	489248	350490	0.05	7.5
10	4207	513619	502400	359533	0.05	7.5
11	4344	524617	513588	367232	0.05	7.5
12	4466	534316	523449	374021	0.05	7.5
13	4561	541877	531133	379314	0.05	7.5
14	4633	547517	536862	383262	0.05	7.5
15	4674	550715	540110	385501	0.05	7.5
16	4683	551437	540843	386006	0.05	7.5
17	4683	551394	540799	385976	0.05	7.5

Verticaal nr.	q_h;e [kN/m²]	k_v;bot [kN/m³]	k_v;top [kN/m³]	k_h [kN/m³]	t_max [kN/m²]	d_max [mm]
18	4680	551198	540600	385839	0.05	7.5
19	4673	550680	540074	385476	0.05	7.5
20	4418	530466	519536	371326	0.05	7.5
21	4297	520778	509684	364545	0.05	7.5
22	4191	512225	500981	358558	0.05	7.5
23	4103	505080	493707	353556	0.05	7.5
24	4068	502223	490798	351556	0.05	7.5
25	4036	499577	488103	349704	0.05	7.5
26	3993	495577	484999	346904	0.05	7.5
27	3964	493225	482606	345257	0.05	7.5
28	4092	503687	493247	352581	0.05	7.5
29	4157	508947	498595	356263	0.05	7.5
30	4125	506388	495993	354472	0.05	7.5
31	3968	493506	482892	345454	0.05	7.5
32	4013	497216	486666	348051	0.05	7.5
33	4061	501171	490689	350820	0.05	7.5
34	4102	504538	494113	353177	0.05	7.5
35	4144	507888	497518	355522	0.05	7.5
36	4219	514012	503741	359808	0.05	7.5
37	4291	519791	509613	363854	0.05	7.5
38	4352	524677	514575	367274	0.05	7.5
39	4412	529527	519500	370669	0.05	7.5
40	4499	536453	526531	375517	0.05	7.5
41	4560	541268	531417	378888	0.05	7.5
42	4556	540933	531077	378653	0.05	7.5
43	4512	537511	527605	376258	0.05	7.5
44	4405	529033	518998	370323	0.05	7.5
45	4257	517225	507006	362057	0.05	7.5
46	4068	501936	491466	351355	0.05	7.5
47	3766	480267	462138	336187	0.05	7.5
48	2575	399414	387095	279590	0.05	7.5
49	2806	398558	376527	278991	0.05	7.5
50	2291	351661	265441	246163	0.05	7.5
51	1360	169228	154101	118460	0.05	7.5
52	898	135094	116548	94566	0.05	7.5
53	365	93869	66826	65708	0.05	7.5

Maximale grondspanning : q_v;n;max = 515 kN/m²
Maximale gereduceerde grondspanning (incl. verkeersbelastingen) : q_verkeer;max = 55 kN/m²
Maximale gereduceerde grondspanning : q_v;r;n;max = 51 kN/m²
Maximale verticale beddingsconstante (zonder veiligheidsfactor) alleen voor verticalen in diepe situatie : k_v;max = 551437 kN/m³
Maximale verticale beddingsconstante (veiligheidsfactor toegepast) alleen voor verticalen in diepe situatie : k_v;max = 1102875 kN/m³

4.5 Young's Modulus per Laag per Verticaal

Laag nummer	Materiaalnaam	Bepalingtype
8	Klei (Sterk zandig1)	Berekend met E100
7	Zand (Schoon-Vast1)	Berekend met E100
6	Zand (Schoon-Matig)	Berekend met E100
5	Zand (Schoon-Vast1)	Berekend met E100
4	Zand (Schoon-Matig)	Berekend met E100
3	Zand (Schoon-Vast1)	Berekend met E100
2	Grind (SterkSiltig-Vast1)	Berekend met E100
1	Grind (SterkSiltig-Vast2)	Berekend met E100

Laag nummer	Verticaal 1 (L=10 m)		Verticaal 2 (L=20 m)		Verticaal 3 (L=30 m)	
	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]
8	0.000	0.584	0.000	0.570	0.000	0.556
7	34.765	55.589	34.234	55.511	33.694	55.434

Laag nummer	Verticaal 1 (L=10 m)		Verticaal 2 (L=20 m)		Verticaal 3 (L=30 m)	
	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]
6	33.353	36.224	33.307	36.778	33.260	37.324
5	60.373	100.192	61.297	100.804	62.207	101.413
4	60.115	69.266	60.483	69.446	60.848	69.626
3	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
2	115.443	176.366	115.743	176.302	116.043	176.238
1	258.670	260.804	258.576	260.711	258.483	260.619

Laag nummer	Verticaal 4 (L=40 m)		Verticaal 5 (L=50 m)		Verticaal 6 (L=60 m)	
	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]
8	0.000	0.542	0.000	0.538	0.000	0.540
7	33.159	55.364	33.022	55.535	33.095	55.830
6	33.218	37.866	33.321	38.526	33.498	39.238
5	63.110	102.023	64.210	102.759	65.397	103.557
4	61.214	69.807	61.655	70.057	62.134	70.342
3	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
2	116.346	176.177	116.762	176.192	117.236	176.246
1	258.393	260.530	258.415	260.551	258.494	260.629

Laag nummer	Verticaal 7 (L=70 m)		Verticaal 8 (L=80 m)		Verticaal 9 (L=90 m)	
	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]
8	0.000	0.551	0.000	0.561	0.000	0.571
7	33.495	56.317	33.890	56.801	34.280	57.280
6	33.790	40.036	34.080	40.818	34.368	41.585
5	66.726	104.453	68.030	105.341	69.308	106.222
4	62.672	70.681	63.205	71.018	63.733	71.354
3	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
2	117.801	176.361	118.363	176.477	118.923	176.593
1	258.663	260.798	258.833	260.966	259.003	261.134

Laag nummer	Verticaal 10 (L=100 m)		Verticaal 11 (L=110 m)		Verticaal 12 (L=120 m)	
	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]
8	0.000	0.581	0.000	0.607	0.000	0.668
7	34.627	57.731	35.609	58.565	37.802	60.158
6	34.639	42.327	35.139	43.244	36.095	44.516
5	70.545	107.084	72.073	108.146	74.193	109.619
4	64.250	71.681	64.888	72.119	65.772	72.783
3	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
2	119.468	176.701	120.199	176.936	121.305	177.430
1	259.161	261.291	259.506	261.633	260.231	262.352

Laag nummer	Verticaal 13 (L=130 m)		Verticaal 14 (L=140 m)		Verticaal 15 (L=150 m)	
	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]
8	0.000	0.730	0.000	0.796	0.000	0.848
7	39.940	61.751	42.180	63.444	43.880	64.804
6	37.051	45.773	38.067	47.064	38.882	48.180
5	76.288	111.096	78.440	112.633	80.300	113.984
4	66.658	73.453	67.580	74.161	68.390	74.771
3	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
2	122.422	177.938	123.601	178.494	124.618	178.943
1	260.976	263.091	261.791	263.900	262.450	264.553

Laag nummer	Verticaal 16 (L=160 m)		Verticaal 17 (L=170 m)		Verticaal 18 (L=175.796 m)	
	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]
8	0.000	0.865	0.000	0.859	0.000	0.850
7	44.433	65.394	44.226	65.468	43.919	65.385
6	39.237	48.914	39.281	49.392	39.231	49.608
5	81.523	114.895	82.320	115.509	82.680	115.792
4	68.937	75.143	69.305	75.353	69.475	75.435

Laag nummer	Verticaal 16 (L=160 m)		Verticaal 17 (L=170 m)		Verticaal 18 (L=175.796 m)	
	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]
3	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
2	125.239	179.119	125.589	179.107	125.726	179.055
1	262.708	264.809	262.691	264.793	262.613	264.716

Laag nummer	Verticaal 19 (L=186.847 m)		Verticaal 20 (L=200 m)		Verticaal 21 (L=210 m)	
	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]
8	0.000	0.826	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
7	43.166	65.120	0.000	48.400	0.000	39.567
6	39.072	49.966	29.040	43.250	23.740	40.428
5	83.277	116.271	72.084	108.601	67.380	105.588
4	69.762	75.559	65.160	71.153	63.353	69.362
3	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	115.604	124.109
2	125.931	178.915	118.589	173.477	124.109	170.869
1	262.409	264.513	254.434	256.603	250.608	252.810

Laag nummer	Verticaal 22 (L=220 m)		Verticaal 23 (L=230 m)		Verticaal 24 (L=240 m)	
	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]
8	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
7	0.000	30.986	0.000	22.165	0.000	20.296
6	18.591	38.210	13.299	36.535	12.178	36.739
5	63.683	103.320	60.891	101.676	61.232	101.933
4	61.992	67.980	61.006	66.938	61.160	66.934
3	113.300	134.051	111.563	140.468	111.557	146.576
2	134.051	168.565	140.468	166.639	146.576	165.869
1	247.228	249.461	244.404	246.662	243.275	245.543

Laag nummer	Verticaal 25 (L=250 m)		Verticaal 26 (L=260 m)		Verticaal 27 (L=270 m)	
	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]
8	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
7	0.000	18.774	0.000	11.413	n.v.t.	n.v.t.
6	11.265	37.039	6.848	36.544	0.000	36.160
5	61.732	102.287	60.907	101.844	60.267	101.516
4	61.372	66.984	61.106	66.596	60.909	66.270
3	111.640	152.505	110.993	157.697	110.449	162.795
2	152.505	165.156	157.697	163.944	n.v.t.	n.v.t.
1	242.228	244.506	240.451	242.745	238.767	241.077

Laag nummer	Verticaal 28 (L=280 m)		Verticaal 29 (L=290 m)		Verticaal 30 (L=300 m)	
	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]
8	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
7	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
6	0.000	41.101	0.000	43.665	0.000	43.248
5	68.501	106.661	72.775	109.503	72.080	109.092
4	63.996	68.978	65.702	70.426	65.455	70.058
3	114.963	165.627	117.376	167.051	116.763	166.358
2	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
1	242.920	245.191	245.008	247.260	243.992	246.253

Laag nummer	Verticaal 31 (L=310 m)		Verticaal 32 (L=320 m)		Verticaal 33 (L=330 m)	
	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]
8	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
7	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
6	0.000	38.782	0.000	40.854	0.000	42.926
5	64.636	104.375	68.090	106.599	71.544	108.887
4	62.625	67.278	63.959	68.381	65.332	69.527
3	112.130	162.871	113.968	163.876	115.879	164.946
2	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
1	238.878	241.188	240.351	242.647	241.921	244.202

Laag nummer	Verticaal 34 (L=340 m)		Verticaal 35 (L=350 m)		Verticaal 36 (L=360 m)	
	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]
8	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
7	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
6	0.000	44.700	0.000	46.405	0.000	48.992
5	74.499	110.900	77.342	112.877	81.653	115.920
4	66.540	70.527	67.726	71.512	69.552	73.111
3	117.544	165.858	119.187	166.764	121.852	168.420
2	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
1	243.258	245.526	244.587	246.843	247.016	249.250

Laag nummer	Verticaal 37 (L=370 m)		Verticaal 38 (L=380 m)		Verticaal 39 (L=390 m)	
	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]
8	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
7	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
6	0.000	51.356	0.000	53.353	0.000	55.278
5	85.593	118.774	88.922	121.239	92.131	123.655
4	71.264	74.613	72.743	75.900	74.193	77.165
3	124.355	169.983	126.499	171.303	128.608	172.614
2	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
1	249.308	251.522	251.245	253.442	253.167	255.347

Laag nummer	Verticaal 40 (L=400 m)		Verticaal 41 (L=410 m)		Verticaal 42 (L=420 m)	
	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]
8	0.000	0.120	0.000	0.428	0.000	0.592
7	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
6	7.759	57.778	17.156	60.102	21.037	61.646
5	96.296	126.832	100.170	129.838	102.744	131.875
4	76.099	78.877	77.903	80.499	79.125	81.564
3	131.461	174.500	134.165	176.298	135.940	177.407
2	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
1	255.933	258.090	258.571	260.706	260.197	262.318

Laag nummer	Verticaal 43 (L=430 m)		Verticaal 44 (L=440 m)		Verticaal 45 (L=450 m)	
	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]
8	0.000	0.731	0.000	0.787	0.000	0.828
7	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
6	23.997	63.035	25.117	63.783	25.933	64.418
5	105.058	133.727	106.305	134.748	107.364	135.625
4	80.236	82.525	80.849	83.004	81.375	83.401
3	137.542	178.393	138.341	178.765	139.002	179.034
2	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
1	261.642	263.753	262.189	264.295	262.583	264.686

Laag nummer	Verticaal 46 (L=460 m)		Verticaal 47 (L=470 m)		Verticaal 48 (L=480 m)	
	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]
8	0.000	0.859	0.000	0.875	0.000	0.810
7	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
6	26.537	64.971	26.849	65.404	25.577	65.199
5	108.285	136.395	109.007	137.008	108.664	136.775
4	81.837	83.737	82.205	83.982	82.065	83.729
3	139.561	179.225	139.969	179.300	139.549	178.727
2	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
1	262.863	264.964	262.973	265.072	262.133	264.240

Laag nummer	Verticaal 49 (L=490 m)		Verticaal 50 (L=500 m)		Verticaal 51 (L=510 m)	
	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]
8	0.000	0.695	0.000	0.605	0.000	0.450
7	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.

Laag nummer	Verticaal 49 (L=490 m)		Verticaal 50 (L=500 m)		Verticaal 51 (L=510 m)	
	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]
6	23.237	64.626	21.318	64.271	17.717	63.483
5	107.709	136.057	107.118	135.629	105.804	134.634
4	81.634	83.191	81.378	82.823	80.780	82.118
3	138.652	177.782	138.038	177.058	136.864	175.896
2	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
1	260.747	262.865	259.685	261.811	257.981	260.121

Laag nummer	Verticaal 52 (L=520 m)		Verticaal 53 (L=530 m)	
	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]
8	0.000	0.302	0.000	0.205
7	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
6	13.796	62.820	10.841	62.557
5	104.699	133.807	104.261	133.505
4	80.284	81.512	80.103	81.215
3	135.854	174.862	135.358	174.226
2	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
1	256.464	258.616	255.532	257.692

5 Gegevens voor Sterkteberekening

5.1 Algemene Gegevens

Aantal leidingen in bundel	:	Npipes = 4 [-]
Diameter leiding	:	Do = 250.00 mm
Nominale wanddikte	:	t = 22.70 mm
Volumegewicht leidingmateriaal	:	gamma_s = 9.54 kN/m³
Diameter leiding	:	Do = 250.00 mm
Nominale wanddikte	:	t = 22.70 mm
Volumegewicht leidingmateriaal	:	gamma_s = 9.54 kN/m³
Diameter leiding	:	Do = 250.00 mm
Nominale wanddikte	:	t = 22.70 mm
Volumegewicht leidingmateriaal	:	gamma_s = 9.54 kN/m³
Diameter leiding	:	Do = 250.00 mm
Nominale wanddikte	:	t = 22.70 mm
Volumegewicht leidingmateriaal	:	gamma_s = 9.54 kN/m³
Equivalente diameter leiding	:	Do = 659.75 mm
Equivalente nominale wanddikte	:	t = 32.93 mm
Equivalente volumegewicht leidingmateriaal	:	gamma_s = 9.54 kN/m³
Maximale verticale beddingsconstante (zonder veiligheidsfactor)	:	k_v;max = 286343 kN/m³
Volumegewicht boorvloeistof	:	gamma_b = 11.10 kN/m³
Kromtestraal op rollenbaan (intrekboog)	:	Rrol = 100.000 m
Wrijvingscoëfficiënt leiding/rollenbaan	:	f1 = 0.10
Wrijving tussen leiding en boorvloeistof	:	f2 = 0.000050 N/mm²
Wrijvingscoëfficiënt leiding/grond	:	f3 = 0.20

5.2 Ballasten Leiding

Het opdrijvend vermogen van de productbuis in de boorvloeistof heeft invloed op de wrijving tussen de grond en de leiding. Door het ballasten van de leiding neemt de opwaartse kracht van de leiding in de boorvloeistof af. Bij een optimaal vullingpercentage is de wrijvingskracht tussen de leiding en de wand van het boorgat minimaal

Bij een vulling percentage van 100% ontstaat het volgende resulterende gewicht.

Opwaartse kracht	:	222.17	[kg/m]	
Gewicht productbuis (inclusief vulling)	:	197.11	[kg/m]	

Resultaat	:	25.06	[kg/m]	(Leiding beweegt opwaarts)

5.3 Trekkrachtberekening

Tijdens het intrekken van de leiding door het boorgat ondervindt de buis een wrijving die is opgebouwd uit:

- wrijving tussen buis en rollenbaan (f1 = 0.10)
- wrijving tussen buis en boorvloeistof (f2 = 0.000050 [N/mm²])
- wrijving tussen buis en grond (f3 = 0.20)

Door het optreden van wrijving tijdens het intrekken ontstaat een trekkracht in de leiding.
De pijpleiding wordt van links naar rechts ingetrokken.

Bij het berekenen van de trekkrachten wordt rekening gehouden met het feit dat de lengte van de buis op de rollenbaan afneemt naarmate de doortrekoperatie vordert. Bij het berekenen van de trekkracht wordt uitgegaan van een stabiel boorgat.

Karakteristieke punten	Lengte leiding in gat (m)	Karakteristieke waarde voor de trekkracht (kN)
T1	0	34
T2	58	39
T3	156	56
T4	401	96
T5	471	111
T6	546	117

De berekende waarden van de trekkracht zijn karakteristieke waarden waarop nog een totaalfactor voor stochastische variatie en modelonzekerheid (f) van tenminste 1.4 moet worden toegepast in de sterkte berekening, volgens art. E.1.2.1 van NEN 3650-1:2020. In de sterkteberekening (volgend hoofdstuk) is een factor van 2.00 gebruikt en een belasting factor van 1.00.

6 Sterkteberekening van Ø250mm PE100 SDR11 (1): leiding no. 1

6.1 Materiaalgegevens van Ø250mm PE100 SDR11 (1): leiding no. 1

De volgende gegevens en uitgangspunten zijn gehanteerd voor de sterkteberekening:

Leiding materiaal	:	Polyetheen PE100
Buitendiameter	:	Do = 250.00 mm
Nominale wanddikte	:	t = 22.70 mm
Tensile factor	:	alpha_sigma = 0.65
Ontwerpdruk	:	pd = 0.00 bar
Test druk	:	pt = 0.00 bar
Temperatuur variatie	:	dt = 0.00 graden Celsius
Lengte leiding	:	L = 546 m
Elasticiteitsmodulus (kort)	:	E = 975 N/mm²
Elasticiteitsmodulus (lang)	:	E = 350 N/mm²
Toelaatbare spanning (kort)	:	S = 10 N/mm²
Toelaatbare spanning (lang)	:	S = 8 N/mm²
Importantie factor (S)	:	S = 1.00
Volumegewicht leidingmateriaal	:	gamma_s = 9.54 kN/m³
Opleghoek	:	beta = 30 graden
Belastingshoek	:	alfa = 30 graden
Momentcoëfficiënt grond top (indirect)	:	kt' = 0.078
Momentcoëfficiënt grond bodem (indirect)	:	kb' = 0.179
Momentcoëfficiënt grond top (direct)	:	kt = 0.257
Momentcoëfficiënt bodem (direct)	:	kb = 0.257
Deflectiecoëfficiënt (indirect)	:	ky' = 0.071
Deflectiecoëfficiënt (direct)	:	ky = 0.143
Maximale gereduc. vert. grondbelasting (zonder veiligheidsfactor)	:	q_v;r;n;max = 51 kN/m²
Verkeersbelasting (zonder veiligheidsfactor)	:	q_v = 4 kN/m²
Maximale verticale beddingsconstante (zonder veiligheidsfactor)	:	k_v;max = 551437 kN/m³
Gebruikte straal (exclusief veiligheidsfactoren)	:	Rmin = 203.433 m
Belastingsfactor aanlegbelasting	:	f_install = 1.00
Belastingsfactor gereduc. neutr. grondspan. q_n;r	:	f_Qnr = 1.50
Belastingsfactor ontwerpdruk	:	f_pd = 1.00
Belastingsfactor ontwerpdruk (combinatie)	:	f_pd;comb = 1.00
Belastingsfactor testdruk	:	f_pt = 1.00
Belastingsfactor temperatuur	:	f_temp = 1.10
Belastingsfactor verkeersbelasting	:	f_v = 1.35
Onzekerheidsfactor kromte straal	:	f_R = 1.10
Onzekerheidsfactor beddingsconstante	:	f_kv = 2.00
Onzekerheidsfactor buigend moment	:	f_k = 1.40
Totaalfactor op trekkracht voor stoch. varia. en modelonzekerheid	:	f = 2.00
Lineaire uitzettingscoëfficiënt gemiddeld tussen t1 en t2	:	alfa_g = 0.0001600 mm/mmK

6.2 Resultaten Sterkteberekening van Ø250mm PE100 SDR11 (1): leiding no. 1

Voor de berekening worden 5 belasting fasen onderscheiden:

- Belasting combinatie 1A: begin trekoperatie
- Belasting combinatie 1B: einde van trekoperatie
- Belasting combinatie 2: intern op druk brengen
- Belasting combinatie 3: bedrijfsfase, niet op druk
- Belasting combinatie 4: bedrijfsfase, op druk

De wanddikte is 22.7 mm. Hierna wordt door middel van een berekening conform NEN 3650 serie aangetoond dat deze wanddikte voldoet

6.2.1 Belasting Combinatie 1A: Begin Trekoperatie

Axiale spanning:

sigma_b = Mb/Wb = f_k·E·Ib/(Rrol·Wb) = 1.71 N/mm²

sigma_t = f·f_install·T1/A = f·f_install·(Lrol·Q·f1)/A	=	1.04	N/mm²
Maximale axiale spanning sigma_a;max	=	2.15	N/mm²

De tangentiele spanning is in deze fase verwaarloosbaar.

6.2.2 Belasting Combinatie 1B: Einde Trekoperatie

Axiale spanning:

sigma_b = Mb/Wb = f_k·E·Ib/(Rmin·Wb)	=	0.84	N/mm²
sigma_t = f·f_install·Tmax/A	=	3.62	N/mm²
Maximale axiale spanning sigma_a;max	=	4.16	N/mm²

Tangentiele spanning:

Belasting qr op de leiding ten gevolge van grondreactie bij bochten (volgens NEN 3650-1:2020 D.3.3):

qr = kv·y = (0.322·lambda^2·E·I)/(Do·R/f_R)

lambda = (f_kv·kv·Do/(4·E·I))^0.25	=	5.1E-3	1/mm
qr	=	0.0186	N/mm²
sigma_qr = k'·qr·(rg/Ww)·Do	=	1.10	N/mm²
Maximale tangentiele spanning sigma_t;max	=	0.71	N/mm²

6.2.3 Belasting Combinatie 2: Intern op Druk Brengen

Ten gevolge van inwendige druk:

sigma_py = f_pd·pd·((ru^2 + ri^2)/(ru^2 - ri^2))	=	0.00	N/mm²
sigma_px = 0.5·sigma_py	=	0.00	N/mm²
sigma_ptest = f_pt·pt·((ru^2 + ri^2)/(ru^2 - ri^2))	=	0.00	N/mm²

6.2.4 Belasting Combinatie 3: Bedrijfstoestand in Drukloze Situatie

Axiale spanning:

sigma_b = Mb/Wb = f_k·E·Ib/(Rmin·Wb)	=	0.30	N/mm²
Maximale axiale spanning sigma_a;max	=	0.20	N/mm²

Tangentiele spanning:

sigma_qr = k'·qr·(rg/Ww)·Do	=	0.66	N/mm²
sigma_qn = k·qn·(rg/Ww)·Do	=	6.93	N/mm²
Maximale tangentiele spanning sigma_t;max	=	4.93	N/mm²

6.2.5 Belasting Combinatie 4: Bedrijfstoestand met Inwendige Druk

Axiale spanning:

sigma_b = Mb/Wb = f_k·E·Ib/(Rmin·Wb)	=	0.30	N/mm²

Ten gevolge van inwendige druk:

sigma_py = f_pd·pd·((ru^2 + ri^2)/(ru^2 - ri^2))	=	0.00	N/mm²
sigma_px = 0.5·sigma_py	=	0.00	N/mm²
sigma_ptest = f_pt·pt·((ru^2 + ri^2)/(ru^2 - ri^2))	=	0.00	N/mm²
sigma_temp = dt·gamma_t·alpha_g·E	=	0.00	N/mm²
Maximale axiale spanning sigma_a;max	=	0.20	N/mm²
Tangentiele spanning:			
sigma_qr = k'·qr·(rg/Ww)·Do	=	0.66	N/mm²
sigma_qn = k·qn·(rg/Ww)·Do	=	6.93	N/mm²
'Rerounding'-factor Frr	=	1.000	
'Rerounding'-factor F'rr	=	1.000	
sigma_t;max = sigma_py + alpha_sigma·((F'rr·sigma_qr) + (Frr·sigma_qn))			
Maximale tangentiele spanning sigma_t;max	=	4.93	N/mm²

6.3 Controle van de Berekende Spanningen van Ø250mm PE100 SDR11 (1): leiding no. 1

Belasting combinatie 1
- sigma_a;max < ShortStrength·FactorOfImportance
- sigma_t;max < ShortStrength·FactorOfImportance

Belasting combinatie 2
- sigma_ptest < ShortStrength·FactorOfImportance
- sigma_py < LongStrength·FactorOfImportance

Belasting combinatie 3
- sigma_a;max < LongStrength·FactorOfImportance
- sigma_t;max < LongStrength·FactorOfImportance

Belasting combinatie 4
- sigma_a;max < LongStrength·FactorOfImportance
- sigma_t;max < LongStrength·FactorOfImportance

Voor alle spanningssituaties zijn de spanningen toelaatbaar.

	Max toelaatbare spanning [N/mm²]	Spannings combinatie 1A	Spannings combinatie 1B	Spannings combinatie 2	Spannings combinatie 3	Spannings combinatie 4
sigma_ptest	10.00 (kort)	-	-	0.00	-	-
sigma_py	8.00 (lang)	-	-	0.00	-	-
sigma_axiaal	10.00 (kort)	2.15	4.16	-	-	-
sigma_axiaal	8.00 (lang)	-	-	-	0.20	0.20
sigma_tangent	10.00 (kort)	-	0.71	-	-	-
sigma_tangent	8.00 (lang)	-	-	-	4.93	4.93

Spanningen in de leiding [N/mm²]

De deflectie van de leiding is 8.4 mm (3.68% x Dg). De maximaal toelaatbare deflectie van de leiding bij ovalisatie is 22.7 mm (10.00% x S x Dg). De deflectie is toelaatbaar.
De maximaal toelaatbare deflectie bij inspectie ('piggability') is 11.4 mm (5.00% x Dg). De deflectie is toelaatbaar.

6.4 Toetsing op Implosie van Ø250mm PE100 SDR11 (1): leiding no. 1

Tijdens het intrekken wordt de leiding belast door de heersende bentonietdruk. De hoogste minimaal benodigde druk tijdens het intrekken is gelijk aan 383 kN/m², dit is kleiner dan de toelaatbare alzijdige uitwendige druk van 1541 kN/m².

Omdat de leiding tijdens dit intrekken geheel gevuld is met vloeistof geeft dit een tegendruk van 297 kN/m². De maximaal toelaatbare druk wordt dan 1838 kN/m².

Tijdens de bedrijfstoestand wordt de leiding belast door de heersende waterdruk. De uitwendige waterdruk op de leiding is gelijk aan 95 kN/m², dit is kleiner dan de toelaatbare alzijdige uitwendige druk van 277 kN/m².

Indien de leiding tijdens de gebruiksfase geheel gevuld blijft met vloeistof geeft dit een tegendruk van 297 kN/m². De totale toelaatbare druk wordt dan 573 kN/m². Hiermee rekening houden voldoet de leiding wel.

7 Sterkteberekening van Ø250mm PE100 SDR11 (2): leiding no. 2

7.1 Materiaalgegevens van Ø250mm PE100 SDR11 (2): leiding no. 2

De volgende gegevens en uitgangspunten zijn gehanteerd voor de sterkteberekening:

Leiding materiaal	:	Polyetheen PE100
Buitendiameter	:	Do = 250.00 mm
Nominale wanddikte	:	t = 22.70 mm
Tensile factor	:	alpha_sigma = 0.65
Ontwerpdruk	:	pd = 0.00 bar
Test druk	:	pt = 0.00 bar
Temperatuur variatie	:	dt = 0.00 graden Celsius
Lengte leiding	:	L = 546 m
Elasticiteitsmodulus (kort)	:	E = 975 N/mm²
Elasticiteitsmodulus (lang)	:	E = 350 N/mm²
Toelaatbare spanning (kort)	:	S = 10 N/mm²
Toelaatbare spanning (lang)	:	S = 8 N/mm²
Importantie factor (S)	:	S = 1.00
Volumegewicht leidingmateriaal	:	gamma_s = 9.54 kN/m³
Opleghoek	:	beta = 30 graden
Belastingshoek	:	alfa = 30 graden
Momentcoëfficiënt grond top (indirect)	:	kt' = 0.078
Momentcoëfficiënt grond bodem (indirect)	:	kb' = 0.179
Momentcoëfficiënt grond top (direct)	:	kt = 0.257
Momentcoëfficiënt bodem (direct)	:	kb = 0.257
Deflectiecoëfficiënt (indirect)	:	ky' = 0.071
Deflectiecoëfficiënt (direct)	:	ky = 0.143
Maximale gereduc. vert. grondbelasting (zonder veiligheidsfactor)	:	q_v;r;n;max = 51 kN/m²
Verkeersbelasting (zonder veiligheidsfactor)	:	q_v = 4 kN/m²
Maximale verticale beddingsconstante (zonder veiligheidsfactor)	:	k_v;max = 551437 kN/m³
Gebruikte straal (exclusief veiligheidsfactoren)	:	Rmin = 203.433 m
Belastingsfactor aanlegbelasting	:	f_install = 1.00
Belastingsfactor gereduc. neutr. grondspan. q_n;r	:	f_Qnr = 1.50
Belastingsfactor ontwerpdruk	:	f_pd = 1.00
Belastingsfactor ontwerpdruk (combinatie)	:	f_pd;comb = 1.00
Belastingsfactor testdruk	:	f_pt = 1.00
Belastingsfactor temperatuur	:	f_temp = 1.10
Belastingsfactor verkeersbelasting	:	f_v = 1.35
Onzekerheidsfactor kromte straal	:	f_R = 1.10
Onzekerheidsfactor beddingsconstante	:	f_kv = 2.00
Onzekerheidsfactor buigend moment	:	f_k = 1.40
Totaalfactor op trekkracht voor stoch. varia. en modelonzekerheid	:	f = 2.00
Lineaire uitzettingscoëfficiënt gemiddeld tussen t1 en t2	:	alfa_g = 0.0001600 mm/mmK

7.2 Resultaten Sterkteberekening van Ø250mm PE100 SDR11 (2): leiding no. 2

Voor de berekening worden 5 belasting fasen onderscheiden:

- Belasting combinatie 1A: begin trekoperatie
- Belasting combinatie 1B: einde van trekoperatie
- Belasting combinatie 2: intern op druk brengen
- Belasting combinatie 3: bedrijfsfase, niet op druk
- Belasting combinatie 4: bedrijfsfase, op druk

De wanddikte is 22.7 mm. Hierna wordt door middel van een berekening conform NEN 3650 serie aangetoond dat deze wanddikte voldoet

7.2.1 Belasting Combinatie 1A: Begin Trekoperatie

Axiale spanning:

sigma_b = Mb/Wb = f_k·E·Ib/(Rrol·Wb) = 1.71 N/mm²

sigma_t = f·f_install·T1/A = f·f_install·(Lrol·Q·f1)/A	=	1.04	N/mm²
Maximale axiale spanning sigma_a;max	=	2.15	N/mm²

De tangentiele spanning is in deze fase verwaarloosbaar.

7.2.2 Belasting Combinatie 1B: Einde Trekoperatie

Axiale spanning:

sigma_b = Mb/Wb = f_k·E·Ib/(Rmin·Wb)	=	0.84	N/mm²
sigma_t = f·f_install·Tmax/A	=	3.62	N/mm²
Maximale axiale spanning sigma_a;max	=	4.16	N/mm²

Tangentiele spanning:

Belasting qr op de leiding ten gevolge van grondreactie bij bochten (volgens NEN 3650-1:2020 D.3.3):

qr = kv·y = (0.322·lambda^2·E·I)/(Do·R/f_R)

lambda = (f_kv·kv·Do/(4·E·I))^0.25	=	5.1E-3	1/mm
qr	=	0.0186	N/mm²
sigma_qr = k'·qr·(rg/Ww)·Do	=	1.10	N/mm²
Maximale tangentiele spanning sigma_t;max	=	0.71	N/mm²

7.2.3 Belasting Combinatie 2: Intern op Druk Brengen

Ten gevolge van inwendige druk:

sigma_py = f_pd·pd·((ru^2 + ri^2)/(ru^2 - ri^2))	=	0.00	N/mm²
sigma_px = 0.5·sigma_py	=	0.00	N/mm²
sigma_ptest = f_pt·pt·((ru^2 + ri^2)/(ru^2 - ri^2))	=	0.00	N/mm²

7.2.4 Belasting Combinatie 3: Bedrijfstoestand in Drukloze Situatie

Axiale spanning:

sigma_b = Mb/Wb = f_k·E·Ib/(Rmin·Wb)	=	0.30	N/mm²
Maximale axiale spanning sigma_a;max	=	0.20	N/mm²

Tangentiele spanning:

sigma_qr = k'·qr·(rg/Ww)·Do	=	0.66	N/mm²
sigma_qn = k·qn·(rg/Ww)·Do	=	6.93	N/mm²
Maximale tangentiele spanning sigma_t;max	=	4.93	N/mm²

7.2.5 Belasting Combinatie 4: Bedrijfstoestand met Inwendige Druk

Axiale spanning:

sigma_b = Mb/Wb = f_k·E·Ib/(Rmin·Wb)	=	0.30	N/mm²

Ten gevolge van inwendige druk:

sigma_py = f_pd·pd·((ru^2 + ri^2)/(ru^2 - ri^2))	=	0.00	N/mm²
sigma_px = 0.5·sigma_py	=	0.00	N/mm²
sigma_ptest = f_pt·pt·((ru^2 + ri^2)/(ru^2 - ri^2))	=	0.00	N/mm²
sigma_temp = dt·gamma_t·alpha_g·E	=	0.00	N/mm²
Maximale axiale spanning sigma_a;max	=	0.20	N/mm²
Tangentiele spanning:			
sigma_qr = k'·qr·(rg/Ww)·Do	=	0.66	N/mm²
sigma_qn = k·qn·(rg/Ww)·Do	=	6.93	N/mm²
'Rerounding'-factor Frr	=	1.000	
'Rerounding'-factor F'rr	=	1.000	
sigma_t;max = sigma_py + alpha_sigma·((F'rr·sigma_qr) + (Frr·sigma_qn))			
Maximale tangentiele spanning sigma_t;max	=	4.93	N/mm²

7.3 Controle van de Berekende Spanningen van Ø250mm PE100 SDR11 (2): leiding no. 2

Belasting combinatie 1
- sigma_a;max < ShortStrength·FactorOfImportance
- sigma_t;max < ShortStrength·FactorOfImportance

Belasting combinatie 2
- sigma_ptest < ShortStrength·FactorOfImportance
- sigma_py < LongStrength·FactorOfImportance

Belasting combinatie 3
- sigma_a;max < LongStrength·FactorOfImportance
- sigma_t;max < LongStrength·FactorOfImportance

Belasting combinatie 4
- sigma_a;max < LongStrength·FactorOfImportance
- sigma_t;max < LongStrength·FactorOfImportance

Voor alle spanningssituaties zijn de spanningen toelaatbaar.

	Max toelaatbare spanning [N/mm²]	Spannings combinatie 1A	Spannings combinatie 1B	Spannings combinatie 2	Spannings combinatie 3	Spannings combinatie 4
sigma_ptest	10.00 (kort)	-	-	0.00	-	-
sigma_py	8.00 (lang)	-	-	0.00	-	-
sigma_axiaal	10.00 (kort)	2.15	4.16	-	-	-
sigma_axiaal	8.00 (lang)	-	-	-	0.20	0.20
sigma_tangent	10.00 (kort)	-	0.71	-	-	-
sigma_tangent	8.00 (lang)	-	-	-	4.93	4.93

Spanningen in de leiding [N/mm²]

De deflectie van de leiding is 8.4 mm (3.68% x Dg). De maximaal toelaatbare deflectie van de leiding bij ovalisatie is 22.7 mm (10.00% x S x Dg). De deflectie is toelaatbaar.
De maximaal toelaatbare deflectie bij inspectie ('piggability') is 11.4 mm (5.00% x Dg). De deflectie is toelaatbaar.

7.4 Toetsing op Implosie van Ø250mm PE100 SDR11 (2): leiding no. 2

Tijdens het intrekken wordt de leiding belast door de heersende bentonietdruk. De hoogste minimaal benodigde druk tijdens het intrekken is gelijk aan 383 kN/m², dit is kleiner dan de toelaatbare alzijdige uitwendige druk van 1541 kN/m².

Omdat de leiding tijdens dit intrekken geheel gevuld is met vloeistof geeft dit een tegendruk van 297 kN/m². De maximaal toelaatbare druk wordt dan 1838 kN/m².

Tijdens de bedrijfstoestand wordt de leiding belast door de heersende waterdruk. De uitwendige waterdruk op de leiding is gelijk aan 95 kN/m², dit is kleiner dan de toelaatbare alzijdige uitwendige druk van 277 kN/m².

Indien de leiding tijdens de gebruiksfase geheel gevuld blijft met vloeistof geeft dit een tegendruk van 297 kN/m². De totale toelaatbare druk wordt dan 573 kN/m². Hiermee rekening houden voldoet de leiding wel.

8 Sterkteberekening van Ø250mm PE100 SDR11 (3): leiding no. 3

8.1 Materiaalgegevens van Ø250mm PE100 SDR11 (3): leiding no. 3

De volgende gegevens en uitgangspunten zijn gehanteerd voor de sterkteberekening:

Leiding materiaal	:	Polyetheen PE100
Buitendiameter	:	Do = 250.00 mm
Nominale wanddikte	:	t = 22.70 mm
Tensile factor	:	alpha_sigma = 0.65
Ontwerpdruk	:	pd = 0.00 bar
Test druk	:	pt = 0.00 bar
Temperatuur variatie	:	dt = 0.00 graden Celsius
Lengte leiding	:	L = 546 m
Elasticiteitsmodulus (kort)	:	E = 975 N/mm²
Elasticiteitsmodulus (lang)	:	E = 350 N/mm²
Toelaatbare spanning (kort)	:	S = 10 N/mm²
Toelaatbare spanning (lang)	:	S = 8 N/mm²
Importantie factor (S)	:	S = 1.00
Volumegewicht leidingmateriaal	:	gamma_s = 9.54 kN/m³
Opleghoek	:	beta = 30 graden
Belastingshoek	:	alfa = 30 graden
Momentcoëfficiënt grond top (indirect)	:	kt' = 0.078
Momentcoëfficiënt grond bodem (indirect)	:	kb' = 0.179
Momentcoëfficiënt grond top (direct)	:	kt = 0.257
Momentcoëfficiënt bodem (direct)	:	kb = 0.257
Deflectiecoëfficiënt (indirect)	:	ky' = 0.071
Deflectiecoëfficiënt (direct)	:	ky = 0.143
Maximale gereduc. vert. grondbelasting (zonder veiligheidsfactor)	:	q_v;r;n;max = 51 kN/m²
Verkeersbelasting (zonder veiligheidsfactor)	:	q_v = 4 kN/m²
Maximale verticale beddingsconstante (zonder veiligheidsfactor)	:	k_v;max = 551437 kN/m³
Gebruikte straal (exclusief veiligheidsfactoren)	:	Rmin = 203.433 m
Belastingsfactor aanlegbelasting	:	f_install = 1.00
Belastingsfactor gereduc. neutr. grondspan. q_n;r	:	f_Qnr = 1.50
Belastingsfactor ontwerpdruk	:	f_pd = 1.00
Belastingsfactor ontwerpdruk (combinatie)	:	f_pd;comb = 1.00
Belastingsfactor testdruk	:	f_pt = 1.00
Belastingsfactor temperatuur	:	f_temp = 1.10
Belastingsfactor verkeersbelasting	:	f_v = 1.35
Onzekerheidsfactor kromte straal	:	f_R = 1.10
Onzekerheidsfactor beddingsconstante	:	f_kv = 2.00
Onzekerheidsfactor buigend moment	:	f_k = 1.40
Totaalfactor op trekkracht voor stoch. varia. en modelonzekerheid	:	f = 2.00
Lineaire uitzettingscoëfficiënt gemiddeld tussen t1 en t2	:	alfa_g = 0.0001600 mm/mmK

8.2 Resultaten Sterkteberekening van Ø250mm PE100 SDR11 (3): leiding no. 3

Voor de berekening worden 5 belasting fasen onderscheiden:

- Belasting combinatie 1A: begin trekoperatie
- Belasting combinatie 1B: einde van trekoperatie
- Belasting combinatie 2: intern op druk brengen
- Belasting combinatie 3: bedrijfsfase, niet op druk
- Belasting combinatie 4: bedrijfsfase, op druk

De wanddikte is 22.7 mm. Hierna wordt door middel van een berekening conform NEN 3650 serie aangetoond dat deze wanddikte voldoet

8.2.1 Belasting Combinatie 1A: Begin Trekoperatie

Axiale spanning:

sigma_b = Mb/Wb = f_k·E·Ib/(Rrol·Wb) = 1.71 N/mm²

sigma_t = f·f_install·T1/A = f·f_install·(Lrol·Q·f1)/A	=	1.04	N/mm²
Maximale axiale spanning sigma_a;max	=	2.15	N/mm²

De tangentiele spanning is in deze fase verwaarloosbaar.

8.2.2 Belasting Combinatie 1B: Einde Trekoperatie

Axiale spanning:

sigma_b = Mb/Wb = f_k·E·Ib/(Rmin·Wb)	=	0.84	N/mm²
sigma_t = f·f_install·Tmax/A	=	3.62	N/mm²
Maximale axiale spanning sigma_a;max	=	4.16	N/mm²

Tangentiele spanning:

Belasting qr op de leiding ten gevolge van grondreactie bij bochten (volgens NEN 3650-1:2020 D.3.3):

qr = kv·y = (0.322·lambda^2·E·I)/(Do·R/f_R)

lambda = (f_kv·kv·Do/(4·E·I))^0.25	=	5.1E-3	1/mm
qr	=	0.0186	N/mm²
sigma_qr = k'·qr·(rg/Ww)·Do	=	1.10	N/mm²
Maximale tangentiele spanning sigma_t;max	=	0.71	N/mm²

8.2.3 Belasting Combinatie 2: Intern op Druk Brengen

Ten gevolge van inwendige druk:

sigma_py = f_pd·pd·((ru^2 + ri^2)/(ru^2 - ri^2))	=	0.00	N/mm²
sigma_px = 0.5·sigma_py	=	0.00	N/mm²
sigma_ptest = f_pt·pt·((ru^2 + ri^2)/(ru^2 - ri^2))	=	0.00	N/mm²

8.2.4 Belasting Combinatie 3: Bedrijfstoestand in Drukloze Situatie

Axiale spanning:

sigma_b = Mb/Wb = f_k·E·Ib/(Rmin·Wb)	=	0.30	N/mm²
Maximale axiale spanning sigma_a;max	=	0.20	N/mm²

Tangentiele spanning:

sigma_qr = k'·qr·(rg/Ww)·Do	=	0.66	N/mm²
sigma_qn = k·qn·(rg/Ww)·Do	=	6.93	N/mm²
Maximale tangentiele spanning sigma_t;max	=	4.93	N/mm²

8.2.5 Belasting Combinatie 4: Bedrijfstoestand met Inwendige Druk

Axiale spanning:

sigma_b = Mb/Wb = f_k·E·Ib/(Rmin·Wb)	=	0.30	N/mm²

Ten gevolge van inwendige druk:

sigma_py = f_pd·pd·((ru^2 + ri^2)/(ru^2 - ri^2))	=	0.00	N/mm²
sigma_px = 0.5·sigma_py	=	0.00	N/mm²
sigma_ptest = f_pt·pt·((ru^2 + ri^2)/(ru^2 - ri^2))	=	0.00	N/mm²
sigma_temp = dt·gamma_t·alpha_g·E	=	0.00	N/mm²
Maximale axiale spanning sigma_a;max	=	0.20	N/mm²
Tangentiele spanning:			
sigma_qr = k'·qr·(rg/Ww)·Do	=	0.66	N/mm²
sigma_qn = k·qn·(rg/Ww)·Do	=	6.93	N/mm²
'Rerounding'-factor Frr	=	1.000	
'Rerounding'-factor F'rr	=	1.000	
sigma_t;max = sigma_py + alpha_sigma·((F'rr·sigma_qr) + (Frr·sigma_qn))			
Maximale tangentiele spanning sigma_t;max	=	4.93	N/mm²

8.3 Controle van de Berekende Spanningen van Ø250mm PE100 SDR11 (3): leiding no. 3

Belasting combinatie 1
- sigma_a;max < ShortStrength·FactorOfImportance
- sigma_t;max < ShortStrength·FactorOfImportance

Belasting combinatie 2
- sigma_ptest < ShortStrength·FactorOfImportance
- sigma_py < LongStrength·FactorOfImportance

Belasting combinatie 3
- sigma_a;max < LongStrength·FactorOfImportance
- sigma_t;max < LongStrength·FactorOfImportance

Belasting combinatie 4
- sigma_a;max < LongStrength·FactorOfImportance
- sigma_t;max < LongStrength·FactorOfImportance

Voor alle spanningssituaties zijn de spanningen toelaatbaar.

	Max toelaatbare spanning [N/mm²]	Spannings combinatie 1A	Spannings combinatie 1B	Spannings combinatie 2	Spannings combinatie 3	Spannings combinatie 4
sigma_ptest	10.00 (kort)	-	-	0.00	-	-
sigma_py	8.00 (lang)	-	-	0.00	-	-
sigma_axiaal	10.00 (kort)	2.15	4.16	-	-	-
sigma_axiaal	8.00 (lang)	-	-	-	0.20	0.20
sigma_tangent	10.00 (kort)	-	0.71	-	-	-
sigma_tangent	8.00 (lang)	-	-	-	4.93	4.93

Spanningen in de leiding [N/mm²]

De deflectie van de leiding is 8.4 mm (3.68% x Dg). De maximaal toelaatbare deflectie van de leiding bij ovalisatie is 22.7 mm (10.00% x S x Dg). De deflectie is toelaatbaar.
De maximaal toelaatbare deflectie bij inspectie ('piggability') is 11.4 mm (5.00% x Dg). De deflectie is toelaatbaar.

8.4 Toetsing op Implosie van Ø250mm PE100 SDR11 (3): leiding no. 3

Tijdens het intrekken wordt de leiding belast door de heersende bentonietdruk. De hoogste minimaal benodigde druk tijdens het intrekken is gelijk aan 383 kN/m², dit is kleiner dan de toelaatbare alzijdige uitwendige druk van 1541 kN/m².

Omdat de leiding tijdens dit intrekken geheel gevuld is met vloeistof geeft dit een tegendruk van 297 kN/m². De maximaal toelaatbare druk wordt dan 1838 kN/m².

Tijdens de bedrijfstoestand wordt de leiding belast door de heersende waterdruk. De uitwendige waterdruk op de leiding is gelijk aan 95 kN/m², dit is kleiner dan de toelaatbare alzijdige uitwendige druk van 277 kN/m².

Indien de leiding tijdens de gebruiksfase geheel gevuld blijft met vloeistof geeft dit een tegendruk van 297 kN/m². De totale toelaatbare druk wordt dan 573 kN/m². Hiermee rekening houden voldoet de leiding wel.

9 Sterkteberekening van Ø250mm PE100 SDR11 (4): leiding no. 4

9.1 Materiaalgegevens van Ø250mm PE100 SDR11 (4): leiding no. 4

De volgende gegevens en uitgangspunten zijn gehanteerd voor de sterkteberekening:

Leiding materiaal	:	Polyetheen PE100
Buitendiameter	:	Do = 250.00 mm
Nominale wanddikte	:	t = 22.70 mm
Tensile factor	:	alpha_sigma = 0.65
Ontwerpdruk	:	pd = 0.00 bar
Test druk	:	pt = 0.00 bar
Temperatuur variatie	:	dt = 0.00 graden Celsius
Lengte leiding	:	L = 546 m
Elasticiteitsmodulus (kort)	:	E = 975 N/mm²
Elasticiteitsmodulus (lang)	:	E = 350 N/mm²
Toelaatbare spanning (kort)	:	S = 10 N/mm²
Toelaatbare spanning (lang)	:	S = 8 N/mm²
Importantie factor (S)	:	S = 1.00
Volumegewicht leidingmateriaal	:	gamma_s = 9.54 kN/m³
Opleghoek	:	beta = 30 graden
Belastingshoek	:	alfa = 30 graden
Momentcoëfficiënt grond top (indirect)	:	kt' = 0.078
Momentcoëfficiënt grond bodem (indirect)	:	kb' = 0.179
Momentcoëfficiënt grond top (direct)	:	kt = 0.257
Momentcoëfficiënt bodem (direct)	:	kb = 0.257
Deflectiecoëfficiënt (indirect)	:	ky' = 0.071
Deflectiecoëfficiënt (direct)	:	ky = 0.143
Maximale gereduc. vert. grondbelasting (zonder veiligheidsfactor)	:	q_v;r;n;max = 51 kN/m²
Verkeersbelasting (zonder veiligheidsfactor)	:	q_v = 4 kN/m²
Maximale verticale beddingsconstante (zonder veiligheidsfactor)	:	k_v;max = 551437 kN/m³
Gebruikte straal (exclusief veiligheidsfactoren)	:	Rmin = 203.433 m
Belastingsfactor aanlegbelasting	:	f_install = 1.00
Belastingsfactor gereduc. neutr. grondspan. q_n;r	:	f_Qnr = 1.50
Belastingsfactor ontwerpdruk	:	f_pd = 1.00
Belastingsfactor ontwerpdruk (combinatie)	:	f_pd;comb = 1.00
Belastingsfactor testdruk	:	f_pt = 1.00
Belastingsfactor temperatuur	:	f_temp = 1.10
Belastingsfactor verkeersbelasting	:	f_v = 1.35
Onzekerheidsfactor kromte straal	:	f_R = 1.10
Onzekerheidsfactor beddingsconstante	:	f_kv = 2.00
Onzekerheidsfactor buigend moment	:	f_k = 1.40
Totaalfactor op trekkracht voor stoch. varia. en modelonzekerheid	:	f = 2.00
Lineaire uitzettingscoëfficiënt gemiddeld tussen t1 en t2	:	alfa_g = 0.0001600 mm/mmK

9.2 Resultaten Sterkteberekening van Ø250mm PE100 SDR11 (4): leiding no. 4

Voor de berekening worden 5 belasting fasen onderscheiden:

- Belasting combinatie 1A: begin trekoperatie
- Belasting combinatie 1B: einde van trekoperatie
- Belasting combinatie 2: intern op druk brengen
- Belasting combinatie 3: bedrijfsfase, niet op druk
- Belasting combinatie 4: bedrijfsfase, op druk

De wanddikte is 22.7 mm. Hierna wordt door middel van een berekening conform NEN 3650 serie aangetoond dat deze wanddikte voldoet

9.2.1 Belasting Combinatie 1A: Begin Trekoperatie

Axiale spanning:

sigma_b = Mb/Wb = f_k·E·Ib/(Rrol·Wb) = 1.71 N/mm²

sigma_t = f·f_install·T1/A = f·f_install·(Lrol·Q·f1)/A	=	1.04	N/mm²
Maximale axiale spanning sigma_a;max	=	2.15	N/mm²

De tangentiele spanning is in deze fase verwaarloosbaar.

9.2.2 Belasting Combinatie 1B: Einde Trekoperatie

Axiale spanning:

sigma_b = Mb/Wb = f_k·E·Ib/(Rmin·Wb)	=	0.84	N/mm²
sigma_t = f·f_install·Tmax/A	=	3.62	N/mm²
Maximale axiale spanning sigma_a;max	=	4.16	N/mm²

Tangentiele spanning:

Belasting qr op de leiding ten gevolge van grondreactie bij bochten (volgens NEN 3650-1:2020 D.3.3):

qr = kv·y = (0.322·lambda^2·E·I)/(Do·R/f_R)

lambda = (f_kv·kv·Do/(4·E·I))^0.25	=	5.1E-3	1/mm
qr	=	0.0186	N/mm²
sigma_qr = k'·qr·(rg/Ww)·Do	=	1.10	N/mm²
Maximale tangentiele spanning sigma_t;max	=	0.71	N/mm²

9.2.3 Belasting Combinatie 2: Intern op Druk Brengen

Ten gevolge van inwendige druk:

sigma_py = f_pd·pd·((ru^2 + ri^2)/(ru^2 - ri^2))	=	0.00	N/mm²
sigma_px = 0.5·sigma_py	=	0.00	N/mm²
sigma_ptest = f_pt·pt·((ru^2 + ri^2)/(ru^2 - ri^2))	=	0.00	N/mm²

9.2.4 Belasting Combinatie 3: Bedrijfstoestand in Drukloze Situatie

Axiale spanning:

sigma_b = Mb/Wb = f_k·E·Ib/(Rmin·Wb)	=	0.30	N/mm²
Maximale axiale spanning sigma_a;max	=	0.20	N/mm²

Tangentiele spanning:

sigma_qr = k'·qr·(rg/Ww)·Do	=	0.66	N/mm²
sigma_qn = k·qn·(rg/Ww)·Do	=	6.93	N/mm²
Maximale tangentiele spanning sigma_t;max	=	4.93	N/mm²

9.2.5 Belasting Combinatie 4: Bedrijfstoestand met Inwendige Druk

Axiale spanning:

sigma_b = Mb/Wb = f_k·E·Ib/(Rmin·Wb)	=	0.30	N/mm²

Ten gevolge van inwendige druk:

sigma_py = f_pd·pd·((ru^2 + ri^2)/(ru^2 - ri^2))	=	0.00	N/mm²
sigma_px = 0.5·sigma_py	=	0.00	N/mm²
sigma_ptest = f_pt·pt·((ru^2 + ri^2)/(ru^2 - ri^2))	=	0.00	N/mm²
sigma_temp = dt·gamma_t·alpha_g·E	=	0.00	N/mm²
Maximale axiale spanning sigma_a;max	=	0.20	N/mm²
Tangentiele spanning:			
sigma_qr = k'·qr·(rg/Ww)·Do	=	0.66	N/mm²
sigma_qn = k·qn·(rg/Ww)·Do	=	6.93	N/mm²
'Rerounding'-factor Frr	=	1.000	
'Rerounding'-factor F'rr	=	1.000	
sigma_t;max = sigma_py + alpha_sigma·((F'rr·sigma_qr) + (Frr·sigma_qn))			
Maximale tangentiele spanning sigma_t;max	=	4.93	N/mm²

9.3 Controle van de Berekende Spanningen van Ø250mm PE100 SDR11 (4): leiding no. 4

Belasting combinatie 1
- sigma_a;max < ShortStrength·FactorOfImportance
- sigma_t;max < ShortStrength·FactorOfImportance

Belasting combinatie 2
- sigma_ptest < ShortStrength·FactorOfImportance
- sigma_py < LongStrength·FactorOfImportance

Belasting combinatie 3
- sigma_a;max < LongStrength·FactorOfImportance
- sigma_t;max < LongStrength·FactorOfImportance

Belasting combinatie 4
- sigma_a;max < LongStrength·FactorOfImportance
- sigma_t;max < LongStrength·FactorOfImportance

Voor alle spanningssituaties zijn de spanningen toelaatbaar.

	Max toelaatbare spanning [N/mm²]	Spannings combinatie 1A	Spannings combinatie 1B	Spannings combinatie 2	Spannings combinatie 3	Spannings combinatie 4
sigma_ptest	10.00 (kort)	-	-	0.00	-	-
sigma_py	8.00 (lang)	-	-	0.00	-	-
sigma_axiaal	10.00 (kort)	2.15	4.16	-	-	-
sigma_axiaal	8.00 (lang)	-	-	-	0.20	0.20
sigma_tangent	10.00 (kort)	-	0.71	-	-	-
sigma_tangent	8.00 (lang)	-	-	-	4.93	4.93

Spanningen in de leiding [N/mm²]

De deflectie van de leiding is 8.4 mm (3.68% x Dg). De maximaal toelaatbare deflectie van de leiding bij ovalisatie is 22.7 mm (10.00% x S x Dg). De deflectie is toelaatbaar.
De maximaal toelaatbare deflectie bij inspectie ('piggability') is 11.4 mm (5.00% x Dg). De deflectie is toelaatbaar.

9.4 Toetsing op Implosie van Ø250mm PE100 SDR11 (4): leiding no. 4

Tijdens het intrekken wordt de leiding belast door de heersende bentonietdruk. De hoogste minimaal benodigde druk tijdens het intrekken is gelijk aan 383 kN/m², dit is kleiner dan de toelaatbare alzijdige uitwendige druk van 1541 kN/m².

Omdat de leiding tijdens dit intrekken geheel gevuld is met vloeistof geeft dit een tegendruk van 297 kN/m². De maximaal toelaatbare druk wordt dan 1838 kN/m².

Tijdens de bedrijfstoestand wordt de leiding belast door de heersende waterdruk. De uitwendige waterdruk op de leiding is gelijk aan 95 kN/m², dit is kleiner dan de toelaatbare alzijdige uitwendige druk van 277 kN/m².

Indien de leiding tijdens de gebruiksfase geheel gevuld blijft met vloeistof geeft dit een tegendruk van 297 kN/m². De totale toelaatbare druk wordt dan 573 kN/m². Hiermee rekening houden voldoet de leiding wel.

Einde Rapport

ATRON Engineering
Advies & Infra

Bijlage 4 Beschrijving meetsysteem

Hoofdvestiging (correspondentieadres)
Hulsenboschstraat 22 B-1
4251 LR Werkendam

Nevenvestiging
Tjalk 43
2411 NZ Bodegraven

T 0183-216020
E info@atron-engineering.nl
www.atron-engineering.nl

KvK 70156689
BTW NL858166173B01
IBAN NL42INGB0006956686

Op al onze aanbiedingen, aanvaarding van opdrachten, mededelingen en overeenkomsten, zijn van toepassing de algemene branchevoorwaarden conform de DNR 2011. Deze voorwaarden zijn te vinden op www.atron-engineering.nl of op verzoek kunnen wij u deze kosteloos toezenden. Eventuele afwijkingen t.o.v. de DNR 2011 zijn vastgelegd in deze offerte.

Drillguide GST Plus



6-5/8" 170 mm GST Plus Tool specifications

Tool OD	6-5/8" – 170 mm
Tool length (shoulder/shoulder)	10,7' – 325 cm
Thread connection pin/box	4-1/2" IF
Recommended make-up torque	4-1/2" IF 24,000 ftlb – 32 kNm
	GST collar 21,750 ftlb – 30 kNm
Sensor(s) Accuracy	Azimuth 0.04° / Pitch 0.01° / Toolface 0.02°
Shoulder to sensor distance	43,3" – 110 cm
Net weight	800 lbs – 360 kg
Hole/drill bit size	7-7/8" / 10-5/8" – 200 - 250 mm
Minimum bending radius	490' – 150 mtr
Maximum flow rate	450 gl/min – 1700 ltr/min
Annular pressure sensor position (distance from pin shoulder)	9,9' – 302 cm
Annular pressure sensor range	0 to 870 psi – 6000 kPa - 60 bar
Maximum alowed inner mud pressure	2175 psi – 15000 kPa – 150 bar
Inner mud pressure sensor range	0 to 2175 psi – 0 to 15000 kPa – 0 to 150 bar
Maximum allowed torque (on tool housing)	21,750 ftlb – 30 kNm
Maximum allowed push/pull (on tool housing)	75,000 lb – 35 t
Maximum allowed temperature (on tool)	158° f – 70° c
Maximum allowed vibration (on tool)	20 g up to 200 Hz
Electric power (input on surface)	230V-50Hz / 110V-60Hz
Electric power (output to downhole tool)	56 Volt DC
Recommended downhole wireline	10 to 8 AWG – 6 or 10 mm^2

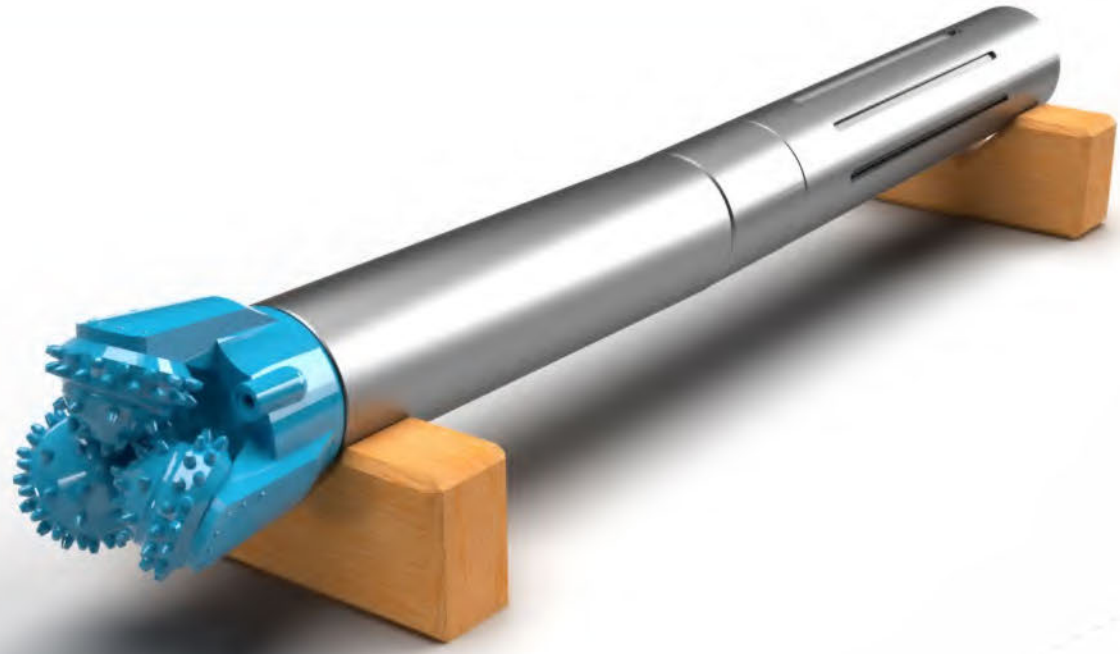
Combining Drillguide GST, UXOscope and GPS Track in 1 tool

Brownline

Duurzaamheidsring 180
4231EX Meerkerk
The Netherlands

+31 (0) 183 353 824
info@drillguide.com
www.drillguide.com

Jetting assembly



6-5/8" - 170 mm Jetting assembly specifications

Tool length without drill bit	7,9' – 240 cm
Maximum OD	6-5/8" – 170 mm
Drill bit size	8-1/2" - 9-7/8" – 215 mm250 mm
Hole size	10" - 12" – 250 mm - 300 mm
Drill pipe sizes	3-1/2" – 4-1/2"– 5-1/2"
Minimum bending radius	490' – 150 mtr
Maximum push force	75,000 lb – 35 t
Uphole connection	4-1/2" IF box
Downhole connection	4-1/2" REG box
Maximum make-up torque	4-1/2" IF 24,000 ftlb – 32.5 kNm
	4-1/2" REG 21,000 ftlb – 28.5 kNm
Maximum flow rate	450 gl/min – 1700 ltr/min
Net weight	775/990 lb – 350/450 kg

Brownline

Duurzaamheidsring 180
4231EX Meerkerk
The Netherlands

+31 (0) 183 353 824
info@drillguide.com
www.drillguide.com

ATRON Engineering
Advies & Infra

Hoofdvestiging (correspondentieadres)
Hulsenboschstraat 22 B-1
4251 LR Werkendam

Nevenvestiging
Tjalk 43
2411 NZ Bodegraven

T 0183-216020
E info@atron-engineering.nl
www.atron-engineering.nl

KvK 70156689
BTW NL858166173B01
IBAN NL42INGB0006956686

Bijlage 5 Beschrijving boorvloeistof

Op al onze aanbiedingen, aanvaarding van opdrachten, mededelingen en overeenkomsten, zijn van toepassing de algemene branchevoorwaarden conform de DNR 2011. Deze voorwaarden zijn te vinden op www.atron-engineering.nl of op verzoek kunnen wij u deze kosteloos toezenden. Eventuele afwijkingen t.o.v. de DNR 2011 zijn vastgelegd in deze offerte.



Product Datablad

CEBOGEL® OCMA

Constructie

CEBOGEL® OCMA is een natrium geactiveerde Bentoniet, gedefinieerd als ons meest geconcentreerde Bentoniet boorproduct (tot 8%). Tijdens het circuleren is de CEBOGEL OCMA dun vloeiend; tijdens stilstand dikt de spoeling in tot een gelachtige structuur, waardoor grof boorgruis effectief word gesuspendeerd. De hoge gelsterkte en stabiele viscositeit maken de CEBOGEL OCMA een veelzijdige boor-Bentoniet, ideaal voor grote diameter Horizontaal Gestuurde Boringen. CEBOGEL OCMA kan zeer effectief worden gerecycled en worden hergebruikt.

Typische Eigenschappen		
Parameter	Test methode / Conform	Eis
Vochtgehalte	DIN 18121-1	≤ 13%
Korrelgrootte	Passeert 125 µm droge zeef	≥ 95% < 125 µm
Soortelijk gewicht	-	≈ 2300 kg/m³
Stortgewicht	-	≈ 900 kg/m³
Yield Point (6,4%)	Fann Viscometer	≥ 18 lbs / 100 ft²
Vrij water (6,4%)	-	0%
7,5 min. Filtraatwaterverlies, 24 uur. (6,4%)	API Filter Pers	≤ 10 ml

Mengen & aanmaken

De eigenschappen van CEBOGEL OCMA worden optimaal benut als het aanmaakwater een geleidbaarheid heeft van < 1000 µS/cm, een pH tussen 7.5 - 10 en hardheid van < 100 ppm. Langzaam en gelijkmatig toevoegen door een Venturi-Hopper aan een hoog circulatie mixer. Blijf de slurry rond circuleren totdat de Bentoniet volledig is gedispergeerd.

Voor zover wij kunnen beoordelen is bovengenoemde informatie correct. Wij kunnen u echter geen garanties geven over de resultaten die u hiermee zult bereiken. Deze beschrijving wordt u aangeboden op voorwaarde dat u zelf bepaalt in hoeverre zij geschikt is voor uw doeleinden.

Cebo Holland BV
Westerduinweg 1
NL-1976 BV IJmuiden
Nederland

info@cebo.com
www.cebo.com
Tel. +31(0)255-546262

Aanbevolen gebruik

Geconsolideerde formaties 60 – 70 kg/m^3
Niet-geconsolideerde formaties 65 – 75 kg/m^3

Certificering & Accreditatie

- **Voldoet aan OCMA specificaties zoals vastgelegd door API specificatie 13A.**
- **Wordt geleverd met het KIWA Water Merk certificaat.**
- **CEBOGEL OCMA is in Duitsland LAGA gecertificeerd door Horn & Co. Analytics, wat aantoont dat het onschadelijk is voor het milieu.**

CEBOGEL OCMA is beschikbaar in 25 kg zakken, 1000 kg big bags en in bulk.

Versie; 01-2021

Voor zover wij kunnen beoordelen is bovengenoemde informatie correct. Wij kunnen u echter geen garanties geven over de resultaten die u hiermee zult bereiken. Deze beschrijving wordt u aangeboden op voorwaarde dat u zelf bepaalt in hoeverre zij geschikt is voor uw doeleinden.

Cebo Holland BV
Westerduinweg 1
NL-1976 BV IJmuiden
Nederland

info@cebo.com
www.cebo.com
Tel. +31(0)255-546262

ATRON Engineering
Advies & Infra

Hoofdvestiging (correspondentieadres)
Hulsenboschstraat 22 B-1
4251 LR Werkendam

Nevenvestiging
Tjalk 43
2411 NZ Bodegraven

T 0183-216020
E info@atron-engineering.nl
www.atron-engineering.nl

KvK 70156689
BTW NL858166173B01
IBAN NL42INGB0006956686

Bijlage 6 Voorbeeld opstelling materieel

Op al onze aanbiedingen, aanvaarding van opdrachten, mededelingen en overeenkomsten, zijn van toepassing de algemene branchevoorwaarden conform de DNR 2011, Deze voorwaarden zijn te vinden op www.atron-engineering.nl of op verzoek kunnen wij u deze kosteloos toezenden. Eventuele afwijkingen t.o.v. de DNR 2011 zijn vastgelegd in deze offerte.

ATRON Engineering
Advies & Infra

Bijlage 7 Risicoanalyse

Hoofdvestiging (correspondentieadres)
Hulsenboschstraat 22 B-1
4251 LR Werkendam

Nevenvestiging
Tjalk 43
2411 NZ Bodegraven

T 0183-216020
E info@atron-engineering.nl
www.atron-engineering.nl

KvK 70156689
BTW NL858166173B01
IBAN NL42INGB0006956686

Op al onze aanbiedingen, aanvaarding van opdrachten, mededelingen en overeenkomsten, zijn van toepassing de algemene branchevoorwaarden conform de DNR 2011, Deze voorwaarden zijn te vinden op www.atron-engineering.nl of op verzoek kunnen wij u deze kosteloos toezenden. Eventuele afwijkingen t.o.v. de DNR 2011 zijn vastgelegd in deze offerte.

RI&E: Horizontaal gestuurde boringen

ATRON Engineering
Advies & Infra

Betreft: RI&E HDD-boringen
Revisie nr. 20252403

Nr.	Gebied	Risico	Oorzaak	Gevolg	Maatregel	Opmerking(en)
Grondonderzoek						
1	Grondonderzoek	Degeneratie boorspoeling	Overgang Zoet-Zout water	Vastlopen pilotboring	Waterkwaliteit monitoren Toepassen toevoegstoffen	
2	Grondonderzoek	Stuurproblemen, niet kunnen passeren, afbreken boorkop, vastdraaien	Grind/Grindbedden	Afwijken boortracé, stuk terugtrekken, vastdraaien pilotboring	Grondonderzoek interpreteren, historie locatie bekijken, recyclezand controleren op grind	
3	Grondonderzoek	Dichtklappen boorgat	Loopzand	Vastdraaien pilot	Resultaten verleden onderzoeken	
4	Grondonderzoek	Niet kunnen passeren, afbreken boorkop, vastdraaien pilot	Obstakels	Verlies boring, terugtrekken	Historisch onderzoek uitvoeren, bij conflict opdrachtgever inlichten en dieper passeren	
5	Grondonderzoek	Raken van kabels en leidingen	Aanwezigheid kabels en leidingen	Schade derden	Klic melding, proefsleuven maken rondom intrede en uittrede, boorprofielen opvragen	
6	Grondonderzoek	Te kleine boorradius	Boorradius te klein ontworpen	Beschadiging boorbuis of mediumbuis	Radius op tekening controleren, stangen eventueel aanpassen indien radius wordt voorgeschreven	
7	Grondonderzoek	Te lange boring, stabiliteit boorgat in gevaar	Lengte boring	Te weinig vermogen, instabiliteit boorgat	Kwaliteit boorspoeling monitoren Boorsnelheid aanpassen Circulatie boorvloeistof verhogen Toepassen toevoegstoffen	
Pilotboring						
8	Pilotboring	Instabiliteit boorgat	Slechte boorspoeling	Instorten boorgat/vastlopen pilot/verlies boring	Boorspoeling monitoren, indien er problemen zijn kan er direct geacteerd worden	
9	Pilotboring	Stuurproblemen pilot	Grind/grindnesten	Afwijken boortracé, vastlopen pilotboring, Verlies pilotboring	Toepassen toevoegstoffen Boortracé aanpassen Vol continu werken	
10	Pilotboring	Uitknikken pilotboring Stuurproblemen verhoogde spanningen in boorbuis	Overgang grondlaag: van hard naar zacht en zacht naar hard	Afwijken boortracé vastlopen pilotboring Verlies pilotboring Afbreken booorbuis	Juiste keuze boorstang, Maximale waarde boorstangen niet overschrijden, Juiste bend sub keuze	
11	Pilotboring	Verlies boorspoeling	Grondslag heeft hoge porositeit (grind)	Blow-out Milieuschade Instabiliteit boorgat verlies circulatie boorspoeling Vastlopen boring Verlies boring	Boorvloeistofdrukken monitoren Houden aan berekende drukken Returns boorspoelling monitoren Toepassen toevoegstoffen	
12	Pilotboring	Breuk boorbuis	Slecht materiaal	Verlies boring	Visuele inspectie lassen boorbuizen	
13	Pilotboring	Stagnatie boring	Slecht materieel	Verlies boring	Visuele inspectie voor starten boring	
14	Pilotboring	Muduitbraak	Instabiele bovengrond	Wegvalle bentonietdruk. Schade derden	Controle boorspoeldrukken tijdens uitvoering volgens boorplan. Op maaiveld visuele inspectie muduitbraken.	
15	Pilotboring	Muduitbraak	Instabiele bovengrond	Blow out maaiveld Schade derden	Isoleren uitbraak locatie Afzuigen vloeistof Monitoren boorvloeistofdrukken	
16	Pilotboring	Beschadiging gyro/ruimers Vastlopen pilot/ruimgang	Obstakels in de grond	Vervorming boorgat Slechte snij eigenschappen vastlopen pilot/ruimer Tijdsverlies verlies boring	D.m.v. vooronderzoek mogelijke obstakels inventariseren	
17	Pilotboring	Kwaliteitsvermindering boorspoeling	een goede kwaliteit werkwater	Degeneratie boorspoeling Instabiliteit boorgat vastlopen boring verlies boring	Kwaliteit werkwater monitoren Toepassen toevoegstoffen werkwater aanvoeren	
Ruimfase						
18	Ruimfase	Afname snijeigenschappen. Vollopen ruimer. Blokkeren ruimproces	Nozzels slibben dicht	Terugtrekken ruimer	Controle gedrag van ruimer in de ruimfase. Indien er twijfel ontstaat aan snij eigenschappen ruimer kan deze worden teruggehaald en de nozzels kunnen worden gereinigd.	
19	Ruimfase	Slechte menging cuttings en boorspoeling. Slechte snij eigenschappen	Foutieve keuze ruimer	Instabiliteit boorgat, terugtrekken ruimer	Ruimer uit laten kiezen door gekwalificeerd personeel. Ruimer visueel inspecteren.	
20	Ruimfase	Te snel ruimen / te langzaam ruimen	Onjuiste snelheid ruimen	Instabiliteit boorgat, vervorming boorgat, blokkering boorgat	Ruimfase uit laten voeren door ervaren personeel. Indien boorgat instabiel wordt kan een extra ruim/barrelfase worden toegepast.	
21	Ruimfase	Breuk in joint/drillcollar. Slijtage body van de ruimer. Breken snijtanden nozzels.	Defecten aan ruimer	Tijdelijke blokkering boorgat, verlies ruimer, verlies boring	Ruimer vooraf visueel inspecteren. Gedrag tijdens boring wordt gemonitord	
22	Ruimfase	Verstopping boorbuis	Meetdraad (gyro) in de boorstang aanwezig	verlies circulatie boorspoeling Tijdverlies	Meetdraad voor start ruimproces verwijderen	
23	Ruimfase	Breken snijtanden/nozzles	Slijtage ruimer	Vervorming boorgat Slechte snij eigenschappen vastlopen pilot/ruimer Tijdsverlies verlies boring	Visueel inspecteren ruimer Trugtrekken ruimer Vervangen ruimer	
24	Ruimfase	Vastlopen ruimer in smal boorgat van pilotboring, beschadiging ruimer	Obstakels in de grond	Blokkering boorgat, velies boring	Vooronderzoek naar obstakels, ontwijken van kleine obstakels. Eventueel boorlijn aanpassen.	
Intrekfase						
25	Intrekfase	Defecte swivel	Overmatig gebruik olie of vet	Hogere kosten/milieuschade	Swivel vooraf visueel inspecteren. Swivel gebruiken die trekkracht van de rig kan opvangen. Gebruik olie door gekwalificeerd personeel.	
26	Intrekfase	Overbelasting trekkop	Overschrijding maximale trekkracht op productpijp	Breuk materiaal/ verlies produktpijp/ vastlopen intrekken	Trekkracht wordt tijdens intrekken vergeleken met berekende waardes, eventueel overleg met opdrachtgever	
27	Intrekfase	Te grote drukken, pijp niet goed in boorgat	Invoerbocht niet goed	Beschadiging productpijpen	Voldoende kraanhulp rijdens intrekken. Pijp visueel inspecteren. Objecten langs intrekgang vermijden. Definitieve intrekboog bepalen na pilotboring	
28	Intrekfase	Beschadiging coatings, kromme pijp	Steen in boorgat	Afkeuring pijpen / snellere slijtage, overbelasting of vastlopen intrekproces	Produktpijpen bij intrekproces monitoren. Objecten langs intrekgang vermijden.	
29	Intrekfase	Beschadiging productbuis menselijk letsel	Aanrij gevaar productbuis tijdens intrekken	Tijdverlies Verlies boorstreng Letsel (schade mens/materieel	Plaatsen vooraankondiging	
30	Intrekfase	Verhoogde trekkracht	Scherper grind dan geanalyseerd uit grondonderzoek	Over maximale toegestane trekkrachten Beschadiging mediumbuis Vastlopen boring Afkeuren productpijp Verlies boring	Trekkracht wordt tijdens intrekken vergeleken met berekende waardes, bij overschrijden van deze waarden zal overleg worden met de opdrachtgever	
Overig						
31	Overig	Stilstand boorproces	Slijtage onderdelen	verzanden van het boorgat Tijdsverlies	Slijtage onderdelen op voorraad Monteurs stand-by	
32	Overig	Verzanden boorgat	Defecte recycling, cyclonen en screens	Vastlopen boring Verlies boring	Monitoren functioneren recyling	
33	Overig	Breuk boorstangen bij grote ruimgangen	Hoge torsie op stangen net voor de ruimer	blokkeren boorgat, Tijdsverlies, verlies materiaal, verlies boring	Toepassen heavy weight stangen	
34	Overig	Instorten boorgat	Transport over boorlijn	Instorten boorgat Vastlopen boring Verlies boring Schade materiaal	Afzetten boorlijn op maaiveld Verbod voor transport boven boorlijn	

35	Overiig	Milieu vervuiling, verspilling	Slang breuk / olie lekkage	Milieuschade	Absorptiemiddelen voor gelekte vloeistoffen op het werk Zandbaan onder rijplaten om directe indringing tot ondergrond te voorkomen	
36	Overig	Vervuiling boden i.v.m. lekkage	Lekkage brandstoftank/smeermiddelen	Milieuschade, milieuverontreiniging	Geen brandstoffen opslaan op werkterrein Smeermiddelen opslaan in afgesloten containers	
37	Overig	Valgevaar	Monstername uit bentoniet containers	Lichamelijk letsel	Juiste klimmaterialen gebruiken	
38	Overig	Vallen damwand	Plaatsen dodemansbed	Persoonlijke en materiele schade	Deugdelijk en de juiste gereedschappen/middelen Machinist dient in het bezit te zijn van een deskundigheidsbewijs	
39	Overig	Raken obstakels tijdens trillen damwanden	Plaatsen dodemansbed	Persoonlijke en materiele schade	Verrichten klic melding	
40	Overig	Gegrepen worden door draaiende delen	Boren,ruimen, intrekken	Persoonlijke en materiele schade	Op de hoede zijn bij draaiende delen Geen loshangende kleding Goede communicatie tussen rig-operator en boorcrew	
41	Overig	Niet stabiel staan van de boormachine	Opstellen boormachine (inclusief overig equipement	Persoonlijke en materiele schade	Zorgen voor voldoende stevige ondergrond en voldoende ruimte Aanbrengen dragelineschoten en rijplaten	
42	Overig	Bij het intrekken van de productpijp, trekpijp valt van de ondersteuningen (rollen)	Rollerstellen niet in lijn	Persoonlijke en materiele schade Verlies productpijp	Goed uitlijnen Stabiel en spanningsvrij opstellen	
43	Overig	Inademen stof, Stof in de ogen	Mengen mud	Persoonlijk letsel	Gebruik maken van adembescherming, uit de wind staan Gebruik maken van oogbescherming	
Transport						
44	Transport	Aanrijding	Transport materieel	Persoonlijke en materiele schade	Stapvoets rijden op werkterrein Parkeren op aangewezen plaatsen Rij defensief	
45	Transport	Verlies van de lading	Transport materieel	Persoonlijke en materiele schade	Stabiel laden last , Lading borgen	
46	Transport	Verliezen van boorstangen	Lossen en laden van boorstangen	Persoonlijke en materiele schade	Goede voorlichting/opleiding chauffeurs (hijsbewijs) gebruik van gecertificeerde hijsmiddelen	
Bouwplaats						
47	Bouwplaatsvoorzieningen en inrichting	Elektrisch systeem niet goed aangelegd	Aansluiten van de keten	Stroomdoorgang door het lichaam	Juist aansluiten van het aggregaat door bevoegd personeel	
48	Bouwplaatsvoorzieningen en inrichting	Omvallen materieel stukken	Ondeugdelijk stapelen	Persoonlijke en materiele schade	Materialen deugdelijk stapelen en borgen	
49	Bouwplaatsvoorzieningen en inrichting	Aanrijding	Beperkte ruimte	Persoonlijke en materiele schade	Wegen naar werk-opslag terrein zo veel mogelijk vrij houden Dragen veiligheidsvest	
Hijsen en verplaatsen						
50	Hijsen en verplaatsen m.b.v. mobiele kraan	Vallen van hijsonderdelen	Onjuiste hijshulpmiddelen	Persoonlijke en materiele schade	Juiste hijshulpmiddelen voor de hijslast gebruiken	
51	Hijsen en verplaatsen m.b.v. mobiele kraan	Verzakken stempelpoot	Stempelen materieel	Persoonlijke en materiele schade	Deugdelijke ondergrond/rijplaten	
52	Hijsen en verplaatsen m.b.v. kraan	Verliezen hijslast	Slijtage materiaal	Persoonlijke en materiele schade	Gebruik van gecertificeerde hijshulpmiddelen	
53	Hijsen en verplaatsen m.b.v. kraan	Breken ketting	Slijtage materiaal	Persoonlijke en materiele schade	Gebruik van gecertificeerde hijsketting Gebruik zwaardere kettingen Maximaal aangegeven hijscapaciteit niet overschrijden	
54	Hijsen en verplaatsen m.b.v. kraan	Stabiliteit niet voldoende gewaarborgd	Onstabiele ondergrond	Persoonlijke en materiele schade	Materialen deugdelijk stapelen en borgen	
55	Hijsen en verplaatsen m.b.v. kraan	Overbelasting van de hijskraan	Aanslaan te zware lasten en materieelstukken	Persoonlijke en materiele schade	Aangeven op last wat eventueel het gewicht van de constructie is	
56	Hijsen en verplaatsen m.b.v. kraan	Ondeskundig gebruik van de hijskraan	Onervaren bestuurder	Persoonlijke en materiele schade	De bestuurder dient in het bezit te zijn van een deskundigheidsbewijs	
57	Hijsen en verplaatsen m.b.v. kraan	Beknelling	Verplaatsen van lasten	Persoonlijk letsel	Afstand houden van de last Geen lichaamsdelen plaatsen tussen last en afzetplaats	
58	Hijsen en verplaatsen m.b.v. kraan	Uitslaan van last	Rijden met last	Persoonlijke en materiele schade	Last borgen tegen uitzwaaiing Last begeleiden m.b.v. een begeleidingskoord	
59	Hijsen en verplaatsen m.b.v. kraan	Verspilling (brandstof)	Eventuele lekkages	Milieuschade, milieuverontreiniging	De machinist dient regelmatig (dagelijks) zijn of haar machine te inspecteren en zo nodig onderhoudswerkzaamheden uit te voeren	
60	Hijsen en verplaatsen m.b.v. kraan	In aanraking komen met draaiende kraan	Werkzaamheden uitvoeren binnen draaicirkel van de kaarn	Persoonlijk letsel	Medewerkers en derden dienen uit de draaicirkel van de hydraulische kraan te blijven, Indien medewerkers werkzaamheden uitvoeren dient een goede afstemming met de machinist te worden gemaakt	
Afvalstoffen						
61	Afvalstoffen	Reactie tussen afvalstoffen	Opslag gevaarlijke stoffen (gassen, vloeistoffen en vaste materialen	Brand of explosie Verspilling/vervuiling Milieuschade	Verschillende afvalstoffen gescheiden van elkaar opslaan Gebruik maken van afgesloten container	
62	Afvalstoffen	Struikelgevaar	Obstakels op werkterrein	Persoonlijke en materiele schade	Orde en netheid (werkplek schoonhouden ook schaft- en kantoorruimte)	
63	Afvalstoffen	Vervuiling/verspreiding	Hijsen en verplaatsen m.b.v. mobiele kraan	Milieuschade	Gevaarlijk afval scheiden van het "normale afval" Gebruik maken van afgesloten container	
64	Afvalstoffen	Morsen van brandstof tijdens aftanken	Materieel voorzien van brandstof	Vervuiling bodem, water Verspilling	Controle brandstof/olie peil Overdag of bij voldoende kunstlicht tanken Absorptiemiddelen voor de gelekte vloeistof Verontreinigde medium verwijderen/afvoeren conform wettelijke eisen en door een bevoegd bedrijf	
Persoonlijke hulpmiddelen (VGM)						
65	Persoonlijke hulpmiddelen	Aangereden worden op de openbare weg	Gebruik van bedrijfs- of personenauto	Persoonlijke en materiele schade	Bestuurder dient in het bezit te zijn van de juiste papieren	
66	Persoonlijke hulpmiddelen	Kortsluiting handgereedschap	Ondeugdelijk handgereedschap	Persoonlijke en materiele schade	Elektrisch handgereedschap moet zijn goedgekeurd en conform NEN-3140 Zijn voorzien van een keuringssticker en moet jaarlijks worden gekeurd	
67	Persoonlijke hulpmiddelen	Aanraking met draaiende slijpschijf	Onderskundig gebruik van handslijpmachine	Persoonlijk letsel	Er voor zorg dragen dat de slijpschijf is uitgedraaid voordat de handslijpmachine wordt weggelegd	
68	Persoonlijke hulpmiddelen	Omvallen of eraf vallen tijdens klimmen	Ondeskundig gebruik van ladder	Persoonlijk letsel	Ladder dient voor gebruik visueel te worden gecontroleerd Ladder dient stabiel te worden opgesteld, onder de juiste hoek en voldoende lengte	

69	Persoonlijke hulpmiddelen	Raken elektrische kabels	Ondeskundig gebruik	Stroomdoorgang door het lichaam	Gebruik maken van elektrische kabels die zijn gecontroleerd en als zodanig herkenbaar zijn Wanneer kabels beschadigd raken tijden werkzaamheden niet meer gebruiken	
70	Persoonlijke hulpmiddelen	Allerlei	Gebruik van overig handgereedschap	Persoonlijk letsel	Gebruiker dient overig handgereedschap naar goed gebruik en inzicht te gebruiken	
Projectspecifiek						