

Postbus 718, 6800 AS Arnhem, Nederland  
Gemeente Helmond  
T.a.v. college van burgemeester en wethouders  
Binnen Parallelweg 44  
5701 PH HELMOND  
Nederland

CLASSIFICATIE	C1 - Publieke Informatie
DATUM	18 augustus 2022
ONZE REFERENTIE	MBT-EHV-018.02
BEHANDELD DOOR	██████████
TELEFOON DIRECT	██████████
E-MAIL	████████████████████

**BETREFT** Aanvraag vergunning Verordening ondergrondse infrastructuur t.b.v. tijdelijke kabelverbinding  
MBT-EHV 380 kV

Geacht college,

Hierbij vraagt TenneT TSO B.V. (hierna: TenneT) een vergunning op grond van de Verordening ondergrondse infrastructuur Helmond 2014 aan voor het realiseren van een tijdelijke kabelverbinding middels een horizontaal gestuurde boring (HDD) ter plaatse van de kruising met de Brandevoortse Dreef en de Schutsboom in de gemeente Helmond. De tijdelijke kabelverbinding wordt gerealiseerd in het kader van het project Beter Benutten Bestaande 380 kV Maasbracht-Eindhoven.

## 1. Achtergrond

Om in de toekomst meer elektriciteit te kunnen transporteren is het noodzakelijk om naast de nieuwbouw van verbindingen bestaande hoogspanningsverbindingen aan te passen zodat een grotere transportcapaciteit mogelijk wordt gemaakt. Om die reden is TenneT voornemens de bestaande landelijke 380 kV ring, de 'ruggengraat' van het landelijk hoogspanningsnet, op te waarderen. Dit gebeurt binnen het programma Beter Benutten Bestaande 380 kV. Binnen het betreffende programma valt ook het deelproject Opwaardering 380 kV-verbinding Maasbracht-Eindhoven (MBT-EHV380).

Het opwaarderen van de 380kV ring, inclusief de hieronder vallende deelprojecten vallen onder de Rijkscoördinatierегeling.

## 2. Werkzaamheden

Voor de opwaardering van de bestaande 380 kV verbinding MBT-EHV moeten diverse werkzaamheden worden uitgevoerd. In de basis betreft dit het ophangen van nieuwe HTLS (High Temperature Low Sag) geleiders met een hogere transportcapaciteit dan de huidige geleiders. De nieuwe geleiders zijn qua omvang en aantal gelijk aan de bestaande maar kunnen meer stroom transporteren, doordat ze hogere temperaturen kunnen weerstaan zonder te ver door te gaan hangen. De huidige hoogspanningsverbinding is bovendien inmiddels 50 jaar oud. Om deze reden worden ook andere onderdelen, zoals de isolatorkettingen en bliksemraden als levensduur verlengende activiteit vervangen. In dit kader zijn ook de hoogspanningsmasten en de mastfunderingen opnieuw constructief beschouwd en worden deze waar nodig versterkt.

Deze vergunningaanvraag heeft betrekking op het realiseren van een tijdelijke kabelverbinding middels een HDD-boring welke noodzakelijk is om de hierboven beschreven werkzaamheden uit te kunnen voeren. De werkzaamheden omtrent de tijdelijke kabelverbinding worden hieronder nader toegelicht.

### 2.1 Werkzaamheden tijdelijke kabelverbinding

Op de verbinding MBT-EHV 380kV is tussen mast 115 en mast 122 sprake van een zogenaamde combi-verbinding. Hier is de 150kV verbinding Eindhoven Oost – Helmond Zuid samen met de 380kV verbinding Maasbracht –Eindhoven opgenomen in één mast. In onderstaande afbeelding is de situatie weergegeven.

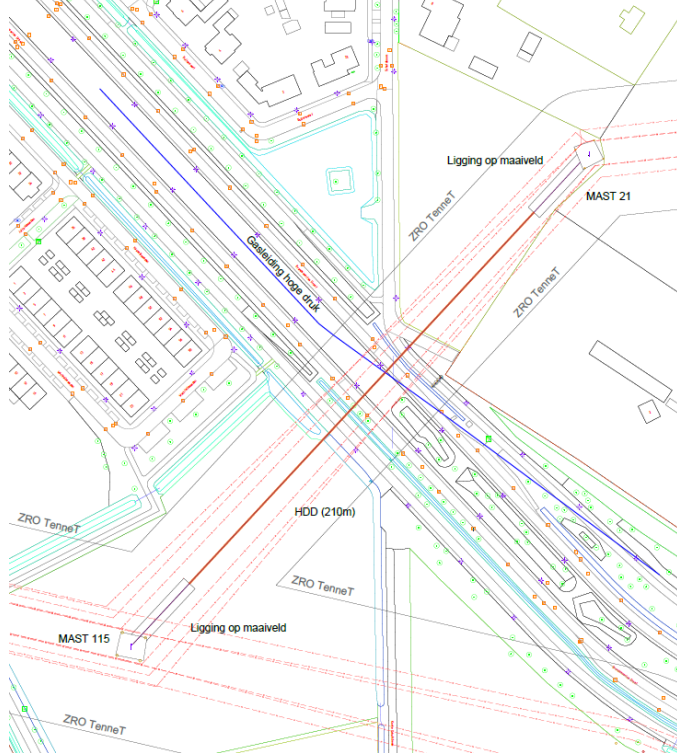


Figuur 1: Situatie hoogspanningsnet ter hoogte van Helmond

Gedurende de werkzaamheden aan de 380 kV verbinding zal één van beide circuits voor een bepaalde periode uit bedrijf worden genomen. De 380 kV verbinding bestaat uit een wit en een zwart circuit. De periode dat de spanning van het circuit af gaat wordt de VNB (Voorziene Niet Beschikbaarheid) periode genoemd. Gedurende de VNB-periode is er altijd 1 circuit in bedrijf van de 380 kV verbinding. Het vervangen van de geleiders aan het witte circuit ter plaatse van mast 115 (380 kV) kan vanwege veiligheidsredenen alleen plaatsvinden als de onderliggende 150 kV óók spanningsloos is. Dit betreft het oranje circuit van de 150 kV verbinding. De geleiders van de 150 kV verbinding bevinden zich namelijk onder de geleiders van de 380 kV verbinding en het is vanwege veiligheid niet toegestaan boven een in bedrijf zijnde verbinding te werken.

Bij het vervangen van de geleiders in het witte circuit, zal het oranje circuit eveneens spanningsloos zijn. Echter bij mast 115 kruist de 380kV verbinding ook het paarse circuit dat afbuigt naar mast 021 (150 kV). De bovengrondse verbinding zal dan ook uit bedrijf moeten om veilig te kunnen werken. Dan zou de situatie ontstaan dat beide 150kV circuit uit bedrijf zijn – hetgeen een niet acceptabele netsituatie is. Daarom is de oplossing gevonden om het lijndeel tussen mast 115 en 021 tijdelijk te verkabelen om op deze wijze dit circuit toch in bedrijf te kunnen houden. De bovengrondse geleiders zullen hierbij tussen de masten blijven hangen, maar deze zullen in de tijdelijke situatie spanningsloos zijn. De tijdelijke kabelverbinding zal wel onder spanning staan en de elektrische stroom transporteren.

De tijdelijke kabelverbinding wordt in beginsel aangebracht op het maaiveld en ter plaatse van de kruising met de Brandevoortse Dreef en de Schutsboom zal de tijdelijke kabelverbinding middels een HDD-boring (van circa 200 meter) worden gerealiseerd.



Figuur 2: Situatie ter hoogte van mast 115 (380kV) en mast 021 (150 kV)

Om de werkzaamheden uit te voeren zullen een werkkerreinen ingericht moeten worden waar materieel en materiaal opgesteld wordt (zoals een boorrig). Daarnaast worden in- en uittredepunten gerealiseerd en zijn uitlegstroken voor de mantelbuizen noodzakelijk. Vanaf de in- en uittredepunten wordt de tijdelijke kabelverbinding op het maaiveld naar de mastlocaties gebracht. Er worden tijdelijke hekwerken geplaatst om de kabelverbinding op het maaiveld af te schermen. Onder de bestaande masten zal een tijdelijk opstijgpunt worden gebouwd. De tijdelijke opstijgpunten worden op grond van bijlage 2 artikel 2 lid 20 van het Besluit omgevingsrecht (bouw)vergunningvrij gerealiseerd. Na afloop van de werkzaamheden zal het terrein weer in oorspronkelijk staat worden teruggebracht. De mantelbuizen van de HDD-boring blijven wel achter en worden in afstemming met de grondeigenaren op diepte afgedopt.

Voor een gedetailleerde omschrijving van de werkzaamheden en het ontwerp van de tijdelijke kabelverbinding wordt verwezen naar het bijgevoegde systeemontwerp (bijlage 2) en de werkomschrijving van de HDD-boring in bijlage 3.

### **3. Vergunning en procedures**

#### *3.1 Vergunning Verordening ondergrondse infrastructuur*

Voor de werkzaamheden als benoemd in paragraaf 2.1 vraagt TenneT hierbij een vergunning aan op grond van artikel 2.1 lid 1 van de Verordening ondergrondse infrastructuur Helmond 2014.

#### *3.2 Rijkscoördinatieregeling*

Ten aanzien van uw besluit op deze aanvraag ingevolge artikel 2.1 van de Wet algemene bepalingen omgevingsrecht is op grond van artikel 20c Elektriciteitswet j° artikel 2 lid 1 onder a Uitvoeringsbesluit Rijkscoördinatieregeling energie-infrastructuurprojecten de Rijkscoördinatieregeling uit de Wet op de ruimtelijke ordening van toepassing (artikel 3.35). Hierbij is de minister van Economische Zaken de aangewezen minister voor de coördinatie van de besluiten.

In verband daarmee heeft de minister van Economische Zaken ons gevraagd het volgende op te nemen in deze aanvraag:

1. Ingevolge de Rijkscoördinatieregeling dient u een kopie van onderhavige aanvraag te verzenden aan de minister van Economische Zaken. TenneT zal er echter voor zorgen dat de minister van Economische Zaken een exemplaar van deze aanvraag ontvangt. U hoeft dus geen exemplaar door te sturen.
2. In reactie op deze kopie van de aanvraag zal de minister u per brief melden wanneer van u verwacht wordt een ontwerpbesluit gereed te hebben.
3. U wordt verzocht het ontwerpbesluit en later ook het besluit aan de minister van Economische Zaken te verzenden. Deze zal het besluit doorzenden naar TenneT.

### **4. Werkproces en overige vergunningen**

Voor het feitelijk uitvoeren van de werkzaamheden zullen nog diverse andere vergunningen en meldingen benodigd zijn, zoals bijvoorbeeld voor bemalingen, uitritten en verkeersmaatregelen. Voor deze aanvragen of meldingen zijn veel details nodig die door de aannemer worden uitgewerkt. Het aanvragen van deze vergunningen/meldingen zal daarom door de aannemer worden gedaan.

Met de eigenaren van de gronden waarop de masten staan heeft TenneT privaatrechtelijke overeenkomsten gesloten. De werkzaamheden worden in nauw overleg met alle rechthebbenden uitgevoerd.

#### *4.1 Planning*

De verwachting is dat de tijdelijke kabelverbinding gedurende één VNB periode van het witte circuit van MBT-EHV 380kV aanwezig zal zijn. De gehele VNB-periode staat vooralsnog gepland van circa juli 2024 tot en met februari 2025. Binnen deze periode zullen de werkzaamheden van de tijdelijke kabelverbinding ook moeten plaatsvinden. In totaal verwachten wij dat de tijdelijke kabelverbinding maximaal 6 maanden aanwezig zal zijn. Dit is inclusief voorbereidende- en opruimwerkzaamheden.

#### *4.2 Omgevingsveiligheid*

Aannemers worden contractueel verplicht te werken volgens de veiligheidsvoorschriften van TenneT, te weten:

- "General SHE requirements for contractors, referentie SSC 15-037"
- "Operational SHE requirements for contractors – Onshore NL, referentie SSC 16-004"

[\(https://www.tennet.eu/nl/bedrijf/safety-bij-tennet/safety-publicaties/\)](https://www.tennet.eu/nl/bedrijf/safety-bij-tennet/safety-publicaties/)



## 5. Ondertekening

Wij verzoeken u de vergunning op naam te stellen van TenneT TSO B.V.

Wij verzoeken u alle inhoudelijke correspondentie met betrekking tot deze aanvraag te richten aan:

**TenneT TSO B.V.**

T.a.v. [REDACTED]  
[REDACTED]

**Postbus 718  
6800 AS Arnhem**

Wij verzoeken u het ontwerpbesluit en het definitieve besluit te zenden naar:

**Ministerie van Economische Zaken**

**T.a.v. Bureau Energieprojecten**

**Postbus 93144  
2509 AC Den Haag**

Wij vertrouwen erop u hiermee voldoende te hebben geïnformeerd. Voor vragen of opmerkingen verzoeken wij u om contact op te nemen.

Hoogachtend,  
TenneT TSO B.V.



[REDACTED]  
Adviseur vergunningen

<b>Bijlagenblad ten behoeve van aanvraag VOI tijdelijke kabelverbinding gemeente Helmond</b>						
<b>Project: Beter Benutten MBT-EHV 380 kV</b>						
<b>Status: Definitief</b>						
<b>Datum: 18-08-2022</b>						
<b>Nr.</b>	<b>Type</b>	<b>Omschrijving</b>	<b>Auteur</b>	<b>Kenmerk</b>	<b>Datum</b>	<b>Versie</b>
1	Tekening	Ontwerp en situatietekening HDD boring EHVO-HMZ150 Paars	Atron	3587-0622-01-BT02	25-7-2022	Rev.3
2	Rapportage	Systeemontwerp tijdelijke kabelverbinding EHVO-HMZ150 Paars	Ensol	ENSOL-RPT-2022-054	29-7-2022	Rev.3
3	MEMO	Memo ontwerp en werkschrijving HDD boring kabelverbinding	Atron	3587-0622-0	27-7-2022	Rev.2
4	E-mail	E-mail goedkeuring Gasunie op HDD boring	Atron	22O037922	6-4-2022	-

Bijlagenoverzicht: tijdelijke kabelverbinding vergunning VOI gemeente Helmond

Nr.	Titel	Datum
1	Ontwerp en situatietekening HDD boring EHVO-HMZ150 Paars	25-7-2022
2	Systeemontwerp tijdelijke kabelverbinding EHVO-HMZ150 Paars	29-7-2022
3	Memo ontwerp en werkschrijving HDD boring kabelverbinding	27-7-2022
4	E-mail goedkeuring Gasunie op HDD boring	6-4-2022

**Samenvatting**

Vergunning Id 404357  
Kenmerk (weg)beheerder  
Vergunninghouder TenneT TSO  
KvK nummer 09155985  
Status Goedkeuring aangevraagd

**Wegbeheerder****Gemeente Helmond**

Adres Weg op den Heuvel 35  
5701 NV Helmond  
E-mail [REDACTED]  
Telefoon [REDACTED]

**Aanvrager****TenneT TSO B.V.**

Adres Limaweg 51  
2743 CC Waddinxveen  
E-mail [REDACTED]  
Telefoon [REDACTED]  
Kenmerk  
netbeheerder

**Aangevraagd door**

Gecreëerd door [REDACTED]  
E-mail [REDACTED]

Kantoor tel. [REDACTED]  
Mobiele Tel. [REDACTED]

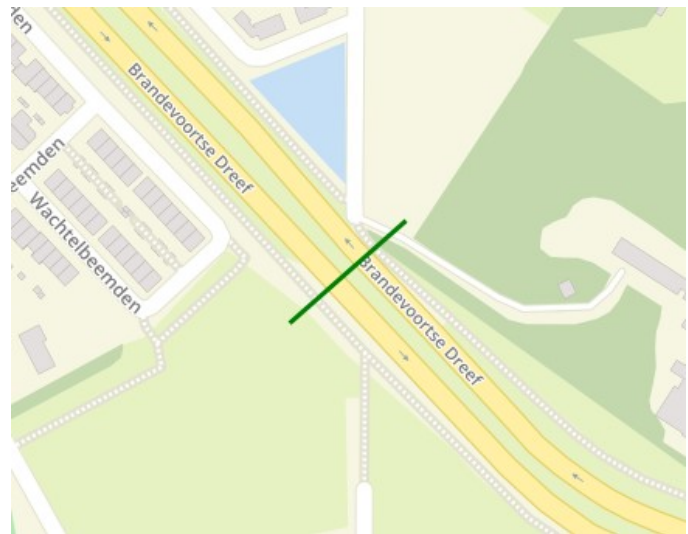
**Debiteur****TenneT TSO B.V.**

Adres Postbus 428 T.a.v.  
Crediteuren administratie  
6800 AK Arnhem  
KvK nummer 09155985

Digitale factuur [REDACTED]  
Telefoon [REDACTED]

**Vergunning locatie**

Adres Hasselbeemden 58 ,  
5706GG, Helmond







gemeente Helmond.pdf					16:49	
04_22O037922 reactie GasUnie HDD akkoord.pdf	E-mail goedkeuring Gasunie op HDD boring	██████	TenneT	18-8-2022	16:49	Concept
03_Memo HDD boring kabelverbinding Helmond V2.0.pdf	Memo ontwerp en werkschrijving HDD boring kabelverbinding	██████	TenneT	18-8-2022	16:49	Concept
02_Systeemontwerp Tijdelijke kabelverbinding Helmond V3.0.pdf	Systeemontwerp tijdelijke kabelverbinding EHVO-HMZ150 Paars	██████	TenneT	18-8-2022	16:49	Concept
01_Ontwerp en situatietekening HDD Boring Helmond V3.0.pdf	Ontwerp en situatietekening HDD boring EHVO-HMZ150 Paars	██████	TenneT	18-8-2022	16:49	Concept

✔ - Bijlage is door (weg)beheerder aangeduid als Definitief.

### Export details

Nummer export  
Leges geëxporteerd

### Historie

Datum	Status	Gebruiker
18-8-2022 16:52	Goedkeuring aangevraagd	██████████
18-8-2022 16:51	Concept	██████████

### Projecten

Er zijn op dit moment geen projecten met deze aanvraag geassocieerd.

Bijlage 1

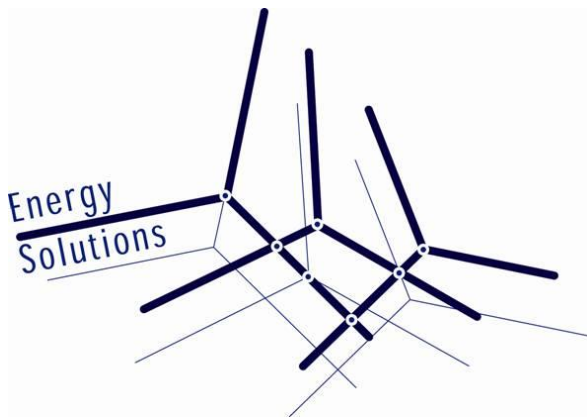
Ontwerp en situatietekening HDD boring EHVO-HMZ150 Paars











Systeemontwerp EHVO – HMZ150 Paars

## Systeemontwerp tijdelijke 150kV kabelverbindingen

### verbinding EHVO - HMZ 150 Paars

Meridian nummer: 002.586.40 1023116

#### Revisie gegevens

Revisie	Datum	Auteur	Opmerkingen
3.0	29-07-2022	██████████	Wijzigingen naar aanleiding van RFA V2 opdrachtgever
2.0	01-07-2022	██████████	Wijzigingen naar aanleiding van RFA opdrachtgever
1.0	20-05-2022	██████████	Definitief
0.9	17-05-2022	██████████	Grondonderzoek verwerkt
0.1	6-05-2022	██████████	Gereed voor interne review

---

Document nummer: ENSOL-RPT-2022-054  
Auteur: R. P. van der Molen  
Revisie: 3.0  
Datum: 29-07-2022  
Gecontroleerd: ██████████





## Inhoud

<b>1</b>	<b>INLEIDING .....</b>	<b>2</b>
<b>2</b>	<b>UITGANGSPUNTEN BEREKENING .....</b>	<b>4</b>
2.1	ALGEMEEN.....	4
2.2	BELASTBAARHEID.....	4
2.3	LIGGINGSCONFIGURATIES .....	5
2.4	G-WAARDE.....	6
<b>3</b>	<b>SELECTIE GELEIDERDOORSNEDE .....</b>	<b>7</b>
3.1	KORTSLUITBEREKENINGEN.....	8
<b>4</b>	<b>SYSTEEMONTWERP .....</b>	<b>9</b>
4.1	PRIMAIR ONTWERP .....	9
4.2	MANTELSPANNINGEN.....	9
4.3	OVERSPANNINGSAFLEIDERS .....	9
4.4	OPSTIJGPUNT.....	10
4.5	BENODIGDE COMPONENTEN.....	10
<b>BIJLAGE A:</b>	<b>TRACÉTEKENING .....</b>	<b>A</b>
<b>BIJLAGE B:</b>	<b>LIJNDIAGRAM VERBINDING.....</b>	<b>B</b>
<b>BIJLAGE C:</b>	<b>SPECIFICATIESHEET ABB SVL'S .....</b>	<b>C</b>
<b>BIJLAGE D:</b>	<b>SCHETSONTWERP OSP.....</b>	<b>D</b>
<b>BIJLAGE E:</b>	<b>BOORONTWERP .....</b>	<b>E</b>
<b>BIJLAGE F:</b>	<b>STERKTEBEREKENING HDD.....</b>	<b>F</b>
<b>BIJLAGE G:</b>	<b>RESULTATEN GRONDONDERZOEK.....</b>	<b>G</b>
<b>BIJLAGE H:</b>	<b>UITWERKINGEN BEREKENINGEN .....</b>	<b>H</b>



## 1 Inleiding

Gedurende de werkzaamheden aan de 380 kV lijnverbinding Maasbracht – Eindhoven (MBT-EHV380) zal één van beide circuits voor een bepaalde periode uit bedrijf worden genomen. De 380 kV verbinding bestaat uit een wit en een zwart circuit en gedurende werkzaamheden is er altijd 1 circuit van de 380 kV verbinding in bedrijf (onder spanning).

In de 380kV verbinding MBT-EHV380 zitten op drie locatie kruisingen met 150kV verbindingen, waarbij de 150kV geleiders zich onder de geleiders van de 380 kV verbinding bevinden.

Het vervangen van de geleiders aan een 380 kV circuit kan vanwege veiligheidsredenen alleen plaatsvinden als de kruisende 150 kV verbinding spanningsloos is. Als de geleiders van de 380 kV verbinding vervangen gaan worden kunnen de oude en nieuwe geleiders de 150kV circuits raken dan wel te dicht in de buurt komen. Omdat het in het kader van de energievoorziening niet mogelijk is om beide circuits van de 150kV verbinding uit bedrijf te nemen/spanningsloos te maken, zal er een tijdelijke oplossing moeten worden gezocht. Deze oplossing is het tijdelijk aanbrengen van een 150kV kabelverbinding van één 150kV circuit ter plaatse van de kruising.

Het betreft drie locaties met tijdelijk verkabelingen van onderstaande 150kV lijncircuits:

150 kV Circuit met tijdelijke verkabeling	Locatie van tijdelijke verkabeling
BUGG-KELP150 wit	Vak tussen mast 031 en 030
EHVO-HMZ150 paars	Vak tussen mast 115 en 021
EHVO-HMZ150 oranje	Vak tussen mast 122 en 014

Dit document bevat het systeemontwerp van de tijdelijke 150kV verbinding Helmond Zuid en Eindhoven Oost (EHVO – HMZ 150) Paars tussen mast 115 en mast 021, zoals weergegeven in Figuur 1 en Bijlage A:. De verbinding kruist de Brandevoortse Dreef en een gasleiding met een HDD.



**Figuur 1: overzicht tijdelijke 150kV kabelverbinding M115 – M21.**

Op basis van de gehanteerde uitgangspunten (functionele eisen) zijn per voorkomende liggingsconfiguratie belastbaarheids-berekeningen uitgevoerd.

## 2 Uitgangspunten berekening

Voor het uitvoeren van de berekeningen en het ontwerpen van de verbindingen zijn de volgende brondocumenten verstrekt door TenneT:

- PVE.06.000 Kabels v2.3
- SPE.06.359 Technical Specification for 110 \_ 150 kV AC Land Cable connections with Insulation made of extruded Polyethylene V2.2
- 002.586.40 1002236 technische uitgangspunten

Op basis van deze brondocumenten is het volgende uitgangspuntendocument opgesteld en akkoord bevonden door TenneT:

- IN2022-007 – TenneT – Uitgangspunten tijdelijke 150kV verbindingen MBT – EHV v0.3

De volgende documenten<sup>1</sup> zijn door Atron Engineering opgesteld m.b.t. de kruising van de Brandevoortsedreef:

- Boorontwerp (meridian nummer 002.586.40 1029936)
- Boortekening (meridian nummer 002.586.40 1029937)
- “DGeo-3413-BT02” Sterkteberekeningen voor de HDD (toegevoegd als bijlage F)

### 2.1 Algemeen

De volgende gegevens worden gehanteerd t.a.v. de functionele eisen voor de kabelverbinding.

Verbinding	: Eindhoven – Helmond zuid Paars
Spanningsklasse	: 150 kV
Uitvoering	: N-0 veilig
Aantal circuits	: 1
Kabeltype	: EYAKrvlwd 87/150 kV
Geleider	: doorsnede te bepalen
Metaalmantel	: aluminium
Aarding metaalmantel	: éénzijdig
Maximale geleider temperatuur	: 90°C
Omgevingstemperatuur grond	: op maaiveld = 30 °C
	: HDD = 10°C
	: open ontgraving = 15°C

### 2.2 Belastbaarheid

Gevraagd vermogen	
Voorbelasting	: 205 MVA / 789 A (1 jaar) met load factor 0,8
Overbelasting	: 410 MVA / 1578A (gedurende 24 uur) met load factor 1,0
Optredende kortsluitstromen	
1-fase	: 15 kA / 1s
3-fase	: 40 kA / 1s

<sup>1</sup> Deze documenten zijn tijdens het maken van dit rapport nog niet gereed en zullen achteraf onder deze vooraf aangemaakte nummers in meridian worden toegevoegd.

## Gronduitdroging

### Op maaiveld

Tijdens voorbelasting : Maximale manteltemperatuur van 45°C

Tijdens overbelasting : Geen gronduitdroging

In HDD : Geen gronduitdroging

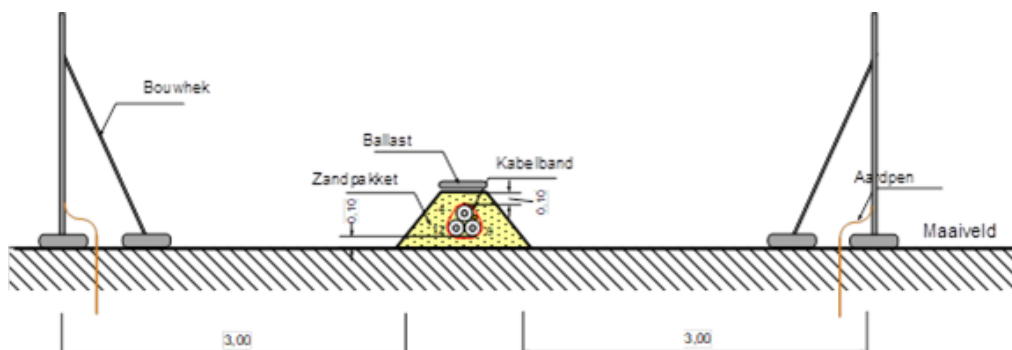
In open ontgraving : Geen gronduitdroging

## 2.3 Liggingsconfiguraties

Voor de tijdelijke kabelverbindingen wordt het tracé zoveel mogelijk op maaiveld aangelegd. De hoogspanningskabels worden in driehoek gebundeld met kabelbanden. Deze dienen tegen de kortsluitkrachten bestand te zijn. Het aantal en type kabelbanden wordt door de kabelleverancier gespecificeerd. Onder de kabels dient een zandlaag van 10cm te worden aangebracht als bescherming tegen scherpe voorwerpen op het maaiveld. Na aanleg worden de kabels bedekt met een zandpakket om de circuits te positioneren en visueel af te schermen. Het zandpakket en de bodem worden bedekt met worteldoek. Dit houdt het zandpakket bijeen en voorkomt begroeiing tussen de hekken. Hiermee wordt voorkomen dat er gemaaid moet worden nabij hoogspanningskabels. Om het effect van zoninstraling te minimaliseren wordt geadviseerd om geen zwart worteldoek toe te passen. Er worden ballast blokken op het worteldoek gelegd om dit te fixeren.

De verbinding wordt afgeschermd van de omgeving door een tijdelijk hekwerk met overklimbeveiliging aan weerszijden van het circuit te plaatsen. Deze bouwhekken worden voorzien van waarschuwingsborden en dienen vandalisme en diefstal tegen te gaan. Het tijdelijke hekwerk dient te voldoen aan: SPE.04.002 Algemene specificatie hekwerken en poorten. De afstand van het hekken tot aan de hoogspanningskabels dient zo gekozen te worden dat personen niet in aanraking kunnen komen met een magneetveld  $> 100\mu\text{T}$ . Dit dient door de aannemer geverifieerd te worden. Daarnaast is er voldoende ruimte gekozen om de bouwhekken te kunnen ondersteunen. Deze afstand kan mogelijk geoptimaliseerd worden in het uitvoeringsontwerp (UO). In onderstaande figuur is de ligging op maaiveld schematisch weergegeven. De hekwerken kunnen qua aarding worden gesegmenteerd door middel van het toepassen van composieten klemmen tussen de hekken.

In onderstaande figuur is de ligging op maaiveld schematisch weergegeven.



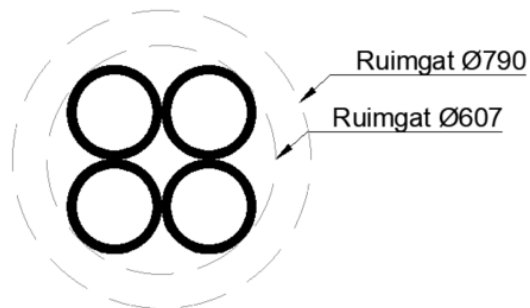
**Figuur 2: Tijdelijke verbinding op maaiveld**

De HDD wordt conform onderstaande schets uitgevoerd tot een diepte van 10,5m-mv. Zie het boorontwerp van Atron in Bijlage E voor meer details.





TE BOREN BUIS:  
4x Ø250mm PE100 SDR11



**Figuur 3: dwarsdoorsnede HDD**

## 2.4 G-waarde

Voor de tijdelijke verbinding worden de kabels op het maaiveld in zand geïnstalleerd. Voor de belastbaarheidsberekeningen wordt ervan uitgegaan dat het gebruikte zand een g-waarde heeft van 0,5 Km/W. Voor ligging in de HDD zijn de twee mechanische boringen uitgevoerd en geanalyseerd (MB-E03 en MB-E04). De resultaten zijn weergegeven in Bijlage G:. Om de g-waarde op diepte te bepalen is gebruik gemaakt van de conformal mapping methode, zie Tabel 1 . De maatgevende g-waarde is (worst-case) bepaald op 0,4 Km/W op 10,5m diepte.

**Tabel 1: Equivalente g-waarde uit grondonderzoek [Km/W]**

Diepte (m-mv)	MB-E03	MBE04
1,8	0,43	0,52
7	0,46	0,43
10,5	0,4	0,37

### 3 Selectie geleiderdoorsnede

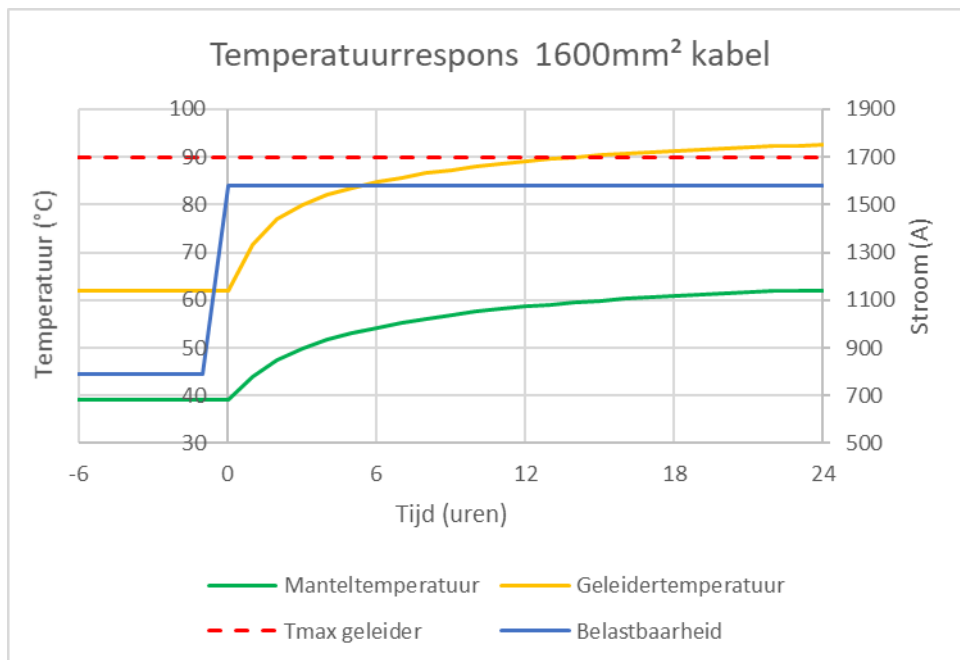
De belastbaarheidsberekeningen zijn uitgevoerd op basis van het volgende rekenmodel.

IEC60853: Calculation of the cyclic and emergency current rating of cables

Part 2: Cyclic ratings of cables greater than 18/30 (36) kV and emergency ratings for cables of all voltages

In de onderstaande tabellen is per liggingsconfiguratie voor verschillende kabels gekeken naar de manteltemperatuur na de overbelasting van het opgegeven belastingsprofiel (24 uur overbelasting van 1578 A, met een voorbelasting van 789A en een loadfactor van 0,8). De manteltemperatuur van de kabel mag niet boven de 45 °C uitkomen tijdens de voorbelasting om rekening te houden met gronduitdroging.

In onderstaande grafiek is ter illustratie de temperatuurrepons van de geleider en de metaalmantel weergegeven van een 1600mm<sup>2</sup> Alrm kabel voor de situatie “op maaiveld” met éénzijdige aarding van de metaalmantel.



Figuur 4: temperatuurrepons 1600mm<sup>2</sup> Alrm kabel.

**Tabel 2: Geleider- en manteltemperatuur na voorbelasting en geleidertemperatuur na overbelasting**

	Maaiveld		HDD (10,5m)	Open Ontgraving
	Mantel	Geleider	Geleider	Geleider
1200mm <sup>2</sup> Al-rm	39	118	74	84
1600mm <sup>2</sup> Al-rm	36	92	50	62
2000mm <sup>2</sup> Al-Mil	33	66	39	57

Uit bovenstaande berekeningen kan worden geconcludeerd dat de verkabeling van de 150kV verbinding Eindhoven – Helmond Zuid Paars uitgevoerd kan worden met een 2000AlMil bij eenzijdige aarding in driehoek.

Ter vergelijking is de configuratie “open ontgraving” ook toegevoegd aan het overzicht in Tabel 2. Hier is duidelijk te zien dat ligging op maaiveld thermisch ongunstiger is dan ligging in open ontgraving. Aangezien slechts een klein deel van de verbinding op maaiveld geïnstalleerd dient te worden, is open ontgraving mogelijk een interessant alternatief, waarbij op 1,8m onder maaiveld, zonder toevoeging van backfill en een g-waarde van 0,52 een 1200AL-rm kabel kan worden toegepast. Gronduitdroging is op deze diepte geen risico en het akkerland kan zonder belemmering bewerkt worden.

### 3.1 Kortsluitberekeningen

Conform de IEC60949, zijn er kortsluitberekeningen uitgevoerd. Dit resulteert in een minimale geleider doorsnede en metaalmanteldoorsnede, zoals weergegeven in onderstaande tabel. Een uitwerking van de berekening voor de 3-fase kortsluitstroom voor een aluminium geleider is te vinden in Bijlage H.

De in dit rapport geselecteerde kabels voldoen aan de vermelde minimale doorsnedes. De toepassing van lood moet zoveel mogelijk worden vermeden, daarom heeft de toepassing van aluminium voor de metaalmantel de voorkeur.

**Tabel 3: benodigde geleider- en manteldoorsnede.**

Spanningsklasse	Eis	Geleider	Min. doorsnede mm <sup>2</sup>
150kV	3-fase 40 kA / 1s	Min. geleider doorsnede AL	367
		Min. geleider doorsnede CU	280
	1-fase 15,0 kA / 1s	Min. doorsnede metaalmantel AL	159
		Min. doorsnede aardkabel CU*	105

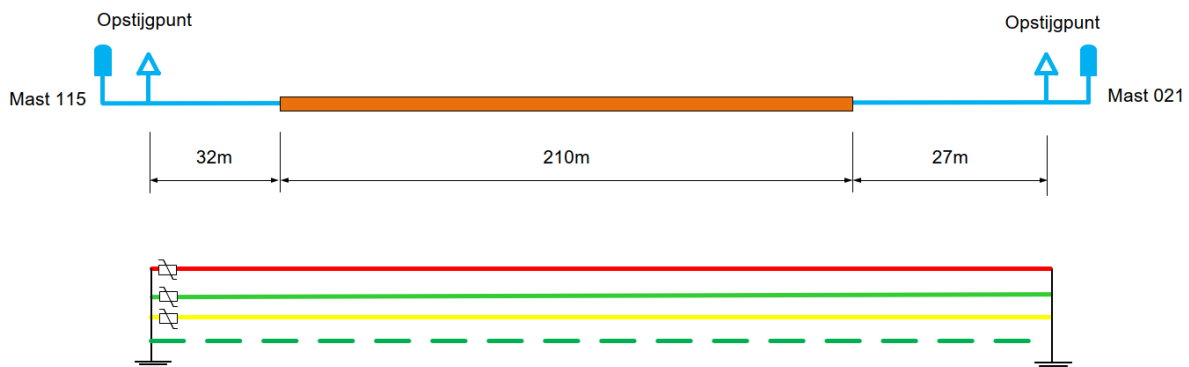
\* alle componenten die onderdeel uitmaken van het aardingssysteem dienen kortsluitvast te worden uitgevoerd volgens bovenstaande kortsluitstromen. De geselecteerde aardkabels zijn 1x120mm<sup>2</sup> CU.

## 4 Systeemontwerp

In dit hoofdstuk wordt het systeemontwerp van de verbinding beschreven.

### 4.1 Primair ontwerp

In de onderstaande figuur is het systeemontwerp inclusief aardingsontwerp van de verbinding EHVO - HMZ 150 Paars tussen mast 115 en Mast 021 weergegeven. Deze is tevens te vinden in Bijlage B.



Figuur 5: Lijndiagram situatie.

### 4.2 Mantelspanningen

In onderstaande tabel zijn de maximale mantelspanningen weergegeven die optreden tijdens nominaal gebruik, bij 1-fase kortsluitstroom en bij 3-fase kortsluitstroom. In de tabel is ook aangegeven welke houdspanning<sup>2</sup> de SVL's dienen te hebben. In bijlage C zijn de specificaties van de SVL te vinden. In Bijlage H is een uitdraai te vinden van de berekeningen die zijn gedaan voor de optredende mantelspanningen tijdens een 1-fase kortsluiting van 15kA/1s.

N.B.: dit betreft een voorbeeld berekening voor de tijdelijke kabel verbinding BUGG – KELP150 tussen mast 030 en 031.

Tabel 4: optredende mantelspanningen.

Verbinding	Lengte [m]	Mantelspanningen			Toe te passen SVL's
		Nominaal vermogen (375 A)	kortsluitstroom		
			3-fase (40kA/1s)	1-fase (15kA/1s)	
EHVO-HMZ150 Paars mast 115 – mast 021	269	11V	530 V	2,8 kV	ABB MWD 5,0 kV (rated voltage) of vergelijkbaar

### 4.3 Overspanningsafleiders

De verbinding is getoetst aan document: "TBD.014.1 B Bijlage A v1.5". Omdat de 150kV verbinding korter dan 2,5km is, dienen er overspanningsafleiders te worden toegepast. Deze dienen te worden geïnstalleerd op één van beide OSPs.

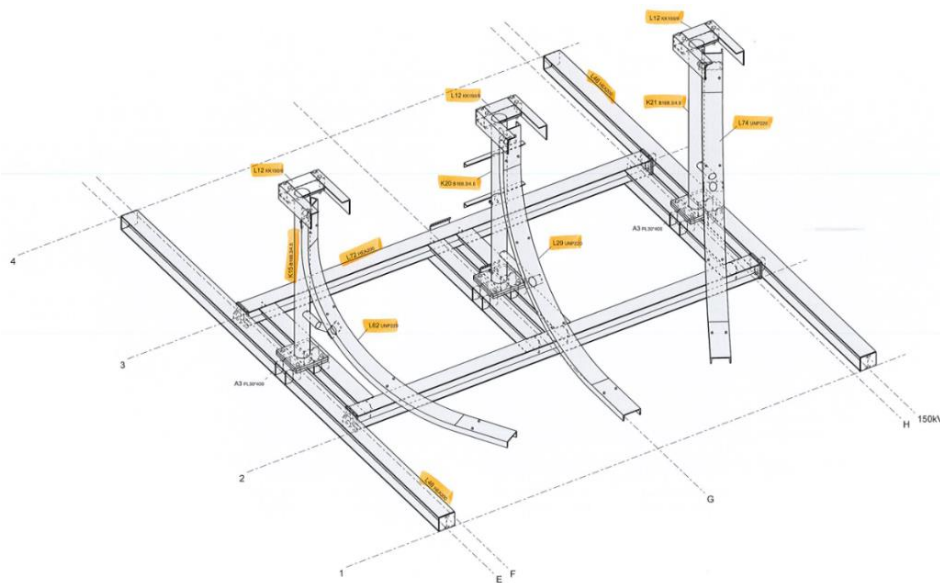
<sup>2</sup> Er is een veiligheidsmarge van 1.5 gehanteerd

#### 4.4 Opstijgpunt

Onder de bestaande masten zullen opstijgpunten (OSP's) gerealiseerd worden, zie het schetsontwerp voor een tijdelijk OSP in Figuur 6 en Bijlage D. Hier dient voldoende overlengte te worden weggelegd om minimaal twee keer een nieuwe eindsluiting te kunnen maken.

De kabeleindsluitingen zullen op een staalconstructie geplaatst worden.

Er dient een aardnet geïnstalleerd te worden bij elk OSP voor het afvoeren van de kortsluitstroom. Hier worden de kabelmantels en de aardkabel via een 3-fase aardingskast op aangesloten. Op één van de OSP's zijn tevens overspanningsafleiders voorzien, welke op de staalconstructie gemonteerd worden.



Figuur 6: schetsontwerp tijdelijk OSP.

#### 4.5 Benodigde componenten

In de onderstaande tabel zijn de benodigde componenten weergegeven voor verbinding:

Tabel 5: Benodigde componenten tijdelijke verbinding.

Component	Type	Aantal	Eenheid
87/150kV kabel	EYAKrvlwd 1x2000Al-mil	858	m
Aardkabel	120mm <sup>2</sup> Curs	304	m
Mantelbuis	HDPE 250 SDR 11 PE100	788	m
Eindsluiting	Leverancier	6	stuks
Overspanningsafleiders	Uit raamcontract	3	stuks
Kabelbanden	Leverancier	334	stuks
Hekwerk	Conform SPE.04.002	700	m
Worteldoek	Te bepalen door aannemer	390	m <sup>2</sup>
Ballastblokken	Te bepalen door aannemer	12	stuks
Aardpennen (hekwerk)	Te bepalen door aannemer	4	stuks
Aardingskast	3-fase	1	stuks
Aardingskast met SVL's	3-fase	1	stuks
Zand	schoon, g-waarde ≤0,5 Km/W	20	m <sup>3</sup>

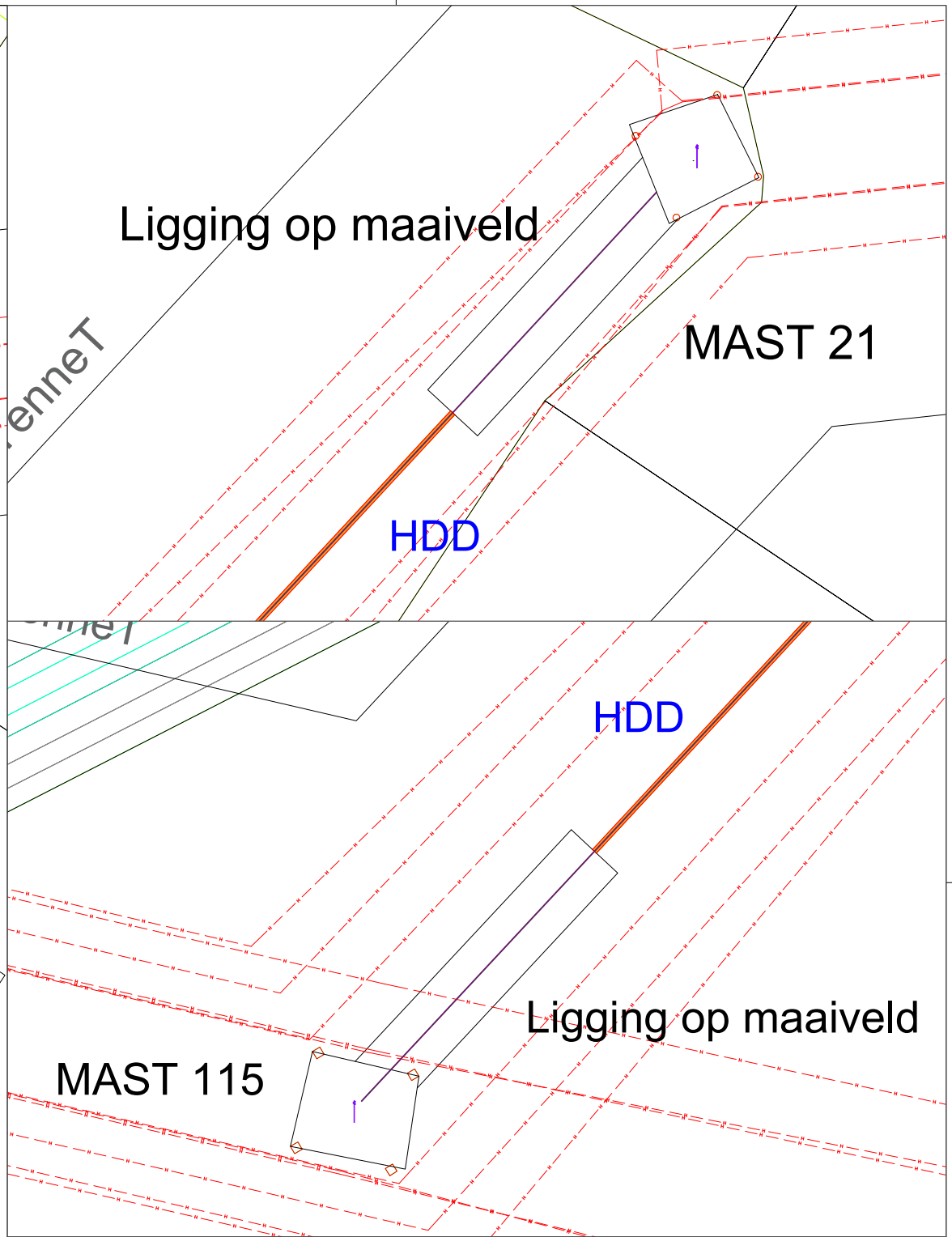
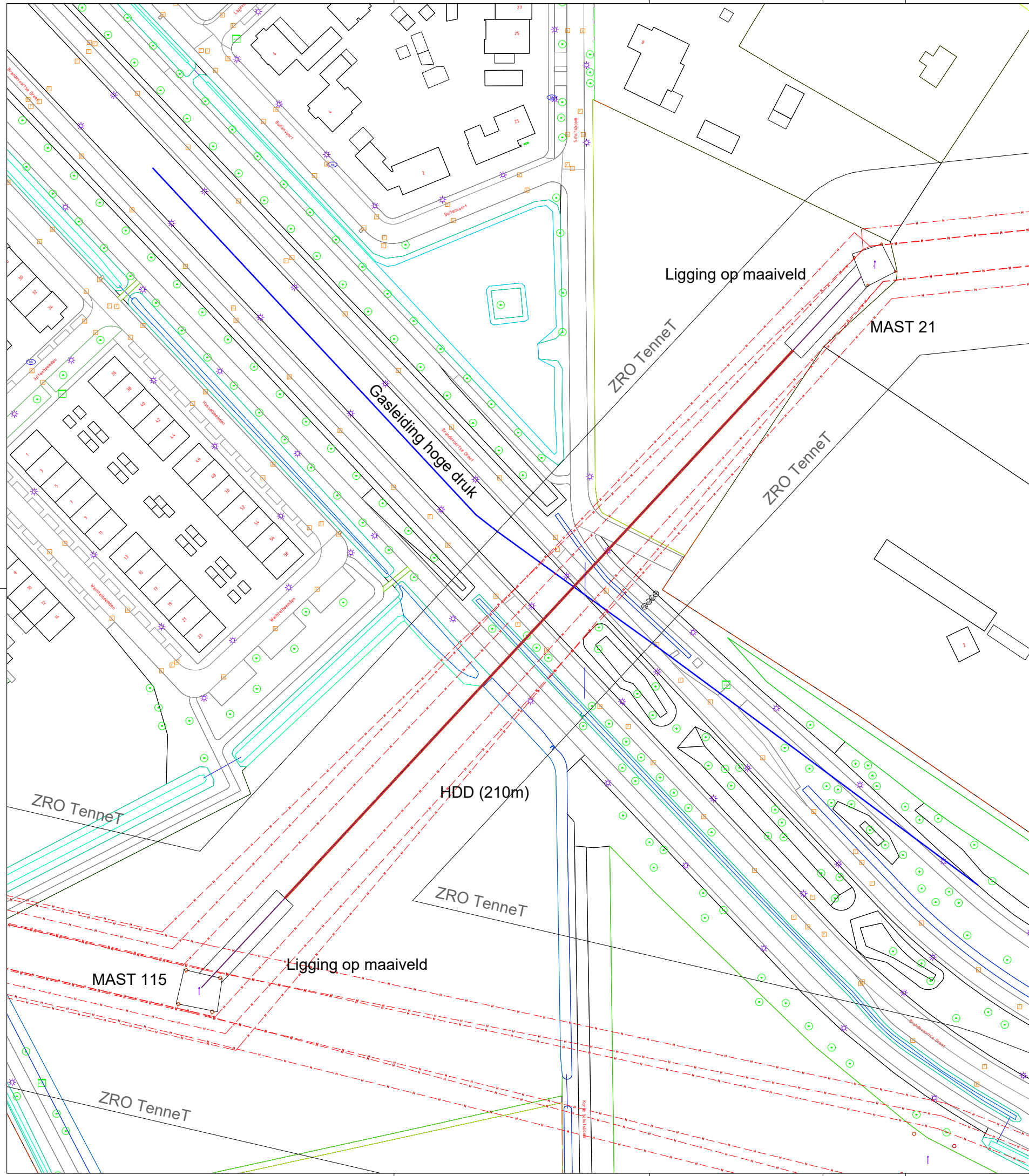




De lengte van de kabels is inclusief 15m per eindsluiting voor de verticale lengte en twee maal een herkansing voor een eindsluiting. De exacte aantallen van de componenten dient door de aannemer te worden geverifieerd in het detailontwerp( DO).



## Bijlage A: Tracétekening



- LEGENDA:**
- HS Kabel
  - HS lijn
  - Gasleiding Gasunie
  - Hekwerk
  - Krusing in mantelbuis
  - Slootkruiging
  - Bebouwing
  - Sloot/greppel
  - Bebossing
  - Grasland

OPMERKINGEN:  
 - AAN DEZE TEKENING ZIJN GEEN RECHTEN TE ONTLENEN

WIJZ.	DATUM	OMSCHRIJVING	GET.	GEC.	STATUS
5	26-07-2022	Update naar RFA V2	RM		Concept
4	29-06-2022	Update naar RFA	RM		Concept
3	04-05-2022	Update met buigstralen	RM		Concept
2	21-03-2022	EHVO -HMZ150 Paars	AW		Concept
1	15-02-2022	EHVO -HMZ150 Paars	RM		Concept

Energy Solutions  
 High Voltage Engineering & Consultancy  
 Ampereweg 27  
 2627 BG Delft  
 Telefoon : 015-7505460  
 Website : www.ensol.nl

OPDRACHTGEVER:

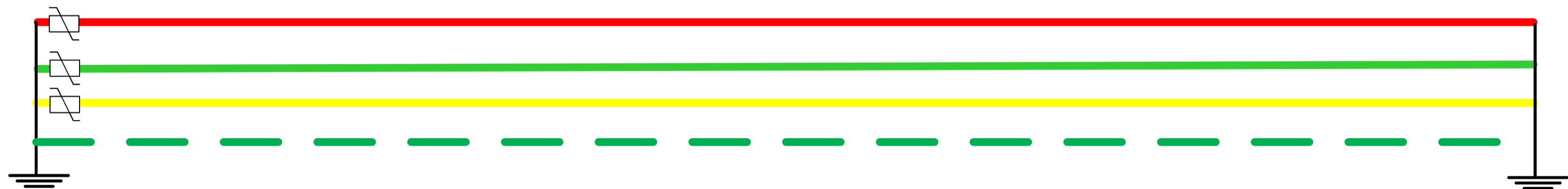
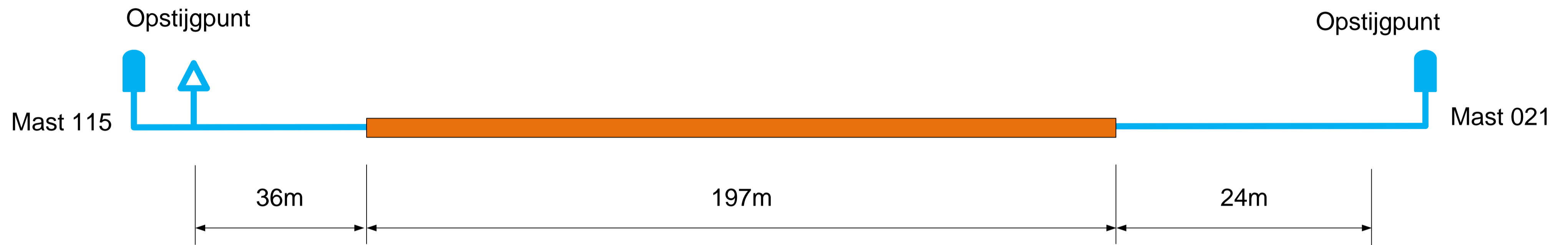
WERK: ONDERWERP:

SCHAAL	FORM.	WERK NR.	TEKENING NR.	BLAD:	VAN:	WIJZ.
	A3	ENSOL-	04.873-DRW-001	2	3	5



## Bijlage B: Lijndiagram verbinding

# TenneT 150kV verbinding EHVO -HMZ150 Paars



	Boring				
	Aardkabel	120mm <sup>2</sup> Curs			
	Hoogspanningskabel	EYAKrvvd 1x2000ALMI			
	Overspanningsafleider	5 kV rated voltage			
	Opstijgsplatform				
	Eindsluiting				
Symbol	Omschrijving	Type			
2	20-05-2022	A. Winters		Definitief	
1	05-04-2022	R. van der Molen		Concept	
Revisie	Datum	Getekend	Gecontroleerd	Status	Opmerkingen
		Energy Solutions B.V., Ampereweg 27 2628BG Delft		110kV verbinding EHVO -HMZ150 Paars	
Projectnummer:	ENSOL 873		Format		
Tekeningnummer:	2		A3		



# Bijlage C: Specificatiesheet ABB SVL's

# Surge arrester MWD



### Overvoltage protection of

- Transformers
- Motors
- Cables
- Cable sheath
- Medium voltage equipment

### Application

- Alternating current (AC)
- Indoor

### Technical data

Surge arresters with metal oxide resistors without spark gaps (MO surge arresters), direct molded silicon housing, grey color, designed and tested according to IEC 60099-4.

Nominal discharge current $I_n$ 8/20 $\mu$ s	10 kA (pv)
Line discharge class (LD)	2
High current impulse $I_{hc}$ 4/10 $\mu$ s	100 kA (pv)
Long duration current impulse	550 A / 2000 $\mu$ s
Short circuit rating $I_s$ 50 Hz	20 kA (rms) for 0.2 s
Classification according to IEEE (ANSI) C62.11	intermediate

The thermal stability of the MO surge arrester is proved in the operating duty test according to LD 2, which gives an energy input of 5.5 kJ/kV ( $U_c$ ).

### Power frequency voltage versus time characteristic (TOV) with prior energy input

$t = 1$ s	$U_{TOV} = 1.317 \times U_c$
$t = 3$ s	$U_{TOV} = 1.287 \times U_c$
$t = 10$ s	$U_{TOV} = 1.256 \times U_c$

### Mechanical loads

Torque moment	50 Nm
Tensile strength axial	1200 N
Short term load SSL horizontal to axis	153 Nm
Long term load SLL horizontal to axis	88 Nm

### General data

Ambient air temperature	-60 to +40 °C (for higher values contact manufacturer)
Altitude	up to 1800 m (for higher values contact manufacturer)
Frequency of system voltage	50/60 Hz



# Electrical data

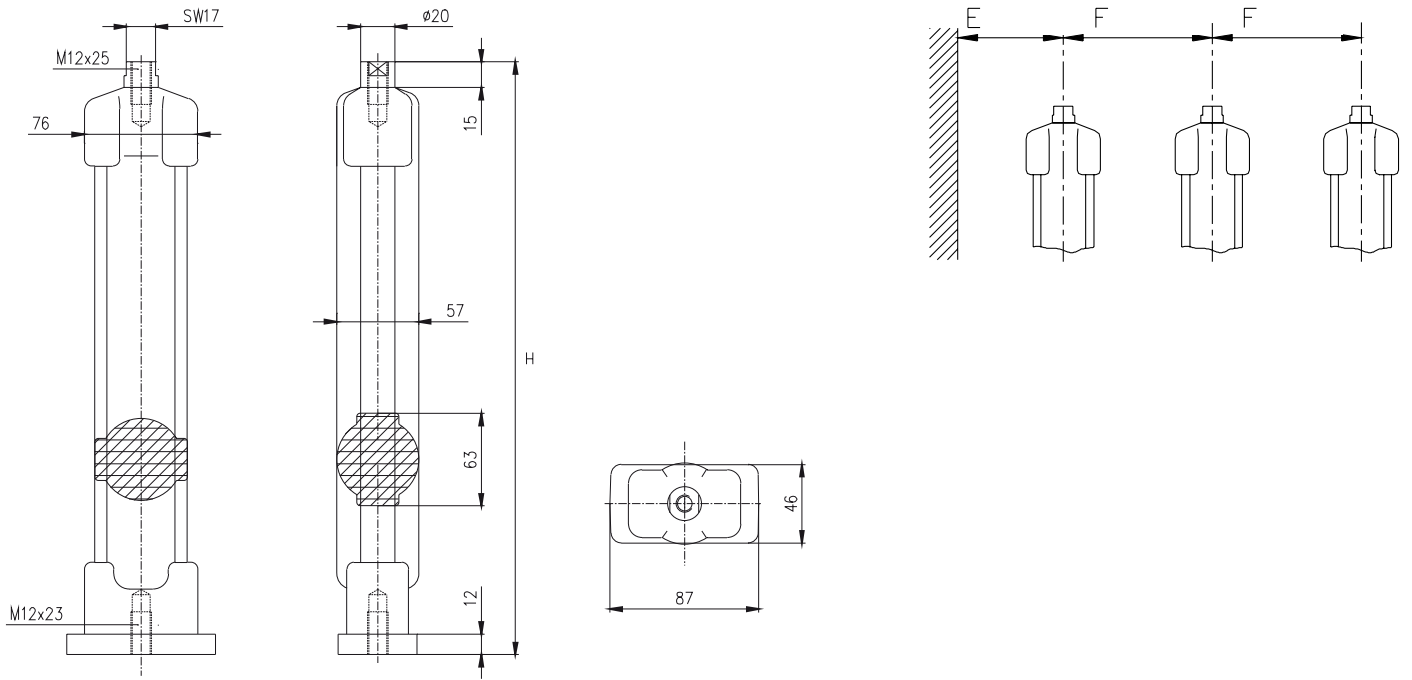
$U_c$ Continuous operating voltage	$U_r$ Rated voltage	Residual voltage $U_{res}$ in kV (pV) at specified impulse current									
		wave 1/... $\mu$ s		wave 8/20 $\mu$ s					wave 30/60 $\mu$ s		
kV	kV	5 kA	10 kA	1 kA	2.5 kA	5 kA	10 kA	20 kA	125 A	250 A	500 A
rms	rms	pV	pV	pV	pV	pV	pV	pV	pV	pV	pV
4	5.0	12.7	13.5	10.5	11.1	11.7	<b>12.3</b>	14.1	9.2	9.5	9.9
5	6.3	15.9	16.8	13.1	13.9	14.6	<b>15.4</b>	17.6	11.4	11.9	12.4
6	7.5	19.1	20.2	15.8	16.7	17.5	<b>18.5</b>	21.1	13.7	14.3	14.8
7	8.8	22.2	23.5	18.3	19.4	20.3	<b>21.5</b>	24.6	16.0	16.6	17.2
8	10.0	25.4	26.9	21.0	22.2	23.3	<b>24.6</b>	28.1	18.3	19.0	19.7
9	11.3	28.6	30.2	23.6	25.0	26.2	<b>27.7</b>	31.6	20.5	21.4	22.2
10	12.5	31.7	33.5	26.1	27.7	29.0	<b>30.7</b>	35.0	22.8	23.7	24.6
11	13.8	34.9	36.9	28.8	30.5	32.0	<b>33.8</b>	38.6	25.1	26.1	27.1
12	15.0	38.1	40.3	31.4	33.3	34.9	<b>36.9</b>	42.1	27.4	28.5	29.6
13	16.3	41.2	43.6	34.0	36.0	37.8	<b>40.0</b>	45.6	29.6	30.8	32.0
14	17.5	44.3	46.9	36.6	38.7	40.6	<b>43.0</b>	49.1	31.9	33.2	34.4
15	18.8	47.5	50.3	39.2	41.5	43.6	<b>46.1</b>	52.6	34.2	35.5	36.9
16	20.0	50.7	53.7	41.9	44.3	46.5	<b>49.2</b>	56.1	36.5	37.9	39.4
17	21.3	53.8	56.9	44.4	47.0	49.3	<b>52.2</b>	59.6	38.7	40.2	41.8
18	22.5	57.0	60.3	47.1	49.8	52.3	<b>55.3</b>	63.1	41.0	42.6	44.3
19	23.8	60.2	63.7	49.7	52.6	55.2	<b>58.4</b>	66.6	43.3	45.0	46.8
20	25.0	63.3	67.0	52.2	55.3	58.0	<b>61.4</b>	70.0	45.5	47.3	49.2
21	26.3	66.5	70.4	54.9	58.1	60.9	<b>64.5</b>	73.6	47.8	49.7	51.6
22	27.5	69.7	73.7	57.5	60.9	63.9	<b>67.6</b>	77.1	50.1	52.1	54.1
23	28.8	72.9	77.1	60.1	63.7	66.8	<b>70.7</b>	80.6	52.4	54.5	56.6
24	30.0	76.0	80.4	62.7	66.4	69.6	<b>73.7</b>	84.1	54.6	56.8	59.0
25	31.3	79.2	83.8	65.3	69.2	72.5	<b>76.8</b>	87.6	56.9	59.2	61.5
26	32.5	82.3	87.1	68.0	72.0	75.5	<b>79.9</b>	91.1	59.2	61.6	64.0
27	33.8	85.4	90.4	70.5	74.7	78.3	<b>82.9</b>	94.6	61.4	63.9	66.4
28	35.0	88.6	93.8	73.1	77.4	81.2	<b>86.0</b>	98.1	63.7	66.3	68.8
29	36.3	91.8	97.2	75.8	80.2	84.2	<b>89.1</b>	101.6	66.0	68.7	71.3
30	37.5	94.9	100.4	78.3	82.9	87.0	<b>92.1</b>	105.0	68.2	71.0	73.7
31	38.8	98.1	103.8	81.0	85.7	89.9	<b>95.2</b>	108.6	70.5	73.4	76.2
32	40.0	101.3	107.2	83.6	88.5	92.8	<b>98.3</b>	112.1	72.8	75.7	78.7
33	41.3	104.5	110.6	86.2	91.3	95.8	<b>101.4</b>	115.6	75.1	78.1	81.2
34	42.5	107.6	113.8	88.8	94.0	98.6	<b>104.4</b>	119.1	77.3	80.4	83.6
35	43.8	110.8	117.2	91.4	96.8	101.5	<b>107.5</b>	122.6	79.6	82.8	86.0
36	45.0	114.0	120.6	94.1	99.6	104.5	<b>110.6</b>	126.1	81.9	85.2	88.5
37	46.3	117.1	123.9	96.6	102.3	107.3	<b>113.6</b>	129.6	84.1	87.5	90.9
38	47.5	120.3	127.3	99.2	105.1	110.2	<b>116.7</b>	133.1	86.4	89.9	93.4
39	48.8	123.4	130.6	101.9	107.9	113.1	<b>119.8</b>	136.6	88.7	92.3	95.9
40	50.0	126.5	133.9	104.4	110.6	116.0	<b>122.8</b>	140.0	90.9	94.6	98.3
41	51.3	129.7	137.3	107.1	113.4	118.9	<b>125.9</b>	143.6	93.2	97.0	100.8
42	52.5	132.9	140.7	109.7	116.1	121.8	<b>129.0</b>	147.1	95.5	99.4	103.2
43	53.8	136.1	144.0	112.3	118.9	124.8	<b>132.1</b>	150.6	97.8	101.8	105.7
44	55.0	139.2	147.3	114.9	121.6	127.6	<b>135.1</b>	154.1	100.0	104.1	108.1

# Housing

$U_c$ Continuous operating voltage	Creepage distance	Flashover distance	Minimum clearances		Height H	Weight	Insulation withstand voltage on empty housing			
			$E_{min}$	$F_{min}$			1.2/50 $\mu$ s		50 Hz, 60 s dry	
							req. values acc. to IEC	tested	req. values acc. to IEC	tested
kV rms	mm	mm	mm	mm	mm	kg	kV pv	kV pv	kV rms	kV rms
4	170	165	50	90	187	1.3	16	66	8	42
5	170	165	60	90	187	1.3	21	66	10	42
6	170	165	70	90	187	1.4	25	66	12	42
7	170	165	80	90	187	1.4	28	66	13	42
8	170	165	90	100	187	1.5	32	66	15	42
9	210	205	100	110	227	1.8	37	81	17	52
10	210	205	110	120	227	1.8	40	81	19	52
11	250	245	120	130	267	2.1	44	97	21	62
12	250	245	130	140	267	2.1	48	97	23	62
13	250	245	140	150	267	2.2	52	97	24	62
14	250	245	150	160	267	2.2	56	97	26	62
15	250	245	160	170	267	2.3	60	97	28	62
16	290	285	170	180	307	2.5	64	113	30	72
17	290	285	180	190	307	2.5	68	113	32	72
18	290	285	190	200	307	2.6	72	113	34	72
19	290	285	200	210	307	2.6	76	113	36	72
20	290	285	209	220	307	2.7	80	113	37	72
21	330	325	220	230	347	3.0	84	129	39	82
22	330	325	229	240	347	3.0	88	129	41	82
23	330	325	239	250	347	3.1	92	129	43	82
24	330	325	249	260	347	3.1	96	129	45	82
25	370	365	259	270	387	3.4	100	145	47	92
26	370	365	269	280	387	3.4	104	145	48	92
27	370	365	279	290	387	3.5	108	145	50	92
28	370	365	289	300	387	3.5	112	145	52	92
29	370	365	299	310	387	3.6	116	145	54	92
30	370	365	309	320	387	3.6	120	145	56	92
31	490	485	319	330	507	4.4	124	192	58	122
32	490	485	329	340	507	4.4	128	192	59	122
33	490	485	339	350	507	4.5	132	192	61	122
34	490	485	349	360	507	4.5	136	192	63	122
35	490	485	359	370	507	4.6	140	192	65	122
36	490	485	369	380	507	4.6	144	192	67	122
37	490	485	379	390	507	4.7	148	192	69	122
38	490	485	389	400	507	4.7	152	192	71	122
39	490	485	398	409	507	4.8	156	192	72	122
40	490	485	408	419	507	4.8	160	192	74	122
41	490	485	418	429	507	4.9	164	192	76	122
42	530	525	428	439	547	5.1	168	208	78	132
43	530	525	438	449	547	5.3	172	208	80	132
44	530	525	448	459	547	5.3	176	208	82	132

# Housing

## Dimensions (in mm)



For further information please contact:

**ABB Switzerland Ltd  
High Voltage Products**

Surge Arresters

Jurastrasse 45

CH-5430 Wettingen/Switzerland

Tel. +41 58 585 29 11

Fax +41 58 585 55 70

E-mail: [sales.sa@ch.abb.com](mailto:sales.sa@ch.abb.com)

**[www.abb.com/arrestersonline](http://www.abb.com/arrestersonline)**

For detailed information for dimensioning of our products  
see following ABB documents:

- Application guidelines Overvoltage protection Metal oxide surge arresters in medium voltage systems
- Application guidelines Overvoltage protection Metal oxide surge arresters in railway facilities

For pdf or print version please send E-mail to:  
[sales.sa@ch.abb.com](mailto:sales.sa@ch.abb.com)

**Note**

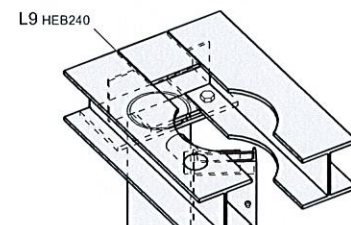
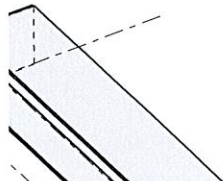
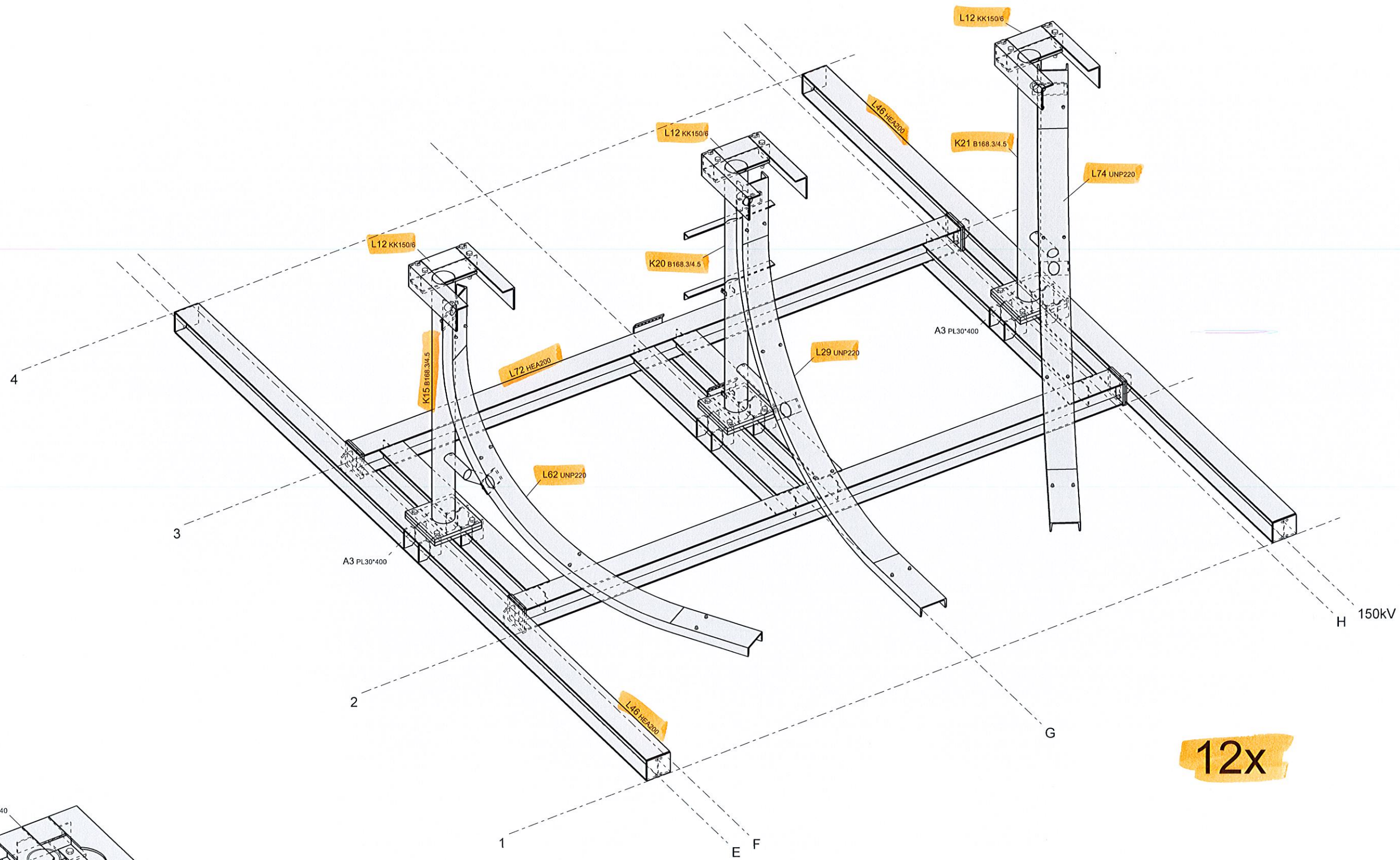
We reserve the right to make technical changes or modify the contents of this document without prior notice. With regard to purchase orders the agreed particulars shall prevail. ABB AG does not accept any responsibility whatsoever for potential errors or possible lack of information in this document. We reserve all rights in this document and in the subject matter and illustrations contained therein. Any reproduction, disclosure to third parties or utilization of its contents – in whole or in parts – is forbidden without prior written consent of ABB AG.

Copyright © 2012 ABB  
All rights reserved

Our products are certified according ISO 9001, 14001, 18001 and IRIS



## Bijlage D: Schetsontwerp OSP

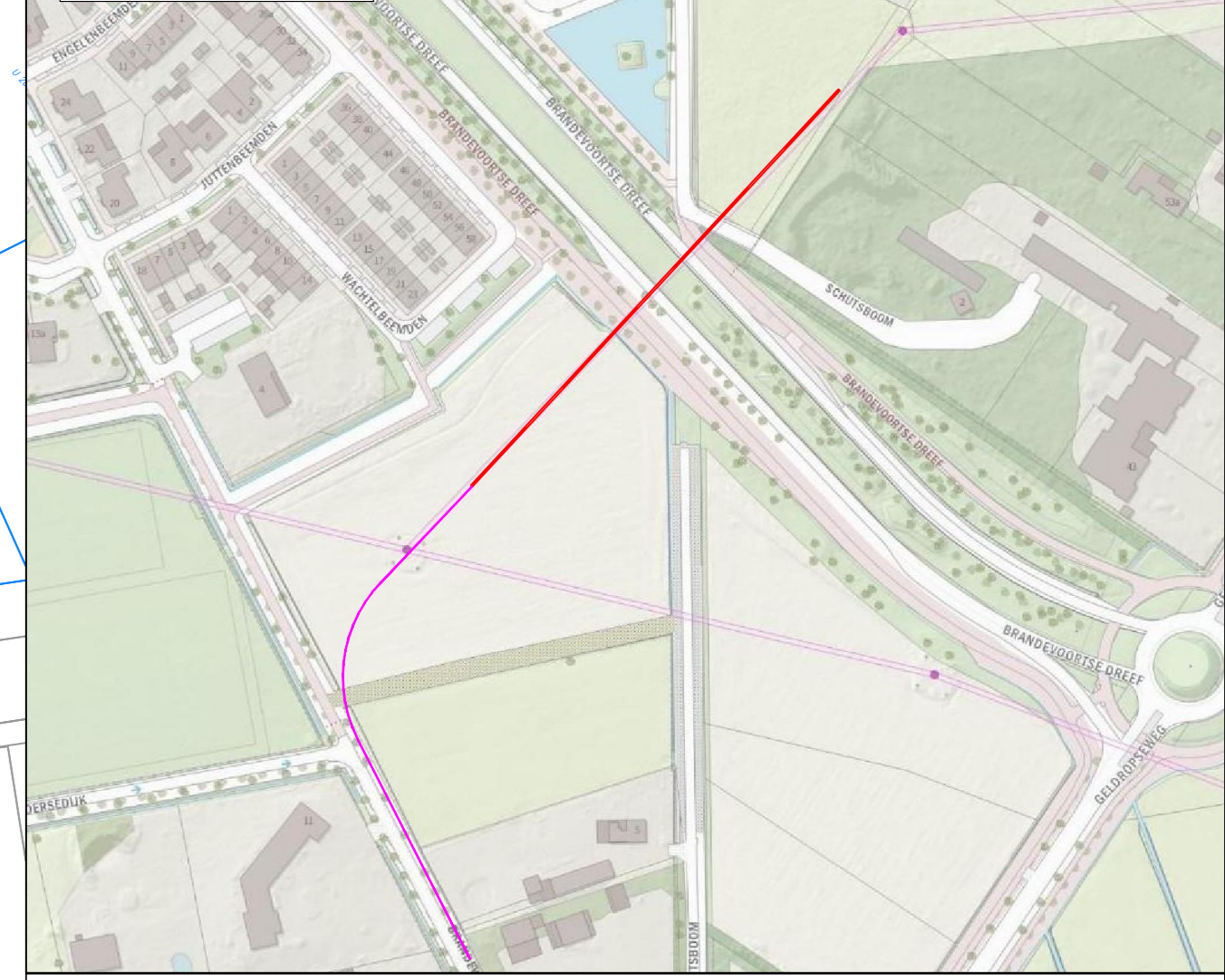
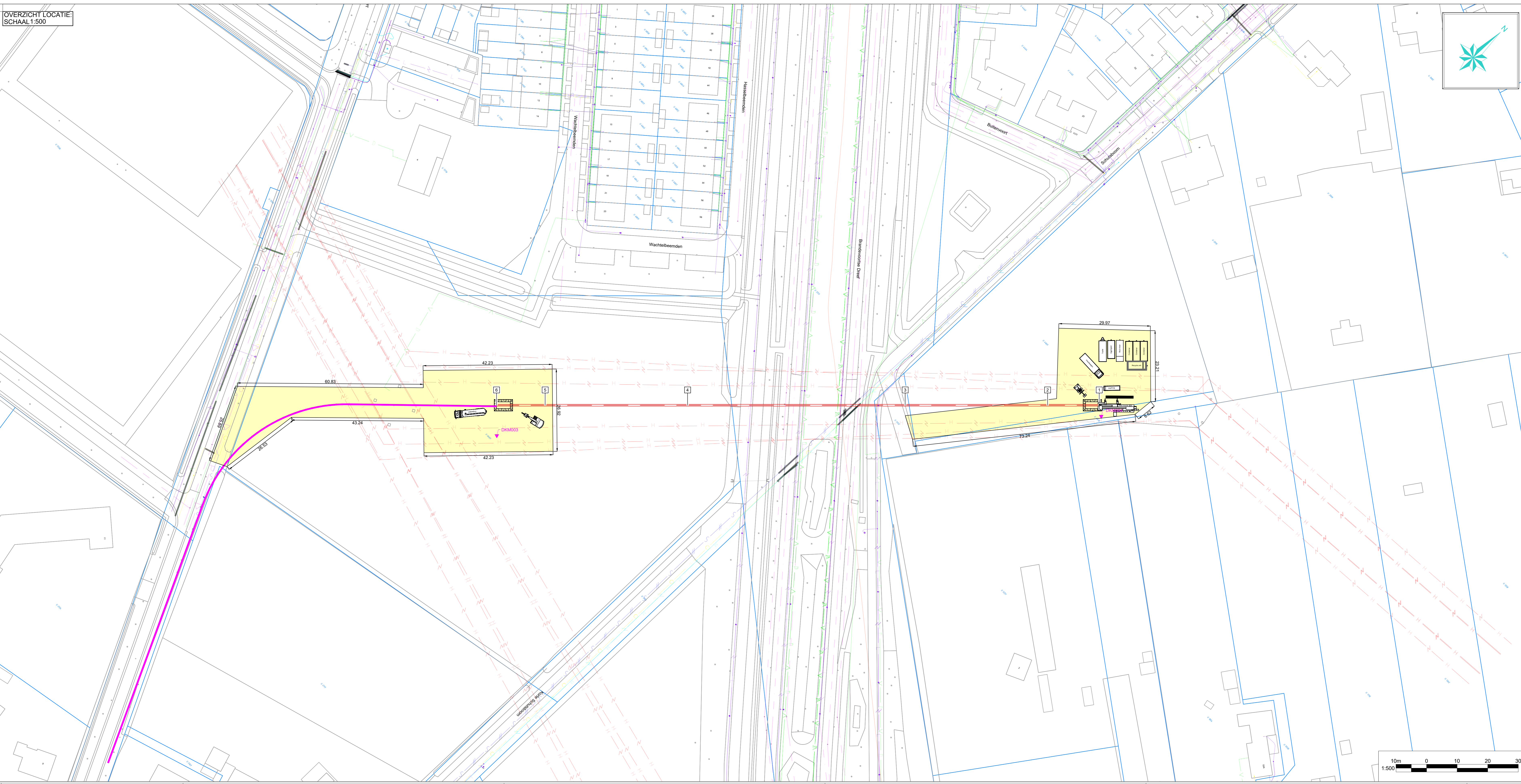
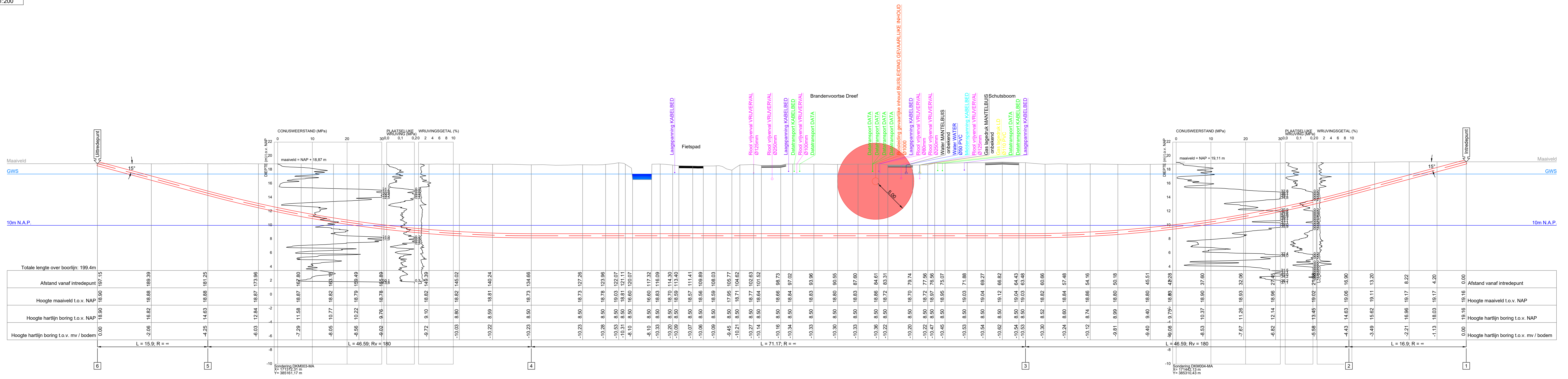




## Bijlage E: Boorontwerp

- Boorontwerp: meridian nummer 002.586.40 1029936
- Boortekening: meridian nummer 002.586.40 1029937





COORDINATENLIJST			
	X	Y	Z(NAP)
1	171438.48	385312.93	19.16
2	171426.98	385300.54	14.63
3	171395.30	385266.38	8.50
4	171346.90	385214.20	8.50
5	171315.21	385180.05	14.63
6	171304.40	385168.39	18.90

**DOORSNEDE**  
SCHAAL 1:200

TE BOREN BUS:  
4x Ø250mm PE100 SDR11

Ruimtag 0790  
Ruimtag 0607

• Lengte(s) 199.4 m  
• Buisdiameter(s) Ø250 mm  
• Verwachte trekkracht 94 kN

KLIC NUMMER: 220037922  
ONTVANGST DATUM: 18-03-2022

DE HOOGTEMATEN ZIJN VERKREGEN UIT AHN-DEZE ZIJN INDICATIEF

JUSTE LIGGING VAN KABELS EN LEIDINGEN DIJNT TUDENS DE UITVOERING BEPAALD TE WORDEN DOOR MIDDEL VAN PROEFSLEUVEN.

**Legenda horizontaal gestuurde boring:**

- Horizontaal gestuurde boring
- Horizontaal gestuurde boring / boogzinker / mantelbuis (bestaand)
- Uitleg locatie
- Topografie (bestaand)
- Topografie (nieuw)
- Kadaster

**Legenda KLIC:**

- Laagspanningskabel(s)
- Middenspanningskabel(s)
- Hoogspanningskabel(s)
- Gasleiding(en) lage druk
- Gasleiding(en) hoge druk
- Datatransport
- Waterleiding(en)
- Vrij verval riolering
- Persriool
- Warme transport
- Gevaarlijke buisleiding(en)

**Opmerkingen:**

Heeft boring uitlopen op bestaand in rechter boogring

№	omschrijving	aanvraag	aanvraag	aanvraag
1				
2				
3	Tekeningen uitgedrukt	DefV	WH	RudV
4	Tekening verduideliken en draaien veldkaart	DefV	WH	RudV
5	Tekening verduideliken en draaien veldkaart	DefV	WH	RudV

Wjg: Ontwerfrijzing  
Gedateerd: Gecontroleerd: Goedgekeurd: Datum:

**ATRON Engineering**  
Advies & Infra

Huisvesting: Industrieweg 22-21, 2411 NB Wekerken  
Telefoon: 01103 23000  
E-mail: info@atron-engineering.nl  
www.atron-engineering.nl

Project: Tijdelijke verkabeling TenneT  
Locatie: Brandvoortse Dreef, Heilmond

Titel: Horizontaal gestuurde boring onder Brandvoortse Dreef  
Bouwjaar: 04.873

Opdrachtgever: TenneT  
Opdrachtgever: Energy Solutions  
Aanspreekweg 27, 2627 BG Delft

Overzicht en dwarsprofiel

Revisie	Aank	Wij	Doel	Formaat	Datum	Staat
1	1	Diverse	AD	22-03-2022	VERGUNNING	

3587-0622-01-BT02





# Bijlage F: Sterkteberekening HDD

# Rapport voor D-Geo Pipeline 20.1

Model : Horizontaal Gestuurde Boring  
Ontwikkeld door Deltares



Bedrijfsnaam: ATRON-Engineering B.V.  
Advies & Infra

Datum van rapport: 4/5/2022  
Tijd van rapport: 2:32:16 PM  
Rapport met versie: 20.1.2.31161  
Berekend met versie: 20.1.2.31161

Bestandsnaam: DGeo-3413

Projectbeschrijving: 3413-0322-01-BT02  
4x 200mm PE100 SDR11  
Brandervoortse Dreef

# 1 Inhoudsopgave

1 Inhoudsopgave	2
2 Invoergegevens	4
2.1 Gebruikt Model	4
2.2 Laagscheidingen	4
2.3 PN-Lijnen	4
2.4 Freatische Lijn	4
2.5 Grondprofielen	4
2.6 Grenslagen	5
2.7 Grondeigenschappen	5
2.8 Geometrie	6
2.8.1 Geometrie Sectie, Detail	6
2.8.2 Geometrie Bovenaanzicht	7
2.9 Berekenings Verticalen	7
2.10 Verkeersbelasting	8
2.11 Configuratie van de Pijpleiding	8
2.12 Materiaalgegevens van de Leiding	9
2.13 Gegevens voor Leidingberekening	10
2.14 Boorvloeistof Gegevens	10
2.15 Factoren	10
2.16 Rekenopties	11
3 Boorvloeistofdrukken	12
3.1 Boorvloeistof Gegevens	12
3.2 Evenwicht tussen Waterdruk en Boorvloeistofdruk	14
3.3 Boorvloeistofdruk Grafieken	15
3.3.1 Boorvloeistofdrukken tijdens Pilotboring	15
3.3.2 Boorvloeistofdrukken tijdens Voorruimen	16
3.3.3 Boorvloeistofdrukken tijdens Ruim- en Intrekoperatie	17
4 Grondmechanische Data	18
4.1 Grondmechanische Parameters 200mm PE100 SDR11 (1): leiding no. 1	18
4.2 Grondmechanische Parameters 200mm PE100 SDR11 (2): leiding no. 2	19
4.3 Grondmechanische Parameters 200mm PE100 SDR11 (3): leiding no. 3	21
4.4 Grondmechanische Parameters 200mm PE100 SDR11 (4): leiding no. 4	23
4.5 Young's Modulus per Laag per Verticaal	25
5 Gegevens voor Sterkteberekening	28
5.1 Algemene Gegevens	28
5.2 Ballasten Leiding	28
5.3 Trekkraftberekening	28
6 Sterkteberekening van 200mm PE100 SDR11 (1): leiding no. 1	30
6.1 Materiaalgegevens van 200mm PE100 SDR11 (1): leiding no. 1	30
6.2 Resultaten Sterkteberekening van 200mm PE100 SDR11 (1): leiding no. 1	30
6.2.1 Belasting Combinatie 1A: Begin Trekoperatie	30
6.2.2 Belasting Combinatie 1B: Einde Trekoperatie	31
6.2.3 Belasting Combinatie 2: Intern op Druk Brengen	31
6.2.4 Belasting Combinatie 3: Bedrijfstoestand in Drukloze Situatie	31
6.2.5 Belasting Combinatie 4: Bedrijfstoestand met Inwendige Druk	32
6.3 Controle van de Berekende Spanningen van 200mm PE100 SDR11 (1): leiding no. 1	32
6.4 Toetsing op Implosie van 200mm PE100 SDR11 (1): leiding no. 1	33
7 Sterkteberekening van 200mm PE100 SDR11 (2): leiding no. 2	34
7.1 Materiaalgegevens van 200mm PE100 SDR11 (2): leiding no. 2	34
7.2 Resultaten Sterkteberekening van 200mm PE100 SDR11 (2): leiding no. 2	34
7.2.1 Belasting Combinatie 1A: Begin Trekoperatie	34
7.2.2 Belasting Combinatie 1B: Einde Trekoperatie	35
7.2.3 Belasting Combinatie 2: Intern op Druk Brengen	35
7.2.4 Belasting Combinatie 3: Bedrijfstoestand in Drukloze Situatie	35
7.2.5 Belasting Combinatie 4: Bedrijfstoestand met Inwendige Druk	36
7.3 Controle van de Berekende Spanningen van 200mm PE100 SDR11 (2): leiding no. 2	36
7.4 Toetsing op Implosie van 200mm PE100 SDR11 (2): leiding no. 2	37
8 Sterkteberekening van 200mm PE100 SDR11 (3): leiding no. 3	38
8.1 Materiaalgegevens van 200mm PE100 SDR11 (3): leiding no. 3	38

---

8.2 Resultaten Sterkteberekening van 200mm PE100 SDR11 (3): leiding no. 3	38
8.2.1 Belasting Combinatie 1A: Begin Trekoperatie	38
8.2.2 Belasting Combinatie 1B: Einde Trekoperatie	39
8.2.3 Belasting Combinatie 2: Intern op Druk Brengen	39
8.2.4 Belasting Combinatie 3: Bedrijfstoestand in Drukloze Situatie	39
8.2.5 Belasting Combinatie 4: Bedrijfstoestand met Inwendige Druk	40
8.3 Controle van de Berekende Spanningen van 200mm PE100 SDR11 (3): leiding no. 3	40
8.4 Toetsing op Implosie van 200mm PE100 SDR11 (3): leiding no. 3	41
9 Sterkteberekening van 200mm PE100 SDR11 (4): leiding no. 4	42
9.1 Materiaalgegevens van 200mm PE100 SDR11 (4): leiding no. 4	42
9.2 Resultaten Sterkteberekening van 200mm PE100 SDR11 (4): leiding no. 4	42
9.2.1 Belasting Combinatie 1A: Begin Trekoperatie	42
9.2.2 Belasting Combinatie 1B: Einde Trekoperatie	43
9.2.3 Belasting Combinatie 2: Intern op Druk Brengen	43
9.2.4 Belasting Combinatie 3: Bedrijfstoestand in Drukloze Situatie	43
9.2.5 Belasting Combinatie 4: Bedrijfstoestand met Inwendige Druk	44
9.3 Controle van de Berekende Spanningen van 200mm PE100 SDR11 (4): leiding no. 4	44
9.4 Toetsing op Implosie van 200mm PE100 SDR11 (4): leiding no. 4	45

## 2 Invoergegevens

### 2.1 Gebruikt Model

Gebruikt Model : Horizontaal Gestuurde Boring

### 2.2 Laagscheidingen

Laagscheidingnummer	Coördinaten [m]				
6 - L -	-10.000	0.000	3.530	7.970	11.940
6 - Z -	18.900	18.900	18.910	18.880	18.890
6 - L -	15.900	23.680	27.650	33.450	41.280
6 - Z -	18.880	18.860	18.870	18.830	18.780
6 - L -	49.120	58.080	62.490	65.990	72.720
6 - Z -	18.840	18.810	18.730	18.660	18.740
6 - L -	75.080	76.130	77.080	79.830	81.000
6 - Z -	19.030	18.750	16.600	16.600	18.840
6 - L -	83.750	87.270	89.500	91.380	92.890
6 - Z -	18.590	18.560	18.610	17.950	18.720
6 - L -	94.520	95.630	98.420	99.340	106.590
6 - Z -	18.770	18.640	18.660	18.830	18.800
6 - L -	113.840	117.410	119.590	120.590	123.750
6 - Z -	18.720	18.700	18.720	18.970	18.990
6 - L -	127.880	130.330	132.720	133.670	137.510
6 - Z -	19.040	19.120	19.040	19.030	18.850
6 - L -	145.360	151.660	157.240	162.590	167.990
6 - Z -	18.820	18.800	18.850	18.940	18.940
6 - L -	180.250	185.970	191.330	197.150	207.000
6 - Z -	19.060	19.140	19.170	19.160	19.160
5 - L -	-10.000	207.000			
5 - Z -	15.640	15.520			
4 - L -	-10.000	207.000			
4 - Z -	12.970	13.130			
3 - L -	-10.000	207.000			
3 - Z -	8.845	12.291			
2 - L -	-10.000	207.000			
2 - Z -	6.860	8.850			
1 - L -	-10.000	207.000			
1 - Z -	5.348	7.713			
0 - L -	-10.000	207.000			
0 - Z -	3.500	3.500			

### 2.3 PN-Lijnen

PN-lijnummer	Coördinaten [m]				
1 - L -	-10.000	207.000			
1 - Z -	17.400	17.400			

### 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
6	Zand (fijn)	1	1
5	Zand (vast 1)	1	1
4	Zand matig	1	1

Laag nummer	Materiaalnaam	Piezo lijn op boven	Piezo lijn op onder
3	Zand (vast 1)	1	1
2	Zand matig	1	1
1	Zand (vast 1)	1	1

## 2.6 Grenslagen

De grens tussen (cohesieve) ongedraineerde toplagen en onderliggende (niet-cohesieve) gedraineerde lagen, ligt aan de bovenzijde van laag nummer 6: Zand (fijn)

De grens tussen compressibele toplagen en de onderliggende niet-compressibele lagen, ligt aan de bovenzijde van laag nummer 6: Zand (fijn)

## 2.7 Grondeigenschappen

Naam	Gamma onverz [kN/m <sup>3</sup> ]	Gamma verz [kN/m <sup>3</sup> ]	Cohesie [kN/m <sup>2</sup> ]	Phi [grd]	Su top [kN/m <sup>2</sup> ]	Su onder [kN/m <sup>2</sup> ]
Klei (slap)	14.00	14.00	0.00	17.50	25.00	25.00
Klei	17.00	17.00	5.00	17.50	50.00	50.00
Toplaag (zd, kl en l hou)	19.00	19.00	25.00	17.50	100.00	100.00
Veen	13.00	13.00	5.00	15.00	30.00	30.00
Zand (fijn)	17.00	19.00	0.00	30.00	0.00	0.00
Zand siltig	18.00	20.00	0.00	25.00	0.00	0.00
Zand (vast)	20.00	22.00	0.00	40.00	0.00	0.00
Zand zwak siltig	19.00	21.00	0.00	32.50	0.00	0.00
Klei zwak zandig	18.00	18.00	5.00	22.50	80.00	80.00
Zand matig	18.00	20.00	0.00	32.50	0.00	0.00
Leem	19.00	19.00	0.00	27.50	50.00	50.00
Zand zwak siltig (grind)	19.00	21.00	0.00	37.50	0.00	0.00
Zand, zwak siltig kleiig	19.00	21.00	0.00	32.50	0.00	0.00
Zand, matig kleiig (1)	18.00	20.00	0.00	30.00	0.00	0.00
Toplaag (zand)	19.00	21.00	0.00	35.00	0.00	0.00
Zand (vast 1)	20.00	22.00	0.00	35.00	0.00	0.00

Naam	Grondtype	Emod 100 [kN/m <sup>2</sup> ]	Emod top [kN/m <sup>2</sup> ]	Emod onder [kN/m <sup>2</sup> ]
Klei (slap)	-	-	1000.00	1000.00
Klei	-	-	2000.00	2000.00
Toplaag (zd, kl en l hou)	-	-	4000.00	4000.00
Veen	-	-	1000.00	1000.00
Zand (fijn)	-	-	15000.00	15000.00
Zand siltig	-	-	50000.00	50000.00
Zand (vast)	-	-	110000.00	110000.00
Zand zwak siltig	-	-	35000.00	35000.00
Klei zwak zandig	-	-	2000.00	2000.00
Zand matig	-	-	45000.00	45000.00
Leem	-	-	3000.00	3000.00
Zand zwak siltig (grind)	-	-	90000.00	90000.00
Zand, zwak siltig kleiig	-	-	50000.00	50000.00
Zand, matig kleiig (1)	-	-	30000.00	30000.00
Toplaag (zand)	-	-	50000.00	50000.00
Zand (vast 1)	-	-	75000.00	75000.00

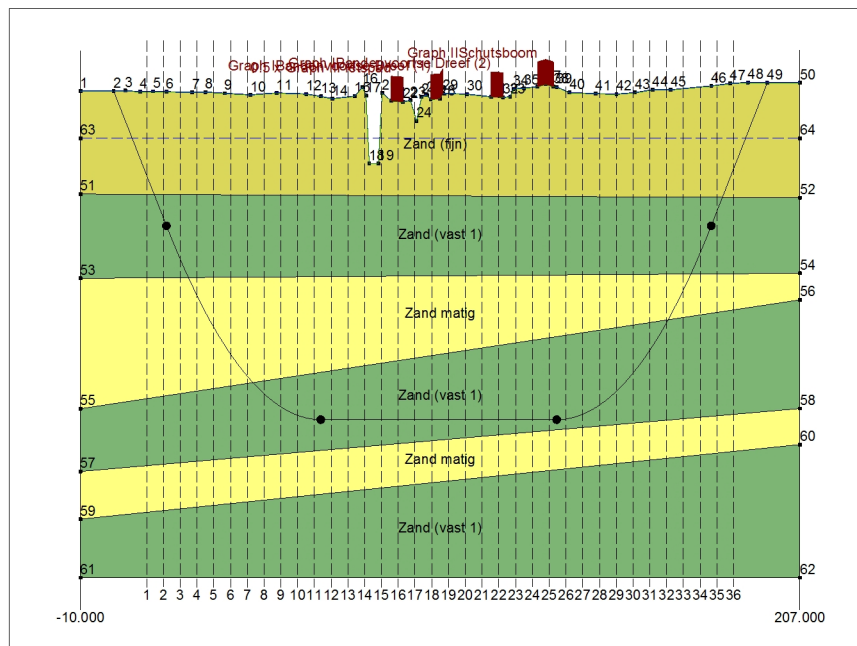
Naam	Adhesie A [kN/m <sup>2</sup> ]	Delta D [grd]	Nu [-]
Klei (slap)	-	-	0.45
Klei	-	-	0.45
Toplaag (zd, kl en l hou)	-	-	0.45
Veen	-	-	0.40



Naam	Adhesie A [kN/m <sup>2</sup> ]	Delta D [grad]	Nu [-]
Zand (fijn)	-	-	0.30
Zand siltig	-	-	0.30
Zand (vast)	-	-	0.30
Zand zwak siltig	-	-	0.30
Klei zwak zandig	-	-	0.45
Zand matig	-	-	0.30
Leem	-	-	0.35
Zand zwak siltig (grind)	-	-	0.30
Zand, zwak siltig kleiig	-	-	0.30
Zand, matig kleiig (1)	-	-	0.30
Toplaag (zand)	-	-	0.30
Zand (vast 1)	-	-	0.30

## 2.8 Geometrie

### 2.8.1 Geometrie Sectie, Detail



## 2.8.2 Geometrie Bovenanzicht

## 2.9 Berekenings Verticalen

Verticaal nr.	L-coörd. [m]	Z-coörd. [m]
1	10.000	16.221
2	15.057	14.865
3	20.114	13.564
4	25.171	12.416
5	30.228	11.419
6	35.285	10.571
7	40.342	9.870
8	45.399	9.315
9	50.456	8.904
10	55.513	8.636
11	60.570	8.510
12	65.627	8.500
13	70.684	8.500
14	75.741	8.500
15	80.798	8.500
16	85.855	8.500
17	90.912	8.500
18	95.969	8.500
19	101.026	8.500
20	106.083	8.500
21	111.140	8.500
22	116.197	8.500
23	121.254	8.500

Verticaal nr.	L-coörd. [m]	Z-coörd. [m]
24	126.311	8.500
25	131.368	8.500
26	136.425	8.521
27	141.482	8.670
28	146.539	8.961
29	151.596	9.395
30	156.653	9.973
31	161.710	10.698
32	166.767	11.569
33	171.824	12.590
34	176.881	13.764
35	181.938	15.084
36	186.995	16.439

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

## 2.10 Verkeersbelasting

Bandenvoortse Dreef (1)		
L begin	95.63	[m]
L einde	99.34	[m]
Belastingsmodel (grafiektype)	Graph I	
Bandenvoortse Dreef (2)		
L begin	113.84	[m]
L einde	117.41	[m]
Belastingsmodel (grafiektype)	Graph I	
Schutsboom		
L begin	127.88	[m]
L einde	132.67	[m]
Belastingsmodel (grafiektype)	Graph II	
Fietspad		
L begin	83.75	[m]
L einde	87.27	[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	18.900	[m]
X coördinaat rechter punt	197.150	[m]
Y coördinaat rechter punt	0.000	[m]
Z coördinaat rechter punt	19.160	[m]
Hoek links	15.0000	[grd]
Hoek rechts	15.0000	[grd]
Kromtestraal links, verticaal in/uit	180.000	[m]
Kromtestraal rechts, verticaal in/uit	180.000	[m]
Kromtestraal rollenbaan (intrekboog)	100.000	[m]
Diepste punt van de pijpleiding (hart boortracé)	8.500	[m]
Hoek van de pijpleiding (tussen de stralen)	0.0000	[grd]
Aantal horizontale bochten:	0	
De pijpleiding wordt van links naar rechts ingetrokken.		

## 2.12 Materiaalgegevens van de Leiding

### Invoergegevens leiding no. 1

Materiaal	Polyetheen	
Kwaliteit	PE100	
Elasticiteitsmodulus (kort)	975.00	[N/mm <sup>2</sup> ]
Elasticiteitsmodulus (lang)	350.00	[N/mm <sup>2</sup> ]
Toelaatbare spanning (kort)	10.00	[N/mm <sup>2</sup> ]
Toelaatbare spanning (lang)	8.00	[N/mm <sup>2</sup> ]
Tensile factor (alfa)	0.65	[-]
Lineaire uitzettingscoëff. (alfa_g)	0.0001600	[mm/mmK]
Uitwendige diameter leiding	200.00	[mm]
Wanddikte (Nominiaal)	18.20	[mm]
Volumegegewicht leidingmateriaal	9.54	[kN/m <sup>3</sup> ]
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/mm <sup>2</sup> ]
Elasticiteitsmodulus (lang)	350.00	[N/mm <sup>2</sup> ]
Toelaatbare spanning (kort)	10.00	[N/mm <sup>2</sup> ]
Toelaatbare spanning (lang)	8.00	[N/mm <sup>2</sup> ]
Tensile factor (alfa)	0.65	[-]
Lineaire uitzettingscoëff. (alfa_g)	0.0001600	[mm/mmK]
Uitwendige diameter leiding	200.00	[mm]
Wanddikte (Nominiaal)	18.20	[mm]
Volumegegewicht leidingmateriaal	9.54	[kN/m <sup>3</sup> ]
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/mm <sup>2</sup> ]
Elasticiteitsmodulus (lang)	350.00	[N/mm <sup>2</sup> ]
Toelaatbare spanning (kort)	10.00	[N/mm <sup>2</sup> ]
Toelaatbare spanning (lang)	8.00	[N/mm <sup>2</sup> ]
Tensile factor (alfa)	0.65	[-]
Lineaire uitzettingscoëff. (alfa_g)	0.0001600	[mm/mmK]
Uitwendige diameter leiding	200.00	[mm]
Wanddikte (Nominiaal)	18.20	[mm]
Volumegegewicht leidingmateriaal	9.54	[kN/m <sup>3</sup> ]
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/mm <sup>2</sup> ]
Elasticiteitsmodulus (lang)	350.00	[N/mm <sup>2</sup> ]
Toelaatbare spanning (kort)	10.00	[N/mm <sup>2</sup> ]
Toelaatbare spanning (lang)	8.00	[N/mm <sup>2</sup> ]
Tensile factor (alfa)	0.65	[-]
Lineaire uitzettingscoëff. (alfa_g)	0.0001600	[mm/mmK]
Uitwendige diameter leiding	200.00	[mm]

Wanddikte (Nominiaal)	18.20	[mm]
Volumegewicht leidingmateriaal	9.54	[kN/m <sup>3</sup> ]
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 rollen	Nee	
Percentage leiding gevuld met vloeistof	0	[%]
Volume gewicht vloeistof	10.00	[kN/m <sup>3</sup> ]
Opleghoek	30	[grd]
Belastingshoek	30	[grd]
Relatieve verplaatsing	10.00	[mm]
Samendrukkingsconstante	6.00	[-]
Beddingsconstante boorvloeistof (Kv)	500.00	[kN/m <sup>3</sup> ]
Hoek van inwendige wrijving boorvloeistof	15.00	[grd]
Cohesie boorvloeistof	5.00	[kN/m <sup>2</sup> ]
Wrijvingsfactor leiding-rollenbaan (f1)	0.10	[-]
Wrijvingscoefficient leiding-boorvloeistof (f2)	0.000050	[N/mm <sup>2</sup> ]
Wrijvingsfactor leiding-grond (f3)	0.20	[-]

### 2.14 Boorvloeistof Gegevens

Uitwendige diameter boorgat pilotboring	0.300	[m]
Uitwendige diameter pilotbuis	0.129	[m]
Uitwendige diameter boorgat voorruimen	0.600	[m]
Uitwendige diameter buis voorruimen	0.129	[m]
Uitwendige diameter uiteindelijke boorgat	0.790	[m]
Uitwendige diameter leiding	0.400	[m]
Debiet tijdens pilotboring	1000.0000	[liter/minuut]
Debiet tijdens voorruimen	800.0000	[liter/minuut]
Debiet tijdens intrekken	600.0000	[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/m <sup>3</sup> ]
Zwichtspanning boorvloeistof	0.013	[kN/m <sup>2</sup> ]
Viscositeit boorvloeistof	0.000090	[kN.s/m <sup>2</sup> ]

### 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. neut. grondspan. q <sub>n</sub> ;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	8.00	[%]
Toelaat. deflectie polyetheen leiding bij inspectie ('piggability')	5.00	[%]
Volumegewicht water	10.00	[kN/m <sup>3</sup> ]
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/m <sup>2</sup> ]			
	Max, deformatie	Max, gronddruk	Min, links	Min, rechts
1	124	147	34	107
2	282	322	51	120
3	360	497	67	133
4	355	571	82	143
5	377	644	95	152
6	402	708	107	160
7	423	759	117	166
8	505	921	125	170
9	542	1003	131	172
10	557	1038	136	173
11	562	1048	140	173
12	559	1039	142	171
13	562	1047	144	169
14	569	1066	146	167
15	552	1017	148	165
16	558	1034	150	163
17	538	977	152	161
18	562	1046	154	159
19	571	1070	156	157
20	571	1069	158	155
21	569	1063	160	153
22	568	1059	162	151
23	580	1094	164	149
24	583	1101	166	147
25	586	1110	168	145
26	578	1086	170	143
27	569	1063	170	139
28	556	1030	169	134
29	537	980	166	127
30	513	919	161	118
31	480	839	155	108
32	378	645	148	97
33	355	568	138	83
34	357	492	127	68
35	264	312	115	51
36	127	155	102	34

Verticaal nr.	Boorvloeistofdrukken voorruimen [kN/m <sup>2</sup> ]			
	Max, deformatie	Max, gronddruk	Min, links	Min, rechts
1	103	103	31	34
2	210	210	47	51
3	340	340	62	67
4	371	434	75	82
5	381	505	87	95
6	404	571	97	107
7	424	625	105	117
8	471	706	112	125
9	528	794	117	131
10	547	832	121	134
11	554	844	123	134
12	551	835	123	134
13	555	843	124	133



Verticaal nr.	Boorvloeistofdrukken voorruimen [kN/m <sup>2</sup> ]			
	Max, deformatie	Max, gronddruk	Min, links	Min, rechts
14	562	862	124	133
15	546	813	125	132
16	552	829	126	132
17	533	772	126	131
18	557	841	127	130
19	566	866	127	130
20	566	865	128	129
21	564	859	129	129
22	563	855	129	128
23	576	891	130	127
24	578	898	130	127
25	582	908	131	126
26	574	883	131	125
27	565	858	130	123
28	552	823	128	119
29	532	772	124	114
30	506	710	118	107
31	468	630	108	98
32	382	503	97	88
33	373	431	83	76
34	335	335	68	62
35	200	200	51	47
36	108	108	34	31

Verticaal nr.	Boorvloeistofdrukken intrekken [kN/m <sup>2</sup> ]			
	Max, deformatie	Max, gronddruk	Min, links	Min, rechts
1	89	89	31	31
2	177	177	47	47
3	289	289	62	62
4	380	380	76	75
5	384	445	87	87
6	405	507	98	97
7	425	559	106	105
8	448	612	113	112
9	518	698	118	117
10	541	734	122	121
11	548	745	124	123
12	546	737	125	123
13	550	745	126	124
14	558	763	126	124
15	542	717	127	125
16	548	732	128	126
17	529	679	128	126
18	554	744	129	127
19	562	767	130	127
20	563	766	129	128
21	561	761	129	129
22	560	757	128	129
23	573	790	127	129
24	576	797	127	128
25	579	806	126	128
26	571	783	125	127
27	563	759	123	124
28	549	726	119	121
29	529	677	114	115
30	502	619	107	108
31	460	546	98	99
32	384	442	88	89

Verticaal nr.	Boorvloeistofdrukken intrekken [kN/m <sup>2</sup> ]			
	Max, deformatie	Max, gronddruk	Min, links	Min, rechts
33	378	378	76	77
34	284	284	62	63
35	166	166	47	47
36	92	92	31	32

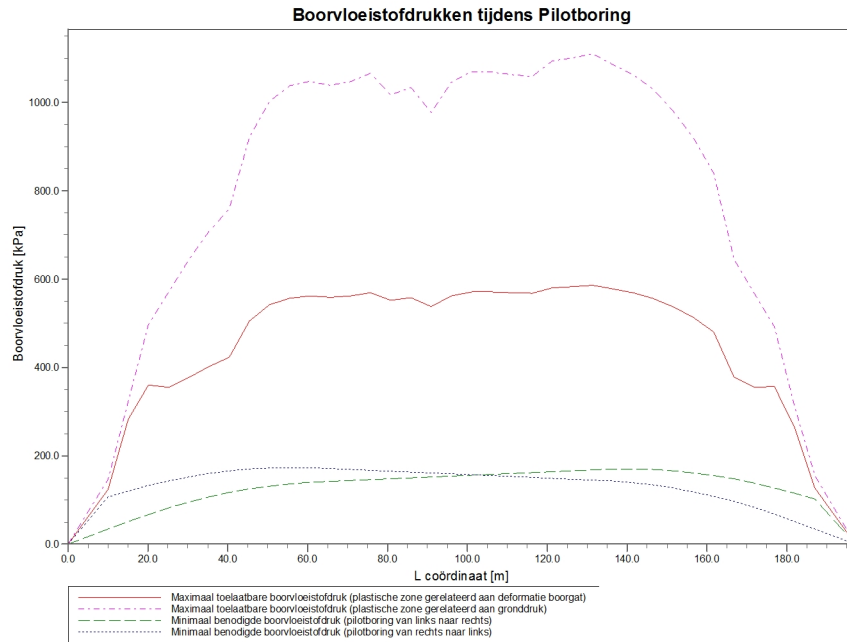
### 3.2 Evenwicht tussen Waterdruk en Boorvloeistofdruk

Verticaal nr.	Hydrostatische kolomdruk			Resultaat
	Boorvloeistof [kN/m <sup>2</sup> ]	Water [kN/m <sup>2</sup> ]	Veiligheidsfactor [-]	
1	30	12	2.52	voldoet
2	45	25	1.77	voldoet
3	59	38	1.55	voldoet
4	72	50	1.45	voldoet
5	83	60	1.39	voldoet
6	93	68	1.36	voldoet
7	101	75	1.34	voldoet
8	107	81	1.32	voldoet
9	112	85	1.31	voldoet
10	115	88	1.31	voldoet
11	116	89	1.31	voldoet
12	116	89	1.31	voldoet
13	116	89	1.31	voldoet
14	116	89	1.31	voldoet
15	117	89	1.31	voldoet
16	117	89	1.31	voldoet
17	117	89	1.31	voldoet
18	117	89	1.31	voldoet
19	117	89	1.31	voldoet
20	117	89	1.31	voldoet
21	117	89	1.32	voldoet
22	117	89	1.32	voldoet
23	117	89	1.32	voldoet
24	117	89	1.32	voldoet
25	117	89	1.32	voldoet
26	117	89	1.32	voldoet
27	116	87	1.33	voldoet
28	113	84	1.33	voldoet
29	108	80	1.35	voldoet
30	102	74	1.37	voldoet
31	94	67	1.40	voldoet
32	84	58	1.44	voldoet
33	73	48	1.51	voldoet
34	60	36	1.65	voldoet
35	45	23	1.95	voldoet
36	30	10	3.14	voldoet

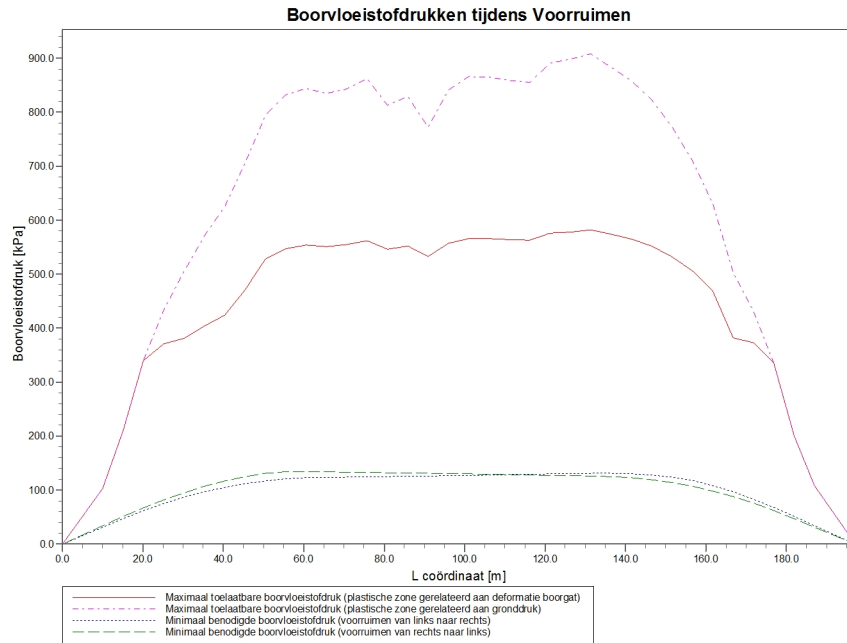
De statische boorvloeistofdruk is berekend en kan worden vergeleken met de berekende grondwater druk. De veiligheids factor wordt bepaald door de verhouding van boorvloeistofdruk en grondwater druk. Deze moet hoger zijn dan de vereiste veiligheidsfactor van 1.10

### 3.3 Boorvloeistofdruk Grafieken

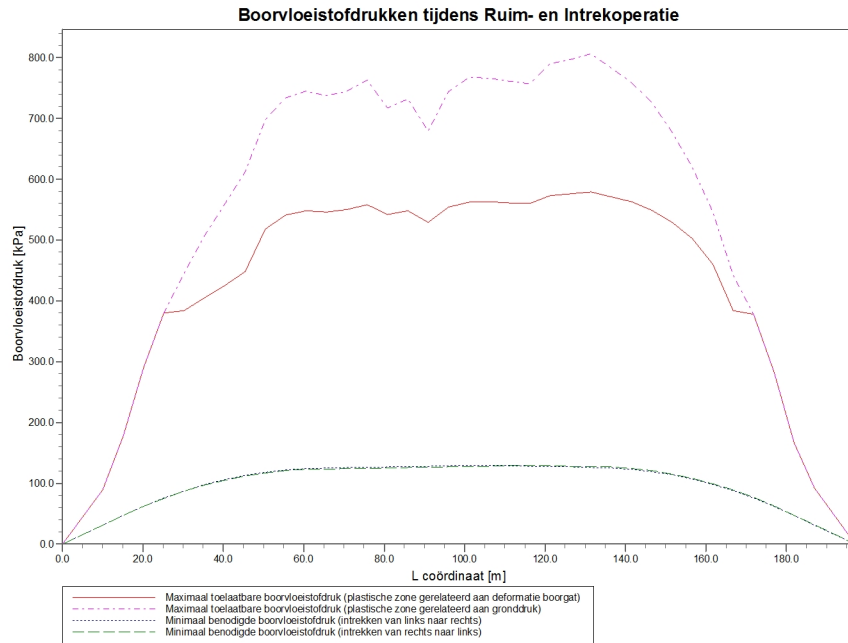
#### 3.3.1 Boorvloeistofdrukken tijdens Pilotboring



### 3.3.2 Boorvloestofdrukken tijdens Voorruimen



### 3.3.3 Boorvloestofdrukken tijdens Ruim- en Intrekoperatie



## 4 Grondmechanische Data

### 4.1 Grondmechanische Parameters 200mm PE100 SDR11 (1): leiding no. 1

De volgende gegevens en uitgangspunten zijn gehanteerd voor de sterkteberekening:

Merk op: veiligheidsfactoren niet toegepast.

q <sub>v</sub> ;p	Passieve grondspanning	kN/m <sup>2</sup>
q <sub>v</sub> ;n	Neutrale grondspanning	kN/m <sup>2</sup>
q <sub>h</sub> ;n	Neutrale horizontale grondspanning	kN/m <sup>2</sup>
q <sub>v,r</sub> ;n	Gereduceerde neutrale grondspanning	kN/m <sup>2</sup>
q <sub>verkeer</sub>	Verkeersbelasting	kN/m <sup>2</sup>
q <sub>v</sub> ;e	Verticaal evenwichtsdraagvermogen	kN/m <sup>2</sup>
q <sub>h</sub> ;e	Horizontaal evenwichtsdraagvermogen	kN/m <sup>2</sup>
k <sub>v</sub> ;bot	Verticaal beddingsgetal omlaag	kN/m <sup>3</sup>
k <sub>v</sub> ;top	Verticaal beddingsgetal omhoog	kN/m <sup>3</sup>
k <sub>h</sub>	Horizontaal beddinggetal	kN/m <sup>3</sup>
t <sub>max</sub>	Maximale wrijving leiding-boorvloeistof	kN/m <sup>2</sup>
d <sub>max</sub>	Corresponderende verplaatsing bij mobilisatie maximale wrijving	mm

Verticaal nr.	q <sub>v</sub> ;p [kN/m <sup>2</sup> ]	q <sub>v</sub> ;n [kN/m <sup>2</sup> ]	q <sub>h</sub> ;n [kN/m <sup>2</sup> ]	q <sub>v,r</sub> ;n [kN/m <sup>2</sup> ]	q <sub>verkeer</sub> [kN/m <sup>2</sup> ]	q <sub>v</sub> ;e [kN/m <sup>2</sup> ]
1	170	35	26	35	0	936
2	339	49	12	16	0	2325
3	570	65	12	16	0	3046
4	769	77	12	16	0	2725
5	842	87	12	16	0	3069
6	897	95	12	16	0	3346
7	940	101	11	15	0	4414
8	1263	108	11	15	0	5080
9	1307	114	11	15	0	5337
10	1331	117	11	15	0	5481
11	1337	117	11	15	0	5516
12	1326	116	11	15	0	5451
13	1334	117	11	15	0	5496
14	1353	120	12	16	0	5613
15	1301	113	11	15	0	5301
16	1318	115	11	15	1	5402
17	1258	107	11	15	0	5045
18	1329	116	11	15	5	5472
19	1354	120	12	16	0	5622
20	1352	119	12	16	0	5612
21	1347	119	12	16	0	5577
22	1342	118	12	16	5	5550
23	1378	123	12	16	0	5465
24	1385	124	12	16	0	5190
25	1394	125	12	16	1	5119
26	1370	122	12	16	0	4907
27	1348	119	12	16	0	5190
28	1319	115	12	16	0	5419
29	1277	110	12	16	0	5168
30	1226	104	12	16	0	4885
31	1164	97	12	16	0	4549
32	1032	87	12	16	0	4078
33	767	77	12	16	0	2716
34	566	65	12	16	0	3047
35	341	50	12	16	0	2350
36	184	38	28	38	0	1001

Verticaal nr.	q <sub>h;e</sub> [kN/m <sup>2</sup> ]	k <sub>v;bot</sub> [kN/m <sup>3</sup> ]	k <sub>v;top</sub> [kN/m <sup>3</sup> ]	k <sub>h</sub> [kN/m <sup>3</sup> ]	t <sub>max</sub> [kN/m <sup>2</sup> ]	d <sub>max</sub> [mm]
1	260	158030	46702	110621	0.05	7.5
2	630	274481	193382	192136	0.05	7.5
3	834	211140	274481	147798	0.05	7.5
4	769	156093	216773	109265	0.05	7.5
5	842	156093	156093	109265	0.05	7.5
6	897	166827	156093	116779	0.05	7.5
7	940	259221	156093	181455	0.05	7.5
8	1263	274481	192002	192136	0.05	7.5
9	1307	274481	250401	192136	0.05	7.5
10	1331	274481	274481	192136	0.05	7.5
11	1337	262755	274481	183928	0.05	7.5
12	1326	255888	274481	179121	0.05	7.5
13	1334	250298	274481	175209	0.05	7.5
14	1353	244722	274481	171305	0.05	7.5
15	1301	239158	274481	167411	0.05	7.5
16	1318	233608	274481	163525	0.05	7.5
17	1258	228071	274481	159650	0.05	7.5
18	1329	222548	274481	155783	0.05	7.5
19	1354	217038	274481	151927	0.05	7.5
20	1352	211543	274481	148080	0.05	7.5
21	1347	206062	274481	144244	0.05	7.5
22	1342	200596	274481	140417	0.05	7.5
23	1378	195145	274481	136602	0.05	7.5
24	1385	189709	274481	132797	0.05	7.5
25	1394	184290	274481	129003	0.05	7.5
26	1370	181342	274481	126940	0.05	7.5
27	1348	193285	274481	135300	0.05	7.5
28	1319	222185	274481	155529	0.05	7.5
29	1277	268779	274481	188145	0.05	7.5
30	1226	274481	274481	192136	0.05	7.5
31	1164	274481	247183	192136	0.05	7.5
32	1072	274481	156093	192136	0.05	7.5
33	767	184105	224705	128873	0.05	7.5
34	833	221105	274481	154774	0.05	7.5
35	635	274481	122042	192136	0.05	7.5
36	275	87237	46702	61066	0.05	7.5

Maximale grondspanning	:	q <sub>v;n;max</sub> = 125 kN/m <sup>2</sup>
Maximale gereduceerde grondspanning (incl. verkeersbelastingen)	:	q <sub>verkeer;max</sub> = 38 kN/m <sup>2</sup>
Maximale gereduceerde grondspanning	:	q <sub>v;r;n;max</sub> = 38 kN/m <sup>2</sup>
Maximale verticale beddingsconstante (zonder veiligheidsfactor)		
alleen voor verticalen in diepe situatie	:	k <sub>v;max</sub> = 274481 kN/m <sup>3</sup>
Maximale verticale beddingsconstante (veiligheidsfactor toegepast)		
alleen voor verticalen in diepe situatie	:	k <sub>v;max</sub> = 548961 kN/m <sup>3</sup>

#### 4.2 Grondmechanische Parameters 200mm PE100 SDR11 (2): leiding no. 2

De volgende gegevens en uitgangspunten zijn gehanteerd voor de sterkteberekening:

Merk op: veiligheidsfactoren niet toegepast.

q <sub>v;p</sub>	Passieve grondspanning	kN/m <sup>2</sup>
q <sub>v;n</sub>	Neutrale grondspanning	kN/m <sup>2</sup>
q <sub>h;n</sub>	Neutrale horizontale grondspanning	kN/m <sup>2</sup>
q <sub>v;r;n</sub>	Gereduceerde neutrale grondspanning	kN/m <sup>2</sup>
q <sub>verkeer</sub>	Verkeersbelasting	kN/m <sup>2</sup>
q <sub>v;e</sub>	Verticaal evenwichtsdraagvermogen	kN/m <sup>2</sup>
q <sub>h;e</sub>	Horizontaal evenwichtsdraagvermogen	kN/m <sup>2</sup>
k <sub>v;bot</sub>	Verticaal beddingsgetal omlaag	kN/m <sup>3</sup>





Verticaal nr.	q <sub>h,e</sub> [kN/m <sup>2</sup> ]	k <sub>v,bot</sub> [kN/m <sup>3</sup> ]	k <sub>v,top</sub> [kN/m <sup>3</sup> ]	k <sub>h</sub> [kN/m <sup>3</sup> ]	t <sub>max</sub> [kN/m <sup>2</sup> ]	d <sub>max</sub> [mm]
17	1258	228071	274481	159650	0.05	7.5
18	1329	222548	274481	155783	0.05	7.5
19	1354	217038	274481	151927	0.05	7.5
20	1352	211543	274481	148080	0.05	7.5
21	1347	206062	274481	144244	0.05	7.5
22	1342	200596	274481	140417	0.05	7.5
23	1378	195145	274481	136602	0.05	7.5
24	1385	189709	274481	132797	0.05	7.5
25	1394	184290	274481	129003	0.05	7.5
26	1370	181342	274481	126940	0.05	7.5
27	1348	193285	274481	135300	0.05	7.5
28	1319	222185	274481	155529	0.05	7.5
29	1277	268779	274481	188145	0.05	7.5
30	1226	274481	274481	192136	0.05	7.5
31	1164	274481	247183	192136	0.05	7.5
32	1072	274481	156093	192136	0.05	7.5
33	767	184105	224705	128873	0.05	7.5
34	833	221105	274481	154774	0.05	7.5
35	635	274481	122042	192136	0.05	7.5
36	275	87237	46702	61066	0.05	7.5

Maximale grondspanning : q<sub>v;n</sub>;max = 125 kN/m<sup>2</sup>  
 Maximale gereduceerde grondspanning (incl. verkeersbelastingen) : q<sub>verkeer</sub>;max = 38 kN/m<sup>2</sup>  
 Maximale gereduceerde grondspanning : q<sub>v;r;n</sub>;max = 38 kN/m<sup>2</sup>  
 Maximale verticale beddingsconstante (zonder veiligheidsfactor)  
 alleen voor verticalen in diepe situatie : k<sub>v</sub>;max = 274481 kN/m<sup>3</sup>  
 Maximale verticale beddingsconstante (veiligheidsfactor toegepast)  
 alleen voor verticalen in diepe situatie : k<sub>v</sub>;max = 548961 kN/m<sup>3</sup>

### 4.3 Grondmechanische Parameters 200mm PE100 SDR11 (3): leiding no. 3

De volgende gegevens en uitgangspunten zijn gehanteerd voor de sterkteberekening:

Merk op: veiligheidsfactoren niet toegepast.

q <sub>v;p</sub>	Passieve grondspanning	kN/m <sup>2</sup>
q <sub>v;n</sub>	Neutrale grondspanning	kN/m <sup>2</sup>
q <sub>h;n</sub>	Neutrale horizontale grondspanning	kN/m <sup>2</sup>
q <sub>v,r;n</sub>	Gereduceerde neutrale grondspanning	kN/m <sup>2</sup>
q <sub>verkeer</sub>	Verkeersbelasting	kN/m <sup>2</sup>
q <sub>v,e</sub>	Verticaal evenwichtsdraagvermogen	kN/m <sup>2</sup>
q <sub>h,e</sub>	Horizontaal evenwichtsdraagvermogen	kN/m <sup>2</sup>
k <sub>v,bot</sub>	Verticaal beddingsgetal omlaag	kN/m <sup>3</sup>
k <sub>v,top</sub>	Verticaal beddingsgetal omhoog	kN/m <sup>3</sup>
k <sub>h</sub>	Horizontaal beddinggetal	kN/m <sup>3</sup>
t <sub>max</sub>	Maximale wrijving leiding-boorvloeistof	kN/m <sup>2</sup>
d <sub>max</sub>	Corresponderende verplaatsing bij mobilisatie maximale wrijving	mm

Verticaal nr.	q <sub>v;p</sub> [kN/m <sup>2</sup> ]	q <sub>v;n</sub> [kN/m <sup>2</sup> ]	q <sub>h;n</sub> [kN/m <sup>2</sup> ]	q <sub>v,r;n</sub> [kN/m <sup>2</sup> ]	q <sub>verkeer</sub> [kN/m <sup>2</sup> ]	q <sub>v,e</sub> [kN/m <sup>2</sup> ]
1	170	35	26	35	0	936
2	339	49	12	16	0	2325
3	570	65	12	16	0	3046
4	769	77	12	16	0	2725
5	842	87	12	16	0	3069
6	897	95	12	16	0	3346
7	940	101	11	15	0	4414
8	1263	108	11	15	0	5080
9	1307	114	11	15	0	5337
10	1331	117	11	15	0	5481

Verticaal nr.	q_v;p [kN/m <sup>2</sup> ]	q_v;n [kN/m <sup>2</sup> ]	q_h;n [kN/m <sup>2</sup> ]	q_v;r;n [kN/m <sup>2</sup> ]	q_verkeer [kN/m <sup>2</sup> ]	q_v;e [kN/m <sup>2</sup> ]
11	1337	117	11	15	0	5516
12	1326	116	11	15	0	5451
13	1334	117	11	15	0	5496
14	1353	120	12	16	0	5613
15	1301	113	11	15	0	5301
16	1318	115	11	15	1	5402
17	1258	107	11	15	0	5045
18	1329	116	11	15	5	5472
19	1354	120	12	16	0	5622
20	1352	119	12	16	0	5612
21	1347	119	12	16	0	5577
22	1342	118	12	16	5	5550
23	1378	123	12	16	0	5465
24	1385	124	12	16	0	5190
25	1394	125	12	16	1	5119
26	1370	122	12	16	0	4907
27	1348	119	12	16	0	5190
28	1319	115	12	16	0	5419
29	1277	110	12	16	0	5168
30	1226	104	12	16	0	4885
31	1164	97	12	16	0	4549
32	1032	87	12	16	0	4078
33	767	77	12	16	0	2716
34	566	65	12	16	0	3047
35	341	50	12	16	0	2350
36	184	38	28	38	0	1001

Verticaal nr.	q_h;e [kN/m <sup>2</sup> ]	k_v;bot [kN/m <sup>3</sup> ]	k_v;top [kN/m <sup>3</sup> ]	k_h [kN/m <sup>3</sup> ]	t_max [kN/m <sup>2</sup> ]	d_max [mm]
1	260	158030	46702	110621	0.05	7.5
2	630	274481	193382	192136	0.05	7.5
3	834	211140	274481	147798	0.05	7.5
4	769	156093	216773	109265	0.05	7.5
5	842	156093	156093	109265	0.05	7.5
6	897	166827	156093	116779	0.05	7.5
7	940	259221	156093	181455	0.05	7.5
8	1263	274481	192002	192136	0.05	7.5
9	1307	274481	250401	192136	0.05	7.5
10	1331	274481	274481	192136	0.05	7.5
11	1337	262755	274481	183928	0.05	7.5
12	1326	255888	274481	179121	0.05	7.5
13	1334	250298	274481	175209	0.05	7.5
14	1353	244722	274481	171305	0.05	7.5
15	1301	239158	274481	167411	0.05	7.5
16	1318	233608	274481	163525	0.05	7.5
17	1258	228071	274481	159650	0.05	7.5
18	1329	222548	274481	155783	0.05	7.5
19	1354	217038	274481	151927	0.05	7.5
20	1352	211543	274481	148080	0.05	7.5
21	1347	206062	274481	144244	0.05	7.5
22	1342	200596	274481	140417	0.05	7.5
23	1378	195145	274481	136602	0.05	7.5
24	1385	189709	274481	132797	0.05	7.5
25	1394	184290	274481	129003	0.05	7.5
26	1370	181342	274481	126940	0.05	7.5
27	1348	193285	274481	135300	0.05	7.5
28	1319	222185	274481	155529	0.05	7.5
29	1277	268779	274481	188145	0.05	7.5
30	1226	274481	274481	192136	0.05	7.5
31	1164	274481	247183	192136	0.05	7.5

Verticaal nr.	q <sub>h</sub> ;e [kN/m <sup>2</sup> ]	k <sub>v</sub> ;bot [kN/m <sup>3</sup> ]	k <sub>v</sub> ;top [kN/m <sup>3</sup> ]	k <sub>h</sub> [kN/m <sup>3</sup> ]	t <sub>max</sub> [kN/m <sup>2</sup> ]	d <sub>max</sub> [mm]
32	1072	274481	156093	192136	0.05	7.5
33	767	184105	224705	128873	0.05	7.5
34	833	221105	274481	154774	0.05	7.5
35	635	274481	122042	192136	0.05	7.5
36	275	87237	46702	61066	0.05	7.5

Maximale grondspanning	:	q <sub>v</sub> ;n;max = 125 kN/m <sup>2</sup>
Maximale gereduceerde grondspanning (incl. verkeersbelastingen)	:	q <sub>verkeer</sub> ;max = 38 kN/m <sup>2</sup>
Maximale gereduceerde grondspanning	:	q <sub>v</sub> ;r;n;max = 38 kN/m <sup>2</sup>
Maximale verticale beddingsconstante (zonder veiligheidsfactor)		
alleen voor verticalen in diepe situatie	:	k <sub>v</sub> ;max = 274481 kN/m <sup>3</sup>
Maximale verticale beddingsconstante (veiligheidsfactor toegepast)		
alleen voor verticalen in diepe situatie	:	k <sub>v</sub> ;max = 548961 kN/m <sup>3</sup>

#### 4.4 Grondmechanische Parameters 200mm PE100 SDR11 (4): leiding no. 4

De volgende gegevens en uitgangspunten zijn gehanteerd voor de sterkteberekening:

Merk op: veiligheidsfactoren niet toegepast.

q <sub>v</sub> ;p	Passieve grondspanning	kN/m <sup>2</sup>
q <sub>v</sub> ;n	Neutrale grondspanning	kN/m <sup>2</sup>
q <sub>h</sub> ;n	Neutrale horizontale grondspanning	kN/m <sup>2</sup>
q <sub>v</sub> ;r;n	Gereduceerde neutrale grondspanning	kN/m <sup>2</sup>
q <sub>verkeer</sub>	Verkeersbelasting	kN/m <sup>2</sup>
q <sub>v</sub> ;e	Verticaal evenwichtsdraagvermogen	kN/m <sup>2</sup>
q <sub>h</sub> ;e	Horizontaal evenwichtsdraagvermogen	kN/m <sup>2</sup>
k <sub>v</sub> ;bot	Verticaal beddingsgetal omlaag	kN/m <sup>3</sup>
k <sub>v</sub> ;top	Verticaal beddingsgetal omhoog	kN/m <sup>3</sup>
k <sub>h</sub>	Horizontaal beddinggetal	kN/m <sup>3</sup>
t <sub>max</sub>	Maximale wrijving leiding-boorvloeistof	kN/m <sup>2</sup>
d <sub>max</sub>	Corresponderende verplaatsing bij mobilisatie maximale wrijving	mm

Verticaal nr.	q <sub>v</sub> ;p [kN/m <sup>2</sup> ]	q <sub>v</sub> ;n [kN/m <sup>2</sup> ]	q <sub>h</sub> ;n [kN/m <sup>2</sup> ]	q <sub>v</sub> ;r;n [kN/m <sup>2</sup> ]	q <sub>verkeer</sub> [kN/m <sup>2</sup> ]	q <sub>v</sub> ;e [kN/m <sup>2</sup> ]
1	170	35	26	35	0	936
2	339	49	12	16	0	2325
3	570	65	12	16	0	3046
4	769	77	12	16	0	2725
5	842	87	12	16	0	3069
6	897	95	12	16	0	3346
7	940	101	11	15	0	4414
8	1263	108	11	15	0	5080
9	1307	114	11	15	0	5337
10	1331	117	11	15	0	5481
11	1337	117	11	15	0	5516
12	1326	116	11	15	0	5451
13	1334	117	11	15	0	5496
14	1353	120	12	16	0	5613
15	1301	113	11	15	0	5301
16	1318	115	11	15	1	5402
17	1258	107	11	15	0	5045
18	1329	116	11	15	5	5472
19	1354	120	12	16	0	5622
20	1352	119	12	16	0	5612
21	1347	119	12	16	0	5577
22	1342	118	12	16	5	5550
23	1378	123	12	16	0	5465
24	1385	124	12	16	0	5190
25	1394	125	12	16	1	5119

Verticaal nr.	q_v;p [kN/m <sup>2</sup> ]	q_v;n [kN/m <sup>2</sup> ]	q_h;n [kN/m <sup>2</sup> ]	q_v;r;n [kN/m <sup>2</sup> ]	q_verkeer [kN/m <sup>2</sup> ]	q_v;e [kN/m <sup>2</sup> ]
26	1370	122	12	16	0	4907
27	1348	119	12	16	0	5190
28	1319	115	12	16	0	5419
29	1277	110	12	16	0	5168
30	1226	104	12	16	0	4885
31	1164	97	12	16	0	4549
32	1032	87	12	16	0	4078
33	767	77	12	16	0	2716
34	566	65	12	16	0	3047
35	341	50	12	16	0	2350
36	184	38	28	38	0	1001

Verticaal nr.	q_h;e [kN/m <sup>2</sup> ]	k_v;bot [kN/m <sup>3</sup> ]	k_v;top [kN/m <sup>3</sup> ]	k_h [kN/m <sup>3</sup> ]	t_max [kN/m <sup>2</sup> ]	d_max [mm]
1	260	158030	46702	110621	0.05	7.5
2	630	274481	193382	192136	0.05	7.5
3	834	211140	274481	147798	0.05	7.5
4	769	156093	216773	109265	0.05	7.5
5	842	156093	156093	109265	0.05	7.5
6	897	166827	156093	116779	0.05	7.5
7	940	259221	156093	181455	0.05	7.5
8	1263	274481	192002	192136	0.05	7.5
9	1307	274481	250401	192136	0.05	7.5
10	1331	274481	274481	192136	0.05	7.5
11	1337	262755	274481	183928	0.05	7.5
12	1326	255888	274481	179121	0.05	7.5
13	1334	250298	274481	175209	0.05	7.5
14	1353	244722	274481	171305	0.05	7.5
15	1301	239158	274481	167411	0.05	7.5
16	1318	233608	274481	163525	0.05	7.5
17	1258	228071	274481	159650	0.05	7.5
18	1329	222548	274481	155783	0.05	7.5
19	1354	217038	274481	151927	0.05	7.5
20	1352	211543	274481	148080	0.05	7.5
21	1347	206062	274481	144244	0.05	7.5
22	1342	200596	274481	140417	0.05	7.5
23	1378	195145	274481	136602	0.05	7.5
24	1385	189709	274481	132797	0.05	7.5
25	1394	184290	274481	129003	0.05	7.5
26	1370	181342	274481	126940	0.05	7.5
27	1348	193285	274481	135300	0.05	7.5
28	1319	222185	274481	155529	0.05	7.5
29	1277	268779	274481	188145	0.05	7.5
30	1226	274481	274481	192136	0.05	7.5
31	1164	274481	247183	192136	0.05	7.5
32	1072	274481	156093	192136	0.05	7.5
33	767	184105	224705	128873	0.05	7.5
34	833	221105	274481	154774	0.05	7.5
35	635	274481	122042	192136	0.05	7.5
36	275	87237	46702	61066	0.05	7.5

- Maximale grondspanning : q\_v;n;max = 125 kN/m<sup>2</sup>  
 Maximale gereduceerde grondspanning (incl. verkeersbelastingen) : q\_verkeer;max = 38 kN/m<sup>2</sup>  
 Maximale gereduceerde grondspanning : q\_v;r;n;max = 38 kN/m<sup>2</sup>  
 Maximale verticale beddingsconstante (zonder veiligheidsfactor)  
 alleen voor verticalen in diepe situatie : k\_v;max = 274481 kN/m<sup>3</sup>  
 Maximale verticale beddingsconstante (veiligheidsfactor toegepast)  
 alleen voor verticalen in diepe situatie : k\_v;max = 548961 kN/m<sup>3</sup>

#### 4.5 Young's Modulus per Laag per Verticaal

Laag nummer	Materiaalnaam	Bepalingtype
6	Zand (fijn)	Gebruikerswaarden
5	Zand (vast 1)	Gebruikerswaarden
4	Zand matig	Gebruikerswaarden
3	Zand (vast 1)	Gebruikerswaarden
2	Zand matig	Gebruikerswaarden
1	Zand (vast 1)	Gebruikerswaarden

Laag nummer	Verticaal 1 (L=10 m)		Verticaal 2 (L=15.057 m)		Verticaal 3 (L=20.114 m)	
	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]
6	15.000	15.000	15.000	15.000	15.000	15.000
5	75.000	75.000	75.000	75.000	75.000	75.000
4	45.000	45.000	45.000	45.000	45.000	45.000
3	75.000	75.000	75.000	75.000	75.000	75.000
2	45.000	45.000	45.000	45.000	45.000	45.000
1	75.000	75.000	75.000	75.000	75.000	75.000

Laag nummer	Verticaal 4 (L=25.171 m)		Verticaal 5 (L=30.228 m)		Verticaal 6 (L=35.285 m)	
	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]
6	15.000	15.000	15.000	15.000	15.000	15.000
5	75.000	75.000	75.000	75.000	75.000	75.000
4	45.000	45.000	45.000	45.000	45.000	45.000
3	75.000	75.000	75.000	75.000	75.000	75.000
2	45.000	45.000	45.000	45.000	45.000	45.000
1	75.000	75.000	75.000	75.000	75.000	75.000

Laag nummer	Verticaal 7 (L=40.342 m)		Verticaal 8 (L=45.399 m)		Verticaal 9 (L=50.456 m)	
	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]
6	15.000	15.000	15.000	15.000	15.000	15.000
5	75.000	75.000	75.000	75.000	75.000	75.000
4	45.000	45.000	45.000	45.000	45.000	45.000
3	75.000	75.000	75.000	75.000	75.000	75.000
2	45.000	45.000	45.000	45.000	45.000	45.000
1	75.000	75.000	75.000	75.000	75.000	75.000

Laag nummer	Verticaal 10 (L=55.513 m)		Verticaal 11 (L=60.57 m)		Verticaal 12 (L=65.627 m)	
	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]
6	15.000	15.000	15.000	15.000	15.000	15.000
5	75.000	75.000	75.000	75.000	75.000	75.000
4	45.000	45.000	45.000	45.000	45.000	45.000
3	75.000	75.000	75.000	75.000	75.000	75.000
2	45.000	45.000	45.000	45.000	45.000	45.000
1	75.000	75.000	75.000	75.000	75.000	75.000

Laag nummer	Verticaal 13 (L=70.684 m)		Verticaal 14 (L=75.741 m)		Verticaal 15 (L=80.798 m)	
	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]
6	15.000	15.000	15.000	15.000	15.000	15.000
5	75.000	75.000	75.000	75.000	75.000	75.000
4	45.000	45.000	45.000	45.000	45.000	45.000
3	75.000	75.000	75.000	75.000	75.000	75.000
2	45.000	45.000	45.000	45.000	45.000	45.000
1	75.000	75.000	75.000	75.000	75.000	75.000

Laag nummer	Verticaal 16 (L=85.855 m)		Verticaal 17 (L=90.912 m)		Verticaal 18 (L=95.969 m)	
	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]
6	15.000	15.000	15.000	15.000	15.000	15.000
5	75.000	75.000	75.000	75.000	75.000	75.000
4	45.000	45.000	45.000	45.000	45.000	45.000
3	75.000	75.000	75.000	75.000	75.000	75.000
2	45.000	45.000	45.000	45.000	45.000	45.000
1	75.000	75.000	75.000	75.000	75.000	75.000

Laag nummer	Verticaal 19 (L=101.026 m)		Verticaal 20 (L=106.083 m)		Verticaal 21 (L=111.14 m)	
	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]
6	15.000	15.000	15.000	15.000	15.000	15.000
5	75.000	75.000	75.000	75.000	75.000	75.000
4	45.000	45.000	45.000	45.000	45.000	45.000
3	75.000	75.000	75.000	75.000	75.000	75.000
2	45.000	45.000	45.000	45.000	45.000	45.000
1	75.000	75.000	75.000	75.000	75.000	75.000

Laag nummer	Verticaal 22 (L=116.197 m)		Verticaal 23 (L=121.254 m)		Verticaal 24 (L=126.311 m)	
	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]
6	15.000	15.000	15.000	15.000	15.000	15.000
5	75.000	75.000	75.000	75.000	75.000	75.000
4	45.000	45.000	45.000	45.000	45.000	45.000
3	75.000	75.000	75.000	75.000	75.000	75.000
2	45.000	45.000	45.000	45.000	45.000	45.000
1	75.000	75.000	75.000	75.000	75.000	75.000

Laag nummer	Verticaal 25 (L=131.368 m)		Verticaal 26 (L=136.425 m)		Verticaal 27 (L=141.482 m)	
	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]
6	15.000	15.000	15.000	15.000	15.000	15.000
5	75.000	75.000	75.000	75.000	75.000	75.000
4	45.000	45.000	45.000	45.000	45.000	45.000
3	75.000	75.000	75.000	75.000	75.000	75.000
2	45.000	45.000	45.000	45.000	45.000	45.000
1	75.000	75.000	75.000	75.000	75.000	75.000

Laag nummer	Verticaal 28 (L=146.539 m)		Verticaal 29 (L=151.596 m)		Verticaal 30 (L=156.653 m)	
	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]
6	15.000	15.000	15.000	15.000	15.000	15.000
5	75.000	75.000	75.000	75.000	75.000	75.000
4	45.000	45.000	45.000	45.000	45.000	45.000
3	75.000	75.000	75.000	75.000	75.000	75.000
2	45.000	45.000	45.000	45.000	45.000	45.000
1	75.000	75.000	75.000	75.000	75.000	75.000

Laag nummer	Verticaal 31 (L=161.71 m)		Verticaal 32 (L=166.767 m)		Verticaal 33 (L=171.824 m)	
	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]
6	15.000	15.000	15.000	15.000	15.000	15.000
5	75.000	75.000	75.000	75.000	75.000	75.000
4	45.000	45.000	45.000	45.000	45.000	45.000
3	75.000	75.000	75.000	75.000	75.000	75.000
2	45.000	45.000	45.000	45.000	45.000	45.000
1	75.000	75.000	75.000	75.000	75.000	75.000

Laag nummer	Verticaal 34 (L=176.881 m)		Verticaal 35 (L=181.938 m)		Verticaal 36 (L=186.995 m)	
	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]
6	15.000	15.000	15.000	15.000	15.000	15.000
5	75.000	75.000	75.000	75.000	75.000	75.000
4	45.000	45.000	45.000	45.000	45.000	45.000
3	75.000	75.000	75.000	75.000	75.000	75.000
2	45.000	45.000	45.000	45.000	45.000	45.000
1	75.000	75.000	75.000	75.000	75.000	75.000



## 5 Gegevens voor Sterkteberekening

### 5.1 Algemene Gegevens

Aantal leidingen in bundel	:	Npipes = 4 [-]
Diameter leiding	:	Do = 200.00 mm
Nominale wanddikte	:	t = 18.20 mm
Volumegegewicht leidingmateriaal	:	gamma_s = 9.54 kN/m <sup>3</sup>
Diameter leiding	:	Do = 200.00 mm
Nominale wanddikte	:	t = 18.20 mm
Volumegegewicht leidingmateriaal	:	gamma_s = 9.54 kN/m <sup>3</sup>
Diameter leiding	:	Do = 200.00 mm
Nominale wanddikte	:	t = 18.20 mm
Volumegegewicht leidingmateriaal	:	gamma_s = 9.54 kN/m <sup>3</sup>
Diameter leiding	:	Do = 200.00 mm
Nominale wanddikte	:	t = 18.20 mm
Volumegegewicht leidingmateriaal	:	gamma_s = 9.54 kN/m <sup>3</sup>
Equivalente diameter leiding	:	Do = 527.80 mm
Equivalente nominale wanddikte	:	t = 26.40 mm
Equivalente volumegegewicht leidingmateriaal	:	gamma_s = 9.54 kN/m <sup>3</sup>
Maximale verticale beddingsconstante (zonder veiligheidsfactor)	:	k_v;max = 138662 kN/m <sup>3</sup>
Volumegegewicht boorvloeistof	:	gamma_b = 11.10 kN/m <sup>3</sup>
Kromtestraal op rollenbaan (intrekboog)	:	Rrol = 100.000 m
Wrijvingscoëfficiënt leiding/rollenbaan	:	f1 = 0.10
Wrijving tussen leiding en boorvloeistof	:	f2 = 0.000050 N/mm <sup>2</sup>
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 0% ontstaat het volgende resulterende gewicht.

Opwaartse kracht	:	142	[kg/m]
Gewicht productbuis (inclusief vulling)	:	40	[kg/m]
		-----	
Resultaat	:	102	[kg/m] (Leiding beweegt opwaarts)

### 5.3 Trekkraftberekening

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/mm<sup>2</sup>] )
- wrijving tussen buis en grond (f3 = 0.20 )

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

Bij het berekenen van de trekkraften 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 trekkraft wordt uitgegaan van een stabiel boorgat.

Karakteristieke punten	Lengte leiding in gat (m)	Karakteristieke waarde voor de trekkracht (kN)
T1	0	8
T2	16	12
T3	64	26
T4	135	43
T5	182	59
T6	199	63

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 3650-1:2012. In de sterkteberekening (volgend hoofdstuk) is een factor van 2.00 gebruikt en een belasting factor van 1.00.

## 6 Sterkteberekening van 200mm PE100 SDR11 (1): leiding no. 1

### 6.1 Materiaalgegevens van 200mm PE100 SDR11 (1): leiding no. 1

De volgende gegevens en uitgangspunten zijn gehanteerd voor de sterkteberekening:

Leiding materiaal	: Polyetheen PE100
Buiten- diameter	: Do = 200.00 mm
Nominale wanddikte	: t = 18.20 mm
Ontwerpdruk	: pd = 0.00 bar
Test druk	: pt = 0.00 bar
Temperatuur variatie	: dt = 0.00 deg Celcius
Lengte leiding	: L = 199 m
Elasticiteitsmodulus (kort)	: E = 975 N/mm <sup>2</sup>
Elasticiteitsmodulus (lang)	: E = 350 N/mm <sup>2</sup>
Toelaatbare spanning (kort)	: S = 10 N/mm <sup>2</sup>
Toelaatbare spanning (lang)	: S = 8 N/mm <sup>2</sup>
Importantie factor (S)	: S = 1.00
Volumegewicht leidingmateriaal	: gamma_s = 9.54 kN/m <sup>3</sup>
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 = 38 kN/m <sup>2</sup>
Verkeersbelasting (zonder veiligheidsfactor)	: q_v = 0 kN/m <sup>2</sup>
Maximale verticale beddingsconstante (zonder veiligheidsfactor)	: k_v;max = 274481 kN/m <sup>3</sup>
Gebruikte straal (exclusief veiligheidsfactoren)	: Rmin = 180.000 m
Belastingsfactor aanlegbelasting	: f_install = 1.00
Belastingsfactor gereduc. neut. 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 200mm 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 18.2 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:

$\sigma_b = Mb/Wb = f_k \cdot E \cdot I_b / (R_{rol} \cdot Wb)$	=	1.37	N/mm <sup>2</sup>
$\sigma_t = f \cdot f_{install} \cdot T1/A = f \cdot f_{install} (L_{rol} \cdot Q \cdot f1)/A$	=	0.38	N/mm <sup>2</sup>
Maximale axiale spanning $\sigma_{a,max}$	=	1.27	N/mm <sup>2</sup>
De tangentele spanning is in deze fase verwaarloosbaar.			

### 6.2.2 Belasting Combinatie 1B: Einde Trekoperatie

Axiale spanning:

$\sigma_b = Mb/Wb = f_k \cdot E \cdot I_b / (R_{min} \cdot Wb)$	=	0.76	N/mm <sup>2</sup>
$\sigma_t = f \cdot f_{install} \cdot T_{max}/A$	=	3.04	N/mm <sup>2</sup>
Maximale axiale spanning $\sigma_{a,max}$	=	3.53	N/mm <sup>2</sup>

Tangentele spanning:

Belasting qr op de leiding ten gevolge van grondreactie bij bochten (volgens NEN 3650-1 katern-5 D3.3):

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

$\lambda = (f_{kv} \cdot kv \cdot D_o / (4 \cdot E \cdot I))^{0.25}$	=	5.0E-3	1/mm
qr	=	0.0106	N/mm <sup>2</sup>
$\sigma_{qr} = k' \cdot qr \cdot (rg/Ww) \cdot D_o$	=	0.62	N/mm <sup>2</sup>
Maximale tangentele spanning $\sigma_{t,max}$	=	0.41	N/mm <sup>2</sup>

### 6.2.3 Belasting Combinatie 2: Intern op Druk Brengen

Ten gevolge van inwendige druk :

$\sigma_{py} = f_{pd} \cdot pd \cdot ((ru^2 + ri^2) / (ru^2 - ri^2))$	=	0.00	N/mm <sup>2</sup>
$\sigma_{px} = 0.5 \cdot \sigma_{py}$	=	0.00	N/mm <sup>2</sup>
$\sigma_{ptest} = f_{pt} \cdot pt \cdot ((ru^2 + ri^2) / (ru^2 - ri^2))$	=	0.00	N/mm <sup>2</sup>

### 6.2.4 Belasting Combinatie 3: Bedrijfstoestand in Drukloze Situatie

Axiale spanning:

$\sigma_b = Mb/Wb = f_k \cdot E \cdot I_b / (R_{min} \cdot Wb)$	=	0.27	N/mm <sup>2</sup>
Maximale axiale spanning $\sigma_{a,max}$	=	0.18	N/mm <sup>2</sup>

Tangentele spanning:

$\sigma_{qr} = k' \cdot qr \cdot (rg/Ww) \cdot D_o$	=	0.37	N/mm <sup>2</sup>
$\sigma_{qn} = k \cdot qn \cdot (rg/Ww) \cdot D_o$	=	4.77	N/mm <sup>2</sup>
Maximale tangentele spanning $\sigma_{t,max}$	=	3.35	N/mm <sup>2</sup>

**6.2.5 Belasting Combinatie 4: Bedrijfstoestand met Inwendige Druk**

Axiale spanning:

$$\text{Sigma}_b = \text{Mb}/\text{Wb} = f_k \cdot E \cdot I_b / (R_{\text{min}} \cdot \text{Wb}) = 0.27 \text{ N/mm}^2$$

Ten gevolge van inwendige druk :

$$\text{Sigma}_{py} = f_{pd} \cdot p_d \cdot ((r_u^2 + r_i^2) / (r_u^2 - r_i^2)) = 0.00 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Sigma}_{px} = 0.5 \cdot \text{Sigma}_{py} = 0.00 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Sigma}_{ptest} = f_{pt} \cdot p_t \cdot ((r_u^2 + r_i^2) / (r_u^2 - r_i^2)) = 0.00 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Sigma}_{\text{Temp}} = dt \cdot \gamma_t \cdot \alpha_g \cdot E = 0.00 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Maximale axiale spanning } \text{Sigma}_{a,\text{max}} = 0.18 \text{ N/mm}^2$$

Tangentiele spanning:

$$\text{Sigma}_{qr} = k' \cdot q_r \cdot (r_g / \text{Ww}) \cdot D_o = 0.37 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Sigma}_{qn} = k \cdot q_n \cdot (r_g / \text{Ww}) \cdot D_o = 4.77 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{'Rerounding'-factor } F_{rr} = 1.000$$

$$\text{'Rerounding'-factor } F'_{rr} = 1.000$$

$$\text{Sigma}_{t,\text{max}} = \text{Sigma}_{py} + ((F'_{rr} \cdot \text{Sigma}_{qr}) + (F_{rr} \cdot \text{Sigma}_{qn}))$$

$$\text{Maximale tangentielle spanning } \text{Sigma}_{t,\text{max}} = 3.35 \text{ N/mm}^2$$

**6.3 Controle van de Berekende Spanningen van 200mm PE100 SDR11 (1): leiding no. 1**

Belasting combinatie 1

$$- \text{Sigma}_{Ax\text{Max}} < \text{ShortStrength} \cdot \text{DamageFactor}$$

$$- \text{Sigma}_{Tan\text{Max}} < \text{ShortStrength} \cdot \text{DamageFactor}$$

Belasting combinatie 2

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

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

Belasting combinatie 3

$$- \text{Sigma}_{Ax\text{Max}} < \text{LongStrength} \cdot \text{DamageFactor}$$

$$- \text{Sigma}_{Tan\text{Max}} < \text{LongStrength} \cdot \text{DamageFactor}$$

Belasting combinatie 4

$$- \text{Sigma}_{Ax\text{Max}} < \text{LongStrength} \cdot \text{DamageFactor}$$

$$- \text{Sigma}_{Tan\text{Max}} < \text{LongStrength} \cdot \text{DamageFactor}$$

Voor alle spanningssituaties zijn de spanningen toelaatbaar.

	Max toelaatbare spanning [N/mm <sup>2</sup> ]	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)	1.27	3.53	-	-	-
Sigma_axiaal	8.00 (lang)	-	-	-	0.18	0.18
Sigma_tang...	10.00 (kort)	-	0.41	-	-	-
Sigma_tang...	8.00 (lang)	-	-	-	3.35	3.35

Spanningen in de leiding [N/mm<sup>2</sup>]

De deflectie van de leiding is 4.3 mm (2.16% x Do). De maximaal toelaatbare deflectie van de leiding is 16.0 mm (8.00% x S x Do). De deflectie is toelaatbaar.

De maximaal toelaatbare deflectie bij inspectie ('piggability') is 10.0 mm (5.00% x Do). De deflectie is toelaatbaar.

#### 6.4 Toetsing op Implosie van 200mm PE100 SDR11 (1): leiding no. 1

Tijdens het intrekken wordt de leiding belast door de heersende bentoniedruk. De hoogste minimaal benodigde druk tijdens het intrekken is gelijk aan 130 kN/m<sup>2</sup>, dit is kleiner dan de toelaatbare alzijdige uitwendige druk van 1553 kN/m<sup>2</sup>.

Tijdens de bedrijfstoestand wordt de leiding belast door de heersende waterdruk. De uitwendige waterdruk op de leiding is gelijk aan 89 kN/m<sup>2</sup>, dit is kleiner dan de toelaatbare alzijdige uitwendige druk van 279 kN/m<sup>2</sup>.

## 7 Sterkteberekening van 200mm PE100 SDR11 (2): leiding no. 2

### 7.1 Materiaalgegevens van 200mm PE100 SDR11 (2): leiding no. 2

De volgende gegevens en uitgangspunten zijn gehanteerd voor de sterkteberekening:

Leiding materiaal	: Polyetheen PE100
Buiten- diameter	: Do = 200.00 mm
Nominale wanddikte	: t = 18.20 mm
Ontwerpdruk	: pd = 0.00 bar
Test druk	: pt = 0.00 bar
Temperatuur variatie	: dt = 0.00 deg Celcius
Lengte leiding	: L = 199 m
Elasticiteitsmodulus (kort)	: E = 975 N/mm <sup>2</sup>
Elasticiteitsmodulus (lang)	: E = 350 N/mm <sup>2</sup>
Toelaatbare spanning (kort)	: S = 10 N/mm <sup>2</sup>
Toelaatbare spanning (lang)	: S = 8 N/mm <sup>2</sup>
Importantie factor (S)	: S = 1.00
Volumegewicht leidingmateriaal	: gamma_s = 9.54 kN/m <sup>3</sup>
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 = 38 kN/m <sup>2</sup>
Verkeersbelasting (zonder veiligheidsfactor)	: q_v = 0 kN/m <sup>2</sup>
Maximale verticale beddingsconstante (zonder veiligheidsfactor)	: k_v;max = 274481 kN/m <sup>3</sup>
Gebruikte straal (exclusief veiligheidsfactoren)	: Rmin = 180.000 m
Belastingsfactor aanlegbelasting	: f_install = 1.00
Belastingsfactor gereduc. neut. 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 200mm 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 18.2 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:



$\sigma_b = Mb/Wb = f_k \cdot E \cdot I_b / (R_{rol} \cdot Wb)$	=	1.37	N/mm <sup>2</sup>
$\sigma_t = f \cdot f_{install} \cdot T1/A = f \cdot f_{install} (L_{rol} \cdot Q \cdot f1)/A$	=	0.38	N/mm <sup>2</sup>
Maximale axiale spanning $\sigma_{a,max}$	=	1.27	N/mm <sup>2</sup>
De tangentele spanning is in deze fase verwaarloosbaar.			

### 7.2.2 Belasting Combinatie 1B: Einde Trekoperatie

Axiale spanning:

$\sigma_b = Mb/Wb = f_k \cdot E \cdot I_b / (R_{min} \cdot Wb)$	=	0.76	N/mm <sup>2</sup>
$\sigma_t = f \cdot f_{install} \cdot T_{max}/A$	=	3.04	N/mm <sup>2</sup>
Maximale axiale spanning $\sigma_{a,max}$	=	3.53	N/mm <sup>2</sup>

Tangentele spanning:

Belasting qr op de leiding ten gevolge van grondreactie bij bochten (volgens NEN 3650-1 katern-5 D3.3):

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

$\lambda = (f_{kv} \cdot kv \cdot D_o / (4 \cdot E \cdot I))^{0.25}$	=	5.0E-3	1/mm
qr	=	0.0106	N/mm <sup>2</sup>
$\sigma_{qr} = k' \cdot qr \cdot (rg/Ww) \cdot D_o$	=	0.62	N/mm <sup>2</sup>
Maximale tangentele spanning $\sigma_{t,max}$	=	0.41	N/mm <sup>2</sup>

### 7.2.3 Belasting Combinatie 2: Intern op Druk Brengen

Ten gevolge van inwendige druk :

$\sigma_{py} = f_{pd} \cdot pd \cdot ((ru^2 + ri^2) / (ru^2 - ri^2))$	=	0.00	N/mm <sup>2</sup>
$\sigma_{px} = 0.5 \cdot \sigma_{py}$	=	0.00	N/mm <sup>2</sup>
$\sigma_{ptest} = f_{pt} \cdot pt \cdot ((ru^2 + ri^2) / (ru^2 - ri^2))$	=	0.00	N/mm <sup>2</sup>

### 7.2.4 Belasting Combinatie 3: Bedrijfsstoestand in Drukloze Situatie

Axiale spanning:

$\sigma_b = Mb/Wb = f_k \cdot E \cdot I_b / (R_{min} \cdot Wb)$	=	0.27	N/mm <sup>2</sup>
Maximale axiale spanning $\sigma_{a,max}$	=	0.18	N/mm <sup>2</sup>

Tangentele spanning:

$\sigma_{qr} = k' \cdot qr \cdot (rg/Ww) \cdot D_o$	=	0.37	N/mm <sup>2</sup>
$\sigma_{qn} = k \cdot qn \cdot (rg/Ww) \cdot D_o$	=	4.77	N/mm <sup>2</sup>
Maximale tangentele spanning $\sigma_{t,max}$	=	3.35	N/mm <sup>2</sup>

**7.2.5 Belasting Combinatie 4: Bedrijfstoestand met Inwendige Druk**

Axiale spanning:

$$\text{Sigma}_b = \text{Mb}/\text{Wb} = f_k \cdot E \cdot I_b / (R_{\text{min}} \cdot \text{Wb}) = 0.27 \text{ N/mm}^2$$

Ten gevolge van inwendige druk :

$$\text{Sigma}_{py} = f_{pd} \cdot p_d \cdot ((r_u^2 + r_i^2) / (r_u^2 - r_i^2)) = 0.00 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Sigma}_{px} = 0.5 \cdot \text{Sigma}_{py} = 0.00 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Sigma}_{ptest} = f_{pt} \cdot p_t \cdot ((r_u^2 + r_i^2) / (r_u^2 - r_i^2)) = 0.00 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Sigma}_{\text{Temp}} = dt \cdot \gamma_t \cdot \alpha_g \cdot E = 0.00 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Maximale axiale spanning } \text{Sigma}_{a,\text{max}} = 0.18 \text{ N/mm}^2$$

Tangentiele spanning:

$$\text{Sigma}_{qr} = k' \cdot q_r \cdot (r_g / \text{Ww}) \cdot D_o = 0.37 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Sigma}_{qn} = k \cdot q_n \cdot (r_g / \text{Ww}) \cdot D_o = 4.77 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{'Rerounding'-factor } F_{rr} = 1.000$$

$$\text{'Rerounding'-factor } F'_{rr} = 1.000$$

$$\text{Sigma}_{t,\text{max}} = \text{Sigma}_{py} + ((F'_{rr} \cdot \text{Sigma}_{qr}) + (F_{rr} \cdot \text{Sigma}_{qn}))$$

$$\text{Maximale tangentielle spanning } \text{Sigma}_{t,\text{max}} = 3.35 \text{ N/mm}^2$$

**7.3 Controle van de Berekende Spanningen van 200mm PE100 SDR11 (2): leiding no. 2**

Belasting combinatie 1

$$- \text{Sigma}_{Ax\text{Max}} < \text{ShortStrength} \cdot \text{DamageFactor}$$

$$- \text{Sigma}_{Tan\text{Max}} < \text{ShortStrength} \cdot \text{DamageFactor}$$

Belasting combinatie 2

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

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

Belasting combinatie 3

$$- \text{Sigma}_{Ax\text{Max}} < \text{LongStrength} \cdot \text{DamageFactor}$$

$$- \text{Sigma}_{Tan\text{Max}} < \text{LongStrength} \cdot \text{DamageFactor}$$

Belasting combinatie 4

$$- \text{Sigma}_{Ax\text{Max}} < \text{LongStrength} \cdot \text{DamageFactor}$$

$$- \text{Sigma}_{Tan\text{Max}} < \text{LongStrength} \cdot \text{DamageFactor}$$

Voor alle spanningssituaties zijn de spanningen toelaatbaar.

	Max toelaatbare spanning [N/mm <sup>2</sup> ]	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)	1.27	3.53	-	-	-
Sigma_axiaal	8.00 (lang)	-	-	-	0.18	0.18
Sigma_tang...	10.00 (kort)	-	0.41	-	-	-
Sigma_tang...	8.00 (lang)	-	-	-	3.35	3.35

Spanningen in de leiding [N/mm<sup>2</sup>]

De deflectie van de leiding is 4.3 mm (2.16% x Do). De maximaal toelaatbare deflectie van de leiding is 16.0 mm (8.00% x S x Do). De deflectie is toelaatbaar.

De maximaal toelaatbare deflectie bij inspectie ('piggability') is 10.0 mm (5.00% x Do). De deflectie is toelaatbaar.

#### 7.4 Toetsing op Implosie van 200mm 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 130 kN/m<sup>2</sup>, dit is kleiner dan de toelaatbare alzijdige uitwendige druk van 1553 kN/m<sup>2</sup>.

Tijdens de bedrijfstoestand wordt de leiding belast door de heersende waterdruk. De uitwendige waterdruk op de leiding is gelijk aan 89 kN/m<sup>2</sup>, dit is kleiner dan de toelaatbare alzijdige uitwendige druk van 279 kN/m<sup>2</sup>.

## 8 Sterkteberekening van 200mm PE100 SDR11 (3): leiding no. 3

### 8.1 Materiaalgegevens van 200mm PE100 SDR11 (3): leiding no. 3

De volgende gegevens en uitgangspunten zijn gehanteerd voor de sterkteberekening:

Leiding materiaal	: Polyetheen PE100
Buiten- diameter	: Do = 200.00 mm
Nominale wanddikte	: t = 18.20 mm
Ontwerpdruk	: pd = 0.00 bar
Test druk	: pt = 0.00 bar
Temperatuur variatie	: dt = 0.00 deg Celcius
Lengte leiding	: L = 199 m
Elasticiteitsmodulus (kort)	: E = 975 N/mm <sup>2</sup>
Elasticiteitsmodulus (lang)	: E = 350 N/mm <sup>2</sup>
Toelaatbare spanning (kort)	: S = 10 N/mm <sup>2</sup>
Toelaatbare spanning (lang)	: S = 8 N/mm <sup>2</sup>
Importantie factor (S)	: S = 1.00
Volumegewicht leidingmateriaal	: gamma_s = 9.54 kN/m <sup>3</sup>
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 = 38 kN/m <sup>2</sup>
Verkeersbelasting (zonder veiligheidsfactor)	: q_v = 0 kN/m <sup>2</sup>
Maximale verticale beddingsconstante (zonder veiligheidsfactor)	: k_v;max = 274481 kN/m <sup>3</sup>
Gebruikte straal (exclusief veiligheidsfactoren)	: Rmin = 180.000 m
Belastingsfactor aanlegbelasting	: f_install = 1.00
Belastingsfactor gereduc. neut. 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_gr = 0.0001600 mm/mmK

### 8.2 Resultaten Sterkteberekening van 200mm 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 18.2 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:

$\sigma_b = Mb/Wb = f_k \cdot E \cdot I_b / (R_{rol} \cdot W_b)$	=	1.37	N/mm <sup>2</sup>
$\sigma_t = f \cdot f_{install} \cdot T1/A = f \cdot f_{install} (L_{rol} \cdot Q \cdot f1)/A$	=	0.38	N/mm <sup>2</sup>
Maximale axiale spanning $\sigma_{a,max}$	=	1.27	N/mm <sup>2</sup>
De tangentele spanning is in deze fase verwaarloosbaar.			

### 8.2.2 Belasting Combinatie 1B: Einde Trekoperatie

Axiale spanning:

$\sigma_b = Mb/Wb = f_k \cdot E \cdot I_b / (R_{min} \cdot W_b)$	=	0.76	N/mm <sup>2</sup>
$\sigma_t = f \cdot f_{install} \cdot T_{max}/A$	=	3.04	N/mm <sup>2</sup>
Maximale axiale spanning $\sigma_{a,max}$	=	3.53	N/mm <sup>2</sup>

Tangentele spanning:

Belasting qr op de leiding ten gevolge van grondreactie bij bochten (volgens NEN 3650-1 katern-5 D3.3):

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

$\lambda = (f_{kv} \cdot k_v \cdot D_o / (4 \cdot E \cdot I))^{0.25}$	=	5.0E-3	1/mm
$q_r$	=	0.0106	N/mm <sup>2</sup>
$\sigma_{qr} = k' \cdot q_r \cdot (r_g / W_w) \cdot D_o$	=	0.62	N/mm <sup>2</sup>
Maximale tangentele spanning $\sigma_{t,max}$	=	0.41	N/mm <sup>2</sup>

### 8.2.3 Belasting Combinatie 2: Intern op Druk Brengen

Ten gevolge van inwendige druk :

$\sigma_{py} = f_{pd} \cdot p_d \cdot ((r_u^2 + r_i^2) / (r_u^2 - r_i^2))$	=	0.00	N/mm <sup>2</sup>
$\sigma_{px} = 0.5 \cdot \sigma_{py}$	=	0.00	N/mm <sup>2</sup>
$\sigma_{ptest} = f_{pt} \cdot p_t \cdot ((r_u^2 + r_i^2) / (r_u^2 - r_i^2))$	=	0.00	N/mm <sup>2</sup>

### 8.2.4 Belasting Combinatie 3: Bedrijfsstoestand in Drukloze Situatie

Axiale spanning:

$\sigma_b = Mb/Wb = f_k \cdot E \cdot I_b / (R_{min} \cdot W_b)$	=	0.27	N/mm <sup>2</sup>
Maximale axiale spanning $\sigma_{a,max}$	=	0.18	N/mm <sup>2</sup>

Tangentele spanning:

$\sigma_{qr} = k' \cdot q_r \cdot (r_g / W_w) \cdot D_o$	=	0.37	N/mm <sup>2</sup>
$\sigma_{qn} = k \cdot q_n \cdot (r_g / W_w) \cdot D_o$	=	4.77	N/mm <sup>2</sup>
Maximale tangentele spanning $\sigma_{t,max}$	=	3.35	N/mm <sup>2</sup>

**8.2.5 Belasting Combinatie 4: Bedrijfstoestand met Inwendige Druk**

Axiale spanning:

$$\text{Sigma}_b = \text{Mb}/\text{Wb} = f_k \cdot E \cdot I_b / (R_{\text{min}} \cdot \text{Wb}) = 0.27 \text{ N/mm}^2$$

Ten gevolge van inwendige druk :

$$\text{Sigma}_{py} = f_{pd} \cdot p_d \cdot ((r_u^2 + r_i^2) / (r_u^2 - r_i^2)) = 0.00 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Sigma}_{px} = 0.5 \cdot \text{Sigma}_{py} = 0.00 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Sigma}_{ptest} = f_{pt} \cdot p_t \cdot ((r_u^2 + r_i^2) / (r_u^2 - r_i^2)) = 0.00 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Sigma}_{\text{Temp}} = dt \cdot \gamma_t \cdot \alpha_g \cdot E = 0.00 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Maximale axiale spanning } \text{Sigma}_{a,\text{max}} = 0.18 \text{ N/mm}^2$$

Tangentiele spanning:

$$\text{Sigma}_{qr} = k' \cdot q_r \cdot (rg/\text{Ww}) \cdot D_o = 0.37 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Sigma}_{qn} = k \cdot q_n \cdot (rg/\text{Ww}) \cdot D_o = 4.77 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{'Rerounding'-factor } F_{rr} = 1.000$$

$$\text{'Rerounding'-factor } F'_{rr} = 1.000$$

$$\text{Sigma}_{t,\text{max}} = \text{Sigma}_{py} + ((F'_{rr} \cdot \text{Sigma}_{qr}) + (F_{rr} \cdot \text{Sigma}_{qn}))$$

$$\text{Maximale tangentielle spanning } \text{Sigma}_{t,\text{max}} = 3.35 \text{ N/mm}^2$$

**8.3 Controle van de Berekende Spanningen van 200mm PE100 SDR11 (3): leiding no. 3**

Belasting combinatie 1

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

Belasting combinatie 2

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

Belasting combinatie 3

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

Belasting combinatie 4

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

Voor alle spanningssituaties zijn de spanningen toelaatbaar.

	Max toelaatbare spanning [N/mm <sup>2</sup> ]	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)	1.27	3.53	-	-	-
Sigma_axiaal	8.00 (lang)	-	-	-	0.18	0.18
Sigma_tang...	10.00 (kort)	-	0.41	-	-	-
Sigma_tang...	8.00 (lang)	-	-	-	3.35	3.35

Spanningen in de leiding [N/mm<sup>2</sup>]

De deflectie van de leiding is 4.3 mm (2.16% x Do). De maximaal toelaatbare deflectie van de leiding is 16.0 mm (8.00% x S x Do). De deflectie is toelaatbaar.

De maximaal toelaatbare deflectie bij inspectie ('piggability') is 10.0 mm (5.00% x Do). De deflectie is toelaatbaar.

#### 8.4 Toetsing op Implosie van 200mm 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 130 kN/m<sup>2</sup>, dit is kleiner dan de toelaatbare alzijdige uitwendige druk van 1553 kN/m<sup>2</sup>.

Tijdens de bedrijfstoestand wordt de leiding belast door de heersende waterdruk. De uitwendige waterdruk op de leiding is gelijk aan 89 kN/m<sup>2</sup>, dit is kleiner dan de toelaatbare alzijdige uitwendige druk van 279 kN/m<sup>2</sup>.



## 9 Sterkteberekening van 200mm PE100 SDR11 (4): leiding no. 4

### 9.1 Materiaalgegevens van 200mm PE100 SDR11 (4): leiding no. 4

De volgende gegevens en uitgangspunten zijn gehanteerd voor de sterkteberekening:

Leiding materiaal	: Polyetheen PE100
Buiten- diameter	: Do = 200.00 mm
Nominale wanddikte	: t = 18.20 mm
Ontwerpdruk	: pd = 0.00 bar
Test druk	: pt = 0.00 bar
Temperatuur variatie	: dt = 0.00 deg Celcius
Lengte leiding	: L = 199 m
Elasticiteitsmodulus (kort)	: E = 975 N/mm <sup>2</sup>
Elasticiteitsmodulus (lang)	: E = 350 N/mm <sup>2</sup>
Toelaatbare spanning (kort)	: S = 10 N/mm <sup>2</sup>
Toelaatbare spanning (lang)	: S = 8 N/mm <sup>2</sup>
Importantie factor (S)	: S = 1.00
Volumegewicht leidingmateriaal	: gamma_s = 9.54 kN/m <sup>3</sup>
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 = 38 kN/m <sup>2</sup>
Verkeersbelasting (zonder veiligheidsfactor)	: q_v = 0 kN/m <sup>2</sup>
Maximale verticale beddingsconstante (zonder veiligheidsfactor)	: k_v,max = 274481 kN/m <sup>3</sup>
Gebruikte straal (exclusief veiligheidsfactoren)	: Rmin = 180.000 m
Belastingsfactor aanlegbelasting	: f_install = 1.00
Belastingsfactor gereduc. neut. 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 200mm 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 18.2 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:

$\sigma_b = M_b/W_b = f_k \cdot E \cdot I_b / (R_{rol} \cdot W_b)$	=	1.37	N/mm <sup>2</sup>
$\sigma_t = f \cdot f_{install} \cdot T1/A = f \cdot f_{install} (L_{rol} \cdot Q \cdot f1)/A$	=	0.38	N/mm <sup>2</sup>
Maximale axiale spanning $\sigma_{a,max}$	=	1.27	N/mm <sup>2</sup>
De tangentele spanning is in deze fase verwaarloosbaar.			

### 9.2.2 Belasting Combinatie 1B: Einde Trekoperatie

Axiale spanning:

$\sigma_b = M_b/W_b = f_k \cdot E \cdot I_b / (R_{min} \cdot W_b)$	=	0.76	N/mm <sup>2</sup>
$\sigma_t = f \cdot f_{install} \cdot T_{max}/A$	=	3.04	N/mm <sup>2</sup>
Maximale axiale spanning $\sigma_{a,max}$	=	3.53	N/mm <sup>2</sup>

Tangentele spanning:

Belasting qr op de leiding ten gevolge van grondreactie bij bochten (volgens NEN 3650-1 katern-5 D3.3):

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

$\lambda = (f_{kv} \cdot k_v \cdot D_o / (4 \cdot E \cdot I))^{0.25}$	=	5.0E-3	1/mm
$q_r$	=	0.0106	N/mm <sup>2</sup>
$\sigma_{qr} = k' \cdot q_r \cdot (r_g / W_w) \cdot D_o$	=	0.62	N/mm <sup>2</sup>
Maximale tangentele spanning $\sigma_{t,max}$	=	0.41	N/mm <sup>2</sup>

### 9.2.3 Belasting Combinatie 2: Intern op Druk Brengen

Ten gevolge van inwendige druk :

$\sigma_{py} = f_{pd} \cdot p_d \cdot ((r_u^2 + r_i^2) / (r_u^2 - r_i^2))$	=	0.00	N/mm <sup>2</sup>
$\sigma_{px} = 0.5 \cdot \sigma_{py}$	=	0.00	N/mm <sup>2</sup>
$\sigma_{ptest} = f_{pt} \cdot p_t \cdot ((r_u^2 + r_i^2) / (r_u^2 - r_i^2))$	=	0.00	N/mm <sup>2</sup>

### 9.2.4 Belasting Combinatie 3: Bedrijfstoestand in Drukloze Situatie

Axiale spanning:

$\sigma_b = M_b/W_b = f_k \cdot E \cdot I_b / (R_{min} \cdot W_b)$	=	0.27	N/mm <sup>2</sup>
Maximale axiale spanning $\sigma_{a,max}$	=	0.18	N/mm <sup>2</sup>

Tangentele spanning:

$\sigma_{qr} = k' \cdot q_r \cdot (r_g / W_w) \cdot D_o$	=	0.37	N/mm <sup>2</sup>
$\sigma_{qn} = k \cdot q_n \cdot (r_g / W_w) \cdot D_o$	=	4.77	N/mm <sup>2</sup>
Maximale tangentele spanning $\sigma_{t,max}$	=	3.35	N/mm <sup>2</sup>

**9.2.5 Belasting Combinatie 4: Bedrijfstoestand met Inwendige Druk**

Axiale spanning:

$$\text{Sigma}_b = \text{Mb}/\text{Wb} = f_k \cdot E \cdot I_b / (R_{\text{min}} \cdot \text{Wb}) = 0.27 \text{ N/mm}^2$$

Ten gevolge van inwendige druk :

$$\text{Sigma}_{py} = f_{pd} \cdot p_d \cdot ((r_u^2 + r_i^2) / (r_u^2 - r_i^2)) = 0.00 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Sigma}_{px} = 0.5 \cdot \text{Sigma}_{py} = 0.00 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Sigma}_{ptest} = f_{pt} \cdot p_t \cdot ((r_u^2 + r_i^2) / (r_u^2 - r_i^2)) = 0.00 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Sigma}_{Temp} = dt \cdot \gamma_t \cdot \alpha_g \cdot E = 0.00 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Maximale axiale spanning Sigma}_{a,max} = 0.18 \text{ N/mm}^2$$

Tangentiele spanning:

$$\text{Sigma}_{qr} = k' \cdot q_r \cdot (r_g / \text{Ww}) \cdot D_o = 0.37 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Sigma}_{qn} = k \cdot q_n \cdot (r_g / \text{Ww}) \cdot D_o = 4.77 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{'Rerounding'-factor } F_{rr} = 1.000$$

$$\text{'Rerounding'-factor } F'_{rr} = 1.000$$

$$\text{Sigma}_{t,max} = \text{Sigma}_{py} + ((F'_{rr} \cdot \text{Sigma}_{qr}) + (F_{rr} \cdot \text{Sigma}_{qn}))$$

$$\text{Maximale tangentielle spanning Sigma}_{t,max} = 3.35 \text{ N/mm}^2$$

**9.3 Controle van de Berekende Spanningen van 200mm PE100 SDR11 (4): leiding no. 4**

Belasting combinatie 1

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

Belasting combinatie 2

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

Belasting combinatie 3

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

Belasting combinatie 4

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

Voor alle spanningssituaties zijn de spanningen toelaatbaar.

	Max toelaatbare spanning [N/mm <sup>2</sup> ]	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)	1.27	3.53	-	-	-
Sigma_axiaal	8.00 (lang)	-	-	-	0.18	0.18
Sigma_tang...	10.00 (kort)	-	0.41	-	-	-
Sigma_tang...	8.00 (lang)	-	-	-	3.35	3.35

Spanningen in de leiding [N/mm<sup>2</sup>]

De deflectie van de leiding is 4.3 mm (2.16% x Do). De maximaal toelaatbare deflectie van de leiding is 16.0 mm (8.00% x S x Do). De deflectie is toelaatbaar.

De maximaal toelaatbare deflectie bij inspectie ('piggability') is 10.0 mm (5.00% x Do). De deflectie is toelaatbaar.

#### 9.4 Toetsing op Implosie van 200mm PE100 SDR11 (4): leiding no. 4

Tijdens het intrekken wordt de leiding belast door de heersende bentoniedruk. De hoogste minimaal benodigde druk tijdens het intrekken is gelijk aan 130 kN/m<sup>2</sup>, dit is kleiner dan de toelaatbare alzijdige uitwendige druk van 1553 kN/m<sup>2</sup>.

Tijdens de bedrijfstoestand wordt de leiding belast door de heersende waterdruk. De uitwendige waterdruk op de leiding is gelijk aan 89 kN/m<sup>2</sup>, dit is kleiner dan de toelaatbare alzijdige uitwendige druk van 279 kN/m<sup>2</sup>.

## Einde Rapport



# Bijlage G: Resultaten grondonderzoek

Boornummer	Monster van tot	Monster tot	Analysediepte	1/Lambda
[-]	[cm -mv]	[cm -mv]	[cm -mv]	[m K/W] (G-waarde naaldmethode veldvochtig)
MB-E04	80	120	90	0,258570714
MB-E04	190	230	220	0,479694531
MB-E04	310	350	320	0,025651115
MB-E04	460	500	467	0,322417668
MB-E04	760	800	770	0,348255986
MB-E04	810	850	820	0,288434636
MB-E04	1160	1200	1170	0,404988158
MB-E04	1260	1300	1270	0,54279269
MB-E04	1340	1380	1350	0,455166964
MB-E04	1440	1480	1450	0,192757856
MB-E04	1590	1630	1617	0,290307026
MB-E04	1760	1800	1770	0,269711239
MB-E04	1860	1900	1890	0,173285479
MB-E04	1960	2000	1966	1,218521626
MB-E03	1800	1840	1822	1,843135527
MB-E03	1900	1940	1824	0,735269789
MB-E03	100	140	125	0,30051129
MB-E03	280	320	302	0,579865112
MB-E03	400	440	410	0,091571033
MB-E03	580	620	607	0,21737949
MB-E03	720	760	735	0,04810347
MB-E03	1020	1060	1035	0,11882197
MB-E03	1180	1220	1190	0,513958602
MB-E03	1260	1300	1275	0,569567226
MB-E03	1360	1400	1380	0,54616277
MB-E03	1500	1540	1515	1,001142404
MB-E03	1660	1700	1620	0,520137108
MB-E03	1700	1740	1723	0,526439918





# Bijlage H: Uitwerkingen berekeningen

# Optredende mantelspanningen bij een 1-fase kortsluitstroom van 15kA/1s in de tijdelijke verbinding BUGG-KELP150 tussen mast 030 en 031.

## Lengte van de deelsecties

$L_{\text{totaal}} := 345$  [m] lengte kabelsectie

## Kabel gegevens

$f := 50$  [Hz] frequentie

$i := 1..3$

87/150 (123) kV 1x1000 mm<sup>2</sup> Al

$\alpha_1 := 0.779$  factor type geleider (zie table 1)

$d_1 := 0.035$  [m] geleiderdiameter  $r_1 := \alpha_1 \cdot 0.5 \cdot d_1$   $r_1 = 0.014$

$d_4 := 0.0797$  [m] gem dia loodmantel  $r_4 := 0.5 \cdot d_4$   $r_4 = 0.040$

$t_{\text{ath}} := 0.0011$  [m] dikte aardscherm

$d_0 := 0.90$  [m] buitendiameter  $r_0 := 0.5 \cdot d_0$   $r_0 = 0.450$

$R_{\text{geleiders}} := 0.040 \cdot 10^{-3}$  [ $\Omega$ /m] geleiders

$R_{\text{schermen}} := 0.16 \cdot 10^{-3}$  [ $\Omega$ /m] schermen

Aardkabel (parallel) 1x185mm<sup>2</sup> Cu

$d_2 := 0.0157$  [m] geleiderdiameter  $r_2 := \alpha_1 \cdot 0.5 \cdot d_2$   $r_2 = 0.006$

$d_{20} := 0.025$  [m] buitendiameter  $r_{20} := 0.5 \cdot d_{20}$   $r_{20} = 0.013$

$R_{\text{aardkabels}} := 99^{100}$  [ $\Omega$ /m] aardkabels

## Fictieve Retour Aardleiding

$R_0 := 1$  [ohm] weerstand van aard elektrode [Ohm]

$\sigma := 0.05$  [S/m] conductivity of the soil: **5.00 S/m for sea water**  
0.05 S/m for wet soil  
0.02 S/m for average soil  
0.01 S/m for dry soil

$L_{\text{route}} := L_{\text{totaal}}$  [m] Gemiddelde lengte van de aarde

$\mu := 4 \cdot \pi \cdot 10^{-7}$  [-] constant

$\gamma := 0.5772156649$  [-] eulers constante

$\omega := 2 \cdot \pi \cdot f$

$R_g := \frac{\mu \cdot \omega}{8}$  Aardingsweerstand  $R_g = 49.3 \times 10^{-6}$  [ohm/m]

$R_{\text{earth}} := \frac{R_g}{1000} \cdot L_{\text{route}} + (2 \cdot R_0)$  Totale aardingsweerstand  $R_{\text{earth}} = 0.0058$  [ohm/m]

$S_{\text{earth}} := \frac{2 \cdot e^{0.5 - \gamma}}{\sqrt{\mu \cdot 2 \cdot \pi \cdot f \cdot \sigma}}$  Diepte retour aarde  $S_{\text{earth}} = 416.7$  [m]

$D_e := S_{\text{earth}}$  [m] diepte retour aarde

$R_{g, \text{ earth}} := R_{\text{earth}}$  [ $\Omega$ /m] retour aarde

Table 1 – Values of  $\alpha$  for conductors

Number of wires	Value of $\alpha$
1 (solid)	0,779
3	0,678
7	0,726
19	0,758
37	0,768
61	0,772
91	0,774
127	0,776

## Invoeren stromen

ORIGIN = 1  $j := \sqrt{-1}$   $\omega := 2 \cdot \pi \cdot f$   $\alpha := \frac{2}{3} \cdot \pi$

$I_a := 750$  [A] Stroom circuit A (XLPE)

$I_1 := I_a \cdot e^{j \cdot \alpha}$   $I_2 := 15000$   $I_3 := I_a \cdot e^{-j \cdot \alpha}$  Stroom per fase circuit A

In geval van 1-fase kortsluiting. Hierboven de kortsluitstroom "geforceerd" invoeren in 1 van de fase.

$$I_1 = \begin{pmatrix} -375 + 649.5i \\ 15000 \\ -375 - 649.5i \end{pmatrix}$$

**Invoeren ligging (Driehoek)**

Circuit A

$$\begin{aligned} x_1 &:= 0 & y_1 &:= 0.5 \cdot d_0 \cdot \sqrt{3} & \text{fase R} \\ x_2 &:= 0.5 \cdot d_0 & y_2 &:= 0 & \text{fase S} \\ x_3 &:= -0.5 \cdot d_0 & y_3 &:= 0 & \text{fase T} \end{aligned}$$

Ligging mantels (X en Y coördinaten), = geleider 4 t/m 6

$$\begin{aligned} i &:= 1..8 & \text{Middenpunt van de mantels is gelijk aan het middenpunt van de geleiders} \\ x_{i+3} &:= x_i \\ y_{i+3} &:= y_i \end{aligned}$$

Ligging retour aardleiding (X en Y coördinaten), = geleider 7

$$\begin{aligned} x_7 &:= 0 & x_8 &:= 0 \\ y_7 &:= 1000 & y_8 &:= D_e \end{aligned}$$

Invullen s-matrix = onderlinge afstanden geleiders/mantels/retour aardleiding

$$\begin{aligned} i &:= 1..8 & k &:= 1..8 & s_{a_{i,k}} &:= \sqrt{(y_i - y_k)^2 + (x_i - x_k)^2} \\ i &:= 1..3 & s_{a_{i,i}} &:= r_1 & s_{a_{i,i+3}} &:= r_3 & s_{a_{i+3,i}} &:= r_3 & s_{a_{i+3,i+3}} &:= r_3 \\ s_{a_{7,7}} &:= r_2 & s_{a_{8,8}} &:= D_e \end{aligned}$$

$$s_{ij} = \begin{pmatrix} 0.014 & 0.900 & 0.900 & 0.040 & 0.900 & 0.900 & 999.221 & 415.928 \\ 0.900 & 0.014 & 0.900 & 0.900 & 0.040 & 0.900 & 1000.000 & 416.707 \\ 0.900 & 0.900 & 0.014 & 0.900 & 0.900 & 0.040 & 1000.000 & 416.707 \\ 0.040 & 0.900 & 0.900 & 0.040 & 0.900 & 0.900 & 999.221 & 415.928 \\ 0.900 & 0.040 & 0.900 & 0.900 & 0.040 & 0.900 & 1000.000 & 416.707 \\ 0.900 & 0.900 & 0.040 & 0.900 & 0.900 & 0.040 & 1000.000 & 416.707 \\ 999.221 & 1000.000 & 1000.000 & 999.221 & 1000.000 & 1000.000 & 0.006 & 583.293 \\ 415.928 & 416.707 & 416.707 & 415.928 & 416.707 & 416.707 & 583.293 & 416.707 \end{pmatrix}$$

**Berekening inductie en impedantie per deelsectie**

$$i := 1..8 \quad k := 1..8$$

$$\begin{array}{ccc} \text{Deelsectie} & \text{Inductie} & \text{Impedantie} \\ 1 & M_{1,k} := -2 \cdot 10^{-7} \cdot \ln(s_{a_{1,k}}) & Z_1 := (R + j \cdot \omega \cdot M) \cdot L_{\text{totaal}} \end{array}$$

**Berekening totale impedantie per meter**

$$Z := \frac{Z_1}{L_{\text{totaal}}} \quad [\Omega/m]$$

**Hulpmatrixen om geïnduceerde stroom/spanning te berekenen**

$$P := (0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 1 \ -1) \quad M := \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 1 \\ -1 \end{pmatrix} \quad Q := \begin{pmatrix} -1 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & -1 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

**Berekening (geïnduceerde) stroom in geleider/aardmantel/aardleiding**

$$i := 1..8$$

$$I := [M \cdot (P \cdot Z \cdot M)^{-1} \cdot P \cdot Z \cdot Q - Q] \cdot I$$

$$|I_i| = \begin{pmatrix} -375 + 649.52i \\ 15000 \\ -375 - 649.52i \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ -14010.12 + 1875.35i \\ -239.88 - 1875.35i \end{pmatrix}$$

Circuit 1 - Geleider fase R  
Circuit 1 - Geleider fase S  
Circuit 1 - Geleider fase T  
  
Circuit 1 - Aardmantel fase R  
Circuit 1 - Aardmantel fase S  
Circuit 1 - Aardmantel fase T  
  
Retour aardleiding

**Resultaat mantelspanningen**

$$i := 4..8$$

$$\Delta E1 := Z_1 \cdot I \quad [\text{Volt}]$$

Geïnduceerde mantelspanning aan het einde van de kabelverbinding

$$i = \begin{pmatrix} 4.000 \\ 5.000 \\ 6.000 \\ 7.000 \\ 8.000 \end{pmatrix} \quad |\Delta E1_i| = \begin{pmatrix} 2136.209 \\ 3175.575 \\ 2137.917 \\ 3678.269 \\ 3678.269 \end{pmatrix}$$

## Minimaal benodigde geleiderdoorsnede bij een optredende 3-fase kortsluitstroom van 40kA/1s.

### Parameters

$\theta_i := 50$	[°C]	geleider temperatuur voor aanvang kortsluitstroom
$I_{sc} := 40$	[kA]	gevraagde kortsluitstroom
$t := 1.0$	[s]	tijdsduur van de kortsluitstroom
$\theta_f := 250$	[°C]	maximaal toegestane eindtemperatuur van de geleider volgens NEN 3630 (1996) en NEN 3620 (1998)

Berekening van de gevraagde geleiderdoorsnede volgens paragraaf 3.

$K_{Al} := 148$	[As <sup>1/2</sup> /mm <sup>2</sup> ]	constante voor aluminium
$\beta := 228$	[K]	reciproke waarde van de weerstand-temperatuurcoëfficiënt van aluminium

$$S_{AD} := \sqrt{\frac{(I_{sc} \cdot 10^3)^2 \cdot t}{K^2 \cdot \ln\left(\frac{\theta_f + \beta}{\theta_i + \beta}\right)}} \quad [\text{mm}^2] \quad \text{vereiste geleider doorsnede (ten aanzien van de gespecificeerde kortsluitstroom)} \quad S_{AD} = 367$$

Bijlage 3

Memo ontwerp en werkschrijving HDD boring kabelverbinding



Opdrachtgever : Energy Solutions  
Contactpersoon : Dhr. [REDACTED]  
Adres : Ampèreweg  
Plaats : 2627 BG Delft

**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

## MEMO

Onderwerp: Werkomschrijving horizontaal gestuurde boring Brandevoortse Dreef

# Horizontaal gestuurde boring

t.b.v. aanleg tijdelijke hoogspanningskabels

## Brandevoortse Dreef



Figuur 1 overzicht werklocatie (Bron: Google Earth)

Versie	Datum	Status	Opgesteld	Gecontroleerd	Akkoord
1	14-07-2022	Voor vergunning	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
2	27-07-2022	Voor vergunning	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]

Tabel 1 Versie- en wijzigingsoverzicht





## Inhoudsopgave

<b>1.</b>	<b>Inleiding</b> .....	<b>4</b>
<b>2.</b>	<b>Uitgangspunten</b> .....	<b>5</b>
2.1	Informatie .....	5
2.2	Voorschriften en literatuur .....	5
2.3	Ontwerp .....	5
<b>3.</b>	<b>Beschrijving werkmethode</b> .....	<b>7</b>
3.1	Algemeen .....	7
<b>4.</b>	<b>Omschrijving project</b> .....	<b>10</b>
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
<b>5.</b>	<b>Realisatie werkzaamheden</b> .....	<b>12</b>
5.1	Voorstel in te zetten boormaterieel .....	12
5.2	Inrichten werkterrein .....	13
5.3	Vorbereiden 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 (optioneel) .....	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	Scheidingsinstallatie (recycling) .....	20
5.18	Aanlevering registratie .....	20
5.19	Vrijkomende grond / boorspoeling .....	20
<b>6.</b>	<b>Grond en grondwater</b> .....	<b>21</b>
6.1	Geotechnisch onderzoek .....	21
6.2	Beschrijving grondgesteldheid .....	21
6.3	Grondwaterstanden .....	22
<b>7.</b>	<b>Berekeningsresultaten</b> .....	<b>23</b>
7.1	Boorspoeldrukken .....	23
7.2	Sterkteberekening .....	24
7.3	Trekkrachtberekening .....	24

**Hoofdvesting** (correspondentieadres)  
Hulsenboschstraat 22 B-1  
4251 LR Werkendam

**Nevenvestiging**  
Tjalk 43  
2411 NZ Bodegraven

T 0183-216020  
E [info@atron-engineering.nl](mailto:info@atron-engineering.nl)  
[www.atron-engineering.nl](http://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	Toetsing materiaalspanningen .....	24
Tabel 7	Voorspelling trekkracht (indicatief) .....	24

### Lijst met figuren

Figuur 1	overzicht werklocatie (Bron: Google Earth) .....	1		
Figuur 2	pilotboring .....	7		
Figuur 3	ruimfase .....	8		
Figuur 4	intrefase .....	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) .....	21		
Figuur 13	boorspoeldrukken tijdens pilotboring .....	23		

### Lijst met bijlagen

Bijlage 1	Ontwerptekening horizontaal gestuurde boring .....	26
Bijlage 2	Grondonderzoek .....	27
Bijlage 3	Resultaten sterkteberekening (D-Geo Pipeline) .....	28
Bijlage 4	Beschrijving meetsysteem .....	29
Bijlage 5	Beschrijving boorvloeistof .....	30
Bijlage 6	Leaflet Veilig werken onder of nabij bovengrondse hoogspanningsverbinding .....	31

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

**Nevenvestiging**  
Tjalk 43  
2411 NZ Bodegraven

T 0183-216020  
E [info@atron-engineering.nl](mailto:info@atron-engineering.nl)  
[www.atron-engineering.nl](http://www.atron-engineering.nl)

KvK 70156689  
BTW NL858166173B01  
IBAN NL42INGB0006956686



### 1. Inleiding

Energy Solutions B.V. heeft opdracht verleend aan ATRON Engineering B.V. voor de engineering van een horizontaal gestuurde boring. Energy Solutions is momenteel bezig met de voorbereiding van de verkabeling van de masten, waarvoor een tijdelijke 150kV verbinding moet worden aangebracht.

Ten behoeve van de aanleg van de 150kV kabel is de realisatie van een horizontaal gestuurde boring noodzakelijk. De horizontaal gestuurde boring kruist een watergang, fietspad en Brandervoortse Dreef en Schutsboom te Helmond

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.

**Hoofdvestinging** (correspondentieadres)  
Hulsenboschstraat 22 B-1  
4251 LR Werkendam

**Nevenvestiging**  
Tjalk 43  
2411 NZ Bodegraven

T 0183-216020  
E [info@atron-engineering.nl](mailto:info@atron-engineering.nl)  
[www.atron-engineering.nl](http://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):
  - o Boorlijnen Helmond.dwg (aangeleverd door Energy Solutions)
- Document(en):
  - o Oriëntatie KLIC-melding
    - 22O037922
- Grondonderzoek
  - o Aangeleverde sonderingen Inpijn Blokpoel met kenmerk 02P017784

### 2.2 Voorschriften en literatuur

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

- NEN3650-1:2012 Eisen voor buisleidingsystemen – Deel 1: Algemeen
- NEN3650-3:2012 Eisen voor buisleidingsystemen – Deel 3: Kunststoffen
- NEN3651:2012 Aanvullende eisen voor buisleidingen in of nabij belangrijke waterstaatswerken
- Keur en leggers van het Waterschap Aa en Maas
- VELIN voorwaarden en EV-eisen vanuit andere netbeheerders o.b.v. de verrichte KLIC-meldingen.
- Richtlijn boortechnieken Rijkswaterstaat juni 2019
- DCA (Drilling Contractors Association) Technical Guidelines 2<sup>nd</sup> 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	199,4	m
Intredehoek	15	o
Uittredehoek	15	o
Neergaande bochtstraal	180	m
Opgaande bochtstraal	180	m
Horizontale bochtstraal	-	m
Gecombineerde bochtstraal	-	m
Maximale gronddekking (maaiveld)	10,53	m

Tabel 2 Specificaties horizontaal gestuurde boring

**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](http://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.



Omschrijving	
Materiaal	PE100 SDR11
Uitwendige diameter	250mm
Wanddikte	22,8mm
Aantal	4

Tabel 3 Specificaties mantelbuizen

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

**Nevenvestiging**  
Tjalk 43  
2411 NZ Bodegraven

T 0183-216020  
E [info@atron-engineering.nl](mailto:info@atron-engineering.nl)  
[www.atron-engineering.nl](http://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.

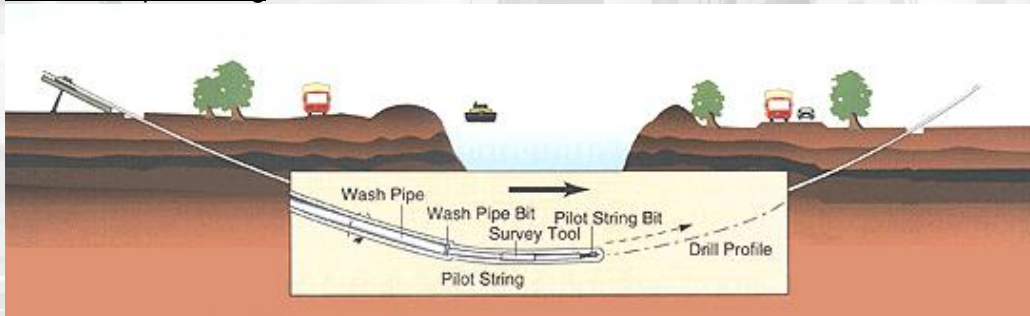
De voornaamste functies van de boorspoeling zijn:

- Medium voor lossputten 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 werkerreinen: 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.

#### Fase 1: De pilotboring



**Figuur 2 pilotboring**



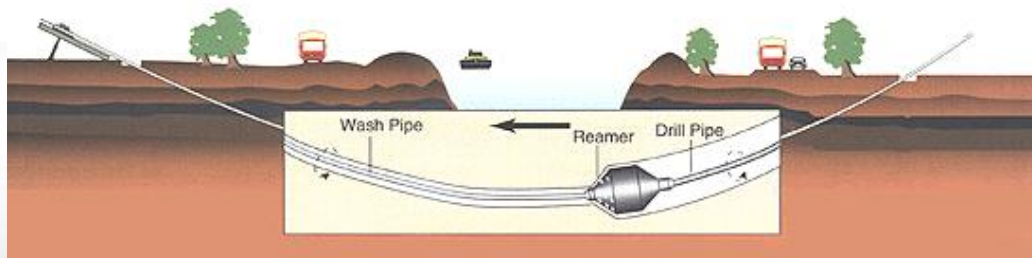
Aan de voorkant van de boorstreng is een boorkop aangebracht. De boorspoeling wordt via de boorstreng naar de boorkop gepompt en wordt samen met de losgewoelde grond langs de buitenzijde van de boorstreng door de boortunnel afgevoerd. Over het eerste gedeelte van de boorstreng kan eventueel een casing/beschermhuis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



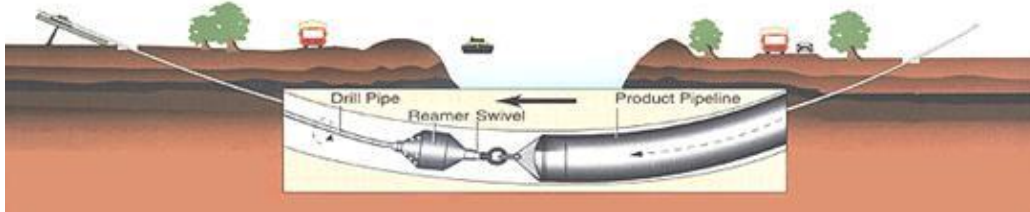
**Figuur 3** ruimfase

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.



## 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.

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

**Nevenvestiging**  
Tjalk 43  
2411 NZ Bodegraven

T 0183-216020  
E [info@atron-engineering.nl](mailto:info@atron-engineering.nl)  
[www.atron-engineering.nl](http://www.atron-engineering.nl)

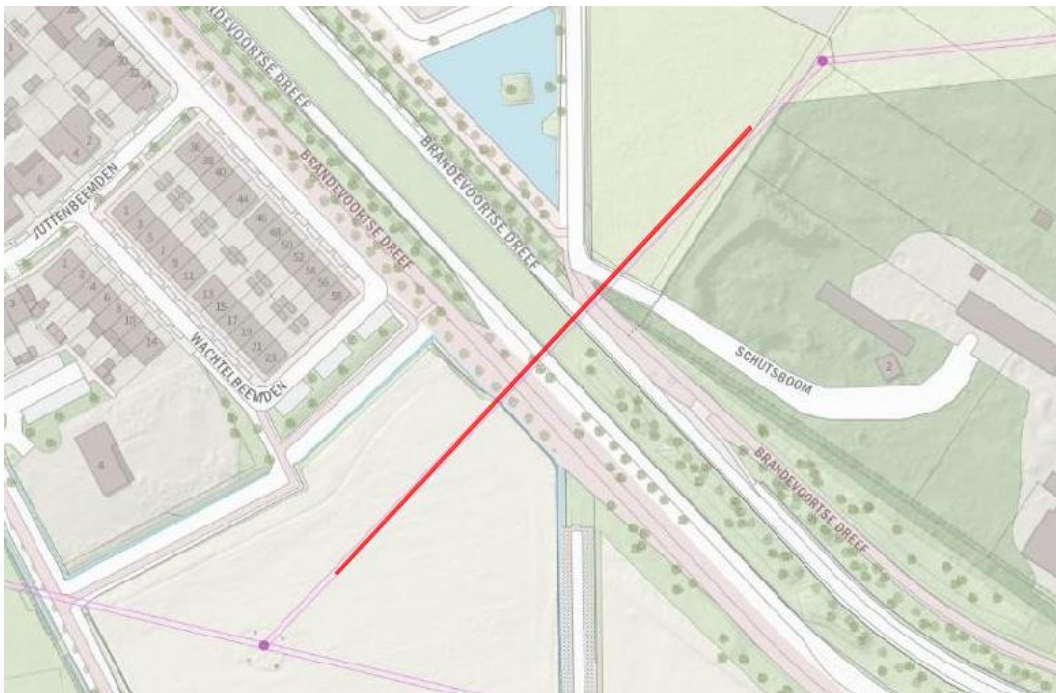
**KvK** 70156689  
**BTW** NL858166173B01  
**IBAN** NL42INGB0006956686



## 4. Omschrijving project

### 4.1 Projectlocatie

De horizontaal gestuurde boring is gelegen nabij de Brandenvoortse Dreef en kuint een watergang welke in beheer is van Waterschap Aa en Maas. Daarnaast wordt de Brandenvoortse Dreef, Schutsboom en fietspaden gekruist. 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 is gelegen in een weiland aan de Schutsboom te Helmond. De locatie van het intredepunt is toegankelijk via Schutsboom te Helmond. Nabij het intredepunt is voldoende opstelruimte aanwezig voor het benodigde materiaal en materieel.

### 4.3 Locatie uitredepunt en uitleglocatie

Het uitredepunt van de horizontaal gestuurde boring ligt in een weiland welke is gelegen aan Brandenvoort te Helmond. De horizontaal gestuurde boring treedt uit in de weiland. Nabij het uitredepunt is voldoende ruimte beschikbaar voor het benodigde materieel en materiaal. De bundel zal voorafgaand aan de intrefase worden samengesteld in de het weiland en Brandenvoort. 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 heeft goedkeuring van de opdrachtgever. De aannemer dient zich ten tijde van de aanbieding te vergewissen dat er voldoende werkruimte aanwezig is.

#### 4.4 Betrokken objecten boortracé

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

- ❖ Kruising van Schutsboom
- ❖ Kruising van Brandervoortse Dreef
- ❖ Kruising van Watergang

#### 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
Gasunie	Hogedruk gas	EV melding

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 tijdschema van toepassing zijn:

- Aanleg van bouw-/toegangswegen : 5.00 dag(en)
- Inrichten werkterrein : 2.00 dag(en)
- Samenstellen van de bundel : 5.00 dag(en)
- Uitvoeren van de pilotboring : 1.00 dag(en)
- Uitvoeren van ruimgang : 1.00 dag(en)
- Intrekken van de bundel : 1.00 dag(en)
- Afvoer en opruimen werkterrein(en) : 5.00 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.

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

**Nevenvestiging**  
Tjalk 43  
2411 NZ Bodegraven

T 0183-216020  
E [info@atron-engineering.nl](mailto:info@atron-engineering.nl)  
[www.atron-engineering.nl](http://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 PD 80/50 RP
	Motor:	330 kW, 450 pk
	Gewicht:	27,000 kg
	Max. drukkracht:	80 ton
	Max. opneembare trekkracht	80 ton
	Max. in-/uittrede hoek	8-22 graden

Figuur 6 Boormachine

## 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 1260m<sup>2</sup> 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, vacuümwag en andere vervoersmiddelen.

Ter plaatse van het uitredepunt dient rekening gehouden te worden met een werkterrein van minimaal 1980m<sup>2</sup> voor het opstellen van het benodigde materieel. Dit gaat om o.a. opslag voor boorstangen, voorraadcontainers en opstelruimte voor transportmaterieel, vacuümwag en andere vervoersmiddelen en uitleggen boorstreng.

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 wordt uitgelegd op rollenstellen voorafgaand aan de intrefase ofwel de mantelbuizen kunnen vanaf haspel worden ingetrokken.

## 5.4 Graven in- en uitredepunt

Het eerste grondverzet welke plaats vindt is met het graven van de in- en uitredepunten 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 boorfases op te vangen. Het is aan de uiteindelijke civiele aannemer om te bepalen op welke wijze hij het 'dodemansbed' zal realiseren en dimensioneren. Hierbij dient tevens rekening gehouden te worden met de bestaande ondergrondse en bovengrondse infra.



Indien de horizontaal gestuurde boring wordt uitgevoerd in een kwelgebied (voorbeeld: waarbij spanningswater aanwezig is in het watervoerende pakket) dient er tevens rekening mee gehouden te worden dat het 'dodemansbed' niet in dit pakket ofwel onder/door een eventuele afsluitende laag wordt aangebracht. De civiele aannemer dient het 'dodemansbed' zo te ontwerpen dat bij het verwijderen geen kwel optreedt ten gevolge van het trekken/verwijderen hiervan.

## 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 [ $\mu$ S/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 uitredepunt tot stand wordt gebracht conform de opgestelde ontwerp-tekening.

Tijdens de pilot is er nog geen verbinding met het uitredepunt. 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]<sup>70</sup>
- ❖ 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:

- ❖ 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-Build 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

### 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.

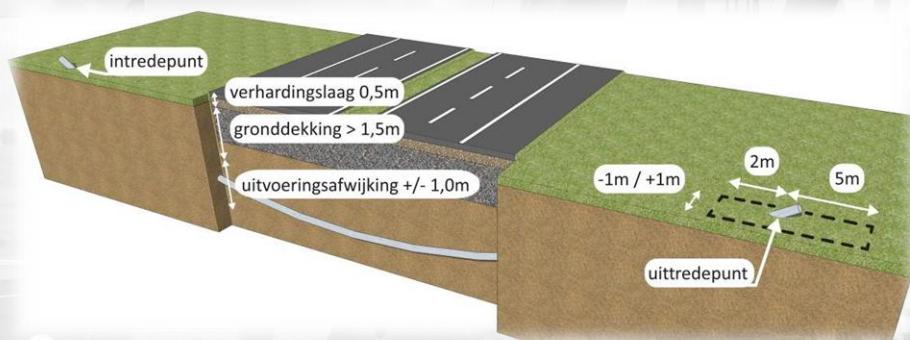
Indien het boortracé niet meer richting het geplande tracé kan worden gecorrigeerd dient de boring tot voor de afwijking teruggetrokken te worden en zal een nieuwe poging moeten worden gedaan om het geplande tracé aan te houden. Wanneer de boring buiten de 'maximale toegestane afwijking' treedt zal door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

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 oppropen in de boorstangen waardoor deze kunnen verstopen.

### 5.11 Ruimfase(n)

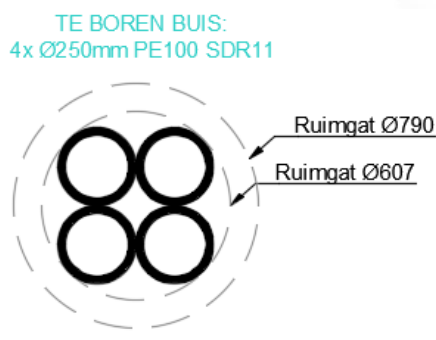
Als de boorkop, het meetsysteem en eventueel de meetdraad verwijderd is kan gestart worden met het vergroten van het boorgat. Hiervoor wordt een ruimer geplaatst op de boorstangen.

De buitendiameter van de in te trekken bundel bedraagt ca.607mm

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. 790mm.



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.

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]
- ❖ Trekkraft: [ton]
- ❖ 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 (optioneel)

Om het boorgat 'schoon' op te leveren voor de intrefase 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.

### 5.13 Intrefase horizontaal gestuurde boring

De intrefase 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 intrefase 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]
- ❖ 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.

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 gaan 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 boorpoeling. De boorvloeistof dient over de navolgende functie te beschikken:

- ❖ Hydraulisch ontgraven / lossputten 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 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 Scheidingsinstallatie (recycling)

Nadat de uitgekomen bentoniet/cuttings zijn afgepompt uit de mudgaten 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 herverwerkt te worden, boorspoeling of overtollige grond wordt geacht voor de opdrachtgever geen waarde te hebben.

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.

## 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.

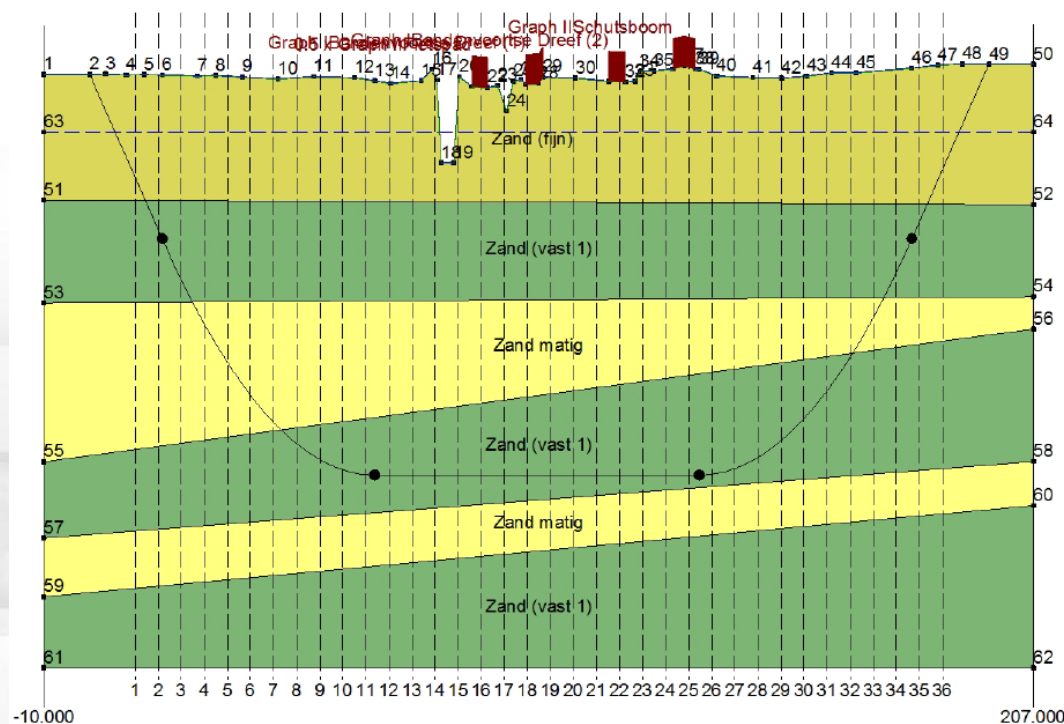
Voor deze horizontaal gestuurde boring is aanvullend geotechnisch onderzoek uitgevoerd door Inpijn Blokpoel. De resultaten van deze onderzoeken zijn opgenomen als Bijlage 2.

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 zich in de bovengrond voornamelijk bevindt in een pakket van los zand pakket welke over gaat in een harde en matige zandlaag. De vloerbuis bevindt zich in een vast zandpakket



### 6.3 Grondwaterstanden

De freatische grondwaterstand van watergang in de directe omgeving van de horizontaal gestuurde boring zijn middels GPS opgemeten. De resultaten van deze metingen zijn opgenomen in onderstaande tabel.

Omschrijving	+/- N.A.P./Maaiveld	Waarde
GWS nabij uittredepunt (freatisch)	+	7.40m

Het betreft hier eenmalige metingen waardoor deze waarneming slechts als indicatie kan gelden. Daarnaast kan als gevolg van spanningswater, lagenopbouw en lokale omstandigheden een afwijkende waarde worden aangetroffen. De uiteindelijke civiele aannemer zal deze waarden moeten controleren en indien noodzakelijk de bijbehorende berekeningen en het boorplan voor de uiteindelijke uitvoering van de werkzaamheden hierop aanpassen.

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

**Nevenvestiging**  
Tjalk 43  
2411 NZ Bodegraven

T 0183-216020  
E [info@atron-engineering.nl](mailto:info@atron-engineering.nl)  
[www.atron-engineering.nl](http://www.atron-engineering.nl)

**KvK** 70156689  
**BTW** NL858166173B01  
**IBAN** NL42INGB0006956686

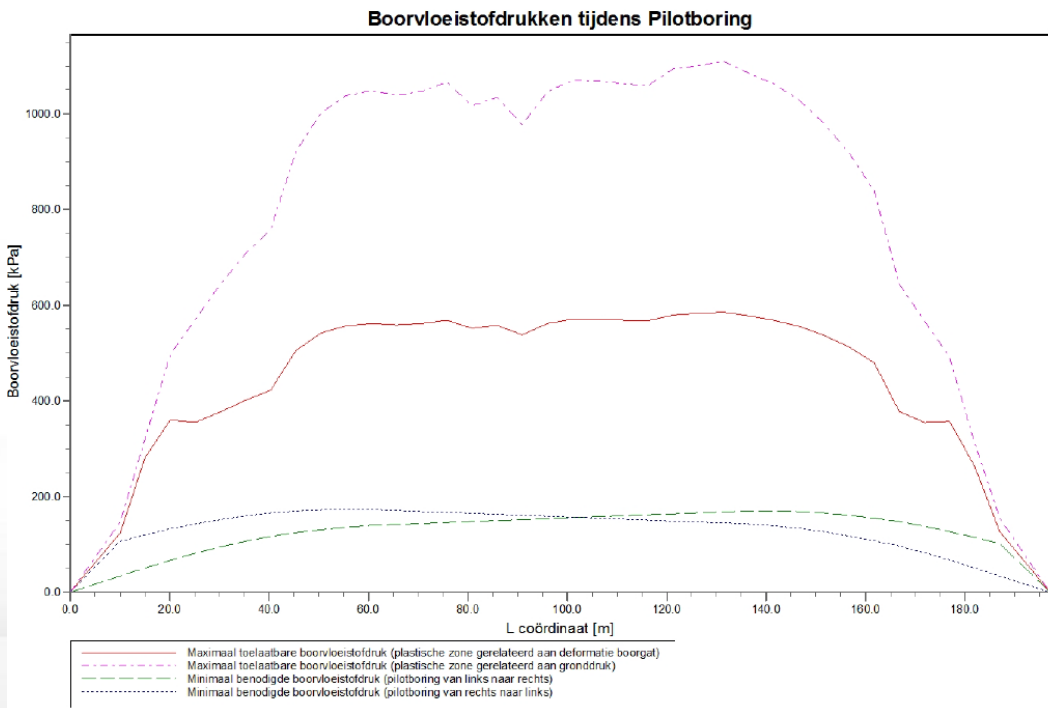


## 7. Berekeningsresultaten

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 12 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.

**Hoofdvesting** (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 boorfases:

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

	Max toelaatbare spanning [N/mm <sup>2</sup> ]	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)	1.49	3.51	-	-	-
Sigma_axiaal	8.00 (lang)	-	-	-	0.22	0.22
Sigma_tang...	10.00 (kort)	-	0.51	-	-	-
Sigma_tang...	8.00 (lang)	-	-	-	3.38	3.38

Tabel 6 Toetsing materiaalspanningen

De maximale deflectie op de buis bedraagt 5,4mm (2,18% x Do) voor de 250mm. De maximaal toelaatbare deflectie bedraagt 20,0mm. 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 Trekkraftberekening

In onderstaande tabel zijn de verwachtingswaarden t.a.v. de trekkraft weergegeven. In de berekening wordt ervan uitgegaan dat de in te trekken mediumleiding tijdens de intrekfase 0% wordt gevuld met (drink)water.

De benodigde trekkraft voor het intrekken van de boorstreng bedraagt voor deze gestuurde boring circa 63kN.

Karakteristieke punten	Lengte leiding in gat (m)	Karakteristieke waarde voor de trekkraft (kN)
T1	0	12
T2	17	19
T3	65	40
T4	136	65
T5	183	88
T6	199	94

Tabel 7 Voorspelling trekkraft (indicatief)

Bij deze trekkraftberekening is rekening gehouden met een onzekerheidsfactor van 2,0. Er is geen rekening gehouden met andere (model)onzekerheidsfactoren voor het opstellen van de trekkraftberekening. 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



# ATRON Engineering Advies & Infra

trekkracht en hier de inzet van zijn materieel (o.a. dodemansbed, verankering en keuze boor-rig) op af te stemmen.

**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**

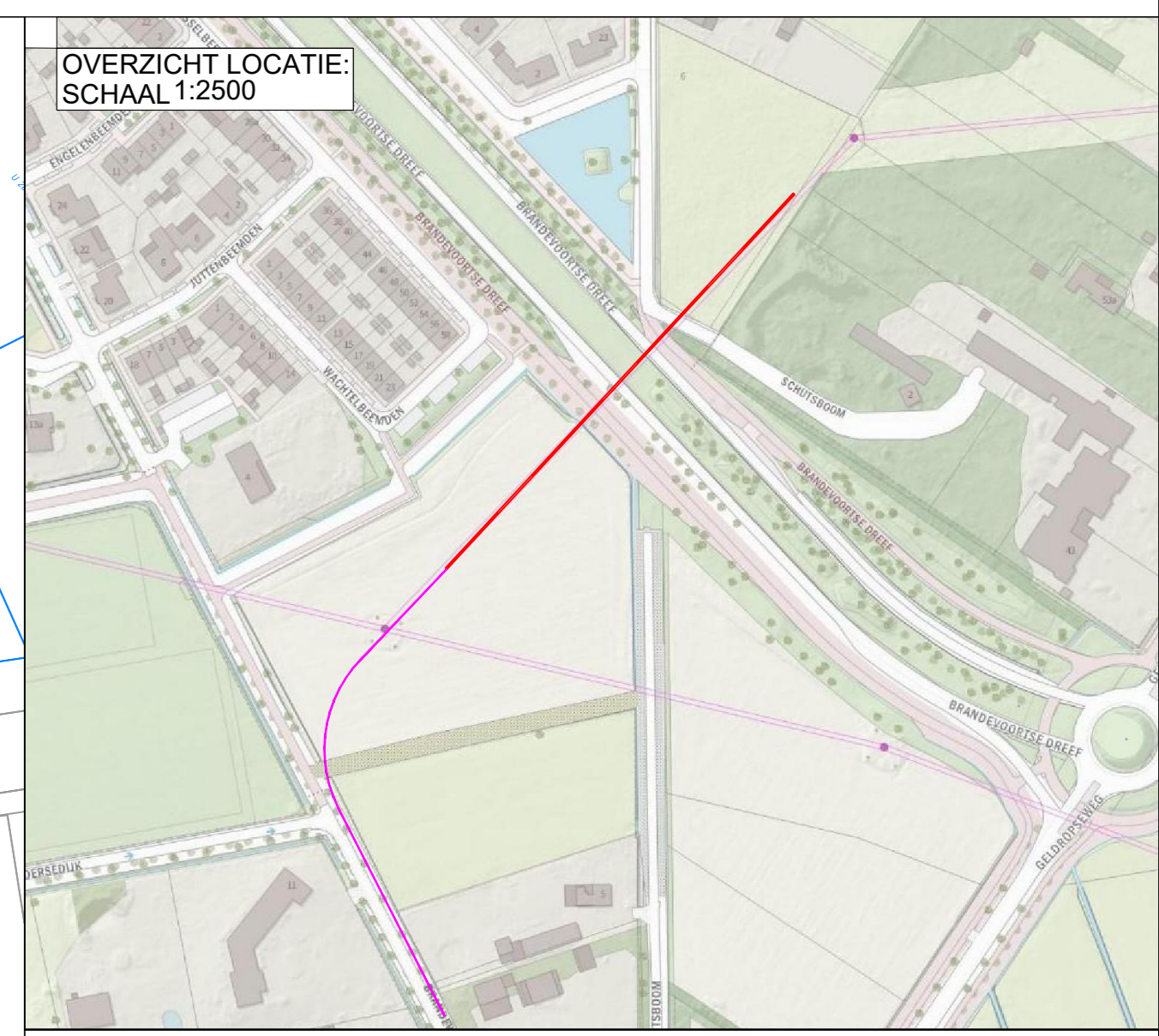
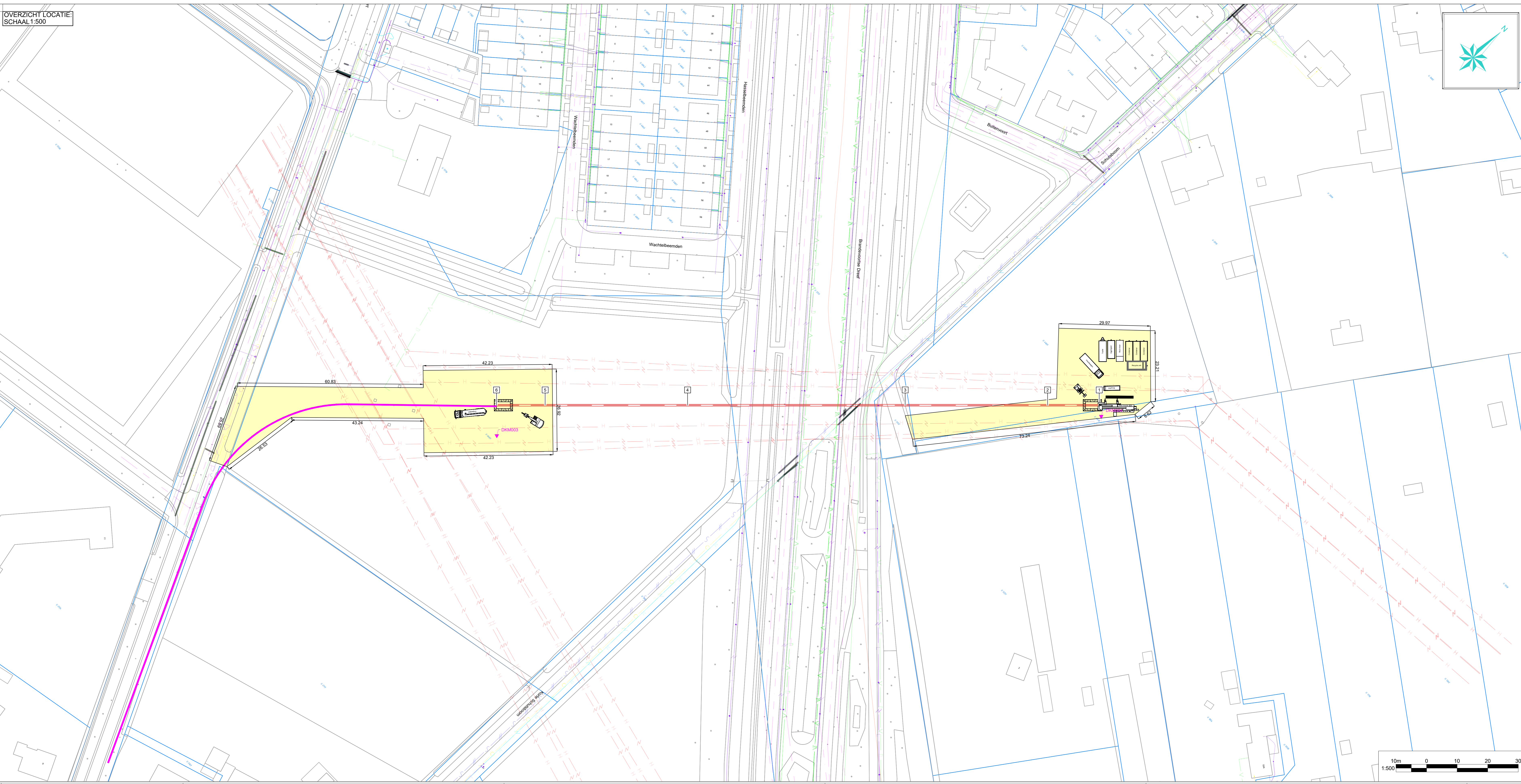
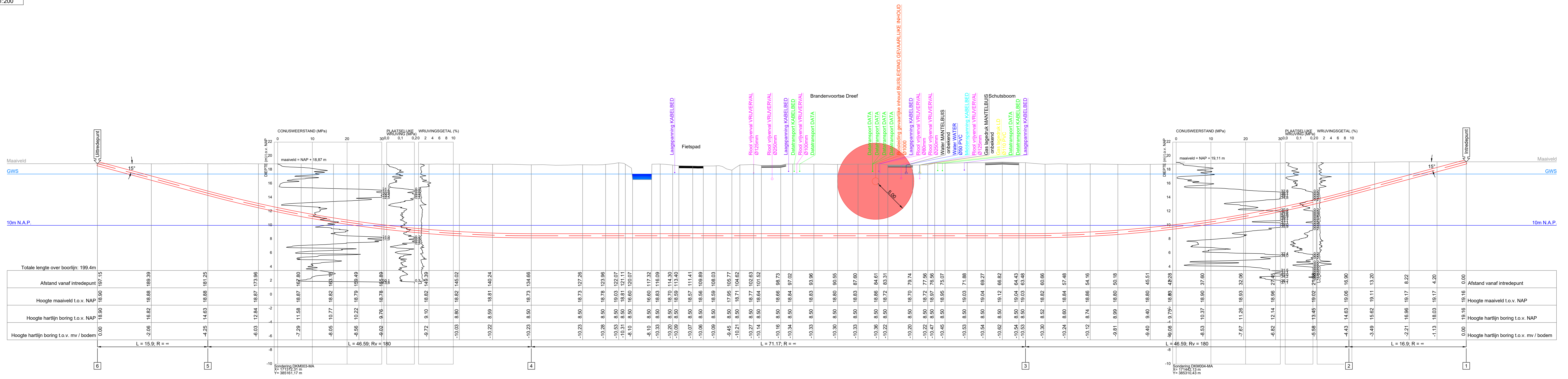
**Hoofdvestiging** (correspondentieadres)  
Hulsenboschstraat 22 B-1  
4251 LR Werkendam

**Nevenvestiging**  
Tjalk 43  
2411 NZ Bodegraven

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

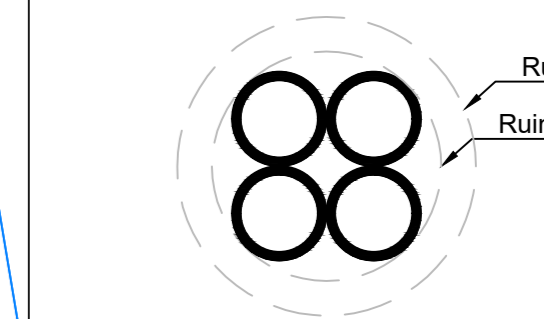
**KvK** 70156689  
**BTW** NL858166173B01  
**IBAN** NL42INGB0006956686





	X	Y	Z(NAP)
1	171438.48	385312.93	19.16
2	171426.98	385300.54	14.63
3	171395.30	385266.38	8.50
4	171346.90	385214.20	8.50
5	171315.21	385180.05	14.63
6	171304.40	385168.39	18.90

DOORSNEDEN  
SCHAAL 1:200



- |   |   |
|---|---|
| <p><b>Legenda horizontaal gestuurde boring</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Horizontaal gestuurde boring</li> <li>Horizontaal gestuurde boring / boogzinker / mantelbuis (bestaand)</li> <li>Uitleg locatie</li> <li>Topografie (bestaand)</li> <li>Topografie (nieuw)</li> <li>Kadaster</li> </ul> | <p><b>Legenda KLIC</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Laagspanningskabel(s)</li> <li>Middenspanningskabel(s)</li> <li>Hoogspanningskabel(s)</li> <li>Gasleiding(en) lage druk</li> <li>Gasleiding(en) hoge druk</li> <li>Datatransport</li> <li>Waterleiding(en)</li> <li>Vrij verval riolering</li> <li>Persriool</li> <li>Warme transport</li> <li>Gevaarlijke buisleiding(en)</li> </ul> |
|---|---|

Opmerkingen:

Nr.	omschrijving	aanpak	toelichting
1	Neem boring uitgangspunt naar de kabel boogzinker		

**ATRON Engineering**  
Advies & Infra

Huisvesting: Industrieweg 22-24, 2411 NB Werkendam  
Telefoon: 0110-23000  
E-mail: info@atron-engineering.nl  
www.atron-engineering.nl

Project:	Tijdelijke verkabeling TenneT	Plaats:	Helmond
Locatie:	Brandvoortse Dreef		
Titel:	Horizontaal gestuurde boring onder Brandvoortse Dreef	Verantwoordelijke:	TenneT
Bestand:	4x 250mm PE100 SDR11	Datum:	25-07-2022
Opdrachtgever:	04.873	Opsteller:	Energy Solutions
Overzicht:	Overzicht en dwarsprofiel	Geplaatst:	Amgansweg 27
			2627 BG Delft
Revisie:		Controle:	
DtV:	WH	RvM:	
1	1	Diverse AD	22-03-2022
		Status:	VERGUNNING
		Telefoonnummer:	3587-0622-01-BT02

Indien werkzaamheden door derden worden uitgevoerd, kunnen aan deze tekening geen rechten worden ontleend.





**Bijlage 2 Grondonderzoek**

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

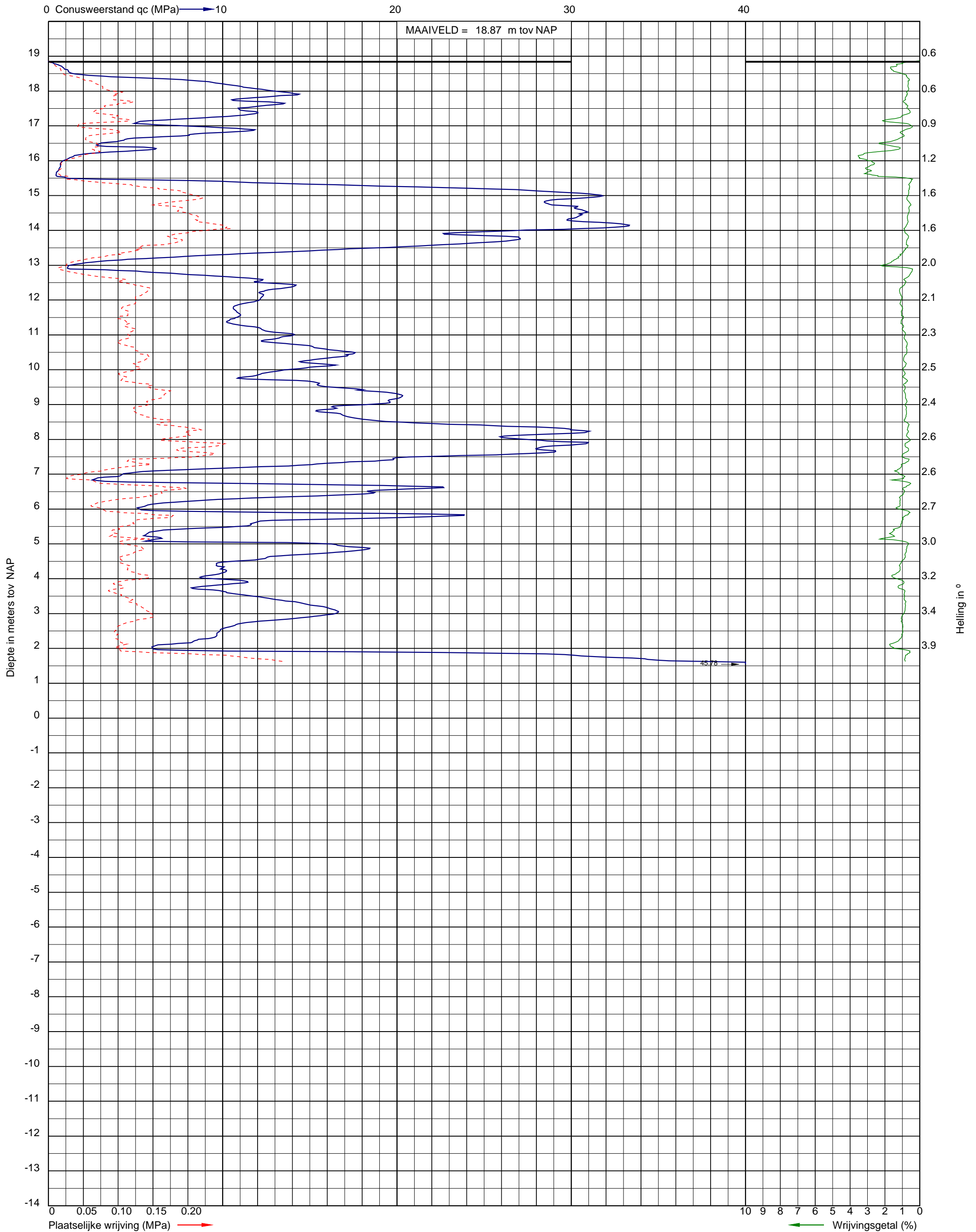
**Nevenvestiging**  
Tjalk 43  
2411 NZ Bodegraven

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

**KvK** 70156689  
**BTW** NL858166173B01  
**IBAN** NL42INGB0006956686



Project: Opwaardering 380 kV tussen Maasbracht-Eindhoven  
Opdracht: 02P017784  
Betreft: Sondeergrafiek



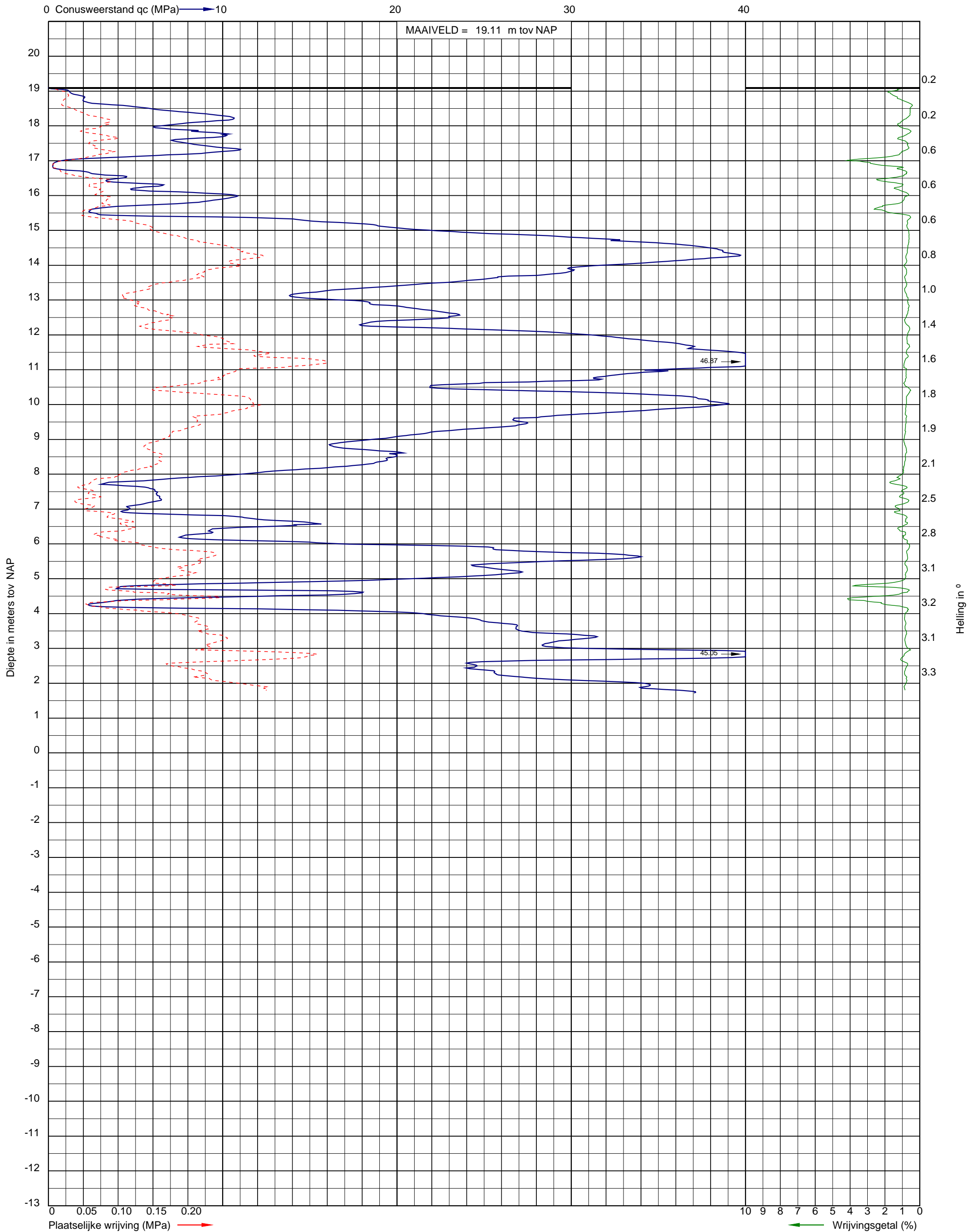
Uitvoeringsdatum: 23-3-2022  
Norm: NEN-EN-ISO 22476-1  
Toepassingsklasse: 3  
Conusnummer: 060185

X: 171312.3  
Y: 385161.2

DKM003-MA



Project: Opwaardering 380 kV tussen Maasbracht-Eindhoven  
Opdracht: 02P017784  
Betreft: Sondeergrafiek



Uitvoeringsdatum: 24-3-2022  
Norm: NEN-EN-ISO 22476-1  
Toepassingsklasse: 2  
Conusnummer: 060185

X: 171442.1  
Y: 385310.4

DKM004-MA





**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

# Rapport voor D-Geo Pipeline 20.1

Model : Horizontaal Gestuurde Boring  
Ontwikkeld door Deltares



Bedrijfsnaam: ATRON-Engineering BV

Datum van rapport: 7/15/2022  
Tijd van rapport: 7:30:10 AM  
Rapport met versie: 20.1.2.31161  
Berekend met versie: 20.1.2.31161

Bestandsnaam: DGeo-3587

Projectbeschrijving: 3587-0622-01-BT02  
4x 250mm PE100 SDR11  
Brandervoortse Dreef

# 1 Inhoudsopgave

1	Inhoudsopgave	2
2	Invoergegevens	4
2.1	Gebruikt Model	4
2.2	Laagscheidingen	4
2.3	PN-Lijnen	4
2.4	Freatische Lijn	4
2.5	Grondprofielen	4
2.6	Grenslagen	5
2.7	Grondeigenschappen	5
2.8	Geometrie	6
2.8.1	Geometrie Sectie, Detail	6
2.8.2	Geometrie Bovenaanzicht	7
2.9	Berekenings Verticalen	7
2.10	Verkeersbelasting	8
2.11	Configuratie van de Pijpleiding	8
2.12	Materiaalgegevens van de Leiding	8
2.13	Gegevens voor Leidingberekening	9
2.14	Boorvloeistof Gegevens	10
2.15	Factoren	10
2.16	Rekenopties	10
3	Boorvloeistofdrukken	11
3.1	Boorvloeistof Gegevens	11
3.2	Evenwicht tussen Waterdruk en Boorvloeistofdruk	13
3.3	Boorvloeistofdruk Grafieken	14
3.3.1	Boorvloeistofdrukken tijdens Pilotboring	14
3.3.2	Boorvloeistofdrukken tijdens Voorruimen	14
3.3.3	Boorvloeistofdrukken tijdens Ruim- en Intrekoperatie	15
4	Grondmechanische Data	16
4.1	Grondmechanische Parameters 250mm PE100 SDR11 (1): leiding no. 1	16
4.2	Grondmechanische Parameters 250mm PE100 SDR11 (2): leiding no. 2	17
4.3	Grondmechanische Parameters 250mm PE100 SDR11 (3): leiding no. 3	19
4.4	Grondmechanische Parameters 250mm PE100 SDR11 (4): leiding no. 4	20
4.5	Young's Modulus per Laag per Verticaal	22
5	Gegevens voor Sterkteberekening	25
5.1	Algemene Gegevens	25
5.2	Ballasten Leiding	25
5.3	Trekkrachtberekening	25
6	Sterkteberekening van 250mm PE100 SDR11 (1): leiding no. 1	27
6.1	Materiaalgegevens van 250mm PE100 SDR11 (1): leiding no. 1	27
6.2	Resultaten Sterkteberekening van 250mm PE100 SDR11 (1): leiding no. 1	27
6.2.1	Belasting Combinatie 1A: Begin Trekoperatie	27
6.2.2	Belasting Combinatie 1B: Einde Trekoperatie	28
6.2.3	Belasting Combinatie 2: Intern op Druk Brengen	28
6.2.4	Belasting Combinatie 3: Bedrijfstoestand in Drukloze Situatie	28
6.2.5	Belasting Combinatie 4: Bedrijfstoestand met Inwendige Druk	28
6.3	Controle van de Berekende Spanningen van 250mm PE100 SDR11 (1): leiding no. 1	29
6.4	Toetsing op Implosie van 250mm PE100 SDR11 (1): leiding no. 1	29
7	Sterkteberekening van 250mm PE100 SDR11 (2): leiding no. 2	30
7.1	Materiaalgegevens van 250mm PE100 SDR11 (2): leiding no. 2	30
7.2	Resultaten Sterkteberekening van 250mm PE100 SDR11 (2): leiding no. 2	30
7.2.1	Belasting Combinatie 1A: Begin Trekoperatie	30
7.2.2	Belasting Combinatie 1B: Einde Trekoperatie	31
7.2.3	Belasting Combinatie 2: Intern op Druk Brengen	31
7.2.4	Belasting Combinatie 3: Bedrijfstoestand in Drukloze Situatie	31
7.2.5	Belasting Combinatie 4: Bedrijfstoestand met Inwendige Druk	31
7.3	Controle van de Berekende Spanningen van 250mm PE100 SDR11 (2): leiding no. 2	32
7.4	Toetsing op Implosie van 250mm PE100 SDR11 (2): leiding no. 2	32
8	Sterkteberekening van 250mm PE100 SDR11 (3): leiding no. 3	34
8.1	Materiaalgegevens van 250mm PE100 SDR11 (3): leiding no. 3	34
8.2	Resultaten Sterkteberekening van 250mm PE100 SDR11 (3): leiding no. 3	34
8.2.1	Belasting Combinatie 1A: Begin Trekoperatie	34
8.2.2	Belasting Combinatie 1B: Einde Trekoperatie	35
8.2.3	Belasting Combinatie 2: Intern op Druk Brengen	35
8.2.4	Belasting Combinatie 3: Bedrijfstoestand in Drukloze Situatie	35

---

8.2.5 Belasting Combinatie 4: Bedrijfstoestand met Inwendige Druk	35
8.3 Controle van de Berekende Spanningen van 250mm PE100 SDR11 (3): leiding no. 3	36
8.4 Toetsing op Implosie van 250mm PE100 SDR11 (3): leiding no. 3	36
9 Sterkteberekening van 250mm PE100 SDR11 (4): leiding no. 4	37
9.1 Materiaalgegevens van 250mm PE100 SDR11 (4): leiding no. 4	37
9.2 Resultaten Sterkteberekening van 250mm PE100 SDR11 (4): leiding no. 4	37
9.2.1 Belasting Combinatie 1A: Begin Trekoperatie	37
9.2.2 Belasting Combinatie 1B: Einde Trekoperatie	38
9.2.3 Belasting Combinatie 2: Intern op Druk Brengen	38
9.2.4 Belasting Combinatie 3: Bedrijfstoestand in Drukloze Situatie	38
9.2.5 Belasting Combinatie 4: Bedrijfstoestand met Inwendige Druk	38
9.3 Controle van de Berekende Spanningen van 250mm PE100 SDR11 (4): leiding no. 4	39
9.4 Toetsing op Implosie van 250mm PE100 SDR11 (4): leiding no. 4	39

## 2 Invoergegevens

### 2.1 Gebruikt Model

Gebruikt Model : Horizontaal Gestuurde Boring

### 2.2 Laagscheidingen

Laagscheidingnummer	Coördinaten [m]				
6 - L -	-10.000	0.000	3.530	7.970	11.940
6 - Z -	18.900	18.900	18.910	18.880	18.890
6 - L -	15.900	23.680	27.650	33.450	41.280
6 - Z -	18.880	18.860	18.870	18.830	18.780
6 - L -	49.120	58.080	62.490	65.990	72.720
6 - Z -	18.840	18.810	18.730	18.660	18.740
6 - L -	75.080	76.130	77.080	79.830	81.000
6 - Z -	19.030	18.750	16.600	16.600	18.840
6 - L -	83.750	87.270	89.500	91.380	92.890
6 - Z -	18.590	18.560	18.610	17.950	18.720
6 - L -	94.520	95.630	98.420	99.340	106.590
6 - Z -	18.770	18.640	18.660	18.830	18.800
6 - L -	113.840	117.410	119.590	120.590	123.750
6 - Z -	18.720	18.700	18.720	18.970	18.990
6 - L -	127.880	130.330	132.720	133.670	137.510
6 - Z -	19.040	19.120	19.040	19.030	18.850
6 - L -	145.360	151.660	157.240	162.590	167.990
6 - Z -	18.820	18.800	18.850	18.940	18.940
6 - L -	180.250	185.970	191.330	197.150	207.000
6 - Z -	19.060	19.140	19.170	19.160	19.160
5 - L -	-10.000	207.000			
5 - Z -	15.640	15.520			
4 - L -	-10.000	207.000			
4 - Z -	12.970	13.130			
3 - L -	-10.000	207.000			
3 - Z -	8.845	12.291			
2 - L -	-10.000	207.000			
2 - Z -	6.860	8.850			
1 - L -	-10.000	207.000			
1 - Z -	5.348	7.713			
0 - L -	-10.000	207.000			
0 - Z -	3.500	3.500			

### 2.3 PN-Lijnen

PN-lijnummer	Coördinaten [m]				
1 - L -	-10.000	207.000			
1 - Z -	17.400	17.400			

### 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
6	Zand (fijn)	1	1
5	Zand (vast 1)	1	1
4	Zand matig	1	1
3	Zand (vast 1)	1	1
2	Zand matig	1	1
1	Zand (vast 1)	1	1



## 2.6 Grenslagen

De grens tussen (cohesieve) ongedraineerde toplagen en onderliggende (niet-cohesieve) gedraineerde lagen, ligt aan de bovenzijde van laag nummer 6: Zand (fijn)

De grens tussen compressibele toplagen en de onderliggende niet-compressibele lagen, ligt aan de bovenzijde van laag nummer 6: Zand (fijn)

## 2.7 Grondeigenschappen

Naam	Gamma onverz [kN/m <sup>3</sup> ]	Gamma verz [kN/m <sup>3</sup> ]	Cohesie [kN/m <sup>2</sup> ]	Phi [grad]	Su top [kN/m <sup>2</sup> ]	Su onder [kN/m <sup>2</sup> ]
Klei (slap)	14.00	14.00	0.00	17.50	25.00	25.00
Klei	17.00	17.00	5.00	17.50	50.00	50.00
Toplaag (zd, kl en l hou)	19.00	19.00	25.00	17.50	100.00	100.00
Veen	13.00	13.00	5.00	15.00	30.00	30.00
Zand (fijn)	17.00	19.00	0.00	30.00	0.00	0.00
Zand siltig	18.00	20.00	0.00	25.00	0.00	0.00
Zand (vast)	20.00	22.00	0.00	40.00	0.00	0.00
Zand zwak siltig	19.00	21.00	0.00	32.50	0.00	0.00
Klei zwak zandig	18.00	18.00	5.00	22.50	80.00	80.00
Zand matig	18.00	20.00	0.00	32.50	0.00	0.00
Leem	19.00	19.00	0.00	27.50	50.00	50.00
Zand zwak siltig (grind)	19.00	21.00	0.00	37.50	0.00	0.00
Zand, zwak siltig kleiig	19.00	21.00	0.00	32.50	0.00	0.00
Zand, matig kleiig (1)	18.00	20.00	0.00	30.00	0.00	0.00
Toplaag (zand)	19.00	21.00	0.00	35.00	0.00	0.00
Zand (vast 1)	20.00	22.00	0.00	35.00	0.00	0.00

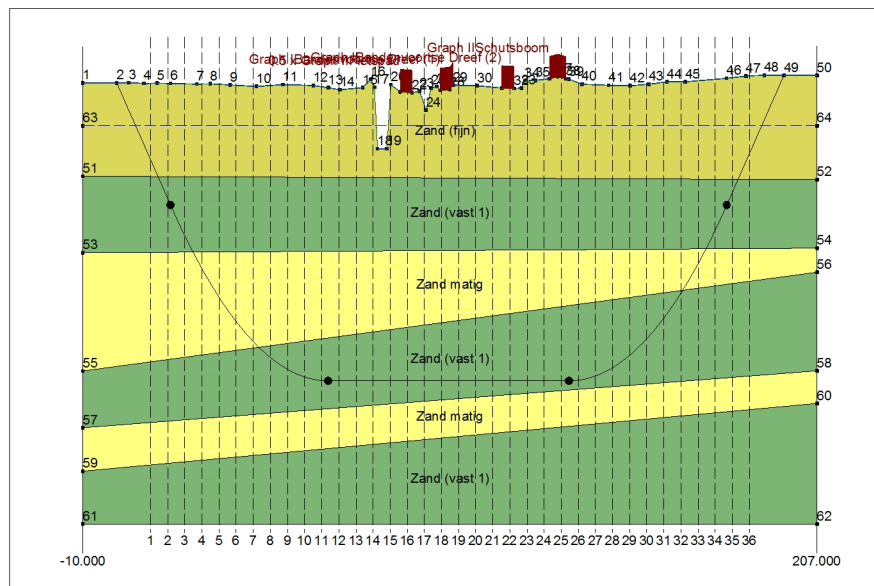
Naam	Grondtype	Emod 100 [kN/m <sup>2</sup> ]	Emod top [kN/m <sup>2</sup> ]	Emod onder [kN/m <sup>2</sup> ]
Klei (slap)	-	-	1000.00	1000.00
Klei	-	-	2000.00	2000.00
Toplaag (zd, kl en l hou)	-	-	4000.00	4000.00
Veen	-	-	1000.00	1000.00
Zand (fijn)	-	-	15000.00	15000.00
Zand siltig	-	-	50000.00	50000.00
Zand (vast)	-	-	110000.00	110000.00
Zand zwak siltig	-	-	35000.00	35000.00
Klei zwak zandig	-	-	2000.00	2000.00
Zand matig	-	-	45000.00	45000.00
Leem	-	-	3000.00	3000.00
Zand zwak siltig (grind)	-	-	90000.00	90000.00
Zand, zwak siltig kleiig	-	-	50000.00	50000.00
Zand, matig kleiig (1)	-	-	30000.00	30000.00
Toplaag (zand)	-	-	50000.00	50000.00
Zand (vast 1)	-	-	75000.00	75000.00

Naam	Adhesie A [kN/m <sup>2</sup> ]	Delta D [grad]	Nu [-]
Klei (slap)	-	-	0.45
Klei	-	-	0.45
Toplaag (zd, kl en l hou)	-	-	0.45
Veen	-	-	0.40
Zand (fijn)	-	-	0.30
Zand siltig	-	-	0.30
Zand (vast)	-	-	0.30
Zand zwak siltig	-	-	0.30
Klei zwak zandig	-	-	0.45
Zand matig	-	-	0.30
Leem	-	-	0.35
Zand zwak siltig (grind)	-	-	0.30
Zand, zwak siltig kleiig	-	-	0.30
Zand, matig kleiig (1)	-	-	0.30

Naam	Adhesie A [kN/m <sup>2</sup> ]	Delta D [grad]	Nu [-]
Toplaag (zand)	-	-	0.30
Zand (vast 1)	-	-	0.30

## 2.8 Geometrie

### 2.8.1 Geometrie Sectie, Detail



**2.8.2 Geometrie Bovenanzicht**
**2.9 Berekenings Verticalen**

Verticaal nr.	L-coörd. [m]	Z-coörd. [m]
1	10.000	16.221
2	15.057	14.865
3	20.114	13.564
4	25.171	12.416
5	30.228	11.419
6	35.285	10.571
7	40.342	9.870
8	45.399	9.315
9	50.456	8.904
10	55.513	8.636
11	60.570	8.510
12	65.627	8.500
13	70.684	8.500
14	75.741	8.500
15	80.798	8.500
16	85.855	8.500
17	90.912	8.500
18	95.969	8.500
19	101.026	8.500
20	106.083	8.500
21	111.140	8.500
22	116.197	8.500
23	121.254	8.500
24	126.311	8.500
25	131.368	8.500
26	136.425	8.521
27	141.482	8.670
28	146.539	8.961
29	151.596	9.395
30	156.653	9.973
31	161.710	10.698

Verticaal nr.	L-coörd. [m]	Z-coörd. [m]
32	166.767	11.569
33	171.824	12.590
34	176.881	13.764
35	181.938	15.084
36	186.995	16.439

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

## 2.10 Verkeersbelasting

### Bandenvoortse Dreef (1)

L begin	95.63	[m]
L einde	99.34	[m]
Belastingsmodel (grafiektype)	Graph I	

### Bandenvoortse Dreef (2)

L begin	113.84	[m]
L einde	117.41	[m]
Belastingsmodel (grafiektype)	Graph I	

### Schutsboom

L begin	127.88	[m]
L einde	132.67	[m]
Belastingsmodel (grafiektype)	Graph II	

### Fietspad

L begin	83.75	[m]
L einde	87.27	[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	18.900	[m]
X coördinaat rechter punt	197.150	[m]
Y coördinaat rechter punt	0.000	[m]
Z coördinaat rechter punt	19.160	[m]
Hoek links	15.0000	[grd]
Hoek rechts	15.0000	[grd]
Kromtestraal links, verticaal in/uit	180.000	[m]
Kromtestraal rechts, verticaal in/uit	180.000	[m]
Kromtestraal rollenbaan (intrekboog)	100.000	[m]
Diepste punt van de pijpleiding (hart boortracé)	8.500	[m]
Hoek van de pijpleiding (tussen de stralen)	0.0000	[grd]
Aantal horizontale bochten:	0	

De pijpleiding wordt van rechts naar links ingetrokken.

## 2.12 Materiaalgegevens van de Leiding

### Invoergegevens leiding no. 1

Materiaal	Polyetheen	
Kwaliteit	PE100	
Elasticiteitsmodulus (kort)	975.00	[N/mm <sup>2</sup> ]
Elasticiteitsmodulus (lang)	350.00	[N/mm <sup>2</sup> ]
Toelaatbare spanning (kort)	10.00	[N/mm <sup>2</sup> ]
Toelaatbare spanning (lang)	8.00	[N/mm <sup>2</sup> ]
Tensile factor (alfa)	0.65	[-]
Lineaire uitzettingscoëff. (alfa_g)	0.0001600	[mm/mmK]
Uitwendige diameter leiding	250.00	[mm]
Wanddikte (Nominiaal)	22.80	[mm]

Volumegewicht leidingmateriaal	9.54	[kN/m <sup>3</sup> ]
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/mm <sup>2</sup> ]
Elasticiteitsmodulus (lang)	350.00	[N/mm <sup>2</sup> ]
Toelaatbare spanning (kort)	10.00	[N/mm <sup>2</sup> ]
Toelaatbare spanning (lang)	8.00	[N/mm <sup>2</sup> ]
Tensile factor (alfa)	0.65	[-]
Lineaire uitzettingscoëff. (alfa_g)	0.0001600	[mm/mmK]
Uitwendige diameter leiding	250.00	[mm]
Wanddikte (Nominaal)	22.80	[mm]
Volumegewicht leidingmateriaal	9.54	[kN/m <sup>3</sup> ]
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/mm <sup>2</sup> ]
Elasticiteitsmodulus (lang)	350.00	[N/mm <sup>2</sup> ]
Toelaatbare spanning (kort)	10.00	[N/mm <sup>2</sup> ]
Toelaatbare spanning (lang)	8.00	[N/mm <sup>2</sup> ]
Tensile factor (alfa)	0.65	[-]
Lineaire uitzettingscoëff. (alfa_g)	0.0001600	[mm/mmK]
Uitwendige diameter leiding	250.00	[mm]
Wanddikte (Nominaal)	22.80	[mm]
Volumegewicht leidingmateriaal	9.54	[kN/m <sup>3</sup> ]
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/mm <sup>2</sup> ]
Elasticiteitsmodulus (lang)	350.00	[N/mm <sup>2</sup> ]
Toelaatbare spanning (kort)	10.00	[N/mm <sup>2</sup> ]
Toelaatbare spanning (lang)	8.00	[N/mm <sup>2</sup> ]
Tensile factor (alfa)	0.65	[-]
Lineaire uitzettingscoëff. (alfa_g)	0.0001600	[mm/mmK]
Uitwendige diameter leiding	250.00	[mm]
Wanddikte (Nominaal)	22.80	[mm]
Volumegewicht leidingmateriaal	9.54	[kN/m <sup>3</sup> ]
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 rollen	Nee	
Percentage leiding gevuld met vloeistof	0	[%]
Volume gewicht vloeistof	10.00	[kN/m <sup>3</sup> ]
Opleghoek	30	[grd]
Belastingshoek	30	[grd]
Relatieve verplaatsing	10.00	[mm]
Samendrukkingsconstante	6.00	[-]
Beddingsconstante boorvloeistof (Kv)	500.00	[kN/m <sup>3</sup> ]
Hoek van inwendige wrijving boorvloeistof	15.00	[grd]
Cohesie boorvloeistof	5.00	[kN/m <sup>2</sup> ]
Wrijvingsfactor leiding-rollenbaan (f1)	0.10	[-]



Wrijvingscoëfficiënt leiding-boorvloeistof (f2)	0.000050	[N/mm <sup>2</sup> ]
Wrijvingsfactor leiding-grond (f3)	0.20	[-]

## 2.14 Boorvloeistof Gegevens

Uitwendige diameter boorgat pilotboring	0.300	[m]
Uitwendige diameter pilotbuis	0.129	[m]
Uitwendige diameter boorgat voorruimen	0.600	[m]
Uitwendige diameter buis voorruimen	0.129	[m]
Uitwendige diameter uiteindelijke boorgat	0.790	[m]
Uitwendige diameter leiding	0.500	[m]
Debiet tijdens pilotboring	1000.0000	[liter/minuut]
Debiet tijdens voorruimen	800.0000	[liter/minuut]
Debiet tijdens intrekken	600.0000	[liter/minuut]
Factor debietverlies tijdens pilotboring	0.30	[-]
Factor debietverlies tijdens voorruimen	0.20	[-]
Factor debietverlies tijdens intrekken	0.20	[-]
Volumegegewicht boorvloeistof	11.1	[kN/m <sup>3</sup> ]
Zwichtspanning boorvloeistof	0.013	[kN/m <sup>2</sup> ]
Viscositeit boorvloeistof	0.000090	[kN.s/m <sup>2</sup> ]

## 2.15 Factoren

(Polyetheen)Veiligheidsfactor implosie (Lang)	3.0	[-]
(Polyetheen)Veiligheidsfactor implosie (Kort)	1.5	[-]
Onzekerheidsfactor volumegegewicht		
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. neut. grondspan. q <sub>n;r</sub> (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	8.00	[%]
Toelaat. deflectie polyetheen leiding bij inspectie ('piggability')	5.00	[%]
Volumegegewicht water	10.00	[kN/m <sup>3</sup> ]
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/m <sup>2</sup> ]			
	Max, deformatie	Max, gronddruk	Min, links	Min, rechts
1	124	147	34	107
2	282	322	51	120
3	360	497	67	133
4	355	571	82	143
5	377	644	95	152
6	402	708	107	160
7	423	759	117	166
8	505	921	125	170
9	542	1003	131	172
10	557	1038	136	173
11	562	1048	140	173
12	559	1039	142	171
13	562	1047	144	169
14	569	1066	146	167
15	552	1017	148	165
16	558	1034	150	163
17	538	977	152	161
18	562	1046	154	159
19	571	1070	156	157
20	571	1069	158	155
21	569	1063	160	153
22	568	1059	162	151
23	580	1094	164	149
24	583	1101	166	147
25	586	1110	168	145
26	578	1086	170	143
27	569	1063	170	139
28	556	1030	169	134
29	537	980	166	127
30	513	919	161	118
31	480	839	155	108
32	378	645	148	97
33	355	568	138	83
34	357	492	127	68
35	264	312	115	51
36	127	155	102	34

Verticaal nr.	Boorvloeistofdrukken voorruimen [kN/m <sup>2</sup> ]			
	Max, deformatie	Max, gronddruk	Min, links	Min, rechts
1	103	103	31	34
2	210	210	47	51
3	340	340	62	67
4	371	434	75	82
5	381	505	87	95
6	404	571	97	107
7	424	625	105	117
8	471	706	112	125
9	528	794	117	131
10	547	832	121	134
11	554	844	123	134
12	551	835	123	134
13	555	843	124	133
14	562	862	124	133
15	546	813	125	132
16	552	829	126	132
17	533	772	126	131

Verticaal nr.	Boorvloeistofdrukken voorruimen [kN/m <sup>2</sup> ]			
	Max, deformatie	Max, gronddruk	Min, links	Min, rechts
18	557	841	127	130
19	566	866	127	130
20	566	865	128	129
21	564	859	129	129
22	563	855	129	128
23	576	891	130	127
24	578	898	130	127
25	582	908	131	126
26	574	883	131	125
27	565	858	130	123
28	552	823	128	119
29	532	772	124	114
30	506	710	118	107
31	468	630	108	98
32	382	503	97	88
33	373	431	83	76
34	335	335	68	62
35	200	200	51	47
36	108	108	34	31

Verticaal nr.	Boorvloeistofdrukken intrekken [kN/m <sup>2</sup> ]			
	Max, deformatie	Max, gronddruk	Min, links	Min, rechts
1	89	89	32	31
2	177	177	48	47
3	289	289	63	62
4	380	380	77	75
5	384	445	89	87
6	405	507	99	97
7	425	559	108	105
8	448	612	115	112
9	518	698	121	117
10	541	734	125	121
11	548	745	127	123
12	546	737	128	123
13	550	745	129	124
14	558	763	130	124
15	542	717	131	125
16	548	732	132	126
17	529	679	131	126
18	554	744	130	127
19	562	767	130	127
20	563	766	129	128
21	561	761	129	129
22	560	757	128	129
23	573	790	127	130
24	576	797	127	130
25	579	806	126	131
26	571	783	125	130
27	563	759	123	127
28	549	726	119	123
29	529	677	114	117
30	502	619	107	110
31	460	546	98	101
32	384	442	88	90
33	378	378	76	78
34	284	284	62	64
35	166	166	47	48
36	92	92	31	32

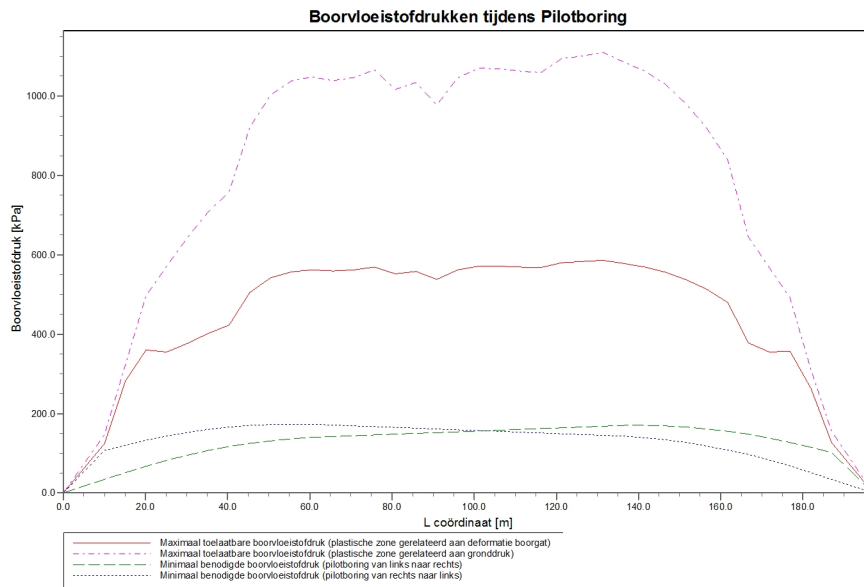
**3.2 Evenwicht tussen Waterdruk en Boorvloeistofdruk**

Verticaal nr.	Hydrostatische kolomdruk			Resultaat
	Boorvloeistof [kN/m <sup>2</sup> ]	Water [kN/m <sup>2</sup> ]	Veiligheidsfactor [-]	
1	30	12	2.52	voldoet
2	45	25	1.77	voldoet
3	59	38	1.55	voldoet
4	72	50	1.45	voldoet
5	83	60	1.39	voldoet
6	93	68	1.36	voldoet
7	101	75	1.34	voldoet
8	107	81	1.32	voldoet
9	112	85	1.31	voldoet
10	115	88	1.31	voldoet
11	116	89	1.31	voldoet
12	116	89	1.31	voldoet
13	116	89	1.31	voldoet
14	116	89	1.31	voldoet
15	117	89	1.31	voldoet
16	117	89	1.31	voldoet
17	117	89	1.31	voldoet
18	117	89	1.31	voldoet
19	117	89	1.31	voldoet
20	117	89	1.31	voldoet
21	117	89	1.32	voldoet
22	117	89	1.32	voldoet
23	117	89	1.32	voldoet
24	117	89	1.32	voldoet
25	117	89	1.32	voldoet
26	117	89	1.32	voldoet
27	116	87	1.33	voldoet
28	113	84	1.33	voldoet
29	108	80	1.35	voldoet
30	102	74	1.37	voldoet
31	94	67	1.40	voldoet
32	84	58	1.44	voldoet
33	73	48	1.51	voldoet
34	60	36	1.65	voldoet
35	45	23	1.95	voldoet
36	30	10	3.14	voldoet

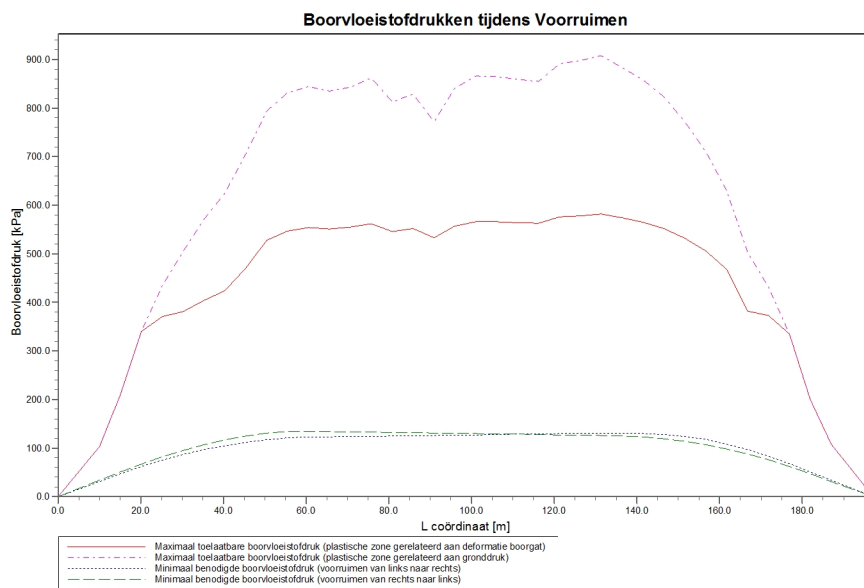
De statische boorvloeistofdruk is berekend en kan worden vergeleken met de berekende grondwater druk. De veiligheids factor wordt bepaald door de verhouding van boorvloeistofdruk en grondwater druk. Deze moet hoger zijn dan de vereiste veiligheidsfactor van 1.10

### 3.3 Boorvloeistofdruk Grafieken

#### 3.3.1 Boorvloeistofdrukken tijdens Pilotboring

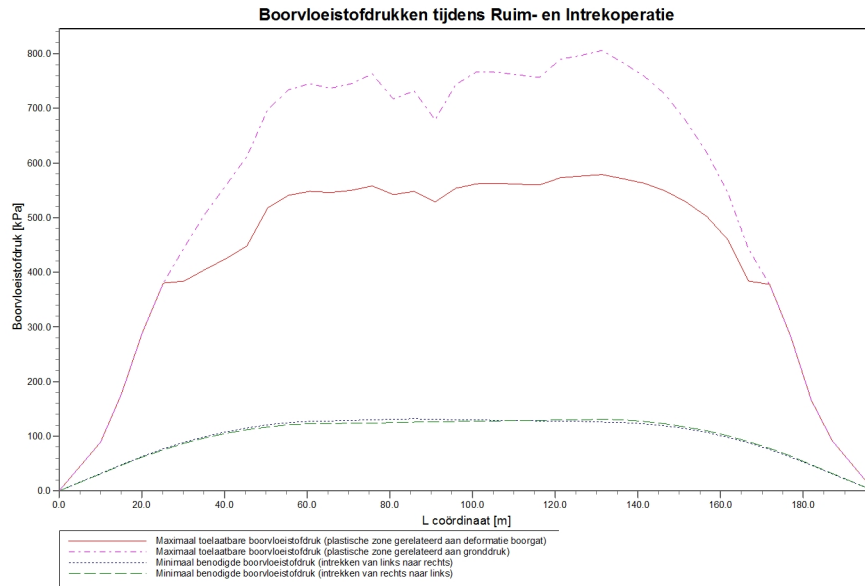


#### 3.3.2 Boorvloeistofdrukken tijdens Voorruimen





### 3.3.3 Boorvloeistofdrukken tijdens Ruim- en Intrekoperatie



## 4 Grondmechanische Data

### 4.1 Grondmechanische Parameters 250mm PE100 SDR11 (1): leiding no. 1

De volgende gegevens en uitgangspunten zijn gehanteerd voor de sterkteberekening:

Merk op: veiligheidsfactoren niet toegepast.

q <sub>v;p</sub>	Passieve grondspanning	kN/m <sup>2</sup>
q <sub>v;n</sub>	Neutrale grondspanning	kN/m <sup>2</sup>
q <sub>h;n</sub>	Neutrale horizontale grondspanning	kN/m <sup>2</sup>
q <sub>v;r;n</sub>	Gereduceerde neutrale grondspanning	kN/m <sup>2</sup>
q <sub>verkeer</sub>	Verkeersbelasting	kN/m <sup>2</sup>
q <sub>v;e</sub>	Verticaal evenwichtsdraagvermogen	kN/m <sup>2</sup>
q <sub>h;e</sub>	Horizontaal evenwichtsdraagvermogen	kN/m <sup>2</sup>
k <sub>v;bot</sub>	Verticaal beddingsgetal omlaag	kN/m <sup>3</sup>
k <sub>v;top</sub>	Verticaal beddingsgetal omhoog	kN/m <sup>3</sup>
k <sub>h</sub>	Horizontaal beddinggetal	kN/m <sup>3</sup>
t <sub>max</sub>	Maximale wrijving leiding-boorvloeistof	kN/m <sup>2</sup>
d <sub>max</sub>	Corresponderende verplaatsing bij mobilisatie maximale wrijving	mm

Verticaal nr.	q <sub>v;p</sub> [kN/m <sup>2</sup> ]	q <sub>v;n</sub> [kN/m <sup>2</sup> ]	q <sub>h;n</sub> [kN/m <sup>2</sup> ]	q <sub>v;r;n</sub> [kN/m <sup>2</sup> ]	q <sub>verkeer</sub> [kN/m <sup>2</sup> ]	q <sub>v;e</sub> [kN/m <sup>2</sup> ]
1	141	35	26	35	0	930
2	278	49	12	16	0	2318
3	465	64	12	16	0	2958
4	663	77	12	16	0	2719
5	829	87	12	16	0	3063
6	887	95	12	16	0	3341
7	931	101	11	15	0	4535
8	1246	108	11	15	0	5074
9	1291	113	11	15	0	5331
10	1317	116	11	15	0	5475
11	1323	117	11	15	0	5509
12	1312	116	11	15	0	5444
13	1319	117	11	15	0	5490
14	1339	119	12	16	0	5606
15	1286	113	11	15	0	5295
16	1303	115	11	15	1	5396
17	1241	107	11	15	0	5039
18	1315	116	11	15	5	5465
19	1340	119	12	16	0	5615
20	1338	119	12	16	0	5475
21	1332	119	12	16	0	5190
22	1328	118	12	16	5	4962
23	1364	123	12	16	0	5040
24	1371	124	12	16	0	4961
25	1381	125	12	16	1	4894
26	1356	122	12	16	0	4711
27	1334	119	12	16	0	4844
28	1304	115	12	16	0	5412
29	1259	110	12	16	0	5162
30	1192	104	12	16	0	4879
31	1035	97	12	16	0	4542
32	839	87	12	16	0	4072
33	655	77	12	16	0	2710
34	462	64	12	16	0	3040
35	280	50	12	16	0	2342
36	153	37	28	37	0	995

Verticaal nr.	q <sub>h;e</sub> [kN/m <sup>2</sup> ]	k <sub>v;bot</sub> [kN/m <sup>3</sup> ]	k <sub>v;top</sub> [kN/m <sup>3</sup> ]	k <sub>h</sub> [kN/m <sup>3</sup> ]	t <sub>max</sub> [kN/m <sup>2</sup> ]	d <sub>max</sub> [mm]
1	244	148332	37356	103833	0.05	7.5
2	579	219547	126420	153683	0.05	7.5
3	791	158092	219547	110665	0.05	7.5
4	752	124854	184439	87398	0.05	7.5

Verticaal nr.	q <sub>h;e</sub> [kN/m <sup>2</sup> ]	k <sub>v;bot</sub> [kN/m <sup>3</sup> ]	k <sub>v;top</sub> [kN/m <sup>3</sup> ]	k <sub>h</sub> [kN/m <sup>3</sup> ]	t <sub>max</sub> [kN/m <sup>2</sup> ]	d <sub>max</sub> [mm]
5	829	124854	124854	87398	0.05	7.5
6	887	152174	124854	106522	0.05	7.5
7	931	211713	124854	148199	0.05	7.5
8	1246	219547	145918	153683	0.05	7.5
9	1291	219547	183014	153683	0.05	7.5
10	1317	204074	209794	142852	0.05	7.5
11	1323	190844	219547	133591	0.05	7.5
12	1312	186492	219547	130545	0.05	7.5
13	1319	182949	219547	128065	0.05	7.5
14	1339	179413	219547	125589	0.05	7.5
15	1286	175884	219547	123119	0.05	7.5
16	1303	172362	219547	120653	0.05	7.5
17	1241	168847	219547	118193	0.05	7.5
18	1315	165340	219547	115738	0.05	7.5
19	1340	161840	219547	113288	0.05	7.5
20	1338	158348	219547	110844	0.05	7.5
21	1332	154864	219547	108405	0.05	7.5
22	1328	151388	219547	105971	0.05	7.5
23	1364	147919	219547	103543	0.05	7.5
24	1371	144459	219547	101121	0.05	7.5
25	1381	141007	219547	98705	0.05	7.5
26	1356	139130	219547	97391	0.05	7.5
27	1334	146736	219547	102715	0.05	7.5
28	1304	165110	219547	115577	0.05	7.5
29	1259	194661	219547	136262	0.05	7.5
30	1207	219547	219547	153683	0.05	7.5
31	1142	219547	180974	153683	0.05	7.5
32	1045	219547	124854	153683	0.05	7.5
33	749	163361	189544	114353	0.05	7.5
34	790	164424	219547	115097	0.05	7.5
35	583	219547	81633	153683	0.05	7.5
36	259	101885	37356	71320	0.05	7.5

Maximale grondspanning	:	q <sub>v;n</sub> ;max = 125 kN/m <sup>2</sup>
Maximale gereduceerde grondspanning (incl. verkeersbelastingen)	:	q <sub>verkeer</sub> ;max = 37 kN/m <sup>2</sup>
Maximale gereduceerde grondspanning	:	q <sub>v;r;n</sub> ;max = 37 kN/m <sup>2</sup>
Maximale verticale beddingsconstante (zonder veiligheidsfactor)		
alleen voor verticalen in diepe situatie	:	k <sub>v</sub> ;max = 219547 kN/m <sup>3</sup>
Maximale verticale beddingsconstante (veiligheidsfactor toegepast)		
alleen voor verticalen in diepe situatie	:	k <sub>v</sub> ;max = 439095 kN/m <sup>3</sup>

#### 4.2 Grondmechanische Parameters 250mm PE100 SDR11 (2): leiding no. 2

De volgende gegevens en uitgangspunten zijn gehanteerd voor de sterkteberekening:

Merk op: veiligheidsfactoren niet toegepast.

q <sub>v;p</sub>	Passieve grondspanning	kN/m <sup>2</sup>
q <sub>v;n</sub>	Neutrale grondspanning	kN/m <sup>2</sup>
q <sub>h;n</sub>	Neutrale horizontale grondspanning	kN/m <sup>2</sup>
q <sub>v;r;n</sub>	Gereduceerde neutrale grondspanning	kN/m <sup>2</sup>
q <sub>verkeer</sub>	Verkeersbelasting	kN/m <sup>2</sup>
q <sub>v;e</sub>	Verticaal evenwichtsdraagvermogen	kN/m <sup>2</sup>
q <sub>h;e</sub>	Horizontaal evenwichtsdraagvermogen	kN/m <sup>2</sup>
k <sub>v;bot</sub>	Verticaal beddingsgetal omlaag	kN/m <sup>3</sup>
k <sub>v;top</sub>	Verticaal beddingsgetal omhoog	kN/m <sup>3</sup>
k <sub>h</sub>	Horizontaal beddinggetal	kN/m <sup>3</sup>
t <sub>max</sub>	Maximale wrijving leiding-boorvloeistof	kN/m <sup>2</sup>
d <sub>max</sub>	Corresponderende verplaatsing bij mobilisatie maximale wrijving	mm

Verticaal nr.	q <sub>v;p</sub> [kN/m <sup>2</sup> ]	q <sub>v;n</sub> [kN/m <sup>2</sup> ]	q <sub>h;n</sub> [kN/m <sup>2</sup> ]	q <sub>v;r;n</sub> [kN/m <sup>2</sup> ]	q <sub>verkeer</sub> [kN/m <sup>2</sup> ]	q <sub>v;e</sub> [kN/m <sup>2</sup> ]
1	141	35	26	35	0	930
2	278	49	12	16	0	2318
3	465	64	12	16	0	2958

Verticaal nr.	q_v;p [kN/m <sup>2</sup> ]	q_v;n [kN/m <sup>2</sup> ]	q_h;n [kN/m <sup>2</sup> ]	q_v;r;n [kN/m <sup>2</sup> ]	q_verkeer [kN/m <sup>2</sup> ]	q_v;e [kN/m <sup>2</sup> ]
4	663	77	12	16	0	2719
5	829	87	12	16	0	3063
6	887	95	12	16	0	3341
7	931	101	11	15	0	4535
8	1246	108	11	15	0	5074
9	1291	113	11	15	0	5331
10	1317	116	11	15	0	5475
11	1323	117	11	15	0	5509
12	1312	116	11	15	0	5444
13	1319	117	11	15	0	5490
14	1339	119	12	16	0	5606
15	1286	113	11	15	0	5295
16	1303	115	11	15	1	5396
17	1241	107	11	15	0	5039
18	1315	116	11	15	5	5465
19	1340	119	12	16	0	5615
20	1338	119	12	16	0	5475
21	1332	119	12	16	0	5190
22	1328	118	12	16	5	4962
23	1364	123	12	16	0	5040
24	1371	124	12	16	0	4961
25	1381	125	12	16	1	4894
26	1356	122	12	16	0	4711
27	1334	119	12	16	0	4844
28	1304	115	12	16	0	5412
29	1259	110	12	16	0	5162
30	1192	104	12	16	0	4879
31	1035	97	12	16	0	4542
32	839	87	12	16	0	4072
33	655	77	12	16	0	2710
34	462	64	12	16	0	3040
35	280	50	12	16	0	2342
36	153	37	28	37	0	995

Verticaal nr.	q_h;e [kN/m <sup>2</sup> ]	k_v;bot [kN/m <sup>3</sup> ]	k_v;top [kN/m <sup>3</sup> ]	k_h [kN/m <sup>3</sup> ]	t_max [kN/m <sup>2</sup> ]	d_max [mm]
1	244	148332	37356	103833	0.05	7.5
2	579	219547	126420	153683	0.05	7.5
3	791	158092	219547	110665	0.05	7.5
4	752	124854	184439	87398	0.05	7.5
5	829	124854	124854	87398	0.05	7.5
6	887	152174	124854	106522	0.05	7.5
7	931	211713	124854	148199	0.05	7.5
8	1246	219547	145918	153683	0.05	7.5
9	1291	219547	183014	153683	0.05	7.5
10	1317	204074	209794	142852	0.05	7.5
11	1323	190844	219547	133591	0.05	7.5
12	1312	186492	219547	130545	0.05	7.5
13	1319	182949	219547	128065	0.05	7.5
14	1339	179413	219547	125589	0.05	7.5
15	1286	175884	219547	123119	0.05	7.5
16	1303	172362	219547	120653	0.05	7.5
17	1241	168847	219547	118193	0.05	7.5
18	1315	165340	219547	115738	0.05	7.5
19	1340	161840	219547	113288	0.05	7.5
20	1338	158348	219547	110844	0.05	7.5
21	1332	154864	219547	108405	0.05	7.5
22	1328	151388	219547	105971	0.05	7.5
23	1364	147919	219547	103543	0.05	7.5
24	1371	144459	219547	101121	0.05	7.5
25	1381	141007	219547	98705	0.05	7.5
26	1356	139130	219547	97391	0.05	7.5
27	1334	146736	219547	102715	0.05	7.5
28	1304	165110	219547	115577	0.05	7.5
29	1259	194661	219547	136262	0.05	7.5

Verticaal nr.	q <sub>h;e</sub> [kN/m <sup>2</sup> ]	k <sub>v;bot</sub> [kN/m <sup>3</sup> ]	k <sub>v;top</sub> [kN/m <sup>3</sup> ]	k <sub>h</sub> [kN/m <sup>3</sup> ]	t <sub>max</sub> [kN/m <sup>2</sup> ]	d <sub>max</sub> [mm]
30	1207	219547	219547	153683	0.05	7.5
31	1142	219547	180974	153683	0.05	7.5
32	1045	219547	124854	153683	0.05	7.5
33	749	163361	189544	114353	0.05	7.5
34	790	164424	219547	115097	0.05	7.5
35	583	219547	81633	153683	0.05	7.5
36	259	101885	37356	71320	0.05	7.5

Maximale grondspanning	:	q <sub>v;n;max</sub> = 125 kN/m <sup>2</sup>
Maximale gereduceerde grondspanning (incl. verkeersbelastingen)	:	q <sub>verkeer;max</sub> = 37 kN/m <sup>2</sup>
Maximale gereduceerde grondspanning	:	q <sub>v;r;n;max</sub> = 37 kN/m <sup>2</sup>
Maximale verticale beddingsconstante (zonder veiligheidsfactor)	:	
alleen voor verticalen in diepe situatie	:	k <sub>v;max</sub> = 219547 kN/m <sup>3</sup>
Maximale verticale beddingsconstante (veiligheidsfactor toegepast)	:	
alleen voor verticalen in diepe situatie	:	k <sub>v;max</sub> = 439095 kN/m <sup>3</sup>

### 4.3 Grondmechanische Parameters 250mm PE100 SDR11 (3): leiding no. 3

De volgende gegevens en uitgangspunten zijn gehanteerd voor de sterkteberekening:

Merk op: veiligheidsfactoren niet toegepast.

q <sub>v;p</sub>	Passieve grondspanning	kN/m <sup>2</sup>
q <sub>v;n</sub>	Neutrale grondspanning	kN/m <sup>2</sup>
q <sub>h;n</sub>	Neutrale horizontale grondspanning	kN/m <sup>2</sup>
q <sub>v;r;n</sub>	Gereduceerde neutrale grondspanning	kN/m <sup>2</sup>
q <sub>verkeer</sub>	Verkeersbelasting	kN/m <sup>2</sup>
q <sub>v;e</sub>	Verticaal evenwichtsdraagvermogen	kN/m <sup>2</sup>
q <sub>h;e</sub>	Horizontaal evenwichtsdraagvermogen	kN/m <sup>2</sup>
k <sub>v;bot</sub>	Verticaal beddingsgetal omlaag	kN/m <sup>3</sup>
k <sub>v;top</sub>	Verticaal beddingsgetal omhoog	kN/m <sup>3</sup>
k <sub>h</sub>	Horizontaal beddinggetal	kN/m <sup>3</sup>
t <sub>max</sub>	Maximale wrijving leiding-boorvloeistof	kN/m <sup>2</sup>
d <sub>max</sub>	Corresponderende verplaatsing bij mobilisatie maximale wrijving	mm

Verticaal nr.	q <sub>v;p</sub> [kN/m <sup>2</sup> ]	q <sub>v;n</sub> [kN/m <sup>2</sup> ]	q <sub>h;n</sub> [kN/m <sup>2</sup> ]	q <sub>v;r;n</sub> [kN/m <sup>2</sup> ]	q <sub>verkeer</sub> [kN/m <sup>2</sup> ]	q <sub>v;e</sub> [kN/m <sup>2</sup> ]
1	141	35	26	35	0	930
2	278	49	12	16	0	2318
3	465	64	12	16	0	2958
4	663	77	12	16	0	2719
5	829	87	12	16	0	3063
6	887	95	12	16	0	3341
7	931	101	11	15	0	4535
8	1246	108	11	15	0	5074
9	1291	113	11	15	0	5331
10	1317	116	11	15	0	5475
11	1323	117	11	15	0	5509
12	1312	116	11	15	0	5444
13	1319	117	11	15	0	5490
14	1339	119	12	16	0	5606
15	1286	113	11	15	0	5295
16	1303	115	11	15	1	5396
17	1241	107	11	15	0	5039
18	1315	116	11	15	5	5465
19	1340	119	12	16	0	5615
20	1338	119	12	16	0	5475
21	1332	119	12	16	0	5190
22	1328	118	12	16	5	4962
23	1364	123	12	16	0	5040
24	1371	124	12	16	0	4961
25	1381	125	12	16	1	4894
26	1356	122	12	16	0	4711
27	1334	119	12	16	0	4844
28	1304	115	12	16	0	5412



Verticaal nr.	q_v;p [kN/m <sup>2</sup> ]	q_v;n [kN/m <sup>2</sup> ]	q_h;n [kN/m <sup>2</sup> ]	q_v;r;n [kN/m <sup>2</sup> ]	q_verkeer [kN/m <sup>2</sup> ]	q_v;e [kN/m <sup>2</sup> ]
29	1259	110	12	16	0	5162
30	1192	104	12	16	0	4879
31	1035	97	12	16	0	4542
32	839	87	12	16	0	4072
33	655	77	12	16	0	2710
34	462	64	12	16	0	3040
35	280	50	12	16	0	2342
36	153	37	28	37	0	995

Verticaal nr.	q_h;e [kN/m <sup>2</sup> ]	k_v;bot [kN/m <sup>3</sup> ]	k_v;top [kN/m <sup>3</sup> ]	k_h [kN/m <sup>3</sup> ]	t_max [kN/m <sup>2</sup> ]	d_max [mm]
1	244	148332	37356	103833	0.05	7.5
2	579	219547	126420	153683	0.05	7.5
3	791	158092	219547	110665	0.05	7.5
4	752	124854	184439	87398	0.05	7.5
5	829	124854	124854	87398	0.05	7.5
6	887	152174	124854	106522	0.05	7.5
7	931	211713	124854	148199	0.05	7.5
8	1246	219547	145918	153683	0.05	7.5
9	1291	219547	183014	153683	0.05	7.5
10	1317	204074	209794	142852	0.05	7.5
11	1323	190844	219547	133591	0.05	7.5
12	1312	186492	219547	130545	0.05	7.5
13	1319	182949	219547	128065	0.05	7.5
14	1339	179413	219547	125589	0.05	7.5
15	1286	175884	219547	123119	0.05	7.5
16	1303	172362	219547	120653	0.05	7.5
17	1241	168847	219547	118193	0.05	7.5
18	1315	165340	219547	115738	0.05	7.5
19	1340	161840	219547	113288	0.05	7.5
20	1338	158348	219547	110844	0.05	7.5
21	1332	154864	219547	108405	0.05	7.5
22	1328	151388	219547	105971	0.05	7.5
23	1364	147919	219547	103543	0.05	7.5
24	1371	144459	219547	101121	0.05	7.5
25	1381	141007	219547	98705	0.05	7.5
26	1356	139130	219547	97391	0.05	7.5
27	1334	146736	219547	102715	0.05	7.5
28	1304	165110	219547	115577	0.05	7.5
29	1259	194661	219547	136262	0.05	7.5
30	1207	219547	219547	153683	0.05	7.5
31	1142	219547	180974	153683	0.05	7.5
32	1045	219547	124854	153683	0.05	7.5
33	749	163361	189544	114353	0.05	7.5
34	790	164424	219547	115097	0.05	7.5
35	583	219547	81633	153683	0.05	7.5
36	259	101885	37356	71320	0.05	7.5

Maximale grondspanning	:	q_v;n;max = 125 kN/m <sup>2</sup>
Maximale gereduceerde grondspanning (incl. verkeersbelastingen)	:	q_verkeer;max = 37 kN/m <sup>2</sup>
Maximale gereduceerde grondspanning	:	q_v;r;n;max = 37 kN/m <sup>2</sup>
Maximale verticale beddingsconstante (zonder veiligheidsfactor)		
alleen voor verticalen in diepe situatie	:	k_v;max = 219547 kN/m <sup>3</sup>
Maximale verticale beddingsconstante (veiligheidsfactor toegepast)		
alleen voor verticalen in diepe situatie	:	k_v;max = 439095 kN/m <sup>3</sup>

#### 4.4 Grondmechanische Parameters 250mm 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/m <sup>2</sup>
q_v;n	Neutrale grondspanning	kN/m <sup>2</sup>
q_h;n	Neutrale horizontale grondspanning	kN/m <sup>2</sup>

q_v;r;n	Gereduceerde neutrale grondspanning	kN/m <sup>2</sup>
q_verkeer	Verkeersbelasting	kN/m <sup>2</sup>
q_v;e	Verticaal evenwichtsdraagvermogen	kN/m <sup>2</sup>
q_h;e	Horizontaal evenwichtsdraagvermogen	kN/m <sup>2</sup>
k_v;bot	Verticaal beddingsgetal omlaag	kN/m <sup>3</sup>
k_v;top	Verticaal beddingsgetal omhoog	kN/m <sup>3</sup>
k_h	Horizontaal beddinggetal	kN/m <sup>3</sup>
t_max	Maximale wrijving leiding-boorvloeistof	kN/m <sup>2</sup>
d_max	Corresponderende verplaatsing bij mobilisatie maximale wrijving	mm

Verticaal nr.	q_v;p [kN/m <sup>2</sup> ]	q_v;n [kN/m <sup>2</sup> ]	q_h;n [kN/m <sup>2</sup> ]	q_v;r;n [kN/m <sup>2</sup> ]	q_verkeer [kN/m <sup>2</sup> ]	q_v;e [kN/m <sup>2</sup> ]
1	141	35	26	35	0	930
2	278	49	12	16	0	2318
3	465	64	12	16	0	2958
4	663	77	12	16	0	2719
5	829	87	12	16	0	3063
6	887	95	12	16	0	3341
7	931	101	11	15	0	4535
8	1246	108	11	15	0	5074
9	1291	113	11	15	0	5331
10	1317	116	11	15	0	5475
11	1323	117	11	15	0	5509
12	1312	116	11	15	0	5444
13	1319	117	11	15	0	5490
14	1339	119	12	16	0	5606
15	1286	113	11	15	0	5295
16	1303	115	11	15	1	5396
17	1241	107	11	15	0	5039
18	1315	116	11	15	5	5465
19	1340	119	12	16	0	5615
20	1338	119	12	16	0	5475
21	1332	119	12	16	0	5190
22	1328	118	12	16	5	4962
23	1364	123	12	16	0	5040
24	1371	124	12	16	0	4961
25	1381	125	12	16	1	4894
26	1356	122	12	16	0	4711
27	1334	119	12	16	0	4844
28	1304	115	12	16	0	5412
29	1259	110	12	16	0	5162
30	1192	104	12	16	0	4879
31	1035	97	12	16	0	4542
32	839	87	12	16	0	4072
33	655	77	12	16	0	2710
34	462	64	12	16	0	3040
35	280	50	12	16	0	2342
36	153	37	28	37	0	995

Verticaal nr.	q_h;e [kN/m <sup>2</sup> ]	k_v;bot [kN/m <sup>3</sup> ]	k_v;top [kN/m <sup>3</sup> ]	k_h [kN/m <sup>3</sup> ]	t_max [kN/m <sup>2</sup> ]	d_max [mm]
1	244	148332	37356	103833	0.05	7.5
2	579	219547	126420	153683	0.05	7.5
3	791	158092	219547	110665	0.05	7.5
4	752	124854	184439	87398	0.05	7.5
5	829	124854	124854	87398	0.05	7.5
6	887	152174	124854	106522	0.05	7.5
7	931	211713	124854	148199	0.05	7.5
8	1246	219547	145918	153683	0.05	7.5
9	1291	219547	183014	153683	0.05	7.5
10	1317	204074	209794	142852	0.05	7.5
11	1323	190844	219547	133591	0.05	7.5
12	1312	186492	219547	130545	0.05	7.5
13	1319	182949	219547	128065	0.05	7.5
14	1339	179413	219547	125589	0.05	7.5
15	1286	175884	219547	123119	0.05	7.5
16	1303	172362	219547	120653	0.05	7.5

Verticaal nr.	q <sub>h;e</sub> [kN/m <sup>2</sup> ]	k <sub>v;bot</sub> [kN/m <sup>3</sup> ]	k <sub>v;top</sub> [kN/m <sup>3</sup> ]	k <sub>h</sub> [kN/m <sup>3</sup> ]	t <sub>max</sub> [kN/m <sup>2</sup> ]	d <sub>max</sub> [mm]
17	1241	168847	219547	118193	0.05	7.5
18	1315	165340	219547	115738	0.05	7.5
19	1340	161840	219547	113288	0.05	7.5
20	1338	158348	219547	110844	0.05	7.5
21	1332	154864	219547	108405	0.05	7.5
22	1328	151388	219547	105971	0.05	7.5
23	1364	147919	219547	103543	0.05	7.5
24	1371	144459	219547	101121	0.05	7.5
25	1381	141007	219547	98705	0.05	7.5
26	1356	139130	219547	97391	0.05	7.5
27	1334	146736	219547	102715	0.05	7.5
28	1304	165110	219547	115577	0.05	7.5
29	1259	194661	219547	136262	0.05	7.5
30	1207	219547	219547	153683	0.05	7.5
31	1142	219547	180974	153683	0.05	7.5
32	1045	219547	124854	153683	0.05	7.5
33	749	163361	189544	114353	0.05	7.5
34	790	164424	219547	115097	0.05	7.5
35	583	219547	81633	153683	0.05	7.5
36	259	101885	37356	71320	0.05	7.5

Maximale grondspanning : q<sub>v;n;max</sub> = 125 kN/m<sup>2</sup>  
 Maximale gereduceerde grondspanning (incl. verkeersbelastingen) : q<sub>verkeer;max</sub> = 37 kN/m<sup>2</sup>  
 Maximale gereduceerde grondspanning : q<sub>v;r;n;max</sub> = 37 kN/m<sup>2</sup>  
 Maximale verticale beddingsconstante (zonder veiligheidsfactor)  
 alleen voor verticale in diepe situatie : k<sub>v;max</sub> = 219547 kN/m<sup>3</sup>  
 Maximale verticale beddingsconstante (veiligheidsfactor toegepast)  
 alleen voor verticale in diepe situatie : k<sub>v;max</sub> = 439095 kN/m<sup>3</sup>

#### 4.5 Young's Modulus per Laag per Verticaal

Laag nummer	Materiaalnaam	Bepalingstype
6	Zand (fijn)	Gebruikerswaarden
5	Zand (vast 1)	Gebruikerswaarden
4	Zand matig	Gebruikerswaarden
3	Zand (vast 1)	Gebruikerswaarden
2	Zand matig	Gebruikerswaarden
1	Zand (vast 1)	Gebruikerswaarden

Laag nummer	Verticaal 1 (L=10 m)		Verticaal 2 (L=15.057 m)		Verticaal 3 (L=20.114 m)	
	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]
6	15.000	15.000	15.000	15.000	15.000	15.000
5	75.000	75.000	75.000	75.000	75.000	75.000
4	45.000	45.000	45.000	45.000	45.000	45.000
3	75.000	75.000	75.000	75.000	75.000	75.000
2	45.000	45.000	45.000	45.000	45.000	45.000
1	75.000	75.000	75.000	75.000	75.000	75.000

Laag nummer	Verticaal 4 (L=25.171 m)		Verticaal 5 (L=30.228 m)		Verticaal 6 (L=35.285 m)	
	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]
6	15.000	15.000	15.000	15.000	15.000	15.000
5	75.000	75.000	75.000	75.000	75.000	75.000
4	45.000	45.000	45.000	45.000	45.000	45.000
3	75.000	75.000	75.000	75.000	75.000	75.000
2	45.000	45.000	45.000	45.000	45.000	45.000
1	75.000	75.000	75.000	75.000	75.000	75.000

Laag nummer	Verticaal 7 (L=40.342 m)		Verticaal 8 (L=45.399 m)		Verticaal 9 (L=50.456 m)	
	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]
6	15.000	15.000	15.000	15.000	15.000	15.000

Laag nummer	Verticaal 7 (L=40.342 m)		Verticaal 8 (L=45.399 m)		Verticaal 9 (L=50.456 m)	
	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]
5	75.000	75.000	75.000	75.000	75.000	75.000
4	45.000	45.000	45.000	45.000	45.000	45.000
3	75.000	75.000	75.000	75.000	75.000	75.000
2	45.000	45.000	45.000	45.000	45.000	45.000
1	75.000	75.000	75.000	75.000	75.000	75.000

Laag nummer	Verticaal 10 (L=55.513 m)		Verticaal 11 (L=60.57 m)		Verticaal 12 (L=65.627 m)	
	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]
6	15.000	15.000	15.000	15.000	15.000	15.000
5	75.000	75.000	75.000	75.000	75.000	75.000
4	45.000	45.000	45.000	45.000	45.000	45.000
3	75.000	75.000	75.000	75.000	75.000	75.000
2	45.000	45.000	45.000	45.000	45.000	45.000
1	75.000	75.000	75.000	75.000	75.000	75.000

Laag nummer	Verticaal 13 (L=70.684 m)		Verticaal 14 (L=75.741 m)		Verticaal 15 (L=80.798 m)	
	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]
6	15.000	15.000	15.000	15.000	15.000	15.000
5	75.000	75.000	75.000	75.000	75.000	75.000
4	45.000	45.000	45.000	45.000	45.000	45.000
3	75.000	75.000	75.000	75.000	75.000	75.000
2	45.000	45.000	45.000	45.000	45.000	45.000
1	75.000	75.000	75.000	75.000	75.000	75.000

Laag nummer	Verticaal 16 (L=85.855 m)		Verticaal 17 (L=90.912 m)		Verticaal 18 (L=95.969 m)	
	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]
6	15.000	15.000	15.000	15.000	15.000	15.000
5	75.000	75.000	75.000	75.000	75.000	75.000
4	45.000	45.000	45.000	45.000	45.000	45.000
3	75.000	75.000	75.000	75.000	75.000	75.000
2	45.000	45.000	45.000	45.000	45.000	45.000
1	75.000	75.000	75.000	75.000	75.000	75.000

Laag nummer	Verticaal 19 (L=101.026 m)		Verticaal 20 (L=106.083 m)		Verticaal 21 (L=111.14 m)	
	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]
6	15.000	15.000	15.000	15.000	15.000	15.000
5	75.000	75.000	75.000	75.000	75.000	75.000
4	45.000	45.000	45.000	45.000	45.000	45.000
3	75.000	75.000	75.000	75.000	75.000	75.000
2	45.000	45.000	45.000	45.000	45.000	45.000
1	75.000	75.000	75.000	75.000	75.000	75.000

Laag nummer	Verticaal 22 (L=116.197 m)		Verticaal 23 (L=121.254 m)		Verticaal 24 (L=126.311 m)	
	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]
6	15.000	15.000	15.000	15.000	15.000	15.000
5	75.000	75.000	75.000	75.000	75.000	75.000
4	45.000	45.000	45.000	45.000	45.000	45.000
3	75.000	75.000	75.000	75.000	75.000	75.000
2	45.000	45.000	45.000	45.000	45.000	45.000
1	75.000	75.000	75.000	75.000	75.000	75.000

Laag nummer	Verticaal 25 (L=131.368 m)		Verticaal 26 (L=136.425 m)		Verticaal 27 (L=141.482 m)	
	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]
6	15.000	15.000	15.000	15.000	15.000	15.000
5	75.000	75.000	75.000	75.000	75.000	75.000
4	45.000	45.000	45.000	45.000	45.000	45.000
3	75.000	75.000	75.000	75.000	75.000	75.000
2	45.000	45.000	45.000	45.000	45.000	45.000

Laag nummer	Verticaal 25 (L=131.368 m)		Verticaal 26 (L=136.425 m)		Verticaal 27 (L=141.482 m)	
	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]
1	75.000	75.000	75.000	75.000	75.000	75.000

Laag nummer	Verticaal 28 (L=146.539 m)		Verticaal 29 (L=151.596 m)		Verticaal 30 (L=156.653 m)	
	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]
6	15.000	15.000	15.000	15.000	15.000	15.000
5	75.000	75.000	75.000	75.000	75.000	75.000
4	45.000	45.000	45.000	45.000	45.000	45.000
3	75.000	75.000	75.000	75.000	75.000	75.000
2	45.000	45.000	45.000	45.000	45.000	45.000
1	75.000	75.000	75.000	75.000	75.000	75.000

Laag nummer	Verticaal 31 (L=161.71 m)		Verticaal 32 (L=166.767 m)		Verticaal 33 (L=171.824 m)	
	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]
6	15.000	15.000	15.000	15.000	15.000	15.000
5	75.000	75.000	75.000	75.000	75.000	75.000
4	45.000	45.000	45.000	45.000	45.000	45.000
3	75.000	75.000	75.000	75.000	75.000	75.000
2	45.000	45.000	45.000	45.000	45.000	45.000
1	75.000	75.000	75.000	75.000	75.000	75.000

Laag nummer	Verticaal 34 (L=176.881 m)		Verticaal 35 (L=181.938 m)		Verticaal 36 (L=186.995 m)	
	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]
6	15.000	15.000	15.000	15.000	15.000	15.000
5	75.000	75.000	75.000	75.000	75.000	75.000
4	45.000	45.000	45.000	45.000	45.000	45.000
3	75.000	75.000	75.000	75.000	75.000	75.000
2	45.000	45.000	45.000	45.000	45.000	45.000
1	75.000	75.000	75.000	75.000	75.000	75.000



## 5 Gegevens voor Sterkteberekening

### 5.1 Algemene Gegevens

Aantal leidingen in bundel	:	Npipes = 4 [-]
Diameter leiding	:	Do = 250.00 mm
Nominale wanddikte	:	t = 22.80 mm
Volumegewicht leidingmateriaal	:	gamma_s = 9.54 kN/m <sup>3</sup>
Diameter leiding	:	Do = 250.00 mm
Nominale wanddikte	:	t = 22.80 mm
Volumegewicht leidingmateriaal	:	gamma_s = 9.54 kN/m <sup>3</sup>
Diameter leiding	:	Do = 250.00 mm
Nominale wanddikte	:	t = 22.80 mm
Volumegewicht leidingmateriaal	:	gamma_s = 9.54 kN/m <sup>3</sup>
Diameter leiding	:	Do = 250.00 mm
Nominale wanddikte	:	t = 22.80 mm
Volumegewicht leidingmateriaal	:	gamma_s = 9.54 kN/m <sup>3</sup>
Equivalent diameter leiding	:	Do = 659.75 mm
Equivalent nominale wanddikte	:	t = 33.06 mm
Equivalent volumegewicht leidingmateriaal	:	gamma_s = 9.54 kN/m <sup>3</sup>
Maximale verticale beddingsconstante (zonder veiligheidsfactor)	:	k_v;max = 102969 kN/m <sup>3</sup>
Volumegewicht boorvloeistof	:	gamma_b = 11.10 kN/m <sup>3</sup>
Kromtestraal op rollenbaan (intrekboog)	:	Rrol = 100.000 m
Wrijvingscoëfficiënt leiding/rollenbaan	:	f1 = 0.10
Wrijving tussen leiding en boorvloeistof	:	f2 = 0.000050 N/mm <sup>2</sup>
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 0% ontstaat het volgende resulterende gewicht.

Opwaartse kracht	:	222	[kg/m]
Gewicht productbuis (inclusief vulling)	:	63	[kg/m]
Resultaat	:	159	[kg/m] (Leiding beweegt opwaarts)

### 5.3 Trekkraftberekening

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/mm<sup>2</sup>])
- wrijving tussen buis en grond (f3 = 0.20 )

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

Bij het berekenen van de trekkraften wordt rekening gehouden met het feit dat de lengte van de buis op de rollenbaan afneemt naarmate de doortrekkoperatie vordert. Bij het berekenen van de trekkraft wordt uitgegaan van een stabiel boorgat.

Karakteristieke punten	Lengte leiding in gat (m)	Karakteristieke waarde voor de trekkraft (kN)
T1	0	12
T2	17	19

Karakteristieke punten	Lengte leiding in gat (m)	Karakteristieke waarde voor de trekkracht (kN)
T3	65	40
T4	136	65
T5	183	88
T6	199	94

De berekende waarden van de trekkracht zijn karakteristieke waarden waarop nog een totaal factor 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 3650-1:2012. In de sterkteberekening (volgend hoofdstuk) is een factor van 2.00 gebruikt en een belasting factor van 1.00.

## 6 Sterkteberekening van 250mm PE100 SDR11 (1): leiding no. 1

### 6.1 Materiaalgegevens van 250mm PE100 SDR11 (1): leiding no. 1

De volgende gegevens en uitgangspunten zijn gehanteerd voor de sterkteberekening:

Leiding materiaal	:	Polyetheen PE100
Buiten- diameter	:	Do = 250.00 mm
Nominale wanddikte	:	t = 22.80 mm
Ontwerpdruk	:	pd = 0.00 bar
Test druk	:	pt = 0.00 bar
Temperatuur variatie	:	dt = 0.00 deg Celcius
Lengte leiding	:	L = 199 m
Elasticiteitsmodulus (kort)	:	E = 975 N/mm <sup>2</sup>
Elasticiteitsmodulus (lang)	:	E = 350 N/mm <sup>2</sup>
Toelaatbare spanning (kort)	:	S = 10 N/mm <sup>2</sup>
Toelaatbare spanning (lang)	:	S = 8 N/mm <sup>2</sup>
Importantie factor (S)	:	S = 1.00
Volumegewicht leidingmateriaal	:	gamma_s = 9.54 kN/m <sup>3</sup>
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 = 37 kN/m <sup>2</sup>
Verkeersbelasting (zonder veiligheidsfactor)	:	q_v = 0 kN/m <sup>2</sup>
Maximale verticale beddingsconstante (zonder veiligheidsfactor)	:	k_v;max = 219547 kN/m <sup>3</sup>
Gebruikte straal (exclusief veiligheidsfactoren)	:	Rmin = 180.000 m
Belastingsfactor aanlegbelasting	:	f_install = 1.00
Belastingsfactor gereduc. neut. 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 250mm 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 22.8 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:

$$\sigma_b = M_b/W_b = f_k E \cdot I_b / (R_{rol} \cdot W_b) = 1.71 \quad \text{N/mm}^2$$

$$\sigma_t = f \cdot f_{install} \cdot T_1/A = f \cdot f_{install} (L_{rol} \cdot Q \cdot f_1)/A = 0.38 \quad \text{N/mm}^2$$

Maximale axiale spanning $\sigma_{a,max}$	=	1.49	N/mm <sup>2</sup>
---	---	------	-------------------

De tangentele spanning is in deze fase verwaarloosbaar.

### 6.2.2 Belasting Combinatie 1B: Einde Trekoperatie

Axiale spanning:

$\sigma_b = M_b/W_b = f_k \cdot E \cdot I_b / (R_{min} \cdot W_b)$	=	0.95	N/mm <sup>2</sup>
--	---	------	-------------------

$\sigma_t = f \cdot f_{install} \cdot T_{max}/A$	=	2.89	N/mm <sup>2</sup>
--	---	------	-------------------

Maximale axiale spanning $\sigma_{a,max}$	=	3.51	N/mm <sup>2</sup>
---	---	------	-------------------

Tangentele spanning:

Belasting  $q_r$  op de leiding ten gevolge van grondreactie bij bochten (volgens NEN 3650-1 katern-5 D3.3):

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

$\lambda = (f_{kv} \cdot k_v \cdot D_o / (4 \cdot E \cdot I))^{0.25}$	=	4.0E-3	1/mm
---	---	--------	------

$q_r$	=	0.0133	N/mm <sup>2</sup>
-------	---	--------	-------------------

$\sigma_{qr} = k' \cdot q_r \cdot (r_g/W_w) \cdot D_o$	=	0.78	N/mm <sup>2</sup>
--	---	------	-------------------

Maximale tangentele spanning $\sigma_{t,max}$	=	0.51	N/mm <sup>2</sup>
---	---	------	-------------------

### 6.2.3 Belasting Combinatie 2: Intern op Druk Brengen

Ten gevolge van inwendige druk :

$\sigma_{py} = f_{pd} \cdot p_d \cdot ((r_u^2 + r_i^2) / (r_u^2 - r_i^2))$	=	0.00	N/mm <sup>2</sup>
--	---	------	-------------------

$\sigma_{px} = 0.5 \cdot \sigma_{py}$	=	0.00	N/mm <sup>2</sup>
---------------------------------------	---	------	-------------------

$\sigma_{ptest} = f_{pt} \cdot p_t \cdot ((r_u^2 + r_i^2) / (r_u^2 - r_i^2))$	=	0.00	N/mm <sup>2</sup>
---	---	------	-------------------

### 6.2.4 Belasting Combinatie 3: Bedrijfstoestand in Drukloze Situatie

Axiale spanning:

$\sigma_b = M_b/W_b = f_k \cdot E \cdot I_b / (R_{min} \cdot W_b)$	=	0.34	N/mm <sup>2</sup>
--	---	------	-------------------

Maximale axiale spanning $\sigma_{a,max}$	=	0.22	N/mm <sup>2</sup>
---	---	------	-------------------

Tangentele spanning:

$\sigma_{qr} = k' \cdot q_r \cdot (r_g/W_w) \cdot D_o$	=	0.47	N/mm <sup>2</sup>
--	---	------	-------------------

$\sigma_{qn} = k \cdot q_n \cdot (r_g/W_w) \cdot D_o$	=	4.73	N/mm <sup>2</sup>
---	---	------	-------------------

Maximale tangentele spanning $\sigma_{t,max}$	=	3.38	N/mm <sup>2</sup>
---	---	------	-------------------

### 6.2.5 Belasting Combinatie 4: Bedrijfstoestand met Inwendige Druk

Axiale spanning:

$\sigma_b = M_b/W_b = f_k \cdot E \cdot I_b / (R_{min} \cdot W_b)$	=	0.34	N/mm <sup>2</sup>
--	---	------	-------------------

Ten gevolge van inwendige druk :

$\sigma_{py} = f_{pd} \cdot p_d \cdot ((r_u^2 + r_i^2) / (r_u^2 - r_i^2))$	=	0.00	N/mm <sup>2</sup>
--	---	------	-------------------

$\text{Sigma}_{px} = 0.5 \cdot \text{Sigma}_{py}$	=	0.00	N/mm <sup>2</sup>
$\text{Sigma}_{ptest} = f_{pt} \cdot pt \cdot ((ru^2 + ri^2)/(ru^2 - ri^2))$	=	0.00	N/mm <sup>2</sup>
$\text{Sigma}_{Temp} = dt \cdot \text{gamma}_t \cdot \text{alpha}_g \cdot E$	=	0.00	N/mm <sup>2</sup>
Maximale axiale spanning $\text{Sigma}_{a,max}$	=	0.22	N/mm <sup>2</sup>
Tangentiele spanning:			
$\text{Sigma}_{qr} = k' \cdot qr \cdot (rg/Ww) \cdot Do$	=	0.47	N/mm <sup>2</sup>
$\text{Sigma}_{qn} = k \cdot qn \cdot (rg/Ww) \cdot Do$	=	4.73	N/mm <sup>2</sup>
'Rerounding'-factor $F_{rr}$	=	1.000	
'Rerounding'-factor $F'_{rr}$	=	1.000	
$\text{Sigma}_{t,max} = \text{Sigma}_{py} + ((F'_{rr} \cdot \text{Sigma}_{qr}) + (F_{rr} \cdot \text{Sigma}_{qn}))$			
Maximale tangentele spanning $\text{Sigma}_{t,max}$	=	3.38	N/mm <sup>2</sup>

### 6.3 Controle van de Berekende Spanningen van 250mm PE100 SDR11 (1): leiding no. 1

Belasting combinatie 1

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

Belasting combinatie 2

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

Belasting combinatie 3

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

Belasting combinatie 4

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

Voor alle spanningssituaties zijn de spanningen toelaatbaar.

	Max toelaatbare spanning [N/mm <sup>2</sup> ]	Spannings combinatie 1A	Spannings combinatie 1B	Spannings combinatie 2	Spannings combinatie 3	Spannings combinatie 4
$\text{Sigma}_{ptest}$	10.00 (kort)	-	-	0.00	-	-
$\text{Sigma}_{py}$	8.00 (lang)	-	-	0.00	-	-
$\text{Sigma}_{axiaal}$	10.00 (kort)	1.49	3.51	-	-	-
$\text{Sigma}_{axiaal}$	8.00 (lang)	-	-	-	0.22	0.22
$\text{Sigma}_{tang...}$	10.00 (kort)	-	0.51	-	-	-
$\text{Sigma}_{tang...}$	8.00 (lang)	-	-	-	3.38	3.38

Spanningen in de leiding [N/mm<sup>2</sup>]

De deflectie van de leiding is 5.4 mm (2.18% x Do). De maximaal toelaatbare deflectie van de leiding is 20.0 mm (8.00% x S x Do). De deflectie is toelaatbaar.

De maximaal toelaatbare deflectie bij inspectie ('piggability') is 12.5 mm (5.00% x Do). De deflectie is toelaatbaar.

### 6.4 Toetsing op Implosie van 250mm PE100 SDR11 (1): leiding no. 1

Tijdens het intrekken wordt de leiding belast door de heersende bentoniedruk. De hoogste minimaal benodigde druk tijdens het intrekken is gelijk aan 131 kN/m<sup>2</sup>, dit is kleiner dan de toelaatbare alzijdige uitwendige druk van 1564 kN/m<sup>2</sup>.

Tijdens de bedrijfstoestand wordt de leiding belast door de heersende waterdruk. De uitwendige waterdruk op de leiding is gelijk aan 89 kN/m<sup>2</sup>, dit is kleiner dan de toelaatbare alzijdige uitwendige druk van 281 kN/m<sup>2</sup>.



## 7 Sterkteberekening van 250mm PE100 SDR11 (2): leiding no. 2

### 7.1 Materiaalgegevens van 250mm PE100 SDR11 (2): leiding no. 2

De volgende gegevens en uitgangspunten zijn gehanteerd voor de sterkteberekening:

Leiding materiaal	:	Polyetheen PE100
Buiten- diameter	:	Do = 250.00 mm
Nominale wanddikte	:	t = 22.80 mm
Ontwerpdruk	:	pd = 0.00 bar
Test druk	:	pt = 0.00 bar
Temperatuur variatie	:	dt = 0.00 deg Celcius
Lengte leiding	:	L = 199 m
Elasticiteitsmodulus (kort)	:	E = 975 N/mm <sup>2</sup>
Elasticiteitsmodulus (lang)	:	E = 350 N/mm <sup>2</sup>
Toelaatbare spanning (kort)	:	S = 10 N/mm <sup>2</sup>
Toelaatbare spanning (lang)	:	S = 8 N/mm <sup>2</sup>
Importantie factor (S)	:	S = 1.00
Volumegewicht leidingmateriaal	:	gamma_s = 9.54 kN/m <sup>3</sup>
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 = 37 kN/m <sup>2</sup>
Verkeersbelasting (zonder veiligheidsfactor)	:	q_v = 0 kN/m <sup>2</sup>
Maximale verticale beddingsconstante (zonder veiligheidsfactor)	:	k_v;max = 219547 kN/m <sup>3</sup>
Gebruikte straal (exclusief veiligheidsfactoren)	:	Rmin = 180.000 m
Belastingsfactor aanlegbelasting	:	f_install = 1.00
Belastingsfactor gereduc. neut. 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 250mm 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 22.8 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:

$$\sigma_b = M_b/W_b = f_k E \cdot I_b / (R_{rol} \cdot W_b) = 1.71 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_t = f \cdot f_{install} \cdot T_1/A = f \cdot f_{install} (L_{rol} \cdot Q \cdot f_1)/A = 0.38 \text{ N/mm}^2$$

Maximale axiale spanning $\sigma_{a,max}$	=	1.49	N/mm <sup>2</sup>
---	---	------	-------------------

De tangentele spanning is in deze fase verwaarloosbaar.

### 7.2.2 Belasting Combinatie 1B: Einde Trekoperatie

Axiale spanning:

$\sigma_b = M_b/W_b = f_k \cdot E \cdot I_b / (R_{min} \cdot W_b)$	=	0.95	N/mm <sup>2</sup>
--	---	------	-------------------

$\sigma_t = f \cdot f_{install} \cdot T_{max}/A$	=	2.89	N/mm <sup>2</sup>
--	---	------	-------------------

Maximale axiale spanning $\sigma_{a,max}$	=	3.51	N/mm <sup>2</sup>
---	---	------	-------------------

Tangentele spanning:

Belasting  $q_r$  op de leiding ten gevolge van grondreactie bij bochten (volgens NEN 3650-1 katern-5 D3.3):

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

$\lambda = (f_{kv} \cdot k_v \cdot D_o / (4 \cdot E \cdot I))^{0.25}$	=	4.0E-3	1/mm
---	---	--------	------

$q_r$	=	0.0133	N/mm <sup>2</sup>
-------	---	--------	-------------------

$\sigma_{qr} = k' \cdot q_r \cdot (r_g / W_w) \cdot D_o$	=	0.78	N/mm <sup>2</sup>
--	---	------	-------------------

Maximale tangentele spanning $\sigma_{t,max}$	=	0.51	N/mm <sup>2</sup>
---	---	------	-------------------

### 7.2.3 Belasting Combinatie 2: Intern op Druk Brengen

Ten gevolge van inwendige druk :

$\sigma_{py} = f_{pd} \cdot p_d \cdot ((r_u^2 + r_i^2) / (r_u^2 - r_i^2))$	=	0.00	N/mm <sup>2</sup>
--	---	------	-------------------

$\sigma_{px} = 0.5 \cdot \sigma_{py}$	=	0.00	N/mm <sup>2</sup>
---------------------------------------	---	------	-------------------

$\sigma_{ptest} = f_{pt} \cdot p_t \cdot ((r_u^2 + r_i^2) / (r_u^2 - r_i^2))$	=	0.00	N/mm <sup>2</sup>
---	---	------	-------------------

### 7.2.4 Belasting Combinatie 3: Bedrijfstoestand in Drukloze Situatie

Axiale spanning:

$\sigma_b = M_b/W_b = f_k \cdot E \cdot I_b / (R_{min} \cdot W_b)$	=	0.34	N/mm <sup>2</sup>
--	---	------	-------------------

Maximale axiale spanning $\sigma_{a,max}$	=	0.22	N/mm <sup>2</sup>
---	---	------	-------------------

Tangentele spanning:

$\sigma_{qr} = k' \cdot q_r \cdot (r_g / W_w) \cdot D_o$	=	0.47	N/mm <sup>2</sup>
--	---	------	-------------------

$\sigma_{qn} = k \cdot q_n \cdot (r_g / W_w) \cdot D_o$	=	4.73	N/mm <sup>2</sup>
---	---	------	-------------------

Maximale tangentele spanning $\sigma_{t,max}$	=	3.38	N/mm <sup>2</sup>
---	---	------	-------------------

### 7.2.5 Belasting Combinatie 4: Bedrijfstoestand met Inwendige Druk

Axiale spanning:

$\sigma_b = M_b/W_b = f_k \cdot E \cdot I_b / (R_{min} \cdot W_b)$	=	0.34	N/mm <sup>2</sup>
--	---	------	-------------------

Ten gevolge van inwendige druk :

$\sigma_{py} = f_{pd} \cdot p_d \cdot ((r_u^2 + r_i^2) / (r_u^2 - r_i^2))$	=	0.00	N/mm <sup>2</sup>
--	---	------	-------------------

$\text{Sigma}_{px} = 0.5 \cdot \text{Sigma}_{py}$	=	0.00	N/mm <sup>2</sup>
$\text{Sigma}_{ptest} = f_{pt} \cdot pt \cdot ((ru^2 + ri^2)/(ru^2 - ri^2))$	=	0.00	N/mm <sup>2</sup>
$\text{Sigma}_{Temp} = dt \cdot \text{gamma}_t \cdot \text{alpha}_g \cdot E$	=	0.00	N/mm <sup>2</sup>
Maximale axiale spanning $\text{Sigma}_{a,max}$	=	0.22	N/mm <sup>2</sup>
Tangentiele spanning:			
$\text{Sigma}_{qr} = k' \cdot qr \cdot (rg/Ww) \cdot Do$	=	0.47	N/mm <sup>2</sup>
$\text{Sigma}_{qn} = k \cdot qn \cdot (rg/Ww) \cdot Do$	=	4.73	N/mm <sup>2</sup>
'Rerounding'-factor $F_{rr}$	=	1.000	
'Rerounding'-factor $F'_{rr}$	=	1.000	
$\text{Sigma}_{t,max} = \text{Sigma}_{py} + ((F'_{rr} \cdot \text{Sigma}_{qr}) + (F_{rr} \cdot \text{Sigma}_{qn}))$			
Maximale tangentele spanning $\text{Sigma}_{t,max}$	=	3.38	N/mm <sup>2</sup>

### 7.3 Controle van de Berekende Spanningen van 250mm PE100 SDR11 (2): leiding no. 2

Belasting combinatie 1

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

Belasting combinatie 2

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

Belasting combinatie 3

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

Belasting combinatie 4

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

Voor alle spanningssituaties zijn de spanningen toelaatbaar.

	Max toelaatbare spanning [N/mm <sup>2</sup> ]	Spannings combinatie 1A	Spannings combinatie 1B	Spannings combinatie 2	Spannings combinatie 3	Spannings combinatie 4
$\text{Sigma}_{ptest}$	10.00 (kort)	-	-	0.00	-	-
$\text{Sigma}_{py}$	8.00 (lang)	-	-	0.00	-	-
$\text{Sigma}_{axiaal}$	10.00 (kort)	1.49	3.51	-	-	-
$\text{Sigma}_{axiaal}$	8.00 (lang)	-	-	-	0.22	0.22
$\text{Sigma}_{tang...}$	10.00 (kort)	-	0.51	-	-	-
$\text{Sigma}_{tang...}$	8.00 (lang)	-	-	-	3.38	3.38

Spanningen in de leiding [N/mm<sup>2</sup>]

De deflectie van de leiding is 5.4 mm (2.18% x Do). De maximaal toelaatbare deflectie van de leiding is 20.0 mm (8.00% x S x Do). De deflectie is toelaatbaar.

De maximaal toelaatbare deflectie bij inspectie ('piggability') is 12.5 mm (5.00% x Do). De deflectie is toelaatbaar.

### 7.4 Toetsing op Implosie van 250mm PE100 SDR11 (2): leiding no. 2

Tijdens het intrekken wordt de leiding belast door de heersende bentoniedruk. De hoogste minimaal benodigde druk tijdens het intrekken is gelijk aan 131 kN/m<sup>2</sup>, dit is kleiner dan de toelaatbare alzijdige uitwendige druk van 1564 kN/m<sup>2</sup>.

Tijdens de bedrijfstoestand wordt de leiding belast door de heersende waterdruk. De uitwendige waterdruk op de leiding is gelijk aan  $89 \text{ kN/m}^2$ , dit is kleiner dan de toelaatbare alzijdige uitwendige druk van  $281 \text{ kN/m}^2$ .

## 8 Sterkteberekening van 250mm PE100 SDR11 (3): leiding no. 3

### 8.1 Materiaalgegevens van 250mm PE100 SDR11 (3): leiding no. 3

De volgende gegevens en uitgangspunten zijn gehanteerd voor de sterkteberekening:

Leiding materiaal	:	Polyetheen PE100
Buiten- diameter	:	Do = 250.00 mm
Nominale wanddikte	:	t = 22.80 mm
Ontwerpdruk	:	pd = 0.00 bar
Test druk	:	pt = 0.00 bar
Temperatuur variatie	:	dt = 0.00 deg Celcius
Lengte leiding	:	L = 199 m
Elasticiteitsmodulus (kort)	:	E = 975 N/mm <sup>2</sup>
Elasticiteitsmodulus (lang)	:	E = 350 N/mm <sup>2</sup>
Toelaatbare spanning (kort)	:	S = 10 N/mm <sup>2</sup>
Toelaatbare spanning (lang)	:	S = 8 N/mm <sup>2</sup>
Importantie factor (S)	:	S = 1.00
Volumegewicht leidingmateriaal	:	gamma_s = 9.54 kN/m <sup>3</sup>
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 = 37 kN/m <sup>2</sup>
Verkeersbelasting (zonder veiligheidsfactor)	:	q_v = 0 kN/m <sup>2</sup>
Maximale verticale beddingsconstante (zonder veiligheidsfactor)	:	k_v;max = 219547 kN/m <sup>3</sup>
Gebruikte straal (exclusief veiligheidsfactoren)	:	Rmin = 180.000 m
Belastingsfactor aanlegbelasting	:	f_install = 1.00
Belastingsfactor gereduc. neut. 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 250mm 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 22.8 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:

$$\sigma_b = M_b/W_b = f_k E \cdot I_b / (R_{rol} \cdot W_b) = 1.71 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_t = f \cdot f_{install} \cdot T_1/A = f \cdot f_{install} (L_{rol} \cdot Q \cdot f_1)/A = 0.38 \text{ N/mm}^2$$



Maximale axiale spanning $\Sigma_{a,max}$	=	1.49	N/mm <sup>2</sup>
---	---	------	-------------------

De tangentele spanning is in deze fase verwaarloosbaar.

### 8.2.2 Belasting Combinatie 1B: Einde Trekoperatie

Axiale spanning:

$\Sigma_b = M_b/W_b = f_k \cdot E \cdot I_b / (R_{min} \cdot W_b)$	=	0.95	N/mm <sup>2</sup>
--	---	------	-------------------

$\Sigma_{a,t} = f \cdot f_{install} \cdot T_{max}/A$	=	2.89	N/mm <sup>2</sup>
--	---	------	-------------------

Maximale axiale spanning $\Sigma_{a,max}$	=	3.51	N/mm <sup>2</sup>
---	---	------	-------------------

Tangentele spanning:

Belasting  $q_r$  op de leiding ten gevolge van grondreactie bij bochten (volgens NEN 3650-1 katern-5 D3.3):

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

$\lambda = (f_{kv} \cdot k_v \cdot D_o / (4 \cdot E \cdot I))^{0.25}$	=	4.0E-3	1/mm
---	---	--------	------

$q_r$	=	0.0133	N/mm <sup>2</sup>
-------	---	--------	-------------------

$\Sigma_{qr} = k' \cdot q_r \cdot (r_g / W_w) \cdot D_o$	=	0.78	N/mm <sup>2</sup>
--	---	------	-------------------

Maximale tangentele spanning $\Sigma_{t,max}$	=	0.51	N/mm <sup>2</sup>
---	---	------	-------------------

### 8.2.3 Belasting Combinatie 2: Intern op Druk Brengen

Ten gevolge van inwendige druk :

$\Sigma_{py} = f_{pd} \cdot p_d \cdot ((r_u^2 + r_i^2) / (r_u^2 - r_i^2))$	=	0.00	N/mm <sup>2</sup>
--	---	------	-------------------

$\Sigma_{px} = 0.5 \cdot \Sigma_{py}$	=	0.00	N/mm <sup>2</sup>
---------------------------------------	---	------	-------------------

$\Sigma_{ptest} = f_{pt} \cdot p_t \cdot ((r_u^2 + r_i^2) / (r_u^2 - r_i^2))$	=	0.00	N/mm <sup>2</sup>
---	---	------	-------------------

### 8.2.4 Belasting Combinatie 3: Bedrijfstoestand in Drukloze Situatie

Axiale spanning:

$\Sigma_b = M_b/W_b = f_k \cdot E \cdot I_b / (R_{min} \cdot W_b)$	=	0.34	N/mm <sup>2</sup>
--	---	------	-------------------

Maximale axiale spanning $\Sigma_{a,max}$	=	0.22	N/mm <sup>2</sup>
---	---	------	-------------------

Tangentele spanning:

$\Sigma_{qr} = k' \cdot q_r \cdot (r_g / W_w) \cdot D_o$	=	0.47	N/mm <sup>2</sup>
--	---	------	-------------------

$\Sigma_{qn} = k \cdot q_n \cdot (r_g / W_w) \cdot D_o$	=	4.73	N/mm <sup>2</sup>
---	---	------	-------------------

Maximale tangentele spanning $\Sigma_{t,max}$	=	3.38	N/mm <sup>2</sup>
---	---	------	-------------------

### 8.2.5 Belasting Combinatie 4: Bedrijfstoestand met Inwendige Druk

Axiale spanning:

$\Sigma_b = M_b/W_b = f_k \cdot E \cdot I_b / (R_{min} \cdot W_b)$	=	0.34	N/mm <sup>2</sup>
--	---	------	-------------------

Ten gevolge van inwendige druk :

$\Sigma_{py} = f_{pd} \cdot p_d \cdot ((r_u^2 + r_i^2) / (r_u^2 - r_i^2))$	=	0.00	N/mm <sup>2</sup>
--	---	------	-------------------

$\text{Sigma}_{px} = 0.5 \cdot \text{Sigma}_{py}$	=	0.00	N/mm <sup>2</sup>
$\text{Sigma}_{ptest} = f_{pt} \cdot pt \cdot ((ru^2 + ri^2)/(ru^2 - ri^2))$	=	0.00	N/mm <sup>2</sup>
$\text{Sigma}_{Temp} = dt \cdot \text{gamma}_t \cdot \text{alpha}_g \cdot E$	=	0.00	N/mm <sup>2</sup>
Maximale axiale spanning $\text{Sigma}_{a,max}$	=	0.22	N/mm <sup>2</sup>
Tangentiele spanning:			
$\text{Sigma}_{qr} = k' \cdot qr \cdot (rg/Ww) \cdot Do$	=	0.47	N/mm <sup>2</sup>
$\text{Sigma}_{qn} = k \cdot qn \cdot (rg/Ww) \cdot Do$	=	4.73	N/mm <sup>2</sup>
'Rerounding'-factor $F_{rr}$	=	1.000	
'Rerounding'-factor $F'_{rr}$	=	1.000	
$\text{Sigma}_{t,max} = \text{Sigma}_{py} + ((F'_{rr} \cdot \text{Sigma}_{qr}) + (F_{rr} \cdot \text{Sigma}_{qn}))$			
Maximale tangentele spanning $\text{Sigma}_{t,max}$	=	3.38	N/mm <sup>2</sup>

### 8.3 Controle van de Berekende Spanningen van 250mm PE100 SDR11 (3): leiding no. 3

Belasting combinatie 1

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

Belasting combinatie 2

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

Belasting combinatie 3

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

Belasting combinatie 4

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

Voor alle spanningssituaties zijn de spanningen toelaatbaar.

	Max toelaatbare spanning [N/mm <sup>2</sup> ]	Spannings combinatie 1A	Spannings combinatie 1B	Spannings combinatie 2	Spannings combinatie 3	Spannings combinatie 4
$\text{Sigma}_{ptest}$	10.00 (kort)	-	-	0.00	-	-
$\text{Sigma}_{py}$	8.00 (lang)	-	-	0.00	-	-
$\text{Sigma}_{axiaal}$	10.00 (kort)	1.49	3.51	-	-	-
$\text{Sigma}_{axiaal}$	8.00 (lang)	-	-	-	0.22	0.22
$\text{Sigma}_{tang...}$	10.00 (kort)	-	0.51	-	-	-
$\text{Sigma}_{tang...}$	8.00 (lang)	-	-	-	3.38	3.38

Spanningen in de leiding [N/mm<sup>2</sup>]

De deflectie van de leiding is 5.4 mm (2.18% x Do). De maximaal toelaatbare deflectie van de leiding is 20.0 mm (8.00% x S x Do). De deflectie is toelaatbaar.

De maximaal toelaatbare deflectie bij inspectie ('piggability') is 12.5 mm (5.00% x Do). De deflectie is toelaatbaar.

### 8.4 Toetsing op Implosie van 250mm PE100 SDR11 (3): leiding no. 3

Tijdens het intrekken wordt de leiding belast door de heersende bentoniedruk. De hoogste minimaal benodigde druk tijdens het intrekken is gelijk aan 131 kN/m<sup>2</sup>, dit is kleiner dan de toelaatbare alzijdige uitwendige druk van 1564 kN/m<sup>2</sup>.

Tijdens de bedrijfstoestand wordt de leiding belast door de heersende waterdruk. De uitwendige waterdruk op de leiding is gelijk aan 89 kN/m<sup>2</sup>, dit is kleiner dan de toelaatbare alzijdige uitwendige druk van 281 kN/m<sup>2</sup>.

## 9 Sterkteberekening van 250mm PE100 SDR11 (4): leiding no. 4

### 9.1 Materiaalgegevens van 250mm PE100 SDR11 (4): leiding no. 4

De volgende gegevens en uitgangspunten zijn gehanteerd voor de sterkteberekening:

Leiding materiaal	:	Polyetheen PE100
Buiten- diameter	:	Do = 250.00 mm
Nominale wanddikte	:	t = 22.80 mm
Ontwerpdruk	:	pd = 0.00 bar
Test druk	:	pt = 0.00 bar
Temperatuur variatie	:	dt = 0.00 deg Celcius
Lengte leiding	:	L = 199 m
Elasticiteitsmodulus (kort)	:	E = 975 N/mm <sup>2</sup>
Elasticiteitsmodulus (lang)	:	E = 350 N/mm <sup>2</sup>
Toelaatbare spanning (kort)	:	S = 10 N/mm <sup>2</sup>
Toelaatbare spanning (lang)	:	S = 8 N/mm <sup>2</sup>
Importantie factor (S)	:	S = 1.00
Volumegegewicht leidingmateriaal	:	gamma_s = 9.54 kN/m <sup>3</sup>
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 = 37 kN/m <sup>2</sup>
Verkeersbelasting (zonder veiligheidsfactor)	:	q_v = 0 kN/m <sup>2</sup>
Maximale verticale beddingsconstante (zonder veiligheidsfactor)	:	k_v;max = 219547 kN/m <sup>3</sup>
Gebruikte straal (exclusief veiligheidsfactoren)	:	Rmin = 180.000 m
Belastingsfactor aanlegbelasting	:	f_install = 1.00
Belastingsfactor gereduc. neut. 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 250mm 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 22.8 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:

$$\sigma_b = M_b/W_b = f_k E \cdot I_b / (R_{rol} \cdot W_b) = 1.71 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_t = f \cdot f_{install} \cdot T_1/A = f \cdot f_{install} (L_{rol} \cdot Q \cdot f_1)/A = 0.38 \text{ N/mm}^2$$

Maximale axiale spanning $\sigma_{a,max}$	=	1.49	N/mm <sup>2</sup>
---	---	------	-------------------

De tangentele spanning is in deze fase verwaarloosbaar.

### 9.2.2 Belasting Combinatie 1B: Einde Trekoperatie

Axiale spanning:

$\sigma_b = M_b/W_b = f_k \cdot E \cdot I_b / (R_{min} \cdot W_b)$	=	0.95	N/mm <sup>2</sup>
--	---	------	-------------------

$\sigma_t = f \cdot f_{install} \cdot T_{max}/A$	=	2.89	N/mm <sup>2</sup>
--	---	------	-------------------

Maximale axiale spanning $\sigma_{a,max}$	=	3.51	N/mm <sup>2</sup>
---	---	------	-------------------

Tangentele spanning:

Belasting  $q_r$  op de leiding ten gevolge van grondreactie bij bochten (volgens NEN 3650-1 katern-5 D3.3):

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

$\lambda = (f_{kv} \cdot k_v \cdot D_o / (4 \cdot E \cdot I))^{0.25}$	=	4.0E-3	1/mm
---	---	--------	------

$q_r$	=	0.0133	N/mm <sup>2</sup>
-------	---	--------	-------------------

$\sigma_{qr} = k' \cdot q_r \cdot (r_g/W_w) \cdot D_o$	=	0.78	N/mm <sup>2</sup>
--	---	------	-------------------

Maximale tangentele spanning $\sigma_{t,max}$	=	0.51	N/mm <sup>2</sup>
---	---	------	-------------------

### 9.2.3 Belasting Combinatie 2: Intern op Druk Brengen

Ten gevolge van inwendige druk :

$\sigma_{py} = f_{pd} \cdot p_d \cdot ((r_u^2 + r_i^2) / (r_u^2 - r_i^2))$	=	0.00	N/mm <sup>2</sup>
--	---	------	-------------------

$\sigma_{px} = 0.5 \cdot \sigma_{py}$	=	0.00	N/mm <sup>2</sup>
---------------------------------------	---	------	-------------------

$\sigma_{ptest} = f_{pt} \cdot p_t \cdot ((r_u^2 + r_i^2) / (r_u^2 - r_i^2))$	=	0.00	N/mm <sup>2</sup>
---	---	------	-------------------

### 9.2.4 Belasting Combinatie 3: Bedrijfstoestand in Drukloze Situatie

Axiale spanning:

$\sigma_b = M_b/W_b = f_k \cdot E \cdot I_b / (R_{min} \cdot W_b)$	=	0.34	N/mm <sup>2</sup>
--	---	------	-------------------

Maximale axiale spanning $\sigma_{a,max}$	=	0.22	N/mm <sup>2</sup>
---	---	------	-------------------

Tangentele spanning:

$\sigma_{qr} = k' \cdot q_r \cdot (r_g/W_w) \cdot D_o$	=	0.47	N/mm <sup>2</sup>
--	---	------	-------------------

$\sigma_{qn} = k \cdot q_n \cdot (r_g/W_w) \cdot D_o$	=	4.73	N/mm <sup>2</sup>
---	---	------	-------------------

Maximale tangentele spanning $\sigma_{t,max}$	=	3.38	N/mm <sup>2</sup>
---	---	------	-------------------

### 9.2.5 Belasting Combinatie 4: Bedrijfstoestand met Inwendige Druk

Axiale spanning:

$\sigma_b = M_b/W_b = f_k \cdot E \cdot I_b / (R_{min} \cdot W_b)$	=	0.34	N/mm <sup>2</sup>
--	---	------	-------------------

Ten gevolge van inwendige druk :

$\sigma_{py} = f_{pd} \cdot p_d \cdot ((r_u^2 + r_i^2) / (r_u^2 - r_i^2))$	=	0.00	N/mm <sup>2</sup>
--	---	------	-------------------

$\text{Sigma}_{px} = 0.5 \cdot \text{Sigma}_{py}$	=	0.00	N/mm <sup>2</sup>
$\text{Sigma}_{ptest} = f_{pt} \cdot pt \cdot ((ru^2 + ri^2)/(ru^2 - ri^2))$	=	0.00	N/mm <sup>2</sup>
$\text{Sigma}_{Temp} = dt \cdot \text{gamma}_t \cdot \text{alpha}_g \cdot E$	=	0.00	N/mm <sup>2</sup>
Maximale axiale spanning $\text{Sigma}_{a,max}$	=	0.22	N/mm <sup>2</sup>
Tangentiele spanning:			
$\text{Sigma}_{qr} = k' \cdot q_r \cdot (rg/Ww) \cdot Do$	=	0.47	N/mm <sup>2</sup>
$\text{Sigma}_{qn} = k \cdot q_n \cdot (rg/Ww) \cdot Do$	=	4.73	N/mm <sup>2</sup>
'Rerounding'-factor $F_{rr}$	=	1.000	
'Rerounding'-factor $F'_{rr}$	=	1.000	
$\text{Sigma}_{t,max} = \text{Sigma}_{py} + ((F'_{rr} \cdot \text{Sigma}_{qr}) + (F_{rr} \cdot \text{Sigma}_{qn}))$			
Maximale tangentele spanning $\text{Sigma}_{t,max}$	=	3.38	N/mm <sup>2</sup>

### 9.3 Controle van de Berekende Spanningen van 250mm PE100 SDR11 (4): leiding no. 4

Belasting combinatie 1

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

Belasting combinatie 2

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

Belasting combinatie 3

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

Belasting combinatie 4

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

Voor alle spanningssituaties zijn de spanningen toelaatbaar.

	Max toelaatbare spanning [N/mm <sup>2</sup> ]	Spannings combinatie 1A	Spannings combinatie 1B	Spannings combinatie 2	Spannings combinatie 3	Spannings combinatie 4
$\text{Sigma}_{ptest}$	10.00 (kort)	-	-	0.00	-	-
$\text{Sigma}_{py}$	8.00 (lang)	-	-	0.00	-	-
$\text{Sigma}_{axiaal}$	10.00 (kort)	1.49	3.51	-	-	-
$\text{Sigma}_{axiaal}$	8.00 (lang)	-	-	-	0.22	0.22
$\text{Sigma}_{tang...}$	10.00 (kort)	-	0.51	-	-	-
$\text{Sigma}_{tang...}$	8.00 (lang)	-	-	-	3.38	3.38

Spanningen in de leiding [N/mm<sup>2</sup>]

De deflectie van de leiding is 5.4 mm (2.18% x Do). De maximaal toelaatbare deflectie van de leiding is 20.0 mm (8.00% x S x Do). De deflectie is toelaatbaar.

De maximaal toelaatbare deflectie bij inspectie ('piggability') is 12.5 mm (5.00% x Do). De deflectie is toelaatbaar.

### 9.4 Toetsing op Implosie van 250mm PE100 SDR11 (4): leiding no. 4

Tijdens het intrekken wordt de leiding belast door de heersende bentoniedruk. De hoogste minimaal benodigde druk tijdens het intrekken is gelijk aan 131 kN/m<sup>2</sup>, dit is kleiner dan de toelaatbare zijdelingse uitwendige druk van 1564 kN/m<sup>2</sup>.



---

Tijdens de bedrijfstoestand wordt de leiding belast door de heersende waterdruk. De uitwendige waterdruk op de leiding is gelijk aan  $89 \text{ kN/m}^2$ , dit is kleiner dan de toelaatbare alzijdige uitwendige druk van  $281 \text{ kN/m}^2$ .

## **Einde Rapport**



**Bijlage 4 Beschrijving meetsysteem**

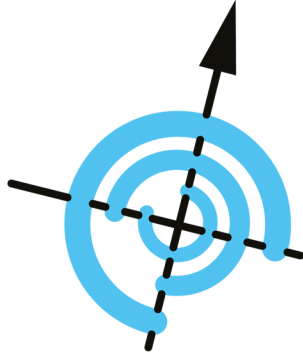
**Hoofdvestiging** (correspondentieadres)  
Hulsenboschstraat 22 B-1  
4251 LR Werkendam

**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](http://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.



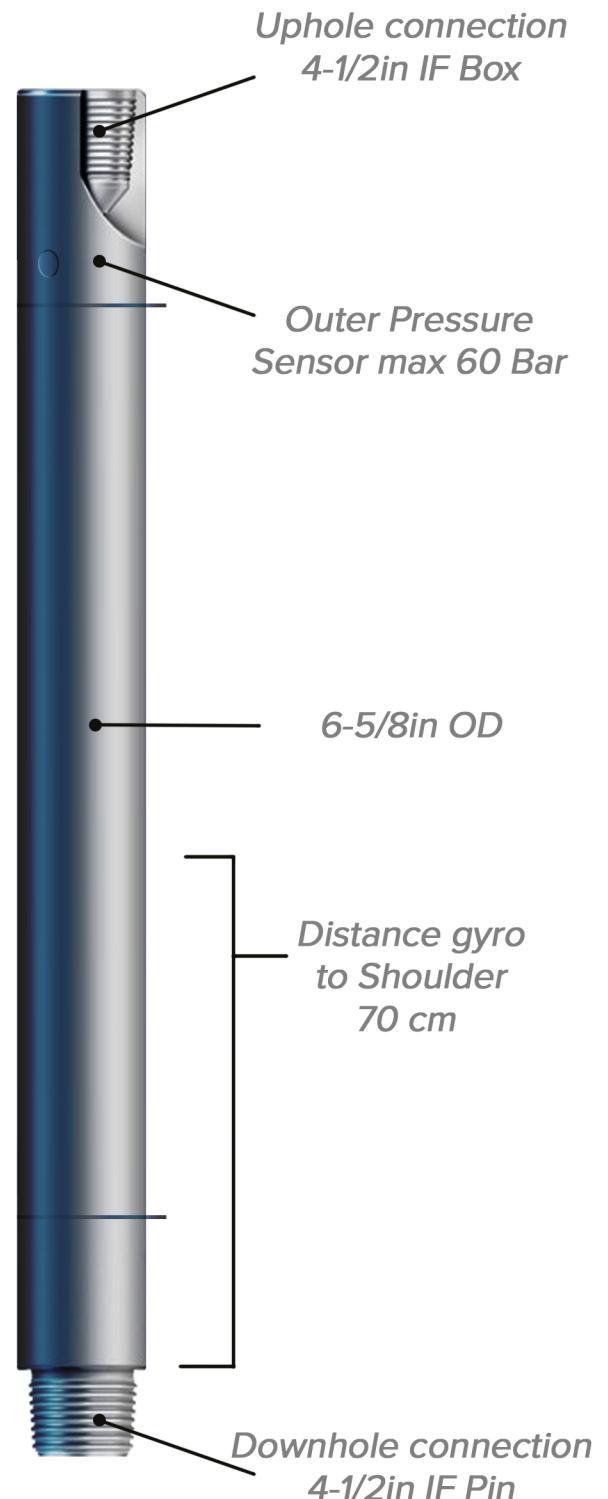
# Drillguide

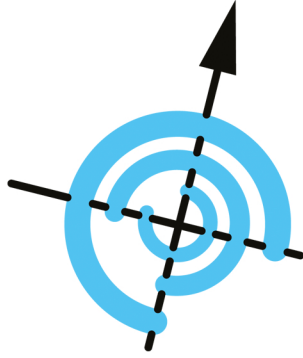
GYRO STEERING TECHNOLOGY

## Midi GYRO specifications

Tool length	267 cm
Max OD	170 mm (6-5/8")
Drillbit size	8-1/2", 9-5/8"
Hole size	200-250 mm
Drillpipe sizes	D80, 3-1/2", 4-1/2", 5-1/2"
Minimum rig size	32 tons
Minimal Bending Radius	150 mtr
Maximal push force	250 kN
Max Drilling length	(2-7/8" 350mt, 3-1/2" 450mt 4-1/2" 1000mt)
Wireline usage mm <sup>2</sup>	(6 mm <sup>2</sup> -1000 mt)/10 mm <sup>2</sup>
Electric power input on surface	110/230 VAC 50 HZ
Electric power output to GST	56 VDC
Uphole connection	4-1/2" IF box
Downhole connection	4-1/2" IF pin
Max make up torque	24 kNm
Max RPM	60
Max G-force	8 G
Max flow rate	1500 ltr/min
Max temperature	65°
Netto weight	300 Kg

\* Accuracy Azimuth 0.04° - Inclination 0.01° - Borehole pressure 0.25%





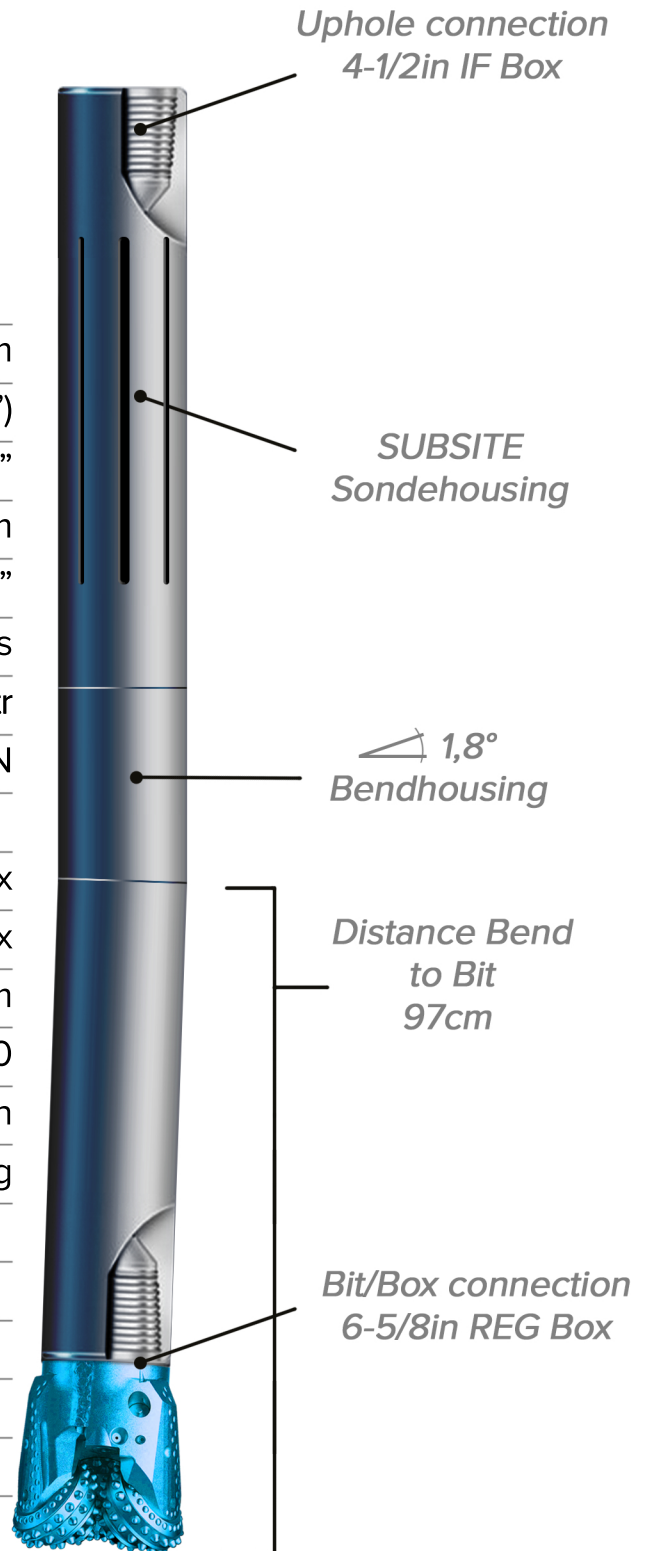
# Drillguide

GYRO STEERING TECHNOLOGY

## Midi jetting assembly specifications

Tool length	257 cm
Max OD	170 mm (6-5/8")
Drillbit size	8-1/2", 9-5/8"
Hole size	200-250 mm
Drillpipe sizes	D80, 3-1/2", 4-1/2", 5-1/2"
Minimum rig size	32 tons
Minimal Bending Radius	150 mtr
Maximal push force	250 kN

Uphole connection	4-1/2" IF box
Downhole connection	6-5/8" REG box
Max make up torque	24 kNm
Max RPM	60
Max flow rate	1500 ltr/min
Netto weight	365 Kg





**Bijlage 5 Beschrijving boorvloeistof**

**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](http://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 vloeïend; tijdens stilstand dikt de spoeling in tot een gelachtige structuur, waardoor grof boorgruis effectief wordt gesuspenderd. 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/m <sup>3</sup>
Stortgewicht	-	≈ 900 kg/m <sup>3</sup>
Yield Point (6,4%)	Fann Viscometer	≥ 18 lbs / 100 ft <sup>2</sup>
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.

### **Aanbevolen gebruik**

**Geconsolideerde formaties 60 – 70 kg/m<sup>3</sup>**

**Niet-geconsolideerde formaties 65 – 75 kg/m<sup>3</sup>**

### **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 aantoonde 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**





**Bijlage 6 Leaflet Veilig werken onder of nabij bovengrondse  
hoogspanningsverbinding**

**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



# Uw veiligheid en werkzaamheden

onder of nabij de bovengrondse  
hoogspanningsverbinding



Samen met u zorgen wij voor veiligheid en betrouwbare hoogspanningsverbindingen. Met duidelijke afspraken voorkomen wij onveilige situaties en kunnen we de leveringszekerheid van de hoogspanningsverbinding garanderen.





Beschadigingen aan een bovengrondse hoogspanningsverbinding kunnen gevaarlijk zijn voor mens en dier. Als bijvoorbeeld een werktuig te dichtbij een bovengrondse hoogspanningsverbinding gebruikt wordt kan overslag plaatsvinden met dodelijke elektrocutie tot gevolg. Veiligheid en een ongestoorde werking van een hoogspanningsverbinding vragen altijd om zorgvuldig handelen van iedereen. In uw persoonlijk belang én in het belang van ons allen.



Met deze leaflet informeren wij u over de gevaren van werken onder of in de nabijheid van bovengrondse hoogspanningsverbindingen.

### Belemmerde strook

De veiligheidsaanbevelingen in deze leaflet gelden voor de strook grond direct onder en aan weerszijden van de bovengrondse hoogspanningsverbinding. Wij noemen dit de 'belaste of belemmerde strook'. Deze strook grond staat vaak ook in het bestemmingsplan beschreven. De breedte van de strook is onder andere afhankelijk van het spanningsniveau en varieert van 19 tot 162 meter.

### Voorkom onveilige situaties

#### ✔ Zorg voor een veilige plaatsing van materieel

Bij gebruik van grote of hoge hulpmiddel- en is het van belang deze zodanig op te

stellen dat deze niet in de richting van de hoogspanningsverbinding kunnen vallen.

#### ✔ Blokkeer materieel op veilige maximale hoogte

Bij gebruik van een werktuig is het van belang om de draaicirkel en de hoogte mechanisch, elektrisch of elektronisch te blokkeren. Als u hiernaar handelt, voorkomt u dat de werktuigen de hoogspanningsverbinding te dicht naderen.

#### ✔ Werk op veilige hoogte

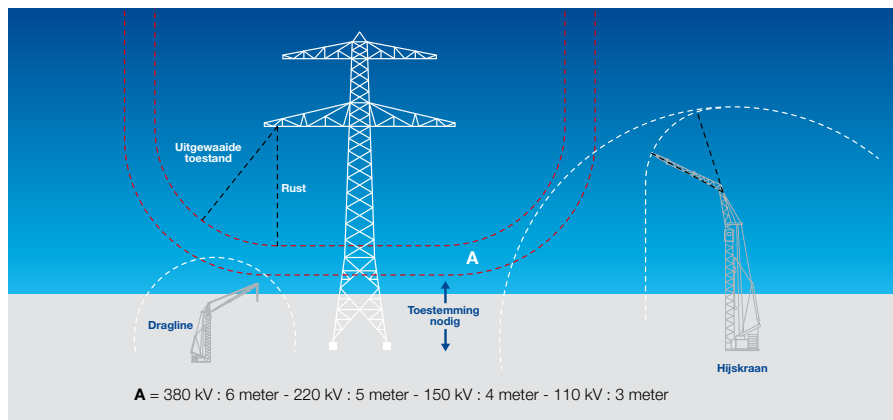
Bij gebruik van (mechanische) werktuigen zoals een graafmachine, dragline, heisting, (hij)s kraan of een ander werktuig, mag de hijsarm van het werktuig of de daaraan hangende last nooit in de risicozone van de hoogspanningsverbinding komen. Wij vertellen u graag wat de ter plaatse geldende maximale vrije werkhoogte is.

#### ✔ Zorg voor goede aarding

Om gevaarlijke inductiespanningen te voorkomen, is het van belang om (mobiele) werktuigen bij werkzaamheden in de belaste strook te aarden met een staalkabel van voldoende dikte of een sleepketting. Dit adviseren wij ook voor werktuigen in de nabijheid van de belaste strook. Dit geldt niet voor werktuigen voorzien van stalen rupsen. Deze moeten goed contact maken met de grond.

#### ✔ Opslag

Wees alert bij het oprichten of uitbreiden van opslagplaatsen en of materialen. Houd er rekening mee dat de hoogspanningsmasten goed bereikbaar blijven.



Risicozone hoogspanningsverbinding. Dit geldt ook voor masttypen zoals de wintrackmast.

### Heeft u na het lezen nog vragen?

Neem dan contact met ons op.

TenneT GSN-REM:

telefoon: 0800 8366388

e-mail: [grondzaken@tennet.eu](mailto:grondzaken@tennet.eu)

Is er een incident of ontdekt u een storing aan een hoogspanningslijn, bel dan direct naar 0800-0230459 (24/7 bereikbaar). Lees ook de uitgebreide brochure 'Uw veiligheid en de ongestoorde werking van de bovengrondse hoogspanningsverbinding'. Deze vindt u op [www.tennet.eu](http://www.tennet.eu)



Bijlage 4 E-mail goedkeuring Gasunie op HDD boring

**Van:** [redacted] namens [Alg. Postbus cta](#)  
**Aan:** [redacted]  
**Onderwerp:** 22O037922 reactie HDD akkoord  
**Datum:** woensdag 6 april 2022 16:21:58  
**Bijlagen:** [image001.png](#)  
[image003.png](#)  
[image004.png](#)  
[image005.png](#)  
[image006.png](#)  
[3413-0322-01-BT02.pdf](#)

---

Geachte heer [redacted]

Het technisch ontwerp van de gestuurde boring met tekening nr. 3413-0322-01-BT02 rev. 22 maart 2022 is akkoord bevonden conform de door u aangeleverde werktekening.

**Graag deze correspondentie meesturen met de graafmelding.**

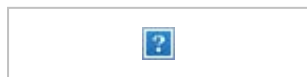
Met vriendelijke groet,

[redacted]

E: [redacted]  
T: [redacted]  
M: + [redacted]  
I: [www.gasunie.nl](http://www.gasunie.nl)

#### **N.V. Nederlandse Gasunie**

Omgevingsloket  
Postbus 19  
9700 MA Groningen  
Concourslaan 17



Denk alstublieft aan het milieu voordat u deze e-mail print.

---

**Van:** [redacted]  
**Verzonden:** dinsdag 5 april 2022 14:55  
**Aan:** Alg. Postbus cta <cta@gasunie.nl>  
**Onderwerp:** Ontwerp ter goedkeuring n.a.v. KLIC 22O03922 (3413)

Geachte heer, mevrouw,

In opdracht van Energy Solutions hebben wij een ontwerp gemaakt voor een tijdelijke verbinding voor TenneT.

Graag ontvang ik akkoord op het voorgenoemde ontwerp van de horizontaal gestuurde boring.

Met vriendelijke groet,

[redacted]



(correspondentieadres):

Hulsenboschstraat 22  
B-1,  
4251 LR Werkendam

Tjalk 43,  
2411 NZ  
Bodegraven

M:

[REDACTED]

E:

[REDACTED]

[engineering.nl](http://engineering.nl)

KvK 70156689

BTW

NL858166173B01

IBAN

NL42INGB0006956686



*De informatie in deze e-mail en eventuele bijlagen kunnen vertrouwelijk zijn en worden uitsluitend verstrekt voor gebruik door de beoogde ontvanger(s). Als u niet de beoogde ontvanger bent, wordt u hierbij op de hoogte gebracht dat elke openbaarmaking, distributie of gebruik van deze e-mail, de bijlagen of enige informatie die erin staat, ongeoorloofd en verboden is. Als u dit per ongeluk heeft ontvangen, neem dan onmiddellijk contact op met de afzender en verwijder deze e-mail en eventuele bijlagen. Er wordt geen verantwoordelijkheid aanvaard voor enig virus of defect dat zou kunnen ontstaan door het openen van deze e-mail of bijlagen, al dan niet gecontroleerd door antivirussoftware. Aan deze mail kunnen geen rechten worden ontleent. Voor facturen graag t.a.v. contactpersoon binnen ATRON-Engineering en ons projectnummer vermelden op de factuur. Deze kunnen rechtstreeks worden verstuurd aan [administratie@atron-engineering.nl](mailto:administratie@atron-engineering.nl).*

---

This communication is intended only for use by the addressee. It may contain confidential or privileged information. If you receive this communication unintentionally, please let us know by replying immediately. N.V. Nederlandse Gasunie does not guarantee that the information sent with this E-mail is correct and does not accept any liability for damages related thereto.

---