

BOORPLAN

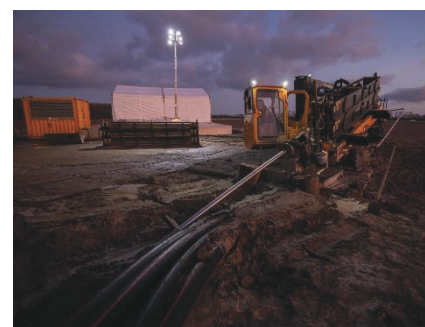
Horizontaal gestuurde boring

Project: B212256.WP05

Kasteellaan te Geertruidenberg



Opgesteld door:	Opdrachtgever:	Vergunningverlener:
Naam:	Naam: Tennet	Naam: Rijkswaterstaat
Datum: 14-04-2022		
 van gelder	 Taking power further	 Rijkswaterstaat Ministerie van Verkeer en Waterstaat



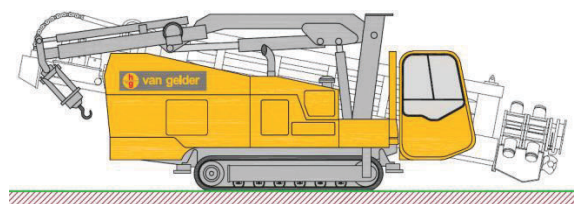
Voorwoord

Van Gelder afd. gestuurd boren heeft van u opdracht mogen ontvangen voor het realiseren van een ontwerp voor het kruisen van een A-weg middels gestuurd boren.

De plannen zijn zo zorgvuldig mogelijk opgesteld op basis van de aan van Gelder verstrekte gegevens. In dit boorplan is er rekening gehouden met de bestaande kabels en leidingen en zoveel mogelijk worden de wensen van vergunning- en/of toestemmingverleners aangehouden.

Van Gelder is niet aansprakelijk indien onbekende zaken leiden tot stagnatie van de werkzaamheden. Om dit te voorkomen dient de aannemer ten alle tijden zich voor aanvang van de werkzaamheden te conformeren met het gerealiseerde plan en zelf een graafmelding te doen zoals is vastgelegd in de wet WION.

Revisie	Datum	Status	Opgesteld	Gecontroleerd	Geaccepteerd
1.0					
1.1					
1.2					
1.3					
1.4					



Inhoudsopgave

1	Inleiding.....	5
2	Project specificaties	6
2.1	Belangrijke aspecten op dit project:.....	6
2.2	Keuze boortracé en geometrie:	6
2.3	Keuze boorlijn:	6
2.4	Inrichten in- en uittredepunt:	7
2.5	Geplande werktijd:	9
2.6	Personeel:	10
2.7	Registratie revisiegegevens:	10
2.8	Afwijkingen:	10
3	Technische gegevens.....	11
3.1	Aan te brengen buizen:	11
3.2	Geometrische gegevens HDD04.1:	11
3.3	Geometrische gegevens HDD04.2:	11
3.4	Plaatsbepaling:	12
3.5	In te zetten materiaal:	12
4	Gegevens sterkteberekening	13
4.1	Grondopbouw met waterstand	13
4.2	Ballasten leiding	13
4.3	Trekkrachtberekening	14
4.4	Deflectie en Implosie $\varnothing 200$	14
4.5	Deflectie en Implosie $\varnothing 250$	14
4.6	Conclusie sterkteberekening	14
5	Gegevens Muddrukberekening	15
5.1	Boorvloeiستofdrukken	15
5.2	Conclusie muddrukberekening	16
6	Algemene omschrijving gestuurde boring	17
6.1	Beschrijving boormethode:	17
6.2	Pilotboring:	17
6.3	Ruimen:	18
6.4	Cleaning run (optioneel):	18
6.5	Intrekoperatie:	19
6.6	Boorspoeldrukken:	19
6.7	Mobilisatie en demobilisatie	20

6.8	Opslag en transport van boorslurry	21
7	Boorspoeling	22
7.1	Doel van boorspoeling:	22
7.2	Het aanmaken van boorspoeling:	22
7.3	Debieten en muddrukken:	22
8	Beheersing kwelproblematiek	23
8.1	Kwel:	23
8.2	Risico's en maatregelen:	23
8.3	Maatregelen op dit project:	23
	Bijlagen	24
1	Werktekening	25
2	Grondonderzoeken	26
3	Sterkte- en muddrukberekening	27
4	Specificaties meetsysteem	28
5	Specificatie boorspoeling	29
6	In te zetten boorrig	30
7	Risicoanalyse;	31

1 Inleiding

TenneT heeft van Gelder afd. gestuurd boren gevraagd om een gestuurde boring te ontwerpen ten behoeve van een hoogspanning- en glasvezel-tracé. Om dit tracé te kunnen realiseren is het noodzakelijk om enkele infrastructurele werken te kruisen. In dit boorplan wordt de gestuurde boring onder de Kerklaan en parallel aan de A27 HMP t.h.v. hmp 19.0 tot 20.1 verder toegelicht.



1 Figuur Werklocatie

2 Project specificaties

2.1 Belangrijke aspecten op dit project:

Het geplande boortracé gaat parallel aan de A27 HMP t.h.v. hmp 19.0 tot 20.1. Hiervoor dient vergunning te worden aangevraagd bij Rijkswaterstaat.

Het boortracé is van tevoren geschouwd en er is bij het kadaster een oriëntatiemelding gedaan (22O024519 + 22O024522) Uit dit vooronderzoek is gebleken dat er rekening moet worden gehouden met onderstaande punten.

Het boortracé is zo gekozen dat we voldoen aan de eisen van de opdrachtgevers en de richtlijnen van de vergunningverleners, Richtlijnen Boortechniek "2019" en de richtlijnen van diverse kabel- en leidingbeheerders.

Tijdens de uitvoering worden ter plaatse van het in- en uittredepunt alle kabels en leidingen vrij gegraven en indien noodzakelijk extra beschermingsmaatregelen getroffen

De input voor de sterkte- en muddrubberekeningen (zie bijlage 3) is gebaseerd op de bijgevoegde bodemonderzoeken. (zie bijlage 2). Om de grondwaterstand in te schatten is gebruik gemaakt van peilbuisgegevens, afkomstig van Dinoloket/Grondwatertools (TNO). De gerealiseerde sterkte berekening geeft aan dat de aan te brengen buis geschikt is voor de geplande werkzaamheden. Uit de muddrubberekeningen blijkt dat ter plaatse van de berekende punten voldoende marge wordt gehouden tussen de minimaal benodigde en maximaal toelaatbare boorspoeldruk.

2.2 Keuze boortracé en geometrie:

Gyro

Op dit project is, in verband met het kruisen van de Kerklaan nabij de A27 op diepte en de veiligheid van het personeel van de boorploeg, ervoor gekozen om de pilotboring te realiseren met behulp van een gyroscoop meetsysteem. Met dit computer gestuurde meetsysteem kan de surveyor de boorkop op afstand blijven volgen.

2.3 Keuze boorlijn:

Keuze boorlijn zijn gebaseerd op de volgende eigenschappen:

- In- en uittredehoek van 16 graden, dit is minimaal benodigd bij het uitvoeren van de gestuurde boring met een 150T boorrig.
- Verticale boogstralen van 300 meter, dit is minimaal benodigd bij het uitvoeren van de gestuurde boring met een gyroscopische meetsysteem.
- Horizontale boogstralen van 500&300 meter + 495&455 meter, dit samen met de verticale boogstraal van 300 meter resulteert dit in een gecombineerde boogstraal van 257.4&249.7 meter en 256.7&250.5 meter. Dit is acceptabel voor een boring met Gyroscopisch meetsysteem
- Diepgang van de boring om muduitbraak te voorkomen.

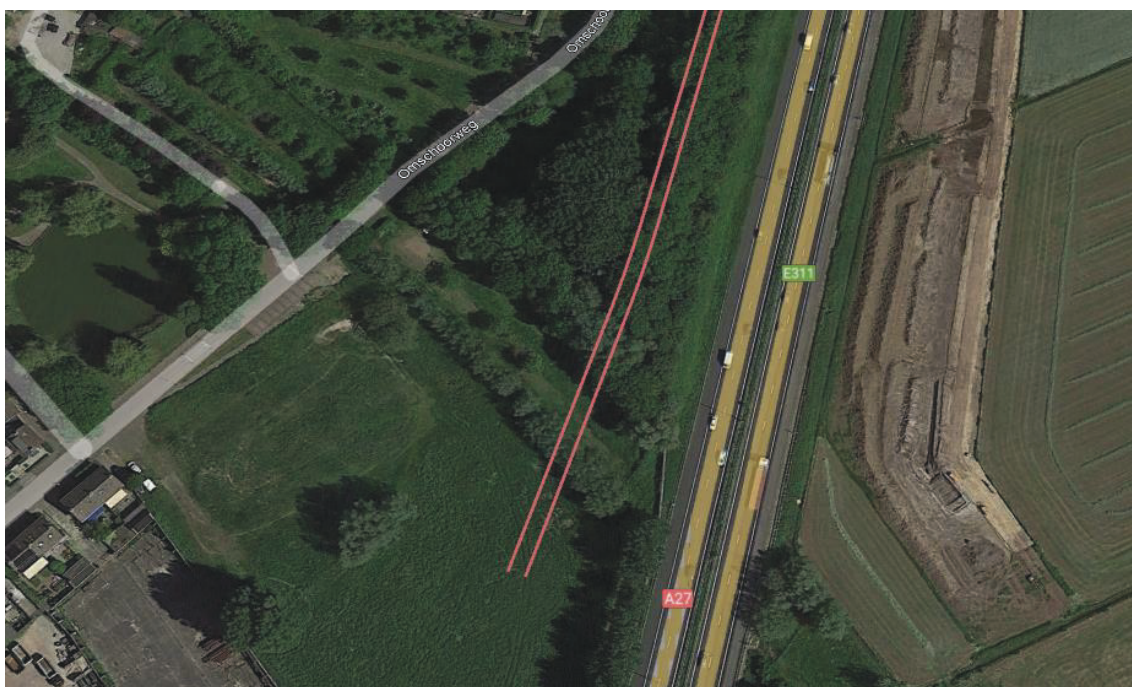
2.4 Inrichten in- en uittredepunt:

Uit de oriëntatiemelding blijkt dat er ter plaatse van het in- en uittredepunt diverse kabels en leidingen aanwezig zijn. Ten einde deze niet te beschadigen is het noodzakelijk de exacte ligging hiervan te lokaliseren door middel van proefsleuven. Hierbij kan het noodzakelijk blijken om het exacte in- en uittredepunt aan te passen of om tijdelijk de bestaande kabels om te leggen.

Voor het verkrijgen van werkwater dient er water naar de locatie te worden getransporteerd.

Het intredepunt is gepland aan de oostzijde van de Omschoorweg naast de A27 hmp 19.0.

Ter plaatse is er voldoende ruimte beschikbaar voor het graven van een werkput van ca. 10,00m³. Tevens is er voldoende ruimte beschikbaar voor het opstellen van het materieel en materiaal.



Figuur 2 Overzicht intredepunt

Het uittredepunt is gepland aan de Oostzijde van de A27 t.h.v. 20.1.

Ter plaatse is er voldoende ruimte beschikbaar voor het graven van een werkput van ca. 10,00m³. Tevens is er voldoende ruimte beschikbaar voor het opstellen van het materieel en materiaal. Wel dient er een sloot gedempt te worden.



Figuur 3 Overzicht uittredepunt

De aan te brengen PE100 SDR11 3x $\varnothing 200$ & 1x $\varnothing 250$ (per boring) kan achter het uittredepunt worden opgesteld en uitgelegd.

2.5 Geplande werktijd:

De geplande werktijd is bepaald in overeenstemming met de ingeschatte voortgangssnelheid per fase. Bij een gestuurde boring moeten de onderstaand fasen als opvolgend worden uitgevoerd. Het aanvoeren, lassen en beproeven van de buizen zal doorlopend gedurende de onderstaande fasen worden gerealiseerd. Deze globale planning betreft de planning per gestuurde boring.

Werkdag	1									
Uren	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Voorbereidende werkzaamheden										
Verkeersmaatregelen treffen										
Aanvoeren en opstellen boorrig										
Controle klicmelding + proefsleuven										
Graven in-/ uittredepunt										
Werkdag	2									
Uren	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Pilotboring (Gyro)										
Werkdag	3									
Uren	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Pilotboring (Gyro)										
Werkdag	4									
Uren	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Pilotboring (Gyro)										
Werkdag	5									
Uren	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ruimen										
Werkdag	6									
Uren	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ruimen										
Werkdag	7									
Uren	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ruimen										
Werkdag	8									
Uren	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Intrekken buis										
Werkdag	9									
Uren	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Herstellen werklocatie + afvoeren boorrig										

- Voortgangssnelheid bij de pilotboring; ca. 25m/uur tot 50m/uur
- Voortgangssnelheid bij de ruimfase; ca. 30 tot 50m/uur
- Voortgangssnelheid bij het intrekken; ca. 30 tot 50m/uur

2.6 Personeel:

Inzet van het personeel op de boorrig zijn § en 1 of 2 assistenten. Hierbij is de taakverdeling als volgt:

- Boormeester:
 - Bediening van de boorrig
 - Koppelen van de boorstangen (intredepunt)
- Boor-assistent:
 - Samenstellen van de boorspoeling
 - Spiegellassen van de buizen
- Surveyor:
 - Verzorgen meet- en revisiegegevens

2.7 Registratie revisiegegevens:

Conform de vigerende NEN- normen is het noodzakelijk om bij iedere boorfase (pilot, ruim en intrekfase) de voortgang van het proces te monitoren. Dit wordt gerealiseerd door het registreren van de onderstaande parameters:

- Positiebepalingen en metingen;
- Debiet en druk van de boorvloeistof (aan de pomp/boorkop);
- Trekkracht van de boorrig;
- Indien geëist de resultaten van de monitoring, met de nul- en vervolgmeting.

2.8 Afwijkingen:

Het is mogelijk dat een pilotboring onder bepaalde omstandigheden afwijkt van het vooraf geplande boortracé. De boormeester en assistent-boormeester houden continu en nauwlettend het boorproces in de gaten en eventuele afwijkingen worden geregistreerd. Wanneer de boring buiten de 'maximale toegestane afwijking' treedt zal door de hoofduitvoerder contact worden opgenomen met de opdrachtgever. Volgens de NEN 3650-01 en Richtlijnen Boortechnieken mag de afwijking in de lengte-, breedte- en diepteligging van de hartlijn van de leiding niet groter zijn dan aangegeven afwijkingen in het onderstaande tabel.

Richting	Maximale uitvoeringsafwijking
Verticaal	+1m / -1m
Horizontaal	
- In lengterichting t.p.v uittredepunt	+5m / -2m
- In dwarsrichting t.p.v uittredepunt	+1m / -1m
- In dwarsrichting tracé tussen in-/uittredepunt	+5m / -5m
Boogstralen	< 10%

Figuur 4 Maximale toegestane afwijking

3 Technische gegevens

In dit hoofdstuk zijn de technische gegevens van de gestuurde boring te vinden welke ingevoerd zijn in het rekenprogramma D-Geo Pipeline, versie 20.1.

3.1 Aan te brengen buizen:

Bij het realiseren van de gestuurde boring zal een PE100 SDR-11 3xØ200 + 1xØ250mm worden aangebracht.

Totaal aantal aan te brengen buis/buizen	:	3stuk(s)
Type buis	:	PE (polyethyleen)
Diameter buis	:	Ø200mm
Wanddikte	:	18.2mm
Kwaliteit	:	PE100 SDR-11
Drukklasse	:	PN16
Werkdruk	:	n.v.t.
Ontwerpdruk	:	n.v.t.

Totaal aantal aan te brengen buis/buizen	:	1stuk(s)
Type buis	:	PE (polyethyleen)
Diameter buis	:	Ø250mm
Wanddikte	:	22.8mm
Kwaliteit	:	PE100 SDR-11
Drukklasse	:	PN16
Werkdruk	:	n.v.t.
Ontwerpdruk	:	n.v.t.

3.2 Geometrische gegevens HDD04.1:

Lengte boortracé (maaiveld)	:	1067.9m
Lengte boortracé (boorlijn)	:	1073.7m
Intredehoek	:	16°
Uittredehoek	:	16°
Neergaande verticale boogstraal	:	300m
Opgaande verticale boogstraal	:	300m
Horizontale boogstraal	:	500m + 300m
Gecombineerde boogstraal	:	257.4m + 249.7m
Diepste punt gestuurde boring (N.A.P.)	:	-24.0m
Diepste punt gestuurde boring (maaiveld)	:	28.7m
Diameter te gebruiken ruimers	:	Ø700mm

3.3 Geometrische gegevens HDD04.2:

Lengte boortracé (maaiveld)	:	1070.4m
Lengte boortracé (boorlijn)	:	1076.2m
Intredehoek	:	16°
Uittredehoek	:	16°
Neergaande verticale boogstraal	:	300m
Opgaande verticale boogstraal	:	300m
Horizontale boogstraal	:	495m + 455m
Gecombineerde boogstraal	:	256.7m + 250.5
Diepste punt gestuurde boring (N.A.P.)	:	-24.0m
Diepste punt gestuurde boring (maaiveld)	:	28.7m
Diameter te gebruiken ruimers	:	Ø700mm

3.4 Plaatsbepaling:

Gyro

In verband met de gekozen diepte kan de geplande gestuurde boring niet worden uitgevoerd met een walk-over meetsysteem. Het boortracé is daarom zo gepland dat de pilotboring kan worden gerealiseerd met het gyroscoop meetsysteem. Bij dit meetsysteem wordt er een andere boorkop gemonteerd, welke wordt gekoppeld aan een draad en hiermee de data doorgeeft aan een computerprogramma. Via de benodigde software kan de surveyor de zender nauwkeurig blijven volgen en controleren of er niet van de geplande boorlijn wordt afgeweken. Bij het aan brengen van iedere boorstang moet de draad worden verlengd of ingekort. De zender geeft onder andere door:

- Azimuth (richting)
- Pitch (helling)
- Roll (klokstand)
- Diepte
- Temperatuur van de zender

Dit meetsysteem is ongevoelig voor storing door omgevingsinvloeden en blijft op iedere diepte nauwkeurig. Aanvullende informatie van dit meetsysteem is te vinden in Bijlage 4.

3.5 In te zetten materiaal:

Voor de processen van sleufloze aanlegtechnieken is er een indeling gemaakt. De processen van de scope sleufloze technieken worden bij gestuurde boringen onderverdeeld in 3 processen (S-A, S-B en S-C).

Gestuurde boringen (Processen S-A, S-B en S-C)

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

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

De CKB-regeling geeft aan dat er onder bepaalde omstandigheden aanleiding kan zijn om van de indeling af te wijken. Voorbeelden hiervan zijn:

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

Dit project is volgens de CKB regeling gecategoriseerd als zeer grote gestuurde boring, welke kan worden uitgevoerd met een maxirig. Bij dit project is er geen aanleiding om van de CKB-regeling af te wijken.

4 Gegevens sterkteberekening

In dit werkplan wordt de meest ongunstige berekening (HDD05.2 i.v.m. lengte) toegelicht, beide berekeningen zijn in de bijlage te vinden (bijlage 3).

4.1 Grondopbouw met waterstand

Het grondonderzoek dat is toegepast voor de berekening is afkomstig van Koops Grondmechanica, zie bijlage 2. Voor het opstellen van de grondopbouw zijn de volgende sonderingen en grondwaterstanden toegepast.

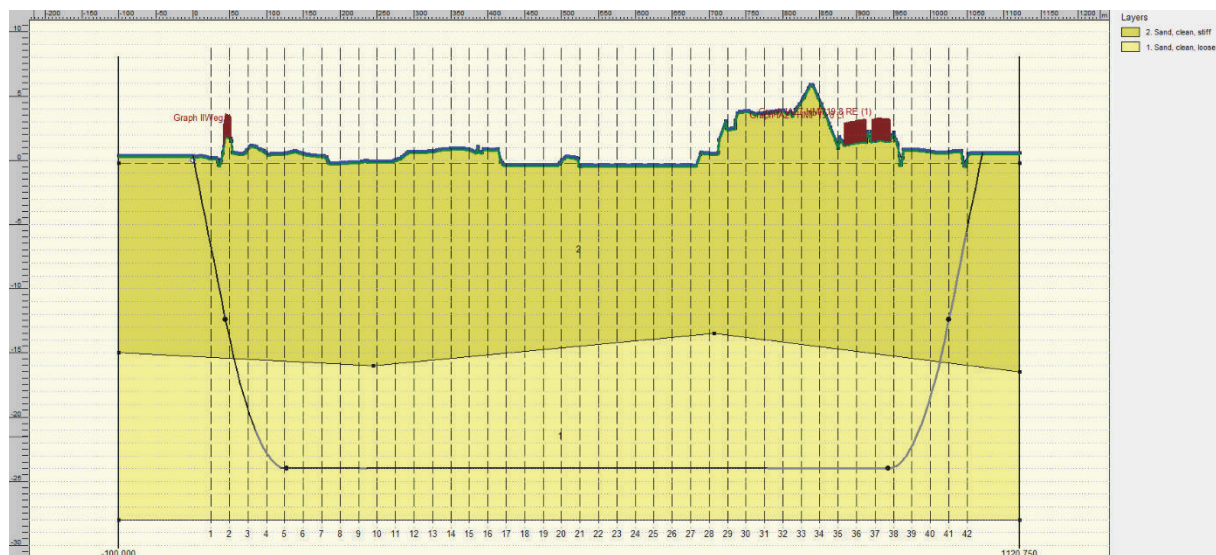
Sonderingen:

- 2019-1180_S03
- 2019-1180_S06
- 2019-1180_S07
- 2019-1180_S08

Grondwaterstand:

- Intredepunt: -0.21m t.o.v. NAP
- Uittredepunt: -0.21m t.o.v. NAP

De grondopbouw met waterstand in combinatie met de te maken boring is als volgt:



4.2 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 vulling percentage is de wrijvingskracht tussen de leiding en de wand van het boorgat minimaal. Bij een vulling percentage van 100% ontstaat het volgende resulterende gewicht.

Opwaartse kracht	:	162	[kg/m]
Gewicht productbuis (inclusief vulling)	:	144	[kg/m]
Resultaat	:	18	[kg/m] (Leiding beweegt opwaarts)

4.3 Trekkkrachtberekening

Volgens de trekkkracht berekening is er voor deze boring een maximale trekkkracht benodigd van 178 kN = 17.8 ton, zie bijlage 3. Vanwege onvoorziene omstandigheden adviseert Van Gelder boren hierin een ruime marge te nemen.

4.4 Deflectie en Implosie $\varnothing 200$

De resultaten van de berekening tonen aan dat de wanddikte van 14.7 mm voldoet.

De deflectie van de leiding is 2.1 mm ($1.05\% \times D_o$). De maximaal toelaatbare deflectie van de leiding is 16,0mm ($8,00\% \times S \times D_o$). De deflectie is toelaatbaar.

De maximaal toelaatbare deflectie bij inspectie ('piggability') is 10.0mm ($5,00\% \times D_o$). De deflectie is toelaatbaar.

Tijdens het intrekken wordt de leiding belast door de heersende bentonietdruk. De hoogste minimaal benodigde druk tijdens het intrekken is gelijk aan 244 kN/m², dit is kleiner dan de toelaatbare alzijdige uitwendige druk van 1553 kN/m².

Tijdens de bedrijfstoestand wordt de leiding belast door de heersende waterdruk. De uitwendige waterdruk op de leiding is gelijk aan 244 kN/m², dit is kleiner dan de toelaatbare alzijdige uitwendige druk van 552 kN/m².

4.5 Deflectie en Implosie $\varnothing 250$

De resultaten van de berekening tonen aan dat de wanddikte van 18.4 mm voldoet.

De deflectie van de leiding is 2.8 mm ($1.11\% \times D_o$). De maximaal toelaatbare deflectie van de leiding is 20,0mm ($8,00\% \times S \times D_o$). De deflectie is toelaatbaar.

De maximaal toelaatbare deflectie bij inspectie ('piggability') is 12.5 mm ($5,00\% \times D_o$). De deflectie is toelaatbaar.

Tijdens het intrekken wordt de leiding belast door de heersende bentonietdruk. De hoogste minimaal benodigde druk tijdens het intrekken is gelijk aan 244 kN/m², dit is kleiner dan de toelaatbare alzijdige uitwendige druk van 1785 kN/m².

Tijdens de bedrijfstoestand wordt de leiding belast door de heersende waterdruk. De uitwendige waterdruk op de leiding is gelijk aan 244 kN/m², dit is kleiner dan de toelaatbare alzijdige uitwendige druk van 520 kN/m².

4.6 Conclusie sterkteberekening

De conclusie van alle parameters: Grondonderzoek, boortekening en de sterkteberekening is als volgt: De boring is ontworpen binnen de richtlijnen van de boor en meet equipment. De boring voldoet in de sterkte berekening.

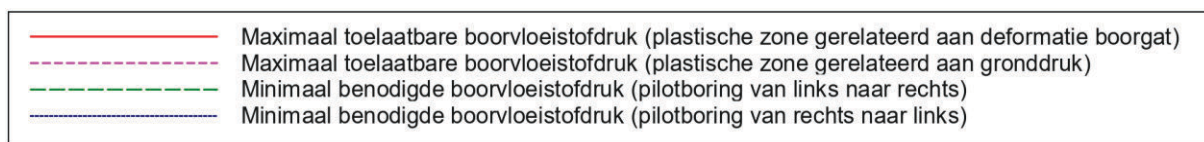
Uit bovenstaande gegevens kunnen wij concluderen dat deze boring geheel binnen de richtlijnen uitgevoerd kan worden.

5 Gegevens Muddrukberekening

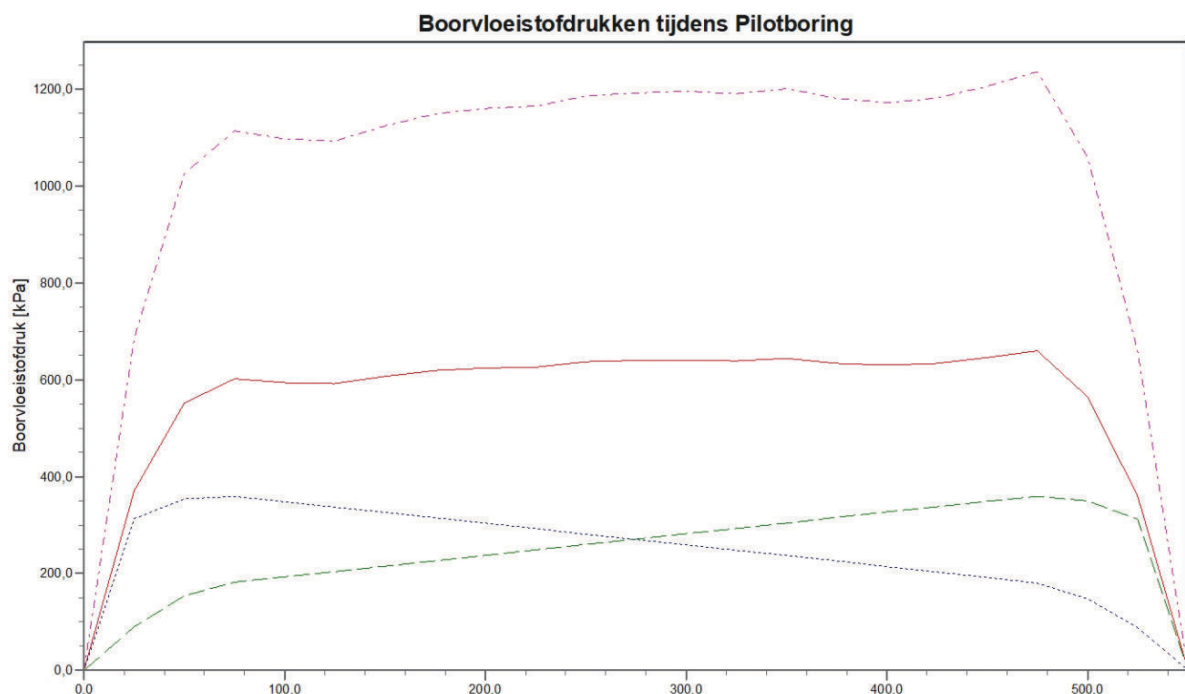
Bij het uitvoeren van gestuurde boringen wordt gebruik gemaakt van bentoniet. Dit is een natuurlijke soort klei, dat als een droge stof op de werklocatie wordt aangevoerd. In de meng-unit van de boorinstallatie wordt de bentoniet vermengd met water tot de gewenste viscositeit. Dit mengsel wordt tijdens alle fasen van het boorproces gebruikt. Het debiet van de pomp is afhankelijk van de verschillende boorfases en grondsamenstelling. Om te voorkomen dat het debiet te hoog is en de mud door de ondergrond het maaiveld bereikt (wegstroomt) zijn er mud druk berekeningen uitgevoerd. Hierin is de minimaal benodigde mud druk vergeleken met de maximaal toelaatbare mud druk. Bij deze berekening is de pilotboring in de meeste gevallen maatgevend, omdat het uitstromen van de boorspoeling slechts aan één kant mogelijk is. Nabij het in-/uittredepunt is het risico op een blow-out het grootst vanwege de geringe dekking tot het maaiveld.

5.1 Boorvloeistofdrukken

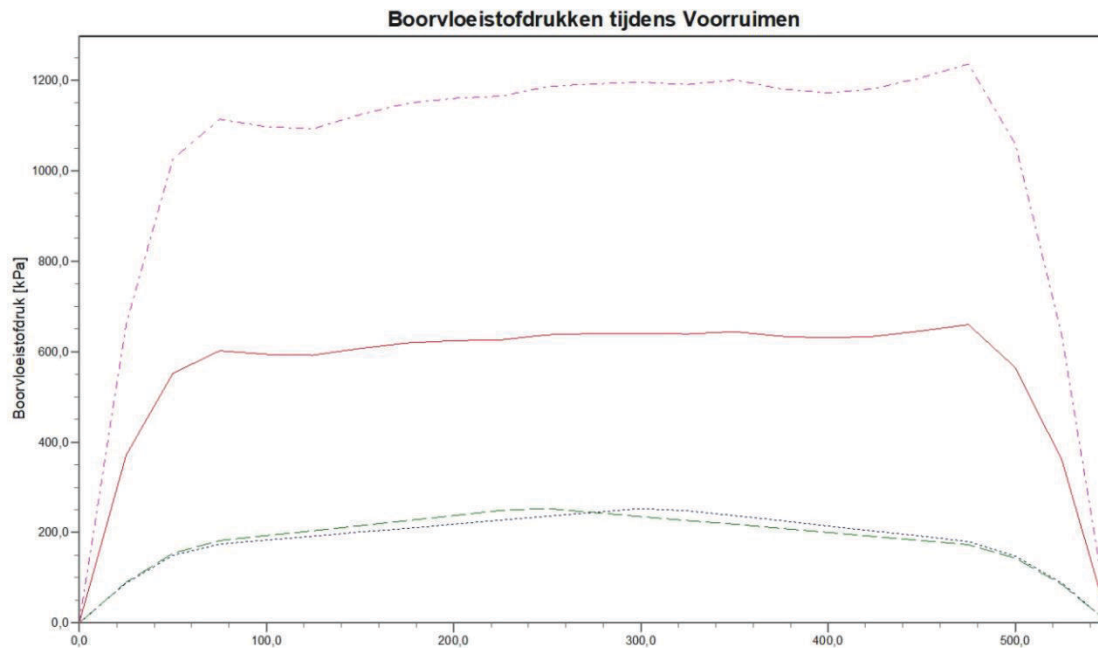
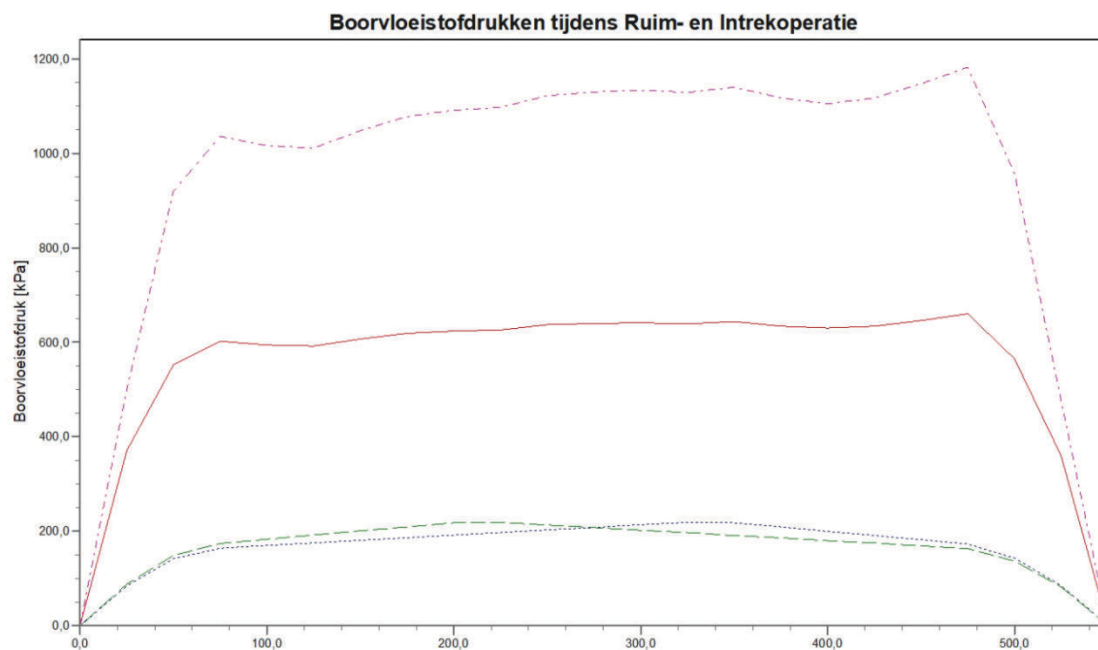
Onderstaand zijn de boorvloeistofdrukken die tijdens de pilotboring, voorruimen en intrekoperatie optreden weergegeven. Deze boorvloeistofdrukken volgen uit bijgevoegde berekening.



Figuur 6 Legenda Boorvloeistofdrukken



Figuur 7 Boorvloeistof tijdens Pilotboring

**Figuur 8 Boorvloeistof tijdens Voorruimen****Figuur 9 Boorvloeistof tijdens Ruim- en intrekoperatie**

5.2 Conclusie muddrukberekening

In de bovenstaande boorvloeistofdrukken die tijdens de Pilotboring, Voorruimen en Ruim- en Intrekoperatie optreden is te zien dat de boorvloeistofdrukken die tijdens de pilotboring optreden leidend zijn. De pilotboring wordt uitgevoerd van links naar rechts en de pijpleiding wordt van rechts naar links ingetrokken.

In de bovenstaande boorvloeistofdrukken is te zien dat de minimaal benodigde boorvloeistofdruk voldoende onder de maximaal toelaatbare boorvloeistof blijft, dit betekend dat er geen mud uitbraak wordt verwacht.

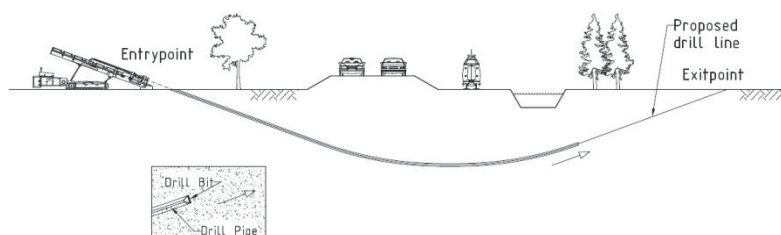
6 Algemene omschrijving gestuurde boring

6.1 Beschrijving boormethode:

Nadat het equipment is aangevoerd, geplaatst en aangesloten kan met het eigenlijke boorproces worden begonnen. Dit is onder te verdelen in drie stappen respectievelijk de pilot boring, ruimgangen en het intrekken van de pijpleiding. Onderstaand wordt dit boorproces beschreven.

6.2 Pilotboring:

De eerste stap is de pilot boring. Hierbij worden de boorbuizen van ca 6.0 meter lang één voor één door de boorstelling de grond ingeduwd. De afzonderlijke boorstangen worden door middel van een schroefkoppeling aan elkaar gekoppeld tot een boorstreng.



Pilot boring

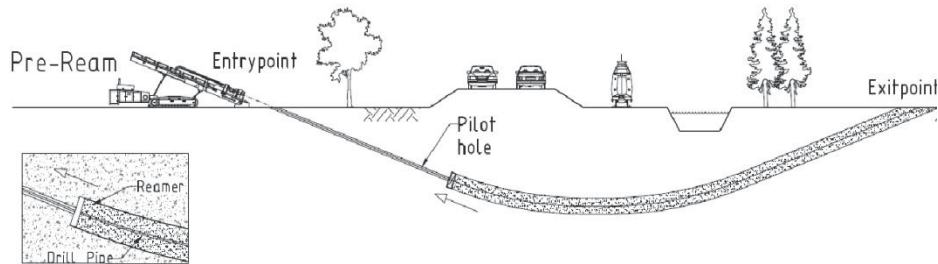
Door de boorstreng wordt boorvloeistof gepompt, welke met kracht door de nozzles in de bit naar buiten wordt gespoten. Dit creëert tezamen met de borende werking van het bit een gat.

Na het gereedkomen van de pilot, worden de gegevens ter controle en goedkeuring voorgelegd aan de opdrachtgever.

6.3 Ruimen:

Bij de HDD techniek wordt in een aantal stappen eerst een gat gecreëerd dat in diameter 25-40% groter is dan de in te trekken leiding of bundel. Indien tijdens de uitvoering het niet toelaat op 1 ruimgangen te gebruiken kan hierop afgeweken worden. Daarna wordt de leiding pas in het gecreëerde gat getrokken.

Het ruimen gebeurt met speciaal ontworpen ruimers met snijtanden en injectie nozzles. Ook hierbij wordt boorvloeistof vanaf de boorstelling door de boorstreng en via de ruimer (door nozzles) in het boorgat gespoten. De boorvloeistof vermengt zich met de losgefreesde gronddelen en dit mengsel stroomt door de pompdruk naar het in- of uittredepunt. De te gebruiken ruimertypes zijn mede afhankelijk van de ervaringen tijdens pilotfase.



Ruimfase

Het aantal ruimfasen zal, afhankelijk van de ervaringen opgedaan bij de pilot boring en de achtereenvolgende ruimgangen, door van Gelder tijdens de uitvoering van de boring bepaald worden.

6.4 Cleaning run (optioneel):

Voordat met intrekken kan worden begonnen is het vereist dat het gat voldoende groot, schoon en vrij is van obstakels. Indien hier twijfel over bestaat kan een cleaning run worden uitgevoerd. Afhankelijk van de verwachte problemen kan er voor gekozen worden om een barrel-reamer of een stenenvanger door het gat te trekken. Dit proces is vergelijkbaar met het ruimen, maar omdat er geen grond hoeft te worden verwijderd, kan dit veel sneller gebeuren. Ook tijdens het doortrekken van de barrel of stenenvanger zal door de nozzels boorspoeling worden gepompt.

Deze cleaning run zal normaal gesproken worden uitgevoerd met dezelfde barrel als voor het intrekken wordt gebruikt.

De beslissing om een cleaning run uit te voeren wordt genomen door de uitvoerder in overleg met zijn boormeester of de technische staf op kantoor.

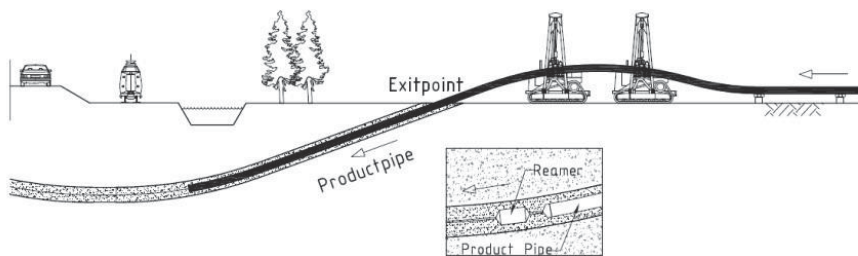
Aanleiding voor het uitvoeren van een cleaning run zou onder andere het volgende kunnen zijn:

- Een zeer afwijkend zandpercentage in de spoeling.
- Een afwijkend ruimproces (bijvoorbeeld in trekkracht of koppel)
- Onverwachte / onverklaarbare afwijking in de mud retourstroom
- Indicaties voor de aanwezigheid van stenen

6.5 Intrekoperatie:

De productleiding ligt in één stuk klaar om ingetrokken te worden en is aan de voorzijde voorzien van een trekkop.

Bij het uittredepunt wordt aan de boorstreng een barrel ruimer gekoppeld om eventuele hobbels tijdens het intrekken te kunnen opruimen. Dan wordt deze aan de te installeren pijpleiding gekoppeld met de swivel ertussen. Hiermee wordt voorkomen dat de roterende beweging van de boorstreng zich doorzet naar de productleiding. Vervolgens wordt m.b.v. de boorstelling de leiding in het boorgat ingetrokken.



Intrekken

6.6 Boerspoeldrukken:

Bij de uitvoering van een HDD wordt boerspoeling gebruikt. Deze spoeling wordt in alle fases van het proces door de stangen naar beneden gepompt, en stroomt via de nozzles in de diverse werktuigen in het boorgat. Daar stroomt het via de annulus terug naar in- respectievelijk uittredepunt. Zolang deze spoeling in stilstand is heerst in de spoeling de hydrostatische druk. Om de boorvloeistof in beweging te krijgen is een geringe overdruk in het boorgat nodig om de effecten van de viscositeit en de wrijving te overwinnen. Tijdens de uitvoering van de pilot is deze druk het hoogste. Deze verhoogde druk in het boorgat moet door de formatie worden weerstaan. Het zou kunnen zijn dat de grond rondom het boorgat niet in staat is deze drukken te weerstaan. In dat geval ontstaat een zogenaamde blow out van spoeling door een breuk in de grond.

Voordat met de uitvoering van een boring wordt begonnen worden de minimale benodigde en de maximaal toelaatbare boerspoeldrukken berekend. Deze berekening wordt uitgevoerd op basis van de boorstangen.

Tijdens de uitvoering wordt de druk aan de boormachine gemeten. Voorafgaand aan de verschillende fasen wordt daarom eerst een flowtest of druktest uitgevoerd, waarbij het drukverlies over de BHA bij een aantal debieten wordt gemeten. Deze informatie wordt gebruikt om de minimaal benodigde spoelingsdruk te herberekenen. Wanneer het nodig is om aanvullende maatregelen te treffen met betrekking tot boerspoeldrukken worden deze specifiek per boring aangegeven.

In veel gevallen is nabij het uittredepunt de benodigde druk hoger dan die welke de formatie aan kan. Door op het laatste stuk het spoelingsvolume te verminderen wordt de druk in de annulus ook verminderd en kan een uitbraak vaak vermeden worden. Uitbraken kunnen ook ontstaan als de grond in het verleden tot op grotere diepte geroerd is geweest, bijvoorbeeld door grondonderzoek of funderingen.

Mocht er zich ondanks alle maatregelen toch een uitbraak voordoen, dan wordt deze indien mogelijk gecontroleerd door rondom de uitbraak een dam te creëren van grond.

Het is voor het boorproces van belang dat deze retourstroom zo veel mogelijk in stand blijft. Door de niveaus in de tanks en het gat bij in- en uittredepunt in de

gaten te houden, wordt bewaakt dat er geen groot verlies aan spoeling optreedt. Als deze wegvalt zullen er verschillende pogingen worden gedaan om deze weer op gang te krijgen. Dit kan bijvoorbeeld door de stangen terug te halen/duwen om het boorgat op te schonen, ruimstappen of -richting te wijzigen, aanpassen van de spoelingseigenschappen dan wel volumes.

Het is echter mogelijk dat er (tijdelijk) geen retourstroom is, en deze ook niet meer op gang te krijgen is. Als er zich slappe lagen in de ondergrond bevinden nemen deze soms een groot volume aan spoeling op. Met name bij het boren van het laatste gedeelte tijdens de pilot van lange boringen is de benodigde druk om de spoeling naar het intredepunt terug te pompen soms te groot. Dan kan het pompvolume worden teruggebracht, in heel slappe lagen tot aan uittredepunt zelfs tot vrijwel 0. Tijdens het ruimen komt de spoeling eerst aan het uittredepunt terug. Na verloop van tijd is er een omslagpunt waarbij de spoeling naar het intredepunt gaat stromen. Er is dan een tijdje aan geen van beide kanten retour.

Als er geen retourstroom is, wordt een afweging gemaakt wat hiervan de oorzaak kan zijn en of er actie wordt ondernomen om de stroming weer op gang te krijgen. Dit kan bijvoorbeeld door bit of ruimer terug te halen als het vermoeden is dat instortingen de retourstroom belemmeren.

In sommige gevallen kan het proberen de retourstroom weer op gang te krijgen ook slechter zijn voor de boring. Als de indruk ontstaat dat het boorgat te lijden heeft onder pogingen de stroming weer op gang te krijgen, zal geaccepteerd moeten worden dat er tijdelijk geen retourstroom is. In deze gevallen zal de boorlijn nauwlettend in de gaten worden gehouden om te kijken of er eventuele doorbraken van spoeling aan de oppervlakte waargenomen worden. In dat geval wordt de boring tijdelijk gestopt om maatregelen te nemen en de spoeling ter plaatse te controleren en af te voeren.

6.7 Mobilisatie en demobilisatie

Bij de mobilisatie wordt het equipment op vrachtwagens aangevoerd. Met behulp van een graafmachine wordt het equipment afgeladen nabij in- en uittredepunt. Op de werkterreinen worden onder andere de volgende onderdelen geplaatst: rig, schaftkeet, vrachtwagen, een pomp en mix unit, tankwagen, kraan, generatoren en boorbuizen.

Voor de rig wordt een mudpit gegraven voor het opvangen van de uitstromende boorslurry.

De boorstelling wordt onder de van tevoren bepaalde intredehoek met de horizontaal opgesteld. Dit geschiedt volledig hydraulisch. Naast het koppelen van de mudslangen tussen pompen en worden ook de elektrische voeding-, informatie- en stuurkabels tussen de rig, de meetunit en de besturingscabine aangesloten.

Ter plaatse van het uittredepunt wordt een mud pit gegraven waar de uitstromende boorspoeling in wordt opgevangen en eventueel verder getransporteerd.

Na het gereedkomen van een boring wordt de rig en het andere boormaterieel naar een volgende boorlocatie getransporteerd of volledig afgevoerd van het project.

6.8 Opslag en transport van boorslurry

Het boorspoeling systeem bestaat in hoofdzaak uit boorspoeling meng-/recycling unit en boorspoeling pompen. De mix unit mengt bentoniet en water tot de gewenste viscositeit. De boorspoeling is dan direct gereed voor gebruik. Het benodigde water wordt waar mogelijk onttrokken uit het nabij gelegen open water. Voorafgaand van de boorwerkzaamheden wordt gecontroleerd of de kwaliteit van het water geschikt is om de boorspoeling mee aan te maken. Indien er geen nabijgelegen water is, wordt gebruik gemaakt van waterleidingen of water wordt van verder weg aangevoerd met tankwagens.

De boorvloeistof wordt door de pompen via de boorstreng naar de boorkop of ruimer gepompt en via nozzle(s) in de boorkop dan wel ruimers wordt de grond los gespoten. Vervolgens stroomt de boorvloeistof verzadigd met de los geboorde gronddeeltjes (zgn. boorslurry) langs de buitenzijde van de boorstreng naar het in-, respectievelijk uittredepunt en wordt afgevoerd. Tijdens de uitvoering van de boringen zal de boorspoeling regelmatig gemeten worden om de kwaliteit van de boorvloeistof en daarmee de stabiliteit van het boorgat te waarborgen. Voor aanvang van de boring wordt de zuurgraad en de geleidbaarheid van het aanmaakwater gecontroleerd. Het aanmaakwater wordt beoordeeld of de kwaliteit voldoende is, niet te zuur en niet te zout.

De vrijgekomen boorslurry zal worden opgepompt en worden afgevoerd naar een erkend verwerkingsbedrijf

7 Boorspoeling

7.1 Doel van boorspoeling:

Bij het uitvoeren van gestuurde boringen wordt gebruik gemaakt van bentoniet. Dit is een natuurlijke soort klei, dat als een droge stof op de werklocatie wordt aangevoerd. In de meng-unit van de boorinstallatie wordt de bentoniet vermengd met water tot de gewenste viscositeit. Dit mengsel wordt tijdens alle fasen van het boorproces gebruikt. De specifieke eigenschappen van bentoniet zorgen gedurende het boorproces voor het volgende:

- Het lossputten van de grond ter plaatse van de boorkop
- Het afdrijven van los gespoten of los gesneden gronddelen
- Het afpleisteren van de grond rondom het boorgat
- Het stabiliseren van het boorgat
- Het koel houden van de streng en zender in de boorkop
- Smering bij het intrekken van de in te trekken buis
- Opvullen van de oversnijding na het intrekken van de buis.

7.2 Het aanmaken van boorspoeling:

Bentoniet wordt met water tot boorspoeling / mud vermengd. Zowel leidingwater als oppervlaktewater is geschikt hiervoor. Bij het gebruik van oppervlaktewater dient er rekening mee gehouden te worden dat vervuiling in het water, een te hoge zuurgraad (pH-waarde) of een te hoog zoutpercentage van invloed is op de kwaliteit van de boorspoeling. Nadelige effecten kunnen in een aantal gevallen met speciale toevoegingen aan de boorspoeling worden gereduceerd.

7.3 Debieten en muddrukken:

De boorspoeling wordt onder druk via de boorkop en de nozzles van de ruimer in de grond gespoten. Bij een midi rig varieert het debiet van de pomp tussen de 200 en 1200 l/min, Het debiet is afhankelijk van de schillende boorfasen en grondsamenstelling. Om te voorkomen dat het debiet te hoog is en de mud door de ondergrond het maaiveld bereikt (blow-out) zijn er muddrukberekeningen uitgevoerd. Hierin is de minimaal benodigde muddruk vergeleken met de maximaal toelaatbare muddruk. Om blow-outs te voorkomen dient de minimaal benodigde muddruk altijd kleiner te zijn dan de maximaal toelaatbare muddruk. In de meeste gevallen is de pilotboring maatgevend, omdat het uitstromen van de boorspoeling slechts aan één kant mogelijk is. Nabij het in-/uittredepunt is het risico op een blow-out het grootst vanwege de geringe dekking tot het maaiveld.

Maatregelen:

- Door het debiet, de pompdruk en de voortgangssnelheid zoveel mogelijk te reduceren wordt het risico op een blow-out zoveel mogelijk beperkt;
- Tevens zal de minimaal benodigde pompdruk zoveel mogelijk worden aangehouden;
- Door een (verhoudingsgewijs) zwaardere boorinstallatie als nodig in te zetten, om zodoende wat meer drukkracht als pompdruk te gebruiken, zal er ook een kleinere kans zijn op een blow-out;
- Verder het constant (visueel) in de gaten houden van de retour stroom zal er toe bijdragen dat het risico van een blow-out te verwaarlozen zal zijn.

Indien er ondanks alle voorzorg toch een Blow-out optreedt zal er ter plaatse van de blow-out een gat gegraven worden waarin de vrijgekomen bentoniet zal worden verzameld. Deze zal dan vervolgens worden afgezogen met een zuigwagen.

8 Beheersing kwelproblematiek

8.1 Kwel:

Tijdens het boorproces wordt grond verwijderd en wordt de oversnijding tussen het boorgat en de aangebrachte buis opgevuld door de boorspoeling. De grondspanning rondom het boorgat zal hierdoor veranderen. Nadat de gestuurde boring gereed is wordt er een nieuw spanningsevenwicht gevormd tussen de achtergebleven boorspoeling en de grond er omheen. Dit gebeurt doordat het water langzaam uit de boorspoeling wordt geperst. Daarnaast kan met name in situaties met relatief zout grondwater de bentoniet na verloop van tijd gaan uitvlokken, waardoor zelfs holle ruimten in het boorgat ontstaan. Door het veranderen van grondspanning of het ontstaan van holle ruimten kan grondwater (kwel) gaan stromen. Een kwelstroom kan optreden bij een waterstandverschil tussen het in- en uittredepunt. Daarbij moeten niet alleen het open waterpeil, polderpeilen en de freatische grondwaterstand worden beschouwd, maar ook de stijghoogte (potentiaal) van het diepe grondwater.

8.2 Risico's en maatregelen:

Het onverwachts ontstaan van kwel zorgt voor overlast en kan bovendien de werking van waterkeringen negatief beïnvloeden. In geval van twijfel kan er met een kwelwegberekening worden getoetst of er een kans is op kwel. Vanwege de geringe kosten en het risico van kwel adviseren wij in geval van twijfel altijd een kwelscherm met een kleikist te plaatsen. Hierdoor wordt een kwelstroom geblokkeerd indien deze onverwachts toch ontstaat.

8.3 Maatregelen op dit project:

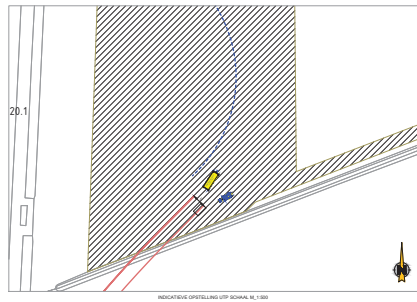
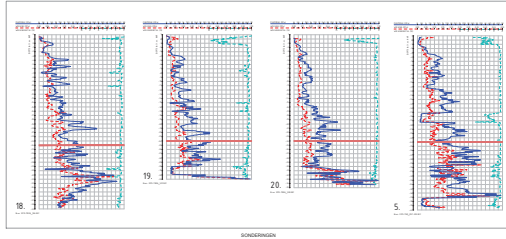
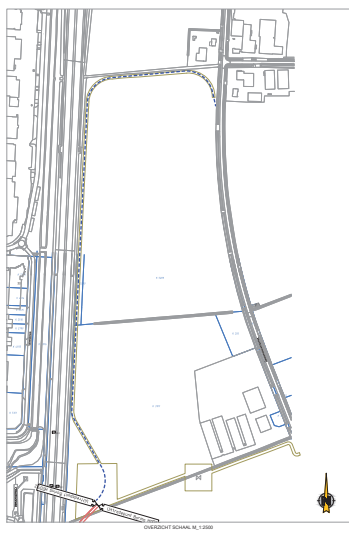
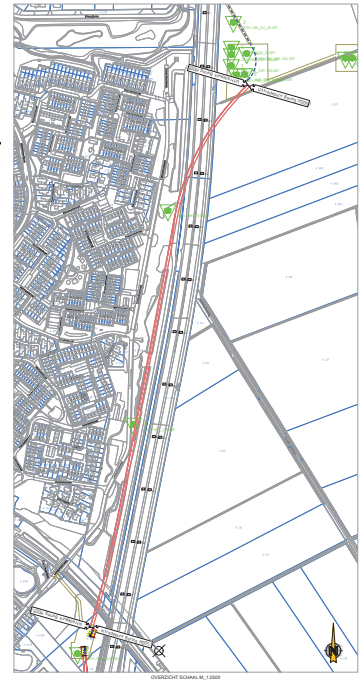
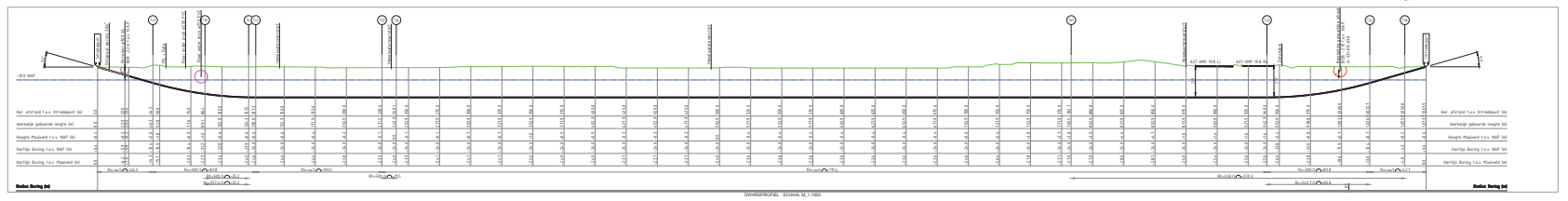
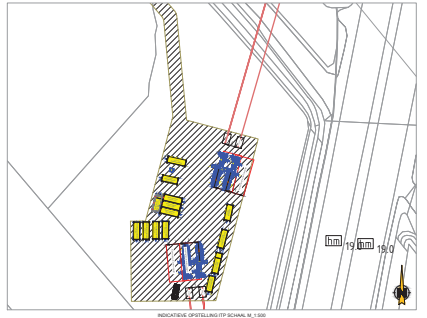
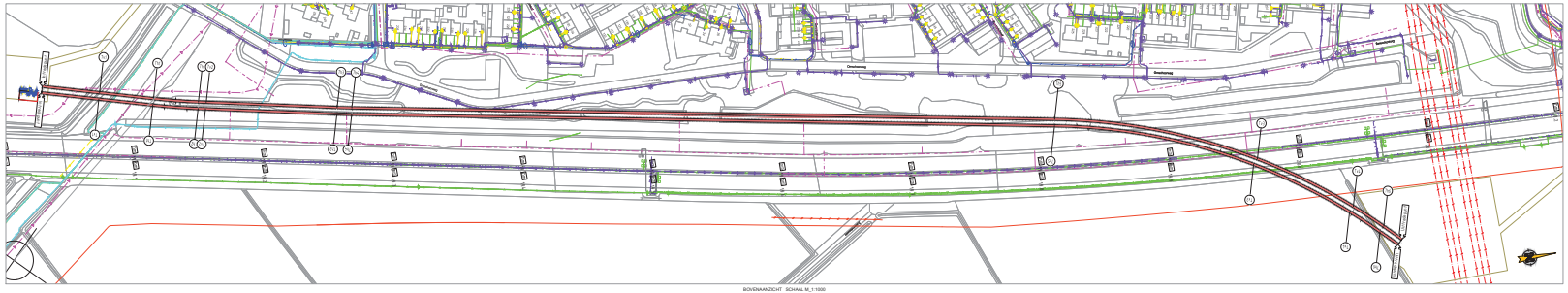
Op dit project worden geen waterkeringen gepasseerd en zijn de werkzaamheden geheel gepland binnen hetzelfde peilgebied. Langs loopsheid kan daarom niet optreden.

Om te kunnen controleren of er een risico is op kwel vanuit het diepe grondwater is met behulp van de bodemonderzoeken van Bijlage 2 geconstateerd dat er geen stijghoogte ontstaat die een risico vormt uit een mogelijke water afsluitende laag. Uit deze gegevens is niet gebleken dat er risico is op kwel vanuit het diepe grondwater.

Op basis van deze gegevens is het nemen van maatregelen om een kwelstroom tegen te gaan op dit project niet noodzakelijk.

Bijlagen

1 Werktekening



Tabel Toegestuurde Boring 0805.1	
Nr.	Werkzaamheden
1	Werkzaamheden
2	Werkzaamheden
3	Werkzaamheden
4	Werkzaamheden
5	Werkzaamheden
6	Werkzaamheden
7	Werkzaamheden
8	Werkzaamheden
9	Werkzaamheden
10	Werkzaamheden
11	Werkzaamheden
12	Werkzaamheden
13	Werkzaamheden
14	Werkzaamheden
15	Werkzaamheden
16	Werkzaamheden
17	Werkzaamheden
18	Werkzaamheden
19	Werkzaamheden
20	Werkzaamheden
21	Werkzaamheden
22	Werkzaamheden
23	Werkzaamheden
24	Werkzaamheden
25	Werkzaamheden
26	Werkzaamheden
27	Werkzaamheden
28	Werkzaamheden
29	Werkzaamheden
30	Werkzaamheden
31	Werkzaamheden
32	Werkzaamheden
33	Werkzaamheden
34	Werkzaamheden
35	Werkzaamheden
36	Werkzaamheden
37	Werkzaamheden
38	Werkzaamheden
39	Werkzaamheden
40	Werkzaamheden
41	Werkzaamheden
42	Werkzaamheden
43	Werkzaamheden
44	Werkzaamheden
45	Werkzaamheden
46	Werkzaamheden
47	Werkzaamheden
48	Werkzaamheden
49	Werkzaamheden
50	Werkzaamheden

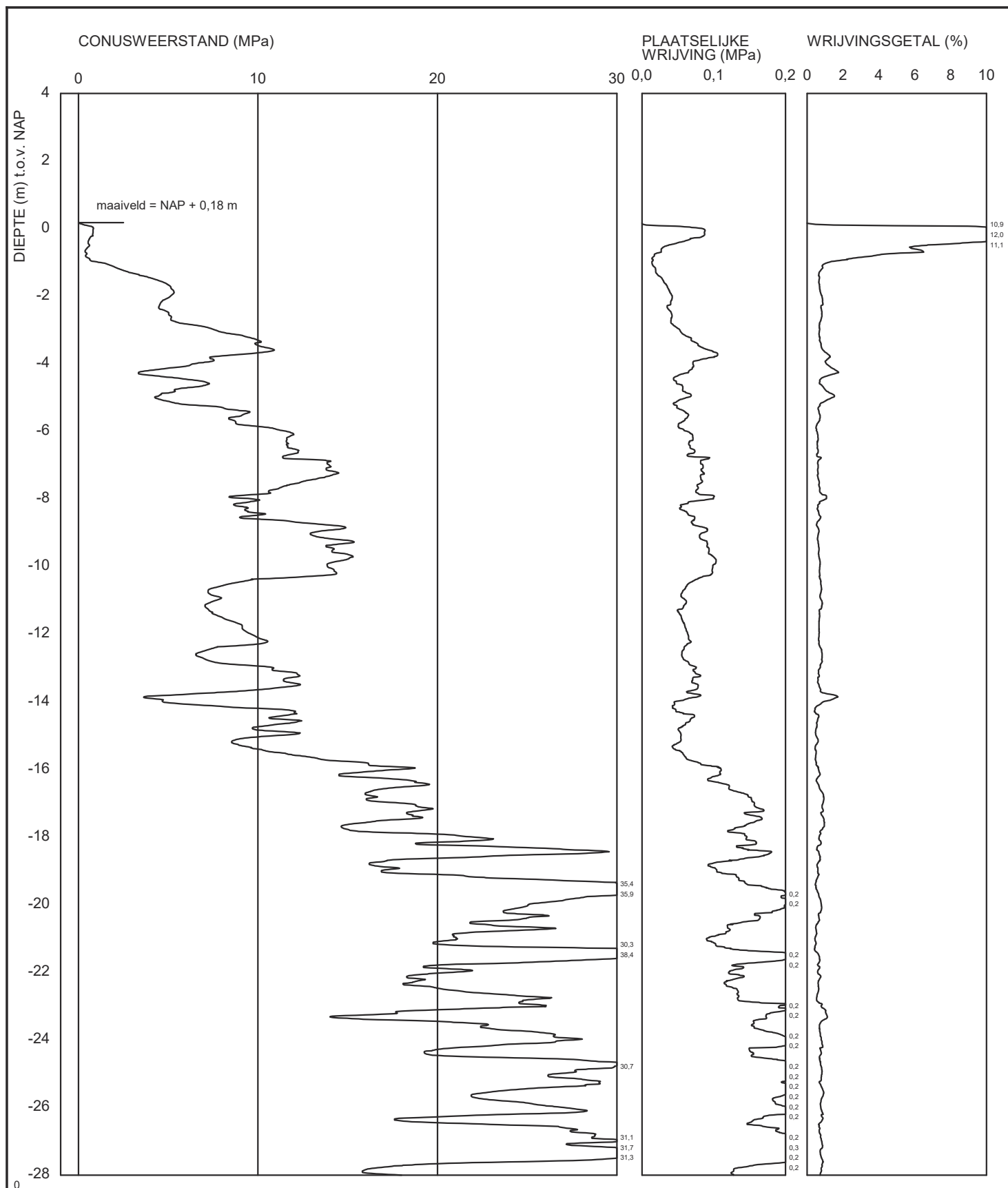
van gekker

PLANTENKENNISGEVINGSKADASTRAAL

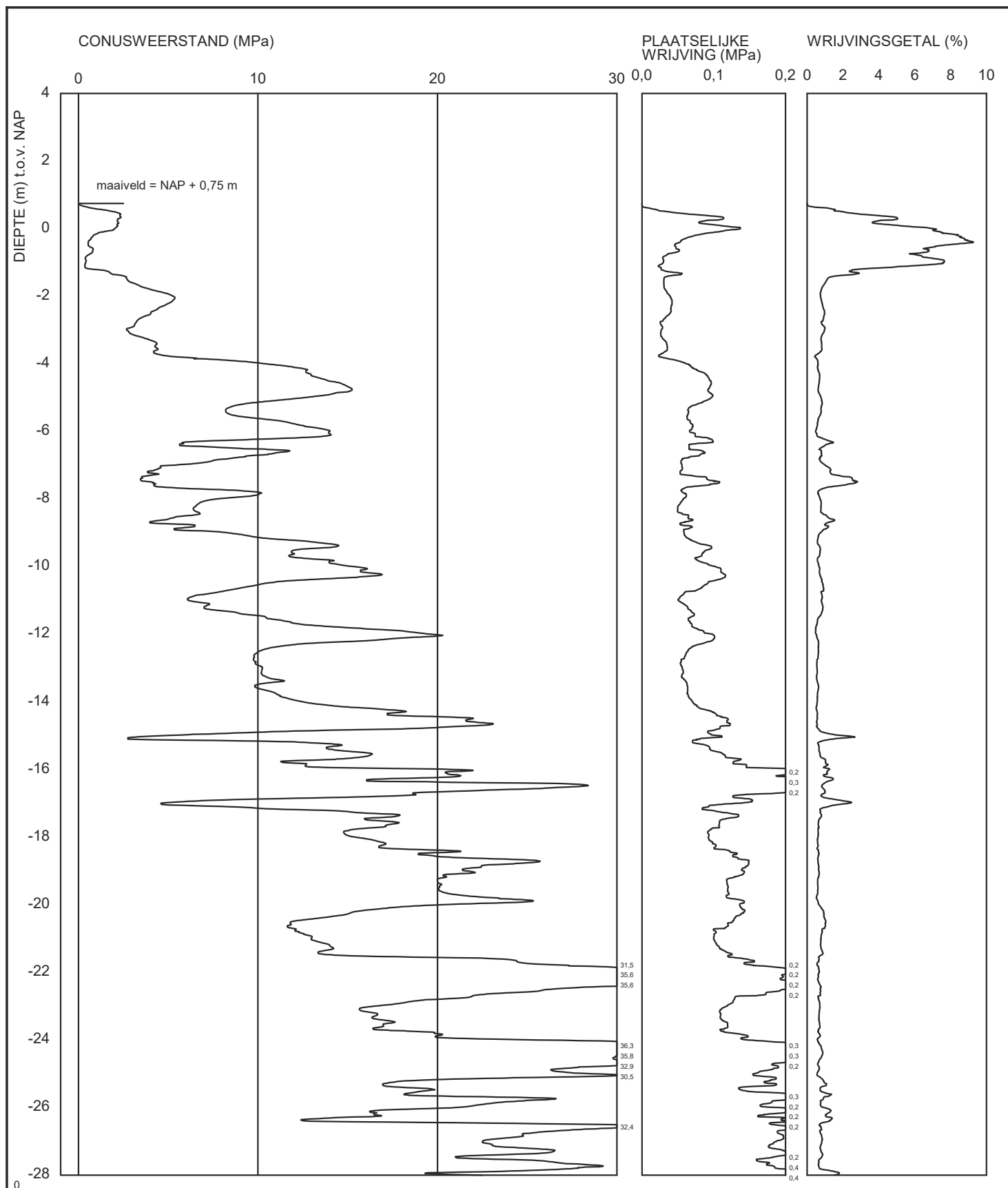
van gekker

PLANTENKENNISGEVINGSKADASTRAAL

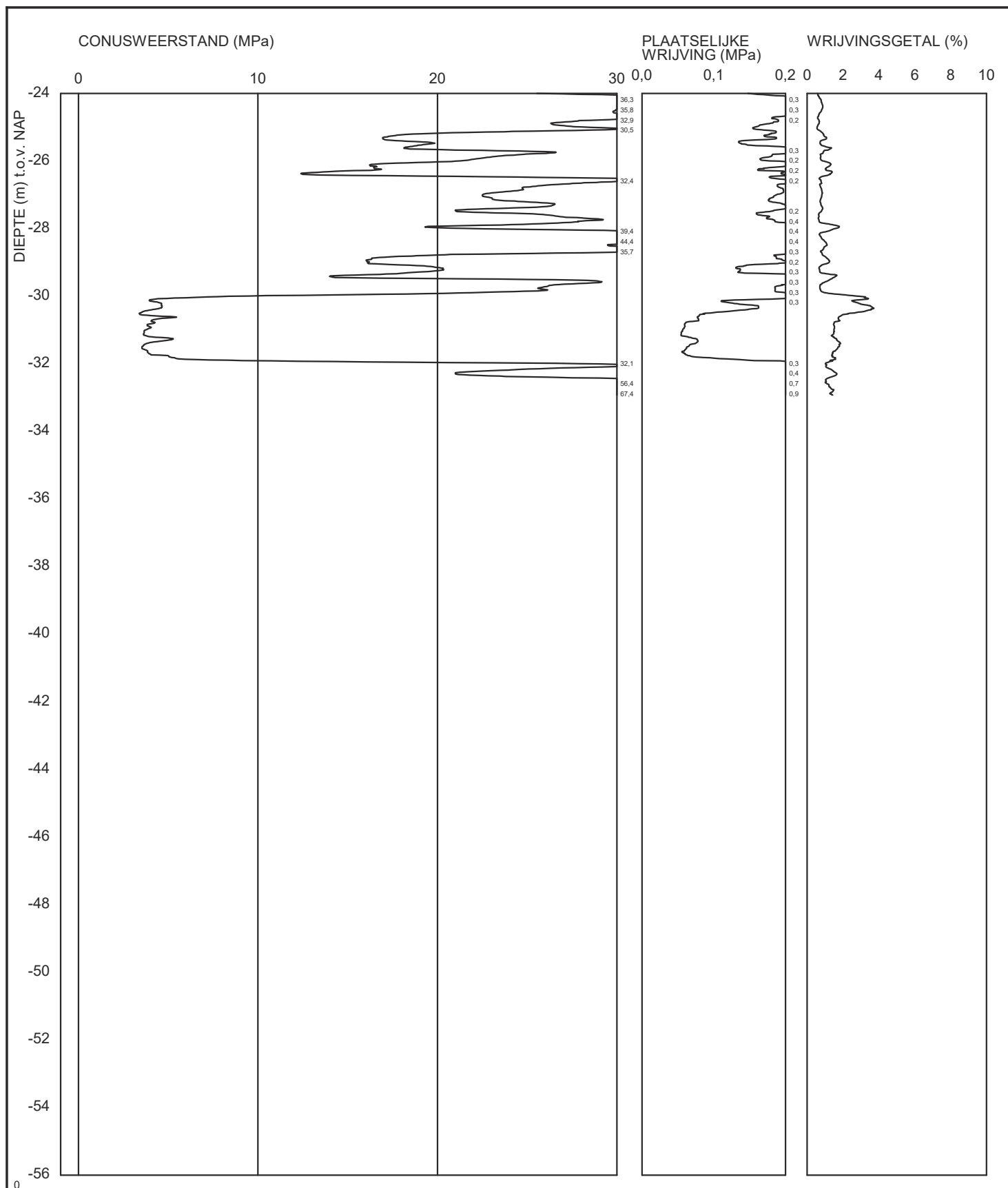
2 Grondonderzoeken



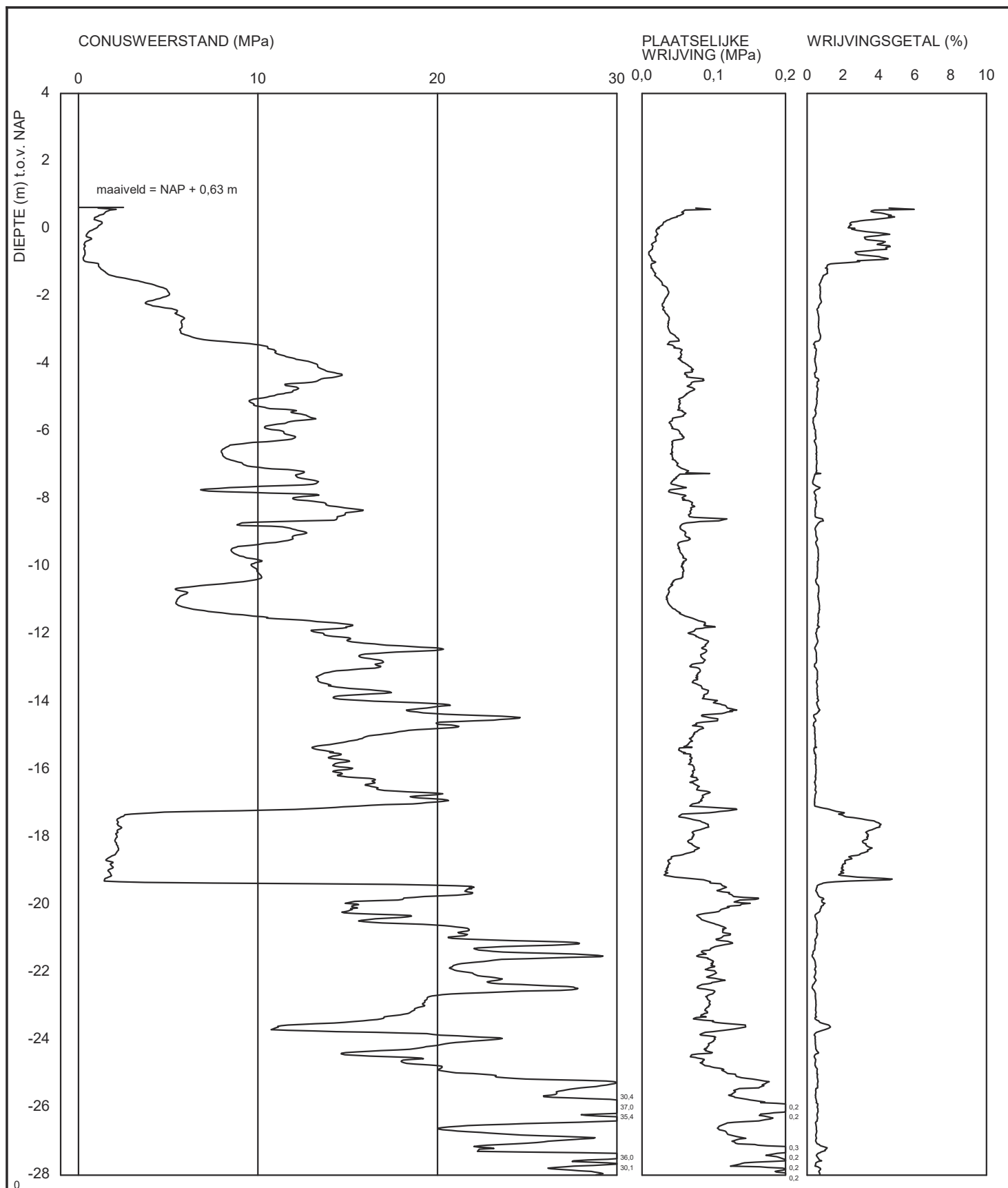
<Not Registered>				datum		get.
<Not Registered>				2019-11-15		-
				CPT-2019-1180/A		gez.
Sondering S08 [Blad 1 / 2]				BIJL. -		form. A4



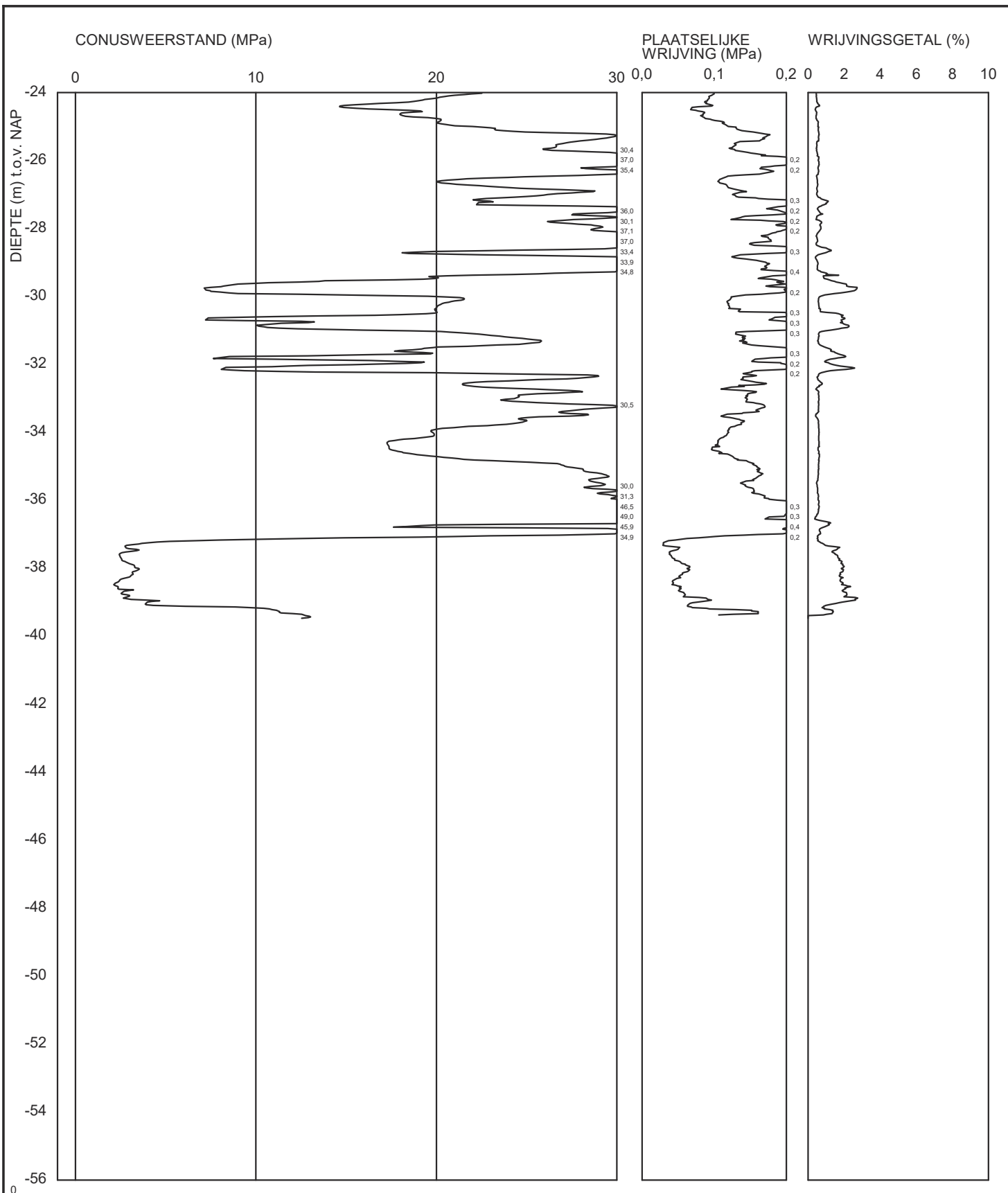
<Not Registered> <Not Registered>					Telefoon Telefax	<Not Registered> <Not Registered>	datum 2019-11-15	get. -
- - Sondering S07 [Blad 1 / 2]							CPT-2019-1180/A	gez.
							BIJL. -	form. A4



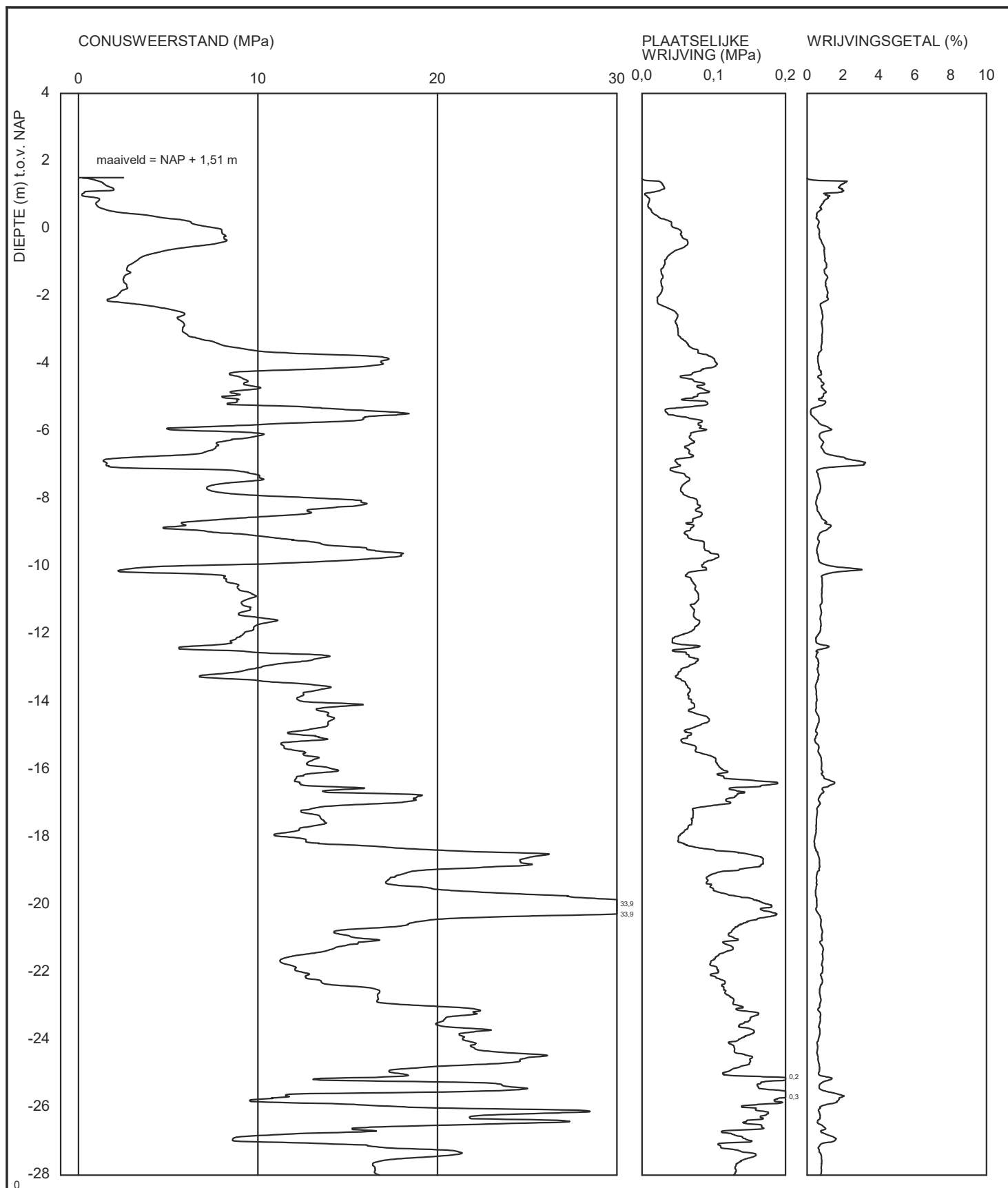
<Not Registered> <Not Registered>				datum 2019-11-15		get. -
<Not Registered> <Not Registered>				CPT-2019-1180/A		gez.
Sondering S07 [Blad 2 / 2]				BIJL. -		form. A4



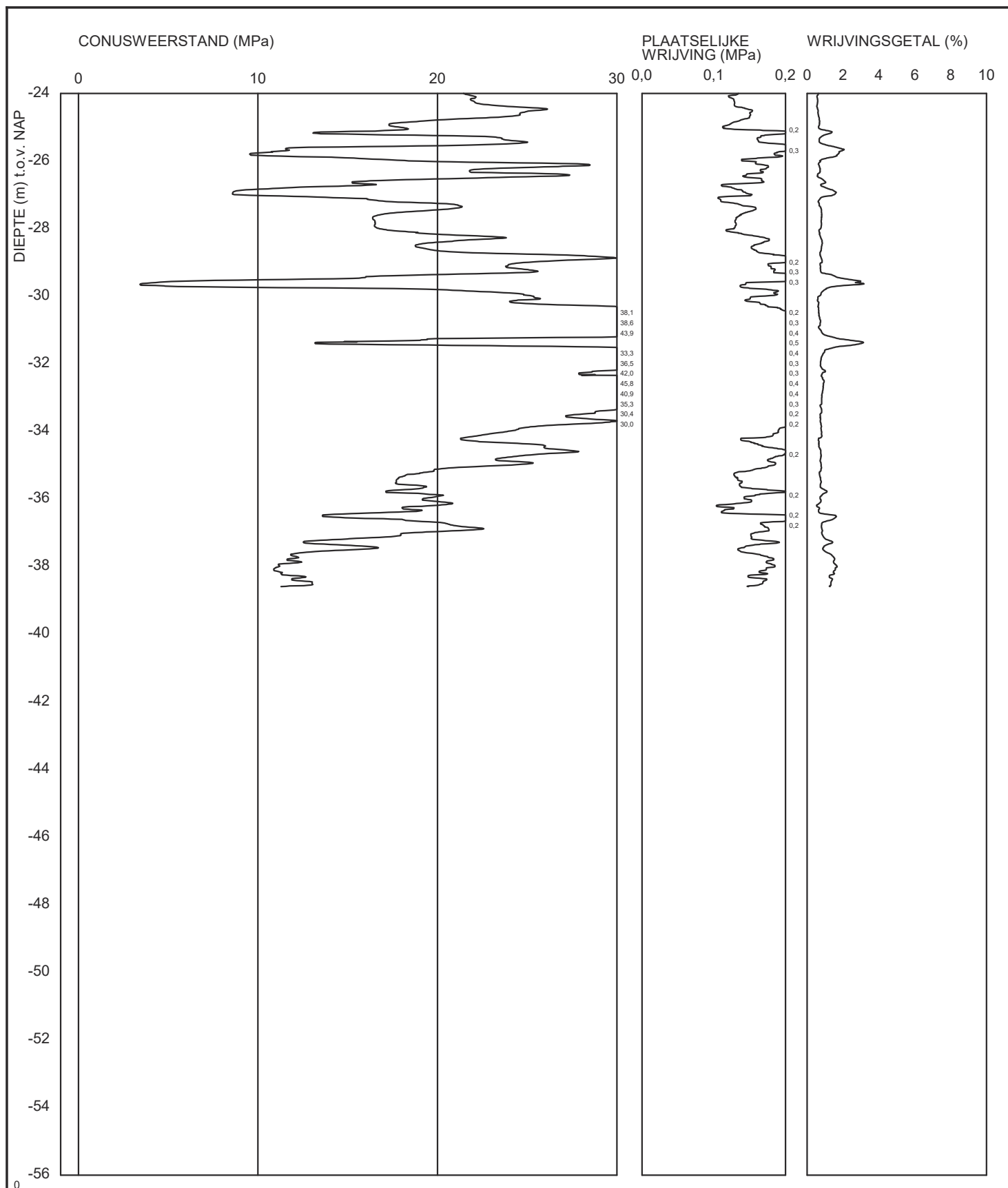
-	<Not Registered>				datum	get.
	<Not Registered>				2019-10-25	-
	<Not Registered>				CPT-2019-1180/	gez.
					BIJL. -	form. A4



<Not Registered> <Not Registered> <Not Registered>				Telefoon Telefax	<Not Registered> <Not Registered>	datum 2019-10-25	get. -
- -						CPT-2019-1180/	gez.
Sondering OSP-S03 [Blad 2 / 2]						BIJL. -	form. A4



<Not Registered> <Not Registered> <Not Registered> <Not Registered> <Not Registered> Telefoon Telefax <Not Registered> <Not Registered>					datum 2019-11-15	get. -
- - Sondering S06 [Blad 1 / 2]					CPT-2019-1180/A	gez.
					BIJL. -	form. A4



<Not Registered> <Not Registered>				Telefoon	<Not Registered>	datum	get.
<Not Registered> <Not Registered>				Telefax	<Not Registered>	2019-11-15	-
- - Sondering S06 [Blad 2 / 2]						CPT-2019-1180/A	gez.
						BIJL. -	form. A4

3 Sterkte- en muddrukberekening

Rapport voor D-Geo Pipeline 20.1

Model : Horizontaal Gestuurde Boring
INPUT CREATED BY DRILL CONTROL 6.6.2805 - Version Drill Control
Ontwikkeld door Deltares

Datum van rapport: 14-4-2022
Tijd van rapport: 10:57:48
Rapport met versie: 20.1.2.31161
Berekend met versie: 20.1.2.31161

Bestandsnaam: B212256.HDD05-P-HDD5.1-A-A

Projectbeschrijving: B212256.HDD05 - Geertruidenberg
Muddruk- en sterkteberekening
3xø200 + 1xø250 SDR-11

1 Inhoudsopgave

1 Inhoudsopgave	2
2 Invoergegevens	4
2.1 Gebruikt Model	4
2.2 Laagscheidingen	4
2.3 PN-Lijnen	6
2.4 Freatische Lijn	6
2.5 Grondprofielen	6
2.6 Grenslagen	6
2.7 Grondeigenschappen	6
2.8 Geometrie	7
2.8.1 Geometrie Sectie, Detail	7
2.8.2 Geometrie Boven aanzicht	8
2.9 Berekenings Verticalen	8
2.10 Verkeersbelasting	9
2.11 Configuratie van de Pijpleiding	9
2.12 Materiaalgegevens van de Leiding	9
2.13 Gegevens voor Leidingberekening	10
2.14 Boorvloeistof Gegevens	11
2.15 Factoren	11
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	15
3.3.3 Boorvloeistofdrukken tijdens Ruim- en Intrekoperatie	16
4 Grondmechanische Data	17
4.1 Grondmechanische Parameters $\varnothing 200$ SDR-11 (1): leiding no. 1	17
4.2 Grondmechanische Parameters $\varnothing 200$ SDR-11 (2): leiding no. 2	18
4.3 Grondmechanische Parameters $\varnothing 200$ SDR-11 (3): leiding no. 3	20
4.4 Grondmechanische Parameters $\varnothing 250$ SDR-11 (4): leiding no. 4	22
4.5 Young's Modulus per Laag per Verticaal	24
5 Gegevens voor Sterkteberekening	26
5.1 Algemene Gegevens	26
5.2 Ballasten Leiding	26
5.3 Trekkkrachtberekening	26
6 Sterkteberekening van $\varnothing 200$ SDR-11 (1): leiding no. 1	28
6.1 Materiaalgegevens van $\varnothing 200$ SDR-11 (1): leiding no. 1	28
6.2 Resultaten Sterkteberekening van $\varnothing 200$ SDR-11 (1): leiding no. 1	28
6.2.1 Belasting Combinatie 1A: Begin Trekoperatie	28
6.2.2 Belasting Combinatie 1B: Einde Trekoperatie	29
6.2.3 Belasting Combinatie 2: Intern op Druk Brengen	29
6.2.4 Belasting Combinatie 3: Bedrijfstoestand in Drukloze Situatie	29
6.2.5 Belasting Combinatie 4: Bedrijfstoestand met Inwendige Druk	29
6.3 Controle van de Berekende Spanningen van $\varnothing 200$ SDR-11 (1): leiding no. 1	30
6.4 Toetsing op Implosie van $\varnothing 200$ SDR-11 (1): leiding no. 1	30
7 Sterkteberekening van $\varnothing 200$ SDR-11 (2): leiding no. 2	32
7.1 Materiaalgegevens van $\varnothing 200$ SDR-11 (2): leiding no. 2	32
7.2 Resultaten Sterkteberekening van $\varnothing 200$ SDR-11 (2): leiding no. 2	32
7.2.1 Belasting Combinatie 1A: Begin Trekoperatie	32
7.2.2 Belasting Combinatie 1B: Einde Trekoperatie	33
7.2.3 Belasting Combinatie 2: Intern op Druk Brengen	33
7.2.4 Belasting Combinatie 3: Bedrijfstoestand in Drukloze Situatie	33
7.2.5 Belasting Combinatie 4: Bedrijfstoestand met Inwendige Druk	33
7.3 Controle van de Berekende Spanningen van $\varnothing 200$ SDR-11 (2): leiding no. 2	34
7.4 Toetsing op Implosie van $\varnothing 200$ SDR-11 (2): leiding no. 2	34
8 Sterkteberekening van $\varnothing 200$ SDR-11 (3): leiding no. 3	36
8.1 Materiaalgegevens van $\varnothing 200$ SDR-11 (3): leiding no. 3	36
8.2 Resultaten Sterkteberekening van $\varnothing 200$ SDR-11 (3): leiding no. 3	36
8.2.1 Belasting Combinatie 1A: Begin Trekoperatie	36
8.2.2 Belasting Combinatie 1B: Einde Trekoperatie	37
8.2.3 Belasting Combinatie 2: Intern op Druk Brengen	37
8.2.4 Belasting Combinatie 3: Bedrijfstoestand in Drukloze Situatie	37

8.2.5 Belasting Combinatie 4: Bedrijfstoestand met Inwendige Druk	37
8.3 Controle van de Berekende Spanningen van ø200 SDR-11 (3): leiding no. 3	38
8.4 Toetsing op Implosie van ø200 SDR-11 (3): leiding no. 3	38
9 Sterkteberekening van ø250 SDR-11 (4): leiding no. 4	40
9.1 Materiaalgegevens van ø250 SDR-11 (4): leiding no. 4	40
9.2 Resultaten Sterkteberekening van ø250 SDR-11 (4): leiding no. 4	40
9.2.1 Belasting Combinatie 1A: Begin Trekoperatie	40
9.2.2 Belasting Combinatie 1B: Einde Trekoperatie	41
9.2.3 Belasting Combinatie 2: Intern op Druk Brengen	41
9.2.4 Belasting Combinatie 3: Bedrijfstoestand in Drukloze Situatie	41
9.2.5 Belasting Combinatie 4: Bedrijfstoestand met Inwendige Druk	41
9.3 Controle van de Berekende Spanningen van ø250 SDR-11 (4): leiding no. 4	42
9.4 Toetsing op Implosie van ø250 SDR-11 (4): leiding no. 4	42

2 Invoergegevens

2.1 Gebruikt Model

Gebruikt Model : Horizontaal Gestuurde Boring

2.2 Laagscheidingen

Laagscheidingnummer	Coördinaten [m]				
2 - L -	-10,000	0,000	0,870	4,950	11,930
2 - Z -	0,370	0,370	0,380	0,330	0,380
2 - L -	16,320	26,830	27,680	30,740	31,440
2 - Z -	0,320	0,170	0,180	0,180	0,190
2 - L -	33,820	34,240	34,540	35,280	35,660
2 - Z -	0,100	-0,140	-0,300	-0,350	-0,370
2 - L -	37,650	38,820	40,510	44,280	46,910
2 - Z -	-0,150	0,000	0,580	1,970	1,870
2 - L -	49,980	52,120	52,480	53,590	63,600
2 - Z -	1,790	1,720	1,510	0,620	0,540
2 - L -	67,480	68,740	70,180	71,770	73,160
2 - Z -	0,510	0,510	0,570	0,650	0,800
2 - L -	77,420	78,650	79,900	81,550	83,410
2 - Z -	1,040	1,140	1,180	1,140	1,130
2 - L -	86,360	89,830	90,020	94,720	95,550
2 - Z -	1,040	0,930	0,930	0,800	0,760
2 - L -	96,160	96,920	99,010	102,330	102,480
2 - Z -	0,730	0,700	0,630	0,500	0,500
2 - L -	104,090	105,280	106,420	108,810	114,390
2 - Z -	0,490	0,500	0,510	0,520	0,530
2 - L -	115,050	115,130	115,770	116,430	121,450
2 - Z -	0,540	0,540	0,540	0,540	0,550
2 - L -	125,600	126,290	127,060	134,070	135,550
2 - Z -	0,560	0,560	0,570	0,680	0,690
2 - L -	137,580	139,270	147,800	150,160	163,030
2 - Z -	0,760	0,740	0,570	0,540	0,410
2 - L -	172,120	177,540	179,480	181,220	182,760
2 - Z -	0,360	0,360	0,280	0,270	0,040
2 - L -	183,160	183,990	186,280	187,600	192,810
2 - Z -	-0,040	-0,170	-0,210	-0,250	-0,220
2 - L -	218,290	225,190	234,390	234,550	242,360
2 - Z -	-0,140	-0,100	-0,030	-0,030	-0,040
2 - L -	249,600	258,320	269,880	274,860	276,420
2 - Z -	-0,080	-0,080	-0,040	0,060	0,070
2 - L -	278,850	279,200	281,660	283,230	283,530
2 - Z -	0,120	0,160	0,150	0,240	0,280
2 - L -	283,650	286,800	289,330	290,600	292,120
2 - Z -	0,280	0,400	0,520	0,580	0,670
2 - L -	294,060	310,110	311,730	325,150	326,610
2 - Z -	0,680	0,690	0,690	0,720	0,720
2 - L -	327,470	339,060	339,810	340,620	341,590
2 - Z -	0,730	0,920	0,920	0,920	0,920
2 - L -	346,750	348,420	349,760	350,150	364,070
2 - Z -	0,930	0,930	0,960	0,960	0,940
2 - L -	373,670	382,180	384,050	386,280	386,290
2 - Z -	0,890	0,700	0,620	1,040	0,990
2 - L -	387,120	389,940	392,710	394,050	409,310
2 - Z -	0,720	0,680	0,640	0,910	0,860
2 - L -	414,160	417,270	417,460	417,720	419,100
2 - Z -	0,890	0,000	-0,020	-0,070	-0,190
2 - L -	419,930	421,970	422,140	422,150	429,120
2 - Z -	-0,270	-0,330	-0,330	-0,330	-0,330
2 - L -	442,500	444,420	458,870	461,300	473,040
2 - Z -	-0,330	-0,330	-0,330	-0,330	-0,330
2 - L -	485,060	486,230	486,320	486,440	489,150

Laagscheidingnummer	Coördinaten [m]				
2 - Z -	-0,330	-0,330	-0,330	-0,320	-0,330
2 - L -	494,390	494,460	494,530	495,280	496,810
2 - Z -	-0,330	-0,330	-0,340	-0,330	-0,290
2 - L -	497,440	497,890	498,750	499,800	500,630
2 - Z -	-0,240	-0,160	-0,160	-0,070	0,020
2 - L -	504,620	505,760	507,090	514,130	516,230
2 - Z -	0,180	0,250	0,310	0,250	0,250
2 - L -	517,880	519,140	520,340	521,350	521,620
2 - Z -	0,210	0,200	0,200	0,140	0,160
2 - L -	523,760	523,960	524,010	524,970	527,830
2 - Z -	-0,360	-0,410	-0,410	-0,430	-0,440
2 - L -	528,680	536,640	538,310	551,110	552,630
2 - Z -	-0,410	-0,410	-0,410	-0,410	-0,410
2 - L -	556,960	562,510	563,330	578,580	579,490
2 - Z -	-0,410	-0,410	-0,410	-0,410	-0,410
2 - L -	589,600	592,610	592,690	601,860	602,490
2 - Z -	-0,410	-0,410	-0,410	-0,400	-0,410
2 - L -	616,330	617,690	629,990	632,790	649,970
2 - Z -	-0,410	-0,410	-0,410	-0,410	-0,410
2 - L -	651,950	662,260	662,990	671,950	672,740
2 - Z -	-0,410	-0,410	-0,410	-0,410	-0,410
2 - L -	678,000	682,500	687,980	689,030	689,190
2 - Z -	-0,410	-0,410	0,450	0,620	0,610
2 - L -	694,410	708,000	709,460	710,960	711,740
2 - Z -	0,590	0,540	0,530	0,540	0,530
2 - L -	711,930	713,290	723,110	723,210	723,260
2 - Z -	0,660	1,610	3,060	3,060	3,060
2 - L -	723,310	724,150	730,120	730,870	731,120
2 - Z -	2,530	2,440	2,440	2,490	2,490
2 - L -	731,490	732,600	735,780	735,800	735,830
2 - Z -	2,490	2,490	2,500	2,670	2,940
2 - L -	735,850	736,000	736,130	738,550	741,750
2 - Z -	2,940	2,960	3,120	3,710	3,780
2 - L -	753,080	761,720	778,720	780,770	786,770
2 - Z -	3,830	3,620	3,730	3,740	3,790
2 - L -	792,770	798,770	801,290	804,770	806,210
2 - Z -	3,840	3,900	3,930	3,710	3,620
2 - L -	808,810	810,560	810,770	813,390	816,560
2 - Z -	3,700	3,800	3,770	3,490	3,930
2 - L -	816,770	819,490	822,770	827,340	828,390
2 - Z -	3,940	4,140	4,410	4,830	4,900
2 - L -	828,770	829,080	829,710	834,770	837,400
2 - Z -	4,940	4,970	5,110	5,600	5,870
2 - L -	837,570	839,780	840,770	846,770	847,900
2 - Z -	5,870	5,880	5,770	5,070	4,930
2 - L -	852,070	852,770	858,770	862,940	864,770
2 - Z -	4,390	4,300	3,470	2,870	2,590
2 - L -	870,770	874,900	875,790	876,300	876,570
2 - Z -	1,630	0,940	1,360	1,660	1,810
2 - L -	876,770	879,870	882,770	882,970	887,090
2 - Z -	1,790	1,510	1,230	1,210	1,260
2 - L -	888,770	890,700	891,760	894,770	900,770
2 - Z -	1,280	1,310	1,330	1,360	1,430
2 - L -	902,120	906,770	910,280	911,790	911,980
2 - Z -	1,450	1,480	1,500	1,510	1,500
2 - L -	912,630	912,770	912,980	913,530	918,200
2 - Z -	1,460	1,550	1,690	2,240	1,640
2 - L -	918,770	919,370	919,620	919,770	919,860
2 - Z -	1,570	1,490	1,830	2,270	1,740
2 - L -	920,080	920,820	921,550	922,080	924,770
2 - Z -	1,490	1,540	1,540	1,530	1,560
2 - L -	930,370	930,770	930,890	931,370	936,770
2 - Z -	1,620	1,630	1,630	1,630	1,590
2 - L -	938,910	942,270	942,770	945,640	946,070
2 - Z -	1,570	1,560	1,560	1,530	1,560
2 - L -	947,580	948,770	950,110	953,280	954,770

Laagscheidingnummer	Coördinaten [m]				
2 - Z -	1,810	1,980	2,180	1,610	1,360
2 - L -	955,690	957,570	959,060	959,670	960,770
2 - Z -	1,200	0,370	-0,310	-0,320	-0,330
2 - L -	960,870	962,040	963,420	966,770	972,380
2 - Z -	-0,330	0,180	0,830	0,830	0,830
2 - L -	972,770	978,770	982,560	984,770	990,770
2 - Z -	0,830	0,830	0,830	0,810	0,770
2 - L -	996,770	1002,770	1008,770	1009,980	1014,770
2 - Z -	0,720	0,680	0,640	0,630	0,630
2 - L -	1019,730	1020,770	1026,770	1032,770	1033,790
2 - Z -	0,640	0,640	0,690	0,730	0,730
2 - L -	1038,770	1041,500	1043,260	1044,770	1045,620
2 - Z -	0,740	0,750	0,230	-0,170	-0,390
2 - L -	1046,300	1047,610	1049,030	1050,770	1050,880
2 - Z -	-0,390	-0,440	-0,060	0,510	0,540
2 - L -	1057,200	1067,950	1117,950		
2 - Z -	0,560	0,590	0,590		
1 - L -	-10,000	244,595	706,329	1117,950	
1 - Z -	-15,000	-16,000	-13,500	-16,500	
0 - L -	-10,000	1117,950			
0 - Z -	-28,000	-28,000			

2.3 PN-Lijnen

PN-lijnnummer	Coördinaten [m]				
1 - L -	-10,000	1117,950			
1 - Z -	-0,210	-0,210			

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
2	Sand, clean, stiff	1	1
1	Sand, clean, loose	1	1

2.6 Grenslagen

De grens tussen (cohesieve) ongedraineerde toplagen en onderliggende (niet-cohesieve) gedraineerde lagen, ligt aan de bovenzijde van laag nummer 2: Sand, clean, stiff

De grens tussen compressibele toplagen en de onderliggende niet-compressibele lagen, ligt aan de bovenzijde van laag nummer 2: Sand, clean, stiff

2.7 Grondeigenschappen

Naam	Gamma-onverz			Gamma-verz		
	Uniek [kN/m³]	Laag [kN/m³]	Hoog [kN/m³]	Uniek [kN/m³]	Laag [kN/m³]	Hoog [kN/m³]
dummy	18,00	-	-	20,00	-	-
Sand, clean, loose	-	17,00	18,00	-	19,00	20,00
Sand, clean, stiff	-	19,00	20,00	-	21,00	22,00

Naam	Cohesie			Phi		
	Uniek [kN/m²]	Laag [kN/m²]	Hoog [kN/m²]	Uniek [grd]	Laag [grd]	Hoog [grd]
dummy	1,00	-	-	30,00	-	-
Sand, clean, loose	-	0,00	0,00	-	30,00	32,50
Sand, clean, stiff	-	0,00	0,00	-	35,00	40,00

Naam	Su-top			Su-onder		
	Uniek [kN/m ²]	Laag [kN/m ²]	Hoog [kN/m ²]	Uniek [kN/m ²]	Laag [kN/m ²]	Hoog [kN/m ²]
dummy	0,00	-	-	0,00	-	-
Sand, clean, loose	-	0,00	0,00	-	0,00	0,00
Sand, clean, stiff	-	0,00	0,00	-	0,00	0,00

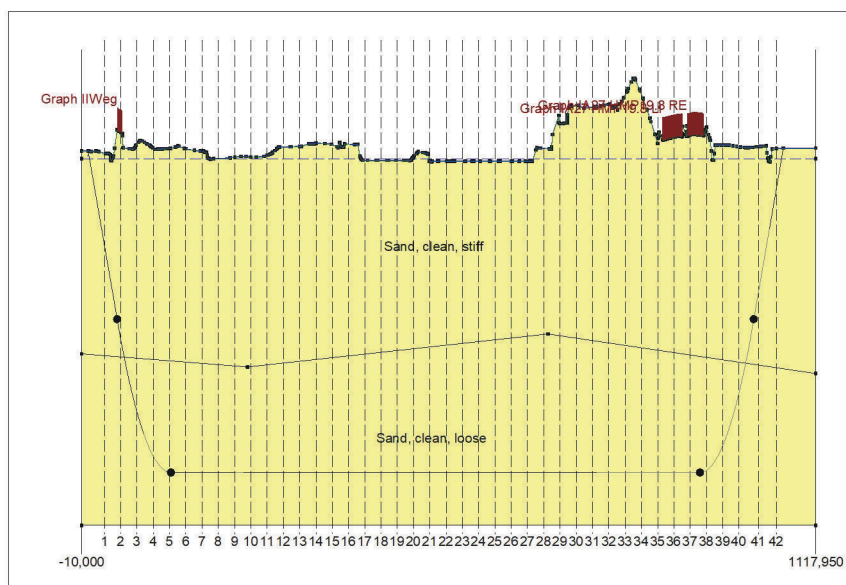
Naam	Emod-top			Emod-onder		
	Uniek [kN/m ²]	Laag [kN/m ²]	Hoog [kN/m ²]	Uniek [kN/m ²]	Laag [kN/m ²]	Hoog [kN/m ²]
dummy	10000,00	-	-	15000,00	-	-
Sand, clean, loose	-	-	-	-	-	-
Sand, clean, stiff	-	-	-	-	-	-

Naam	Grondtype	Emod 100		
		Uniek [kN/m ²]	Laag [kN/m ²]	Hoog [kN/m ²]
dummy	-	-	-	-
Sand, clean, loose	Sand	-	15000,00	45000,00
Sand, clean, stiff	Sand	-	75000,00	110000,00

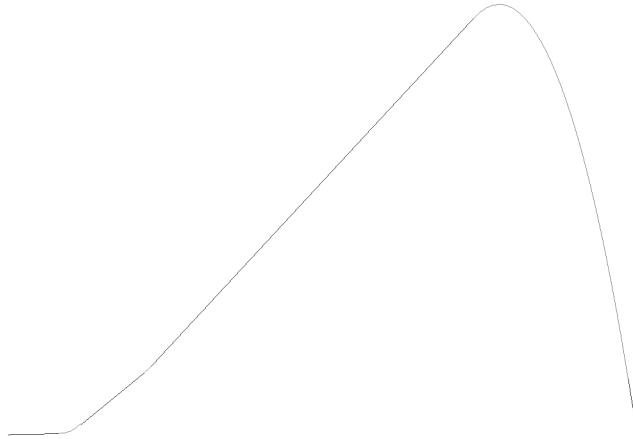
Naam	Adhesie A [kN/m ²]	Delta D [grd]	Nu [-]
dummy	-	-	0,35
Sand, clean, loose	-	-	0,30
Sand, clean, stiff	-	-	0,30

2.8 Geometrie

2.8.1 Geometrie Sectie, Detail



2.8.2 Geometrie Boven aanzicht



2.9 Berekenings Verticalen

Verticaal nr.	L-coörd. [m]	Z-coörd. [m]
1	25,000	-6,799
2	50,000	-13,910
3	75,000	-19,432
4	100,000	-22,769
5	125,000	-23,992
6	150,000	-24,000
7	175,000	-24,000
8	200,000	-24,000
9	225,000	-24,000
10	250,000	-24,000
11	275,000	-24,000
12	300,000	-24,000
13	325,000	-24,000
14	350,000	-24,000
15	375,000	-24,000
16	400,000	-24,000
17	425,000	-24,000
18	450,000	-24,000
19	475,000	-24,000
20	500,000	-24,000
21	525,000	-24,000
22	550,000	-24,000
23	575,000	-24,000
24	600,000	-24,000
25	625,000	-24,000
26	650,000	-24,000
27	675,000	-24,000
28	700,000	-24,000
29	725,000	-24,000
30	750,000	-24,000
31	775,000	-24,000

Verticaal nr.	L-coörd. [m]	Z-coörd. [m]
32	800,000	-24,000
33	825,000	-24,000
34	850,000	-24,000
35	875,000	-24,000
36	900,000	-24,000
37	925,000	-24,000
38	950,000	-23,837
39	975,000	-21,963
40	1000,000	-17,959
41	1029,706	-10,395
42	1057,529	-2,417

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

2.10 Verkeersbelasting

A27 HMP19.8 LI

L begin 882,50 [m]
 L einde 912,70 [m]
 Belastingsmodel (grafiektype) Graph I

A27 HMP19.8 RE

L begin 920,40 [m]
 L einde 945,50 [m]
 Belastingsmodel (grafiektype) Graph I

Weg

L begin 44,80 [m]
 L einde 51,90 [m]
 Belastingsmodel (grafiektype) 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 0,370 [m]
 X coördinaat rechter punt 1053,760 [m]
 Y coördinaat rechter punt 0,000 [m]
 Z coördinaat rechter punt 0,590 [m]
 Hoek links 16,0000 [grd]
 Hoek rechts 16,0000 [grd]
 Kromtestraal links, verticaal in/uit 300,000 [m]
 Kromtestraal rechts, verticaal in/uit 300,000 [m]
 Kromtestraal rollenbaan (intrekboog) 400,000 [m]
 Diepste punt van de pijpleiding (hart boortracé) -24,000 [m]
 Hoek van de pijpleiding (tussen de stralen) 0,0000 [grd]
 Aantal horizontale bochten: 3
 De pijpleiding wordt van rechts naar links ingetrokken.

Bocht nr.	X1-coörd. [m]	Y1-coörd. [m]	X2-coörd. [m]	Y2-coörd. [m]	Kromtestraal [m]	Richting
1	86,360	0,150	121,420	1,440	500,000	rechts
2	228,340	9,150	239,770	10,100	500,000	rechts
3	779,870	61,500	1038,620	8,230	450,000	links

2.12 Materiaalgegevens van de Leiding

Invoergegevens leiding no. 1

Materiaal Polyetheen
 Kwaliteit PE100
 Elasticiteitsmodulus (kort) 975,00 [N/mm²]
 Elasticiteitsmodulus (lang) 350,00 [N/mm²]

Toelaatbare spanning (kort)	10,00	[N/mm ²]
Toelaatbare spanning (lang)	8,00	[N/mm ²]
Tensile factor (alfa)	0,65	[-]
Lineaire uitzettingscoëff. (alfa_g)	0,0001600	[mm/mmK]
Uitwendige diameter leiding	200,00	[mm]
Wanddikte (Nominaal)	18,20	[mm]
Volumegewicht leidingmateriaal	9,54	[kN/m ³]
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 ²]
Elasticiteitsmodulus (lang)	350,00	[N/mm ²]
Toelaatbare spanning (kort)	10,00	[N/mm ²]
Toelaatbare spanning (lang)	8,00	[N/mm ²]
Tensile factor (alfa)	0,65	[-]
Lineaire uitzettingscoëff. (alfa_g)	0,0001600	[mm/mmK]
Uitwendige diameter leiding	200,00	[mm]
Wanddikte (Nominaal)	18,20	[mm]
Volumegewicht leidingmateriaal	9,54	[kN/m ³]
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 ²]
Elasticiteitsmodulus (lang)	350,00	[N/mm ²]
Toelaatbare spanning (kort)	10,00	[N/mm ²]
Toelaatbare spanning (lang)	8,00	[N/mm ²]
Tensile factor (alfa)	0,65	[-]
Lineaire uitzettingscoëff. (alfa_g)	0,0001600	[mm/mmK]
Uitwendige diameter leiding	200,00	[mm]
Wanddikte (Nominaal)	18,20	[mm]
Volumegewicht leidingmateriaal	9,54	[kN/m ³]
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 ²]
Elasticiteitsmodulus (lang)	350,00	[N/mm ²]
Toelaatbare spanning (kort)	10,00	[N/mm ²]
Toelaatbare spanning (lang)	8,00	[N/mm ²]
Tensile factor (alfa)	0,65	[-]
Lineaire uitzettingscoëff. (alfa_g)	0,0001600	[mm/mmK]
Uitwendige diameter leiding	250,00	[mm]
Wanddikte (Nominaal)	22,70	[mm]
Volumegewicht leidingmateriaal	9,54	[kN/m ³]
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	Ja	
Percentage leiding gevuld met vloeistof	100	[%]
Volume gewicht vloeistof	10,00	[kN/m ³]
Opleghoek	30	[grd]
Belastingshoek	30	[grd]

Relatieve verplaatsing	10,00	[mm]
Samendrukkingsconstante	6,00	[-]
Beddingsconstante boorvloeistof (Kv)	500,00	[kN/m³]
Hoek van inwendige wrijving boorvloeistof	15,00	[grd]
Cohesie boorvloeistof	5,00	[kN/m²]
Wrijvingsfactor leiding-rollenbaan (f1)	0,10	[-]
Wrijvingscoëfficiënt leiding-boorvloeistof (f2)	0,000050	[N/mm²]
Wrijvingsfactor leiding-grond (f3)	0,20	[-]

2.14 Boorvloeistof Gegevens

Uitwendige diameter boorgat pilotboring	0,270	[m]
Uitwendige diameter pilotbuis	0,127	[m]
Uitwendige diameter boorgat voorruimen	0,320	[m]
Uitwendige diameter buis voorruimen	0,127	[m]
Uitwendige diameter uiteindelijke boorgat	0,700	[m]
Uitwendige diameter leiding	0,427	[m]
Debiet tijdens pilotboring	400,0000	[liter/minuut]
Debiet tijdens voorruimen	1500,0000	[liter/minuut]
Debiet tijdens intrekken	1000,0000	[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/m³]
Zwichtspanning boorvloeistof	0,014	[kN/m²]
Viscositeit boorvloeistof	0,000040	[kN.s/m²]

2.15 Factoren

(Polyetheen)Veiligheidsfactor implosie (Lang)	3,0	[-]
(Polyetheen)Veiligheidsfactor implosie (Kort)	1,5	[-]
Onzekerheidsfactor 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 _{n;r} (Polyetheen)	1,50	[-]
Belastingsfactor temperatuur (Polyetheen)	1,10	[-]
Belastingsfactor verkeersbelasting (Polyetheen)	1,35	[-]
Importantie factor (S)	1,00	[-]
Toelaatbare deflectie stalen leiding	15,00	[%]
Toelaatb. deflectie stalen leiding bij inspectie ('piggability')	5,00	[%]
Toelaatbare deflectie polyetheen leiding	8,00	[%]
Toelaat. deflectie polyetheen leiding bij inspectie ('piggability')	5,00	[%]
Volumegegewicht water	10,00	[kN/m³]
Veiligheidsfactor dekking (gedraineerde lagen)	0,50	[-]
Veiligheidsfactor dekking (ongedraineerde lagen)	0,50	[-]
Verhouding H/Do voor grens tussen ondiepe en diepe situatie	7,50	[-]

2.16 Rekenopties

Stress analyse optie : Standaard

3 Boorvloeistofdrukken

3.1 Boorvloeistof Gegevens

Verticaal nr.	Boorvloeistofdrukken pilot [kN/m ²]			
	Max, deformatie	Max, gronddruk	Min, links	Min, rechts
1	348	628	91	549
2	708	1326	182	617
3	639	1055	254	667
4	705	1150	303	692
5	732	1191	327	695
6	733	1192	339	684
7	727	1182	350	673
8	710	1148	361	661
9	714	1155	372	650
10	715	1157	383	639
11	718	1164	394	628
12	737	1201	406	617
13	738	1202	417	606
14	745	1215	428	594
15	741	1207	439	583
16	741	1208	450	572
17	703	1134	461	561
18	702	1133	472	550
19	702	1132	484	539
20	708	1144	495	528
21	698	1125	506	516
22	698	1124	517	505
23	697	1123	528	494
24	696	1122	539	483
25	695	1120	551	472
26	695	1118	562	461
27	694	1117	573	450
28	722	1171	584	438
29	781	1285	595	427
30	825	1369	606	416
31	822	1364	617	405
32	830	1378	629	394
33	852	1421	640	383
34	854	1426	651	371
35	742	1209	662	360
36	756	1237	673	349
37	762	1248	684	338
38	778	1280	694	325
39	695	1137	684	293
40	605	1004	651	237
41	521	973	581	140
42	177	225	505	38

Verticaal nr.	Boorvloeistofdrukken voorruimen [kN/m ²]			
	Max, deformatie	Max, gronddruk	Min, links	Min, rechts
1	348	603	89	91
2	708	1326	177	182
3	641	1058	247	254
4	706	1151	293	303
5	733	1192	315	327
6	733	1193	324	339
7	728	1183	333	350
8	711	1149	342	361
9	714	1156	350	372
10	715	1158	359	383
11	719	1165	368	394

Verticaal nr.	Boorvloeistofdrukken voorruimen [kN/m ²]			
	Max, deformatie	Max, gronddruk	Min, links	Min, rechts
12	738	1202	377	406
13	738	1203	385	417
14	745	1216	394	428
15	741	1208	403	439
16	741	1209	412	450
17	703	1135	420	461
18	703	1134	429	472
19	702	1132	438	482
20	709	1145	447	473
21	698	1126	455	464
22	698	1125	464	455
23	697	1123	473	447
24	697	1122	482	438
25	696	1120	472	429
26	695	1119	461	420
27	694	1117	450	412
28	722	1171	438	403
29	782	1286	427	394
30	825	1370	416	385
31	823	1365	405	377
32	830	1379	394	368
33	852	1422	383	359
34	855	1427	371	350
35	742	1210	360	342
36	757	1238	349	333
37	762	1249	338	324
38	778	1281	325	313
39	695	1139	293	284
40	607	1008	237	231
41	521	973	140	136
42	177	206	38	37

Verticaal nr.	Boorvloeistofdrukken intrekken [kN/m ²]			
	Max, deformatie	Max, gronddruk	Min, links	Min, rechts
1	348	451	85	89
2	708	1295	170	177
3	649	1077	237	247
4	710	1161	279	293
5	736	1200	299	315
6	737	1201	304	324
7	731	1191	310	333
8	714	1157	315	342
9	718	1164	321	350
10	719	1166	326	359
11	723	1173	332	368
12	742	1210	337	377
13	742	1211	343	385
14	749	1224	348	394
15	745	1216	354	403
16	745	1216	359	412
17	706	1142	365	415
18	705	1140	370	409
19	705	1138	376	404
20	711	1151	381	398
21	701	1131	387	393
22	701	1131	392	387
23	700	1129	398	382
24	699	1128	403	376
25	698	1126	409	371
26	697	1124	414	365
27	696	1122	412	360
28	724	1177	403	354
29	784	1292	394	349

Verticaal nr.	Boorvloeistofdrukken intrekken [kN/m ²]			
	Max, deformatie	Max, gronddruk	Min, links	Min, rechts
30	828	1377	385	343
31	826	1373	377	338
32	834	1387	368	332
33	856	1431	359	327
34	859	1436	350	322
35	745	1217	342	316
36	760	1246	333	311
37	766	1257	324	305
38	782	1290	313	298
39	700	1150	284	271
40	622	1044	231	221
41	521	849	136	131
42	133	133	37	36

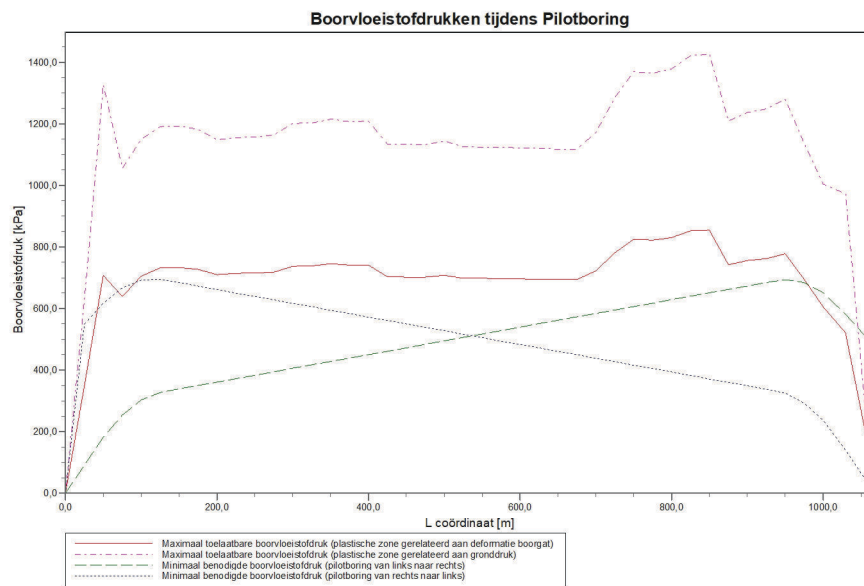
3.2 Evenwicht tussen Waterdruk en Boorvloeistofdruk

Verticaal nr.	Hydrostatische kolomdruk			
	Boorvloeistof [kN/m ²]	Water [kN/m ²]	Veiligheidsfactor [-]	Resultaat
1	80	66	1,21	voldoet
2	159	137	1,16	voldoet
3	220	192	1,14	voldoet
4	257	226	1,14	voldoet
5	271	238	1,14	voldoet
6	271	238	1,14	voldoet
7	271	238	1,14	voldoet
8	271	238	1,14	voldoet
9	271	238	1,14	voldoet
10	271	238	1,14	voldoet
11	271	238	1,14	voldoet
12	271	238	1,14	voldoet
13	271	238	1,14	voldoet
14	271	238	1,14	voldoet
15	271	238	1,14	voldoet
16	271	238	1,14	voldoet
17	271	238	1,14	voldoet
18	272	238	1,14	voldoet
19	272	238	1,14	voldoet
20	272	238	1,14	voldoet
21	272	238	1,14	voldoet
22	272	238	1,14	voldoet
23	272	238	1,14	voldoet
24	272	238	1,14	voldoet
25	272	238	1,14	voldoet
26	272	238	1,14	voldoet
27	272	238	1,14	voldoet
28	272	238	1,14	voldoet
29	272	238	1,14	voldoet
30	272	238	1,14	voldoet
31	272	238	1,14	voldoet
32	272	238	1,14	voldoet
33	272	238	1,15	voldoet
34	273	238	1,15	voldoet
35	273	238	1,15	voldoet
36	273	238	1,15	voldoet
37	273	238	1,15	voldoet
38	271	236	1,15	voldoet
39	250	218	1,15	voldoet
40	206	177	1,16	voldoet
41	122	102	1,20	voldoet
42	33	22	1,51	voldoet

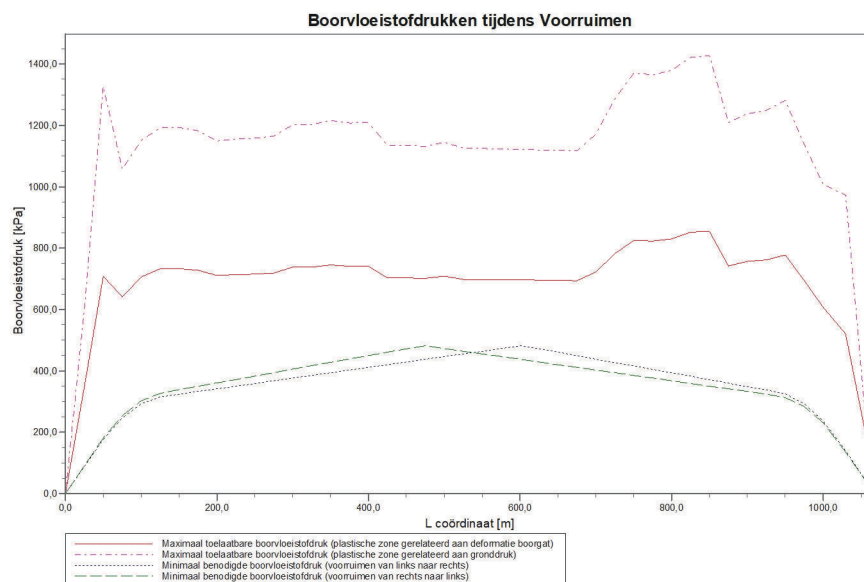
De statische boorvloeistofdruk is berekend en kan worden vergeleken met de berekende grondwater druk. De veiligheids factor wordt bepaald door de verhouding van boorvloeistofdruk en grondwater druk. Deze moet hoger zijn dan de vereiste veiligheidsfactor van 1,10

3.3 Boorvloeistofdruk Grafieken

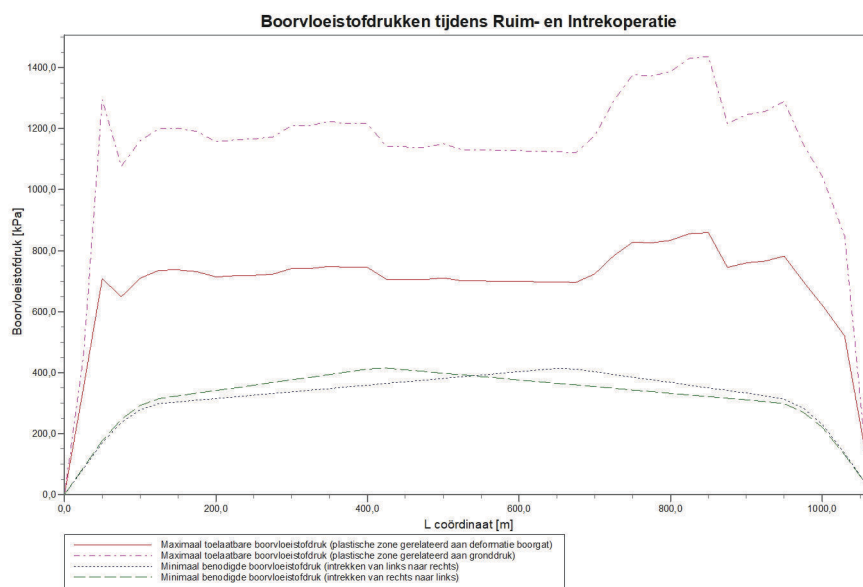
3.3.1 Boorvloeistofdrukken tijdens Pilotboring



3.3.2 Boorvloeistofdrukken tijdens Voorruimen



3.3.3 Boorvloeistofdrukken tijdens Ruim- en Intrekoperatie



4 Grondmechanische Data

4.1 Grondmechanische Parameters ø200 SDR-11 (1): leiding no. 1

De volgende gegevens en uitgangspunten zijn gehanteerd voor de sterkteberekening:

Merk op: veiligheidsfactoren niet toegepast.

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

Verticaal nr.	q _{v;p} [kN/m ²]	q _{v;n} [kN/m ²]	q _{h;n} [kN/m ²]	q _{v;r;n} [kN/m ²]	q _{verkeer} [kN/m ²]	q _{v;e} [kN/m ²]
1	977	86	11	15	0	7530
2	2890	203	11	15	1	17694
3	1971	244	10	14	0	8581
4	2152	271	10	14	0	9542
5	2229	283	10	13	0	9956
6	2229	283	10	13	0	9954
7	2207	280	10	13	0	9833
8	2135	269	10	13	0	9448
9	2149	271	10	13	0	9523
10	2152	271	10	13	0	9541
11	2169	274	10	13	0	9630
12	2248	286	10	14	0	10058
13	2251	286	10	14	0	10074
14	2281	291	10	14	0	10233
15	2266	289	10	14	0	10154
16	2268	289	10	14	0	10166
17	2113	265	10	13	0	9332
18	2112	265	10	13	0	9323
19	2110	265	10	13	0	9313
20	2139	269	10	13	0	9468
21	2098	263	10	13	0	9252
22	2098	263	10	13	0	9251
23	2096	263	10	13	0	9242
24	2095	263	10	13	0	9235
25	2093	262	10	13	0	9222
26	2091	262	10	13	0	9213
27	2089	262	10	13	0	9203
28	2205	279	10	13	0	9826
29	2448	317	10	14	0	11148
30	2624	345	11	14	0	12128
31	2613	343	11	14	0	12063
32	2641	348	11	15	0	12222
33	2731	362	11	15	0	12727
34	2738	363	11	15	0	12770
35	2275	290	10	14	0	10203
36	2333	299	10	14	2	10521
37	2354	302	10	14	2	10633
38	2423	313	10	14	0	11011
39	2131	268	10	14	0	9428
40	1848	226	10	14	0	7939
41	2109	140	11	15	0	12164
42	217	41	30	41	0	3599

Verticaal nr.	q _{h,e} [kN/m ²]	k _{v;bot} [kN/m ³]	k _{v;top} [kN/m ³]	k _h [kN/m ³]	t _{max} [kN/m ²]	d _{max} [mm]
1	1365	406158	370447	284310	0,05	7,5
2	2890	636247	611780	445373	0,05	7,5
3	1971	259348	252405	181544	0,05	7,5
4	2152	274621	267997	192235	0,05	7,5
5	2229	281000	274499	196700	0,05	7,5
6	2229	280970	274468	196679	0,05	7,5
7	2207	279116	272579	195381	0,05	7,5
8	2135	273155	266501	191208	0,05	7,5
9	2149	274318	267688	192023	0,05	7,5
10	2152	274601	267977	192221	0,05	7,5
11	2169	275991	269394	193194	0,05	7,5
12	2248	282564	276092	197795	0,05	7,5
13	2251	282804	276336	197963	0,05	7,5
14	2281	285218	278795	199652	0,05	7,5
15	2266	284014	277570	198810	0,05	7,5
16	2268	284192	277750	198934	0,05	7,5
17	2113	271341	264651	189939	0,05	7,5
18	2112	271192	264499	189834	0,05	7,5
19	2110	271042	264346	189729	0,05	7,5
20	2139	273466	266819	191426	0,05	7,5
21	2098	270078	263362	189055	0,05	7,5
22	2098	270062	263346	189043	0,05	7,5
23	2096	269912	263193	188938	0,05	7,5
24	2095	269815	263093	188870	0,05	7,5
25	2093	269611	262886	188728	0,05	7,5
26	2091	269461	262733	188623	0,05	7,5
27	2089	269311	262579	188518	0,05	7,5
28	2205	279010	272471	195307	0,05	7,5
29	2448	298758	292574	209131	0,05	7,5
30	2624	312751	306794	218926	0,05	7,5
31	2613	311841	305869	218289	0,05	7,5
32	2641	314076	308139	219853	0,05	7,5
33	2731	321070	315238	224749	0,05	7,5
34	2738	321661	315838	225163	0,05	7,5
35	2275	284763	278332	199334	0,05	7,5
36	2333	289532	283188	202673	0,05	7,5
37	2354	291202	284888	203841	0,05	7,5
38	2423	296768	290551	207738	0,05	7,5
39	2131	272849	266190	190995	0,05	7,5
40	1848	248741	241556	174119	0,05	7,5
41	2109	521181	492312	364827	0,05	7,5
42	554	282340	232524	197638	0,05	7,5

Maximale grondspanning : q_{v;n};max = 363 kN/m²
 Maximale gereduceerde grondspanning (incl. verkeersbelastingen) : q_{verkeer};max = 41 kN/m²
 Maximale gereduceerde grondspanning : q_{v;r;n};max = 41 kN/m²
 Maximale verticale beddingsconstante (zonder veiligheidsfactor)
 alleen voor verticalen in diepe situatie : k_v;max = 636247 kN/m³
 Maximale verticale beddingsconstante (veiligheidsfactor toegepast)
 alleen voor verticalen in diepe situatie : k_v;max = 1272493 kN/m³

4.2 Grondmechanische Parameters ø200 SDR-11 (2): leiding no. 2

De volgende gegevens en uitgangspunten zijn gehanteerd voor de sterkteberekening:

Merk op: veiligheidsfactoren niet toegepast.

q _{v;p}	Passieve grondspanning	kN/m ²
q _{v;n}	Neutrale grondspanning	kN/m ²
q _{h;n}	Neutrale horizontale grondspanning	kN/m ²
q _{v;r;n}	Gereduceerde neutrale grondspanning	kN/m ²
q _{verkeer}	Verkeersbelasting	kN/m ²
q _{v,e}	Verticaal evenwichtsdraagvermogen	kN/m ²
q _{h,e}	Horizontaal evenwichtsdraagvermogen	kN/m ²

k_v;bot	Verticaal beddingsgetal omlaag	kN/m ³
k_v;top	Verticaal beddingsgetal omhoog	kN/m ³
k_h	Horizontaal beddinggetal	kN/m ³
t_max	Maximale wrijving leiding-boorvloeistof	kN/m ²
d_max	Corresponderende verplaatsing bij mobilisatie maximale wrijving	mm

Verticaal nr.	q_v;p [kN/m ²]	q_v;n [kN/m ²]	q_h;n [kN/m ²]	q_v;r;n [kN/m ²]	q_verkeer [kN/m ²]	q_v;e [kN/m ²]
1	977	86	11	15	0	7530
2	2890	203	11	15	1	17694
3	1971	244	10	14	0	8581
4	2152	271	10	14	0	9542
5	2229	283	10	13	0	9956
6	2229	283	10	13	0	9954
7	2207	280	10	13	0	9833
8	2135	269	10	13	0	9448
9	2149	271	10	13	0	9523
10	2152	271	10	13	0	9541
11	2169	274	10	13	0	9630
12	2248	286	10	14	0	10058
13	2251	286	10	14	0	10074
14	2281	291	10	14	0	10233
15	2266	289	10	14	0	10154
16	2268	289	10	14	0	10166
17	2113	265	10	13	0	9332
18	2112	265	10	13	0	9323
19	2110	265	10	13	0	9313
20	2139	269	10	13	0	9468
21	2098	263	10	13	0	9252
22	2098	263	10	13	0	9251
23	2096	263	10	13	0	9242
24	2095	263	10	13	0	9235
25	2093	262	10	13	0	9222
26	2091	262	10	13	0	9213
27	2089	262	10	13	0	9203
28	2205	279	10	13	0	9826
29	2448	317	10	14	0	11148
30	2624	345	11	14	0	12128
31	2613	343	11	14	0	12063
32	2641	348	11	15	0	12222
33	2731	362	11	15	0	12727
34	2738	363	11	15	0	12770
35	2275	290	10	14	0	10203
36	2333	299	10	14	2	10521
37	2354	302	10	14	2	10633
38	2423	313	10	14	0	11011
39	2131	268	10	14	0	9428
40	1848	226	10	14	0	7939
41	2109	140	11	15	0	12164
42	217	41	30	41	0	3599

Verticaal nr.	q_h;e [kN/m ²]	k_v;bot [kN/m ³]	k_v;top [kN/m ³]	k_h [kN/m ³]	t_max [kN/m ²]	d_max [mm]
1	1365	406158	370447	284310	0,05	7,5
2	2890	636247	611780	445373	0,05	7,5
3	1971	259348	252405	181544	0,05	7,5
4	2152	274621	267997	192235	0,05	7,5
5	2229	281000	274499	196700	0,05	7,5
6	2229	280970	274468	196679	0,05	7,5
7	2207	279116	272579	195381	0,05	7,5
8	2135	273155	266501	191208	0,05	7,5
9	2149	274318	267688	192023	0,05	7,5
10	2152	274601	267977	192221	0,05	7,5
11	2169	275991	269394	193194	0,05	7,5
12	2248	282564	276092	197795	0,05	7,5
13	2251	282804	276336	197963	0,05	7,5
14	2281	285218	278795	199652	0,05	7,5

Verticaal nr.	q _h ;e [kN/m ²]	k _v ;bot [kN/m ³]	k _v ;top [kN/m ³]	k _h [kN/m ³]	t _{max} [kN/m ²]	d _{max} [mm]
15	2266	284014	277570	198810	0,05	7,5
16	2268	284192	277750	198934	0,05	7,5
17	2113	271341	264651	189939	0,05	7,5
18	2112	271192	264499	189834	0,05	7,5
19	2110	271042	264346	189729	0,05	7,5
20	2139	273466	266819	191426	0,05	7,5
21	2098	270078	263362	189055	0,05	7,5
22	2098	270062	263346	189043	0,05	7,5
23	2096	269912	263193	188938	0,05	7,5
24	2095	269815	263093	188870	0,05	7,5
25	2093	269611	262886	188728	0,05	7,5
26	2091	269461	262733	188623	0,05	7,5
27	2089	269311	262579	188518	0,05	7,5
28	2205	279010	272471	195307	0,05	7,5
29	2448	298758	292574	209131	0,05	7,5
30	2624	312751	306794	218926	0,05	7,5
31	2613	311841	305869	218289	0,05	7,5
32	2641	314076	308139	219853	0,05	7,5
33	2731	321070	315238	224749	0,05	7,5
34	2738	321661	315838	225163	0,05	7,5
35	2275	284763	278332	199334	0,05	7,5
36	2333	289532	283188	202673	0,05	7,5
37	2354	291202	284888	203841	0,05	7,5
38	2423	296768	290551	207738	0,05	7,5
39	2131	272849	266190	190995	0,05	7,5
40	1848	248741	241556	174119	0,05	7,5
41	2109	521181	492312	364827	0,05	7,5
42	554	282340	232524	197638	0,05	7,5

Maximale grondspanning : q_{v;n};max = 363 kN/m²
 Maximale gereduceerde grondspanning (incl. verkeersbelastingen) : q_{verkeer};max = 41 kN/m²
 Maximale gereduceerde grondspanning : q_{v;r;n};max = 41 kN/m²
 Maximale verticale beddingsconstante (zonder veiligheidsfactor)
 alleen voor verticalen in diepe situatie : k_v;max = 636247 kN/m³
 Maximale verticale beddingsconstante (veiligheidsfactor toegepast)
 alleen voor verticalen in diepe situatie : k_v;max = 1272493 kN/m³

4.3 Grondmechanische Parameters ø200 SDR-11 (3): leiding no. 3

De volgende gegevens en uitgangspunten zijn gehanteerd voor de sterkteberekening:

Merk op: veiligheidsfactoren niet toegepast.

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

Verticaal nr.	q _v ;p [kN/m ²]	q _v ;n [kN/m ²]	q _h ;n [kN/m ²]	q _{v;r;n} [kN/m ²]	q _{verkeer} [kN/m ²]	q _v ;e [kN/m ²]
1	977	86	11	15	0	7530
2	2890	203	11	15	1	17694
3	1971	244	10	14	0	8581
4	2152	271	10	14	0	9542
5	2229	283	10	13	0	9956
6	2229	283	10	13	0	9954
7	2207	280	10	13	0	9833

Verticaal nr.	q_v;p [kN/m ²]	q_v;n [kN/m ²]	q_h;n [kN/m ²]	q_v;r;n [kN/m ²]	q_verkeer [kN/m ²]	q_v;e [kN/m ²]
8	2135	269	10	13	0	9448
9	2149	271	10	13	0	9523
10	2152	271	10	13	0	9541
11	2169	274	10	13	0	9630
12	2248	286	10	14	0	10058
13	2251	286	10	14	0	10074
14	2281	291	10	14	0	10233
15	2266	289	10	14	0	10154
16	2268	289	10	14	0	10166
17	2113	265	10	13	0	9332
18	2112	265	10	13	0	9323
19	2110	265	10	13	0	9313
20	2139	269	10	13	0	9468
21	2098	263	10	13	0	9252
22	2098	263	10	13	0	9251
23	2096	263	10	13	0	9242
24	2095	263	10	13	0	9235
25	2093	262	10	13	0	9222
26	2091	262	10	13	0	9213
27	2089	262	10	13	0	9203
28	2205	279	10	13	0	9826
29	2448	317	10	14	0	11148
30	2624	345	11	14	0	12128
31	2613	343	11	14	0	12063
32	2641	348	11	15	0	12222
33	2731	362	11	15	0	12727
34	2738	363	11	15	0	12770
35	2275	290	10	14	0	10203
36	2333	299	10	14	2	10521
37	2354	302	10	14	2	10633
38	2423	313	10	14	0	11011
39	2131	268	10	14	0	9428
40	1848	226	10	14	0	7939
41	2109	140	11	15	0	12164
42	217	41	30	41	0	3599

Verticaal nr.	q_h;e [kN/m ²]	k_v;bot [kN/m ³]	k_v;top [kN/m ³]	k_h [kN/m ³]	t_max [kN/m ²]	d_max [mm]
1	1365	406158	370447	284310	0,05	7,5
2	2890	636247	611780	445373	0,05	7,5
3	1971	259348	252405	181544	0,05	7,5
4	2152	274621	267997	192235	0,05	7,5
5	2229	281000	274499	196700	0,05	7,5
6	2229	280970	274468	196679	0,05	7,5
7	2207	279116	272579	195381	0,05	7,5
8	2135	273155	266501	191208	0,05	7,5
9	2149	274318	267688	192023	0,05	7,5
10	2152	274601	267977	192221	0,05	7,5
11	2169	275991	269394	193194	0,05	7,5
12	2248	282564	276092	197795	0,05	7,5
13	2251	282804	276336	197963	0,05	7,5
14	2281	285218	278795	199652	0,05	7,5
15	2266	284014	277570	198810	0,05	7,5
16	2268	284192	277750	198934	0,05	7,5
17	2113	271341	264651	189939	0,05	7,5
18	2112	271192	264499	189834	0,05	7,5
19	2110	271042	264346	189729	0,05	7,5
20	2139	273466	266819	191426	0,05	7,5
21	2098	270078	263362	189055	0,05	7,5
22	2098	270062	263346	189043	0,05	7,5
23	2096	269912	263193	188938	0,05	7,5
24	2095	269815	263093	188870	0,05	7,5
25	2093	269611	262886	188728	0,05	7,5
26	2091	269461	262733	188623	0,05	7,5
27	2089	269311	262579	188518	0,05	7,5

Verticaal nr.	q _{h,e} [kN/m ²]	k _{v;bot} [kN/m ³]	k _{v;top} [kN/m ³]	k _h [kN/m ³]	t _{max} [kN/m ²]	d _{max} [mm]
28	2205	279010	272471	195307	0,05	7,5
29	2448	298758	292574	209131	0,05	7,5
30	2624	312751	306794	218926	0,05	7,5
31	2613	311841	305869	218289	0,05	7,5
32	2641	314076	308139	219853	0,05	7,5
33	2731	321070	315238	224749	0,05	7,5
34	2738	321661	315838	225163	0,05	7,5
35	2275	284763	278332	199334	0,05	7,5
36	2333	289532	283188	202673	0,05	7,5
37	2354	291202	284888	203841	0,05	7,5
38	2423	296768	290551	207738	0,05	7,5
39	2131	272849	266190	190995	0,05	7,5
40	1848	248741	241556	174119	0,05	7,5
41	2109	521181	492312	364827	0,05	7,5
42	554	282340	232524	197638	0,05	7,5

Maximale grondspanning : q_{v;n;max} = 363 kN/m²
 Maximale gereduceerde grondspanning (incl. verkeersbelastingen) : q_{verkeer;max} = 41 kN/m²
 Maximale gereduceerde grondspanning : q_{v;r;n;max} = 41 kN/m²
 Maximale verticale beddingsconstante (zonder veiligheidsfactor)
 alleen voor verticalen in diepe situatie : k_{v;max} = 636247 kN/m³
 Maximale verticale beddingsconstante (veiligheidsfactor toegepast)
 alleen voor verticalen in diepe situatie : k_{v;max} = 1272493 kN/m³

4.4 Grondmechanische Parameters ø250 SDR-11 (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 ²
q _{v;n}	Neutrale grondspanning	kN/m ²
q _{h;n}	Neutrale horizontale grondspanning	kN/m ²
q _{v;r;n}	Gereduceerde neutrale grondspanning	kN/m ²
q _{verkeer}	Verkeersbelasting	kN/m ²
q _{v,e}	Verticaal evenwichtsdraagvermogen	kN/m ²
q _{h,e}	Horizontaal evenwichtsdraagvermogen	kN/m ²
k _{v;bot}	Verticaal beddingsgetal omlaag	kN/m ³
k _{v;top}	Verticaal beddingsgetal omhoog	kN/m ³
k _h	Horizontaal beddinggetal	kN/m ³
t _{max}	Maximale wrijving leiding-boorvloeistof	kN/m ²
d _{max}	Corresponderende verplaatsing bij mobilisatie maximale wrijving	mm

Verticaal nr.	q _{v;p} [kN/m ²]	q _{v;n} [kN/m ²]	q _{h;n} [kN/m ²]	q _{v;r;n} [kN/m ²]	q _{verkeer} [kN/m ²]	q _{v,e} [kN/m ²]
1	794	86	11	15	0	7522
2	2873	203	11	15	1	17686
3	1968	244	10	14	0	8575
4	2150	271	10	14	0	9536
5	2227	283	10	13	0	9950
6	2227	283	10	13	0	9948
7	2205	279	10	13	0	9827
8	2133	268	10	13	0	9442
9	2147	271	10	13	0	9517
10	2150	271	10	13	0	9535
11	2167	274	10	13	0	9625
12	2246	286	10	14	0	10053
13	2249	286	10	14	0	10068
14	2279	291	10	14	0	10228
15	2264	288	10	14	0	10148
16	2266	289	10	14	0	10160
17	2111	265	10	13	0	9327
18	2110	265	10	13	0	9317
19	2108	265	10	13	0	9308
20	2137	269	10	13	0	9462

Verticaal nr.	q_v;p [kN/m ²]	q_v;n [kN/m ²]	q_h;n [kN/m ²]	q_v;r;n [kN/m ²]	q_verkeer [kN/m ²]	q_v;e [kN/m ²]
21	2096	263	10	13	0	9247
22	2096	263	10	13	0	9246
23	2094	263	10	13	0	9236
24	2093	262	10	13	0	9230
25	2091	262	10	13	0	9217
26	2089	262	10	13	0	9208
27	2087	261	10	13	0	9198
28	2203	279	10	13	0	9820
29	2446	317	10	14	0	11142
30	2623	345	11	14	0	12122
31	2611	343	11	14	0	12057
32	2639	347	11	15	0	12216
33	2729	362	11	15	0	12721
34	2737	363	11	15	0	12764
35	2273	290	10	14	0	10198
36	2332	299	10	14	2	10515
37	2352	302	10	14	2	10628
38	2421	313	10	14	0	11005
39	2129	268	10	14	0	9422
40	1845	226	10	14	0	7934
41	1975	139	11	15	0	12155
42	180	41	30	41	0	3590

Verticaal nr.	q_h;e [kN/m ²]	k_v;bot [kN/m ³]	k_v;top [kN/m ³]	k_h [kN/m ³]	t_max [kN/m ²]	d_max [mm]
1	1316	328313	292546	229819	0,05	7,5
2	2873	498001	486984	348601	0,05	7,5
3	1968	208193	201248	145735	0,05	7,5
4	2150	220384	213758	154269	0,05	7,5
5	2227	225477	218974	157834	0,05	7,5
6	2227	225452	218949	157817	0,05	7,5
7	2205	223973	217434	156781	0,05	7,5
8	2133	219214	212558	153450	0,05	7,5
9	2147	220143	213510	154100	0,05	7,5
10	2150	220368	213742	154258	0,05	7,5
11	2167	221478	214879	155035	0,05	7,5
12	2246	226725	220252	158708	0,05	7,5
13	2249	226916	220447	158842	0,05	7,5
14	2279	228844	222420	160191	0,05	7,5
15	2264	227883	221437	159518	0,05	7,5
16	2266	228025	221582	159617	0,05	7,5
17	2111	217766	211074	152436	0,05	7,5
18	2110	217646	210951	152353	0,05	7,5
19	2108	217527	210829	152269	0,05	7,5
20	2137	219462	212813	153623	0,05	7,5
21	2096	216757	210040	151730	0,05	7,5
22	2096	216744	210026	151721	0,05	7,5
23	2094	216625	209904	151637	0,05	7,5
24	2093	216547	209824	151583	0,05	7,5
25	2091	216385	209658	151469	0,05	7,5
26	2089	216265	209535	151386	0,05	7,5
27	2087	216145	209412	151302	0,05	7,5
28	2203	223888	217347	156722	0,05	7,5
29	2446	239656	233470	167759	0,05	7,5
30	2623	250831	244872	175581	0,05	7,5
31	2611	250104	244131	175073	0,05	7,5
32	2639	251889	245950	176322	0,05	7,5
33	2729	257475	251642	180232	0,05	7,5
34	2737	257947	252123	180563	0,05	7,5
35	2273	228481	222048	159937	0,05	7,5
36	2332	232289	225943	162602	0,05	7,5
37	2352	233622	227306	163535	0,05	7,5
38	2421	238067	231847	166647	0,05	7,5
39	2129	218970	212308	153279	0,05	7,5
40	1845	199729	192541	139810	0,05	7,5

Verticaal nr.	q _{h,e} [kN/m ²]	k _{v;bot} [kN/m ³]	k _{v;top} [kN/m ³]	k _h [kN/m ³]	t _{max} [kN/m ²]	d _{max} [mm]
41	2080	419781	390892	293847	0,05	7,5
42	493	230238	180085	161167	0,05	7,5

Maximale grondspanning	:	q _{v;n;max} = 363 kN/m ²
Maximale gereduceerde grondspanning (incl. verkeersbelastingen)	:	q _{verkeer;max} = 41 kN/m ²
Maximale gereduceerde grondspanning	:	q _{v;r;n;max} = 41 kN/m ²
Maximale verticale beddingsconstante (zonder veiligheidsfactor)		
alleen voor verticalen in diepe situatie	:	k _{v;max} = 498001 kN/m ³
Maximale verticale beddingsconstante (veiligheidsfactor toegepast)		
alleen voor verticalen in diepe situatie	:	k _{v;max} = 996002 kN/m ³

4.5 Young's Modulus per Laag per Verticaal

Laag nummer	Materiaalnaam	Bepalingstype
2	Sand, clean, stiff	Berekend met E100
1	Sand, clean, loose	Berekend met E100

Laag nummer	Verticaal 1 (L=25 m)		Verticaal 2 (L=50 m)		Verticaal 3 (L=75 m)	
	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]
2	0,000	150,524	0,000	163,266	0,000	157,019
1	61,578	79,978	66,791	83,939	64,235	81,799

Laag nummer	Verticaal 4 (L=100 m)		Verticaal 5 (L=125 m)		Verticaal 6 (L=150 m)	
	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]
2	0,000	155,053	0,000	155,258	0,000	155,588
1	63,431	81,046	63,514	80,989	63,649	80,972

Laag nummer	Verticaal 7 (L=175 m)		Verticaal 8 (L=200 m)		Verticaal 9 (L=225 m)	
	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]
2	0,000	154,627	0,000	150,676	0,000	151,917
1	63,257	80,540	61,640	79,152	62,148	79,423

Laag nummer	Verticaal 10 (L=250 m)		Verticaal 11 (L=275 m)		Verticaal 12 (L=300 m)	
	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]
2	0,000	152,313	0,000	152,786	0,000	157,017
1	62,310	79,489	62,503	79,812	64,234	81,344

Laag nummer	Verticaal 13 (L=325 m)		Verticaal 14 (L=350 m)		Verticaal 15 (L=375 m)	
	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]
2	0,000	156,668	0,000	157,892	0,000	156,499
1	64,091	81,399	64,592	81,962	64,022	81,681

Laag nummer	Verticaal 16 (L=400 m)		Verticaal 17 (L=425 m)		Verticaal 18 (L=450 m)	
	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]
2	0,000	156,104	0,000	146,064	0,000	145,389
1	63,861	81,723	59,753	78,729	59,477	78,694

Laag nummer	Verticaal 19 (L=475 m)		Verticaal 20 (L=500 m)		Verticaal 21 (L=525 m)	
	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]
2	0,000	144,712	0,000	145,981	0,000	142,839
1	59,200	78,659	59,720	79,224	58,434	78,435

Laag nummer	Verticaal 22 (L=550 m)		Verticaal 23 (L=575 m)		Verticaal 24 (L=600 m)	
	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]
2	0,000	142,252	0,000	141,560	0,000	140,905

Laag nummer	Verticaal 22 (L=550 m)		Verticaal 23 (L=575 m)		Verticaal 24 (L=600 m)	
	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]
1	58,194	78,431	57,911	78,396	57,643	78,373

Laag nummer	Verticaal 25 (L=625 m)		Verticaal 26 (L=650 m)		Verticaal 27 (L=675 m)	
	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]
2	0,000	140,164	0,000	139,462	0,000	138,755
1	57,340	78,326	57,052	78,291	56,763	78,256

Laag nummer	Verticaal 28 (L=700 m)		Verticaal 29 (L=725 m)		Verticaal 30 (L=750 m)	
	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]
2	0,000	145,716	0,000	160,959	0,000	171,765
1	59,611	80,516	65,847	85,115	70,267	88,370

Laag nummer	Verticaal 31 (L=775 m)		Verticaal 32 (L=800 m)		Verticaal 33 (L=825 m)	
	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]
2	0,000	171,757	0,000	173,983	0,000	179,525
1	70,264	88,159	71,175	88,678	73,442	90,304

Laag nummer	Verticaal 34 (L=850 m)		Verticaal 35 (L=875 m)		Verticaal 36 (L=900 m)	
	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]
2	0,000	180,550	0,000	154,852	0,000	159,040
1	73,861	90,442	63,349	81,856	65,062	82,967

Laag nummer	Verticaal 37 (L=925 m)		Verticaal 38 (L=950 m)		Verticaal 39 (L=975 m)	
	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]
2	0,000	160,936	0,000	166,192	0,000	157,026
1	65,838	83,355	67,988	84,847	64,238	81,647

Laag nummer	Verticaal 40 (L=1000 m)		Verticaal 41 (L=1029,706 m)		Verticaal 42 (L=1057,529 m)	
	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]
2	0,000	156,855	0,000	157,939	0,000	157,732
1	64,168	81,365	64,611	81,447	64,527	81,127

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 ³
Diameter leiding	:	Do = 200,00 mm
Nominale wanddikte	:	t = 18,20 mm
Volumegegewicht leidingmateriaal	:	gamma_s = 9,54 kN/m ³
Diameter leiding	:	Do = 200,00 mm
Nominale wanddikte	:	t = 18,20 mm
Volumegegewicht leidingmateriaal	:	gamma_s = 9,54 kN/m ³
Diameter leiding	:	Do = 250,00 mm
Nominale wanddikte	:	t = 22,70 mm
Volumegegewicht leidingmateriaal	:	gamma_s = 9,54 kN/m ³
Equivalent diameter leiding	:	Do = 560,79 mm
Equivalent nominale wanddikte	:	t = 28,33 mm
Equivalent volumegegewicht leidingmateriaal	:	gamma_s = 9,54 kN/m ³
Maximale verticale beddingsconstante (zonder veiligheidsfactor)	:	k_v;max = 280338 kN/m ³
Volumegegewicht boorvloeistof	:	gamma_b = 11,10 kN/m ³
Kromtestraal op rollenbaan (intrekboog)	:	Rrol = 400,000 m
Wrijvingscoëfficiënt leiding/rollenbaan	:	f1 = 0,10
Wrijving tussen leiding en boorvloeistof	:	f2 = 0,000050 N/mm ²
Wrijvingscoëfficiënt leiding/grond	:	f3 = 0,20

5.2 Ballasten Leiding

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

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

Opwaartse kracht	:	162	[kg/m]
Gewicht productbuis (inclusief vulling)	:	144	[kg/m]
Resultaat	:	18	[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/mm²])
- 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 trekkrachten 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	152
T2	47	153

Karakteristieke punten	Lengte leiding in gat (m)	Karakteristieke waarde voor de trekkracht (kN)
T3	131	164
T4	944	165
T5	1028	177
T6	1074	176

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 1,80 gebruikt en een belasting factor van 1,00.

6 Sterkteberekening van ø200 SDR-11 (1): leiding no. 1

6.1 Materiaalgegevens van ø200 SDR-11 (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 = 1074 m
Elasticiteitsmodulus (kort)	:	E = 975 N/mm ²
Elasticiteitsmodulus (lang)	:	E = 350 N/mm ²
Toelaatbare spanning (kort)	:	S = 10 N/mm ²
Toelaatbare spanning (lang)	:	S = 8 N/mm ²
Importantie factor (S)	:	S = 1,00
Volumegegewicht leidingmateriaal	:	gamma_s = 9,54 kN/m ³
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 = 41 kN/m ²
Verkeersbelasting (zonder veiligheidsfactor)	:	q_v = 0 kN/m ²
Maximale verticale beddingsconstante (zonder veiligheidsfactor)	:	k_v;max = 636247 kN/m ³
Gebruikte straal (exclusief veiligheidsfactoren)	:	Rmin = 249,615 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 = 1,80
Lineaire uitzettingscoëfficiënt gemiddeld tussen t1 en t2	:	alfa_g = 0,0001600 mm/mmK

6.2 Resultaten Sterkteberekening van ø200 SDR-11 (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:

$$\sigma_b = M_b/W_b = f_k E \cdot I_b / (R_{rol} \cdot W_b) = 0,34 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_t = f \cdot f_{install} \cdot T_1/A = f \cdot f_{install} (L_{rol} \cdot Q \cdot f_1)/A = 5,76 \text{ N/mm}^2$$

Maximale axiale spanning $\sigma_{a,max}$	=	5,98	N/mm ²
---	---	------	-------------------

De tangentele spanning is in deze fase verwaarloosbaar.

6.2.2 Belasting Combinatie 1B: Einde Trekoperatie

Axiale spanning:

$$\sigma_b = M_b/W_b = f_k \cdot E \cdot I_b / (R_{min} \cdot W_b) = 0,55 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_t = f \cdot f_{install} \cdot T_{max}/A = 6,70 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Maximale axiale spanning } \sigma_{a,max} = 7,06 \text{ N/mm}^2$$

Tangentele spanning:

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

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

$$\lambda = (f_{kv} \cdot k_v \cdot D_o / (4 \cdot E \cdot I))^{0.25} = 6,2E-3 \text{ 1/mm}$$

$$q_r = 0,0116 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{qr} = k' \cdot q_r \cdot (r_g/W_w) \cdot D_o = 0,69 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Maximale tangentele spanning } \sigma_{t,max} = 0,45 \text{ N/mm}^2$$

6.2.3 Belasting Combinatie 2: Intern op Druk Brengen

Ten gevolge van inwendige druk :

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

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

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

6.2.4 Belasting Combinatie 3: Bedrijfstoeestand in Drukloze Situatie

Axiale spanning:

$$\sigma_b = M_b/W_b = f_k \cdot E \cdot I_b / (R_{min} \cdot W_b) = 0,20 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Maximale axiale spanning } \sigma_{a,max} = 0,13 \text{ N/mm}^2$$

Tangentele spanning:

$$\sigma_{qr} = k' \cdot q_r \cdot (r_g/W_w) \cdot D_o = 0,41 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{qn} = k \cdot q_n \cdot (r_g/W_w) \cdot D_o = 5,20 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Maximale tangentele spanning } \sigma_{t,max} = 3,64 \text{ N/mm}^2$$

6.2.5 Belasting Combinatie 4: Bedrijfstoeestand met Inwendige Druk

Axiale spanning:

$$\sigma_b = M_b/W_b = f_k \cdot E \cdot I_b / (R_{min} \cdot W_b) = 0,20 \text{ N/mm}^2$$

Ten gevolge van inwendige druk :

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

$\text{Sigma}_{px} = 0.5 \cdot \text{Sigma}_{py}$	=	0,00	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	N/mm ²
$\text{Sigma}_{Temp} = dt \cdot \gamma_t \cdot \alpha_g \cdot E$	=	0,00	N/mm ²
Maximale axiale spanning $\text{Sigma}_{a,max}$	=	0,13	N/mm ²
Tangentiele spanning:			
$\text{Sigma}_{qr} = k' \cdot q_r \cdot (rg/Ww) \cdot Do$	=	0,41	N/mm ²
$\text{Sigma}_{qn} = k \cdot q_n \cdot (rg/Ww) \cdot Do$	=	5,20	N/mm ²
'Rerounding'-factor F_{rr}	=	1,000	
'Rerounding'-factor F'_{rr}	=	1,000	
$\text{Sigma}_{t,max} = \text{Sigma}_{py} + ((F'_{rr} \cdot \text{Sigma}_{qr}) + (F_{rr} \cdot \text{Sigma}_{qn}))$			
Maximale tangentele spanning $\text{Sigma}_{t,max}$	=	3,64	N/mm ²

6.3 Controle van de Berekende Spanningen van ø200 SDR-11 (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 ²]	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)	5,98	7,06	-	-	-
Sigma_{axiaal}	8,00 (lang)	-	-	-	0,13	0,13
$\text{Sigma}_{tang...}$	10,00 (kort)	-	0,45	-	-	-
$\text{Sigma}_{tang...}$	8,00 (lang)	-	-	-	3,64	3,64

Spanningen in de leiding [N/mm²]

De deflectie van de leiding is 4,7 mm (2,35% 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 ø200 SDR-11 (1): leiding no. 1

Tijdens het intrekken wordt de leiding belast door de heersende bentonietdruk. De hoogste minimaal benodigde druk tijdens het intrekken is gelijk aan 415 kN/m², dit is kleiner dan de toelaatbare alzijdige uitwendige druk van 1553 kN/m².

Omdat de leiding tijdens dit intrekken geheel gevuld is met vloeistof geeft dit een tegendruk van 244 kN/m². De maximaal toelaatbare druk wordt dan 1796 kN/m².

Tijdens de bedrijfstoestand wordt de leiding belast door de heersende waterdruk. De uitwendige waterdruk op de leiding is gelijk aan 238 kN/m^2 , dit is kleiner dan de toelaatbare alzijdige uitwendige druk van 279 kN/m^2 .

Indien de leiding tijdens de gebruiksfase geheel gevuld blijft met vloeistof geeft dit een tegendruk van 244 kN/m^2 . De totale toelaatbare druk wordt dan 522 kN/m^2 . Hiermee rekening houden voldoet de leiding wel.

7 Sterkteberekening van ø200 SDR-11 (2): leiding no. 2

7.1 Materiaalgegevens van ø200 SDR-11 (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 = 1074 m
Elasticiteitsmodulus (kort)	:	E = 975 N/mm ²
Elasticiteitsmodulus (lang)	:	E = 350 N/mm ²
Toelaatbare spanning (kort)	:	S = 10 N/mm ²
Toelaatbare spanning (lang)	:	S = 8 N/mm ²
Importantie factor (S)	:	S = 1,00
Volumegegewicht leidingmateriaal	:	gamma_s = 9,54 kN/m ³
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 = 41 kN/m ²
Verkeersbelasting (zonder veiligheidsfactor)	:	q_v = 0 kN/m ²
Maximale verticale beddingsconstante (zonder veiligheidsfactor)	:	k_v;max = 636247 kN/m ³
Gebruikte straal (exclusief veiligheidsfactoren)	:	Rmin = 249,615 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 = 1,80
Lineaire uitzettingscoëfficiënt gemiddeld tussen t1 en t2	:	alfa_g = 0,0001600 mm/mmK

7.2 Resultaten Sterkteberekening van ø200 SDR-11 (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:

$$\sigma_b = M_b/W_b = f_k E \cdot I_b / (R_{ol} \cdot W_b) = 0,34 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_t = f \cdot f_{install} \cdot T_1/A = f \cdot f_{install} (L_{rol} \cdot Q \cdot f_1)/A = 5,76 \text{ N/mm}^2$$

Maximale axiale spanning $\sigma_{a,max}$	=	5,98	N/mm ²
---	---	------	-------------------

De tangentele spanning is in deze fase verwaarloosbaar.

7.2.2 Belasting Combinatie 1B: Einde Trekoperatie

Axiale spanning:

$$\sigma_b = M_b/W_b = f_k \cdot E \cdot I_b / (R_{min} \cdot W_b) = 0,55 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_t = f \cdot f_{install} \cdot T_{max}/A = 6,70 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Maximale axiale spanning } \sigma_{a,max} = 7,06 \text{ N/mm}^2$$

Tangentele spanning:

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

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

$$\lambda = (f_{kv} \cdot k_v \cdot D_o / (4 \cdot E \cdot I))^{0.25} = 6,2E-3 \text{ 1/mm}$$

$$q_r = 0,0116 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{qr} = k' \cdot q_r \cdot (r_g/W_w) \cdot D_o = 0,69 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Maximale tangentele spanning } \sigma_{t,max} = 0,45 \text{ N/mm}^2$$

7.2.3 Belasting Combinatie 2: Intern op Druk Brengen

Ten gevolge van inwendige druk :

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

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

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

7.2.4 Belasting Combinatie 3: Bedrijfstoeestand in Drukloze Situatie

Axiale spanning:

$$\sigma_b = M_b/W_b = f_k \cdot E \cdot I_b / (R_{min} \cdot W_b) = 0,20 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Maximale axiale spanning } \sigma_{a,max} = 0,13 \text{ N/mm}^2$$

Tangentele spanning:

$$\sigma_{qr} = k' \cdot q_r \cdot (r_g/W_w) \cdot D_o = 0,41 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{qn} = k \cdot q_n \cdot (r_g/W_w) \cdot D_o = 5,20 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Maximale tangentele spanning } \sigma_{t,max} = 3,64 \text{ N/mm}^2$$

7.2.5 Belasting Combinatie 4: Bedrijfstoeestand met Inwendige Druk

Axiale spanning:

$$\sigma_b = M_b/W_b = f_k \cdot E \cdot I_b / (R_{min} \cdot W_b) = 0,20 \text{ N/mm}^2$$

Ten gevolge van inwendige druk :

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

$\text{Sigma}_{px} = 0.5 \cdot \text{Sigma}_{py}$	=	0,00	N/mm ²
$\text{Sigma}_{ptest} = f_{pt} \cdot \text{pt} \cdot ((ru^2 + ri^2)/(ru^2 - ri^2))$	=	0,00	N/mm ²
$\text{Sigma}_{Temp} = dt \cdot \gamma_t \cdot \alpha_g \cdot E$	=	0,00	N/mm ²
Maximale axiale spanning $\text{Sigma}_{a,max}$	=	0,13	N/mm ²
Tangentiele spanning:			
$\text{Sigma}_{qr} = k' \cdot q_r \cdot (rg/Ww) \cdot Do$	=	0,41	N/mm ²
$\text{Sigma}_{qn} = k \cdot q_n \cdot (rg/Ww) \cdot Do$	=	5,20	N/mm ²
'Rerounding'-factor F_{rr}	=	1,000	
'Rerounding'-factor F'_{rr}	=	1,000	
$\text{Sigma}_{t,max} = \text{Sigma}_{py} + ((F'_{rr} \cdot \text{Sigma}_{qr}) + (F_{rr} \cdot \text{Sigma}_{qn}))$			
Maximale tangentele spanning $\text{Sigma}_{t,max}$	=	3,64	N/mm ²

7.3 Controle van de Berekende Spanningen van ø200 SDR-11 (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 ²]	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)	5,98	7,06	-	-	-
Sigma_{axiaal}	8,00 (lang)	-	-	-	0,13	0,13
$\text{Sigma}_{tang...}$	10,00 (kort)	-	0,45	-	-	-
$\text{Sigma}_{tang...}$	8,00 (lang)	-	-	-	3,64	3,64

Spanningen in de leiding [N/mm²]

De deflectie van de leiding is 4,7 mm (2,35% 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 ø200 SDR-11 (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 415 kN/m², dit is kleiner dan de toelaatbare alzijdige uitwendige druk van 1553 kN/m².

Omdat de leiding tijdens dit intrekken geheel gevuld is met vloeistof geeft dit een tegendruk van 244 kN/m². De maximaal toelaatbare druk wordt dan 1796 kN/m².

Tijdens de bedrijfstoestand wordt de leiding belast door de heersende waterdruk. De uitwendige waterdruk op de leiding is gelijk aan 238 kN/m^2 , dit is kleiner dan de toelaatbare alzijdige uitwendige druk van 279 kN/m^2 .

Indien de leiding tijdens de gebruiksfase geheel gevuld blijft met vloeistof geeft dit een tegendruk van 244 kN/m^2 . De totale toelaatbare druk wordt dan 522 kN/m^2 . Hiermee rekening houden voldoet de leiding wel.

8 Sterkteberekening van ø200 SDR-11 (3): leiding no. 3

8.1 Materiaalgegevens van ø200 SDR-11 (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 = 1074 m
Elasticiteitsmodulus (kort)	:	E = 975 N/mm ²
Elasticiteitsmodulus (lang)	:	E = 350 N/mm ²
Toelaatbare spanning (kort)	:	S = 10 N/mm ²
Toelaatbare spanning (lang)	:	S = 8 N/mm ²
Importantie factor (S)	:	S = 1,00
Volumegegewicht leidingmateriaal	:	gamma_s = 9,54 kN/m ³
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 = 41 kN/m ²
Verkeersbelasting (zonder veiligheidsfactor)	:	q_v = 0 kN/m ²
Maximale verticale beddingsconstante (zonder veiligheidsfactor)	:	k_v;max = 636247 kN/m ³
Gebruikte straal (exclusief veiligheidsfactoren)	:	Rmin = 249,615 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 = 1,80
Lineaire uitzettingscoëfficiënt gemiddeld tussen t1 en t2	:	alfa_g = 0,0001600 mm/mmK

8.2 Resultaten Sterkteberekening van ø200 SDR-11 (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:

$$\sigma_b = M_b/W_b = f_k E \cdot I_b / (R_{ol} \cdot W_b) = 0,34 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_t = f \cdot f_{install} \cdot T_1/A = f \cdot f_{install} (L_{rol} \cdot Q \cdot f_1)/A = 5,76 \text{ N/mm}^2$$

Maximale axiale spanning $\sigma_{a,max}$	=	5,98	N/mm ²
---	---	------	-------------------

De tangentele spanning is in deze fase verwaarloosbaar.

8.2.2 Belasting Combinatie 1B: Einde Trekoperatie

Axiale spanning:

$$\sigma_b = M_b/W_b = f_k \cdot E \cdot I_b / (R_{min} \cdot W_b) = 0,55 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_t = f \cdot f_{install} \cdot T_{max}/A = 6,70 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Maximale axiale spanning } \sigma_{a,max} = 7,06 \text{ N/mm}^2$$

Tangentele spanning:

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

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

$$\lambda = (f_{kv} \cdot k_v \cdot D_o / (4 \cdot E \cdot I))^{0.25} = 6,2E-3 \text{ 1/mm}$$

$$q_r = 0,0116 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{qr} = k' \cdot q_r \cdot (r_g/W_w) \cdot D_o = 0,69 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Maximale tangentele spanning } \sigma_{t,max} = 0,45 \text{ N/mm}^2$$

8.2.3 Belasting Combinatie 2: Intern op Druk Brengen

Ten gevolge van inwendige druk :

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

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

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

8.2.4 Belasting Combinatie 3: Bedrijfstoeestand in Drukloze Situatie

Axiale spanning:

$$\sigma_b = M_b/W_b = f_k \cdot E \cdot I_b / (R_{min} \cdot W_b) = 0,20 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Maximale axiale spanning } \sigma_{a,max} = 0,13 \text{ N/mm}^2$$

Tangentele spanning:

$$\sigma_{qr} = k' \cdot q_r \cdot (r_g/W_w) \cdot D_o = 0,41 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{qn} = k \cdot q_n \cdot (r_g/W_w) \cdot D_o = 5,20 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Maximale tangentele spanning } \sigma_{t,max} = 3,64 \text{ N/mm}^2$$

8.2.5 Belasting Combinatie 4: Bedrijfstoeestand met Inwendige Druk

Axiale spanning:

$$\sigma_b = M_b/W_b = f_k \cdot E \cdot I_b / (R_{min} \cdot W_b) = 0,20 \text{ N/mm}^2$$

Ten gevolge van inwendige druk :

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

$\text{Sigma}_{px} = 0.5 \cdot \text{Sigma}_{py}$	=	0,00	N/mm ²
$\text{Sigma}_{ptest} = f_{pt} \cdot \text{pt} \cdot ((ru^2 + ri^2)/(ru^2 - ri^2))$	=	0,00	N/mm ²
$\text{Sigma}_{Temp} = dt \cdot \gamma_t \cdot \alpha_g \cdot E$	=	0,00	N/mm ²
Maximale axiale spanning $\text{Sigma}_{a,max}$	=	0,13	N/mm ²
Tangentiele spanning:			
$\text{Sigma}_{qr} = k' \cdot q_r \cdot (rg/Ww) \cdot Do$	=	0,41	N/mm ²
$\text{Sigma}_{qn} = k \cdot q_n \cdot (rg/Ww) \cdot Do$	=	5,20	N/mm ²
'Rerounding'-factor F_{rr}	=	1,000	
'Rerounding'-factor F'_{rr}	=	1,000	
$\text{Sigma}_{t,max} = \text{Sigma}_{py} + ((F'_{rr} \cdot \text{Sigma}_{qr}) + (F_{rr} \cdot \text{Sigma}_{qn}))$			
Maximale tangentele spanning $\text{Sigma}_{t,max}$	=	3,64	N/mm ²

8.3 Controle van de Berekende Spanningen van ø200 SDR-11 (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 ²]	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)	5,98	7,06	-	-	-
Sigma_{axiaal}	8,00 (lang)	-	-	-	0,13	0,13
$\text{Sigma}_{tang...}$	10,00 (kort)	-	0,45	-	-	-
$\text{Sigma}_{tang...}$	8,00 (lang)	-	-	-	3,64	3,64

Spanningen in de leiding [N/mm²]

De deflectie van de leiding is 4,7 mm (2,35% 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 ø200 SDR-11 (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 415 kN/m², dit is kleiner dan de toelaatbare alzijdige uitwendige druk van 1553 kN/m².

Omdat de leiding tijdens dit intrekken geheel gevuld is met vloeistof geeft dit een tegendruk van 244 kN/m². De maximaal toelaatbare druk wordt dan 1796 kN/m².

Tijdens de bedrijfstoestand wordt de leiding belast door de heersende waterdruk. De uitwendige waterdruk op de leiding is gelijk aan 238 kN/m^2 , dit is kleiner dan de toelaatbare alzijdige uitwendige druk van 279 kN/m^2 .

Indien de leiding tijdens de gebruiksfase geheel gevuld blijft met vloeistof geeft dit een tegendruk van 244 kN/m^2 . De totale toelaatbare druk wordt dan 522 kN/m^2 . Hiermee rekening houden voldoet de leiding wel.

9 Sterkteberekening van ø250 SDR-11 (4): leiding no. 4

9.1 Materiaalgegevens van ø250 SDR-11 (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 = 22,70 mm
Ontwerpdruk	:	pd = 0,00 bar
Test druk	:	pt = 0,00 bar
Temperatuur variatie	:	dt = 0,00 deg Celcius
Lengte leiding	:	L = 1074 m
Elasticiteitsmodulus (kort)	:	E = 975 N/mm ²
Elasticiteitsmodulus (lang)	:	E = 350 N/mm ²
Toelaatbare spanning (kort)	:	S = 10 N/mm ²
Toelaatbare spanning (lang)	:	S = 8 N/mm ²
Importantie factor (S)	:	S = 1,00
Volumegegewicht leidingmateriaal	:	gamma_s = 9,54 kN/m ³
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 = 41 kN/m ²
Verkeersbelasting (zonder veiligheidsfactor)	:	q_v = 0 kN/m ²
Maximale verticale beddingsconstante (zonder veiligheidsfactor)	:	k_v;max = 498001 kN/m ³
Gebruikte straal (exclusief veiligheidsfactoren)	:	Rmin = 249,615 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 = 1,80
Lineaire uitzettingscoëfficiënt gemiddeld tussen t1 en t2	:	alfa_g = 0,0001600 mm/mmK

9.2 Resultaten Sterkteberekening van ø250 SDR-11 (4): leiding no. 4

Voor de berekening worden 5 belasting fasen onderscheiden:

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

De wanddikte is 22,7 mm. Hierna wordt door middel van een berekening conform NEN 3650 serie aangetoond dat deze wanddikte voldoet

9.2.1 Belasting Combinatie 1A: Begin Trekoperatie

Axiale spanning:

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

$$\sigma_t = f \cdot f_{install} \cdot T_1/A = f \cdot f_{install} (L_{rol} \cdot Q \cdot f_1)/A = 5,76 \text{ N/mm}^2$$

Maximale axiale spanning $\sigma_{a,max}$	=	6,03	N/mm ²
---	---	------	-------------------

De tangentele spanning is in deze fase verwaarloosbaar.

9.2.2 Belasting Combinatie 1B: Einde Trekoperatie

Axiale spanning:

$$\sigma_b = M_b/W_b = f_k \cdot E \cdot I_b / (R_{min} \cdot W_b) = 0,68 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_t = f \cdot f_{install} \cdot T_{max}/A = 6,70 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Maximale axiale spanning } \sigma_{a,max} = 7,15 \text{ N/mm}^2$$

Tangentele spanning:

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

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

$$\lambda = (f_{kv} \cdot k_v \cdot D_o / (4 \cdot E \cdot I))^{0.25} = 5,0E-3 \text{ 1/mm}$$

$$q_r = 0,0144 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{qr} = k' \cdot q_r \cdot (r_g/W_w) \cdot D_o = 0,85 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Maximale tangentele spanning } \sigma_{t,max} = 0,55 \text{ N/mm}^2$$

9.2.3 Belasting Combinatie 2: Intern op Druk Brengen

Ten gevolge van inwendige druk :

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

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

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

9.2.4 Belasting Combinatie 3: Bedrijfstoestand in Drukloze Situatie

Axiale spanning:

$$\sigma_b = M_b/W_b = f_k \cdot E \cdot I_b / (R_{min} \cdot W_b) = 0,25 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Maximale axiale spanning } \sigma_{a,max} = 0,16 \text{ N/mm}^2$$

Tangentele spanning:

$$\sigma_{qr} = k' \cdot q_r \cdot (r_g/W_w) \cdot D_o = 0,51 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{qn} = k \cdot q_n \cdot (r_g/W_w) \cdot D_o = 5,19 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Maximale tangentele spanning } \sigma_{t,max} = 3,70 \text{ N/mm}^2$$

9.2.5 Belasting Combinatie 4: Bedrijfstoestand met Inwendige Druk

Axiale spanning:

$$\sigma_b = M_b/W_b = f_k \cdot E \cdot I_b / (R_{min} \cdot W_b) = 0,25 \text{ N/mm}^2$$

Ten gevolge van inwendige druk :

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

$\text{Sigma}_{px} = 0.5 \cdot \text{Sigma}_{py}$	=	0,00	N/mm ²
$\text{Sigma}_{ptest} = f_{pt} \cdot pt \cdot ((ru^2 + ri^2)/(ru^2 - ri^2))$	=	0,00	N/mm ²
$\text{Sigma}_{Temp} = dt \cdot \gamma_t \cdot \alpha_g \cdot E$	=	0,00	N/mm ²
Maximale axiale spanning $\text{Sigma}_{a,max}$	=	0,16	N/mm ²
Tangentiele spanning:			
$\text{Sigma}_{qr} = k' \cdot q_r \cdot (rg/Ww) \cdot Do$	=	0,51	N/mm ²
$\text{Sigma}_{qn} = k \cdot q_n \cdot (rg/Ww) \cdot Do$	=	5,19	N/mm ²
'Rerounding'-factor F_{rr}	=	1,000	
'Rerounding'-factor F'_{rr}	=	1,000	
$\text{Sigma}_{t,max} = \text{Sigma}_{py} + ((F'_{rr} \cdot \text{Sigma}_{qr}) + (F_{rr} \cdot \text{Sigma}_{qn}))$			
Maximale tangentele spanning $\text{Sigma}_{t,max}$	=	3,70	N/mm ²

9.3 Controle van de Berekende Spanningen van ø250 SDR-11 (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 ²]	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)	6,03	7,15	-	-	-
Sigma_{axiaal}	8,00 (lang)	-	-	-	0,16	0,16
$\text{Sigma}_{tang...}$	10,00 (kort)	-	0,55	-	-	-
$\text{Sigma}_{tang...}$	8,00 (lang)	-	-	-	3,70	3,70

Spanningen in de leiding [N/mm²]

De deflectie van de leiding is 6,0 mm (2,40% 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 ø250 SDR-11 (4): leiding no. 4

Tijdens het intrekken wordt de leiding belast door de heersende bentonietdruk. De hoogste minimaal benodigde druk tijdens het intrekken is gelijk aan 415 kN/m², dit is kleiner dan de toelaatbare alzijdige uitwendige druk van 1541 kN/m².

Omdat de leiding tijdens dit intrekken geheel gevuld is met vloeistof geeft dit een tegendruk van 244 kN/m². De maximaal toelaatbare druk wordt dan 1785 kN/m².

Tijdens de bedrijfstoestand wordt de leiding belast door de heersende waterdruk. De uitwendige waterdruk op de leiding is gelijk aan 238 kN/m^2 , dit is kleiner dan de toelaatbare alzijdige uitwendige druk van 277 kN/m^2 .

Indien de leiding tijdens de gebruiksfase geheel gevuld blijft met vloeistof geeft dit een tegendruk van 244 kN/m^2 . De totale toelaatbare druk wordt dan 520 kN/m^2 . Hiermee rekening houden voldoet de leiding wel.

Einde Rapport

Rapport voor D-Geo Pipeline 20.1

Model : Horizontaal Gestuurde Boring
INPUT CREATED BY DRILL CONTROL 6.6.2805 - Version Drill Control
Ontwikkeld door Deltares

Datum van rapport: 13-4-2022
Tijd van rapport: 10:56:46
Rapport met versie: 20.1.2.31161
Berekend met versie: 20.1.2.31161

Bestandsnaam: B212256.HDD05-P-HDD5.2-A-A

Projectbeschrijving: B212256.HDD05.2 - Geertruidenberg
Muddruk- en sterkteberekening
3xø200 + 1xø250 SDR-11

1 Inhoudsopgave

1 Inhoudsopgave	2
2 Invoergegevens	4
2.1 Gebruikt Model	4
2.2 Laagscheidingen	4
2.3 PN-Lijnen	6
2.4 Freatische Lijn	6
2.5 Grondprofielen	6
2.6 Grenslagen	6
2.7 Grondeigenschappen	6
2.8 Geometrie	7
2.8.1 Geometrie Sectie, Detail	7
2.8.2 Geometrie Boven aanzicht	8
2.9 Berekenings Verticalen	8
2.10 Verkeersbelasting	9
2.11 Configuratie van de Pijpleiding	9
2.12 Materiaalgegevens van de Leiding	9
2.13 Gegevens voor Leidingberekening	10
2.14 Boorvloeistof Gegevens	11
2.15 Factoren	11
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	15
3.3.3 Boorvloeistofdrukken tijdens Ruim- en Intrekoperatie	16
4 Grondmechanische Data	17
4.1 Grondmechanische Parameters $\varnothing 200$ SDR-11 (1): leiding no. 1	17
4.2 Grondmechanische Parameters $\varnothing 200$ SDR-11 (2): leiding no. 2	18
4.3 Grondmechanische Parameters $\varnothing 200$ SDR-11 (3): leiding no. 3	20
4.4 Grondmechanische Parameters $\varnothing 250$ SDR-11 (4): leiding no. 4	22
4.5 Young's Modulus per Laag per Verticaal	24
5 Gegevens voor Sterkteberekening	26
5.1 Algemene Gegevens	26
5.2 Ballasten Leiding	26
5.3 Trekkraftberekening	26
6 Sterkteberekening van $\varnothing 200$ SDR-11 (1): leiding no. 1	28
6.1 Materiaalgegevens van $\varnothing 200$ SDR-11 (1): leiding no. 1	28
6.2 Resultaten Sterkteberekening van $\varnothing 200$ SDR-11 (1): leiding no. 1	28
6.2.1 Belasting Combinatie 1A: Begin Trekoperatie	28
6.2.2 Belasting Combinatie 1B: Einde Trekoperatie	29
6.2.3 Belasting Combinatie 2: Intern op Druk Brengen	29
6.2.4 Belasting Combinatie 3: Bedrijfstoestand in Drukloze Situatie	29
6.2.5 Belasting Combinatie 4: Bedrijfstoestand met Inwendige Druk	29
6.3 Controle van de Berekende Spanningen van $\varnothing 200$ SDR-11 (1): leiding no. 1	30
6.4 Toetsing op Implosie van $\varnothing 200$ SDR-11 (1): leiding no. 1	30
7 Sterkteberekening van $\varnothing 200$ SDR-11 (2): leiding no. 2	32
7.1 Materiaalgegevens van $\varnothing 200$ SDR-11 (2): leiding no. 2	32
7.2 Resultaten Sterkteberekening van $\varnothing 200$ SDR-11 (2): leiding no. 2	32
7.2.1 Belasting Combinatie 1A: Begin Trekoperatie	32
7.2.2 Belasting Combinatie 1B: Einde Trekoperatie	33
7.2.3 Belasting Combinatie 2: Intern op Druk Brengen	33
7.2.4 Belasting Combinatie 3: Bedrijfstoestand in Drukloze Situatie	33
7.2.5 Belasting Combinatie 4: Bedrijfstoestand met Inwendige Druk	33
7.3 Controle van de Berekende Spanningen van $\varnothing 200$ SDR-11 (2): leiding no. 2	34
7.4 Toetsing op Implosie van $\varnothing 200$ SDR-11 (2): leiding no. 2	34
8 Sterkteberekening van $\varnothing 200$ SDR-11 (3): leiding no. 3	36
8.1 Materiaalgegevens van $\varnothing 200$ SDR-11 (3): leiding no. 3	36
8.2 Resultaten Sterkteberekening van $\varnothing 200$ SDR-11 (3): leiding no. 3	36
8.2.1 Belasting Combinatie 1A: Begin Trekoperatie	36
8.2.2 Belasting Combinatie 1B: Einde Trekoperatie	37
8.2.3 Belasting Combinatie 2: Intern op Druk Brengen	37
8.2.4 Belasting Combinatie 3: Bedrijfstoestand in Drukloze Situatie	37

8.2.5 Belasting Combinatie 4: Bedrijfstoestand met Inwendige Druk	37
8.3 Controle van de Berekende Spanningen van ø200 SDR-11 (3): leiding no. 3	38
8.4 Toetsing op Implosie van ø200 SDR-11 (3): leiding no. 3	38
9 Sterkteberekening van ø250 SDR-11 (4): leiding no. 4	40
9.1 Materiaalgegevens van ø250 SDR-11 (4): leiding no. 4	40
9.2 Resultaten Sterkteberekening van ø250 SDR-11 (4): leiding no. 4	40
9.2.1 Belasting Combinatie 1A: Begin Trekoperatie	40
9.2.2 Belasting Combinatie 1B: Einde Trekoperatie	41
9.2.3 Belasting Combinatie 2: Intern op Druk Brengen	41
9.2.4 Belasting Combinatie 3: Bedrijfstoestand in Drukloze Situatie	41
9.2.5 Belasting Combinatie 4: Bedrijfstoestand met Inwendige Druk	41
9.3 Controle van de Berekende Spanningen van ø250 SDR-11 (4): leiding no. 4	42
9.4 Toetsing op Implosie van ø250 SDR-11 (4): leiding no. 4	42

2 Invoergegevens

2.1 Gebruikt Model

Gebruikt Model : Horizontaal Gestuurde Boring

2.2 Laagscheidingen

Laagscheidingnummer	Coördinaten [m]				
2 - L -	-100,000	0,000	0,870	4,950	11,930
2 - Z -	0,370	0,370	0,380	0,330	0,380
2 - L -	16,320	26,830	27,680	30,740	31,440
2 - Z -	0,320	0,170	0,180	0,180	0,190
2 - L -	33,820	34,240	34,540	35,280	35,660
2 - Z -	0,100	-0,140	-0,300	-0,350	-0,370
2 - L -	37,650	38,820	40,510	44,280	46,910
2 - Z -	-0,150	0,000	0,580	1,970	1,870
2 - L -	49,980	52,120	52,480	53,590	63,600
2 - Z -	1,790	1,720	1,510	0,620	0,540
2 - L -	67,480	68,740	70,180	71,770	73,160
2 - Z -	0,510	0,510	0,570	0,650	0,800
2 - L -	77,420	78,650	79,900	81,550	83,410
2 - Z -	1,040	1,140	1,180	1,140	1,130
2 - L -	86,360	89,830	90,020	94,720	95,550
2 - Z -	1,040	0,930	0,930	0,800	0,760
2 - L -	96,160	96,920	99,010	102,330	102,480
2 - Z -	0,730	0,700	0,630	0,500	0,500
2 - L -	104,090	105,280	106,420	108,810	114,390
2 - Z -	0,490	0,500	0,510	0,520	0,530
2 - L -	115,050	115,130	115,770	116,430	121,450
2 - Z -	0,540	0,540	0,540	0,540	0,550
2 - L -	125,600	126,290	127,060	134,070	135,550
2 - Z -	0,560	0,560	0,570	0,680	0,690
2 - L -	137,580	139,270	147,800	150,160	163,030
2 - Z -	0,760	0,740	0,570	0,540	0,410
2 - L -	172,120	177,540	179,480	181,220	182,760
2 - Z -	0,360	0,360	0,280	0,270	0,040
2 - L -	183,160	183,990	186,280	187,600	192,810
2 - Z -	-0,040	-0,170	-0,210	-0,250	-0,220
2 - L -	218,290	225,190	234,390	234,550	242,360
2 - Z -	-0,140	-0,100	-0,030	-0,030	-0,040
2 - L -	249,600	258,320	269,880	274,860	276,420
2 - Z -	-0,080	-0,080	-0,040	0,060	0,070
2 - L -	278,850	279,200	281,660	283,230	283,530
2 - Z -	0,120	0,160	0,150	0,240	0,280
2 - L -	283,650	286,800	289,330	290,600	292,120
2 - Z -	0,280	0,400	0,520	0,580	0,670
2 - L -	294,060	310,110	311,730	325,150	326,610
2 - Z -	0,680	0,690	0,690	0,720	0,720
2 - L -	327,470	339,060	339,810	340,620	341,590
2 - Z -	0,730	0,920	0,920	0,920	0,920
2 - L -	346,750	348,420	349,760	350,150	364,070
2 - Z -	0,930	0,930	0,960	0,960	0,940
2 - L -	373,670	382,180	384,050	386,280	386,290
2 - Z -	0,890	0,700	0,620	1,040	0,990
2 - L -	387,120	389,940	392,710	394,050	409,310
2 - Z -	0,720	0,680	0,640	0,910	0,860
2 - L -	414,160	417,270	417,460	417,720	419,100
2 - Z -	0,890	0,000	-0,020	-0,070	-0,190
2 - L -	419,930	421,970	422,140	422,150	429,120
2 - Z -	-0,270	-0,330	-0,330	-0,330	-0,330
2 - L -	442,500	444,420	458,870	461,300	473,040
2 - Z -	-0,330	-0,330	-0,330	-0,330	-0,330
2 - L -	485,060	486,230	486,320	486,440	489,150

Laagscheidingnummer	Coördinaten [m]				
2 - Z -	-0,330	-0,330	-0,330	-0,320	-0,330
2 - L -	494,390	494,460	494,530	495,280	496,810
2 - Z -	-0,330	-0,330	-0,340	-0,330	-0,290
2 - L -	497,440	497,890	498,750	499,800	500,630
2 - Z -	-0,240	-0,160	-0,160	-0,070	0,020
2 - L -	504,620	505,760	507,090	514,130	516,230
2 - Z -	0,180	0,250	0,310	0,250	0,250
2 - L -	517,880	519,140	520,340	521,350	521,620
2 - Z -	0,210	0,200	0,200	0,140	0,160
2 - L -	523,760	523,960	524,010	524,970	527,830
2 - Z -	-0,360	-0,410	-0,410	-0,430	-0,440
2 - L -	528,680	536,640	538,310	551,110	552,630
2 - Z -	-0,410	-0,410	-0,410	-0,410	-0,410
2 - L -	556,960	562,510	563,330	578,580	579,490
2 - Z -	-0,410	-0,410	-0,410	-0,410	-0,410
2 - L -	589,600	592,610	592,690	601,860	602,490
2 - Z -	-0,410	-0,410	-0,410	-0,400	-0,410
2 - L -	616,330	617,690	629,990	632,790	649,970
2 - Z -	-0,410	-0,410	-0,410	-0,410	-0,410
2 - L -	651,950	662,260	662,990	671,950	672,740
2 - Z -	-0,410	-0,410	-0,410	-0,410	-0,410
2 - L -	678,000	682,500	687,980	689,030	689,190
2 - Z -	-0,410	-0,410	0,450	0,620	0,610
2 - L -	694,410	708,000	709,460	710,960	711,740
2 - Z -	0,590	0,540	0,530	0,540	0,530
2 - L -	711,930	713,290	723,110	723,210	723,260
2 - Z -	0,660	1,610	3,060	3,060	3,060
2 - L -	723,310	724,150	730,120	730,870	731,120
2 - Z -	2,530	2,440	2,440	2,490	2,490
2 - L -	731,490	732,600	735,780	735,800	735,830
2 - Z -	2,490	2,490	2,500	2,670	2,940
2 - L -	735,850	736,000	736,130	738,550	741,750
2 - Z -	2,940	2,960	3,120	3,710	3,780
2 - L -	753,080	761,720	778,720	780,770	786,770
2 - Z -	3,830	3,620	3,730	3,740	3,790
2 - L -	792,770	798,770	801,290	804,770	806,210
2 - Z -	3,840	3,900	3,930	3,710	3,620
2 - L -	808,810	810,560	810,770	813,390	816,560
2 - Z -	3,700	3,800	3,770	3,490	3,930
2 - L -	816,770	819,490	822,770	827,340	828,390
2 - Z -	3,940	4,140	4,410	4,830	4,900
2 - L -	828,770	829,080	829,710	834,770	837,400
2 - Z -	4,940	4,970	5,110	5,600	5,870
2 - L -	837,570	839,780	840,770	846,770	847,900
2 - Z -	5,870	5,880	5,770	5,070	4,930
2 - L -	852,070	852,770	858,770	862,940	864,770
2 - Z -	4,390	4,300	3,470	2,870	2,590
2 - L -	870,770	874,900	875,790	876,300	876,570
2 - Z -	1,630	0,940	1,360	1,660	1,810
2 - L -	876,770	879,870	882,770	882,970	887,090
2 - Z -	1,790	1,510	1,230	1,210	1,260
2 - L -	888,770	890,700	891,760	894,770	900,770
2 - Z -	1,280	1,310	1,330	1,360	1,430
2 - L -	902,120	906,770	910,280	911,790	911,980
2 - Z -	1,450	1,480	1,500	1,510	1,500
2 - L -	912,630	912,770	912,980	913,530	918,200
2 - Z -	1,460	1,550	1,690	2,240	1,640
2 - L -	918,770	919,370	919,620	919,770	919,860
2 - Z -	1,570	1,490	1,830	2,270	1,740
2 - L -	920,080	920,820	921,550	922,080	924,770
2 - Z -	1,490	1,540	1,540	1,530	1,560
2 - L -	930,370	930,770	930,890	931,370	936,770
2 - Z -	1,620	1,630	1,630	1,630	1,590
2 - L -	938,910	942,270	942,770	945,640	946,070
2 - Z -	1,570	1,560	1,560	1,530	1,560
2 - L -	947,580	948,770	950,110	953,280	954,770

Laagscheidingnummer	Coördinaten [m]				
2 - Z -	1,810	1,980	2,180	1,610	1,360
2 - L -	955,690	957,570	959,060	959,670	960,770
2 - Z -	1,200	0,370	-0,310	-0,320	-0,330
2 - L -	960,870	962,040	963,420	966,770	972,380
2 - Z -	-0,330	0,180	0,830	0,830	0,830
2 - L -	972,770	978,770	982,560	984,770	990,770
2 - Z -	0,830	0,830	0,830	0,810	0,770
2 - L -	996,770	1002,770	1008,770	1009,980	1014,770
2 - Z -	0,720	0,680	0,640	0,630	0,630
2 - L -	1019,730	1020,770	1026,770	1032,770	1033,790
2 - Z -	0,640	0,640	0,690	0,730	0,730
2 - L -	1038,770	1041,500	1043,260	1044,770	1045,620
2 - Z -	0,740	0,750	0,230	-0,170	-0,390
2 - L -	1046,300	1047,610	1049,030	1050,770	1050,880
2 - Z -	-0,390	-0,440	-0,060	0,510	0,540
2 - L -	1057,200	1070,750	1120,750		
2 - Z -	0,560	0,590	0,590		
1 - L -	-100,000	244,595	706,329	1120,750	
1 - Z -	-15,000	-16,000	-13,500	-16,500	
0 - L -	-100,000	1120,750			
0 - Z -	-28,000	-28,000			

2.3 PN-Lijnen

PN-lijnnummer	Coördinaten [m]				
1 - L -	-100,000	1120,750			
1 - Z -	-0,210	-0,210			

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
2	Sand, clean, stiff	1	1
1	Sand, clean, loose	1	1

2.6 Grenslagen

De grens tussen (cohesieve) ongedraineerde toplagen en onderliggende (niet-cohesieve) gedraineerde lagen, ligt aan de bovenzijde van laag nummer 2: Sand, clean, stiff

De grens tussen compressibele toplagen en de onderliggende niet-compressibele lagen, ligt aan de bovenzijde van laag nummer 2: Sand, clean, stiff

2.7 Grondeigenschappen

Naam	Gamma-onverz			Gamma-verz		
	Uniek [kN/m³]	Laag [kN/m³]	Hoog [kN/m³]	Uniek [kN/m³]	Laag [kN/m³]	Hoog [kN/m³]
dummy	18,00	-	-	20,00	-	-
Sand, clean, loose	-	17,00	18,00	-	19,00	20,00
Sand, clean, stiff	-	19,00	20,00	-	21,00	22,00

Naam	Cohesie			Phi		
	Uniek [kN/m²]	Laag [kN/m²]	Hoog [kN/m²]	Uniek [grd]	Laag [grd]	Hoog [grd]
dummy	1,00	-	-	30,00	-	-
Sand, clean, loose	-	0,00	0,00	-	30,00	32,50
Sand, clean, stiff	-	0,00	0,00	-	35,00	40,00

Naam	Su-top			Su-onder		
	Uniek [kN/m ²]	Laag [kN/m ²]	Hoog [kN/m ²]	Uniek [kN/m ²]	Laag [kN/m ²]	Hoog [kN/m ²]
dummy	0,00	-	-	0,00	-	-
Sand, clean, loose	-	0,00	0,00	-	0,00	0,00
Sand, clean, stiff	-	0,00	0,00	-	0,00	0,00

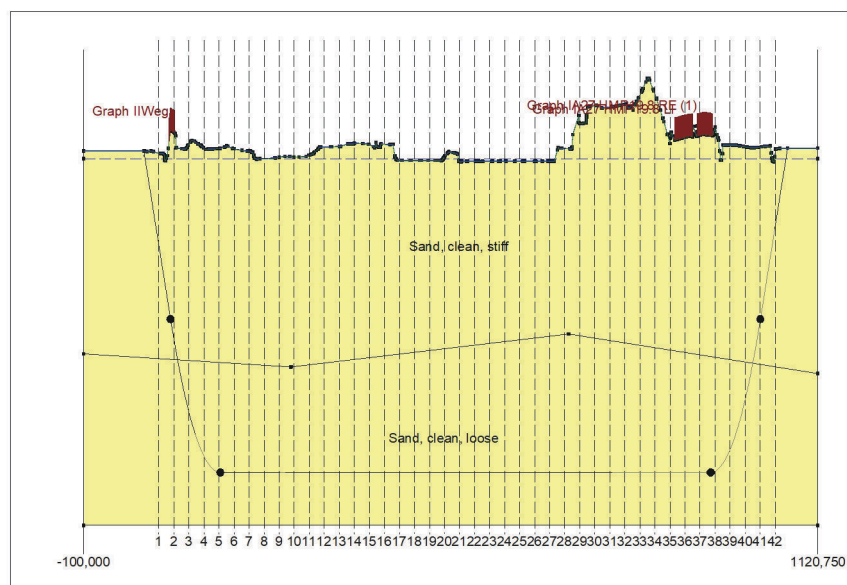
Naam	Emod-top			Emod-onder		
	Uniek [kN/m ²]	Laag [kN/m ²]	Hoog [kN/m ²]	Uniek [kN/m ²]	Laag [kN/m ²]	Hoog [kN/m ²]
dummy	10000,00	-	-	15000,00	-	-
Sand, clean, loose	-	-	-	-	-	-
Sand, clean, stiff	-	-	-	-	-	-

Naam	Grondtype	Emod 100		
		Uniek [kN/m ²]	Laag [kN/m ²]	Hoog [kN/m ²]
dummy	-	-	-	-
Sand, clean, loose	Sand	-	15000,00	45000,00
Sand, clean, stiff	Sand	-	75000,00	110000,00

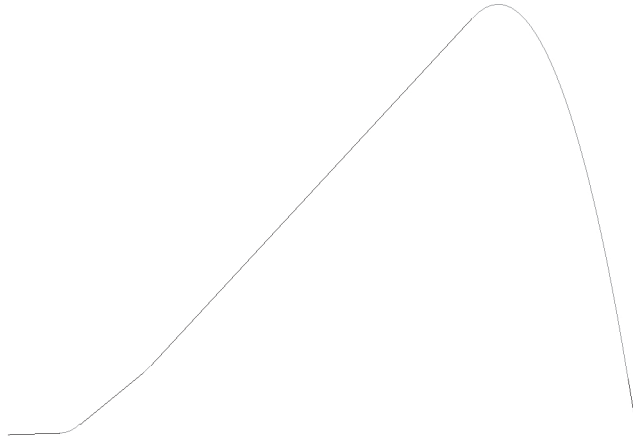
Naam	Adhesie A [kN/m ²]	Delta D [grd]	Nu [-]
dummy	-	-	0,35
Sand, clean, loose	-	-	0,30
Sand, clean, stiff	-	-	0,30

2.8 Geometrie

2.8.1 Geometrie Sectie, Detail



2.8.2 Geometrie Boven aanzicht



2.9 Berekenings Verticalen

Verticaal nr.	L-coörd. [m]	Z-coörd. [m]
1	25,000	-6,799
2	50,000	-13,910
3	75,000	-19,432
4	100,000	-22,769
5	125,000	-23,992
6	150,000	-24,000
7	175,000	-24,000
8	200,000	-24,000
9	225,000	-24,000
10	250,000	-24,000
11	275,000	-24,000
12	300,000	-24,000
13	325,000	-24,000
14	350,000	-24,000
15	375,000	-24,000
16	400,000	-24,000
17	425,000	-24,000
18	450,000	-24,000
19	475,000	-24,000
20	500,000	-24,000
21	525,000	-24,000
22	550,000	-24,000
23	575,000	-24,000
24	600,000	-24,000
25	625,000	-24,000
26	650,000	-24,000
27	675,000	-24,000
28	700,000	-24,000
29	725,000	-24,000
30	750,000	-24,000
31	775,000	-24,000

Verticaal nr.	L-coörd. [m]	Z-coörd. [m]
32	800,000	-24,000
33	825,000	-24,000
34	850,000	-24,000
35	875,000	-24,000
36	900,000	-24,000
37	925,000	-24,000
38	950,000	-23,909
39	975,000	-22,248
40	1000,000	-18,462
41	1025,000	-12,468
42	1050,000	-5,300

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

2.10 Verkeersbelasting

A27 HMP19.8 LI

L begin	882,80	[m]
L einde	912,70	[m]
Belastingsmodel (grafiektype)	Graph I	

A27 HMP19.8 RE (1)

L begin	920,40	[m]
L einde	945,60	[m]
Belastingsmodel (grafiektype)	Graph I	

Weg

L begin	41,80	[m]
L einde	51,80	[m]
Belastingsmodel (grafiektype)	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	0,370	[m]
X coördinaat rechter punt	1056,180	[m]
Y coördinaat rechter punt	0,000	[m]
Z coördinaat rechter punt	0,590	[m]
Hoek links	16,0000	[grd]
Hoek rechts	16,0000	[grd]
Kromtestraal links, verticaal in/uit	300,000	[m]
Kromtestraal rechts, verticaal in/uit	300,000	[m]
Kromtestraal rollenbaan (intrekboog)	400,000	[m]
Diepste punt van de pijpleiding (hart boortracé)	-24,000	[m]
Hoek van de pijpleiding (tussen de stralen)	0,0000	[grd]
Aantal horizontale bochten:	3	

De pijpleiding wordt van rechts naar links ingetrokken.

Bocht nr.	X1-coörd. [m]	Y1-coörd. [m]	X2-coörd. [m]	Y2-coörd. [m]	Kromtestraal [m]	Richting
1	86,360	0,200	121,070	1,500	495,000	rechts
2	227,980	9,270	239,300	10,220	495,000	rechts
3	779,370	61,930	1041,030	8,220	455,000	links

2.12 Materiaalgegevens van de Leiding

Invoergegevens leiding no. 1

Materiaal	Polyetheen
Kwaliteit	PE100
Elasticiteitsmodulus (kort)	975,00 [N/mm ²]
Elasticiteitsmodulus (lang)	350,00 [N/mm ²]

Toelaatbare spanning (kort)	10,00	[N/mm ²]
Toelaatbare spanning (lang)	8,00	[N/mm ²]
Tensile factor (alfa)	0,65	[-]
Lineaire uitzettingscoëff. (alfa_g)	0,0001600	[mm/mmK]
Uitwendige diameter leiding	200,00	[mm]
Wanddikte (Nominaal)	18,20	[mm]
Volumegewicht leidingmateriaal	9,54	[kN/m ³]
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 ²]
Elasticiteitsmodulus (lang)	350,00	[N/mm ²]
Toelaatbare spanning (kort)	10,00	[N/mm ²]
Toelaatbare spanning (lang)	8,00	[N/mm ²]
Tensile factor (alfa)	0,65	[-]
Lineaire uitzettingscoëff. (alfa_g)	0,0001600	[mm/mmK]
Uitwendige diameter leiding	200,00	[mm]
Wanddikte (Nominaal)	18,20	[mm]
Volumegewicht leidingmateriaal	9,54	[kN/m ³]
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 ²]
Elasticiteitsmodulus (lang)	350,00	[N/mm ²]
Toelaatbare spanning (kort)	10,00	[N/mm ²]
Toelaatbare spanning (lang)	8,00	[N/mm ²]
Tensile factor (alfa)	0,65	[-]
Lineaire uitzettingscoëff. (alfa_g)	0,0001600	[mm/mmK]
Uitwendige diameter leiding	200,00	[mm]
Wanddikte (Nominaal)	18,20	[mm]
Volumegewicht leidingmateriaal	9,54	[kN/m ³]
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 ²]
Elasticiteitsmodulus (lang)	350,00	[N/mm ²]
Toelaatbare spanning (kort)	10,00	[N/mm ²]
Toelaatbare spanning (lang)	8,00	[N/mm ²]
Tensile factor (alfa)	0,65	[-]
Lineaire uitzettingscoëff. (alfa_g)	0,0001600	[mm/mmK]
Uitwendige diameter leiding	250,00	[mm]
Wanddikte (Nominaal)	22,70	[mm]
Volumegewicht leidingmateriaal	9,54	[kN/m ³]
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	Ja	
Percentage leiding gevuld met vloeistof	100	[%]
Volume gewicht vloeistof	10,00	[kN/m ³]
Opleghoek	30	[grd]
Belastingshoek	30	[grd]

Relatieve verplaatsing	10,00	[mm]
Samendrukkingsconstante	6,00	[-]
Beddingsconstante boorvloeistof (Kv)	500,00	[kN/m³]
Hoek van inwendige wrijving boorvloeistof	15,00	[grd]
Cohesie boorvloeistof	5,00	[kN/m²]
Wrijvingsfactor leiding-rollenbaan (f1)	0,10	[-]
Wrijvingscoëfficiënt leiding-boorvloeistof (f2)	0,000050	[N/mm²]
Wrijvingsfactor leiding-grond (f3)	0,20	[-]

2.14 Boorvloeistof Gegevens

Uitwendige diameter boorgat pilotboring	0,270	[m]
Uitwendige diameter pilotbuis	0,127	[m]
Uitwendige diameter boorgat voorruimen	0,320	[m]
Uitwendige diameter buis voorruimen	0,127	[m]
Uitwendige diameter uiteindelijke boorgat	0,700	[m]
Uitwendige diameter leiding	0,427	[m]
Debiet tijdens pilotboring	400,0000	[liter/minuut]
Debiet tijdens voorruimen	1500,0000	[liter/minuut]
Debiet tijdens intrekken	1000,0000	[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/m³]
Zwichtspanning boorvloeistof	0,014	[kN/m²]
Viscositeit boorvloeistof	0,000040	[kN.s/m²]

2.15 Factoren

(Polyetheen)Veiligheidsfactor implosie (Lang)	3,0	[-]
(Polyetheen)Veiligheidsfactor implosie (Kort)	1,5	[-]
Onzekerheidsfactor 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 _{n;r} (Polyetheen)	1,50	[-]
Belastingsfactor temperatuur (Polyetheen)	1,10	[-]
Belastingsfactor verkeersbelasting (Polyetheen)	1,35	[-]
Importantie factor (S)	1,00	[-]
Toelaatbare deflectie stalen leiding	15,00	[%]
Toelaatb. deflectie stalen leiding bij inspectie ('piggability')	5,00	[%]
Toelaatbare deflectie polyetheen leiding	8,00	[%]
Toelaat. deflectie polyetheen leiding bij inspectie ('piggability')	5,00	[%]
Volumegegewicht water	10,00	[kN/m³]
Veiligheidsfactor dekking (gedraineerde lagen)	0,50	[-]
Veiligheidsfactor dekking (ongedraineerde lagen)	0,50	[-]
Verhouding H/Do voor grens tussen ondiepe en diepe situatie	7,50	[-]

2.16 Rekenopties

Stress analyse optie : Standaard

3 Boorvloeistofdrukken

3.1 Boorvloeistof Gegevens

Verticaal nr.	Boorvloeistofdrukken pilot [kN/m ²]			
	Max, deformatie	Max, gronddruk	Min, links	Min, rechts
1	348	628	91	550
2	708	1326	182	618
3	641	1058	254	668
4	706	1152	303	693
5	733	1193	327	696
6	733	1193	339	685
7	728	1182	350	674
8	710	1149	361	663
9	714	1156	372	651
10	715	1157	383	640
11	718	1164	394	629
12	737	1201	406	618
13	738	1202	417	607
14	745	1215	428	596
15	741	1207	439	584
16	741	1208	450	573
17	703	1134	461	562
18	702	1133	472	551
19	702	1132	484	540
20	708	1144	495	529
21	698	1125	506	518
22	698	1124	517	506
23	697	1123	528	495
24	696	1122	539	484
25	695	1120	551	473
26	695	1118	562	462
27	694	1117	573	451
28	722	1171	584	440
29	781	1285	595	428
30	825	1369	606	417
31	822	1364	617	406
32	830	1378	629	395
33	852	1421	640	384
34	854	1426	651	373
35	742	1209	662	361
36	756	1237	673	350
37	762	1248	684	339
38	779	1283	694	327
39	701	1147	687	297
40	614	1017	656	244
41	600	1115	601	166
42	288	486	533	75

Verticaal nr.	Boorvloeistofdrukken voorruimen [kN/m ²]			
	Max, deformatie	Max, gronddruk	Min, links	Min, rechts
1	348	603	89	91
2	708	1326	177	182
3	642	1061	247	254
4	706	1153	293	303
5	734	1194	315	327
6	734	1194	324	339
7	728	1183	333	350
8	711	1150	342	361
9	714	1157	350	372
10	715	1158	359	383
11	719	1165	368	394

Verticaal nr.	Boorvloeistofdrukken voorruimen [kN/m ²]			
	Max, deformatie	Max, gronddruk	Min, links	Min, rechts
12	738	1202	377	406
13	738	1203	385	417
14	745	1216	394	428
15	741	1208	403	439
16	741	1209	412	450
17	703	1135	420	461
18	703	1134	429	472
19	702	1132	438	483
20	709	1145	447	474
21	698	1126	455	465
22	698	1125	464	456
23	697	1123	473	448
24	697	1122	482	439
25	696	1120	473	430
26	695	1119	462	421
27	694	1117	451	413
28	722	1171	440	404
29	782	1286	428	395
30	825	1370	417	386
31	823	1365	406	378
32	830	1379	395	369
33	852	1422	384	360
34	855	1427	373	351
35	742	1210	361	342
36	757	1238	350	334
37	762	1249	339	325
38	780	1284	327	315
39	701	1148	297	288
40	616	1021	244	237
41	600	1115	166	162
42	288	460	75	73

Verticaal nr.	Boorvloeistofdrukken intrekken [kN/m ²]			
	Max, deformatie	Max, gronddruk	Min, links	Min, rechts
1	348	451	85	89
2	708	1295	170	177
3	651	1081	237	247
4	711	1163	279	293
5	737	1202	299	315
6	737	1202	304	324
7	732	1192	310	333
8	714	1158	315	342
9	718	1165	321	350
10	719	1166	326	359
11	723	1173	332	368
12	742	1210	337	377
13	742	1211	343	385
14	749	1224	348	394
15	745	1216	354	403
16	745	1216	359	412
17	706	1142	365	415
18	705	1140	370	410
19	705	1138	376	404
20	711	1151	381	399
21	701	1131	387	393
22	701	1131	392	388
23	700	1129	398	382
24	699	1128	403	377
25	698	1126	409	372
26	697	1124	414	366
27	696	1122	413	361
28	724	1177	404	355
29	784	1292	395	350

Verticaal nr.	Boorvloeistofdrukken intrekken [kN/m ²]			
	Max, deformatie	Max, gronddruk	Min, links	Min, rechts
30	828	1377	386	344
31	826	1373	378	339
32	834	1387	369	333
33	856	1431	360	328
34	859	1436	351	322
35	745	1217	342	317
36	760	1246	334	311
37	766	1257	325	306
38	784	1292	315	299
39	706	1159	288	275
40	629	1049	237	228
41	600	1034	162	155
42	288	325	73	70

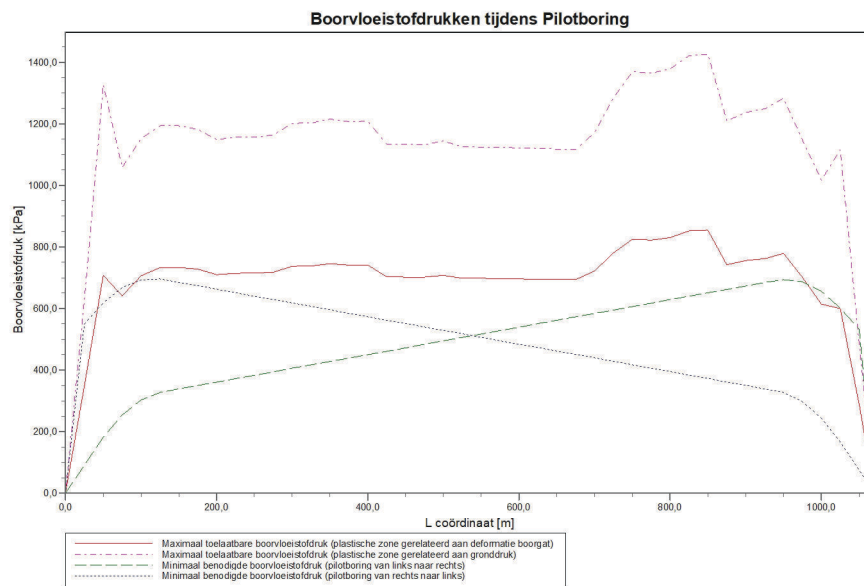
3.2 Evenwicht tussen Waterdruk en Boorvloeistofdruk

Verticaal nr.	Hydrostatische kolomdruk			
	Boorvloeistof [kN/m ²]	Water [kN/m ²]	Veiligheidsfactor [-]	Resultaat
1	80	66	1,21	voldoet
2	159	137	1,16	voldoet
3	220	192	1,14	voldoet
4	257	226	1,14	voldoet
5	271	238	1,14	voldoet
6	271	238	1,14	voldoet
7	271	238	1,14	voldoet
8	271	238	1,14	voldoet
9	271	238	1,14	voldoet
10	271	238	1,14	voldoet
11	271	238	1,14	voldoet
12	271	238	1,14	voldoet
13	271	238	1,14	voldoet
14	271	238	1,14	voldoet
15	271	238	1,14	voldoet
16	271	238	1,14	voldoet
17	271	238	1,14	voldoet
18	272	238	1,14	voldoet
19	272	238	1,14	voldoet
20	272	238	1,14	voldoet
21	272	238	1,14	voldoet
22	272	238	1,14	voldoet
23	272	238	1,14	voldoet
24	272	238	1,14	voldoet
25	272	238	1,14	voldoet
26	272	238	1,14	voldoet
27	272	238	1,14	voldoet
28	272	238	1,14	voldoet
29	272	238	1,14	voldoet
30	272	238	1,14	voldoet
31	272	238	1,14	voldoet
32	272	238	1,14	voldoet
33	272	238	1,15	voldoet
34	273	238	1,15	voldoet
35	273	238	1,15	voldoet
36	273	238	1,15	voldoet
37	273	238	1,15	voldoet
38	272	237	1,15	voldoet
39	253	220	1,15	voldoet
40	211	183	1,16	voldoet
41	145	123	1,18	voldoet
42	65	51	1,28	voldoet

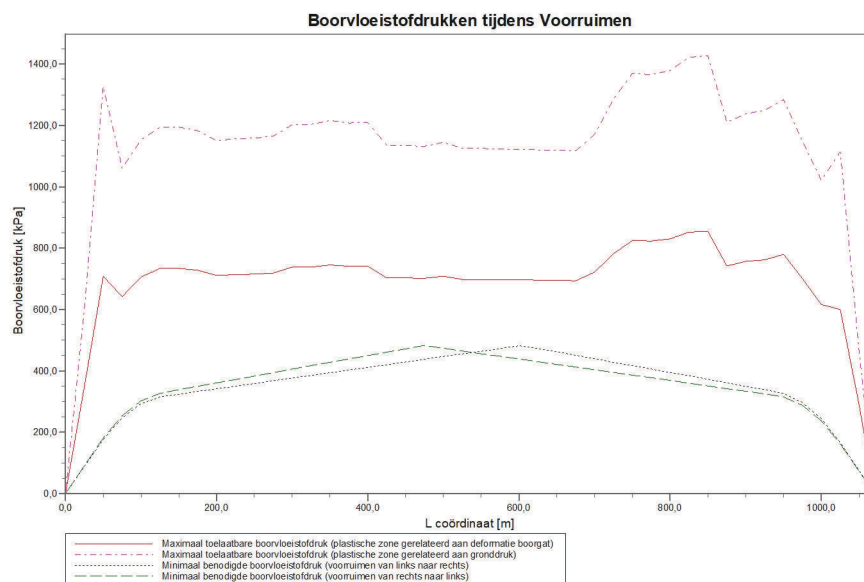
De statische boorvloeiستفدرك is berekend en kan worden vergeleken met de berekende grondwater druk. De veiligheids factor wordt bepaald door de verhouding van boorvloeiستفدرك en grondwater druk. Deze moet hoger zijn dan de vereiste veiligheidsfactor van 1,10

3.3 Boorvloeiستفدرك Grafieken

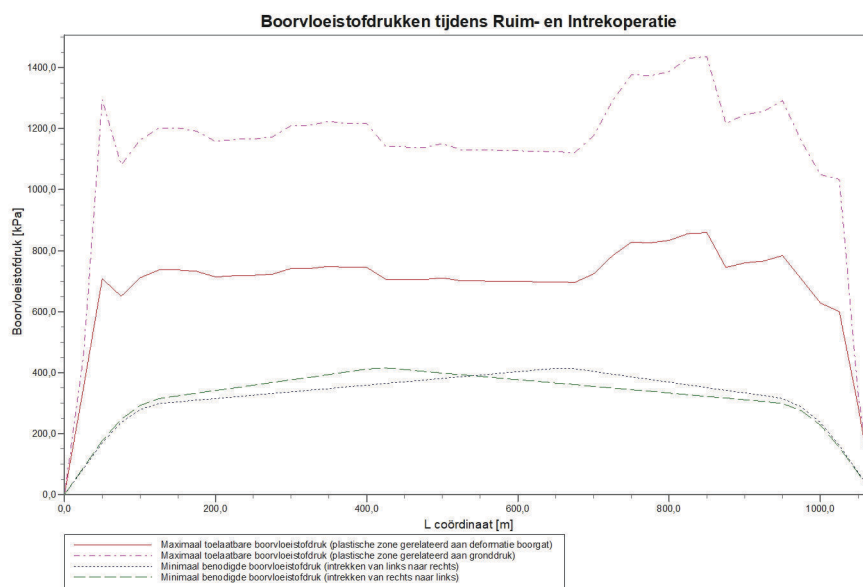
3.3.1 Boorvloeiستفدرك tijdens Pilotboring



3.3.2 Boorvloeiستفدرك tijdens Voorruimen



3.3.3 Boorvloeistofdrukken tijdens Ruim- en Intrekoperatie



4 Grondmechanische Data

4.1 Grondmechanische Parameters ø200 SDR-11 (1): leiding no. 1

De volgende gegevens en uitgangspunten zijn gehanteerd voor de sterkteberekening:

Merk op: veiligheidsfactoren niet toegepast.

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

Verticaal nr.	q _{v;p} [kN/m ²]	q _{v;n} [kN/m ²]	q _{h;n} [kN/m ²]	q _{v;r;n} [kN/m ²]	q _{verkeer} [kN/m ²]	q _{v;e} [kN/m ²]
1	977	86	11	15	0	7530
2	2890	203	11	15	1	17694
3	1973	244	10	14	0	8593
4	2154	272	10	14	0	9552
5	2231	283	10	13	0	9964
6	2230	283	10	13	0	9961
7	2208	280	10	13	0	9838
8	2136	269	10	13	0	9451
9	2149	271	10	13	0	9524
10	2152	271	10	13	0	9541
11	2169	274	10	13	0	9630
12	2248	286	10	14	0	10058
13	2251	286	10	14	0	10074
14	2281	291	10	14	0	10233
15	2266	289	10	14	0	10154
16	2268	289	10	14	0	10166
17	2113	265	10	13	0	9332
18	2112	265	10	13	0	9323
19	2110	265	10	13	0	9313
20	2139	269	10	13	0	9468
21	2098	263	10	13	0	9252
22	2098	263	10	13	0	9251
23	2096	263	10	13	0	9242
24	2095	263	10	13	0	9235
25	2093	262	10	13	0	9222
26	2091	262	10	13	0	9213
27	2089	262	10	13	0	9203
28	2205	279	10	13	0	9826
29	2448	317	10	14	0	11147
30	2624	345	11	14	0	12127
31	2613	343	11	14	0	12062
32	2641	348	11	15	0	12222
33	2731	362	11	15	0	12727
34	2738	363	11	15	0	12770
35	2275	290	10	14	0	10203
36	2333	299	10	14	2	10520
37	2354	302	10	14	2	10632
38	2427	314	10	14	0	11036
39	2150	271	10	14	0	9527
40	1882	231	10	14	0	8115
41	2416	164	11	15	0	14262
42	638	69	11	15	0	6076

Verticaal nr.	q _{h,e} [kN/m ²]	k _{v;bot} [kN/m ³]	k _{v;top} [kN/m ³]	k _h [kN/m ³]	t _{max} [kN/m ²]	d _{max} [mm]
1	1365	406158	370447	284310	0,05	7,5
2	2890	636247	611780	445373	0,05	7,5
3	1973	259547	252609	181683	0,05	7,5
4	2154	274783	268162	192348	0,05	7,5
5	2231	281132	274633	196792	0,05	7,5
6	2230	281074	274574	196752	0,05	7,5
7	2208	279193	272658	195435	0,05	7,5
8	2136	273205	266553	191244	0,05	7,5
9	2149	274340	267710	192038	0,05	7,5
10	2152	274601	267977	192221	0,05	7,5
11	2169	275991	269394	193194	0,05	7,5
12	2248	282564	276092	197795	0,05	7,5
13	2251	282804	276336	197963	0,05	7,5
14	2281	285218	278795	199652	0,05	7,5
15	2266	284014	277570	198810	0,05	7,5
16	2268	284192	277750	198934	0,05	7,5
17	2113	271341	264651	189939	0,05	7,5
18	2112	271192	264499	189834	0,05	7,5
19	2110	271042	264346	189729	0,05	7,5
20	2139	273466	266819	191426	0,05	7,5
21	2098	270078	263362	189055	0,05	7,5
22	2098	270062	263346	189043	0,05	7,5
23	2096	269912	263193	188938	0,05	7,5
24	2095	269815	263093	188870	0,05	7,5
25	2093	269611	262886	188728	0,05	7,5
26	2091	269461	262733	188623	0,05	7,5
27	2089	269311	262579	188518	0,05	7,5
28	2205	279010	272471	195307	0,05	7,5
29	2448	298757	292573	209130	0,05	7,5
30	2624	312749	306792	218924	0,05	7,5
31	2613	311838	305866	218286	0,05	7,5
32	2641	314071	308134	219850	0,05	7,5
33	2731	321064	315233	224745	0,05	7,5
34	2738	321655	315831	225158	0,05	7,5
35	2275	284754	278323	199328	0,05	7,5
36	2333	289522	283178	202666	0,05	7,5
37	2354	291191	284876	203834	0,05	7,5
38	2427	297129	290918	207991	0,05	7,5
39	2150	274396	267767	192077	0,05	7,5
40	1882	251687	244571	176181	0,05	7,5
41	2416	567007	540097	396905	0,05	7,5
42	1095	364344	325047	255041	0,05	7,5

Maximale grondspanning : q_{v;n};max = 363 kN/m²
 Maximale gereduceerde grondspanning (incl. verkeersbelastingen) : q_{verkeer};max = 16 kN/m²
 Maximale gereduceerde grondspanning : q_{v;r;n};max = 15 kN/m²
 Maximale verticale beddingsconstante (zonder veiligheidsfactor)
 alleen voor verticalen in diepe situatie : k_v;max = 636247 kN/m³
 Maximale verticale beddingsconstante (veiligheidsfactor toegepast)
 alleen voor verticalen in diepe situatie : k_v;max = 1272493 kN/m³

4.2 Grondmechanische Parameters ø200 SDR-11 (2): leiding no. 2

De volgende gegevens en uitgangspunten zijn gehanteerd voor de sterkteberekening:

Merk op: veiligheidsfactoren niet toegepast.

q _{v;p}	Passieve grondspanning	kN/m ²
q _{v;n}	Neutrale grondspanning	kN/m ²
q _{h;n}	Neutrale horizontale grondspanning	kN/m ²
q _{v;r;n}	Gereduceerde neutrale grondspanning	kN/m ²
q _{verkeer}	Verkeersbelasting	kN/m ²
q _{v,e}	Verticaal evenwichtsdraagvermogen	kN/m ²
q _{h,e}	Horizontaal evenwichtsdraagvermogen	kN/m ²

k_v;bot	Verticaal beddingsgetal omlaag	kN/m ³
k_v;top	Verticaal beddingsgetal omhoog	kN/m ³
k_h	Horizontaal beddinggetal	kN/m ³
t_max	Maximale wrijving leiding-boorvloeistof	kN/m ²
d_max	Corresponderende verplaatsing bij mobilisatie maximale wrijving	mm

Verticaal nr.	q_v;p [kN/m ²]	q_v;n [kN/m ²]	q_h;n [kN/m ²]	q_v;r;n [kN/m ²]	q_verkeer [kN/m ²]	q_v;e [kN/m ²]
1	977	86	11	15	0	7530
2	2890	203	11	15	1	17694
3	1973	244	10	14	0	8593
4	2154	272	10	14	0	9552
5	2231	283	10	13	0	9964
6	2230	283	10	13	0	9961
7	2208	280	10	13	0	9838
8	2136	269	10	13	0	9451
9	2149	271	10	13	0	9524
10	2152	271	10	13	0	9541
11	2169	274	10	13	0	9630
12	2248	286	10	14	0	10058
13	2251	286	10	14	0	10074
14	2281	291	10	14	0	10233
15	2266	289	10	14	0	10154
16	2268	289	10	14	0	10166
17	2113	265	10	13	0	9332
18	2112	265	10	13	0	9323
19	2110	265	10	13	0	9313
20	2139	269	10	13	0	9468
21	2098	263	10	13	0	9252
22	2098	263	10	13	0	9251
23	2096	263	10	13	0	9242
24	2095	263	10	13	0	9235
25	2093	262	10	13	0	9222
26	2091	262	10	13	0	9213
27	2089	262	10	13	0	9203
28	2205	279	10	13	0	9826
29	2448	317	10	14	0	11147
30	2624	345	11	14	0	12127
31	2613	343	11	14	0	12062
32	2641	348	11	15	0	12222
33	2731	362	11	15	0	12727
34	2738	363	11	15	0	12770
35	2275	290	10	14	0	10203
36	2333	299	10	14	2	10520
37	2354	302	10	14	2	10632
38	2427	314	10	14	0	11036
39	2150	271	10	14	0	9527
40	1882	231	10	14	0	8115
41	2416	164	11	15	0	14262
42	638	69	11	15	0	6076

Verticaal nr.	q_h;e [kN/m ²]	k_v;bot [kN/m ³]	k_v;top [kN/m ³]	k_h [kN/m ³]	t_max [kN/m ²]	d_max [mm]
1	1365	406158	370447	284310	0,05	7,5
2	2890	636247	611780	445373	0,05	7,5
3	1973	259547	252609	181683	0,05	7,5
4	2154	274783	268162	192348	0,05	7,5
5	2231	281132	274633	196792	0,05	7,5
6	2230	281074	274574	196752	0,05	7,5
7	2208	279193	272658	195435	0,05	7,5
8	2136	273205	266553	191244	0,05	7,5
9	2149	274340	267710	192038	0,05	7,5
10	2152	274601	267977	192221	0,05	7,5
11	2169	275991	269394	193194	0,05	7,5
12	2248	282564	276092	197795	0,05	7,5
13	2251	282804	276336	197963	0,05	7,5
14	2281	285218	278795	199652	0,05	7,5

Verticaal nr.	q _h ;e [kN/m ²]	k _v ;bot [kN/m ³]	k _v ;top [kN/m ³]	k _h [kN/m ³]	t _{max} [kN/m ²]	d _{max} [mm]
15	2266	284014	277570	198810	0,05	7,5
16	2268	284192	277750	198934	0,05	7,5
17	2113	271341	264651	189939	0,05	7,5
18	2112	271192	264499	189834	0,05	7,5
19	2110	271042	264346	189729	0,05	7,5
20	2139	273466	266819	191426	0,05	7,5
21	2098	270078	263362	189055	0,05	7,5
22	2098	270062	263346	189043	0,05	7,5
23	2096	269912	263193	188938	0,05	7,5
24	2095	269815	263093	188870	0,05	7,5
25	2093	269611	262886	188728	0,05	7,5
26	2091	269461	262733	188623	0,05	7,5
27	2089	269311	262579	188518	0,05	7,5
28	2205	279010	272471	195307	0,05	7,5
29	2448	298757	292573	209130	0,05	7,5
30	2624	312749	306792	218924	0,05	7,5
31	2613	311838	305866	218286	0,05	7,5
32	2641	314071	308134	219850	0,05	7,5
33	2731	321064	315233	224745	0,05	7,5
34	2738	321655	315831	225158	0,05	7,5
35	2275	284754	278323	199328	0,05	7,5
36	2333	289522	283178	202666	0,05	7,5
37	2354	291191	284876	203834	0,05	7,5
38	2427	297129	290918	207991	0,05	7,5
39	2150	274396	267767	192077	0,05	7,5
40	1882	251687	244571	176181	0,05	7,5
41	2416	567007	540097	396905	0,05	7,5
42	1095	364344	325047	255041	0,05	7,5

Maximale grondspanning	:	q _{v;n} ;max = 363 kN/m ²
Maximale gereduceerde grondspanning (incl. verkeersbelastingen)	:	q _{verkeer} ;max = 16 kN/m ²
Maximale gereduceerde grondspanning	:	q _{v;r;n} ;max = 15 kN/m ²
Maximale verticale beddingsconstante (zonder veiligheidsfactor)		
alleen voor verticalen in diepe situatie	:	k _v ;max = 636247 kN/m ³
Maximale verticale beddingsconstante (veiligheidsfactor toegepast)		
alleen voor verticalen in diepe situatie	:	k _v ;max = 1272493 kN/m ³

4.3 Grondmechanische Parameters ø200 SDR-11 (3): leiding no. 3

De volgende gegevens en uitgangspunten zijn gehanteerd voor de sterkteberekening:

Merk op: veiligheidsfactoren niet toegepast.

q _v ;p	Passieve grondspanning	kN/m ²
q _v ;n	Neutrale grondspanning	kN/m ²
q _h ;n	Neutrale horizontale grondspanning	kN/m ²
q _v ;r;n	Gereduceerde neutrale grondspanning	kN/m ²
q _{verkeer}	Verkeersbelasting	kN/m ²
q _v ;e	Verticaal evenwichtsdraagvermogen	kN/m ²
q _h ;e	Horizontaal evenwichtsdraagvermogen	kN/m ²
k _v ;bot	Verticaal beddingsgetal omlaag	kN/m ³
k _v ;top	Verticaal beddingsgetal omhoog	kN/m ³
k _h	Horizontaal beddinggetal	kN/m ³
t _{max}	Maximale wrijving leiding-boorvloeistof	kN/m ²
d _{max}	Corresponderende verplaatsing bij mobilisatie maximale wrijving	mm

Verticaal nr.	q _v ;p [kN/m ²]	q _v ;n [kN/m ²]	q _h ;n [kN/m ²]	q _v ;r;n [kN/m ²]	q _{verkeer} [kN/m ²]	q _v ;e [kN/m ²]
1	977	86	11	15	0	7530
2	2890	203	11	15	1	17694
3	1973	244	10	14	0	8593
4	2154	272	10	14	0	9552
5	2231	283	10	13	0	9964
6	2230	283	10	13	0	9961
7	2208	280	10	13	0	9838

Verticaal nr.	q_v;p [kN/m ²]	q_v;n [kN/m ²]	q_h;n [kN/m ²]	q_v;r;n [kN/m ²]	q_verkeer [kN/m ²]	q_v;e [kN/m ²]
8	2136	269	10	13	0	9451
9	2149	271	10	13	0	9524
10	2152	271	10	13	0	9541
11	2169	274	10	13	0	9630
12	2248	286	10	14	0	10058
13	2251	286	10	14	0	10074
14	2281	291	10	14	0	10233
15	2266	289	10	14	0	10154
16	2268	289	10	14	0	10166
17	2113	265	10	13	0	9332
18	2112	265	10	13	0	9323
19	2110	265	10	13	0	9313
20	2139	269	10	13	0	9468
21	2098	263	10	13	0	9252
22	2098	263	10	13	0	9251
23	2096	263	10	13	0	9242
24	2095	263	10	13	0	9235
25	2093	262	10	13	0	9222
26	2091	262	10	13	0	9213
27	2089	262	10	13	0	9203
28	2205	279	10	13	0	9826
29	2448	317	10	14	0	11147
30	2624	345	11	14	0	12127
31	2613	343	11	14	0	12062
32	2641	348	11	15	0	12222
33	2731	362	11	15	0	12727
34	2738	363	11	15	0	12770
35	2275	290	10	14	0	10203
36	2333	299	10	14	2	10520
37	2354	302	10	14	2	10632
38	2427	314	10	14	0	11036
39	2150	271	10	14	0	9527
40	1882	231	10	14	0	8115
41	2416	164	11	15	0	14262
42	638	69	11	15	0	6076

Verticaal nr.	q_h;e [kN/m ²]	k_v;bot [kN/m ³]	k_v;top [kN/m ³]	k_h [kN/m ³]	t_max [kN/m ²]	d_max [mm]
1	1365	406158	370447	284310	0,05	7,5
2	2890	636247	611780	445373	0,05	7,5
3	1973	259547	252609	181683	0,05	7,5
4	2154	274783	268162	192348	0,05	7,5
5	2231	281132	274633	196792	0,05	7,5
6	2230	281074	274574	196752	0,05	7,5
7	2208	279193	272658	195435	0,05	7,5
8	2136	273205	266553	191244	0,05	7,5
9	2149	274340	267710	192038	0,05	7,5
10	2152	274601	267977	192221	0,05	7,5
11	2169	275991	269394	193194	0,05	7,5
12	2248	282564	276092	197795	0,05	7,5
13	2251	282804	276336	197963	0,05	7,5
14	2281	285218	278795	199652	0,05	7,5
15	2266	284014	277570	198810	0,05	7,5
16	2268	284192	277750	198934	0,05	7,5
17	2113	271341	264651	189939	0,05	7,5
18	2112	271192	264499	189834	0,05	7,5
19	2110	271042	264346	189729	0,05	7,5
20	2139	273466	266819	191426	0,05	7,5
21	2098	270078	263362	189055	0,05	7,5
22	2098	270062	263346	189043	0,05	7,5
23	2096	269912	263193	188938	0,05	7,5
24	2095	269815	263093	188870	0,05	7,5
25	2093	269611	262886	188728	0,05	7,5
26	2091	269461	262733	188623	0,05	7,5
27	2089	269311	262579	188518	0,05	7,5

Verticaal nr.	q _{h,e} [kN/m ²]	k _{v;bot} [kN/m ³]	k _{v;top} [kN/m ³]	k _h [kN/m ³]	t _{max} [kN/m ²]	d _{max} [mm]
28	2205	279010	272471	195307	0,05	7,5
29	2448	298757	292573	209130	0,05	7,5
30	2624	312749	306792	218924	0,05	7,5
31	2613	311838	305866	218286	0,05	7,5
32	2641	314071	308134	219850	0,05	7,5
33	2731	321064	315233	224745	0,05	7,5
34	2738	321655	315831	225158	0,05	7,5
35	2275	284754	278323	199328	0,05	7,5
36	2333	289522	283178	202666	0,05	7,5
37	2354	291191	284876	203834	0,05	7,5
38	2427	297129	290918	207991	0,05	7,5
39	2150	274396	267767	192077	0,05	7,5
40	1882	251687	244571	176181	0,05	7,5
41	2416	567007	540097	396905	0,05	7,5
42	1095	364344	325047	255041	0,05	7,5

Maximale grondspanning	: q _{v;n;max} = 363 kN/m ²
Maximale gereduceerde grondspanning (incl. verkeersbelastingen)	: q _{verkeer;max} = 16 kN/m ²
Maximale gereduceerde grondspanning	: q _{v;r;n;max} = 15 kN/m ²
Maximale verticale beddingsconstante (zonder veiligheidsfactor)	
alleen voor verticalen in diepe situatie	: k _{v;max} = 636247 kN/m ³
Maximale verticale beddingsconstante (veiligheidsfactor toegepast)	
alleen voor verticalen in diepe situatie	: k _{v;max} = 1272493 kN/m ³

4.4 Grondmechanische Parameters ø250 SDR-11 (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 ²
q _{v;n}	Neutrale grondspanning	kN/m ²
q _{h;n}	Neutrale horizontale grondspanning	kN/m ²
q _{v;r;n}	Gereduceerde neutrale grondspanning	kN/m ²
q _{verkeer}	Verkeersbelasting	kN/m ²
q _{v,e}	Verticaal evenwichtsdraagvermogen	kN/m ²
q _{h,e}	Horizontaal evenwichtsdraagvermogen	kN/m ²
k _{v;bot}	Verticaal beddingsgetal omlaag	kN/m ³
k _{v;top}	Verticaal beddingsgetal omhoog	kN/m ³
k _h	Horizontaal beddinggetal	kN/m ³
t _{max}	Maximale wrijving leiding-boorvloeistof	kN/m ²
d _{max}	Corresponderende verplaatsing bij mobilisatie maximale wrijving	mm

Verticaal nr.	q _{v;p} [kN/m ²]	q _{v;n} [kN/m ²]	q _{h;n} [kN/m ²]	q _{v;r;n} [kN/m ²]	q _{verkeer} [kN/m ²]	q _{v,e} [kN/m ²]
1	794	86	11	15	0	7522
2	2873	203	11	15	1	17686
3	1971	244	10	14	0	8587
4	2152	271	10	14	0	9546
5	2229	283	10	13	0	9959
6	2228	283	10	13	0	9955
7	2206	279	10	13	0	9832
8	2134	268	10	13	0	9446
9	2147	271	10	13	0	9518
10	2150	271	10	13	0	9535
11	2167	274	10	13	0	9625
12	2246	286	10	14	0	10053
13	2249	286	10	14	0	10068
14	2279	291	10	14	0	10228
15	2264	288	10	14	0	10148
16	2266	289	10	14	0	10160
17	2111	265	10	13	0	9327
18	2110	265	10	13	0	9317
19	2108	265	10	13	0	9308
20	2137	269	10	13	0	9462

Verticaal nr.	q_v;p [kN/m ²]	q_v;n [kN/m ²]	q_h;n [kN/m ²]	q_v;r;n [kN/m ²]	q_verkeer [kN/m ²]	q_v;e [kN/m ²]
21	2096	263	10	13	0	9247
22	2096	263	10	13	0	9246
23	2094	263	10	13	0	9236
24	2093	262	10	13	0	9230
25	2091	262	10	13	0	9217
26	2089	262	10	13	0	9208
27	2087	261	10	13	0	9198
28	2203	279	10	13	0	9820
29	2446	317	10	14	0	11142
30	2623	345	11	14	0	12121
31	2611	343	11	14	0	12057
32	2639	347	11	15	0	12216
33	2729	362	11	15	0	12721
34	2737	363	11	15	0	12764
35	2273	290	10	14	0	10197
36	2332	299	10	14	2	10515
37	2352	302	10	14	2	10627
38	2426	314	10	14	0	11030
39	2147	271	10	14	0	9521
40	1879	231	10	14	0	8109
41	2394	164	11	15	0	14254
42	520	69	11	15	0	6068

Verticaal nr.	q_h;e [kN/m ²]	k_v;bot [kN/m ³]	k_v;top [kN/m ³]	k_h [kN/m ³]	t_max [kN/m ²]	d_max [mm]
1	1316	328313	292546	229819	0,05	7,5
2	2873	511462	486984	358023	0,05	7,5
3	1971	208352	201412	145846	0,05	7,5
4	2152	220514	213891	154360	0,05	7,5
5	2229	225582	219082	157907	0,05	7,5
6	2228	225536	219034	157875	0,05	7,5
7	2206	224034	217497	156824	0,05	7,5
8	2134	219254	212599	153478	0,05	7,5
9	2147	220160	213528	154112	0,05	7,5
10	2150	220368	213742	154258	0,05	7,5
11	2167	221478	214879	155035	0,05	7,5
12	2246	226725	220252	158708	0,05	7,5
13	2249	226916	220447	158842	0,05	7,5
14	2279	228844	222420	160191	0,05	7,5
15	2264	227883	221437	159518	0,05	7,5
16	2266	228025	221582	159617	0,05	7,5
17	2111	217766	211074	152436	0,05	7,5
18	2110	217646	210951	152353	0,05	7,5
19	2108	217527	210829	152269	0,05	7,5
20	2137	219462	212813	153623	0,05	7,5
21	2096	216757	210040	151730	0,05	7,5
22	2096	216744	210026	151721	0,05	7,5
23	2094	216625	209904	151637	0,05	7,5
24	2093	216547	209824	151583	0,05	7,5
25	2091	216385	209658	151469	0,05	7,5
26	2089	216265	209535	151386	0,05	7,5
27	2087	216145	209412	151302	0,05	7,5
28	2203	223888	217347	156722	0,05	7,5
29	2446	239655	233469	167758	0,05	7,5
30	2623	250829	244870	175580	0,05	7,5
31	2611	250101	244128	175071	0,05	7,5
32	2639	251885	245947	176320	0,05	7,5
33	2729	257470	251637	180229	0,05	7,5
34	2737	257942	252117	180559	0,05	7,5
35	2273	228474	222041	159932	0,05	7,5
36	2332	232281	225935	162597	0,05	7,5
37	2352	233613	227297	163529	0,05	7,5
38	2426	238355	232142	166849	0,05	7,5
39	2147	220205	213574	154143	0,05	7,5
40	1879	202080	194961	141456	0,05	7,5

Verticaal nr.	q _{h,e} [kN/m ²]	k _{v;bot} [kN/m ³]	k _{v;top} [kN/m ³]	k _h [kN/m ³]	t _{max} [kN/m ²]	d _{max} [mm]
41	2394	456278	429353	319394	0,05	7,5
42	1036	295133	255743	206593	0,05	7,5

Maximale grondspanning	:	q _{v;n;max} = 363 kN/m ²
Maximale gereduceerde grondspanning (incl. verkeersbelastingen)	:	q _{verkeer;max} = 16 kN/m ²
Maximale gereduceerde grondspanning	:	q _{v;r;n;max} = 15 kN/m ²
Maximale verticale beddingsconstante (zonder veiligheidsfactor)		
alleen voor verticalen in diepe situatie	:	k _{v;max} = 511462 kN/m ³
Maximale verticale beddingsconstante (veiligheidsfactor toegepast)		
alleen voor verticalen in diepe situatie	:	k _{v;max} = 1022923 kN/m ³

4.5 Young's Modulus per Laag per Verticaal

Laag nummer	Materiaalnaam	Bepalingstype
2	Sand, clean, stiff	Berekend met E100
1	Sand, clean, loose	Berekend met E100

Laag nummer	Verticaal 1 (L=25 m)		Verticaal 2 (L=50 m)		Verticaal 3 (L=75 m)	
	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]
2	0,000	151,607	0,000	164,151	0,000	157,821
1	62,021	80,035	67,153	83,987	64,563	81,842

Laag nummer	Verticaal 4 (L=100 m)		Verticaal 5 (L=125 m)		Verticaal 6 (L=150 m)	
	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]
2	0,000	155,746	0,000	155,830	0,000	156,040
1	63,714	81,083	63,749	81,020	63,834	80,996

Laag nummer	Verticaal 7 (L=175 m)		Verticaal 8 (L=200 m)		Verticaal 9 (L=225 m)	
	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]
2	0,000	154,962	0,000	150,896	0,000	152,013
1	63,394	80,558	61,730	79,163	62,187	79,428

Laag nummer	Verticaal 10 (L=250 m)		Verticaal 11 (L=275 m)		Verticaal 12 (L=300 m)	
	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]
2	0,000	152,313	0,000	152,786	0,000	157,017
1	62,310	79,489	62,503	79,812	64,234	81,344

Laag nummer	Verticaal 13 (L=325 m)		Verticaal 14 (L=350 m)		Verticaal 15 (L=375 m)	
	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]
2	0,000	156,668	0,000	157,892	0,000	156,499
1	64,091	81,399	64,592	81,962	64,022	81,681

Laag nummer	Verticaal 16 (L=400 m)		Verticaal 17 (L=425 m)		Verticaal 18 (L=450 m)	
	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]
2	0,000	156,104	0,000	146,064	0,000	145,389
1	63,861	81,723	59,753	78,729	59,477	78,694

Laag nummer	Verticaal 19 (L=475 m)		Verticaal 20 (L=500 m)		Verticaal 21 (L=525 m)	
	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]
2	0,000	144,712	0,000	145,981	0,000	142,839
1	59,200	78,659	59,720	79,224	58,434	78,435

Laag nummer	Verticaal 22 (L=550 m)		Verticaal 23 (L=575 m)		Verticaal 24 (L=600 m)	
	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]
2	0,000	142,252	0,000	141,560	0,000	140,905

Laag nummer	Verticaal 22 (L=550 m)		Verticaal 23 (L=575 m)		Verticaal 24 (L=600 m)	
	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]
1	58,194	78,431	57,911	78,396	57,643	78,373

Laag nummer	Verticaal 25 (L=625 m)		Verticaal 26 (L=650 m)		Verticaal 27 (L=675 m)	
	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]
2	0,000	140,164	0,000	139,462	0,000	138,755
1	57,340	78,326	57,052	78,291	56,763	78,256

Laag nummer	Verticaal 28 (L=700 m)		Verticaal 29 (L=725 m)		Verticaal 30 (L=750 m)	
	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]
2	0,000	145,716	0,000	160,954	0,000	171,756
1	59,611	80,516	65,845	85,114	70,264	88,370

Laag nummer	Verticaal 31 (L=775 m)		Verticaal 32 (L=800 m)		Verticaal 33 (L=825 m)	
	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]
2	0,000	171,742	0,000	173,963	0,000	179,502
1	70,258	88,158	71,167	88,677	73,432	90,303

Laag nummer	Verticaal 34 (L=850 m)		Verticaal 35 (L=875 m)		Verticaal 36 (L=900 m)	
	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]
2	0,000	180,521	0,000	154,813	0,000	158,996
1	73,850	90,440	63,333	81,854	65,044	82,964

Laag nummer	Verticaal 37 (L=925 m)		Verticaal 38 (L=950 m)		Verticaal 39 (L=975 m)	
	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]
2	0,000	160,888	0,000	166,140	0,000	156,965
1	65,818	83,353	67,966	84,844	64,213	81,644

Laag nummer	Verticaal 40 (L=1000 m)		Verticaal 41 (L=1025 m)		Verticaal 42 (L=1050 m)	
	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]
2	0,000	156,788	0,000	157,445	0,000	155,053
1	64,140	81,362	64,409	81,349	63,431	80,349

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 ³
Diameter leiding	:	Do = 200,00 mm
Nominale wanddikte	:	t = 18,20 mm
Volumegegewicht leidingmateriaal	:	gamma_s = 9,54 kN/m ³
Diameter leiding	:	Do = 200,00 mm
Nominale wanddikte	:	t = 18,20 mm
Volumegegewicht leidingmateriaal	:	gamma_s = 9,54 kN/m ³
Diameter leiding	:	Do = 250,00 mm
Nominale wanddikte	:	t = 22,70 mm
Volumegegewicht leidingmateriaal	:	gamma_s = 9,54 kN/m ³
Equivalent diameter leiding	:	Do = 560,79 mm
Equivalent nominale wanddikte	:	t = 28,33 mm
Equivalent volumegegewicht leidingmateriaal	:	gamma_s = 9,54 kN/m ³
Maximale verticale beddingsconstante (zonder veiligheidsfactor)	:	k_v;max = 281020 kN/m ³
Volumegegewicht boorvloeistof	:	gamma_b = 11,10 kN/m ³
Kromtestraal op rollenbaan (intrekboog)	:	Rrol = 400,000 m
Wrijvingscoëfficiënt leiding/rollenbaan	:	f1 = 0,10
Wrijving tussen leiding en boorvloeistof	:	f2 = 0,000050 N/mm ²
Wrijvingscoëfficiënt leiding/grond	:	f3 = 0,20

5.2 Ballasten Leiding

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

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

Opwaartse kracht	:	162	[kg/m]
Gewicht productbuis (inclusief vulling)	:	144	[kg/m]
Resultaat	:	18	[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/mm²])
- 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 trekkrachten 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	152
T2	47	154

Karakteristieke punten	Lengte leiding in gat (m)	Karakteristieke waarde voor de trekkracht (kN)
T3	131	165
T4	946	165
T5	1030	178
T6	1076	177

De berekende waarden van de trekkracht zijn karakteristieke waarden waarop nog een totaal factor voor stochastische variatie en modelonzekerheid (γ) 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 1,80 gebruikt en een belasting factor van 1,00.

6 Sterkteberekening van ø200 SDR-11 (1): leiding no. 1

6.1 Materiaalgegevens van ø200 SDR-11 (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 = 1076 m
Elasticiteitsmodulus (kort)	:	E = 975 N/mm ²
Elasticiteitsmodulus (lang)	:	E = 350 N/mm ²
Toelaatbare spanning (kort)	:	S = 10 N/mm ²
Toelaatbare spanning (lang)	:	S = 8 N/mm ²
Importantie factor (S)	:	S = 1,00
Volumegegewicht leidingmateriaal	:	gamma_s = 9,54 kN/m ³
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 = 15 kN/m ²
Verkeersbelasting (zonder veiligheidsfactor)	:	q_v = 1 kN/m ²
Maximale verticale beddingsconstante (zonder veiligheidsfactor)	:	k_v;max = 636247 kN/m ³
Gebruikte straal (exclusief veiligheidsfactoren)	:	Rmin = 250,459 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 = 1,80
Lineaire uitzettingscoëfficiënt gemiddeld tussen t1 en t2	:	alfa_g = 0,0001600 mm/mmK

6.2 Resultaten Sterkteberekening van ø200 SDR-11 (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:

$$\sigma_b = M_b/W_b = f_k E \cdot I_b / (R_{rol} \cdot W_b) = 0,34 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_t = f \cdot f_{install} \cdot T_1/A = f \cdot f_{install} (L_{rol} \cdot Q \cdot f_1)/A = 5,77 \text{ N/mm}^2$$

Maximale axiale spanning $\Sigma_{a,max}$	=	5,99	N/mm ²
---	---	------	-------------------

De tangentele spanning is in deze fase verwaarloosbaar.

6.2.2 Belasting Combinatie 1B: Einde Trekoperatie

Axiale spanning:

$$\Sigma_b = M_b/W_b = f_k \cdot E \cdot I_b / (R_{min} \cdot W_b) = 0,55 \text{ N/mm}^2$$

$$\Sigma_t = f \cdot f_{install} \cdot T_{max}/A = 6,72 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Maximale axiale spanning } \Sigma_{a,max} = 7,07 \text{ N/mm}^2$$

Tangentele spanning:

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

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

$$\Lambda = (f_{kv} \cdot k_v \cdot D_o / (4 \cdot E \cdot I))^{0.25} = 6,2E-3 \text{ 1/mm}$$

$$q_r = 0,0116 \text{ N/mm}^2$$

$$\Sigma_{qr} = k' \cdot q_r \cdot (r_g / W_w) \cdot D_o = 0,68 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Maximale tangentele spanning } \Sigma_{t,max} = 0,44 \text{ N/mm}^2$$

6.2.3 Belasting Combinatie 2: Intern op Druk Brengen

Ten gevolge van inwendige druk :

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

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

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

6.2.4 Belasting Combinatie 3: Bedrijfstoestand in Drukloze Situatie

Axiale spanning:

$$\Sigma_b = M_b/W_b = f_k \cdot E \cdot I_b / (R_{min} \cdot W_b) = 0,20 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Maximale axiale spanning } \Sigma_{a,max} = 0,13 \text{ N/mm}^2$$

Tangentele spanning:

$$\Sigma_{qr} = k' \cdot q_r \cdot (r_g / W_w) \cdot D_o = 0,41 \text{ N/mm}^2$$

$$\Sigma_{qn} = k \cdot q_n \cdot (r_g / W_w) \cdot D_o = 2,00 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Maximale tangentele spanning } \Sigma_{t,max} = 1,56 \text{ N/mm}^2$$

6.2.5 Belasting Combinatie 4: Bedrijfstoestand met Inwendige Druk

Axiale spanning:

$$\Sigma_b = M_b/W_b = f_k \cdot E \cdot I_b / (R_{min} \cdot W_b) = 0,20 \text{ N/mm}^2$$

Ten gevolge van inwendige druk :

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

$\text{Sigma}_{px} = 0.5 \cdot \text{Sigma}_{py}$	=	0,00	N/mm ²
$\text{Sigma}_{ptest} = f_{pt} \cdot \text{pt} \cdot ((ru^2 + ri^2)/(ru^2 - ri^2))$	=	0,00	N/mm ²
$\text{Sigma}_{Temp} = dt \cdot \gamma_t \cdot \alpha_g \cdot E$	=	0,00	N/mm ²
Maximale axiale spanning $\text{Sigma}_{a,max}$	=	0,13	N/mm ²
Tangentiele spanning:			
$\text{Sigma}_{qr} = k' \cdot q_r \cdot (rg/Ww) \cdot Do$	=	0,41	N/mm ²
$\text{Sigma}_{qn} = k \cdot q_n \cdot (rg/Ww) \cdot Do$	=	2,00	N/mm ²
'Rerounding'-factor F_{rr}	=	1,000	
'Rerounding'-factor F'_{rr}	=	1,000	
$\text{Sigma}_{t,max} = \text{Sigma}_{py} + ((F'_{rr} \cdot \text{Sigma}_{qr}) + (F_{rr} \cdot \text{Sigma}_{qn}))$			
Maximale tangentele spanning $\text{Sigma}_{t,max}$	=	1,56	N/mm ²

6.3 Controle van de Berekende Spanningen van ø200 SDR-11 (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 ²]	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)	5,99	7,07	-	-	-
Sigma_{axiaal}	8,00 (lang)	-	-	-	0,13	0,13
$\text{Sigma}_{tang...}$	10,00 (kort)	-	0,44	-	-	-
$\text{Sigma}_{tang...}$	8,00 (lang)	-	-	-	1,56	1,56

Spanningen in de leiding [N/mm²]

De deflectie van de leiding is 2,1 mm (1,05% 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 ø200 SDR-11 (1): leiding no. 1

Tijdens het intrekken wordt de leiding belast door de heersende bentonietdruk. De hoogste minimaal benodigde druk tijdens het intrekken is gelijk aan 415 kN/m², dit is kleiner dan de toelaatbare alzijdige uitwendige druk van 1553 kN/m².

Omdat de leiding tijdens dit intrekken geheel gevuld is met vloeistof geeft dit een tegendruk van 244 kN/m². De maximaal toelaatbare druk wordt dan 1796 kN/m².

Tijdens de bedrijfstoestand wordt de leiding belast door de heersende waterdruk. De uitwendige waterdruk op de leiding is gelijk aan 238 kN/m^2 , dit is kleiner dan de toelaatbare alzijdige uitwendige druk van 279 kN/m^2 .

Indien de leiding tijdens de gebruiksfase geheel gevuld blijft met vloeistof geeft dit een tegendruk van 244 kN/m^2 . De totale toelaatbare druk wordt dan 522 kN/m^2 . Hiermee rekening houden voldoet de leiding wel.

7 Sterkteberekening van ø200 SDR-11 (2): leiding no. 2

7.1 Materiaalgegevens van ø200 SDR-11 (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 = 1076 m
Elasticiteitsmodulus (kort)	:	E = 975 N/mm ²
Elasticiteitsmodulus (lang)	:	E = 350 N/mm ²
Toelaatbare spanning (kort)	:	S = 10 N/mm ²
Toelaatbare spanning (lang)	:	S = 8 N/mm ²
Importantie factor (S)	:	S = 1,00
Volumegegewicht leidingmateriaal	:	gamma_s = 9,54 kN/m ³
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 = 15 kN/m ²
Verkeersbelasting (zonder veiligheidsfactor)	:	q_v = 1 kN/m ²
Maximale verticale beddingsconstante (zonder veiligheidsfactor)	:	k_v;max = 636247 kN/m ³
Gebruikte straal (exclusief veiligheidsfactoren)	:	Rmin = 250,459 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 = 1,80
Lineaire uitzettingscoëfficiënt gemiddeld tussen t1 en t2	:	alfa_g = 0,0001600 mm/mmK

7.2 Resultaten Sterkteberekening van ø200 SDR-11 (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:

$$\sigma_b = M_b/W_b = f_k E \cdot I_b / (R_{rol} \cdot W_b) = 0,34 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_t = f \cdot f_{install} \cdot T_1/A = f \cdot f_{install} (L_{rol} \cdot Q \cdot f_1)/A = 5,77 \text{ N/mm}^2$$

Maximale axiale spanning $\sigma_{a,max}$	=	5,99	N/mm ²
---	---	------	-------------------

De tangentele spanning is in deze fase verwaarloosbaar.

7.2.2 Belasting Combinatie 1B: Einde Trekoperatie

Axiale spanning:

$$\sigma_b = M_b/W_b = f_k \cdot E \cdot I_b / (R_{min} \cdot W_b) = 0,55 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_t = f \cdot f_{install} \cdot T_{max}/A = 6,72 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Maximale axiale spanning } \sigma_{a,max} = 7,07 \text{ N/mm}^2$$

Tangentele spanning:

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

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

$$\lambda = (f_{kv} \cdot k_v \cdot D_o / (4 \cdot E \cdot I))^{0.25} = 6,2E-3 \text{ 1/mm}$$

$$q_r = 0,0116 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{qr} = k' \cdot q_r \cdot (r_g/W_w) \cdot D_o = 0,68 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Maximale tangentele spanning } \sigma_{t,max} = 0,44 \text{ N/mm}^2$$

7.2.3 Belasting Combinatie 2: Intern op Druk Brengen

Ten gevolge van inwendige druk :

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

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

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

7.2.4 Belasting Combinatie 3: Bedrijfstoeestand in Drukloze Situatie

Axiale spanning:

$$\sigma_b = M_b/W_b = f_k \cdot E \cdot I_b / (R_{min} \cdot W_b) = 0,20 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Maximale axiale spanning } \sigma_{a,max} = 0,13 \text{ N/mm}^2$$

Tangentele spanning:

$$\sigma_{qr} = k' \cdot q_r \cdot (r_g/W_w) \cdot D_o = 0,41 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{qn} = k \cdot q_n \cdot (r_g/W_w) \cdot D_o = 2,00 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Maximale tangentele spanning } \sigma_{t,max} = 1,56 \text{ N/mm}^2$$

7.2.5 Belasting Combinatie 4: Bedrijfstoeestand met Inwendige Druk

Axiale spanning:

$$\sigma_b = M_b/W_b = f_k \cdot E \cdot I_b / (R_{min} \cdot W_b) = 0,20 \text{ N/mm}^2$$

Ten gevolge van inwendige druk :

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

$\text{Sigma}_{px} = 0.5 \cdot \text{Sigma}_{py}$	=	0,00	N/mm ²
$\text{Sigma}_{ptest} = f_{pt} \cdot \text{pt} \cdot ((ru^2 + ri^2)/(ru^2 - ri^2))$	=	0,00	N/mm ²
$\text{Sigma}_{Temp} = dt \cdot \gamma_t \cdot \alpha_g \cdot E$	=	0,00	N/mm ²
Maximale axiale spanning $\text{Sigma}_{a,max}$	=	0,13	N/mm ²
Tangentiele spanning:			
$\text{Sigma}_{qr} = k' \cdot q_r \cdot (rg/Ww) \cdot Do$	=	0,41	N/mm ²
$\text{Sigma}_{qn} = k \cdot q_n \cdot (rg/Ww) \cdot Do$	=	2,00	N/mm ²
'Rerounding'-factor F_{rr}	=	1,000	
'Rerounding'-factor F'_{rr}	=	1,000	
$\text{Sigma}_{t,max} = \text{Sigma}_{py} + ((F'_{rr} \cdot \text{Sigma}_{qr}) + (F_{rr} \cdot \text{Sigma}_{qn}))$			
Maximale tangentele spanning $\text{Sigma}_{t,max}$	=	1,56	N/mm ²

7.3 Controle van de Berekende Spanningen van ø200 SDR-11 (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 ²]	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)	5,99	7,07	-	-	-
Sigma_{axiaal}	8,00 (lang)	-	-	-	0,13	0,13
$\text{Sigma}_{tang...}$	10,00 (kort)	-	0,44	-	-	-
$\text{Sigma}_{tang...}$	8,00 (lang)	-	-	-	1,56	1,56

Spanningen in de leiding [N/mm²]

De deflectie van de leiding is 2,1 mm (1,05% 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 ø200 SDR-11 (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 415 kN/m², dit is kleiner dan de toelaatbare alzijdige uitwendige druk van 1553 kN/m².

Omdat de leiding tijdens dit intrekken geheel gevuld is met vloeistof geeft dit een tegendruk van 244 kN/m². De maximaal toelaatbare druk wordt dan 1796 kN/m².

Tijdens de bedrijfstoestand wordt de leiding belast door de heersende waterdruk. De uitwendige waterdruk op de leiding is gelijk aan 238 kN/m^2 , dit is kleiner dan de toelaatbare alzijdige uitwendige druk van 279 kN/m^2 .

Indien de leiding tijdens de gebruiksfase geheel gevuld blijft met vloeistof geeft dit een tegendruk van 244 kN/m^2 . De totale toelaatbare druk wordt dan 522 kN/m^2 . Hiermee rekening houden voldoet de leiding wel.

8 Sterkteberekening van ø200 SDR-11 (3): leiding no. 3

8.1 Materiaalgegevens van ø200 SDR-11 (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 = 1076 m
Elasticiteitsmodulus (kort)	:	E = 975 N/mm ²
Elasticiteitsmodulus (lang)	:	E = 350 N/mm ²
Toelaatbare spanning (kort)	:	S = 10 N/mm ²
Toelaatbare spanning (lang)	:	S = 8 N/mm ²
Importantie factor (S)	:	S = 1,00
Volumegegewicht leidingmateriaal	:	gamma_s = 9,54 kN/m ³
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 = 15 kN/m ²
Verkeersbelasting (zonder veiligheidsfactor)	:	q_v = 1 kN/m ²
Maximale verticale beddingsconstante (zonder veiligheidsfactor)	:	k_v;max = 636247 kN/m ³
Gebruikte straal (exclusief veiligheidsfactoren)	:	Rmin = 250,459 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 = 1,80
Lineaire uitzettingscoëfficiënt gemiddeld tussen t1 en t2	:	alfa_g = 0,0001600 mm/mmK

8.2 Resultaten Sterkteberekening van ø200 SDR-11 (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:

$$\sigma_b = M_b/W_b = f_k E \cdot I_b / (R_{rol} \cdot W_b) = 0,34 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_t = f \cdot f_{install} \cdot T_1/A = f \cdot f_{install} (L_{rol} \cdot Q \cdot f_1)/A = 5,77 \text{ N/mm}^2$$

Maximale axiale spanning $\sigma_{a,max}$	=	5,99	N/mm ²
---	---	------	-------------------

De tangentele spanning is in deze fase verwaarloosbaar.

8.2.2 Belasting Combinatie 1B: Einde Trekoperatie

Axiale spanning:

$$\sigma_b = M_b/W_b = f_k \cdot E \cdot I_b / (R_{min} \cdot W_b) = 0,55 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_t = f \cdot f_{install} \cdot T_{max}/A = 6,72 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Maximale axiale spanning } \sigma_{a,max} = 7,07 \text{ N/mm}^2$$

Tangentele spanning:

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

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

$$\lambda = (f_{kv} \cdot k_v \cdot D_o / (4 \cdot E \cdot I))^{0.25} = 6,2E-3 \text{ 1/mm}$$

$$q_r = 0,0116 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{qr} = k' \cdot q_r \cdot (r_g/W_w) \cdot D_o = 0,68 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Maximale tangentele spanning } \sigma_{t,max} = 0,44 \text{ N/mm}^2$$

8.2.3 Belasting Combinatie 2: Intern op Druk Brengen

Ten gevolge van inwendige druk :

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

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

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

8.2.4 Belasting Combinatie 3: Bedrijfstoeestand in Drukloze Situatie

Axiale spanning:

$$\sigma_b = M_b/W_b = f_k \cdot E \cdot I_b / (R_{min} \cdot W_b) = 0,20 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Maximale axiale spanning } \sigma_{a,max} = 0,13 \text{ N/mm}^2$$

Tangentele spanning:

$$\sigma_{qr} = k' \cdot q_r \cdot (r_g/W_w) \cdot D_o = 0,41 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{qn} = k \cdot q_n \cdot (r_g/W_w) \cdot D_o = 2,00 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Maximale tangentele spanning } \sigma_{t,max} = 1,56 \text{ N/mm}^2$$

8.2.5 Belasting Combinatie 4: Bedrijfstoeestand met Inwendige Druk

Axiale spanning:

$$\sigma_b = M_b/W_b = f_k \cdot E \cdot I_b / (R_{min} \cdot W_b) = 0,20 \text{ N/mm}^2$$

Ten gevolge van inwendige druk :

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

$\text{Sigma}_{px} = 0.5 \cdot \text{Sigma}_{py}$	=	0,00	N/mm ²
$\text{Sigma}_{ptest} = f_{pt} \cdot \text{pt} \cdot ((ru^2 + ri^2)/(ru^2 - ri^2))$	=	0,00	N/mm ²
$\text{Sigma}_{Temp} = dt \cdot \gamma_t \cdot \alpha_g \cdot E$	=	0,00	N/mm ²
Maximale axiale spanning $\text{Sigma}_{a,max}$	=	0,13	N/mm ²
Tangentiele spanning:			
$\text{Sigma}_{qr} = k' \cdot q_r \cdot (rg/Ww) \cdot Do$	=	0,41	N/mm ²
$\text{Sigma}_{qn} = k \cdot q_n \cdot (rg/Ww) \cdot Do$	=	2,00	N/mm ²
'Rerounding'-factor F_{rr}	=	1,000	
'Rerounding'-factor F'_{rr}	=	1,000	
$\text{Sigma}_{t,max} = \text{Sigma}_{py} + ((F'_{rr} \cdot \text{Sigma}_{qr}) + (F_{rr} \cdot \text{Sigma}_{qn}))$			
Maximale tangentele spanning $\text{Sigma}_{t,max}$	=	1,56	N/mm ²

8.3 Controle van de Berekende Spanningen van ø200 SDR-11 (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 ²]	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)	5,99	7,07	-	-	-
Sigma_{axiaal}	8,00 (lang)	-	-	-	0,13	0,13
$\text{Sigma}_{tang...}$	10,00 (kort)	-	0,44	-	-	-
$\text{Sigma}_{tang...}$	8,00 (lang)	-	-	-	1,56	1,56

Spanningen in de leiding [N/mm²]

De deflectie van de leiding is 2,1 mm (1,05% 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 ø200 SDR-11 (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 415 kN/m², dit is kleiner dan de toelaatbare alzijdige uitwendige druk van 1553 kN/m².

Omdat de leiding tijdens dit intrekken geheel gevuld is met vloeistof geeft dit een tegendruk van 244 kN/m². De maximaal toelaatbare druk wordt dan 1796 kN/m².

Tijdens de bedrijfstoestand wordt de leiding belast door de heersende waterdruk. De uitwendige waterdruk op de leiding is gelijk aan 238 kN/m^2 , dit is kleiner dan de toelaatbare alzijdige uitwendige druk van 279 kN/m^2 .

Indien de leiding tijdens de gebruiksfase geheel gevuld blijft met vloeistof geeft dit een tegendruk van 244 kN/m^2 . De totale toelaatbare druk wordt dan 522 kN/m^2 . Hiermee rekening houden voldoet de leiding wel.

9 Sterkteberekening van ø250 SDR-11 (4): leiding no. 4

9.1 Materiaalgegevens van ø250 SDR-11 (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 = 22,70 mm
Ontwerpdruk	:	pd = 0,00 bar
Test druk	:	pt = 0,00 bar
Temperatuur variatie	:	dt = 0,00 deg Celcius
Lengte leiding	:	L = 1076 m
Elasticiteitsmodulus (kort)	:	E = 975 N/mm ²
Elasticiteitsmodulus (lang)	:	E = 350 N/mm ²
Toelaatbare spanning (kort)	:	S = 10 N/mm ²
Toelaatbare spanning (lang)	:	S = 8 N/mm ²
Importantie factor (S)	:	S = 1,00
Volumegegewicht leidingmateriaal	:	gamma_s = 9,54 kN/m ³
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 = 15 kN/m ²
Verkeersbelasting (zonder veiligheidsfactor)	:	q_v = 1 kN/m ²
Maximale verticale beddingsconstante (zonder veiligheidsfactor)	:	k_v;max = 511462 kN/m ³
Gebruikte straal (exclusief veiligheidsfactoren)	:	Rmin = 250,459 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 = 1,80
Lineaire uitzettingscoëfficiënt gemiddeld tussen t1 en t2	:	alfa_g = 0,0001600 mm/mmK

9.2 Resultaten Sterkteberekening van ø250 SDR-11 (4): leiding no. 4

Voor de berekening worden 5 belasting fasen onderscheiden:

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

De wanddikte is 22,7 mm. Hierna wordt door middel van een berekening conform NEN 3650 serie aangetoond dat deze wanddikte voldoet

9.2.1 Belasting Combinatie 1A: Begin Trekoperatie

Axiale spanning:

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

$$\sigma_t = f \cdot f_{install} \cdot T_1/A = f \cdot f_{install} (L_{rol} \cdot Q \cdot f_1)/A = 5,77 \quad \text{N/mm}^2$$

Maximale axiale spanning $\sigma_{a,max}$	=	6,05	N/mm ²
---	---	------	-------------------

De tangentele spanning is in deze fase verwaarloosbaar.

9.2.2 Belasting Combinatie 1B: Einde Trekoperatie

Axiale spanning:

$$\sigma_b = M_b/W_b = f_k \cdot E \cdot I_b / (R_{min} \cdot W_b) = 0,68 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_t = f \cdot f_{install} \cdot T_{max}/A = 6,72 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Maximale axiale spanning } \sigma_{a,max} = 7,16 \text{ N/mm}^2$$

Tangentele spanning:

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

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

$$\lambda = (f_{kv} \cdot k_v \cdot D_o / (4 \cdot E \cdot I))^{0.25} = 5,0E-3 \text{ 1/mm}$$

$$q_r = 0,0145 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{qr} = k' \cdot q_r \cdot (r_g/W_w) \cdot D_o = 0,86 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Maximale tangentele spanning } \sigma_{t,max} = 0,56 \text{ N/mm}^2$$

9.2.3 Belasting Combinatie 2: Intern op Druk Brengen

Ten gevolge van inwendige druk :

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

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

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

9.2.4 Belasting Combinatie 3: Bedrijfstoestand in Drukloze Situatie

Axiale spanning:

$$\sigma_b = M_b/W_b = f_k \cdot E \cdot I_b / (R_{min} \cdot W_b) = 0,24 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Maximale axiale spanning } \sigma_{a,max} = 0,16 \text{ N/mm}^2$$

Tangentele spanning:

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

$$\sigma_{qn} = k \cdot q_n \cdot (r_g/W_w) \cdot D_o = 2,01 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Maximale tangentele spanning } \sigma_{t,max} = 1,64 \text{ N/mm}^2$$

9.2.5 Belasting Combinatie 4: Bedrijfstoestand met Inwendige Druk

Axiale spanning:

$$\sigma_b = M_b/W_b = f_k \cdot E \cdot I_b / (R_{min} \cdot W_b) = 0,24 \text{ N/mm}^2$$

Ten gevolge van inwendige druk :

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

$\text{Sigma}_{px} = 0.5 \cdot \text{Sigma}_{py}$	=	0,00	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	N/mm ²
$\text{Sigma}_{Temp} = dt \cdot \gamma_t \cdot \alpha_g \cdot E$	=	0,00	N/mm ²
Maximale axiale spanning $\text{Sigma}_{a,max}$	=	0,16	N/mm ²
Tangentiele spanning:			
$\text{Sigma}_{qr} = k' \cdot q_r \cdot (rg/Ww) \cdot Do$	=	0,52	N/mm ²
$\text{Sigma}_{qn} = k \cdot q_n \cdot (rg/Ww) \cdot Do$	=	2,01	N/mm ²
'Rerounding'-factor F_{rr}	=	1,000	
'Rerounding'-factor F'_{rr}	=	1,000	
$\text{Sigma}_{t,max} = \text{Sigma}_{py} + ((F'_{rr} \cdot \text{Sigma}_{qr}) + (F_{rr} \cdot \text{Sigma}_{qn}))$			
Maximale tangentele spanning $\text{Sigma}_{t,max}$	=	1,64	N/mm ²

9.3 Controle van de Berekende Spanningen van ø250 SDR-11 (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 ²]	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)	6,05	7,16	-	-	-
Sigma_{axiaal}	8,00 (lang)	-	-	-	0,16	0,16
$\text{Sigma}_{tang...}$	10,00 (kort)	-	0,56	-	-	-
$\text{Sigma}_{tang...}$	8,00 (lang)	-	-	-	1,64	1,64

Spanningen in de leiding [N/mm²]

De deflectie van de leiding is 2,8 mm (1,11% 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 ø250 SDR-11 (4): leiding no. 4

Tijdens het intrekken wordt de leiding belast door de heersende bentonietdruk. De hoogste minimaal benodigde druk tijdens het intrekken is gelijk aan 415 kN/m², dit is kleiner dan de toelaatbare alzijdige uitwendige druk van 1541 kN/m².

Omdat de leiding tijdens dit intrekken geheel gevuld is met vloeistof geeft dit een tegendruk van 244 kN/m². De maximaal toelaatbare druk wordt dan 1785 kN/m².

Tijdens de bedrijfstoestand wordt de leiding belast door de heersende waterdruk. De uitwendige waterdruk op de leiding is gelijk aan 238 kN/m^2 , dit is kleiner dan de toelaatbare alzijdige uitwendige druk van 277 kN/m^2 .

Indien de leiding tijdens de gebruiksfase geheel gevuld blijft met vloeistof geeft dit een tegendruk van 244 kN/m^2 . De totale toelaatbare druk wordt dan 520 kN/m^2 . Hiermee rekening houden voldoet de leiding wel.

Einde Rapport

4 Specificaties meetsysteem

Gyro Steering Tools

Advantages with respect to downhole measurements with magnetic steering tools :

- No read-out errors due to the disturbance of the Earth's magnetic field.
- No need for use of non-magnetic materials ("Non-Mags").
- Insensitive to shocks and vibrations.
- Far higher accuracy of azimuth and pitch possible, resulting in more accurate following of the desired trajectory.
- Measurement with respect to true North (North Seeking while drilling).

Specifications :

Length / diameter of measuring drillstring, installed directly behind the drillhead : 2000/ 170 mm.

Accuracy :

- Pitch, accuracy (3 Sigma) : +/- 0,01 [degr.]
- Azimuth , accuracy (3 Sigma) : +/- 0,04 [degr.]

Installation :

The measuring drillstring is provided with standard API threaded connections, making installation easy.
The mudflow is not interrupted. Mudflow channels are provided.

Since many years Brownline used magnetometer / accelerometer based strap-down probes for drillhead guidance. The surveyor at the job is needed for this type of probes, as a lot of experience is required to translate the information from these magnetometer based probes. Magnetometers using the Earth magnetic field as reference can give wrong read-outs due to the presence of materials, which can be or are magnetized and due to electric current carrying wires. Only due the surveyor's experience these disturbances of the Earth magnetic field can be filtered.

Brownline started a new magnetometer based probe design early 1999. The emphasis was to automatically compensate for the disturbances of the Earth magnetic field. This automatic compensation already proved in the first months of the project to be very difficult to realize. Consequently Brownline started a simultaneous new design, where gyroscopic sensors were used in order to avoid these magnetic disturbances. The emphasis for this type of gyroscopic probe not only was on magnetic disturbance insensitivity, but also on a far higher accuracy, such that this gyroscopic system in conjunction with a dead-reckoning program could match the trajectory accuracy of the artificial magnetic field systems.

Moreover the aim was to get a trajectory position measuring system, which is predictable and which can be used by less experienced engineers or by automated drilling systems.

Presently Brownline co-operates with iMAR of St. Ingbert, Germany for the joint development and marketing of gyroscopic based navigation tools for the drilling industry.

1. NAVIGATION BY MAGNETOMETERS AND ACCELEROMETERS AND WIRELESS TRANSMISSION.

Figure 1 shows the present Browline magnetometer based system, which was developed in the years 1999 / 2000. Navigation is achieved by the use of three magneto-resistive magnetometers and three accelerometers. This is a well-known configuration. However the wireless signal transmission developed for this probe uses new technology. Downhole electronics are used to modulate the signals. A downhole transmitter sends signals via the drillstring. The negative pole can be placed anywhere above the drillstring at the surface. the signals are demodulated at the surface in the receiver electronics. This wireless transmission system sends three times per second data to the surface. The data string contains the azimuth, pitch and roll angles of the drillhead, as well as downhole internal probe temperature and the mud pressure.

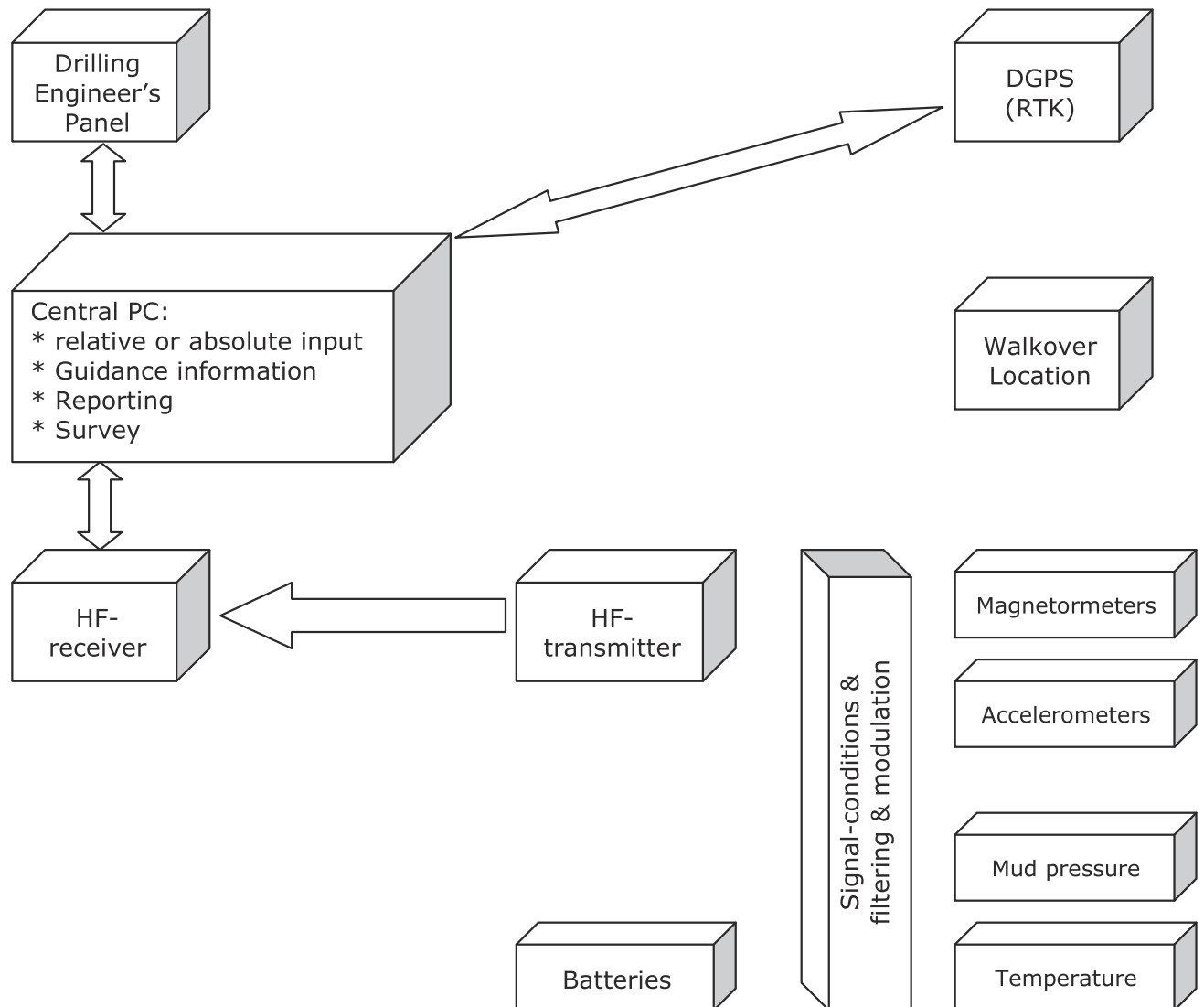


Figure 1. Overview of elements of magnetometer based navigation tool. The downhole data is wireless transmitted in order to save time for wireline connections during drilling.

The original idea was to compensate for disturbances of the Earth magnetic field via the application of two downhole sensor units at a certain distance. Via a gradiometer like principle a compensation could be achieved. However, very accurate sensing of the magnetic field is required.

2. GYROSCOPIC SENSORS.

Various tests proved that it is extremely difficult to compensate for the disturbance of the Earth magnetic field. Very accurate measurement of the Hx, Hy and Hz vectors is required. Brownline already in late 2000 started investigations for other sensors as the magnetic based ones. The present Brownline simplex magnetic based sensor probe has an accuracy of the azimuthing angle of 0.40 [degrees]. This is not sufficient accurate for drilling jobs in highly urbanized areas or for drillings over long distances in conjunction with dead-reckoning. So Brownline did not simply look for a direct replacement of the magnetometer based probe, but also looked for a far higher accuracy. Various gyroscopes were investigated. Mechanical dynamical tuned types proved to be too unreliable. Vibrating gyroscopes still were too inaccurate, although the dimensions are small. This led to the choice of fiber optic gyroscopes (FOG) and Ring Laser Gyroscopes (RLG) to start with. By using FOGs or RLGs very accurate azimuthing angles with respect to the geographic North can be measured. An accuracy of ten times better as for magnetic sensor based probes is possible. Having an azimuthing accuracy of 0.04 [degrees] and a reliable drillstring stroke measurement will give a trajectory measurement accuracy, which is better than possible with other navigation means.

Figure 2 shows a typical RLG, which is used as base for the new gyroscopic navigation tool. Data are transmitted either via wireline (10 times per second) or wireless (3 times per second).



Figure 2.

Probe with Ring Laser Gyroscope, the robust housing is suitable for a rough environment with high vibrations and shock loading.

The unit contains three perpendicular installed RLG's and three perpendicular installed servo-balanced accelerometers, as well as micro-controllers for processing and filtering of the measured data.

The total unit is build into the drillstring close to the drillhead.

This drillstring part contains a second micro-controller for processing of strain gage and mud pressure signals, as well as for modulation and transmission.

The Brownline gyroscopic probe system is presently being build. For the gyroscopic systems Brownline cooperates with iMAR of St Ingbert, Germany.

The gyroscopic navigation tool gives the following signals at a rate of ten times per second via a wireline to the surface receiver :

- Roll, accuracy (3 Sigma) : +/- 0,02 [degr.]
- Pitch, accuracy (3 Sigma) : +/- 0,01 [degr.]
- Azimuth , accuracy (3 Sigma) : +/- 0,04 [degr.]
- Vibration level
- Temperature, accuracy : +/- 0,5 [degr. C]
- Mud pressure, accuracy : +/- 0.05 [bar]
- E-power state
- Too high RPM (binary : TRUE or FALSE)
- Error message
- Status message
- North seeking state
- Pulling / pushing force.
- Bending moment (radius).
- Steering torque.

The wireline connection is a single wire used for electric power supply to the downhole system and used for signal transmission to the surface. Downhole batteries are provided for continuation of power supply, while a drill pipe is connected. The wireless option, as used for the magnetometer based systems could also be used, but the update rate is lower and larger downhole battery packs are required.

The downhole processing is very powerful, extensive filter technologies are used, based on iMAR's well-known system algorithm for sea and land navigation systems.

3.SIGNAL PROCESSING AND HUMAN MACHINE INTERFACES (HMI).

For both the magnetometer based and the gyroscopic navigation systems, Brownline uses a receiver unit at the surface. This receiver unit receives the downline string, either wireless or via a wireline and demodulates the signals. Also the cylinder stroke measurement signal of the drilling machine is received on this receiver unit. The receiver unit is connected with a PC, where the trajectory advice is computed. The planned trajectory is compared with the trajectory calculated from the measured downhole pipe length, the actual azimuth angle and the actual pitch.

Figure 3 depicts the HMI guidance display for the magnetometer based system.

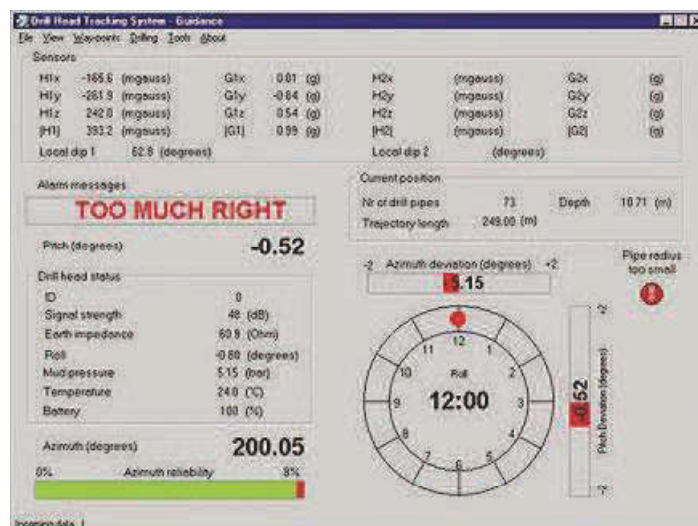


Figure 3. Guidance display of present magnetometer based navigation system. When the azimuth and pitch deviation is kept at zero, the desired track is followed. The reliability bar indicates whether a disturbance of the Earth's magnetic field exists.

At the drilling machine a drilling engineer display is installed giving information on the actual difference between the desired and the actual track and the roll angle of the tool face. Also warnings etc. are given in case of dangerous steering actions. Figure 4 shows the drilling engineer's display. At the surveyors' display, at different pages, also information (graphical and numerical) is given on the planned and the actual track.

Reports can be given in local grid co-ordinates or in WGS84 format. The Ring Laser Gyroscope unit also is very well suitable to be used for surveying after reaming and installation of a pipe. This unit will then be used in conjunction with a DGPS (RTK) system. The DGPS is used to precisely measure the entry and the exit location of the drilled trajectory. This combination gives unsurpassed surveying accuracy. Again reports are given in local grid co-ordinates or in WGS84 format.



Figure 4. The display of the drilling engineer, which additional to the PC display of the surveyor. The drilling engineer pushes a button to let the software count for the number of pipes of known length. For RLG system the drilling machine cylinder stroke is measured to avoid human errors.

5 Specificatie boorspoeling

CEBOGEL OCMA

Toepassing

- Aanmaken boorvloeistof voor gestuurde boringen. CEBOGEL OCMA is een allround boorproduct dat met name geschikt is voor machines met een trekkracht vanaf circa 30 ton.
- Aanmaken boorvloeistof voor grondboringen.

Voor een optimaal rendement heeft het **aanmaakwater** van de spoeling de volgende eigenschappen:

- Geleidbaarheid : $\leq 1000 \mu\text{S}/\text{cm}$
- pH : 4,5 - 9

Omschrijving

De basis voor CEBOGEL OCMA is een geactiveerde natrium bentoniet. CEBOGEL OCMA voldoet aan de OCMA-specificaties zoals vastgesteld voor olieboringen en is tevens KIWA-gecertificeerd.

Voordelen

- Stabiliseert het boorgat
- Verbeterd de afvoer van boorgruis
- Vermindert de torsie
- Makkelijk te recyclen
- Uitstekende prijs-kwaliteitverhouding
- Gecertificeerd volgens KIWA-ATA, dus veilig voor gebruik in drinkwatergebieden.

Specificatie

- Voldoet aan de specificaties voor bentoniet zoals opgesteld door de "Oil Companies Materials Association DFCP-4"
- Wordt onder Kiwa Attest Toxicologische aspecten (ATA) geleverd, hetgeen garant staat voor een 100 % milieuvriendelijk product.

Parameter	Methode	Eis	Typische Waarde
Yield	OCMA DFCP-4	$\geq 16,0 \text{ m}^3/\text{ton}$	17,4 m ³ /ton
API Filtraatwaterverlies	OCMA DFCP-4	$\leq 15 \text{ ml}$	13 ml
Droge zeefanalyse door 150 μm	OCMA DFCP-4	$\geq 98 \%$	99 %

Cebo Holland BV
Westerduinweg 1
NL-1976 BV IJMUIDEN
P.O. Box 70
NL-1970 AB IJMUIDEN

Tel.: +31 255546262
Fax: +31 255546202
e-mail : sales@ceboholland.com
www.ceboholland.com

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.

PRODUCT DATA



Parameter	Methode	Eis	Typische Waarde
Natte zeefanalyse 75 µm	OCMA DFCP-4	≤ 2,5 %	2 %
Vochtgehalte	OCMA DFCP-4	≤ 15,0 %	9,8 %

Chemische en fysische eigenschappen

Samenstelling	Hoogwaardige geactiveerde natrium bentoniet
Kleur	Geelbeige
Vorm	Zacht poeder

Spoelingseigenschappen

Bij verschillende concentraties CEBOGEL OCMA aangemaakt in gedestilleerd water.

Parameter	Methode	30 kg/m ³	40 kg/m ³	50 kg/m ³	60 kg/m ³
Vloeigrens kogelnummer	Kugelharfengerät DIN 4126	1	1	2	4
Dichtheid	Mudbalans	1,02 g/ml	1,03 g/ml	1,03 g/ml	1,04 g/ml
Filtraatwaterverlies	DIN 4127	15,5 ml	13 ml	10 ml	8 ml
Marshfunnel API	API RP 13B 2 (1 liter uit)	31 s	38,5 s	46 s	54 s

Verpakking

- 25 kg zakken per 1000 kg verpakt op een pallet met krimpfolie
- big bags van 1000 kg
- bulk

Cebo Holland BV
Westerdunweg 1
NL-1976 BV IJMUIDEN
P.O. Box 70
NL-1970 AB IJMUIDEN

Tel.: +31 255546262
Fax: +31 255546202
e-mail : sales@ceboholland.com
www.ceboholland.com

Revisiedatum : 28.09.2005
Document nr : OC01IP

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.

6 In te zetten boorrig



PD 200/90 RP-C-L-electro

3.3 Technische gegevens

Tab. 7: Technische gegevens

Benaming		Waarde
Aandrijving	Elektrisch (totaal vermogen)	480 kW
Boormast	Inschuif-/uitschuifkracht	max. 2.000 kN
	Opschuiflengte	10.500 mm
Boormotor (top drive)	1e versnelling Draaimoment / toerental	90.000 Nm / 27 tpm
	2e versnelling Draaimoment / toerental	45.500 Nm / 53 tpm
	Afvoerflens	6 5/8" FH
Mast	1e versnelling Draaimoment / snelheid	2.000 kN / 7 m/min
	2e versnelling Draaimoment / snelheid	1.000 kN / 12 m/min
Brekinrichting	Breekmoment	160 kNm
	Klembereik	Ø105 mm - Ø254 mm
Besturing	Bedieningspook	elektrisch-hydraulisch
	Schermen	analoog / digitaal
	nominale spanning / nominale stroom	24 V / 40 A
	Max. bedrijfsdruk:	350 bar
Onderstel	rupsonderstel	
	Helling van boormast	8° - 16°
	Rijsnelheid	1 km/u
	Max. helling	15°
Afmetingen	Lengte	18.500 mm
	Breedte	3.500 mm

Benaming		Waarde
	Hoogte	3.400 mm
	bodemdruk	9,7 N/cm ²
Gewicht		49.500 kg
Geluidsdrukniveau op werk- plek	LpA	78 dB (A)

7 Risicoanalyse;

Risico Analyse afdeling, versie 20-11-2017

Nr.	Beschrijving situatie	Beschrijving risico's	Beheersmaatregelen	Verantwoordelijk
1. Projectorganisatie				
1.01	Werkvoorbereiding / Planning	Onvoldoende aandacht voor Arbo- en Milieuzaken. Onvoldoende projectgerichte informatie van de opdrachtgever	KAM-afdeling betrekken bij voorbereiding Opvragen van projectgerichte V&G informatie ontwerpfase.	Werkvoorbereiding
1.02	Werkplekbezoek en oriëntatie	Niet geïnventariseerde risico's	Oriënterend werkplek bezoek. Analyseren van de risico's en gevaren van de werkplek/ omgeving.	Uitvoerder/ Voorman
1.03	Algemene werkzaamheden	Onvoldoende voorlichting en controle van medewerkers	Projectintroductie houden met iedereen die werkzaamheden gaat verrichten op het projectterrein	Uitvoerder
1.04			Vereiste certificaten en keuringen controleren van uitvoerenden	Uitvoerder
1.05			Bezoekers begeleiden en de vereiste PBM's verschaffen	Uitvoerder
1.06		Alcohol en drugsgebruik, ongevallen en letsel	Het bezit en/of onder invloed zijn van alcohol is verboden	Iedereen
1.07		Onvoldoende toezicht	Zorg voor vervanger tijdens afwezigheid van leidinggevende	Projectleider
1.08		Onervaren leidinggevende	Selectie van leidinggevende op basis van uit te voeren werk.	Projectleider
1.09	Hygiëne / orde en netheid	Rommel op en rond tracé, struikelen/vallen	Afval direct in container/afvalzak deponeren	Iedereen
1.10			Regelmatig opruim ronde houden	Iedereen
1.11		Vuile schafstuwagens	Regelmatig opruimen en vegen van de schafstuwagens door gebruikers zelf	Iedereen
1.12		Rommelige werkplek, struikelen/vallen	Ruim gereedschappen die niet gebruikt worden op	Iedereen
1.13		Losliggende kabels, struikelen/vallen	Bind de kabels op/pas de zogenoemde S-haken toe zodat men niet kan vallen	Iedereen
1.15	Communicatie omwonenden	Opwekken van agressie door onaangekondigd het terrein betreden, handgemeen.	Contact op nemen met eigenaar en/of betrokkenen Zorg dat betrokkenen op de hoogte zijn en een klachten formulier hebben met een contactpersoon Zorg voor goed communicatie en gebruik hulpmiddelen	opdrachtgever
2. Coördinatie op de bouwplaats				
2.01	Diverse werkzaamheden (gelijktijdig)	Geen/bepaalde overleg en coördinatie,	Coördinatie op de bouwplaats door uitvoerder	Uitvoerder
2.02			Overleg werkzaamheden afstemmen en risico's en beheersmaatregelen bespreken	Uitvoerder
2.03			Coördinatie overleggen voor uitvoeren intrekkoperatie	Opdrachtgever/ Uitvoerder
2.04	Werkzaamheden onderaannemers	Onbekende risico's, niet nemen van beheersmaatregelen, ongevallen	Startwerk-overleg met onderaannemers	Uitvoerder
2.05		Het niet nakomen van veiligheidsvoorschriften en/of het niet naleven van de samenwerkingsverplichting door onderaannemers	Aanwijzingen geven, nemen van maatregelen	Uitvoerder
2.06	Betreden bouwplaats onbevoegden	Vandalisme, diefstal, ongevallen door gevaren op de werkplek	Borden verboden toegang en hekwerk plaatsen (koppelen met kluisen)	Uitvoerder
2.07			Opruimen materiaal en materieel, putten/sleuven zoveel als mogelijk aanvullen	Uitvoerder
2.08			Indien noodzakelijk beveiliging van bouwplaats instellen	Uitvoerder
3. Wegafzettingen en verkeersmaatregelen				
3.01	Werken nabij wegen	Aanrijdingsgevaar bij plaatsen van bebording	Draag reflecterende/fluoriserende PBM	Uitvoerenden
3.02		Onvoldoende communicatie met wegbeheerder	In overleg met opdrachtgever afspraken maken met wegbeheerder	Werkvoorbereiding
3.03		Onduidelijke verkeerssituatie voor verkeersdeelnemers	Verkeersplan opstellen	Opdrachtgever
3.04		Onvoldoende/onjuiste verkeersmaatregelen, aanrijdingen tot gevolg	Maatregelen treffen conform CROW 96a voor autosnelwegen Maatregelen treffen conform CROW 96b voor niet-autosnelwegen	Uitvoerder/ Opdrachtgever
3.05		Ongeval bij het wegrijden van voertuigen	Indien mogelijk operationeel parkeren (met de voorkant richting de weg)	Uitvoerenden
3.06		Slipgevaar weggebruikers	Wegen schoon houden van modder/grond, bij constateren z.s.m. opruimen/vegen	Uitvoerenden
3.07		Onjuist plaatsen van wegafzetting/-bebording, letsel medewerkers/weggebruikers	Het plaatsen van afzettingen door erkend bedrijf, interne cursussen veilig werken langs de weg	Uitvoerder
3.08		Onbekendheid van de verkeersmaatregelen door medewerkers	Medewerkers voorlichting geven over de genomen verkeersmaatregelen, cursussen veilig werken langs de weg	Uitvoerder
3.09	Werken nabij waterwegen	Verdrinking	Werkterrein inrichten zodat er niet naast waterwegen gewerkt hoeft te worden	Uitvoerder
3.10			Collectieve maatregelen treffen ter voorkoming te water te geraken	Uitvoerder
3.11	Het kruisen van wegen met materieel	Onvoldoende verkeersmaatregelen	Verkeersmaatregelen conform CROW96a/b en in overleg met wegbeheerder	Opdrachtgever
3.12		Achteruitrijden	Machinisten/chauffeur begeleiden bij manoeuvres vanaf een defensieve positie (niet op de weg), hierbij reflecterende/fluoriserende PBM dragen	Uitvoerenden
3.13		Aanrijdingsgevaar bij het regelen van het verkeer	Aanwijzingen aan het overige verkeer door gecertificeerd verkeersregelaar	Uitvoerder

Nr.	Beschrijving situatie	Beschrijving risico's	Beheersmaatregelen	Verantwoordelijk
4. Inrichting werkerterrein				
4.01	Ketenpark/ schafketen opstellen	Aanrijding bij uitstappen keet Schade of letsel door verkeershinder aan derden Letsel door struikelgevaar/aanrijdgevaar	Keten opstellen i.o.m. opdrachtgever / eigenaar locatie Bebording plaatsen i.o.m. beheerder Orde en netheid aanhouden	Uitvoerder
4.02	Keten	Ontbreken van hygiënische voorzieningen	Nieuwe jerrycans gebruiken en regelmatig schoonspoelen	Uitvoerder
4.03	Lossen van platen	Oplopen van letsel door instabiliteit equipment	Aanvullen weggespoeld zand onder rijplaten	Uitvoerder
4.04	Parkeren	Blokken van het aanvoerwegen	Inrichten voldoende parkeer gelegenheid	Uitvoerenden
4.05		Oplopen letsel door stuurloze auto	Auto parkeren met handrem of in versnelling	Uitvoerenden
4.06		Belemmerd uitzicht	Indien mogelijk operationeel parkeren (met de voorkant richting de weg)	Uitvoerenden
5. Aanvoeren/afvoeren materieel, transport				
5.01	Transportbewegingen	Gebrekkige organisatie, letsel door ongevallen	Begeleiden transporten	Uitvoerder
5.02	Aanvoer/afvoeren (zwaar)materieel	Kantelen/omvallen materieel	Draagkrachtige ondergrond	Uitvoerder
5.03			Bij twijfel over de stabiliteit van de ondergrond sondering uitvoeren om de stabiliteit te bepalen	Uitvoerder
5.04			Stempelen van kranen	Machinist
5.05			Aantoonbare onderrichte machinist voor bedienen kraan	Uitvoerder
5.06		Geblokkeerde wegen/bouwplaats/ manoeuvres (zwaar) materieel	Chauffeurs op bouwplaats begeleiden door medewerker met reflecterende kleding , medewerker geeft aanwijzingen van defensieve positie en blijft in zicht van chauffeur	Uitvoerder
5.07			Verkeersregelaar afroepen wanneer er aanwijzingen gegeven dienen te worden aan verkeer op de openbareweg	Uitvoerder
5.08			Chauffeurs uitsluitend afroepen wanneer er ruimte is om te laden/lossen	Uitvoerder
5.09	Uitrijden rijplaten en productiebuizen	Oplopen van letsel	Buiten bereik kraan blijven en communiceren	Uitvoerder
5.10	Buizen lassen	Afkeur las	Alle lassen volgens digitale laseisen vastleggen	Lasser
		Verwijderen rillen	Alle rillen bewaren en in een zak bewaren + tellen	Lasser

Nr.	Beschrijving situatie	Beschrijving risico's	Beheersmaatregelen	Verantwoordelijk
6. Grondwerk, putten en sleuven				
6.01	Werkzaamheden in de bodem	Ontbreken van/gebreekkige bodeminformatie, treffen van ontoereikende maatregelen, blootstelling aan gevaarlijke stoffen	Informatie aanleveren omtrent de bodem door opdrachtgever	Opdrachtgever
6.02	Werken in verontreinigde grond	Inademen van schadelijke dampen/stoffen Opname van schadelijke stoffen via de huid Brand en explosie gevaar Giftigheid van de stof (acute of vertraagde effecten)	Opstellen en naleven van Veiligheids & Gezondheidsplan voor het Werken in Verontreinigde grond	Werkvoorbereiding
6.03		Medew erkers niet op de hoogte van indicaties van verontreinigde grond	Bespreken met betrokken medewerkers over de Bodemverontreiniging	Uitvoerder
6.04		Aantreffen van verontreinigde grond, blootstelling aan gevaarlijke sotffen	Staken werkzaamheden en dit melden bij uitvoerder	Uitvoerenden
6.05			Melden bij opdrachtgever	Uitvoerder
6.06			Bodemonderzoek laten uitvoeren door opdrachtgever	Opdrachtgever
6.07			Aanleveren van informatie omtrent NGE in de bodem door opdrachtgever	Opdrachtgever
6.08		Werkzaamheden in de bodem	Aantreffen van Niet Gesprongen Explosieven, fataal letsel	Bij aantreffen werkzaamheden direct staken en ontruimen, afzetten gebied rondom vondst van 200 meter. Melden bij uitvoerder / 112 bellen/ Explosieven Opruimings Dienst inschakelen/ Melden bij opdrachtgever

Nr.	Beschrijving situatie	Beschrijving risico's	Beheersmaatregelen	Verantwoordelijk
7. Grondonderzoeken				
7.01	Overgang grondlagen	Afwijken boortrace Afbreken boorbuis Stuurproblemen Vast lopen boring Verlies boring	In ontwerpfase de juiste grondsoort/laag gaan bochten	Engineer/ werkvoorbereider
7.02	Overgang zoet -/ zout water	Degeneratie boorspoeling Vast lopen boring Verlies boring	In ontwerpfase vermelden, zodat men in de uitvoering rekening kan houden	Engineer/ werkvoorbereider
7.03	Grind/ Grindbedden	Afwijken boortrace Afbreken boorkop Stuurproblemen Vast lopen boring/ verlies boring	In de juiste grondsoort het ontwerp opstellen. Als dit niet mogelijk is, dit vermelden aan de uitvoering	Engineer/ werkvoorbereider/ uitvoerenden
7.04	Loopzand	Dichtvallen van het gemaakte boorgat	Regelmatige controle op kwaliteit boorspoeling	Uitvoerenden
7.05	Obstakels	Niet kunnen passeren Afbreken boorkop Afwijken boortrace	Boring terug trekken en nogmaals proberen	Engineer/ werkvoorbereider
7.06	Boorradius	De radius te klein ontwerp voor de te gebruiken machine	In ontwerpfase de juiste radius aanhouden van de te gebruiken machine	Engineer/ werkvoorbereider
7.07	Lengteboring	Boring is te lang voor de machine in samenwerking met grondsoort en diameter	In ontwerpfase de gewenste machine aangeven	Engineer/ werkvoorbereider
8. Pilotboring				
8.01	Slechte menging boorspoeling	Instorten boorgat vastlopen pilot	De mengverhouding aanhouden zoals de fabrikant deze aangeeft Nadelige effecten kunnen in een aantal gevallen met speciale toevoegingen aan de boorspoeling worden gereduceerd.	Uitvoerenden/ Uitvoerder
8.02	Keuze boorbit anders dan verwacht	Stuurproblemen Vastlopen pilot	Door juiste vooronderzoek van de bodemgesteldheid, in uitvoering beslissen welke het beste van toepassing is	Uitvoerenden/ Uitvoerder
8.03	Instabiele bovengrond	Muduitbraak t.p.v. instabiele bovengrond Schade aan derden Wegvallen bentoniedruk Milieudelict	Door het debiet, de pompdruk en de voortgangssnelheid zoveel mogelijk te reduceren wordt het risico op een blow-out zoveel mogelijk beperkt; Tevens zal de minimaal benodigde pompdruk zoveel mogelijk worden aangehouden; Door een (verhoudingsgewijs) zw aardere boorinstallatie als nodig in te zetten, om zodoende wat meer drukkracht als pompdruk te gebruiken, zal er ook een kleinere kans zijn op een blow-out; Verder het constant (visueel) in de gaten houden van de retour stroom zal er toe bijdragen dat het risico van een blow-out te verwaarlozen zal zijn.	Uitvoerenden/ Uitvoerder
8.04	Verouderd materiaal en materieel	Defecte onderdelen van het boorrig Verliezen van materieel/ boring	Aangeven voordat de werkzaamheden uitgevoerd gaan worden dat het materiaal/ materieel niet meer voldoet aan de eisen	Uitvoerenden/ Uitvoerder

Nr.	Beschrijving situatie	Beschrijving risico's	Beheersmaatregelen	Verantwoordelijk
9. Ruimfase				
9.01	Het dichtslibben van de Nozzels tijdens de uitvoering	Afname snij eigenschappen Vollopen ruimer en het blokkeren van het ruimproces	Juiste ruimer kiezen bij de grondsoort	Uitvoeren/ Uitvoerder
9.02	Verkeerde keuze ruimer	Slechte menging cuttings en boorspoeling Verkeerde snij eigenschappen voor deze boring	Juiste ruimer kiezen bij de grondsoort	Uitvoeren/ Uitvoerder
9.03	Snelheid ruimer	Instabiliteit boorgat en vervorming boorgat	Tijdens uitvoering controle uitvoeren op snelheid	Uitvoeren/ Uitvoerder
9.04	Defecten aan ruimer	Tijdelijk blokkeren boorgat Verlies boring Vast lopen boring	Controle uitvoeren voordat men de ruimer gaat gebruiken	Uitvoeren/ Uitvoerder
9.05	Obstakels in de grond	Tijdelijk blokkeren boorgat Verlies boring Vast lopen boring	De klic nalopen op obstakels. De niet vermelde obstakel kan men niet altijd in kaart brengen	Uitvoeren/ Uitvoerder
10. Intrekfase				
10.01	Defecte Swivel	Overbelasting Overmatig gebruik olie/vet gevolg met milieuschade Stagnatie intrekproces	Controle uit blijven voeren tijdens het intrekproces.	Uitvoeren/ Uitvoerder
10.02	Overschrijding maximale trekkracht op productiepijp	Overbelasting Stagnatie intrekproces	Controle uit blijven voeren tijdens het intrekproces. Niet meer dan de voorgeschreven maximale trekkracht.	Uitvoeren/ Uitvoerder
10.03	Te stijle invoerbocht	Te hoge trekkracht waardoor de productiebus beschadigd kan worden	Tijdens de ontwerpfasen de juiste hoeken aangeven en dit aanhouden tijdens de uitvoering	Uitvoeren/ Uitvoerder
10.04	Beschadiging productiebus	Afkeur bus Overbelasting/kromme bus Slechte verbindingen	Tijdens uitvoering met voorzichtig de bus behandelen. De overgangen moeten door een erkende lasser aan elkaar verbonden worden.	Uitvoeren/ Uitvoerder

Nr.	Beschrijving situatie	Beschrijving risico's	Beheersmaatregelen	Verantwoordelijk
11. Werken met boorequipment				
11.01	Elektrische connecties tussen de verschillend equipment	Gewond raken door electrocutie	Aarden van divers equipment	Uitvoerder
11.02	Boren	Weggliden bij boor of ontvangstgat	Tijdens het boren niet in de directe omgeving van de boor of het ontvangstgat komen en onbevoegden op afstand houden, boorgaten zichtbaar maken	Uitvoerenden
11.03		Letsel door wegzakken/vallen in mudpit	Mudpit onder talut graven en/of mudpit afzetten	Uitvoerder
11.04		Verwond raken door draaiende en bewegende kraan	Buiten draaicirkel van het graafmachine blijven	Uitvoerenden
11.05		Letsel door draaiende delen	Waar mogelijk draaiende delen afschermen	Uitvoerder
11.06			Geen loshangende kleding dragen en haar opbinden.	Uitvoerenden
11.07		Weg spuiten van boor-mud onder druk met letsel als mogelijk gevolg	Tijdens opstellen de fittingen, koppelingen en stangen visueel controleren, leidingen vastzetten met borgingspinnen/kettingen	Uitvoerenden/ Uitvoerder
11.08		Law aai van machine, gehoorschade	Law aai-bron zoveel mogelijk afschermen, omgeving op de hoogte stellen	Uitvoerenden/ Uitvoerder
11.09			Gehoorscherming verstrekken >80 dB(A)	Uitvoerenden/ Uitvoerder
11.10			Verplicht gehoorbescherming dragen >85dB(A)	Uitvoerenden/ Uitvoerder

Nr.	Beschrijving situatie	Beschrijving risico's	Beheersmaatregelen	Verantwoordelijk
11.11	Aanbrengen en/of losmaken van de boorbuis	Letsel bij het aanbrengen en/ of losmaken van de boorbuis/mantelbuis	Geen draaiende delen tijdens het aanbrengen/loskoppelen. Communicatie	Uitvoeren/ Uitvoerder
11.12			Gebruik juiste gereedschappen en hijsmiddelen	Uitvoeren/ Uitvoerder
11.13			Omgeving afschermen	Uitvoeren/ Uitvoerder
11.14	Intrekken van de leiding	Letsel of schade bij vastlopen of aflopen van de streng van de rollenbaan	Draag zorg voor onderhoud en begeleiding van de streng tijdens de trekoperatie	Uitvoeren/ Uitvoerder
11.15		Knellen van vingers tussen rollen tijdens trekken	Houd afstand tijdens de trekoperatie	Uitvoeren
11.16		Letsel bij breken van hijsmiddelen tijdens de trekoperatie	Gebruik alleen gecertificeerde en gekeurde hijsmiddelen die op gewicht en/of trekkracht zijn afgestemd met het werk	Uitvoerder
11.17	Aanmaken van bentoniet / water	Inademen van stof	Gebruik van stoffilters (P3)	Uitvoerder
11.18		Geraakt worden door bewegend materieel.	Gebruik van gecertificeerd hijsequipment en hijsgereedschap. Geen personen nabij bewegend delen. Eén man die de aanwijzingen geeft.	Uitvoerder

**van gelder****Van Gelder Groep B.V.**

J.P. Broekhovenstraat 36
8081 HC ELBURG
Postbus 29
8080 AA ELBURG
Tel: (0525) 65 98 88
Fax: (0525) 68 54 71
E-mail: groep@vangelder.com

**Aannemingsmaatschappij
Van Gelder B.V.**

J.P. Broekhovenstraat 36
8081 HC ELBURG
Postbus 29
8080 AA ELBURG
Tel: (0525) 65 98 88
Fax: (0525) 68 54 71
E-mail: aannemingsmaatschappij
@vangelder.com

**Van Gelder Kabel-, Leiding-
en Montagewerken B.V.**

Burg. Moslaan 11
8051 CP HATTEM
Postbus 20
8050 AA HATTEM
Tel: (038) 443 14 56
Fax: (038) 444 37 39
E-mail: klm@vangelder.com

Van Gelder Rail B.V.

3^o Industrieweg 2
8051 CM HATTEM
Postbus 15
8050 AA HATTEM
Tel: (038) 443 14 22
Fax: (038) 443 14 20
E-mail: rail@vangelder.com

Van Gelder Telecom B.V.

2^o Industrieweg 1
8051 CM HATTEM
Postbus 15
8050 AA HATTEM
Tel: (038) 444 80 60
Fax: (038) 444 80 61
E-mail: telecom@vangelder.com

Van Gelder Verkeerstechniek B.V.

Burg. Moslaan 11
8051 CP HATTEM
Postbus 20
8050 AA HATTEM
Tel: (038) 443 14 56
Fax: (038) 444 37 39
E-mail: verkeerstechniek@vangelder.com

Van Gelder regio West

Schillingweg 10
2153 PL NIEUW-VENNEP
Tel: (0252) 662 000
Fax: (0252) 662 099
E-mail: regiowest@vangelder.com

Regionale vestigingen

Almere
Amersfoort
Andelst
Borne
Den Haag
Duiven
Emmeloord
Enschede
Hardenberg
Leeuwarden
Ridderkerk
Uden
Zierikzee