

Opdrachtgever : Liandon B.V.
Contactpersoon : Dhr. H. Sattari
Adres : Basisweg 10
Plaats: : 1043 AP Amsterdam

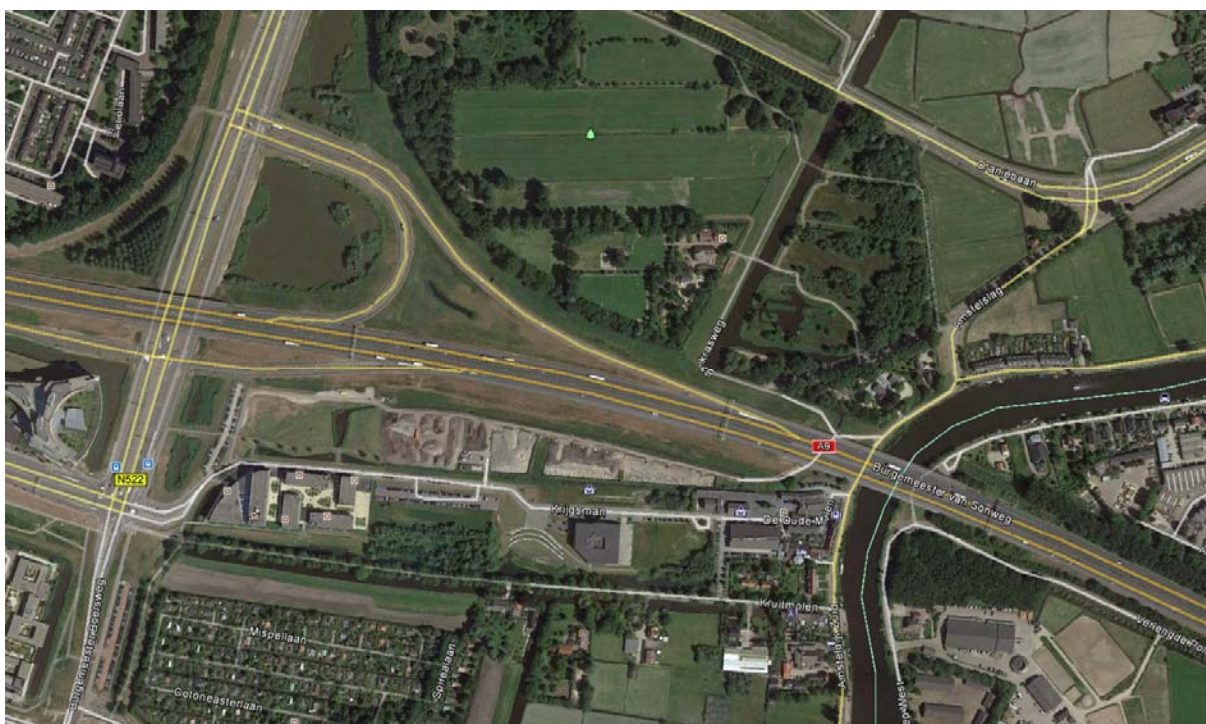
MEMO

Onderwerp : Gestuurde boringen A9 (Bankrasweg) Amstelveen (RTO-619)

Horizontaal gestuurde boringen

t.b.v. verlegging 150kV kabelverbindingen AMV-DMN en BN-AMV

A9 (Bankrasweg), Amstelveen



Figuur 1 overzicht werklocatie

Versie	Datum	Status	Opgesteld door	Gecontroleerd	Voor akkoord
1	26-09-2016	Definitief	MvE	BV	JV
2	19-10-2016	Voor vergunning	MvE	BV	AV

Tabel 1 Versie- en wijzigingsoverzicht

Inhoudsopgave

1.	<i>Inleiding</i>	4
2.	<i>Uitgangspunten</i>	5
2.1	Informatie	5
2.2	Voorschriften en literatuur	5
2.3	Ontwerp	5
3.	<i>Werkomschrijving</i>	6
3.1	Algemeen	6
4.	<i>Materieel</i>	9
4.1	<i>Voorstel in te zetten boormaterieel</i>	9
4.2	<i>In te zetten meetsysteem</i>	9
4.3	Afwijkingen	10
4.4	Boortechnische wijze van uitvoeren	10
4.5	Kwaliteitsregistratie van de boring	10
4.6	Registratie bentoniet	11
4.7	Registratie aanmaakwater	11
4.8	Bouwmaterialen	11
5.	<i>Beoordeling gestuurde boring</i>	12
5.1	Tijdschema	12
5.2	Locatie in- en uitredepunt	12
5.3	Geotechnisch onderzoek	13
5.4	Beschrijving grondgesteldheid	13
5.5	Grondwaterstanden	14
6.	<i>Berekeningsresultaten</i>	14
6.1	Boorspoeldrukken	14
6.2	Sterkteberekening	15
6.3	Trekkracht berekening	16
6.4	<i>Kwel aanlegfase en gebruiksfase (kruising waterstaatswerk)</i>	16
6.5	<i>Maatregelen kwel</i>	17

Lijst met tabellen

Tabel 1	Versie- en wijzigingsoverzicht	1
Tabel 2	Specificaties boring (HDD 1)	5
Tabel 3	Specificaties boring (HDD 2)	5
Tabel 4	Specificaties mantelbuizen (HDD 1 & HDD 2)	5
Tabel 5	Maximale afwijking pilotboring (volgens NEN 3650)	10
Tabel 6	Grondwaterstanden	14
Tabel 7	Toetsing materiaalspanningen HDD 1 (HDPE 200mm)	15
Tabel 8	Toetsing materiaalspanningen HDD 2 (HDPE 200mm)	15
Tabel 9	Voorspelling trekkracht (HDD 1)	16
Tabel 10	Voorspelling trekkracht (HDD 2)	16

Lijst met figuren

Figuur 1	overzicht werklocatie	1
Figuur 2	pilotboring	6
Figuur 3	ruimfase	7
Figuur 4	intrekfase	8
Figuur 5	boor-rig	9
Figuur 6	schematische bodemopbouw (D-Geo Pipeline)	13
Figuur 7	boorspoeldrukken tijdens pilotboring (HDD 1)	14
Figuur 8	overzicht zonering waterkering	16

Lijst met bijlagen

Bijlage 1 Boortekening HDD 1	18
Bijlage 2 Boortekening HDD 2	19
Bijlage 3 Grondonderzoeken	20
Bijlage 4 Resultaten D-Geo Pipeline berekening HDD 1	21
Bijlage 5 Resultaten D-Geo Pipeline berekening HDD 2	22
Bijlage 6 Foto's locatie	23
Bijlage 7 Specificaties gyro meetsysteem	24
Bijlage 8 Terreinindeling	25
Bijlage 9 Specificaties Drill-Grout	26

1. Inleiding

Liandon B.V. bereidt momenteel de verlegging van twee hoogspanningsverbindingen voor aan de Bankrasweg/Krijgsman te Amstelveen. Deze verlegging is noodzakelijk i.v.m. de geplande verbreding van de A9 door Rijkswaterstaat.

De bestaande kabelverbindingen bevinden zich onder de huidige rijbaan in mantelbuizen en deze zouden bij een verbreding van de A9 verder onder de rijbaan komen te liggen. Vooruitlopend op de werkzaamheden t.a.v. de verbreding zullen deze kabelverbindingen daarom verlegd moeten worden.

De verlegging zal grotendeels plaatsvinden door het aanbrengen van een tweetal horizontaal gestuurde boringen onder de A9 en de waterkering in beheer van het Waterschap Amstel, Gooi en Vecht (Waternet). Nadat de nieuwe hoogspanningskabels zijn aangebracht zullen aan weerszijden van de gestuurde boringen moffen worden aangebracht om aan te sluiten op de bestaande kabelverbindingen.

Dit rapport behandelt de aanleg van de horizontaal gestuurde boringen onder de A9.

2. Uitgangspunten

2.1 Informatie

Voor dit schrijven hebben de volgende documenten als input gediend:

- Tekening(en):
 - o Trace (19-05-2016).dwg
 - o Legger Amstel, Gooi en Vecht.jpg
- Document(en):
 - o KLIC 16O044530 en gerelateerde detailtekeningen
- Grondonderzoek
 - o Rapport GA160534.R01v1.0

2.2 Voorschriften en literatuur

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

- NEN3650-1:2012 Eisen voor buisleidingsystemen – Deel 1: Algemeen
- NEN3650-3:2012 Eisen voor buisleidingsystemen – Deel 3: Kunststoffen
- NEN3651:2012 Aanvullende eisen voor buisleidingen in of nabij belangrijke waterstaatswerken
- Richtlijn boortechnieken Rijkswaterstaat januari 2004
- DCA (Drilling Contractors Association) Technical Guidelines 2nd Edition february 2001

2.3 Ontwerp

Het ontwerp van de horizontaal gestuurde boringen is weergegeven op de ontwerptekeningen welke zijn opgenomen in Bijlage 1 en Bijlage 2. In onderstaande tabel zijn de eigenschappen van de horizontaal gestuurde boringen gespecificeerd:

Omschrijving	Waarde	Eenheid
Lengte	215.5	m
Intredehoek	18	o
Uittredehoek	16	o
Neergaande bochtstraal	240	m
Opgaande bochtstraal	240	m
Horizontale bochtstraal	250	m

Tabel 2 Specificaties boring (HDD 1)

Omschrijving	Waarde	Eenheid
Lengte	212.4	m
Intredehoek	18	o
Uittredehoek	16	o
Neergaande bochtstraal	240	m
Opgaande bochtstraal	240	m
Horizontale bochtstraal	250	m

Tabel 3 Specificaties boring (HDD 2)

Omschrijving	MB 1	MB2	MB 3	MB 4	Eenheid
Materiaal	HPE SDR11	HPE SDR11	HPE SDR11	HPE SDR11	
Uitwendige diameter	200	200	200	200	mm
Wanddikte	18.2	18.2	18.2	18.2	mm

Tabel 4 Specificaties mantelbuizen (HDD 1 & HDD 2)

3. Werkomschrijving

3.1 Algemeen

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

Een gestuurde boring bestaat uit 3 fasen, te weten:

- Fase 1, pilotboring;
- Fase 2, ruimen;
- Fase 3, intrekken mantelbuizen.

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

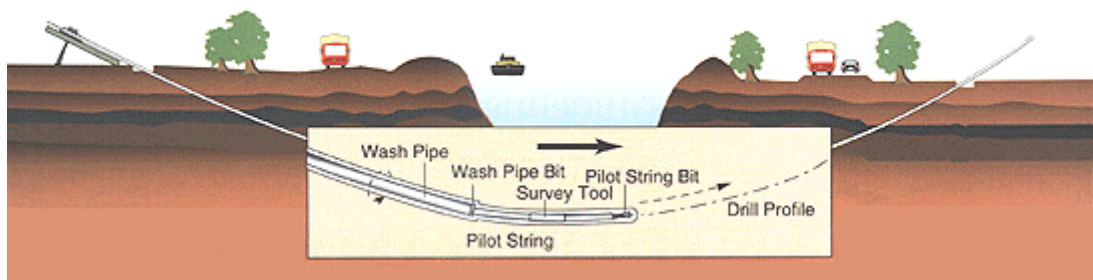
De voornaamste functies van de boorspoeling zijn:

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

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

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

Fase 1: De pilotboring



Figuur 2 pilotboring

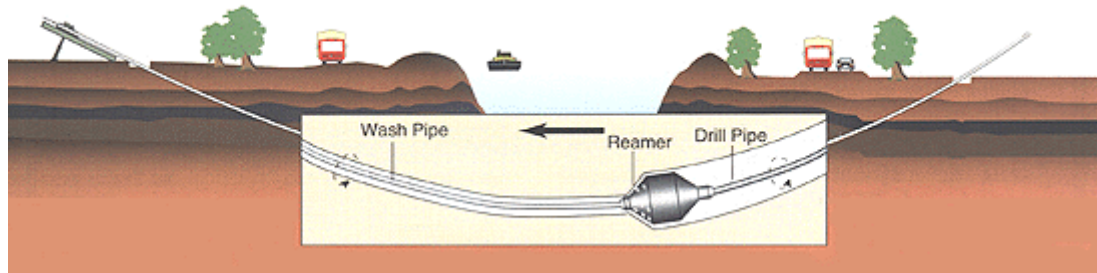
Aan de voorkant van de boorstreng is een boorkop aangebracht. De boorspoeling wordt via de boorstreng naar de boorkop gepompt en wordt samen met de losgewoelde grond langs de buitenzijde van de boorstreng door de boortunnel afgevoerd. Over het eerste gedeelte van de boorstreng kan eventueel een casing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

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

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

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

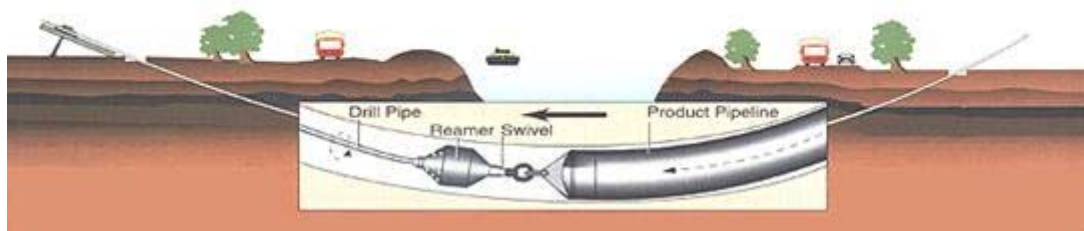
Fase 2: Ruimen van het boorgat



Figuur 3 ruimfase

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

Fase 3: Intrekken productleiding of mantelbuis:



Figuur 4 intrekfase

Tijdens de laatste fase van het boorproces wordt de productleiding of mantelbuis (eventueel meerdere productleidingen of mantelbuizen in een bundel) samen met een trekkop achter een ruimer gekoppeld en in het geruimde boorgat getrokken. Het boorgat blijft tijdens de intrekoperatie geheel gevuld met de boorspoeling. De boorgatdiameter dient tussen de 30% en 50% groter te zijn dan de diameter van de productleiding of mantelbuis (eventueel gebundeld).

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

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

4. Materieel

4.1 Voorstel in te zetten boormaterieel

Onderstaand treft u een voorstel voor het in te zetten boormaterieel en de daarbij behorende technische specificaties. De berekeningen en het boorontwerp dienen door de aannemer gecontroleerd en indien nodig aangepast te worden in overeenstemming met het in te zetten materieel.



Figuur 5 boor-rig

Merk/type:	PD 30/18 RP-C
Trekkracht:	300Kn
Torque:	18Knm
Drive:	43rpm
Motor:	140 kW
Gewicht:	17.000kg
Lengte:	8,5m
Breedte:	2,5m
Hoogte:	2,7m
In-uittredehoek:	8 - 22

4.2 In te zetten meetsysteem

Momenteel worden er doorgaans de volgende drie typen meetsystemen toegepast:

Walk-over meetsysteem

Een 'Walk-over' meetsysteem maakt gebruik van sondes die vanuit de boorkop een signaal uitzenden. Deze signalen bevatten gegevens over de richting, de diepte en de hellingshoek van de boorkop. Om het signaal van de boorkop te kunnen ontvangen moet de ontvanger loodrecht boven de boorkop geplaatst zijn. De signalen van de sonde kunnen beïnvloed worden door omgevingsfactoren zoals damwanden, (tram)rails en andere kabels en leidingen in de nabijheid van de boring. Dit meetsysteem is tevens slechts toepasbaar bij geringe boordieptes.

Steeringtool

De Steeringtool is een zeer nauwkeurig meetsysteem waarbij de boorkop gedetecteerd kan worden vanaf de boorslede zonder een (continue) ontvanger boven de boorkop. Ook deze signalen kunnen beïnvloed worden door omgevingsfactoren zoals damwanden, (tram)rails en andere kabels en leidingen. Voordelen ten opzichte van het walk-over meetsysteem zijn dat de steeringtool toepasbaar is bij grotere dieptes.

Gyro steeringtool

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

Voor de uitvoering van deze gestuurde boringen zal een Gyro steeringtool meetsysteem toegepast dienen te worden volgens de specificaties in Bijlage 7.

4.3 Afwijkingen

Het is mogelijk dat een pilotboring onder bepaalde omstandigheden afwijkt van het vooraf geplande boortracé. De boormeester en assistent-boormeester dienen continu en nauwlettend het boorproces in de gaten te houden en eventuele afwijkingen te registreren.

Wanneer de boring buiten de 'maximale toegestane afwijking' treedt zal door de aannemer contact moeten worden opgenomen met de opdrachtgever en vergunningverlener(s).

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

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

Tabel 5 Maximale afwijking pilotboring (volgens NEN 3650)

4.4 Boortechnische wijze van uitvoeren

Gedurende de boorwerkzaamheden worden onderstaande handelingen voortdurend verricht, te weten:

- Aflezing van de boorparameters zoals, trekkracht en torque door de analoge meters op de rig;
- Registratie van de meetgegevens op een drillsheet (of vergelijkbaar document);
- Mixen van de boorspoeling met water van voldoende kwaliteit;
- Opvang uitkomende boorspoeling bij intrede- en uittredepunt in de in- en uittredegangen, eventueel kunnen vloeiستofdichte bakken geplaatst worden voor opvang en / of buffering van de boorspoeling;
- Eventueel kan door de aannemer gekozen worden voor hergebruik van boorspoeling. In dit geval zal een recyclinginstallatie geplaatst worden;
- Leegzuigen van de boorgaten en / of vloeiستofdichte bakken met vloeiستofdichte zuigwagens;
- Afvoeren overgebleven / overtollige boorspoeling naar een erkend verwerker.

4.5 Kwaliteitsregistratie van de boring

Tijdens de pilotboring, het ruimen van het boorgat en het intrekken van de mantelbuis zullen de volgende gegevens worden geregistreerd:

- Begintijd, stoptijd, koppel en de pomp tijd (uur:min);
- debiet boorvloeiستof (ltr/min);
- druk boorvloeiستof aan de pomp (bar);
- duwkracht aan de boorinstallatie (ton);
- trekkracht aan de boorinstallatie (ton);
- tevens vindt registratie van de locatie en de hoogteligging (RD coördinaten t.o.v NAP) plaats.
- Azimuth (graden), Pitch (graden), Diepte (meter);

Deze meetgegevens dienen te worden opgenomen in een "drill-sheet" (of vergelijkbaar document) en door het boorbedrijf te worden gearchiveerd. Deze meetgegevens worden samen met de veldmetingen verwerkt tot de vereiste revisie gegevens voor de opdrachtgever.

4.6 Registratie bentoniet

Van de bentoniet welke tijdens de pilotboring, het ruimen van het boorgat en het intrekken van de mantelbuis wordt toegepast zullen de volgende gegevens worden geregistreerd:

- Meettijdstop (uur : min);
- Viscositeit (sec);
- Soortelijk gewicht (kg/M3);
- Cuttings in/ Cuttings uit (-);
- Soort grond (visueel) (-);
- Eventuele toevoegingen (soort – kg/M3);

4.7 Registratie aanmaakwater

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

- Datum (dd-mm-jj);
- meettijdstop (uur : min);
- PH waarde (-);
- chloride gehalte (μ S/cm);
- hardheid (-);
- Eventuele toevoegingen (soort – kg/M3);

4.8 Bouwmaterialen

Buizen

De buizen zullen in lengtes geleverd worden en door middel van spiegellassen aan elkaar worden verbonden. Dit dient te gebeuren met gekwalificeerd personeel en gecertificeerd materiaal. Tevens dienen de inwendige rillen verwijderd te worden.

Boorvloeistof

Voorafgaand aan de uitvoering zal er door de aannemer in het werkplan aangegeven dienen te worden welke boorvloeistof hij toe zal passen en wat de samenstelling hiervan is.

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

5. Beoordeling gestuurde boring

5.1 Tijdschema

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

- Inrichten werkterrein in- en uittredepunt	: 2	dag(en)
- Opstellen boorequipment	: 1	dag(en)
- Uitvoeren van de pilotboring	: 1	dag(en)
- Uitvoeren eerste ruimgang	: 1	dag(en)
- Intrekken van de mantelbuizen	: ½	dag(en)
- Omstellen van de machine	: ½	dag(en)
- Uitvoeren van de pilotboring	: 1	dag(en)
- Uitvoeren eerste ruimgang	: 1	dag(en)
- Intrekken van de mantelbuizen	: ½	dag(en)
- Afvoer en opruimen werkterrein	: 2	dag(en)

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

5.2 Locatie in- en uittredepunt

De locatie van het intredepunt is toegankelijk voor het betreffende materieel via de Krijgsman. De intredelocatie kan via deze route bereikt worden zonder overlast voor verkeer te veroorzaken echter dient wel het afgesloten terrein (gronddepot) te worden betreden via een afgesloten hekwerk.

De intredepunten van beide gestuurde boringen bevinden zich tussen een tweetal damwanden welke de gronddepots van elkaar scheiden. Bij het betreden van de zone tussen deze damwanden zullen ook de bestaande kabelverbindingen worden gekruist, in overleg met de netbeheerder zal er bij het intredepunt een overkluizing moeten worden aangebracht. Tevens dient de aannemer rekening te houden dat als de eerste gestuurde boring is gerealiseerd hij over het intredegat van deze gestuurde boring een overkluizing moet realiseren om de locatie te kunnen verlaten.

De uittreidelocatie bevindt zich ter hoogte van de Bankrasweg nr. 1a en is gelegen op het terrein van speelboerderij de Elsenhove. Toegang tot het uittredepunt kan enkel worden verkregen langs de rijksweg A9 (onder aan talud.) Toegang via de ingang van de speelboerderij is niet mogelijk. Voor het samenstellen van de mantelbuizen kan worden gekozen deze langs de Bankrasweg en onder aan het talud van de A9 samen te stellen. Voor het bereiken van het uittredepunt zullen enkele bomen opgenomen moeten worden en zal er een overkluizing moeten worden gerealiseerd over de aanwezige sloot.

Het uitleggen van de mantelbuizen en inrichten van de uittreidelocatie zal vooraf goed afgestemd moeten worden met de diverse betrokkenen en beheerders. In Bijlage 8 is een terreinindeling toegevoegd met een mogelijke uitleglocatie voor de mantelbuizen.

In Bijlage 6 is een fotorapportage toegevoegd van de boorlocatie.

5.3 Geotechnisch onderzoek

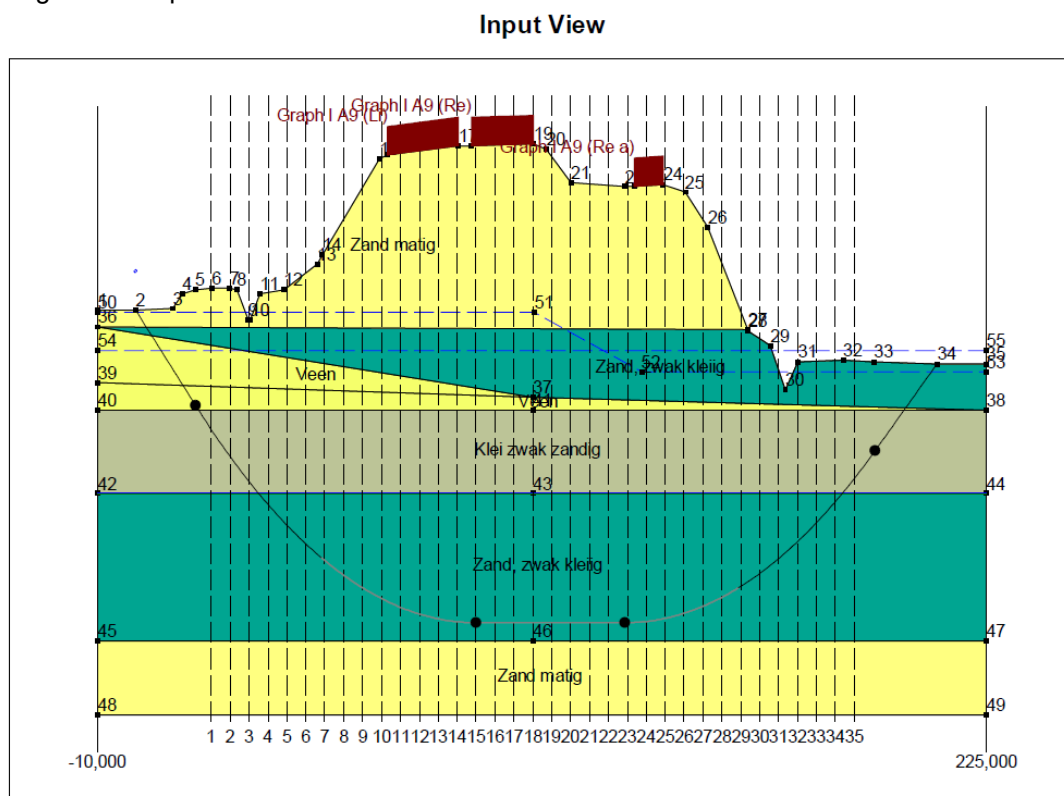
Voorafgaand aan de uitvoering van de gestuurde boring dient de lokale geotechnische informatie te worden verzameld. Indien er geen geotechnische informatie beschikbaar is kan een geotechnisch onderzoek worden uitgevoerd.

Voor deze boring zijn de vrij beschikbare gegevens vanuit het Dino-loket gebruikt. Over vrijwel de gehele boorlijn zijn sonderingen aanwezig. Er zijn vijf sonderingen met kleefmeting uitgevoerd conform NEN-EN-ISO-22476-1 en een grondboring. Daarnaast is er aanvullend grond(water) onderzoek uitgevoerd in de vorm van een sondering en peilbuis. De resultaten van deze onderzoeken zijn opgenomen in Bijlage 3.

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

5.4 Beschrijving grondgesteldheid

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



Figuur 6 schematische bodemopbouw (D-Geo Pipeline)

Op basis van de beschikbare grondonderzoeken kan worden aangenomen dat de boring zich in de bovengrond voornamelijk bevindt in een pakket van zand (zwak kleiig). Ter plaatse van het intredepunt wordt een veenlaag gepasseerd en op basis van het aanvullende grond(water) onderzoek kan worden geconcludeerd dat de vloerbuis zich in of net boven het watervoerende pakket bevindt.

Bovenstaande in acht genomen kan geconcludeerd worden dat er vooralsnog geen aanvullende maatregelen en/of toevoegstoffen noodzakelijk zijn.

5.5 Grondwaterstanden

Ter plaatse van het in en uittredepunt zijn de grondwaterstanden gemeten, tevens is het de grondwaterstand vanuit het watervoerende pakket gemeten middels een peilbuis. Deze waarden worden gebruikt voor de berekeningen zoals beschreven in hoofdstuk 6. In onderstaande tabel zijn de gemeten waarden weergegeven.

Omschrijving	+/- N.A.P.	Waarde
GWS intredepunt	-	2,20m
GWS uittredepunt	-	5,42m
Peilbuis (opname 20-09-2016)	-	4,28m

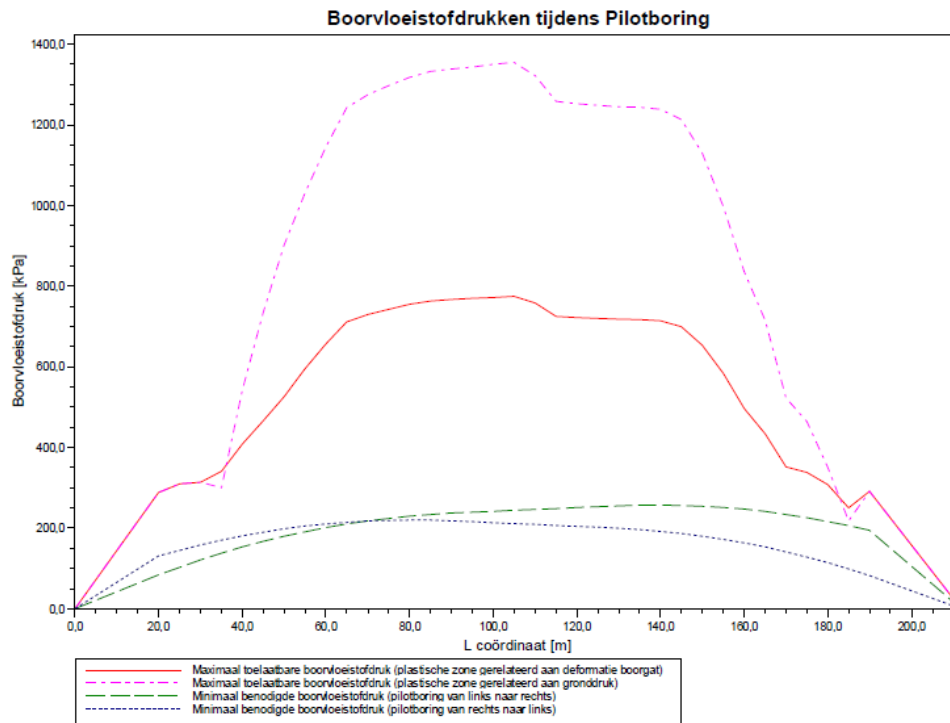
Tabel 6 Grondwaterstanden

6. Berekeningsresultaten

In onderstaande hoofdstukken zijn de resultaten weergegevens uit de sterkte en mud-druk berekeningen vervaardigd in het programma D-Geo Pipeline van Deltares conform de NEN 3650. Deze berekeningen zijn toegevoegd als Bijlage 4 en 5.

6.1 Boorspoeldrukken

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



Figuur 7 boorspoeldrukken tijdens pilotboring (HDD 1)

De benodigde boorspoeldrukken zijn indicatief en onder andere afhankelijk van de boorapparatuur die de aannemer zal inzetten. Uit de grafieken blijkt dat de pilotboring de meest kritische fase is, in bovenstaande figuur is deze fase weergegeven. Voor HDD 2 zijn de mud-drukken vergelijkbaar.

6.2 Sterkteberekening

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

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

	Max toelaatbare spanning [N/mm ²]	Spannings combinatie1A	Spannings combinatie1B	Spannings combinatie2	Spannings combinatie3	Spannings combinatie4
Sigma_ptest	10,00 (kort)	-	-	0,0	-	-
Sigma_py	8,00 (lang)	-	-	0,0	-	-
Sigma_axiaal	10,00 (kort)	3,9	3,7	-	-	-
Sigma_axiaal	8,00 (lang)	-	-	-	0,2	0,2
Sigma_tan...	10,00 (kort)	-	0,4	-	-	-
Sigma_tan...	8,00 (lang)	-	-	-	2,1	2,1

Tabel 7 Toetsing materiaalspanningen HDD 1 (HDPE 200mm)

De maximale deflectie op de 200mm mantelbuis bedraagt 2.6mm (1.28% x Do). De maximaal toelaatbare deflectie bedraagt 16.0mm. De optredende maximale deflectie is dus toelaatbaar. De uitwendige druk blijft tijdens de uitvoering en in de eindsituatie tevens onder de toelaatbare uitwendige druk.

Het toegepaste materiaal PE100 SDR11 is hiermee voldoende sterk voor toepassing in deze boring. Dit geldt zowel tijdens het intrekken van de mantelbuis als in de bedrijfsfase.

	Max toelaatbare spanning [N/mm ²]	Spannings combinatie1A	Spannings combinatie1B	Spannings combinatie2	Spannings combinatie3	Spannings combinatie4
Sigma_ptest	10,00 (kort)	-	-	0,0	-	-
Sigma_py	8,00 (lang)	-	-	0,0	-	-
Sigma_axiaal	10,00 (kort)	3,9	3,7	-	-	-
Sigma_axiaal	8,00 (lang)	-	-	-	0,2	0,2
Sigma_tan...	10,00 (kort)	-	0,4	-	-	-
Sigma_tan...	8,00 (lang)	-	-	-	2,1	2,1

Tabel 8 Toetsing materiaalspanningen HDD 2 (HDPE 200mm)

De maximale deflectie op de 200mm mantelbuis bedraagt 2.6mm (1.28% x Do). De maximaal toelaatbare deflectie bedraagt 16.0mm. De optredende maximale deflectie is dus toelaatbaar. De uitwendige druk blijft tijdens de uitvoering en in de eindsituatie tevens onder de toelaatbare uitwendige druk.

Het toegepaste materiaal PE100 SDR11 is hiermee voldoende sterk voor toepassing in deze boring. Dit geldt zowel tijdens het intrekken van de mantelbuis als in de bedrijfsfase.

6.3 Trekkraft berekening

In onderstaande tabel zijn de verwachtingswaarden t.a.v. de trekkraft weergegeven. In de berekening wordt ervan uitgegaan dat de mantelbuizen tijdens de intrekfase niet worden afgevuld met water. De benodigde trekkraft voor het intrekken van de boorstreng bedraagt voor beide gestuurde boringen circa 7.5 ton.

Karakteristieke punten	Lengte leiding in gat (m)	Verwachtingswaarde voor de trekkraft (kN)
T1	0	9
T2	17	13
T3	84	34
T4	123	45
T5	199	70
T6	215	75

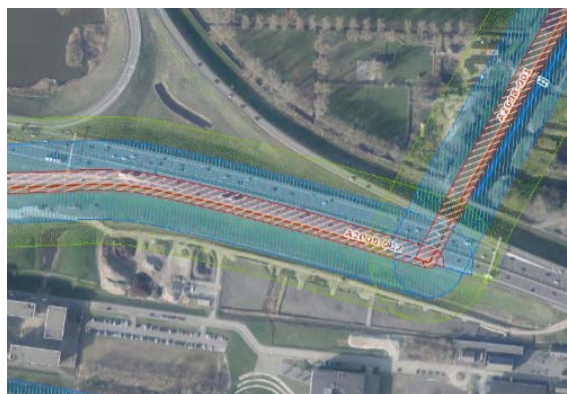
Tabel 9 Voorspelling trekkraft (HDD 1)

Karakteristieke punten	Lengte leiding in gat (m)	Verwachtingswaarde voor de trekkraft (kN)
T1	0	8
T2	17	13
T3	84	33
T4	120	44
T5	196	69
T6	212	74

Tabel 10 Voorspelling trekkraft (HDD 2)

6.4 Kwel aanlegfase en gebruiksfase (kruising waterstaatswerk)

I.v.m. de kruising van een waterkering (A9) zullen enkele aanvullende maatregelen getroffen dienen te worden om kwel via de boortunnel in de aanleg en gebruiksfase te voorkomen.



Figuur 8 overzicht zonering waterkering

Uit de grondwaterstanden blijkt dat we ter plaatse van het in en uittredepunt van de gestuurde boring met verschillende polders te maken hebben. Na de aanlegfase is er daarom een risico op kwel van de hoger gelegen zuidelijke polder naar de lager gelegen noordelijke polder.

Om na te gaan of er tevens kwel te verwachten is vanuit het dieper gelegen watervoerende pakket is er aanvullend grond(water) onderzoek uitgevoerd in de vorm van een peilbuis. Hieruit blijkt dat er inderdaad kwel te verwachten is tot circa 70cm boven het maaiveld in de lager gelegen noordelijke polder en ter hoogte van het uittredepunt van de gestuurde boring.

Om deze risico's te ondervangen zullen daarom aanvullende maatregelen getroffen moeten worden om kwel in de aanleg en gebruiksfase tegen te gaan.

6.5 Maatregelen kwel

Uit de sterkte en mud-druk berekening toegevoegd in Bijlage 4 en 5 blijkt dat er tijdens het boorproces een risico is op kwel. (hoofdstuk 3.2, evenwicht berekening waterdruk en boorvloeistofdruk)

Hieruit blijkt dat de evenwicht verhouding boorvloeistofdruk in de boortunnel en waterdruk ten gevolge van de waterstand vanuit het watervoerende pakket kwel kan veroorzaken gedurende de aanlegfase van de gestuurde boring.

Om dit risico uit te sluiten zal de aannemer kort voor de start van de werkzaamheden nogmaals middels een peilbuis de stijghoogte in het watervoerende pakket moeten bepalen en op basis hiervan de kwelwegberekening tijdens de aanlegfase moeten herberekenen. Indien hieruit blijft dat er ook dan een kans bestaat op kwel tijdens de aanlegfase dient hij maatregelen te nemen om dit risico te mitigeren.

Dit kan plaatsvinden door het verzwaren van de boorspoeling of het aanbrengen van een kleine ringdijk rond het uittredepunt om de mudspiegel in het uittredegat tijdelijk kunstmatig te verhogen. Dit komt de evenwicht verhouding tussen de waterdruk en boorvloeistofdruk ten goede waardoor kwel tijdens het boorproces kan worden voorkomen.

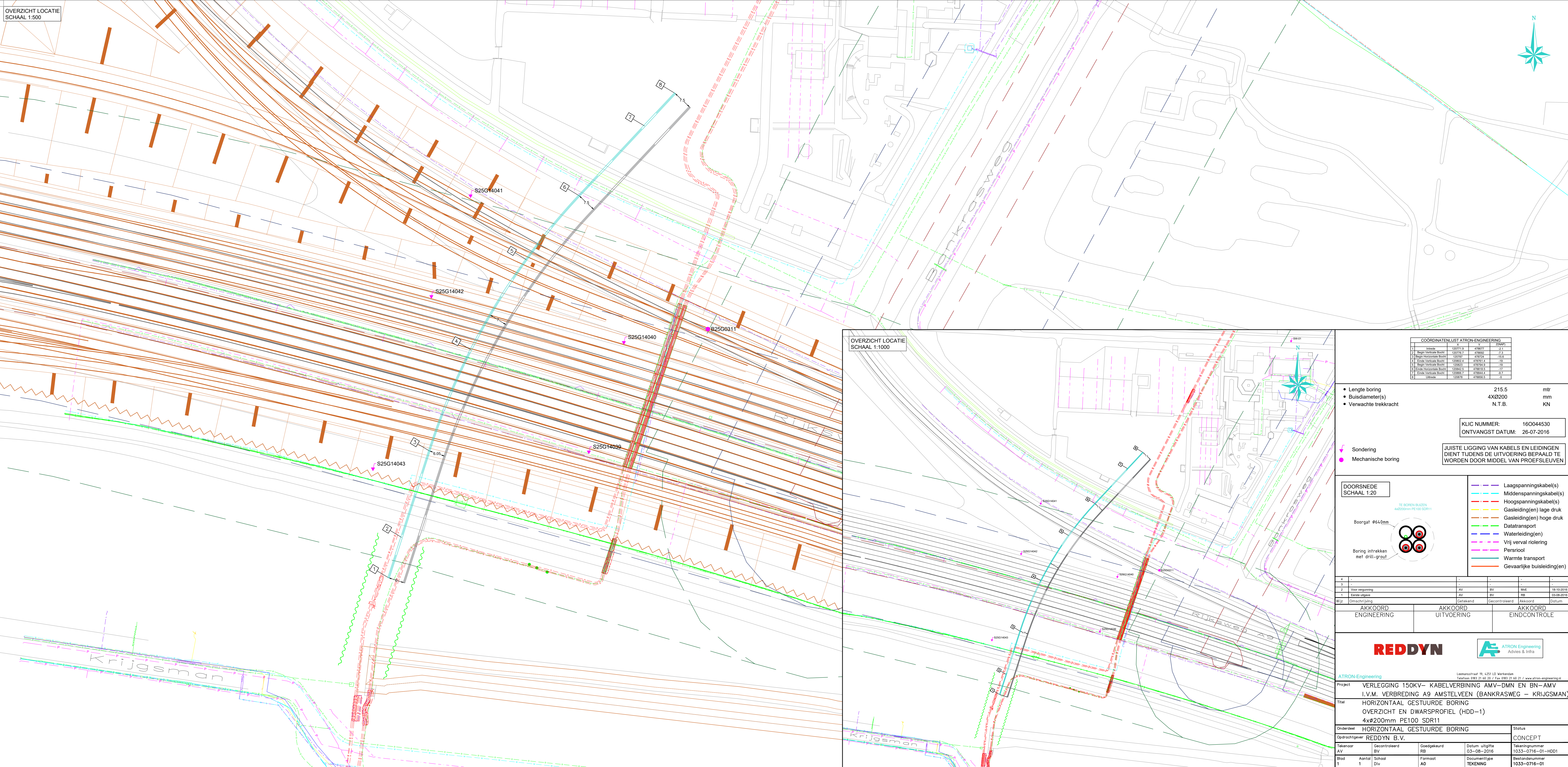
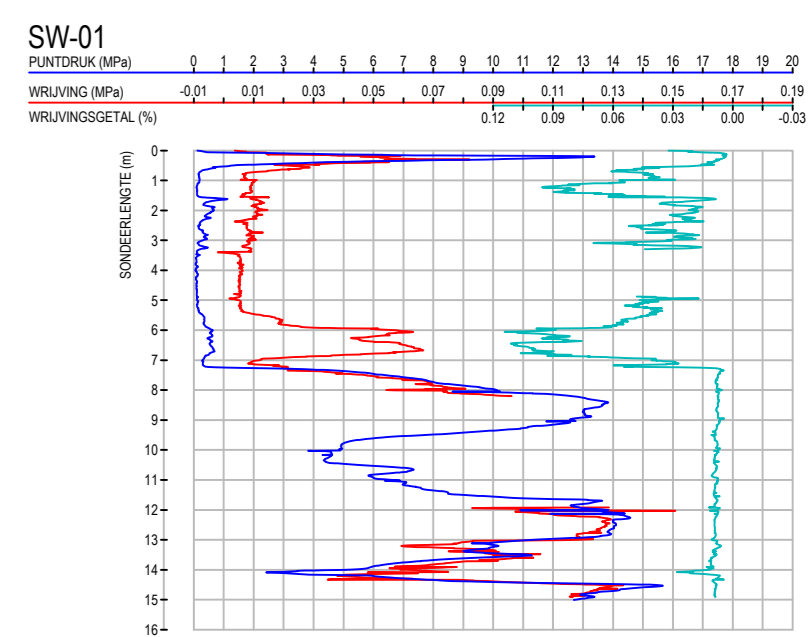
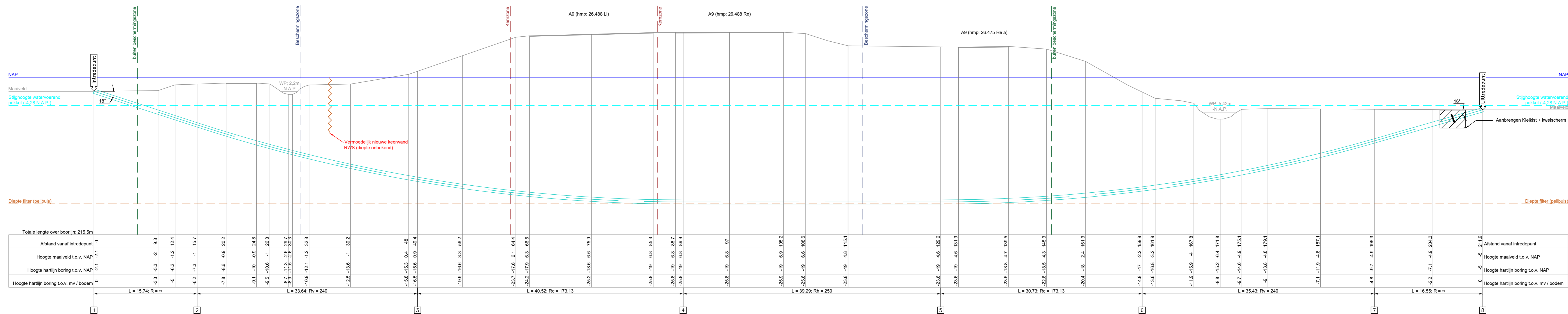
Tijdens het intrekken van de mantelbuizen dient een mengsel van Drill-Grout te worden toegepast in een dusdanige verhouding dat na installatie van de mantelbuizen de volledige anulaire ruimte in de boortunnel is gevuld met Drill-Grout. Op deze wijze zal de gehele boortunnel worden voorzien van een opstijvende vloeistof zodat de gehele anulaire ruimte in de boortunnel wordt afgesloten en ook kwel na installatie van de mantelbuizen en uitzakken van de boorvloeistof kan worden voorkomen.

Na installatie van de mantelbuizen zal tevens conform de NEN 3650-3651 op het uittredepunt een kleikist moeten worden aangebracht met een kwelscherm. Er is gekozen om enkel in de laaggelegen polder een kleikist met kwelscherm aan te brengen, in de hooggelegen polder en ter plaatse van het uittredepunt is er onvoldoende ruimte aanwezig voor het aanbrengen van een kleikist met kwelscherm tussen de bestaande kabelverbindingen. Het risico op kwel vanuit het watervoerende pakket is in de hooggelegen polder dan ook niet aanwezig. Door het afdichten van de boortunnel met Drill-Grout wordt tevens voorkomen dat er kwel ontstaat van de hooggelegen naar de laaggelegen polder.

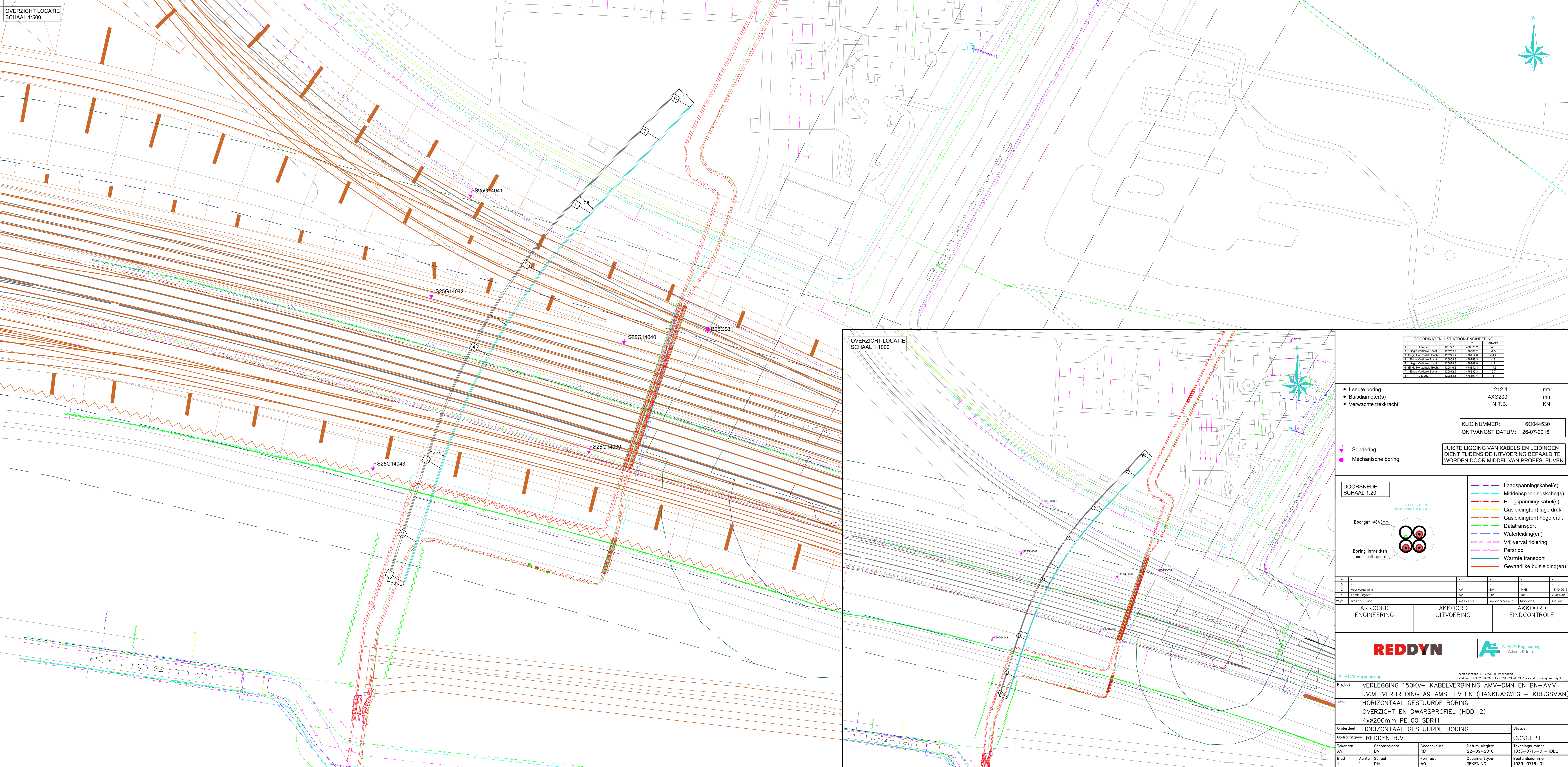
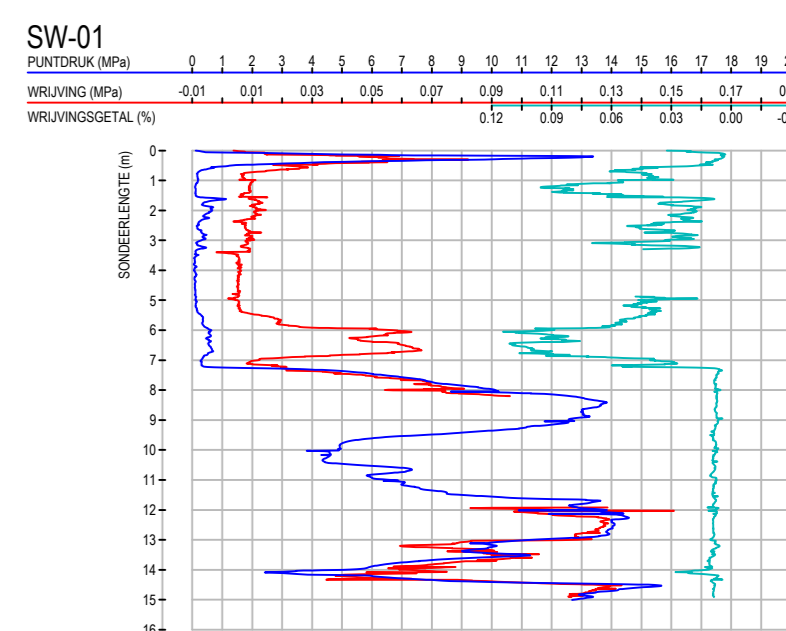
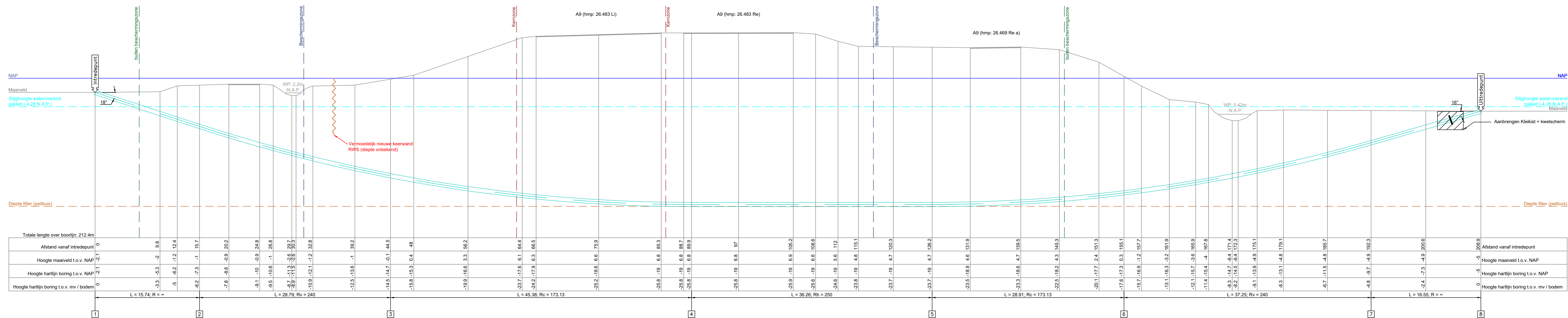
De aannemer mag pas starten met het ontgraven en aanbrengen van de kleikisten en kwelschermen na de uithardingstijd van het toegepaste Drill-Grout mengsel. Op deze wijze wordt de functie van de vloeistof optimaal benut. Het aanbrengen van de kleikist met kwelscherm in de laaggelegen polder dient enkel als extra mitigerende maatregel, indien de Drill-Grout correct wordt aangebracht heeft dit niet direct een meerwaarde.

Aansluitend zullen de kabels en telecom ingetrokken moeten worden. Nadat alle kabels en telecom zijn aangebracht dient de ruimte tussen de mantelbuizen en de kabels en telecom in de zuidelijke (hooggelegen polder) te worden afgedicht middels stopag. Dit om tevens mogelijke kwel door de mantelbuizen te voorkomen. Aan beide zijden van de gestuurde boring zal de ruimte tussen de kabel, telecom en mantelbuizen moeten worden afgedicht met worteldoek om te voorkomen dat er vuil/grond in de mantelbuizen komt.

Bijlage 1 Boortekening HDD 1



Bijlage 2 Boortekening HDD 2





Bijlage 3 Grondonderzoeken

**Geotechnisch grondonderzoek
Nabij de Bankrasweg
Te Amstelveen**

Opdrachtnummer: GA160534
Rapport: R01
Versie: V1.0

Datum rapport: 21 september 2016

Opdrachtgever: Atron Engineering
Leemansstraat 19
4251 LD Werkendam

Functie:	Naam:	Gezien en akkoord:
Geotechnisch adviseur	E. Visser	
Controle	Ing. K. Kalisz	



Geonius Geotechniek B.V.
Postbus 118
6400 AC Heerlen

GEONIUS
CIVIEL GEOTECHNIEK MILIEU



Tel: 088-1300600
Fax: 088-1300669
Email: info@geonius.eu
Website: www.geonius.eu

INHOUDSOPGAVE

1.0	INLEIDING	2
2.0	GRONDONDERZOEK.....	3
2.1	Algemeen	3
2.2	Diepsondering.....	3
2.3	Inmeting	3
2.4	Grondwater	4

Bijlagen:

Bijlage 1	Situatietekening
Bijlage 2	Sondeergrafieken
Bijlage 3	Profiel peilbuis



1.0 INLEIDING

Door Atron Engineering werd aan Geonius Geotechniek BV opdracht gegeven om een geotechnisch grondonderzoek uit te voeren nabij de Bankrasweg te Amstelveen.

Voorliggend rapport bevat de resultaten van het uitgevoerde grondonderzoek. De opzet van het onderzoek en de ligging ervan zijn door de opdrachtgever aangegeven.



2.0 GRONDONDERZOEK

2.1 Algemeen

Het onderzoek is in september 2016 uitgevoerd en omvatte de volgende werkzaamheden:

- Uitvoering van één sondering incl. kleefmeting tot 15,0 m- maaiveld of het bereiken van de totaaldruk conform NEN-EN-ISO-22476-1;
- Het wegdrukken met de sondeerwagen van één peilbuis tot 15,0 m-maaiveld;
- Het peilen van de grondwaterstand in de peilbuis direct na installatie en ca. 1 week later;
- Het verwijderen van de peilbuis en het afdichten van het gat;
- Inmeten en waterpassen van het onderzoekspunt;

De opzet van het onderzoek en de ligging van de sondering is in overleg met de opdrachtgever bepaald.

2.2 Diepsondering

De sondering is genummerd GA160534 SW01 (zie bijlage 2 voor de sondeergrafiek). De diepsondering is gemaakt met een elektrische conus waarbij de conusweerstand continu wordt gemeten, elektrisch wordt geregistreerd en digitaal wordt vastgelegd. De sondering is uitgevoerd conform NEN-EN-ISO 22476-1.

Bij de sondering is tevens de lokale wrijving gemeten. De continue registratie van de ondervonden bodemweerstand verzekert een gedetailleerd beeld van de bodemopbouw. Dit niet alleen voor wat betreft de sterkte van de bodem, maar tevens met betrekking tot de aard van de aanwezige ongeroerde grondlagen.

De verhouding tussen de wrijvingsweerstand van de kleefmantel en de weerstand aan de conuspunt, het zogenaamde wrijvingsgetal, heeft voor iedere grondsoort een andere waarde. Voor een gladde elektrische conus gelden bij veel voorkomende gronden ongeveer de volgende relaties:

Wrijvingsgetal in %

0.3 - 1.5
1.5 - 2.5
2.5 - 5.0
> 5.0

Grondsoort

Zand, grof tot fijn
Silt (leem)
Klei
Veen

Tussen de verschillende grondsoorten komen overgangsvormen voor waardoor de aangegeven grenzen niet als hard zijn te beschouwen.

In de elektrische conus bevindt zich een hellingmeter. Hierdoor is controle mogelijk op een eventueel afwijken van de verticaal. Bijzondere afwijkingen zijn niet vastgesteld.

2.3 Inmeting

De ligging van het onderzoekspunt is op de situatietekening GA160534 T01 in bijlage 1 weergegeven. De resultaten van het grondonderzoek zijn in de bijlagen toegevoegd. De sondeergrafiek is getekend ten opzichte van NAP.

De onderzoekspunten zijn met behulp van 06-gps ingemeten t.o.v. het rijksdriehoekstelsel en NAP (nauwkeurigheid ca. 0,05 m). Alle gegevens van de inmetingen zijn een momentopname en zijn alleen te gebruiken voor voorliggend onderzoek.



2.4 Grondwater

Op de locatie is een peilbuis geplaatst tot een diepte van 15,0 m- maaiveld. Het profiel van de peilbuis is opgenomen in bijlage 3. Direct na installatie en ca. één week later is in de peilbuis naar de actuele grondwaterstand gepeild. In onderstaande tabel zijn hier de resultaten van opgenomen.

Tabel 2.4.1: Grondwater

Peilbuis nr.	Maaiveldhoogte [m t.o.v. NAP]	Hoogte top peilbuis [m t.o.v. NAP]	Grondwaterstand op 13-9-2016		Grondwaterstand op 20-9-2016	
			[m t.o.v. maaiveld]	[m t.o.v. NAP]	[m t.o.v. maaiveld]	[m t.o.v. NAP]
PB01	-4,78	-3,77	+0,51	-4,27	+0,50	-4,28

Na de tweede meting is de peilbuis verwijderd en is het gat opgevuld met klei.

Wij wijzen erop dat de grondwaterstand van seizoen tot seizoen kan verschillen en in nattere jaargetijden mogelijk hoger wordt aangetroffen dan thans het geval is. Daarnaast kan als gevolg van spanningswater, lagenopbouw en lokale omstandigheden een afwijkende waarde worden aangetroffen.



Bijlage 1

Situatietekening

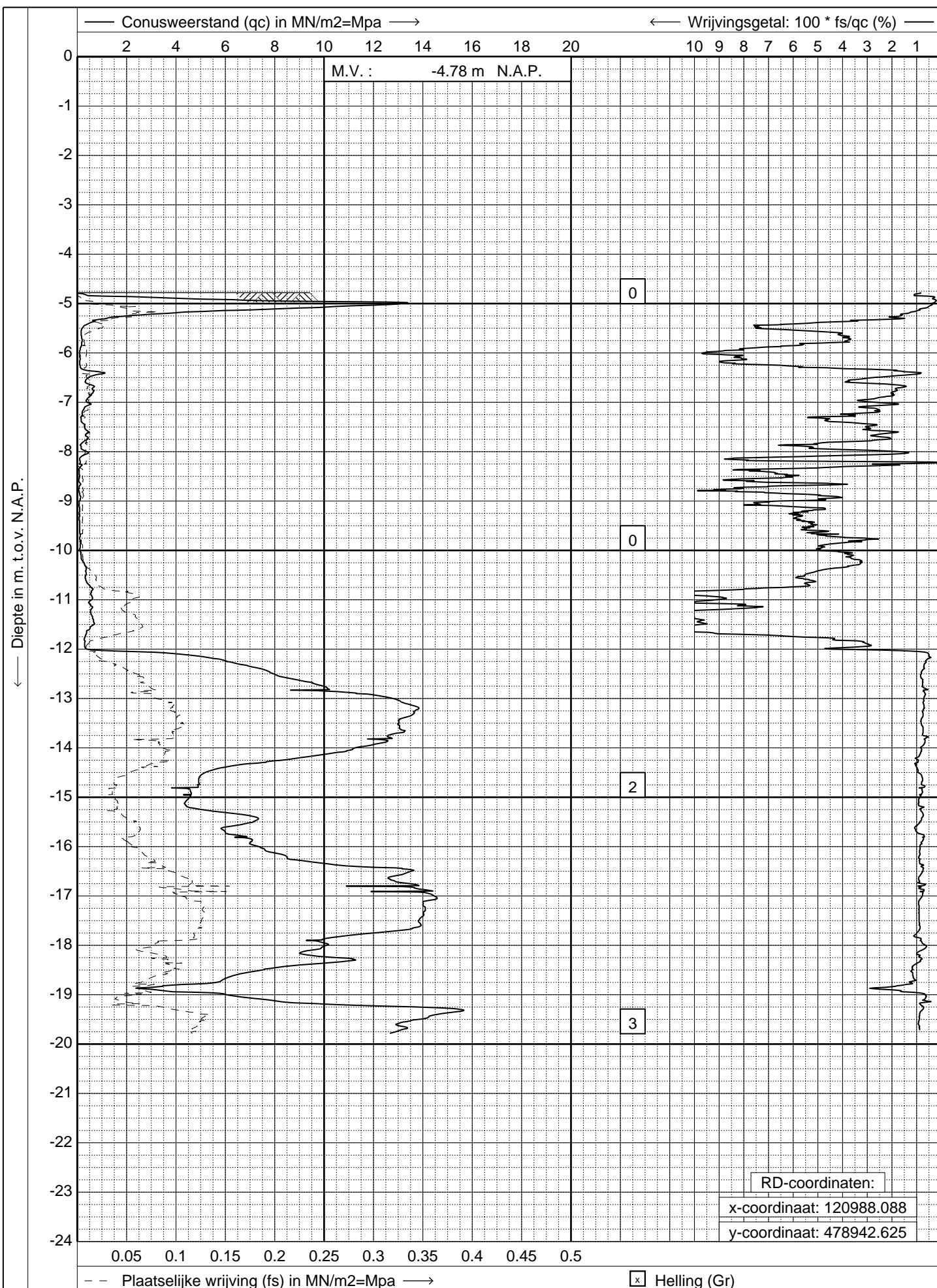
GA160534 T01



Bijlage 2

Sondeergrafiek

GA160534 SW01



GEONIUS

www.geonius.eu
E-mail: info@geonius.eu
Tel.: 088-1300600
Fax.: 088-1300669

Sondering volgens NEN-EN-ISO 22476-1, klasse 2

Project : **Geotechnisch onderzoek**

Locatie : **Bankrasweg 1a te Amstelveen**

Datum : **13-09-2016**

Conus : **S15-CFI.1383**

Opdracht : **GA160534**

Sondering : **01**

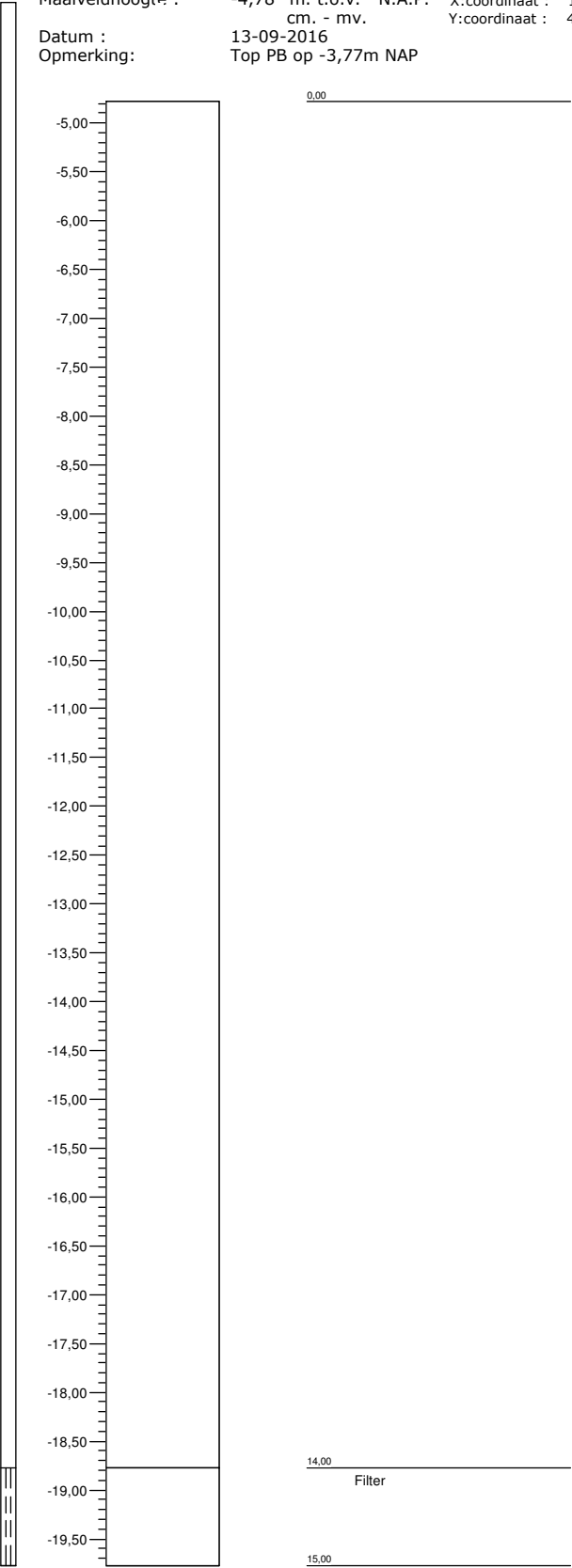
Bijlage 3

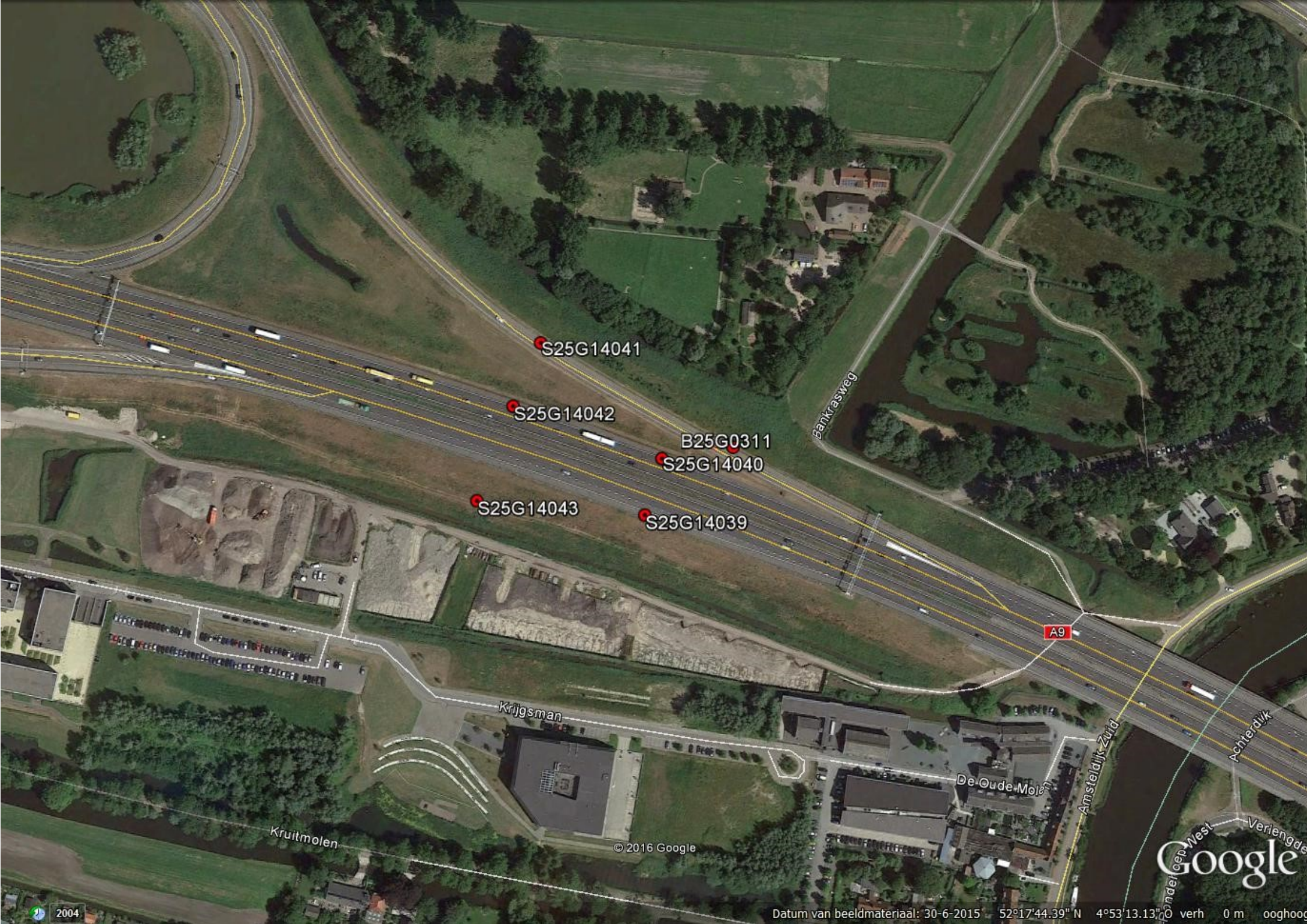
Profiel peilbuis

GA160534 PB01

boring: PB01

Maaiveldhoogte : -4,78 m. t.o.v. N.A.P. X:coördinaat : 120988,09
cm. - mv. Y:coördinaat : 478942,63
Datum : 13-09-2016
Opmerking: Top PB op -3,77m NAP





S25G14041

S25G14042

B25G0311

S25G14040

S25G14043

S25G14039

Bankrasweg

Krijgsman

De Oude Mol

Amsteldijk Zuid

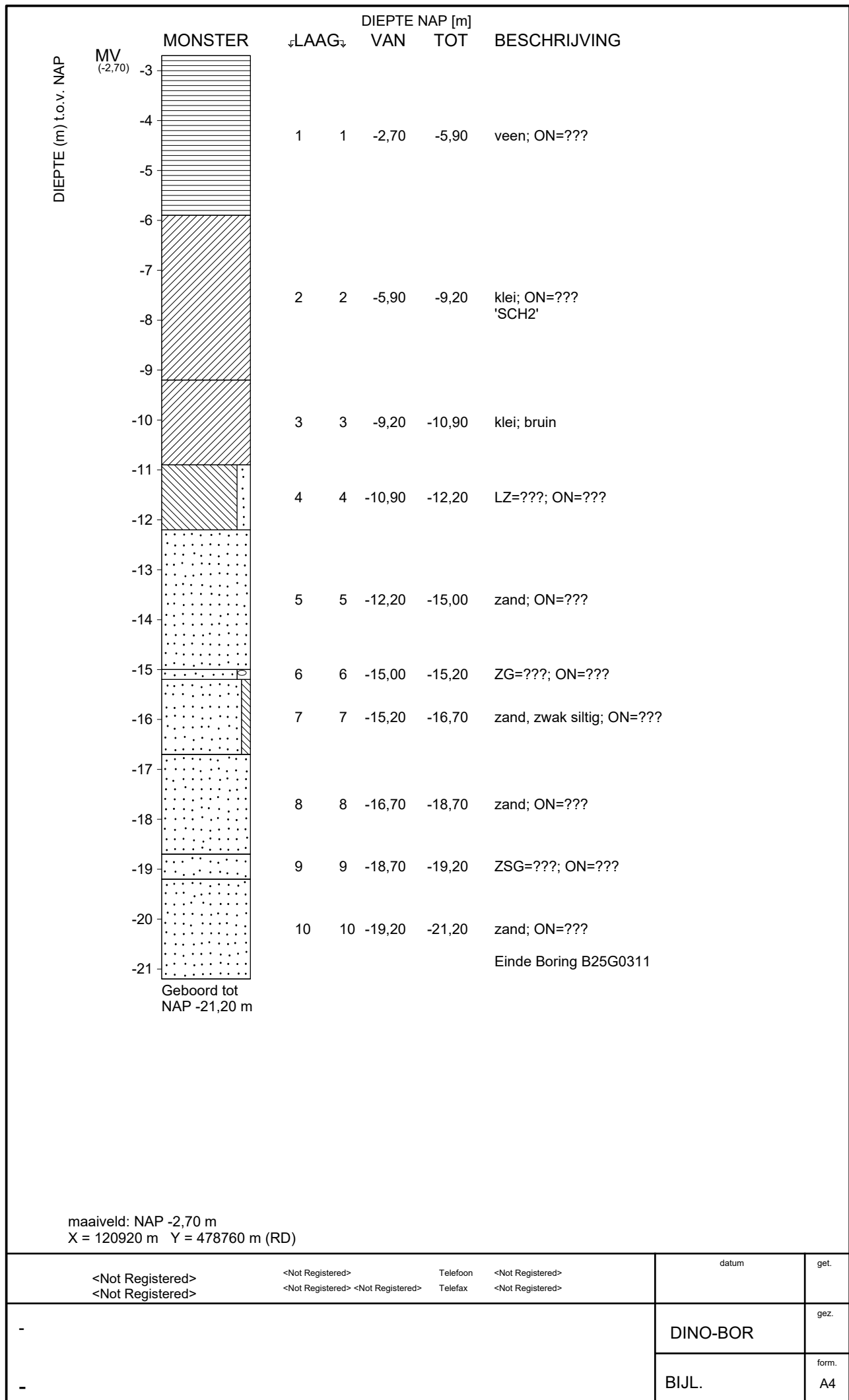
Achterdijk

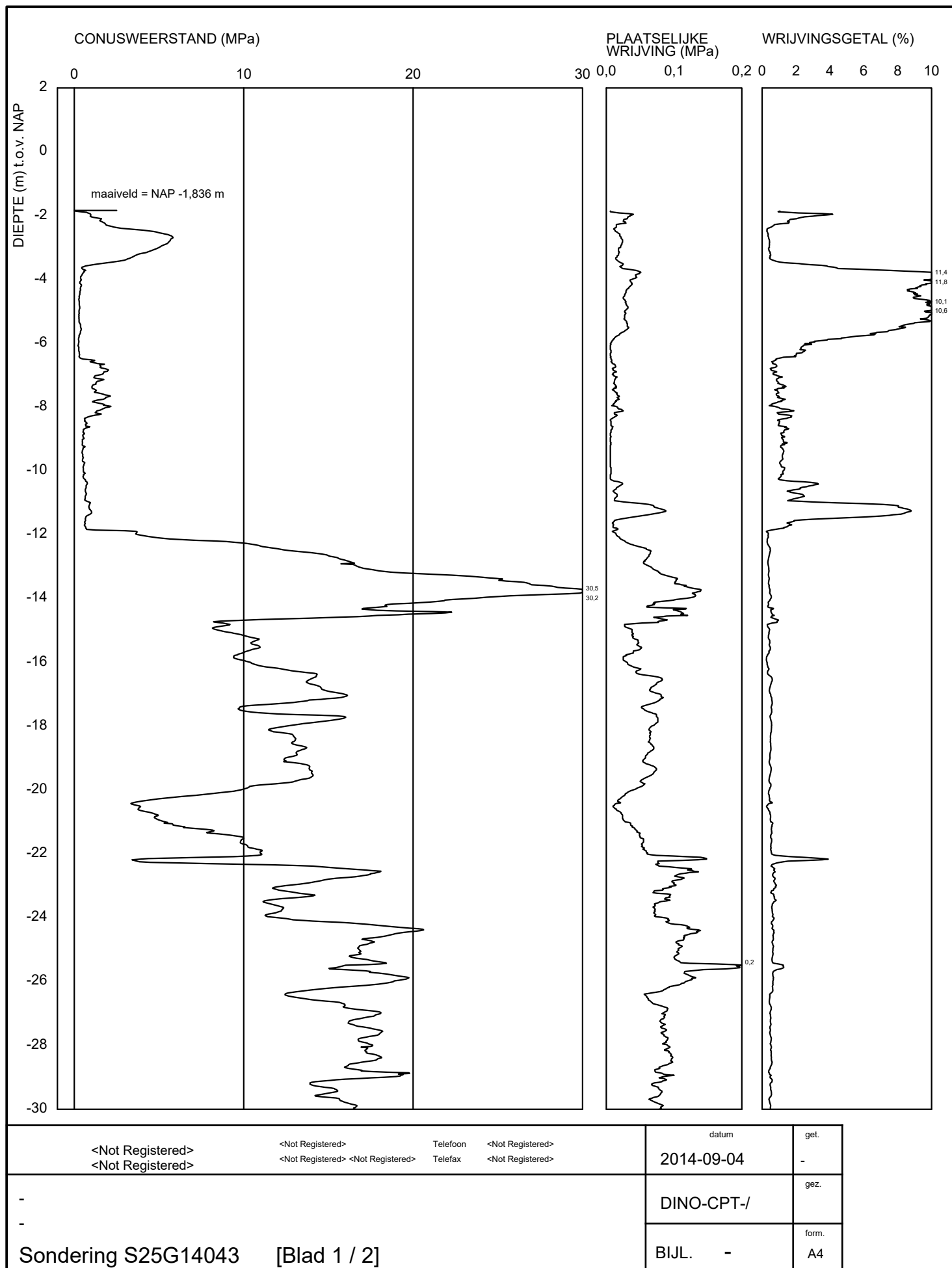
Veriengde

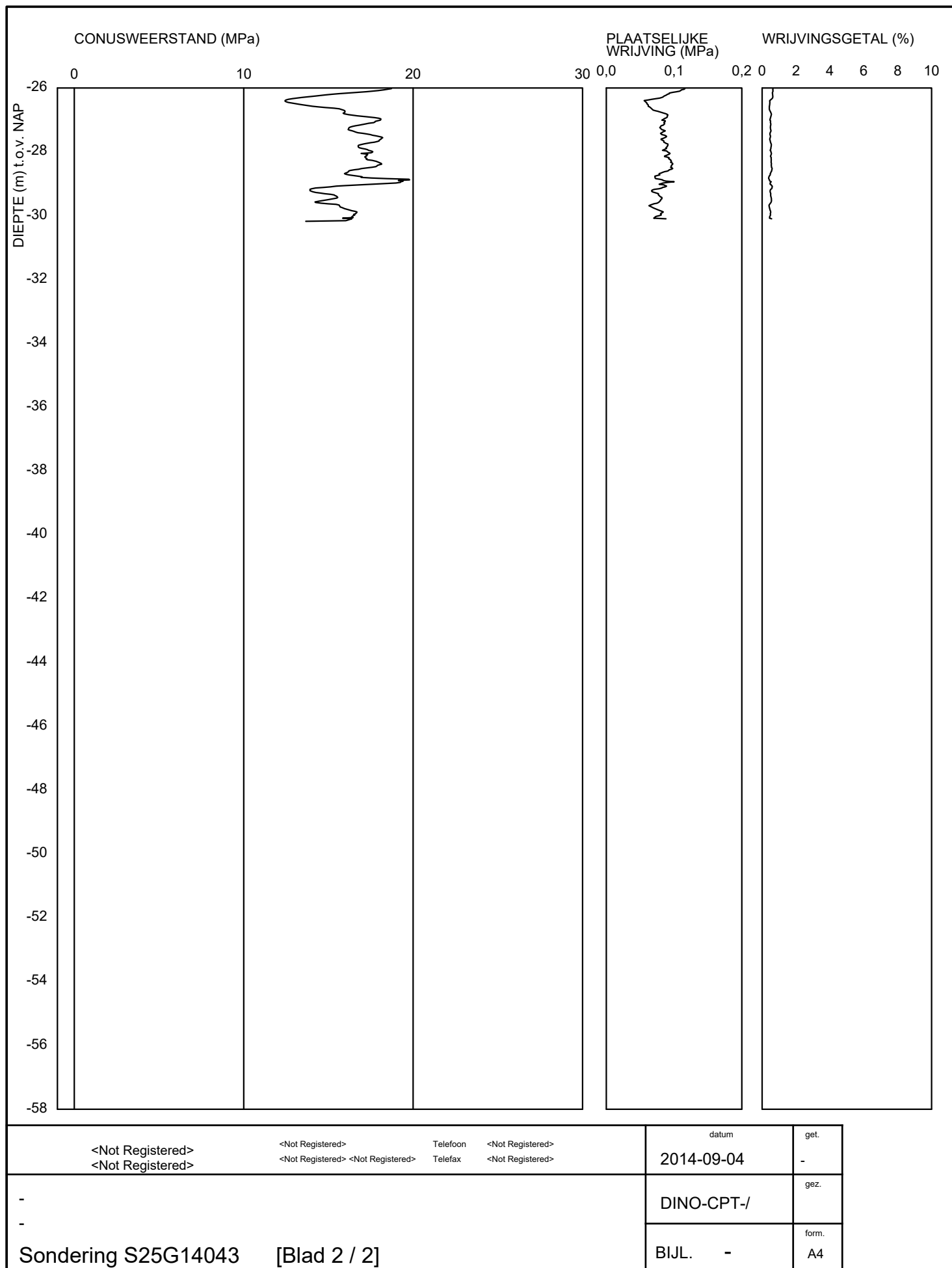
Open West

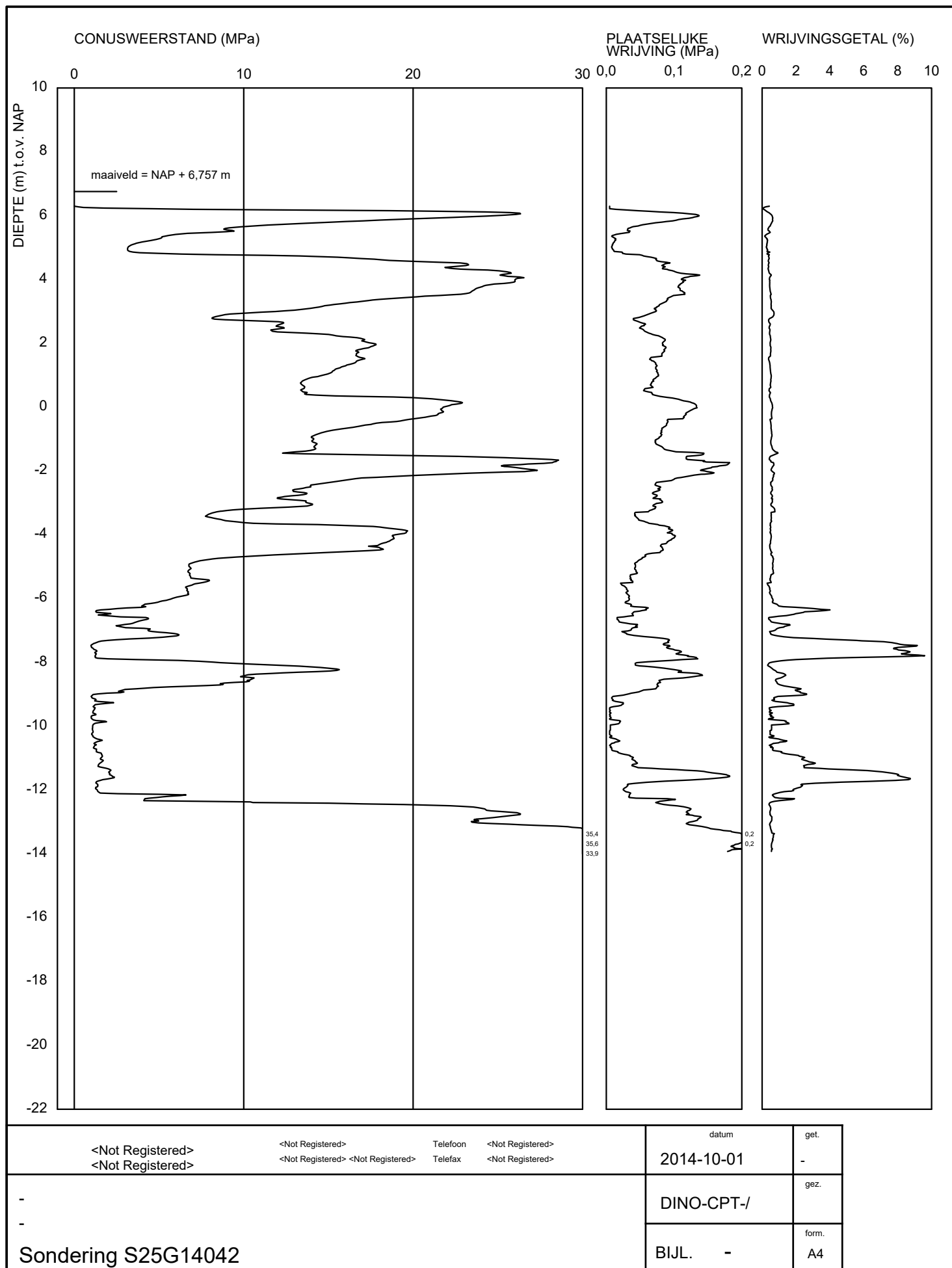
Kruitmolen

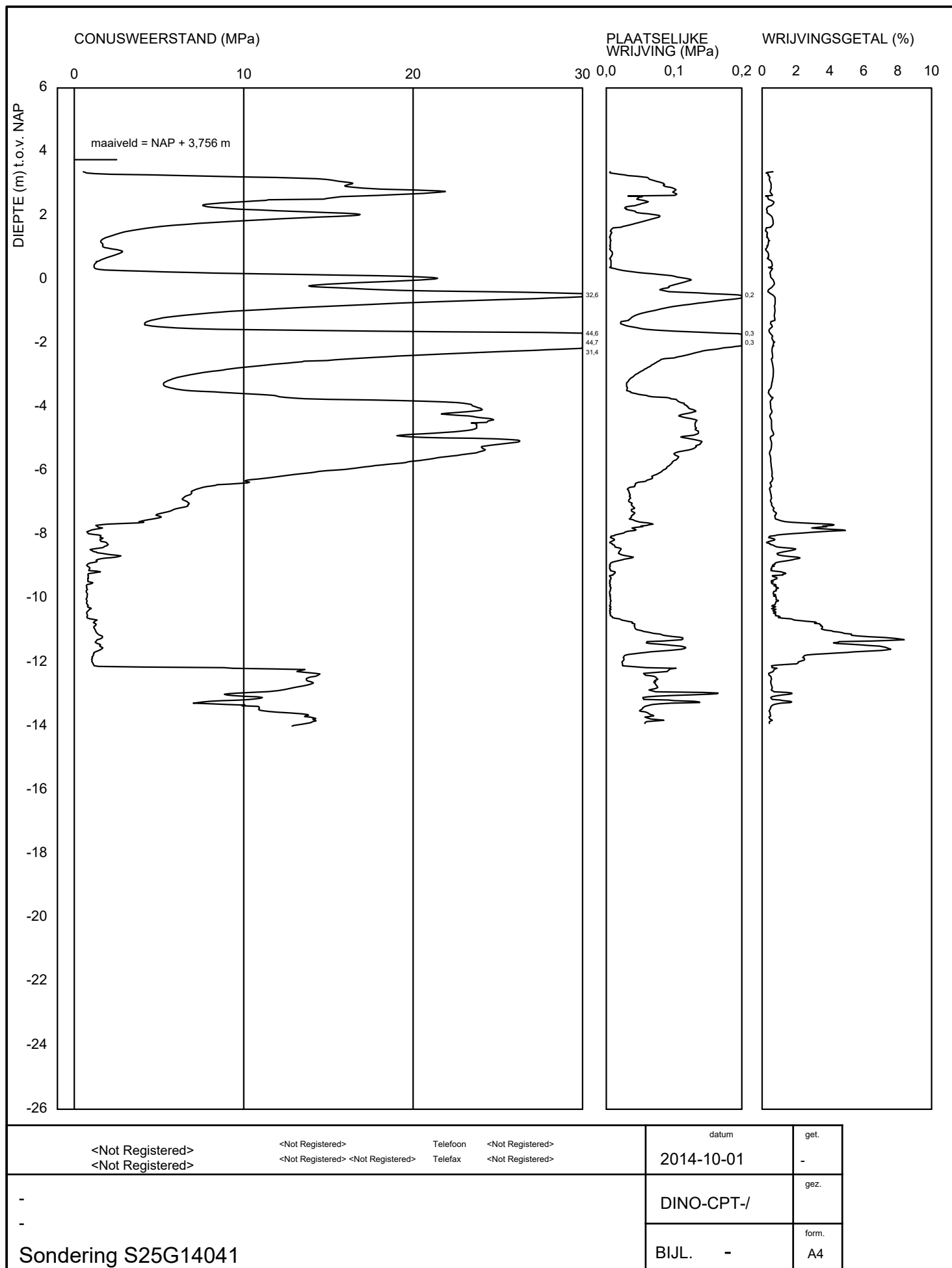
© 2016 Google

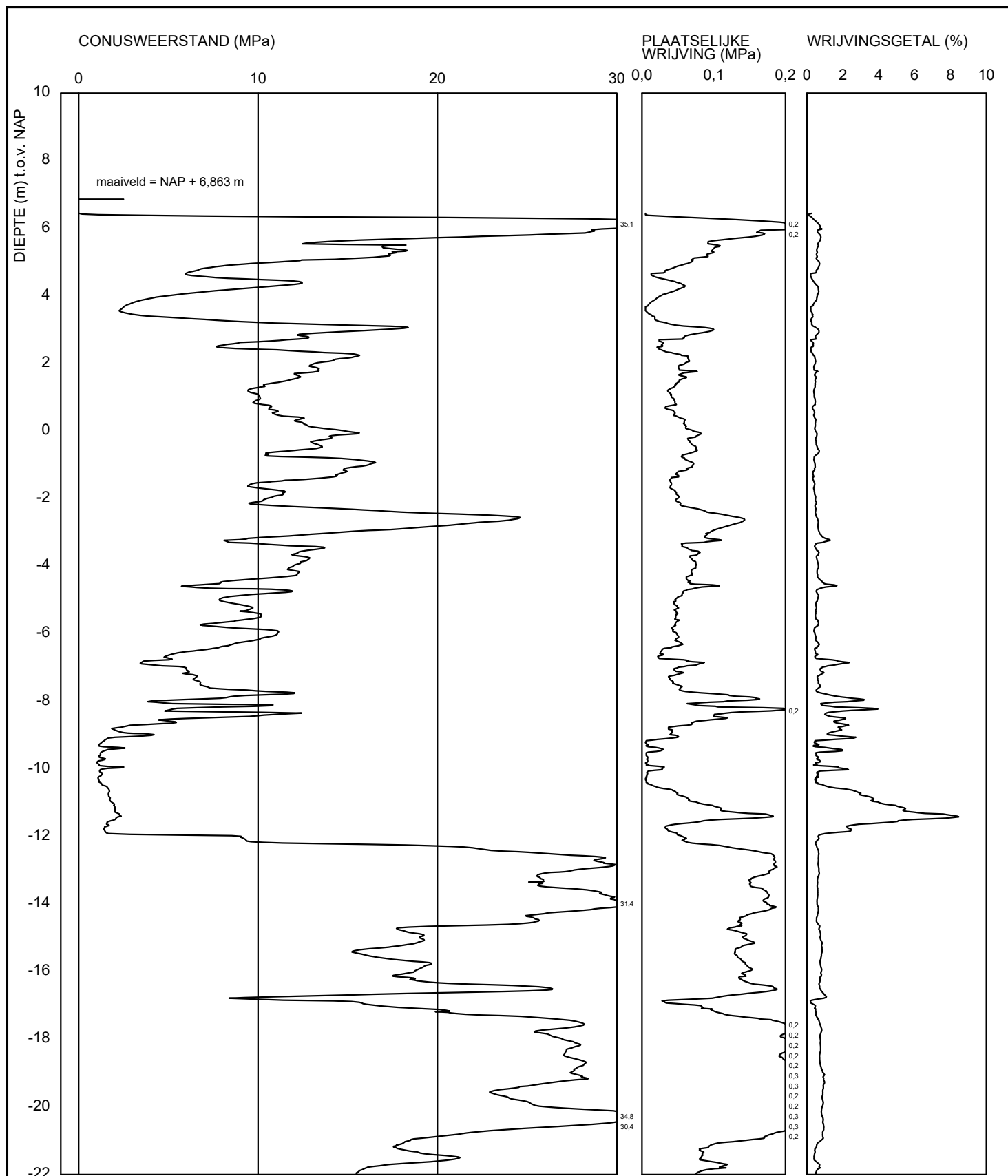




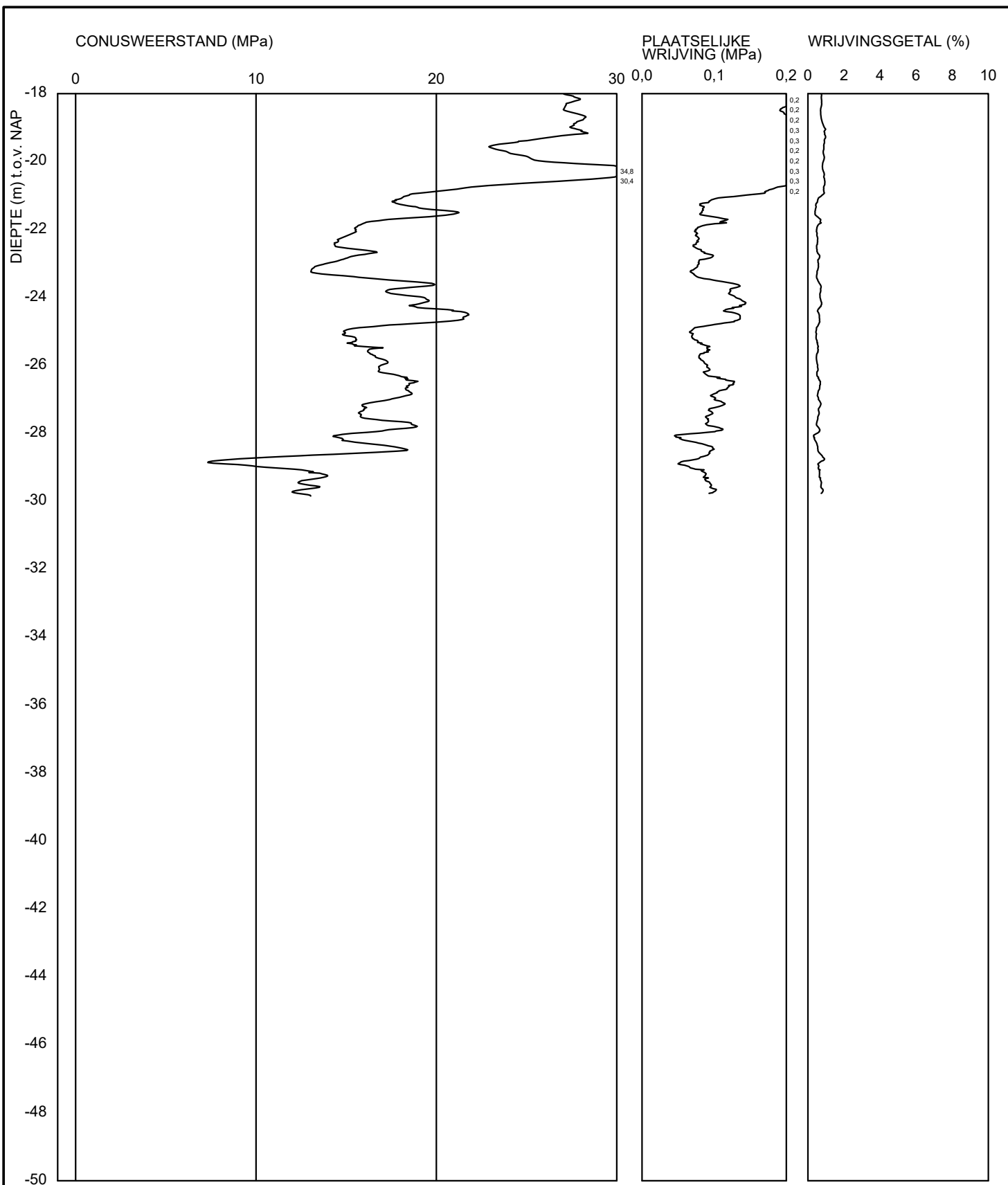




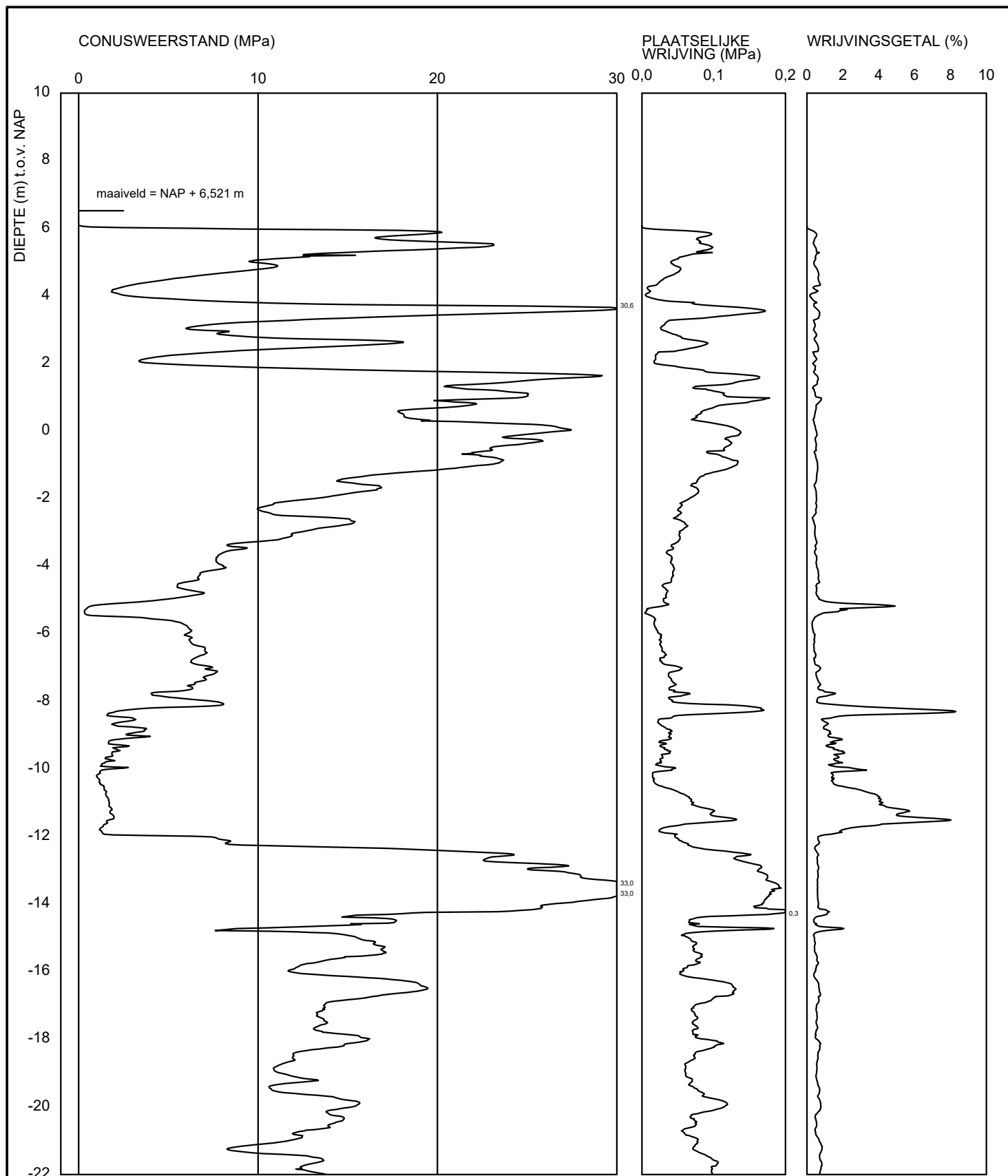




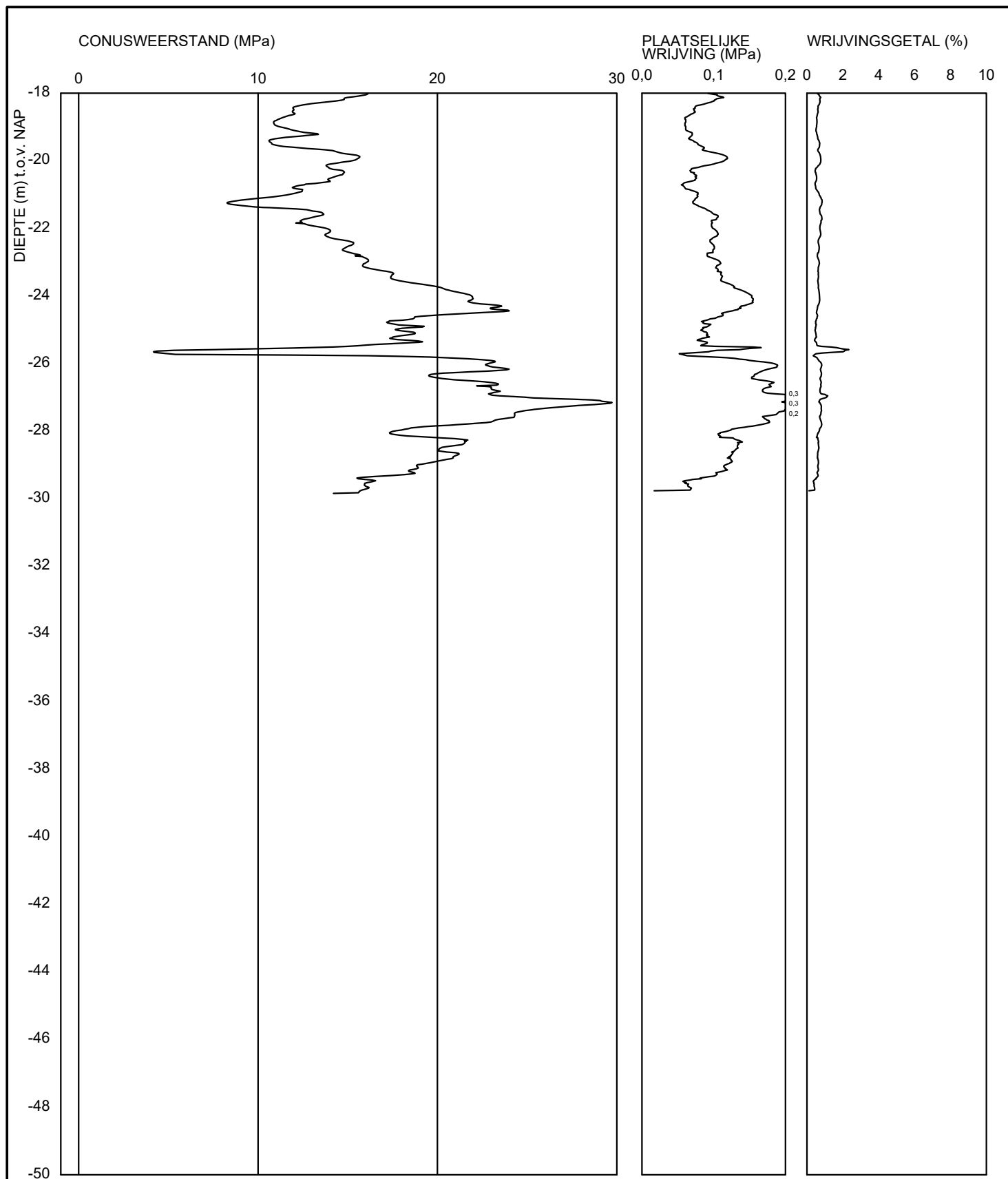
<Not Registered>				datum		get.
<Not Registered>				2014-10-01		-
<Not Registered>				DINO-CPT-/		gez.
-				BIJL. -		form.
-						A4



<div> <div><Not Registered></div> <div><Not Registered></div> <div><Not Registered></div> </div>				<div> <div>Telefoon</div> <div><Not Registered></div> </div>		<div> <div>datum</div> <div>2014-10-01</div> </div>		<div> <div>get.</div> <div>-</div> </div>	
<div> <div>-</div> <div>-</div> </div>						<div> <div>DINO-CPT-/-</div> </div>		<div> <div>gez.</div> </div>	
<div> <div>Sondering S25G14040</div> <div>[Blad 2 / 2]</div> </div>						<div> <div>BIJL.</div> <div>-</div> </div>		<div> <div>form.</div> <div>A4</div> </div>	



<Not Registered>				datum		get.
<Not Registered>				2014-09-27		-
<Not Registered>				DINO-CPT-/-		gez.
-				BIJL. -		form.
-						A4



<Not Registered> <Not Registered>				datum 2014-09-27		get. -
<Not Registered> <Not Registered> <Not Registered> <Not Registered> Telefoon Telefax				DINO-CPT-/-		gez.
Sondering S25G14039 [Blad 2 / 2]				BIJL. -		form. A4

Bijlage 4 Resultaten D-Geo Pipline berekening HDD 1

Rapport voor D-Geo Pipeline 16.1

Model : Horizontaal Gestuurde Boring
Ontwikkeld door Deltares

Bedrijfsnaam: Atron-Engineering

Datum van rapport: 22-9-2016
Tijd van rapport: 19:29:11

Bestandsnaam: \\Client\D\$\D-Geo\D-Geo Pipeline HDD 1 A9 Amstelveen

Projectbeschrijving: Horizontaal gestuurde boring
4xØ200mm PE100 SDR11
Bankrasweg (A9), Amstelveen (HDD-1)

1 Inhoudsopgave

1 Inhoudsopgave	2
2 Invoergegevens	4
2.1 Gebruikt Model	4
2.2 Laagscheidingen	4
2.3 PN-Lijnen	4
2.4 Freatische Lijn	4
2.5 Grondprofielen	4
2.6 Grenslagen	5
2.7 Configuratie van de Pijpleiding	5
2.8 Berekenings Verticalen	5
2.9 Materiaaltypen	6
2.10 Materiaalgegevens van de Leiding	7
2.11 Gegevens voor Leidingberekening	8
2.12 Verkeersbelasting	8
2.13 Geometrie	9
2.13.1 Geometrie Sectie, Detail	9
2.13.2 Geometrie Bovenanzicht	10
2.14 Boorvloeistof Gegevens	10
2.15 Factoren	10
3 Boorvloeistofdrukken	12
3.1 Boorvloeistof Gegevens	12
3.2 Evenwicht tussen Waterdruk en Boorvloeistofdruk	14
3.3 Boorvloeistofdruk Grafieken	15
3.3.1 Boorvloeistofdrukken tijdens Pilotboring	15
3.3.2 Boorvloeistofdrukken tijdens Voorruimen	16
3.3.3 Boorvloeistofdrukken tijdens Ruim- en Intrekoperatie	17
4 Grondmechanische Parameters	18
4.1 Grondmechanische Parameters 1x200mm PE100 SDR11 (1): leiding no. 1	18
4.2 Grondmechanische Parameters 1x200mm PE100 SDR11 (2): leiding no. 2	19
4.3 Grondmechanische Parameters 1x200mm PE100 SDR11 (3): leiding no. 3	21
4.4 Grondmechanische Parameters 1x200mm PE100 SDR11 (4): leiding no. 4	23
5 Gegevens voor Spanningsanalyse	25
5.1 Algemene gegevens	25
5.2 Ballasten Leiding	25
5.3 Trekkkrachtberekening	25
6 Spanningsanalyse of 1x200mm PE100 SDR11 (1): leiding no. 1	27
6.1 Materiaalgegevens of 1x200mm PE100 SDR11 (1): leiding no. 1	27
6.2 Resultaten Spanningsanalyse of 1x200mm PE100 SDR11 (1): leiding no. 1	27
6.2.1 Belasting Combinatie 1A: Begin Trekoperatie	28
6.2.2 Belasting Combinatie 1B: Einde Trekoperatie	28
6.2.3 Belasting Combinatie 2: Intern op Druk Brengen	28
6.2.4 Belasting Combinatie 3: Bedrijfstoestand in Drukloze Situatie	28
6.2.5 Belasting Combinatie 4: Bedrijfstoestand met Inwendige Druk	29
6.3 Controle van de Berekende Spanningen of 1x200mm PE100 SDR11 (1): leiding no. 1	29
6.3.1 Toetsing op Implosie of 1x200mm PE100 SDR11 (1): leiding no. 1	30
7 Spanningsanalyse of 1x200mm PE100 SDR11 (2): leiding no. 2	31
7.1 Materiaalgegevens of 1x200mm PE100 SDR11 (2): leiding no. 2	31
7.2 Resultaten Spanningsanalyse of 1x200mm PE100 SDR11 (2): leiding no. 2	31
7.2.1 Belasting Combinatie 1A: Begin Trekoperatie	32
7.2.2 Belasting Combinatie 1B: Einde Trekoperatie	32
7.2.3 Belasting Combinatie 2: Intern op Druk Brengen	32
7.2.4 Belasting Combinatie 3: Bedrijfstoestand in Drukloze Situatie	32
7.2.5 Belasting Combinatie 4: Bedrijfstoestand met Inwendige Druk	33
7.3 Controle van de Berekende Spanningen of 1x200mm PE100 SDR11 (2): leiding no. 2	33
7.3.1 Toetsing op Implosie of 1x200mm PE100 SDR11 (2): leiding no. 2	34
8 Spanningsanalyse of 1x200mm PE100 SDR11 (3): leiding no. 3	35
8.1 Materiaalgegevens of 1x200mm PE100 SDR11 (3): leiding no. 3	35
8.2 Resultaten Spanningsanalyse of 1x200mm PE100 SDR11 (3): leiding no. 3	35

8.2.1 Belasting Combinatie 1A: Begin Trekoperatie	36
8.2.2 Belasting Combinatie 1B: Einde Trekoperatie	36
8.2.3 Belasting Combinatie 2: Intern op Druk Brengen	36
8.2.4 Belasting Combinatie 3: Bedrijfstoestand in Drukloze Situatie	36
8.2.5 Belasting Combinatie 4: Bedrijfstoestand met Inwendige Druk	37
8.3 Controle van de Berekende Spanningen of 1x200mm PE100 SDR11 (3): leiding no. 3	37
8.3.1 Toetsing op Implosie of 1x200mm PE100 SDR11 (3): leiding no. 3	38
9 Spanningsanalyse of 1x200mm PE100 SDR11 (4): leiding no. 4	39
9.1 Materiaalgegevens of 1x200mm PE100 SDR11 (4): leiding no. 4	39
9.2 Resultaten Spanningsanalyse of 1x200mm PE100 SDR11 (4): leiding no. 4	39
9.2.1 Belasting Combinatie 1A: Begin Trekoperatie	40
9.2.2 Belasting Combinatie 1B: Einde Trekoperatie	40
9.2.3 Belasting Combinatie 2: Intern op Druk Brengen	40
9.2.4 Belasting Combinatie 3: Bedrijfstoestand in Drukloze Situatie	40
9.2.5 Belasting Combinatie 4: Bedrijfstoestand met Inwendige Druk	41
9.3 Controle van de Berekende Spanningen of 1x200mm PE100 SDR11 (4): leiding no. 4	41
9.3.1 Toetsing op Implosie of 1x200mm PE100 SDR11 (4): leiding no. 4	42

2 Invoergegevens

2.1 Gebruikt Model

Gebruikt Model : Horizontaal Gestuurde Boring

2.2 Laagscheidingen

Laagscheidingnummer	Coördinaten [m]				
7 - X -	-10,000	0,000	9,800	12,400	15,700
7 - Y -	-2,100	-2,100	-2,000	-1,200	-1,000
7 - X -	20,200	24,800	26,800	29,700	30,300
7 - Y -	-0,900	-0,900	-1,000	-2,600	-2,600
7 - X -	32,800	39,200	48,000	49,400	64,400
7 - Y -	-1,200	-1,000	0,400	0,900	6,100
7 - X -	66,500	85,300	88,700	105,200	108,600
7 - Y -	6,300	6,800	6,800	6,900	6,600
7 - X -	115,100	129,200	131,900	139,500	145,300
7 - Y -	4,800	4,600	4,600	4,700	4,300
7 - X -	151,300	161,804	161,900	167,800	171,800
7 - Y -	2,400	-3,149	-3,200	-4,000	-6,400
7 - X -	175,100	187,100	195,300	211,900	225,000
7 - Y -	-4,900	-4,800	-4,900	-5,000	-5,000
6 - X -	-10,000	161,804	161,900	167,800	171,800
6 - Y -	-3,000	-3,149	-3,200	-4,000	-6,400
6 - X -	175,100	187,100	195,300	211,900	225,000
6 - Y -	-4,900	-4,800	-4,900	-5,000	-5,000
5 - X -	-10,000	105,000	225,000		
5 - Y -	-3,000	-6,800	-7,500		
4 - X -	-10,000	105,000	225,000		
4 - Y -	-6,000	-6,800	-7,500		
3 - X -	-10,000	105,000	225,000		
3 - Y -	-7,500	-7,500	-7,500		
2 - X -	-10,000	105,000	225,000		
2 - Y -	-12,000	-12,000	-12,000		
1 - X -	-10,000	105,000	225,000		
1 - Y -	-20,000	-20,000	-20,000		
0 - X -	-10,000	225,000			
0 - Y -	-24,000	-24,000			

2.3 PN-Lijnen

PN-lijnnummer	Coördinaten [m]				
1 - X -	-10,000	105,366	133,815	225,000	
1 - Y -	-2,200	-2,200	-5,420	-5,420	
2 - X -	-10,000	225,000			
2 - Y -	-4,280	-4,280			

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
7	Zand matig	1	1
6	Zand, zwak kleiig	1	1

Laag nummer	Materiaalnaam	Piezo lijn op boven	Piezo lijn op onder
5	Veen	1	1
4	Veen	1	1
3	Klei zwak zandig	1	1
2	Zand, zwak kleiig	2	2
1	Zand matig	2	2

2.6 Grenslagen

De grens tussen cohesieve toplagen en onderliggende niet-cohesieve gedraineerde lagen, ligt aan de bovenzijde van laag nummer 2: Zand, zwak kleiig

De grens tussen compressibele toplagen en de onderliggende niet-compressibele lagen, ligt aan de bovenzijde van laag nummer 2: Zand, zwak kleiig

2.7 Configuratie van de Pijpleiding

X coördinaat linker punt	0,00	[m]
Y coördinaat linker punt	-2,10	[m]
Z coördinaat linker punt	0,00	[m]
X coördinaat rechter punt	203,33	[m]
Y coördinaat rechter punt	-5,00	[m]
Z coördinaat rechter punt	46,28	[m]
Hoek links	18,00	[graden]
Hoek rechts	16,00	[graden]
Diepste punt van de pijpleiding (hart boortracé)	-19,00	[m]
Hoek van de pijpleiding (tussen de stralen)	0,00	[graden]
Kromtestraal rollenbaan (intrekboog)	25,00	[m]
Kromtestraal links, vertikaal in/uit	240,00	[m]
Kromtestraal rechts, vertikaal in/uit	240,00	[m]
Aantal horizontale bochten:	1	[-]

De pijpleiding wordt van rechts naar links ingetrokken

Bocht nr.	X1-coord [m]	Z1-coord [m]	X2-coord [m]	Z2-coord [m]	Kromtestraal [m]	Richting [-]
1	49,38	0,00	156,36	24,04	250,00	rechts

2.8 Berekenings Verticalen

Verticaal nr.	L-coord [m]	Z-coord [m]	Additionele zetting [mm]
1	20,00	-8,56	0,00
2	25,00	-10,02	0,00
3	30,00	-11,37	0,00
4	35,00	-12,61	0,00
5	40,00	-13,73	0,00
6	45,00	-14,74	0,00
7	50,00	-15,64	0,00
8	55,00	-16,43	0,00
9	60,00	-17,11	0,00
10	65,00	-17,69	0,00
11	70,00	-18,16	0,00
12	75,00	-18,53	0,00
13	80,00	-18,79	0,00
14	85,00	-18,95	0,00
15	90,00	-19,00	0,00
16	95,00	-19,00	0,00
17	100,00	-19,00	0,00
18	105,00	-19,00	0,00
19	110,00	-19,00	0,00

Verticaal nr.	L-coord [m]	Z-coord [m]	Additionele zetting [mm]
20	115,00	-19,00	0,00
21	120,00	-19,00	0,00
22	125,00	-19,00	0,00
23	130,00	-19,00	0,00
24	135,00	-18,93	0,00
25	140,00	-18,76	0,00
26	145,00	-18,49	0,00
27	150,00	-18,11	0,00
28	155,00	-17,62	0,00
29	160,00	-17,03	0,00
30	165,00	-16,34	0,00
31	170,00	-15,53	0,00
32	175,00	-14,62	0,00
33	180,00	-13,59	0,00
34	185,00	-12,46	0,00
35	190,00	-11,21	0,00

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

2.9 Materiaaltypen

Naam	Gamma onverz [kN/m ³]	Gamma verz [kN/m ³]	Cohesie [kN/m ²]	Phi [graden]	Cu top [kN/m ²]	Cu onder [kN/m ²]	E _{mod} top [kN/m ²]	E _{mod} onder [kN/m ²]
Klei (slap)	14,00	14,00	0,00	17,50	25,00	25,00	1000	1000
Klei	13,40	17,90	10,00	17,50	50,00	50,00	2000	2000
Klei (vast)	19,00	19,00	25,00	17,50	100,00	100,00	4000	4000
Veen	2,30	10,30	1,00	15,00	100,00	100,00	200	200
Zand (fijn)	15,20	19,10	0,00	30,00	0,00	0,00	25000	25000
Zand siltig	17,20	19,20	0,00	32,50	0,00	0,00	50000	50000
Zand (vast)	18,50	20,50	0,00	35,00	0,00	0,00	50000	50000
Zand zwak siltig	15,60	19,30	0,00	32,50	0,00	0,00	35000	35000
Klei zwak zandig	15,00	18,80	10,00	22,50	80,00	80,00	3000	3000
Zand matig	17,00	19,40	0,00	30,00	0,00	0,00	30000	30000
Klei siltig, leem	17,10	18,10	0,00	27,50	0,00	0,00	2000	2000
Leem	20,30	21,30	2,50	27,50	44,00	44,00	5000	5000
Zand zwak siltig...	19,00	21,00	0,00	37,50	0,00	0,00	90000	90000
Zand, zwak kleiig	18,20	19,40	0,00	30,00	0,00	0,00	30000	30000
Zand, matig klei...	17,60	19,65	0,00	30,00	0,00	0,00	30000	30000

Naam	Adhesie A [kN/m ²]	Delta D [graden]	Nu [-]
Klei (slap)	-	-	0,45
Klei	-	-	0,45
Klei (vast)	-	-	0,45
Veen	-	-	0,40
Zand (fijn)	-	-	0,30
Zand siltig	-	-	0,30
Zand (vast)	-	-	0,30
Zand zwak siltig	-	-	0,30
Klei zwak zandig	-	-	0,45
Zand matig	-	-	0,30
Klei siltig, leem	-	-	0,35
Leem	-	-	0,35
Zand zwak siltig...	-	-	0,30
Zand, zwak kleiig	-	-	0,30
Zand, matig klei...	-	-	0,30

2.10 Materiaalgegevens van de Leiding

Invoergegevens leiding no. 1

Materiaal	Polyetheen	
Kwaliteit	PE100	
Elasticiteitsmodulus (kort)	975	[N/mm ²]
Elasticiteitsmodulus (lang)	350	[N/mm ²]
Toelaatbare spanning (kort)	10,0	[N/mm ²]
Toelaatbare spanning (lang)	8,0	[N/mm ²]
Tensile factor (alfa)	0,65	[-]
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	[deg C]

Invoergegevens leiding no. 2

Materiaal	Polyetheen	
Kwaliteit	PE100	
Elasticiteitsmodulus (kort)	975	[N/mm ²]
Elasticiteitsmodulus (lang)	350	[N/mm ²]
Toelaatbare spanning (kort)	10,0	[N/mm ²]
Toelaatbare spanning (lang)	8,0	[N/mm ²]
Tensile factor (alfa)	0,65	[-]
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	[deg C]

Invoergegevens leiding no. 3

Materiaal	Polyetheen	
Kwaliteit	PE100	
Elasticiteitsmodulus (kort)	975	[N/mm ²]
Elasticiteitsmodulus (lang)	350	[N/mm ²]
Toelaatbare spanning (kort)	10,0	[N/mm ²]
Toelaatbare spanning (lang)	8,0	[N/mm ²]
Tensile factor (alfa)	0,65	[-]
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	[deg C]

Invoergegevens leiding no. 4

Materiaal	Polyetheen	
Kwaliteit	PE100	
Elasticiteitsmodulus (kort)	975	[N/mm ²]
Elasticiteitsmodulus (lang)	350	[N/mm ²]
Toelaatbare spanning (kort)	10,0	[N/mm ²]
Toelaatbare spanning (lang)	8,0	[N/mm ²]
Tensile factor (alfa)	0,65	[-]
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	[deg C]
----------------------	------	---------

2.11 Gegevens voor Leidingberekening

Leiding gevuld met water op rollen	Nee	
Percentage leiding gevuld met vloeistof	0	[%]
Volume gewicht vloeistof	10,00	[kN/m ³]
Relatieve verplaatsing	10,00	[mm]
Samendrukkingsconstante	6,00	[-]
Lineaire uitzettingscoëfficiënt gemiddeld (alpha_g) voor stalen,	0,00	[mm/mmK]
Lineaire uitzettingscoëfficiënt gemiddeld (alpha_g) voor PE,	0,00	[mm/mmK]
Beddingsconstante boorvloeistof (Kv)	500,00	[kN/m ³]
Hoek van inwendige wrijving boorvloeistof	15,00	[graden]
Cohesie boorvloeistof	5,00	[kN/m ²]
Opleghoek	30	[graden]
Belastingshoek	30	[graden]
Wrijvingsfactor leiding-rollenbaan (f1)	0,10	[-]
Wrijvingscoëfficiënt leiding-boorvloeistof (f2)	0,000050	[N/mm ²]
Wrijvingsfactor leiding-grond (f3)	0,20	[-]
Speciale spannings analyse	niet gebruikt	

2.12 Verkeersbelasting

A9 (Li)

L begin	66,50	[m]
L einde	85,30	[m]
Belastingsmodel (grafiektype)	Graph I	

A9 (Re)

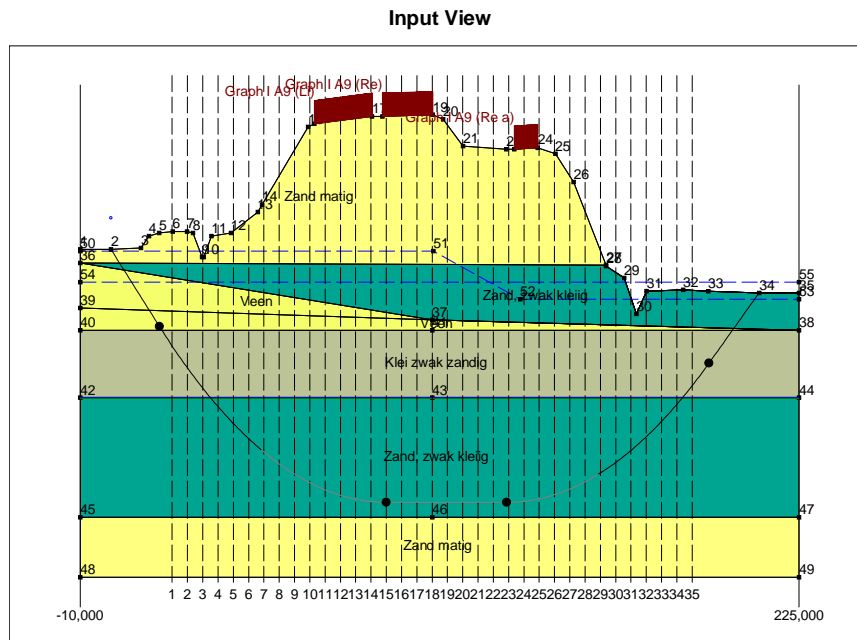
L begin	88,70	[m]
L einde	105,20	[m]
Belastingsmodel (grafiektype)	Graph I	

A9 (Re a)

L begin	131,90	[m]
L einde	139,50	[m]
Belastingsmodel (grafiektype)	Graph I	

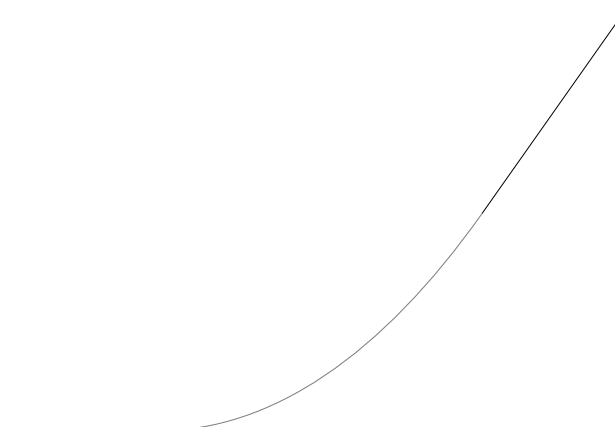
2.13 Geometrie

2.13.1 Geometrie Sectie, Detail



2.13.2 Geometrie Bovenaanzicht

Top View



2.14 Boorvloeistof Gegevens

Diameter boorgat pilotboring	0,251	[m]
Uitwendige diameter pilotbuis	0,090	[m]
Diameter boorgat voorruimen	0,640	[m]
Uitwendige diameter buis voorruimen	0,090	[m]
Diameter uiteindelijke boorgat	0,640	[m]
Uitwendige diameter leiding	0,400	[m]
Debiet tijdens pilotboring	1249,8	[liter/minute]
Debiet tijdens voorruimen	1000,2	[liter/minute]
Debiet tijdens intrekken	799,8	[liter/minute]
Factor debietverlies tijdens pilotboring	0,30	[-]
Factor debietverlies tijdens voorruimen	0,20	[-]
Factor debietverlies tijdens intrekken	0,20	[-]
Volumegewicht boorvloeistof	11,5	[kN/m ³]
Zwichtspanning boorvloeistof	0,015	[kN/m ²]
Viscositeit boorvloeistof	0,000040	[kN.s/m ²]

2.15 Factoren

Veiligheidsfactor implosie (Lang)	3,0	[-]
Veiligheidsfactor implosie (Kort)	1,5	[-]
Onzekerheidsfactor volumegewicht		
materiaaltypen onder en boven freatische lijn	1,10	[-]
Onzekerheidsfactor Cu/cohesie	1,40	[-]
Onzekerheidsfactor Phi	1,10	[-]
Onzekerheidsfactor E-modulus	1,25	[-]

Onzekerheidsfactor trekkracht	1,80	[-]
Onzekerheidsfactor beddingsconstante	1,60	[-]
Onzekerheidsfactor Qn	1,10	[-]
Onzekerheidsfactor druk boorgat	1,10	[-]
Onzekerheidsfactor buigend moment (Staal)	1,15	[-]
Onzekerheidsfactor buigend moment (Polyetheen)	1,40	[-]
Importantie factor (S)	1,00	[-]
Toelaatbare deflectie stalen leiding	15,00	[%]
Toelaatbare 'piggability' stalen leiding	5,00	[%]
Toelaatbare deflectie polyetheen leiding	8,00	[%]
Toelaatbare piggability polyetheen leiding	5,00	[%]
Volumegewicht water	10,00	[kN/m ³]
Veiligheid dekking (gedraineerde lagen)	0,67	[-]
Veiligheid dekking (ongedraineerde lagen)	0,50	[-]

3 Boorvloeistofdrukken

3.1 Boorvloeistof Gegevens

Verticaal nr.	Boorvloeistofdrukken pilot [kN/m ²]			
	Max, deformatie	Max, gronddruk	Min, links	Min, rechts
1	288	288	84	131
2	310	310	103	145
3	314	314	121	158
4	341	300	138	170
5	408	542	153	181
6	466	735	167	190
7	526	902	180	198
8	595	1031	191	205
9	657	1145	201	210
10	711	1243	210	214
11	730	1275	218	218
12	743	1298	224	219
13	755	1318	230	220
14	763	1333	234	220
15	767	1339	237	218
16	770	1344	239	216
17	772	1350	241	213
18	775	1355	244	211
19	758	1322	246	209
20	725	1259	248	206
21	722	1253	251	204
22	720	1249	253	202
23	718	1245	255	199
24	717	1244	257	196
25	714	1239	257	192
26	700	1214	256	187
27	654	1131	254	180
28	583	997	251	172
29	496	835	247	163
30	434	715	241	153
31	352	523	234	141
32	338	464	226	128
33	308	351	216	114
34	250	218	206	99
35	291	291	194	82

Verticaal nr.	Boorvloeistofdrukken voorruimen [kN/m ²]			
	Max, deformatie	Max, gronddruk	Min, links	Min, rechts
1	288	288	77	63
2	310	310	94	79
3	314	314	110	94
4	341	223	125	108
5	408	365	138	120
6	466	526	151	131
7	526	694	162	141
8	595	875	171	149
9	657	1038	180	157
10	711	1175	187	163
11	730	1231	193	168
12	743	1270	198	171
13	755	1301	201	174

Verticaal nr.	Boorvloeistofdrukken voorruimen [kN/m ²]			
	Max, deformatie	Max, gronddruk	Min, links	Min, rechts
14	763	1323	204	175
15	767	1332	205	175
16	770	1338	205	174
17	772	1344	206	174
18	775	1349	206	173
19	758	1313	207	173
20	725	1241	206	172
21	722	1235	204	172
22	720	1230	202	171
23	718	1225	199	170
24	717	1222	196	169
25	714	1212	192	167
26	700	1174	187	163
27	654	1067	180	158
28	583	900	172	152
29	496	700	163	144
30	434	555	153	136
31	352	383	141	126
32	338	327	128	115
33	308	243	114	103
34	250	218	99	89
35	291	291	82	74

Verticaal nr.	Boorvloeistofdrukken intrekken [kN/m ²]			
	Max, deformatie	Max, gronddruk	Min, links	Min, rechts
1	288	288	63	77
2	310	310	79	94
3	314	314	94	110
4	341	223	108	125
5	408	365	120	138
6	466	526	131	151
7	526	694	141	162
8	595	875	149	171
9	657	1038	157	180
10	711	1175	163	186
11	730	1231	168	190
12	743	1270	171	193
13	755	1301	174	194
14	763	1323	175	195
15	767	1332	175	194
16	770	1338	174	193
17	772	1344	174	191
18	775	1349	173	190
19	758	1313	173	189
20	725	1241	172	187
21	722	1235	172	186
22	720	1230	171	185
23	718	1225	170	183
24	717	1222	169	181
25	714	1212	167	178
26	700	1174	163	173
27	654	1067	158	168
28	583	900	152	161
29	496	700	144	153
30	434	555	136	143
31	352	383	126	133
32	338	327	115	121
33	308	243	103	108

Verticaal nr.	Boorvloeistofdrukken intrekken [kN/m ²]			
	Max, deformatie	Max, gronddruk	Min, links	Min, rechts
34	250	218	89	93
35	291	291	74	77

De minimaal vereiste mud druk is berekend en kan worden vergeleken met de berekende maximaal toelaatbare mud drukken. De maximale druk gebaseerd op deformatie houdt rekening met de vorming van scheuren rond het boorgat, terwijl de maximale druk gebaseerd op gronddruk een frac-out aangeeft richting maaiveld.

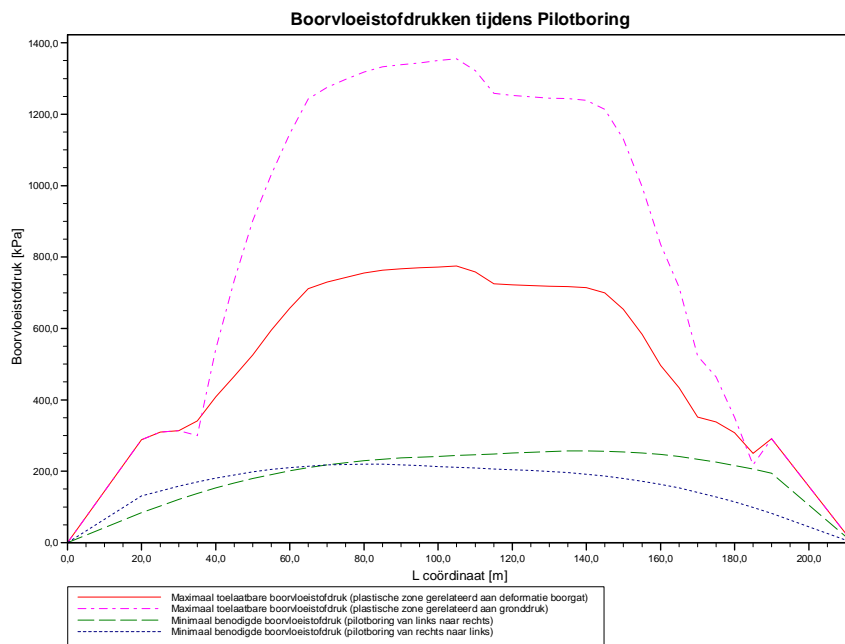
3.2 Evenwicht tussen Waterdruk en Boorvloeistofdruk

Verticaal nr.	Hydrostatische kolomdruk			
	Boorvloeistof [kN/m ²]	Water [kN/m ²]	Veiligheidsfactor [-]	Resultaat
1	73	64	1,16	voldoet
2	89	78	1,14	voldoet
3	104	92	1,13	voldoet
4	117	83	1,41	voldoet
5	129	94	1,37	voldoet
6	140	105	1,34	voldoet
7	149	114	1,31	voldoet
8	158	122	1,30	voldoet
9	164	128	1,28	voldoet
10	170	134	1,27	voldoet
11	175	139	1,26	voldoet
12	178	142	1,25	voldoet
13	180	145	1,24	voldoet
14	181	147	1,23	voldoet
15	181	147	1,23	voldoet
16	180	147	1,22	voldoet
17	179	147	1,21	voldoet
18	178	147	1,21	voldoet
19	177	147	1,20	voldoet
20	176	147	1,20	voldoet
21	175	147	1,19	voldoet
22	174	147	1,18	voldoet
23	173	147	1,18	voldoet
24	171	147	1,17	voldoet
25	169	145	1,16	voldoet
26	164	142	1,16	voldoet
27	159	138	1,15	voldoet
28	153	133	1,14	voldoet
29	145	128	1,14	voldoet
30	136	121	1,13	voldoet
31	126	113	1,12	voldoet
32	114	103	1,11	voldoet
33	102	93	1,09	voldoet niet
34	88	82	1,07	voldoet niet
35	72	58	1,25	voldoet

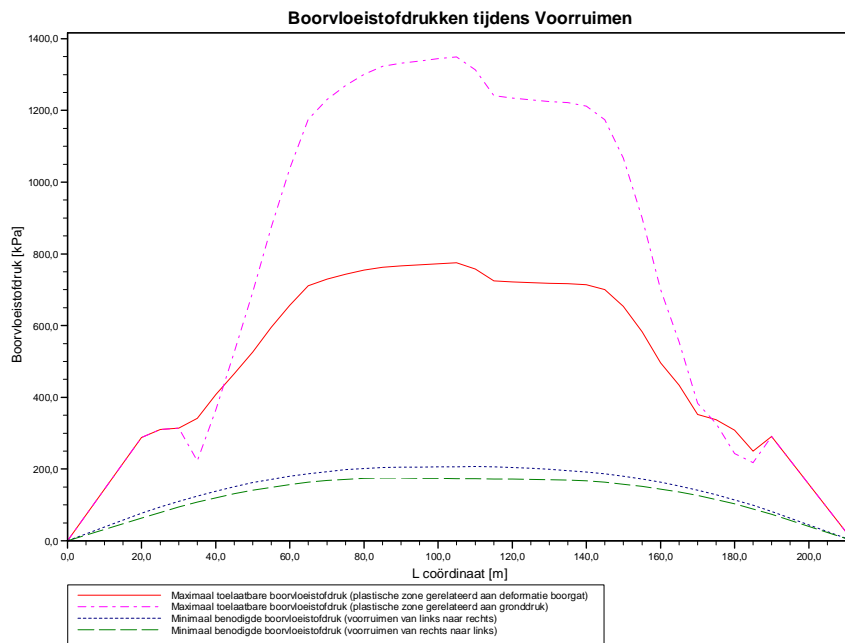
De statische mud druk is berekend en kan worden vergeleken met de berekende grondwater druk. De veiligheids factor wordt bepaald door de verhouding van mud druk en grondwater druk. Deze moet hoger zijn dan de vereiste veiligheidsfactor van 1,10

3.3 Boorvloeistofdruk Grafieken

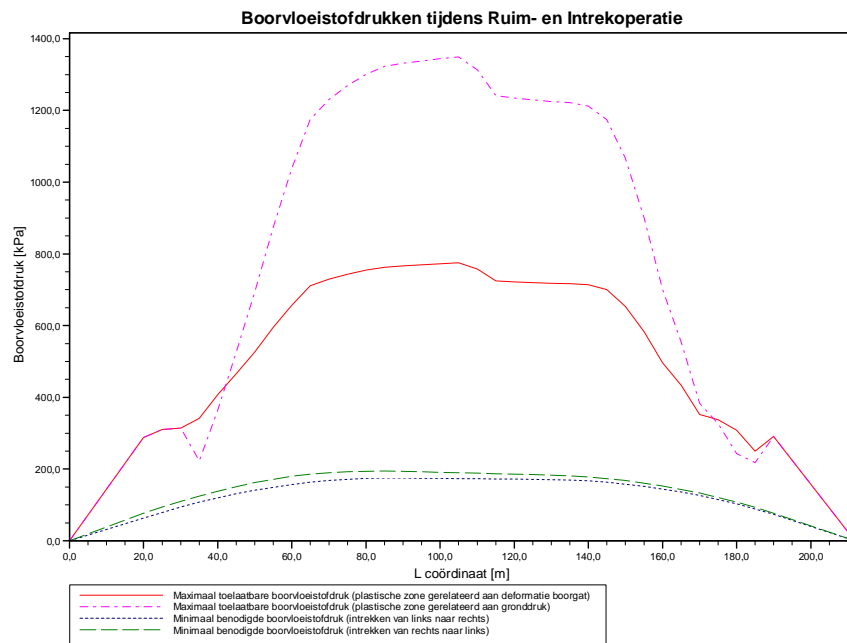
3.3.1 Boorvloeistofdrukken tijdens Pilotboring



3.3.2 Boorvloeistofdrukken tijdens Voorruimen



3.3.3 Boorvloeistofdrukken tijdens Ruim- en Intrekoperatie



4 Grondmechanische Parameters

4.1 Grondmechanische Parameters 1x200mm PE100 SDR11 (1): leiding no. 1

De volgende gegevens en uitgangspunten zijn gehanteerd voor de sterkteberekening:

Merk op: veiligheidsfactoren niet toegepast.

Pv;p	Passieve grondbelasting	kN/m ²
Pv;n	Neutrale grondbelasting	kN/m ²
Ph;n	Neutrale horizontale grondbelasting	kN/m ²
Pv;r;n	Gereduceerde neutrale grondbelasting	kN/m ²
kv;top	Verticaal beddingsgetal omhoog	kN/m ³
kv;top,max	Maximaal verticaal beddingsgetal omhoog	kN/m ³
dv	Verticale verplaatsing	mm
kv	Verticaal beddingsgetal omlaag	kN/m ³
Pv;e	Verticaal evenwichtsdraagvermogen	kN/m ²
kh	Horizontaal beddinggetal	kN/m ³
Ph;e	Horizontaal evenwichtsdraagvermogen	kN/m ²
tmax	Maximale wrijving leiding-boorvloei	kN/m ²
dmax	Corresponderende verplaatsing bij mobilisatie maximale wrijving	mm

Verticaal nr.	Pv;p [kN/m ²]	Pv;n [kN/m ²]	Ph;n [kN/m ²]	Pv;r;n [kN/m ²]	kv;top [kN/m ³]
1	225	49	18	25	8940
2	257	63	20	27	9367
3	229	51	16	22	9367
4	787	106	21	29	55718
5	868	122	23	32	99853
6	982	147	15	21	99853
7	1112	177	12	16	99853
8	1268	215	10	14	99853
9	1411	253	9	13	99853
10	1534	287	9	12	99853
11	1570	297	9	11	99853
12	1595	304	8	11	99853
13	1617	310	8	11	99853
14	1635	315	8	11	99853
15	1643	318	8	11	99853
16	1649	320	8	11	99853
17	1656	322	8	11	99853
18	1663	324	8	11	99853
19	1620	311	8	11	99853
20	1534	287	8	11	99853
21	1526	284	8	11	99853
22	1521	283	8	11	99853
23	1515	281	8	11	99853
24	1515	281	8	11	99853
25	1511	280	8	11	99853
26	1482	272	8	11	99853
27	1375	243	8	11	99853
28	1201	199	9	12	99853
29	988	148	9	12	99853
30	844	117	9	13	99853
31	646	79	10	13	99853
32	637	78	13	17	99853
33	591	70	21	28	99853
34	531	60	17	23	42042
35	251	60	17	23	9367

Verticaal nr.	dv [mm]	kv [kN/m ³]	Pv;e [kN/m ²]	kh [kN/m ³]	Ph;e [kN/m ²]	tmax [kN/m ²]	dmax [mm]
1	0	9367	867	6557	225	0,05	8
2	0	9367	1040	6557	257	0,05	8
3	0	52586	891	36811	229	0,05	8
4	0	99853	2849	69897	787	0,05	8
5	0	99853	3287	69897	868	0,05	8
6	0	99853	3941	69897	982	0,05	8
7	0	99853	4744	69897	1112	0,05	8
8	0	99853	5768	69897	1268	0,05	8
9	0	99853	6765	69897	1411	0,05	8
10	0	99853	7667	69897	1534	0,05	8
11	0	99853	7933	69897	1570	0,05	8
12	0	99853	8125	69897	1595	0,05	8
13	0	99853	8291	69897	1617	0,05	8
14	0	99853	8430	69897	1635	0,05	8
15	0	99853	8491	69897	1643	0,05	8
16	0	99853	8545	69897	1649	0,05	8
17	0	99853	8598	69897	1656	0,05	8
18	0	99853	8652	69897	1663	0,05	8
19	0	99853	8315	69897	1620	0,05	8
20	0	99853	7664	69897	1534	0,05	8
21	0	99853	7608	69897	1526	0,05	8
22	0	99853	7565	69897	1521	0,05	8
23	0	99853	7527	69897	1515	0,05	8
24	0	99853	7522	69897	1515	0,05	8
25	0	99853	7497	69897	1511	0,05	8
26	0	99853	7279	69897	1482	0,05	8
27	0	99853	6507	69897	1375	0,05	8
28	0	99853	5320	69897	1201	0,05	8
29	0	99853	3982	69897	988	0,05	8
30	0	99853	3153	69897	844	0,05	8
31	0	99853	2135	69897	646	0,05	8
32	0	99853	2094	69897	637	0,05	8
33	0	99853	1886	69897	591	0,05	8
34	0	99853	1629	69897	531	0,05	8
35	0	37555	1007	26289	251	0,05	8

Maximale grondbelasting : Pv;n;max = 324 kN/m²
 Maximale gereduceerde grondbelasting : Pv;r;n;max = 32 kN/m²
 Maximale verticale beddingsconstante (zonder veiligheidsfactor) : kv;max = 99853 kN/m³
 Maximale verticale beddingsconstante (veiligheidsfactor toegepast) : kv;max = 204230 kN/m³

4.2 Grondmechanische Parameters 1x200mm PE100 SDR11 (2): leiding no. 2

De volgende gegevens en uitgangspunten zijn gehanteerd voor de sterkteberekening:

Merk op: veiligheidsfactoren niet toegepast.

Pv;p	Passieve grondbelasting	kN/m ²
Pv;n	Neutrale grondbelasting	kN/m ²
Ph;n	Neutrale horizontale grondbelasting	kN/m ²
Pv;r;n	Gereduceerde neutrale grondbelasting	kN/m ²
kv;top	Verticaal beddingsgetal omhoog	kN/m ³
kv;top,max	Maximaal verticaal beddingsgetal omhoog	kN/m ³
dv	Verticale verplaatsing	mm
kv	Verticaal beddingsgetal omlaag	kN/m ³
Pv;e	Verticaal evenwichtsdraagvermogen	kN/m ²
kh	Horizontaal beddinggetal	kN/m ³
Ph;e	Horizontaal evenwichtsdraagvermogen	kN/m ²
tmax	Maximale wrijving leiding-boorvloeistof	kN/m ²

dmax Corresponderende verplaatsing bij mobilisatie maximale wrijving mm

Verticaal nr.	Pv;p [kN/m ²]	Pv;n [kN/m ²]	Ph;n [kN/m ²]	Pv;r;n [kN/m ²]	kv;top [kN/m ³]
1	225	49	18	25	8940
2	257	63	20	27	9367
3	229	51	16	22	9367
4	787	106	21	29	55718
5	868	122	23	32	99853
6	982	147	15	21	99853
7	1112	177	12	16	99853
8	1268	215	10	14	99853
9	1411	253	9	13	99853
10	1534	287	9	12	99853
11	1570	297	9	11	99853
12	1595	304	8	11	99853
13	1617	310	8	11	99853
14	1635	315	8	11	99853
15	1643	318	8	11	99853
16	1649	320	8	11	99853
17	1656	322	8	11	99853
18	1663	324	8	11	99853
19	1620	311	8	11	99853
20	1534	287	8	11	99853
21	1526	284	8	11	99853
22	1521	283	8	11	99853
23	1515	281	8	11	99853
24	1515	281	8	11	99853
25	1511	280	8	11	99853
26	1482	272	8	11	99853
27	1375	243	8	11	99853
28	1201	199	9	12	99853
29	988	148	9	12	99853
30	844	117	9	13	99853
31	646	79	10	13	99853
32	637	78	13	17	99853
33	591	70	21	28	99853
34	531	60	17	23	42042
35	251	60	17	23	9367

Verticaal nr.	dv [mm]	kv [kN/m ³]	Pv;e [kN/m ²]	kh [kN/m ³]	Ph;e [kN/m ²]	tmax [kN/m ²]	dmax [mm]
1	0	9367	867	6557	225	0,05	8
2	0	9367	1040	6557	257	0,05	8
3	0	52586	891	36811	229	0,05	8
4	0	99853	2849	69897	787	0,05	8
5	0	99853	3287	69897	868	0,05	8
6	0	99853	3941	69897	982	0,05	8
7	0	99853	4744	69897	1112	0,05	8
8	0	99853	5768	69897	1268	0,05	8
9	0	99853	6765	69897	1411	0,05	8
10	0	99853	7667	69897	1534	0,05	8
11	0	99853	7933	69897	1570	0,05	8
12	0	99853	8125	69897	1595	0,05	8
13	0	99853	8291	69897	1617	0,05	8
14	0	99853	8430	69897	1635	0,05	8
15	0	99853	8491	69897	1643	0,05	8
16	0	99853	8545	69897	1649	0,05	8
17	0	99853	8598	69897	1656	0,05	8
18	0	99853	8652	69897	1663	0,05	8
19	0	99853	8315	69897	1620	0,05	8
20	0	99853	7664	69897	1534	0,05	8

Verticaal nr.	dv [mm]	kv [kN/m ³]	Pv;e [kN/m ²]	kh [kN/m ³]	Ph;e [kN/m ²]	tmax [kN/m ²]	dmax [mm]
21	0	99853	7608	69897	1526	0,05	8
22	0	99853	7565	69897	1521	0,05	8
23	0	99853	7527	69897	1515	0,05	8
24	0	99853	7522	69897	1515	0,05	8
25	0	99853	7497	69897	1511	0,05	8
26	0	99853	7279	69897	1482	0,05	8
27	0	99853	6507	69897	1375	0,05	8
28	0	99853	5320	69897	1201	0,05	8
29	0	99853	3982	69897	988	0,05	8
30	0	99853	3153	69897	844	0,05	8
31	0	99853	2135	69897	646	0,05	8
32	0	99853	2094	69897	637	0,05	8
33	0	99853	1886	69897	591	0,05	8
34	0	99853	1629	69897	531	0,05	8
35	0	37555	1007	26289	251	0,05	8

Maximale grondbelasting : Pv;n;max = 324 kN/m²
 Maximale gereduceerde grondbelasting : Pv;r;n;max = 32 kN/m²
 Maximale verticale beddingsconstante (zonder veiligheidsfactor) : kv;max = 99853 kN/m³
 Maximale verticale beddingsconstante (veiligheidsfactor toegepast) : kv;max = 204230 kN/m³

4.3 Grondmechanische Parameters 1x200mm PE100 SDR11 (3): leiding no. 3

De volgende gegevens en uitgangspunten zijn gehanteerd voor de sterkteberekening:

Merk op: veiligheidsfactoren niet toegepast.

Pv;p	Passieve grondbelasting	kN/m ²
Pv;n	Neutrale grondbelasting	kN/m ²
Ph;n	Neutrale horizontale grondbelasting	kN/m ²
Pv;r;n	Gereduceerde neutrale grondbelasting	kN/m ²
kv;top	Verticaal beddingsgetal omhoog	kN/m ³
kv;top,max	Maximaal verticaal beddingsgetal omhoog	kN/m ³
dv	Verticale verplaatsing	mm
kv	Verticaal beddingsgetal omlaag	kN/m ³
Pv;e	Verticaal evenwichtsdraagvermogen	kN/m ²
kh	Horizontaal beddinggetal	kN/m ³
Ph;e	Horizontaal evenwichtsdraagvermogen	kN/m ²
tmax	Maximale wrijving leiding-boorvloeistof	kN/m ²
dmax	Corresponderende verplaatsing bij mobilisatie maximale wrijving	mm

Verticaal nr.	Pv;p [kN/m ²]	Pv;n [kN/m ²]	Ph;n [kN/m ²]	Pv;r;n [kN/m ²]	kv;top [kN/m ³]
1	225	49	18	25	8940
2	257	63	20	27	9367
3	229	51	16	22	9367
4	787	106	21	29	55718
5	868	122	23	32	99853
6	982	147	15	21	99853
7	1112	177	12	16	99853
8	1268	215	10	14	99853
9	1411	253	9	13	99853
10	1534	287	9	12	99853
11	1570	297	9	11	99853
12	1595	304	8	11	99853
13	1617	310	8	11	99853
14	1635	315	8	11	99853
15	1643	318	8	11	99853
16	1649	320	8	11	99853
17	1656	322	8	11	99853

Verticaal nr.	Pv;p [kN/m ²]	Pv;n [kN/m ²]	Ph;n [kN/m ²]	Pv;r;n [kN/m ²]	kv;top [kN/m ³]
18	1663	324	8	11	99853
19	1620	311	8	11	99853
20	1534	287	8	11	99853
21	1526	284	8	11	99853
22	1521	283	8	11	99853
23	1515	281	8	11	99853
24	1515	281	8	11	99853
25	1511	280	8	11	99853
26	1482	272	8	11	99853
27	1375	243	8	11	99853
28	1201	199	9	12	99853
29	988	148	9	12	99853
30	844	117	9	13	99853
31	646	79	10	13	99853
32	637	78	13	17	99853
33	591	70	21	28	99853
34	531	60	17	23	42042
35	251	60	17	23	9367

Verticaal nr.	dv [mm]	kv [kN/m ³]	Pv;e [kN/m ²]	kh [kN/m ³]	Ph;e [kN/m ²]	tmax [kN/m ²]	dmax [mm]
1	0	9367	867	6557	225	0,05	8
2	0	9367	1040	6557	257	0,05	8
3	0	52586	891	36811	229	0,05	8
4	0	99853	2849	69897	787	0,05	8
5	0	99853	3287	69897	868	0,05	8
6	0	99853	3941	69897	982	0,05	8
7	0	99853	4744	69897	1112	0,05	8
8	0	99853	5768	69897	1268	0,05	8
9	0	99853	6765	69897	1411	0,05	8
10	0	99853	7667	69897	1534	0,05	8
11	0	99853	7933	69897	1570	0,05	8
12	0	99853	8125	69897	1595	0,05	8
13	0	99853	8291	69897	1617	0,05	8
14	0	99853	8430	69897	1635	0,05	8
15	0	99853	8491	69897	1643	0,05	8
16	0	99853	8545	69897	1649	0,05	8
17	0	99853	8598	69897	1656	0,05	8
18	0	99853	8652	69897	1663	0,05	8
19	0	99853	8315	69897	1620	0,05	8
20	0	99853	7664	69897	1534	0,05	8
21	0	99853	7608	69897	1526	0,05	8
22	0	99853	7565	69897	1521	0,05	8
23	0	99853	7527	69897	1515	0,05	8
24	0	99853	7522	69897	1515	0,05	8
25	0	99853	7497	69897	1511	0,05	8
26	0	99853	7279	69897	1482	0,05	8
27	0	99853	6507	69897	1375	0,05	8
28	0	99853	5320	69897	1201	0,05	8
29	0	99853	3982	69897	988	0,05	8
30	0	99853	3153	69897	844	0,05	8
31	0	99853	2135	69897	646	0,05	8
32	0	99853	2094	69897	637	0,05	8
33	0	99853	1886	69897	591	0,05	8
34	0	99853	1629	69897	531	0,05	8
35	0	37555	1007	26289	251	0,05	8

Maximale grondbelasting	:	Pv;n;max = 324 kN/m ²
Maximale gereduceerde grondbelasting	:	Pv;r;n;max = 32 kN/m ²
Maximale verticale beddingsconstante (zonder veiligheidsfactor)	:	kv;max = 99853 kN/m ³
Maximale verticale beddingsconstante (veiligheidsfactor toegepast)	:	kv;max = 204230 kN/m ³

4.4 Grondmechanische Parameters 1x200mm PE100 SDR11 (4): leiding no. 4

De volgende gegevens en uitgangspunten zijn gehanteerd voor de sterkteberekening:

Merk op: veiligheidsfactoren niet toegepast.

Pv;p	Passieve grondbelasting	kN/m ²
Pv;n	Neutrale grondbelasting	kN/m ²
Ph;n	Neutrale horizontale grondbelasting	kN/m ²
Pv;r;n	Gereduceerde neutrale grondbelasting	kN/m ²
kv;top	Verticaal beddingsgetal omhoog	kN/m ³
kv;top,max	Maximaal verticaal beddingsgetal omhoog	kN/m ³
dv	Verticale verplaatsing	mm
kv	Verticaal beddingsgetal omlaag	kN/m ³
Pv;e	Verticaal evenwichtsdraagvermogen	kN/m ²
kh	Horizontaal beddinggetal	kN/m ³
Ph;e	Horizontaal evenwichtsdraagvermogen	kN/m ²
tmax	Maximale wrijving leiding-boorvloeistof	kN/m ²
dmax	Corresponderende verplaatsing bij mobilisatie maximale wrijving	mm

Verticaal nr.	Pv;p [kN/m ²]	Pv;n [kN/m ²]	Ph;n [kN/m ²]	Pv;r;n [kN/m ²]	kv;top [kN/m ³]
1	225	49	18	25	8940
2	257	63	20	27	9367
3	229	51	16	22	9367
4	787	106	21	29	55718
5	868	122	23	32	99853
6	982	147	15	21	99853
7	1112	177	12	16	99853
8	1268	215	10	14	99853
9	1411	253	9	13	99853
10	1534	287	9	12	99853
11	1570	297	9	11	99853
12	1595	304	8	11	99853
13	1617	310	8	11	99853
14	1635	315	8	11	99853
15	1643	318	8	11	99853
16	1649	320	8	11	99853
17	1656	322	8	11	99853
18	1663	324	8	11	99853
19	1620	311	8	11	99853
20	1534	287	8	11	99853
21	1526	284	8	11	99853
22	1521	283	8	11	99853
23	1515	281	8	11	99853
24	1515	281	8	11	99853
25	1511	280	8	11	99853
26	1482	272	8	11	99853
27	1375	243	8	11	99853
28	1201	199	9	12	99853
29	988	148	9	12	99853
30	844	117	9	13	99853
31	646	79	10	13	99853
32	637	78	13	17	99853
33	591	70	21	28	99853
34	531	60	17	23	42042

Verticaal nr.	Pv;p [kN/m ²]	Pv;n [kN/m ²]	Ph;n [kN/m ²]	Pv;r;n [kN/m ²]	kv;top [kN/m ³]
35	251	60	17	23	9367

Verticaal nr.	dv [mm]	kv [kN/m ³]	Pv;e [kN/m ²]	kh [kN/m ³]	Ph;e [kN/m ²]	tmax [kN/m ²]	dmax [mm]
1	0	9367	867	6557	225	0,05	8
2	0	9367	1040	6557	257	0,05	8
3	0	52586	891	36811	229	0,05	8
4	0	99853	2849	69897	787	0,05	8
5	0	99853	3287	69897	868	0,05	8
6	0	99853	3941	69897	982	0,05	8
7	0	99853	4744	69897	1112	0,05	8
8	0	99853	5768	69897	1268	0,05	8
9	0	99853	6765	69897	1411	0,05	8
10	0	99853	7667	69897	1534	0,05	8
11	0	99853	7933	69897	1570	0,05	8
12	0	99853	8125	69897	1595	0,05	8
13	0	99853	8291	69897	1617	0,05	8
14	0	99853	8430	69897	1635	0,05	8
15	0	99853	8491	69897	1643	0,05	8
16	0	99853	8545	69897	1649	0,05	8
17	0	99853	8598	69897	1656	0,05	8
18	0	99853	8652	69897	1663	0,05	8
19	0	99853	8315	69897	1620	0,05	8
20	0	99853	7664	69897	1534	0,05	8
21	0	99853	7608	69897	1526	0,05	8
22	0	99853	7565	69897	1521	0,05	8
23	0	99853	7527	69897	1515	0,05	8
24	0	99853	7522	69897	1515	0,05	8
25	0	99853	7497	69897	1511	0,05	8
26	0	99853	7279	69897	1482	0,05	8
27	0	99853	6507	69897	1375	0,05	8
28	0	99853	5320	69897	1201	0,05	8
29	0	99853	3982	69897	988	0,05	8
30	0	99853	3153	69897	844	0,05	8
31	0	99853	2135	69897	646	0,05	8
32	0	99853	2094	69897	637	0,05	8
33	0	99853	1886	69897	591	0,05	8
34	0	99853	1629	69897	531	0,05	8
35	0	37555	1007	26289	251	0,05	8

Maximale grondbelasting : Pv;n;max = 324 kN/m²
 Maximale gereduceerde grondbelasting : Pv;r;n;max = 32 kN/m²
 Maximale verticale beddingsconstante (zonder veiligheidsfactor) : kv;max = 99853 kN/m³
 Maximale verticale beddingsconstante (veiligheidsfactor toegepast) : kv;max = 204230 kN/m³

5 Gegevens voor Spanningsanalyse

5.1 Algemene gegevens

Aantal leidingen in bundel	:	Npipes= 4 [-]
Diameter leiding	:	Do = 200,00 mm
Nominale wanddikte	:	t = 18,2 mm
Volumegewicht leidingmateriaal	:	gamma_s = 9,54 kN/m ³
Diameter leiding	:	Do = 200,00 mm
Nominale wanddikte	:	t = 18,2 mm
Volumegewicht leidingmateriaal	:	gamma_s = 9,54 kN/m ³
Diameter leiding	:	Do = 200,00 mm
Nominale wanddikte	:	t = 18,2 mm
Volumegewicht leidingmateriaal	:	gamma_s = 9,54 kN/m ³
Diameter leiding	:	Do = 200,00 mm
Nominale wanddikte	:	t = 18,2 mm
Volumegewicht leidingmateriaal	:	gamma_s = 9,54 kN/m ³
Volumegewicht boorvloeistof	:	gamma_b = 11,50 kN/m ³
Minimale kromtestraal	:	Rmin = 173 m
Kromtestraal op rollenbaan (intrekboog)	:	Rrol = 25 m
Wrijvingscoëfficiënt leiding/rollenbaan	:	f1 = 0,10
Wrijving tussen leiding en boorvloeistof	:	f2 = 0,000050 N/mm ²
Wrijvingscoëfficiënt leiding/grond	:	f3 = 0,20
Maximale beddingsconstante	:	kv, max = 101954 kN/m ³

5.2 Ballasten Leiding

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

Bij een vulling percentage van 0% ontstaat het volgende resulterende gewicht.

Opwaartse kracht	:	145	[kg/m]
Gewicht productbuis (inclusief vulling)	:	40	[kg/m]

Resultaat	:	105	[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)	Verwachtingswaarde voor de trekkracht (kN)
T1	0	9
T2	17	13
T3	84	34
T4	123	45
T5	199	70
T6	215	75

De berekende waarden van de trekkracht zijn verwachtingswaarden waarop nog een minimale onzekerheidsfactor van 1.4 moet worden toegepast in de sterkte berekening. In de volgende sterkteberekening is een factor van 1,80 gebruikt en een belasting factor van 1,00 (alleen voor staal).

6 Spanningsanalyse of 1x200mm PE100 SDR11 (1): leiding no. 1

6.1 Materiaalgegevens of 1x200mm PE100 SDR11 (1): leiding no. 1

De volgende gegevens en uitgangspunten zijn gehanteerd voor de sterkteberekening:

Leiding materiaal	: Polyetheen PE100
Buiten- diameter	: $D_o = 200,00$ mm
Nominale wanddikte	: $t = 18,20$ mm
Ontwerpdruk	: $p_d = 0,00$ bar
Test druk	: $p_t = 0,00$ bar
Temperatuur variatie	: $dt = 0,00$ deg Celcius
Lengte leiding	: $L = 215$ 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)	: $S = 1,00$
Constante van Poisson	: $\nu = 0,40$
Volumegegewicht leidingmateriaal	: $\gamma_s = 9,54$ kN/m ³
Onzekerheidsfactor kromte straal	: $s_f = 1,10$
Opleghoek	: $\beta = 30$ graden
Belastingshoek	: $\alpha = 30$ graden
Momentcoëfficiënt grond top (indirect)	: $k_t' = 0,078$
Momentcoëfficiënt grond bodem (indirect)	: $k_b' = 0,179$
Momentcoëfficiënt grond top (direct)	: $k_t = 0,257$
Momentcoëfficiënt bodem (direct)	: $k_b = 0,257$
Deflectiecoëfficiënt (indirect)	: $k_y' = 0,071$
Deflectiecoëfficiënt (direct)	: $k_y = 0,143$
Maximale verticale grondbelasting	: $P_{v;r;n;max} = 32$ kN/m ²
Maximale beddingsconstante	: $k_v;max = 204230$ kN/m ³
Belastingsfactor aanlegbelasting	: $f_{Install} = 1,00$
Belastingsfactor Qn	: $f_{Qn1} = 1,00$
Belastingsfactor ontwerpdruk	: $f_{pd} = 1,00$
Belastingsfactor ontwerpdruk (combinatie)	: $f_{pd;comb} = 1,00$
Belastingsfactor testdruk	: $f_{pt} = 1,00$
Belastingsfactor temperatuur	: $f_{temp} = 1,00$
Onzekerheidsfactor buigend moment	: $f_M = 1,40$
Onzekerheidsfactor kromte straal	: $f_R = 1,00$
Onzekerheidsfactor Qn	: $f_{Qn2} = 1,10$
Onzekerheidsfactor beddingsconstante	: $f_{kv} = 1,60$
Samengestelde factor op het moment (bijdrage van 3 factoren)	: $f_k = f_M * f_{Install} / f_R = 1,40$
Lineaire uitzettingscoëfficiënt gemiddeld tussen t_1 en t_2	: $\alpha_g = 0,00018$ mm/mmK

6.2 Resultaten Spanningsanalyse of 1x200mm PE100 SDR11 (1): leiding no. 1

Voor de berekening worden 5 belasting fasen onderscheiden:

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

De wanddikte is 18,2 mm. Hierna wordt door middel van een berekening conform NEN 3650 serie aangetoond dat deze wanddikte voldoet

6.2.1 Belasting Combinatie 1A: Begin Trekoperatie

Axiale spanning:

$$\sigma_b = M_b/W_b = f_k \cdot E \cdot I_b / (R_{ol} \cdot W_b) = 5,5 \quad [N/mm^2]$$

$$\sigma_t = f_{pull} \cdot T_1/A = 0,4 \quad [N/mm^2]$$

$$\text{Maximale axiale spanning } \sigma_{a,max} = 3,9 \quad [N/mm^2]$$

De tangentele spanning is in deze fase verwaarloosbaar.

6.2.2 Belasting Combinatie 1B: Einde Trekoperatie

Axiale spanning:

$$\sigma_b = M_b/W_b = f_k \cdot E \cdot I_b / (R_{min} \cdot W_b) = 0,8 \quad N/mm^2$$

$$\sigma_t = f_{pull} \cdot T_{max}/A = 3,2 \quad N/mm^2$$

$$\text{Maximale axiale spanning } \sigma_{a,max} = 3,7 \quad N/mm^2$$

Tangentele spanning:

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

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

$$\lambda = (k_v \cdot D_o / (4 \cdot E \cdot I))^{0.25} = 3,9E-3 \quad mm^{-1}$$

$$q_r = 0,006119 \quad N/mm^2$$

$$\sigma_{qr} = k' \cdot q_r \cdot (r_g/W_w) \cdot D_o = 0,4 \quad N/mm^2$$

$$\text{Maximale tangentele spanning } \sigma_{t,max} = 0,4 \quad N/mm^2$$

6.2.3 Belasting Combinatie 2: Intern op Druk Brengen

Ten gevolge van inwendige druk :

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

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

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

6.2.4 Belasting Combinatie 3: Bedrijfstoestand in Drukloze Situatie

Axiale spanning:

$$\sigma_b = M_b/W_b = f_k \cdot E \cdot I_b / (R_{ol} \cdot W_b) = 0,3 \quad N/mm^2$$

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

Tangentele spanning:

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

$$\sigma_{qn} = k \cdot q_n \cdot (r_g/W_w) \cdot D_o = 2,9 \quad N/mm^2$$

Maximale tangentele spanning $\Sigma_{t,max}$	=	2,1	N/mm ²
6.2.5 Belasting Combinatie 4: Bedrijftoestand met Inwendige Druk			
Axiale spanning:			
$\Sigma_b = M_b/W_b = f_k \cdot E \cdot I_b / (R_{ol} \cdot W_b)$	=	0,3	N/mm ²
Ten gevolge van inwendige druk :			
$\Sigma_{py} = p_d \cdot ((r_u^2 + r_i^2) / (r_u^2 - r_i^2))$	=	0,0	N/mm ²
$\Sigma_{px} = 0.5 \cdot \Sigma_{py}$	=	0,0	N/mm ²
$\Sigma_{ptest} = p_t \cdot ((r_u^2 + r_i^2) / (r_u^2 - r_i^2))$	=	0,0	N/mm ²
$\Sigma_{Temp} = dt \cdot \gamma_t \cdot \alpha_g \cdot E$	=	0,0	N/mm ²
Maximale axiale spanning $\Sigma_{a,max}$	=	0,2	N/mm ²
Tangentele spanning:			
$\Sigma_{qr} = k' \cdot q_r \cdot (rg/W_w) \cdot D_o$	=	0,2	N/mm ²
$\Sigma_{qn} = k \cdot q_n \cdot (rg/W_w) \cdot D_o$	=	2,9	N/mm ²
Rerounding factor F_{rr}	=	1,000	
Rerounding factor F'_{rr}	=	1,000	
$\Sigma_{t,max} = \Sigma_{py} + ((F'_{rr} \cdot \Sigma_{qr}) + (F_{rr} \cdot \Sigma_{qn}))$			
Maximale tangentele spanning $\Sigma_{t,max}$	=	2,1	N/mm ²

6.3 Controle van de Berekende Spanningen of 1x200mm PE100 SDR11 (1): leiding no. 1

Belasting combinatie 1

- $\Sigma_{AxMax} < ShortStrength \cdot DamageFactor$
- $\Sigma_{TanMax} < ShortStrength \cdot DamageFactor$

Belasting combinatie 2

- $\Sigma_{ptest} < ShortStrength \cdot DamageFactor$
- $\Sigma_{py} < LongStrength \cdot DamageFactor$

Belasting combinatie 3

- $\Sigma_{AxMax} < LongStrength \cdot DamageFactor$
- $\Sigma_{TanMax} < LongStrength \cdot DamageFactor$

Belasting combinatie 4

- $\Sigma_{AxMax} < LongStrength \cdot DamageFactor$
- $\Sigma_{TanMax} < LongStrength \cdot DamageFactor$

Voor alle spanningssituaties zijn de spanningen toelaatbaar.

	Max toelaatbare spanning [N/mm ²]	Spannings combinatie1A	Spannings combinatie1B	Spannings combinatie2	Spannings combinatie3	Spannings combinatie4
Sigma_ptest	10,00 (kort)	-	-	0,0	-	-
Sigma_py	8,00 (lang)	-	-	0,0	-	-
Sigma_axiaal	10,00 (kort)	3,9	3,7	-	-	-
Sigma_axiaal	8,00 (lang)	-	-	-	0,2	0,2
Sigma_tan...	10,00 (kort)	-	0,4	-	-	-
Sigma_tan...	8,00 (lang)	-	-	-	2,1	2,1

Spanningen in de leiding [N/mm²]

De deflectie van de leiding is 2,6 mm (1,28% 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 voor piggability is 10,0 mm (5,00% x Do). De deflectie is toelaatbaar.

6.3.4 Toetsing op Implosie of 1x200mm PE100 SDR11 (1): leiding no. 1

Tijdens het intrekken wordt de leiding belast door de heersende bentonietdruk. De hoogste minimaal benodigde druk tijdens het intrekken is gelijk aan 195 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 147 kN/m², dit is kleiner dan de toelaatbare alzijdige uitwendige druk van 279 kN/m².

7 Spanningsanalyse of 1x200mm PE100 SDR11 (2): leiding no. 2

7.1 Materiaalgegevens of 1x200mm PE100 SDR11 (2): leiding no. 2

De volgende gegevens en uitgangspunten zijn gehanteerd voor de sterkteberekening:

Leiding materiaal	: Polyetheen PE100
Buiten- diameter	: $D_o = 200,00$ mm
Nominale wanddikte	: $t = 18,20$ mm
Ontwerpdruk	: $p_d = 0,00$ bar
Test druk	: $p_t = 0,00$ bar
Temperatuur variatie	: $dt = 0,00$ deg Celcius
Lengte leiding	: $L = 215$ 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)	: $S = 1,00$
Constante van Poisson	: $\nu = 0,40$
Volumegegewicht leidingmateriaal	: $\gamma_s = 9,54$ kN/m ³
Onzekerheidsfactor kromte straal	: $sf = 1,10$
Opleghoek	: $\beta = 30$ graden
Belastingshoek	: $\alpha = 30$ 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 verticale grondbelasting	: $P_{v;r;n;max} = 32$ kN/m ²
Maximale beddingsconstante	: $k_{v;max} = 204230$ kN/m ³
Belastingsfactor aanlegbelasting	: $f_{Install} = 1,00$
Belastingsfactor Qn	: $f_{Qn1} = 1,00$
Belastingsfactor ontwerpdruk	: $f_{pd} = 1,00$
Belastingsfactor ontwerpdruk (combinatie)	: $f_{pd;comb} = 1,00$
Belastingsfactor testdruk	: $f_{pt} = 1,00$
Belastingsfactor temperatuur	: $f_{temp} = 1,00$
Onzekerheidsfactor buigend moment	: $f_M = 1,40$
Onzekerheidsfactor kromte straal	: $f_R = 1,00$
Onzekerheidsfactor Qn	: $f_{Qn2} = 1,10$
Onzekerheidsfactor beddingsconstante	: $f_{kv} = 1,60$
Samengestelde factor op het moment (bijdrage van 3 factoren)	: $f_k = f_M * f_{Install} / f_R = 1,40$
Lineaire uitzettingscoëfficiënt gemiddeld tussen t_1 en t_2	: $\alpha_g = 0,00018$ mm/mmK

7.2 Resultaten Spanningsanalyse of 1x200mm PE100 SDR11 (2): leiding no. 2

Voor de berekening worden 5 belasting fasen onderscheiden:

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

De wanddikte is 18,2 mm. Hierna wordt door middel van een berekening conform NEN 3650 serie aangetoond dat deze wanddikte voldoet

7.2.1 Belasting Combinatie 1A: Begin Trekoperatie

Axiale spanning:

$$\sigma_b = M_b/W_b = f_k \cdot E \cdot I_b / (R_{ol} \cdot W_b) = 5,5 \quad [N/mm^2]$$

$$\sigma_t = f_{pull} \cdot T_1/A = 0,4 \quad [N/mm^2]$$

$$\text{Maximale axiale spanning } \sigma_{a,max} = 3,9 \quad [N/mm^2]$$

De tangentele spanning is in deze fase verwaarloosbaar.

7.2.2 Belasting Combinatie 1B: Einde Trekoperatie

Axiale spanning:

$$\sigma_b = M_b/W_b = f_k \cdot E \cdot I_b / (R_{min} \cdot W_b) = 0,8 \quad N/mm^2$$

$$\sigma_t = f_{pull} \cdot T_{max}/A = 3,2 \quad N/mm^2$$

$$\text{Maximale axiale spanning } \sigma_{a,max} = 3,7 \quad N/mm^2$$

Tangentele spanning:

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

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

$$\lambda = (k_v \cdot D_o / (4 \cdot E \cdot I))^{0.25} = 3,9E-3 \quad mm^{-1}$$

$$q_r = 0,006119 \quad N/mm^2$$

$$\sigma_{qr} = k' \cdot q_r \cdot (r_g/W_w) \cdot D_o = 0,4 \quad N/mm^2$$

$$\text{Maximale tangentele spanning } \sigma_{t,max} = 0,4 \quad N/mm^2$$

7.2.3 Belasting Combinatie 2: Intern op Druk Brengen

Ten gevolge van inwendige druk :

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

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

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

7.2.4 Belasting Combinatie 3: Bedrijfstoestand in Drukloze Situatie

Axiale spanning:

$$\sigma_b = M_b/W_b = f_k \cdot E \cdot I_b / (R_{ol} \cdot W_b) = 0,3 \quad N/mm^2$$

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

Tangentele spanning:

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

$$\sigma_{qn} = k \cdot q_n \cdot (r_g/W_w) \cdot D_o = 2,9 \quad N/mm^2$$

Maximale tangentele spanning $\sigma_{t,max}$	=	2,1	N/mm ²
7.2.5 Belasting Combinatie 4: Bedrijfstoestand met Inwendige Druk			
Axiale spanning:			
$\sigma_b = M_b/W_b = f_k \cdot E \cdot I_b / (R_{ol} \cdot W_b)$	=	0,3	N/mm ²
Ten gevolge van inwendige druk :			
$\sigma_{py} = p_d \cdot ((r_u^2 + r_i^2) / (r_u^2 - r_i^2))$	=	0,0	N/mm ²
$\sigma_{px} = 0.5 \cdot \sigma_{py}$	=	0,0	N/mm ²
$\sigma_{ptest} = p_t \cdot ((r_u^2 + r_i^2) / (r_u^2 - r_i^2))$	=	0,0	N/mm ²
$\sigma_{Temp} = \Delta t \cdot \gamma_t \cdot \alpha_g \cdot E$	=	0,0	N/mm ²
Maximale axiale spanning $\sigma_{a,max}$	=	0,2	N/mm ²
Tangentele spanning:			
$\sigma_{qr} = k' \cdot q_r \cdot (r_g/W_w) \cdot D_o$	=	0,2	N/mm ²
$\sigma_{qn} = k \cdot q_n \cdot (r_g/W_w) \cdot D_o$	=	2,9	N/mm ²
Rerounding factor F_{rr}	=	1,000	
Rerounding factor F'_{rr}	=	1,000	
$\sigma_{t,max} = \sigma_{py} + ((F'_{rr} \cdot \sigma_{qr}) + (F_{rr} \cdot \sigma_{qn}))$			
Maximale tangentele spanning $\sigma_{t,max}$	=	2,1	N/mm ²

7.3 Controle van de Berekende Spanningen of 1x200mm PE100 SDR11 (2): leiding no. 2

Belasting combinatie 1

- $\sigma_{AxMax} < ShortStrength \cdot DamageFactor$
- $\sigma_{TanMax} < ShortStrength \cdot DamageFactor$

Belasting combinatie 2

- $\sigma_{ptest} < ShortStrength \cdot DamageFactor$
- $\sigma_{py} < LongStrength \cdot DamageFactor$

Belasting combinatie 3

- $\sigma_{AxMax} < LongStrength \cdot DamageFactor$
- $\sigma_{TanMax} < LongStrength \cdot DamageFactor$

Belasting combinatie 4

- $\sigma_{AxMax} < LongStrength \cdot DamageFactor$
- $\sigma_{TanMax} < LongStrength \cdot DamageFactor$

Voor alle spanningssituaties zijn de spanningen toelaatbaar.

	Max toelaatbare spanning [N/mm ²]	Spannings combinatie1A	Spannings combinatie1B	Spannings combinatie2	Spannings combinatie3	Spannings combinatie4
Sigma_ptest	10,00 (kort)	-	-	0,0	-	-
Sigma_py	8,00 (lang)	-	-	0,0	-	-
Sigma_axiaal	10,00 (kort)	3,9	3,7	-	-	-
Sigma_axiaal	8,00 (lang)	-	-	-	0,2	0,2
Sigma_tan...	10,00 (kort)	-	0,4	-	-	-
Sigma_tan...	8,00 (lang)	-	-	-	2,1	2,1

Spanningen in de leiding [N/mm²]

De deflectie van de leiding is 2,6 mm (1,28% 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 voor piggability is 10,0 mm (5,00% x Do). De deflectie is toelaatbaar.

7.3.4 Toetsing op Implosie of 1x200mm PE100 SDR11 (2): leiding no. 2

Tijdens het intrekken wordt de leiding belast door de heersende bentonietdruk. De hoogste minimaal benodigde druk tijdens het intrekken is gelijk aan 195 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 147 kN/m², dit is kleiner dan de toelaatbare alzijdige uitwendige druk van 279 kN/m².

8 Spanningsanalyse of 1x200mm PE100 SDR11 (3): leiding no. 3

8.1 Materiaalgegevens of 1x200mm PE100 SDR11 (3): leiding no. 3

De volgende gegevens en uitgangspunten zijn gehanteerd voor de sterkteberekening:

Leiding materiaal	: Polyetheen PE100
Buiten- diameter	: $D_o = 200,00$ mm
Nominale wanddikte	: $t = 18,20$ mm
Ontwerpdruk	: $p_d = 0,00$ bar
Test druk	: $p_t = 0,00$ bar
Temperatuur variatie	: $dt = 0,00$ deg Celcius
Lengte leiding	: $L = 215$ 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)	: $S = 1,00$
Constante van Poisson	: $\nu = 0,40$
Volumegegewicht leidingmateriaal	: $\gamma_s = 9,54$ kN/m ³
Onzekerheidsfactor kromte straal	: $s_f = 1,10$
Opleghoek	: $\beta = 30$ graden
Belastingshoek	: $\alpha = 30$ graden
Momentcoëfficiënt grond top (indirect)	: $k_t' = 0,078$
Momentcoëfficiënt grond bodem (indirect)	: $k_b' = 0,179$
Momentcoëfficiënt grond top (direct)	: $k_t = 0,257$
Momentcoëfficiënt bodem (direct)	: $k_b = 0,257$
Deflectiecoëfficiënt (indirect)	: $k_y' = 0,071$
Deflectiecoëfficiënt (direct)	: $k_y = 0,143$
Maximale verticale grondbelasting	: $P_{v;r;n;max} = 32$ kN/m ²
Maximale beddingsconstante	: $k_v;max = 204230$ kN/m ³
Belastingsfactor aanlegbelasting	: $f_{Install} = 1,00$
Belastingsfactor Qn	: $f_{Qn1} = 1,00$
Belastingsfactor ontwerpdruk	: $f_{pd} = 1,00$
Belastingsfactor ontwerpdruk (combinatie)	: $f_{pd;comb} = 1,00$
Belastingsfactor testdruk	: $f_{pt} = 1,00$
Belastingsfactor temperatuur	: $f_{temp} = 1,00$
Onzekerheidsfactor buigend moment	: $f_M = 1,40$
Onzekerheidsfactor kromte straal	: $f_R = 1,00$
Onzekerheidsfactor Qn	: $f_{Qn2} = 1,10$
Onzekerheidsfactor beddingsconstante	: $f_{kv} = 1,60$
Samengestelde factor op het moment (bijdrage van 3 factoren)	: $f_k = f_M * f_{Install} / f_R = 1,40$
Lineaire uitzettingscoëfficiënt gemiddeld tussen t_1 en t_2	: $\alpha_g = 0,00018$ mm/mmK

8.2 Resultaten Spanningsanalyse of 1x200mm PE100 SDR11 (3): leiding no. 3

Voor de berekening worden 5 belasting fasen onderscheiden:

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

De wanddikte is 18,2 mm. Hierna wordt door middel van een berekening conform NEN 3650 serie aangetoond dat deze wanddikte voldoet

8.2.1 Belasting Combinatie 1A: Begin Trekoperatie

Axiale spanning:

$$\sigma_b = M_b/W_b = f_k \cdot E \cdot I_b / (R_{ol} \cdot W_b) = 5,5 \quad [N/mm^2]$$

$$\sigma_t = f_{pull} \cdot T_1/A = 0,4 \quad [N/mm^2]$$

$$\text{Maximale axiale spanning } \sigma_{a,max} = 3,9 \quad [N/mm^2]$$

De tangentele spanning is in deze fase verwaarloosbaar.

8.2.2 Belasting Combinatie 1B: Einde Trekoperatie

Axiale spanning:

$$\sigma_b = M_b/W_b = f_k \cdot E \cdot I_b / (R_{min} \cdot W_b) = 0,8 \quad N/mm^2$$

$$\sigma_t = f_{pull} \cdot T_{max}/A = 3,2 \quad N/mm^2$$

$$\text{Maximale axiale spanning } \sigma_{a,max} = 3,7 \quad N/mm^2$$

Tangentele spanning:

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

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

$$\lambda = (k_v \cdot D_o / (4 \cdot E \cdot I))^{0.25} = 3,9E-3 \quad mm^{-1}$$

$$q_r = 0,006119 \quad N/mm^2$$

$$\sigma_{qr} = k' \cdot q_r \cdot (r_g/W_w) \cdot D_o = 0,4 \quad N/mm^2$$

$$\text{Maximale tangentele spanning } \sigma_{t,max} = 0,4 \quad N/mm^2$$

8.2.3 Belasting Combinatie 2: Intern op Druk Brengen

Ten gevolge van inwendige druk :

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

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

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

8.2.4 Belasting Combinatie 3: Bedrijfstoestand in Drukloze Situatie

Axiale spanning:

$$\sigma_b = M_b/W_b = f_k \cdot E \cdot I_b / (R_{ol} \cdot W_b) = 0,3 \quad N/mm^2$$

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

Tangentele spanning:

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

$$\sigma_{qn} = k \cdot q_n \cdot (r_g/W_w) \cdot D_o = 2,9 \quad N/mm^2$$

Maximale tangentele spanning $\sigma_{t,max}$	=	2,1	N/mm ²
8.2.5 Belasting Combinatie 4: Bedrijftoestand met Inwendige Druk			
Axiale spanning:			
$\sigma_b = M_b/W_b = f_k \cdot E \cdot I_b / (R_{ol} \cdot W_b)$	=	0,3	N/mm ²
Ten gevolge van inwendige druk :			
$\sigma_{py} = p_d \cdot ((r_u^2 + r_i^2) / (r_u^2 - r_i^2))$	=	0,0	N/mm ²
$\sigma_{px} = 0.5 \cdot \sigma_{py}$	=	0,0	N/mm ²
$\sigma_{ptest} = p_t \cdot ((r_u^2 + r_i^2) / (r_u^2 - r_i^2))$	=	0,0	N/mm ²
$\sigma_{Temp} = \Delta t \cdot \gamma_t \cdot \alpha_g \cdot E$	=	0,0	N/mm ²
Maximale axiale spanning $\sigma_{a,max}$	=	0,2	N/mm ²
Tangentele spanning:			
$\sigma_{qr} = k' \cdot q_r \cdot (r_g/W_w) \cdot D_o$	=	0,2	N/mm ²
$\sigma_{qn} = k \cdot q_n \cdot (r_g/W_w) \cdot D_o$	=	2,9	N/mm ²
Rerounding factor F_{rr}	=	1,000	
Rerounding factor F'_{rr}	=	1,000	
$\sigma_{t,max} = \sigma_{py} + ((F'_{rr} \cdot \sigma_{qr}) + (F_{rr} \cdot \sigma_{qn}))$			
Maximale tangentele spanning $\sigma_{t,max}$	=	2,1	N/mm ²

8.3 Controle van de Berekende Spanningen of 1x200mm PE100 SDR11 (3): leiding no. 3

Belasting combinatie 1

- $\sigma_{AxMax} < ShortStrength \cdot DamageFactor$
- $\sigma_{TanMax} < ShortStrength \cdot DamageFactor$

Belasting combinatie 2

- $\sigma_{ptest} < ShortStrength \cdot DamageFactor$
- $\sigma_{py} < LongStrength \cdot DamageFactor$

Belasting combinatie 3

- $\sigma_{AxMax} < LongStrength \cdot DamageFactor$
- $\sigma_{TanMax} < LongStrength \cdot DamageFactor$

Belasting combinatie 4

- $\sigma_{AxMax} < LongStrength \cdot DamageFactor$
- $\sigma_{TanMax} < LongStrength \cdot DamageFactor$

Voor alle spanningssituaties zijn de spanningen toelaatbaar.

	Max toelaatbare spanning [N/mm ²]	Spannings combinatie1A	Spannings combinatie1B	Spannings combinatie2	Spannings combinatie3	Spannings combinatie4
Sigma_ptest	10,00 (kort)	-	-	0,0	-	-
Sigma_py	8,00 (lang)	-	-	0,0	-	-
Sigma_axiaal	10,00 (kort)	3,9	3,7	-	-	-
Sigma_axiaal	8,00 (lang)	-	-	-	0,2	0,2
Sigma_tan...	10,00 (kort)	-	0,4	-	-	-
Sigma_tan...	8,00 (lang)	-	-	-	2,1	2,1

Spanningen in de leiding [N/mm²]

De deflectie van de leiding is 2,6 mm (1,28% 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 voor piggability is 10,0 mm (5,00% x Do). De deflectie is toelaatbaar.

8.3.4 Toetsing op Implosie of 1x200mm PE100 SDR11 (3): leiding no. 3

Tijdens het intrekken wordt de leiding belast door de heersende bentonietdruk. De hoogste minimaal benodigde druk tijdens het intrekken is gelijk aan 195 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 147 kN/m², dit is kleiner dan de toelaatbare alzijdige uitwendige druk van 279 kN/m².

9 Spanningsanalyse of 1x200mm PE100 SDR11 (4): leiding no. 4

9.1 Materiaalgegevens of 1x200mm PE100 SDR11 (4): leiding no. 4

De volgende gegevens en uitgangspunten zijn gehanteerd voor de sterkteberekening:

Leiding materiaal	: Polyetheen PE100
Buiten- diameter	: $D_o = 200,00$ mm
Nominale wanddikte	: $t = 18,20$ mm
Ontwerpdruk	: $p_d = 0,00$ bar
Test druk	: $p_t = 0,00$ bar
Temperatuur variatie	: $dt = 0,00$ deg Celcius
Lengte leiding	: $L = 215$ 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)	: $S = 1,00$
Constante van Poisson	: $\nu = 0,40$
Volumegegewicht leidingmateriaal	: $\gamma_s = 9,54$ kN/m ³
Onzekerheidsfactor kromte straal	: $sf = 1,10$
Opleghoek	: $\beta = 30$ graden
Belastingshoek	: $\alpha = 30$ 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 verticale grondbelasting	: $P_{v;r;n;max} = 32$ kN/m ²
Maximale beddingsconstante	: $k_{v;max} = 204230$ kN/m ³
Belastingsfactor aanlegbelasting	: $f_{Install} = 1,00$
Belastingsfactor Qn	: $f_{Qn1} = 1,00$
Belastingsfactor ontwerpdruk	: $f_{pd} = 1,00$
Belastingsfactor ontwerpdruk (combinatie)	: $f_{pd;comb} = 1,00$
Belastingsfactor testdruk	: $f_{pt} = 1,00$
Belastingsfactor temperatuur	: $f_{temp} = 1,00$
Onzekerheidsfactor buigend moment	: $f_M = 1,40$
Onzekerheidsfactor kromte straal	: $f_R = 1,00$
Onzekerheidsfactor Qn	: $f_{Qn2} = 1,10$
Onzekerheidsfactor beddingsconstante	: $f_{kv} = 1,60$
Samengestelde factor op het moment (bijdrage van 3 factoren)	: $f_k = f_M * f_{Install} / f_R = 1,40$
Lineaire uitzettingscoëfficiënt gemiddeld tussen t_1 en t_2	: $\alpha_g = 0,00018$ mm/mmK

9.2 Resultaten Spanningsanalyse of 1x200mm PE100 SDR11 (4): leiding no. 4

Voor de berekening worden 5 belasting fasen onderscheiden:

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

De wanddikte is 18,2 mm. Hierna wordt door middel van een berekening conform NEN 3650 serie aangetoond dat deze wanddikte voldoet

9.2.1 Belasting Combinatie 1A: Begin Trekoperatie

Axiale spanning:

$$\sigma_b = M_b/W_b = f_k \cdot E \cdot I_b / (R_{ol} \cdot W_b) = 5,5 \quad [N/mm^2]$$

$$\sigma_t = f_{pull} \cdot T_1/A = 0,4 \quad [N/mm^2]$$

$$\text{Maximale axiale spanning } \sigma_{a,max} = 3,9 \quad [N/mm^2]$$

De tangentele spanning is in deze fase verwaarloosbaar.

9.2.2 Belasting Combinatie 1B: Einde Trekoperatie

Axiale spanning:

$$\sigma_b = M_b/W_b = f_k \cdot E \cdot I_b / (R_{min} \cdot W_b) = 0,8 \quad N/mm^2$$

$$\sigma_t = f_{pull} \cdot T_{max}/A = 3,2 \quad N/mm^2$$

$$\text{Maximale axiale spanning } \sigma_{a,max} = 3,7 \quad N/mm^2$$

Tangentele spanning:

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

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

$$\lambda = (k_v \cdot D_o / (4 \cdot E \cdot I))^{0.25} = 3,9E-3 \quad mm^{-1}$$

$$q_r = 0,006119 \quad N/mm^2$$

$$\sigma_{qr} = k' \cdot q_r \cdot (r_g/W_w) \cdot D_o = 0,4 \quad N/mm^2$$

$$\text{Maximale tangentele spanning } \sigma_{t,max} = 0,4 \quad N/mm^2$$

9.2.3 Belasting Combinatie 2: Intern op Druk Brengen

Ten gevolge van inwendige druk :

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

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

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

9.2.4 Belasting Combinatie 3: Bedrijfstoestand in Drukloze Situatie

Axiale spanning:

$$\sigma_b = M_b/W_b = f_k \cdot E \cdot I_b / (R_{ol} \cdot W_b) = 0,3 \quad N/mm^2$$

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

Tangentele spanning:

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

$$\sigma_{qn} = k \cdot q_n \cdot (r_g/W_w) \cdot D_o = 2,9 \quad N/mm^2$$

Maximale tangentele spanning $\Sigma_{t,max}$	=	2,1	N/mm ²
9.2.5 Belasting Combinatie 4: Bedrijftoestand met Inwendige Druk			
Axiale spanning:			
$\Sigma_b = M_b/W_b = f_k \cdot E \cdot I_b / (R_{ol} \cdot W_b)$	=	0,3	N/mm ²
Ten gevolge van inwendige druk :			
$\Sigma_{py} = p_d \cdot ((r_u^2 + r_i^2) / (r_u^2 - r_i^2))$	=	0,0	N/mm ²
$\Sigma_{px} = 0.5 \cdot \Sigma_{py}$	=	0,0	N/mm ²
$\Sigma_{ptest} = p_t \cdot ((r_u^2 + r_i^2) / (r_u^2 - r_i^2))$	=	0,0	N/mm ²
$\Sigma_{Temp} = dt \cdot \gamma_t \cdot \alpha_g \cdot E$	=	0,0	N/mm ²
Maximale axiale spanning $\Sigma_{a,max}$	=	0,2	N/mm ²
Tangentele spanning:			
$\Sigma_{qr} = k' \cdot q_r \cdot (r_g/W_w) \cdot D_o$	=	0,2	N/mm ²
$\Sigma_{qn} = k \cdot q_n \cdot (r_g/W_w) \cdot D_o$	=	2,9	N/mm ²
Rerounding factor F_{rr}	=	1,000	
Rerounding factor F'_{rr}	=	1,000	
$\Sigma_{t,max} = \Sigma_{py} + ((F'_{rr} \cdot \Sigma_{qr}) + (F_{rr} \cdot \Sigma_{qn}))$			
Maximale tangentele spanning $\Sigma_{t,max}$	=	2,1	N/mm ²

9.3 Controle van de Berekende Spanningen of 1x200mm PE100 SDR11 (4): leiding no. 4

Belasting combinatie 1

- $\Sigma_{AxMax} < ShortStrength \cdot DamageFactor$
- $\Sigma_{TanMax} < ShortStrength \cdot DamageFactor$

Belasting combinatie 2

- $\Sigma_{ptest} < ShortStrength \cdot DamageFactor$
- $\Sigma_{py} < LongStrength \cdot DamageFactor$

Belasting combinatie 3

- $\Sigma_{AxMax} < LongStrength \cdot DamageFactor$
- $\Sigma_{TanMax} < LongStrength \cdot DamageFactor$

Belasting combinatie 4

- $\Sigma_{AxMax} < LongStrength \cdot DamageFactor$
- $\Sigma_{TanMax} < LongStrength \cdot DamageFactor$

Voor alle spanningssituaties zijn de spanningen toelaatbaar.

	Max toelaatbare spanning [N/mm ²]	Spannings combinatie1A	Spannings combinatie1B	Spannings combinatie2	Spannings combinatie3	Spannings combinatie4
Sigma_ptest	10,00 (kort)	-	-	0,0	-	-
Sigma_py	8,00 (lang)	-	-	0,0	-	-
Sigma_axiaal	10,00 (kort)	3,9	3,7	-	-	-
Sigma_axiaal	8,00 (lang)	-	-	-	0,2	0,2
Sigma_tan...	10,00 (kort)	-	0,4	-	-	-
Sigma_tan...	8,00 (lang)	-	-	-	2,1	2,1

Spanningen in de leiding [N/mm²]

De deflectie van de leiding is 2,6 mm (1,28% 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 voor piggability is 10,0 mm (5,00% x Do). De deflectie is toelaatbaar.

9.3.4 Toetsing op Implosie of 1x200mm PE100 SDR11 (4): leiding no. 4

Tijdens het intrekken wordt de leiding belast door de heersende bentonietdruk. De hoogste minimaal benodigde druk tijdens het intrekken is gelijk aan 195 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 147 kN/m², dit is kleiner dan de toelaatbare alzijdige uitwendige druk van 279 kN/m².

Einde Rapport

Bijlage 5 Resultaten D-Geo Pipeline berekening HDD 2

Rapport voor D-Geo Pipeline 16.1

Model : Horizontaal Gestuurde Boring
Ontwikkeld door Deltares

Bedrijfsnaam: Atron-Engineering

Datum van rapport: 22-9-2016
Tijd van rapport: 19:32:51

Bestandsnaam: \\Client\D\$\D-Geo\D-Geo Pipeline HDD 2 A9 Amstelveen

Projectbeschrijving: Horizontaal gestuurde boring
4xØ200mm PE100 SDR11
Bankrasweg (A9), Amstelveen (HDD-2)

1 Inhoudsopgave

1 Inhoudsopgave	2
2 Invoergegevens	4
2.1 Gebruikt Model	4
2.2 Laagscheidingen	4
2.3 PN-Lijnen	4
2.4 Freatische Lijn	4
2.5 Grondprofielen	4
2.6 Grenslagen	5
2.7 Configuratie van de Pijpleiding	5
2.8 Berekenings Verticalen	5
2.9 Materiaaltypen	6
2.10 Materiaalgegevens van de Leiding	7
2.11 Gegevens voor Leidingberekening	8
2.12 Verkeersbelasting	8
2.13 Geometrie	9
2.13.1 Geometrie Sectie, Detail	9
2.13.2 Geometrie Bovenanzicht	10
2.14 Boorvloeistof Gegevens	10
2.15 Factoren	10
3 Boorvloeistofdrukken	12
3.1 Boorvloeistof Gegevens	12
3.2 Evenwicht tussen Waterdruk en Boorvloeistofdruk	14
3.3 Boorvloeistofdruk Grafieken	15
3.3.1 Boorvloeistofdrukken tijdens Pilotboring	15
3.3.2 Boorvloeistofdrukken tijdens Voorruimen	16
3.3.3 Boorvloeistofdrukken tijdens Ruim- en Intrekoperatie	17
4 Grondmechanische Parameters	18
4.1 Grondmechanische Parameters 1x200mm PE100 SDR11 (1): leiding no. 1	18
4.2 Grondmechanische Parameters 1x200mm PE100 SDR11 (2): leiding no. 2	19
4.3 Grondmechanische Parameters 1x200mm PE100 SDR11 (3): leiding no. 3	21
4.4 Grondmechanische Parameters 1x200mm PE100 SDR11 (4): leiding no. 4	23
5 Gegevens voor Spanningsanalyse	25
5.1 Algemene gegevens	25
5.2 Ballasten Leiding	25
5.3 Trekkkrachtberekening	25
6 Spanningsanalyse of 1x200mm PE100 SDR11 (1): leiding no. 1	27
6.1 Materiaalgegevens of 1x200mm PE100 SDR11 (1): leiding no. 1	27
6.2 Resultaten Spanningsanalyse of 1x200mm PE100 SDR11 (1): leiding no. 1	27
6.2.1 Belasting Combinatie 1A: Begin Trekoperatie	28
6.2.2 Belasting Combinatie 1B: Einde Trekoperatie	28
6.2.3 Belasting Combinatie 2: Intern op Druk Brengen	28
6.2.4 Belasting Combinatie 3: Bedrijfstoestand in Drukloze Situatie	28
6.2.5 Belasting Combinatie 4: Bedrijfstoestand met Inwendige Druk	29
6.3 Controle van de Berekende Spanningen of 1x200mm PE100 SDR11 (1): leiding no. 1	29
6.3.1 Toetsing op Implosie of 1x200mm PE100 SDR11 (1): leiding no. 1	30
7 Spanningsanalyse of 1x200mm PE100 SDR11 (2): leiding no. 2	31
7.1 Materiaalgegevens of 1x200mm PE100 SDR11 (2): leiding no. 2	31
7.2 Resultaten Spanningsanalyse of 1x200mm PE100 SDR11 (2): leiding no. 2	31
7.2.1 Belasting Combinatie 1A: Begin Trekoperatie	32
7.2.2 Belasting Combinatie 1B: Einde Trekoperatie	32
7.2.3 Belasting Combinatie 2: Intern op Druk Brengen	32
7.2.4 Belasting Combinatie 3: Bedrijfstoestand in Drukloze Situatie	32
7.2.5 Belasting Combinatie 4: Bedrijfstoestand met Inwendige Druk	33
7.3 Controle van de Berekende Spanningen of 1x200mm PE100 SDR11 (2): leiding no. 2	33
7.3.1 Toetsing op Implosie of 1x200mm PE100 SDR11 (2): leiding no. 2	34
8 Spanningsanalyse of 1x200mm PE100 SDR11 (3): leiding no. 3	35
8.1 Materiaalgegevens of 1x200mm PE100 SDR11 (3): leiding no. 3	35
8.2 Resultaten Spanningsanalyse of 1x200mm PE100 SDR11 (3): leiding no. 3	35

8.2.1 Belasting Combinatie 1A: Begin Trekoperatie	36
8.2.2 Belasting Combinatie 1B: Einde Trekoperatie	36
8.2.3 Belasting Combinatie 2: Intern op Druk Brengen	36
8.2.4 Belasting Combinatie 3: Bedrijfstoestand in Drukloze Situatie	36
8.2.5 Belasting Combinatie 4: Bedrijfstoestand met Inwendige Druk	37
8.3 Controle van de Berekende Spanningen of 1x200mm PE100 SDR11 (3): leiding no. 3	37
8.3.1 Toetsing op Implosie of 1x200mm PE100 SDR11 (3): leiding no. 3	38
9 Spanningsanalyse of 1x200mm PE100 SDR11 (4): leiding no. 4	39
9.1 Materiaalgegevens of 1x200mm PE100 SDR11 (4): leiding no. 4	39
9.2 Resultaten Spanningsanalyse of 1x200mm PE100 SDR11 (4): leiding no. 4	39
9.2.1 Belasting Combinatie 1A: Begin Trekoperatie	40
9.2.2 Belasting Combinatie 1B: Einde Trekoperatie	40
9.2.3 Belasting Combinatie 2: Intern op Druk Brengen	40
9.2.4 Belasting Combinatie 3: Bedrijfstoestand in Drukloze Situatie	40
9.2.5 Belasting Combinatie 4: Bedrijfstoestand met Inwendige Druk	41
9.3 Controle van de Berekende Spanningen of 1x200mm PE100 SDR11 (4): leiding no. 4	41
9.3.1 Toetsing op Implosie of 1x200mm PE100 SDR11 (4): leiding no. 4	42

2 Invoergegevens

2.1 Gebruikt Model

Gebruikt Model : Horizontaal Gestuurde Boring

2.2 Laagscheidingen

Laagscheidingnummer	Coördinaten [m]				
7 - X -	-10,000	0,000	9,800	12,400	15,700
7 - Y -	-2,100	-2,100	-2,000	-1,200	-1,000
7 - X -	20,200	24,800	26,800	29,700	30,300
7 - Y -	-0,900	-0,900	-1,000	-2,600	-2,600
7 - X -	32,800	39,200	48,000	49,400	64,400
7 - Y -	-1,200	-1,000	0,400	0,900	6,100
7 - X -	66,500	85,300	88,700	105,200	108,600
7 - Y -	6,300	6,800	6,800	6,900	6,600
7 - X -	115,100	129,200	131,900	139,500	145,300
7 - Y -	4,800	4,600	4,600	4,700	4,300
7 - X -	151,300	161,804	161,900	167,800	171,800
7 - Y -	2,400	-3,149	-3,200	-4,000	-6,400
7 - X -	175,100	187,100	195,300	211,900	220,000
7 - Y -	-4,900	-4,800	-4,900	-5,000	-5,000
6 - X -	-10,000	161,804	161,900	167,800	171,800
6 - Y -	-3,000	-3,149	-3,200	-4,000	-6,400
6 - X -	175,100	187,100	195,300	211,900	220,000
6 - Y -	-4,900	-4,800	-4,900	-5,000	-5,000
5 - X -	-10,000	105,000	220,000		
5 - Y -	-3,000	-6,800	-7,500		
4 - X -	-10,000	105,000	220,000		
4 - Y -	-6,000	-6,800	-7,500		
3 - X -	-10,000	105,000	220,000		
3 - Y -	-7,500	-7,500	-7,500		
2 - X -	-10,000	105,000	220,000		
2 - Y -	-12,000	-12,000	-12,000		
1 - X -	-10,000	105,000	220,000		
1 - Y -	-20,000	-20,000	-20,000		
0 - X -	-10,000	220,000			
0 - Y -	-24,000	-24,000			

2.3 PN-Lijnen

PN-lijnummer	Coördinaten [m]				
1 - X -	-10,000	105,366	133,815	220,000	
1 - Y -	-2,200	-2,200	-5,420	-5,420	
2 - X -	-10,000	220,000			
2 - Y -	-4,280	-4,280			

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
7	Zand matig	1	1
6	Zand, zwak kleiig	1	1

Laag nummer	Materiaalnaam	Piezo lijn op boven	Piezo lijn op onder
5	Veen	1	1
4	Veen	1	1
3	Klei zwak zandig	1	1
2	Zand, zwak kleiig	2	2
1	Zand matig	2	2

2.6 Grenslagen

De grens tussen cohesieve toplagen en onderliggende niet-cohesieve gedraineerde lagen, ligt aan de bovenzijde van laag nummer 2: Zand, zwak kleiig

De grens tussen compressibele toplagen en de onderliggende niet-compressibele lagen, ligt aan de bovenzijde van laag nummer 2: Zand, zwak kleiig

2.7 Configuratie van de Pijpleiding

X coördinaat linker punt	0,00	[m]
Y coördinaat linker punt	-2,10	[m]
Z coördinaat linker punt	0,00	[m]
X coördinaat rechter punt	200,12	[m]
Y coördinaat rechter punt	-4,98	[m]
Z coördinaat rechter punt	47,06	[m]
Hoek links	18,00	[graden]
Hoek rechts	16,00	[graden]
Diepste punt van de pijpleiding (hart boortracé)	-19,00	[m]
Hoek van de pijpleiding (tussen de stralen)	0,00	[graden]
Kromtestraal rollenbaan (intrekboog)	25,00	[m]
Kromtestraal links, vertikaal in/uit	240,00	[m]
Kromtestraal rechts, vertikaal in/uit	240,00	[m]
Aantal horizontale bochten:	1	[-]

De pijpleiding wordt van rechts naar links ingetrokken

Bocht nr.	X1-coord [m]	Z1-coord [m]	X2-coord [m]	Z2-coord [m]	Kromtestraal [m]	Richting [-]
1	44,53	0,00	151,50	24,04	250,00	rechts

2.8 Berekenings Verticalen

Verticaal nr.	L-coord [m]	Z-coord [m]	Additionele zetting [mm]
1	20,00	-8,56	0,00
2	25,00	-10,02	0,00
3	30,00	-11,37	0,00
4	35,00	-12,61	0,00
5	40,00	-13,73	0,00
6	45,00	-14,74	0,00
7	50,00	-15,64	0,00
8	55,00	-16,43	0,00
9	60,00	-17,11	0,00
10	65,00	-17,69	0,00
11	70,00	-18,16	0,00
12	75,00	-18,53	0,00
13	80,00	-18,79	0,00
14	85,00	-18,95	0,00
15	90,00	-19,00	0,00
16	95,00	-19,00	0,00
17	100,00	-19,00	0,00
18	105,00	-19,00	0,00
19	110,00	-19,00	0,00

Verticaal nr.	L-coord [m]	Z-coord [m]	Additionele zetting [mm]
20	115,00	-19,00	0,00
21	120,00	-19,00	0,00
22	125,00	-19,00	0,00
23	130,00	-18,97	0,00
24	135,00	-18,84	0,00
25	140,00	-18,61	0,00
26	145,00	-18,27	0,00
27	150,00	-17,82	0,00
28	155,00	-17,27	0,00
29	160,00	-16,61	0,00
30	165,00	-15,85	0,00
31	170,00	-14,98	0,00
32	175,00	-14,00	0,00
33	180,00	-12,90	0,00
34	185,00	-11,70	0,00
35	190,00	-10,38	0,00

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

2.9 Materiaaltypen

Naam	Gamma onverz [kN/m ³]	Gamma verz [kN/m ³]	Cohesie [kN/m ²]	Phi [graden]	Cu top [kN/m ²]	Cu onder [kN/m ²]	E _{mod} top [kN/m ²]	E _{mod} onder [kN/m ²]
Klei (slap)	14,00	14,00	0,00	17,50	25,00	25,00	1000	1000
Klei	13,40	17,90	10,00	17,50	50,00	50,00	2000	2000
Klei (vast)	19,00	19,00	25,00	17,50	100,00	100,00	4000	4000
Veen	2,30	10,30	1,00	15,00	100,00	100,00	200	200
Zand (fijn)	15,20	19,10	0,00	30,00	0,00	0,00	25000	25000
Zand siltig	17,20	19,20	0,00	32,50	0,00	0,00	50000	50000
Zand (vast)	18,50	20,50	0,00	35,00	0,00	0,00	50000	50000
Zand zwak siltig	15,60	19,30	0,00	32,50	0,00	0,00	35000	35000
Klei zwak zandig	15,00	18,80	10,00	22,50	80,00	80,00	3000	3000
Zand matig	17,00	19,40	0,00	30,00	0,00	0,00	30000	30000
Klei siltig, leem	17,10	18,10	0,00	27,50	0,00	0,00	2000	2000
Leem	20,30	21,30	2,50	27,50	44,00	44,00	5000	5000
Zand zwak siltig...	19,00	21,00	0,00	37,50	0,00	0,00	90000	90000
Zand, zwak kleiig	18,20	19,40	0,00	30,00	0,00	0,00	30000	30000
Zand, matig klei...	17,60	19,65	0,00	30,00	0,00	0,00	30000	30000

Naam	Adhesie A [kN/m ²]	Delta D [graden]	Nu [-]
Klei (slap)	-	-	0,45
Klei	-	-	0,45
Klei (vast)	-	-	0,45
Veen	-	-	0,40
Zand (fijn)	-	-	0,30
Zand siltig	-	-	0,30
Zand (vast)	-	-	0,30
Zand zwak siltig	-	-	0,30
Klei zwak zandig	-	-	0,45
Zand matig	-	-	0,30
Klei siltig, leem	-	-	0,35
Leem	-	-	0,35
Zand zwak siltig...	-	-	0,30
Zand, zwak kleiig	-	-	0,30
Zand, matig klei...	-	-	0,30

2.10 Materiaalgegevens van de Leiding

Invoergegevens leiding no. 1

Materiaal	Polyetheen	
Kwaliteit	PE100	
Elasticiteitsmodulus (kort)	975	[N/mm ²]
Elasticiteitsmodulus (lang)	350	[N/mm ²]
Toelaatbare spanning (kort)	10,0	[N/mm ²]
Toelaatbare spanning (lang)	8,0	[N/mm ²]
Tensile factor (alfa)	0,65	[-]
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	[deg C]

Invoergegevens leiding no. 2

Materiaal	Polyetheen	
Kwaliteit	PE100	
Elasticiteitsmodulus (kort)	975	[N/mm ²]
Elasticiteitsmodulus (lang)	350	[N/mm ²]
Toelaatbare spanning (kort)	10,0	[N/mm ²]
Toelaatbare spanning (lang)	8,0	[N/mm ²]
Tensile factor (alfa)	0,65	[-]
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	[deg C]

Invoergegevens leiding no. 3

Materiaal	Polyetheen	
Kwaliteit	PE100	
Elasticiteitsmodulus (kort)	975	[N/mm ²]
Elasticiteitsmodulus (lang)	350	[N/mm ²]
Toelaatbare spanning (kort)	10,0	[N/mm ²]
Toelaatbare spanning (lang)	8,0	[N/mm ²]
Tensile factor (alfa)	0,65	[-]
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	[deg C]

Invoergegevens leiding no. 4

Materiaal	Polyetheen	
Kwaliteit	PE100	
Elasticiteitsmodulus (kort)	975	[N/mm ²]
Elasticiteitsmodulus (lang)	350	[N/mm ²]
Toelaatbare spanning (kort)	10,0	[N/mm ²]
Toelaatbare spanning (lang)	8,0	[N/mm ²]
Tensile factor (alfa)	0,65	[-]
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	[deg C]
----------------------	------	---------

2.11 Gegevens voor Leidingberekening

Leiding gevuld met water op rollen	Nee	
Percentage leiding gevuld met vloeistof	0	[%]
Volume gewicht vloeistof	10,00	[kN/m ³]
Relatieve verplaatsing	10,00	[mm]
Samendrukkingsconstante	6,00	[-]
Lineaire uitzettingscoëfficiënt gemiddeld (alpha_g) voor stalen,	0,00	[mm/mmK]
Lineaire uitzettingscoëfficiënt gemiddeld (alpha_g) voor PE,	0,00	[mm/mmK]
Beddingsconstante boorvloeistof (Kv)	500,00	[kN/m ³]
Hoek van inwendige wrijving boorvloeistof	15,00	[graden]
Cohesie boorvloeistof	5,00	[kN/m ²]
Opleghoek	30	[graden]
Belastingshoek	30	[graden]
Wrijvingsfactor leiding-rollenbaan (f1)	0,10	[-]
Wrijvingscoëfficiënt leiding-boorvloeistof (f2)	0,000050	[N/mm ²]
Wrijvingsfactor leiding-grond (f3)	0,20	[-]
Speciale spannings analyse	niet gebruikt	

2.12 Verkeersbelasting

A9 (Li)

L begin	66,50	[m]
L einde	85,30	[m]
Belastingsmodel (grafiektype)	Graph I	

A9 (Re)

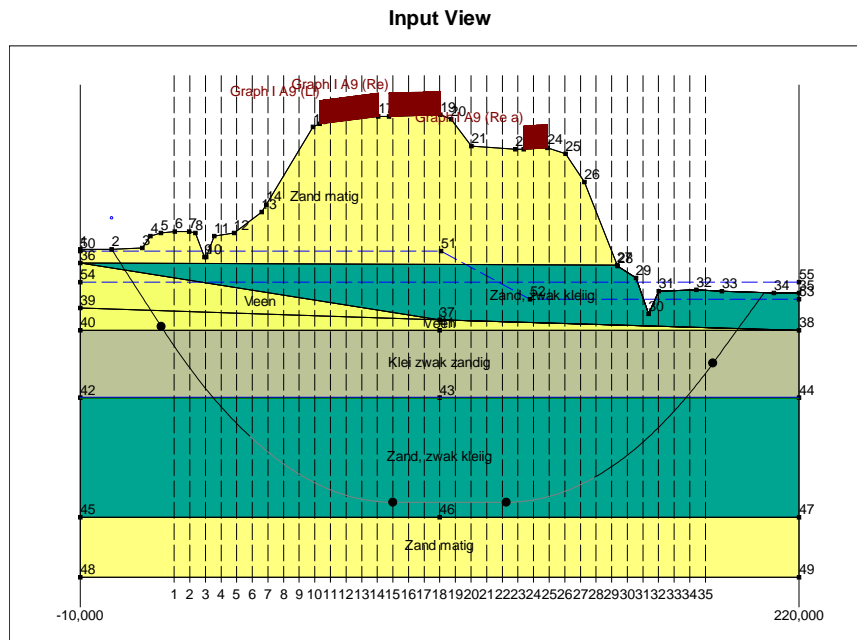
L begin	88,70	[m]
L einde	105,20	[m]
Belastingsmodel (grafiektype)	Graph I	

A9 (Re a)

L begin	131,90	[m]
L einde	139,50	[m]
Belastingsmodel (grafiektype)	Graph I	

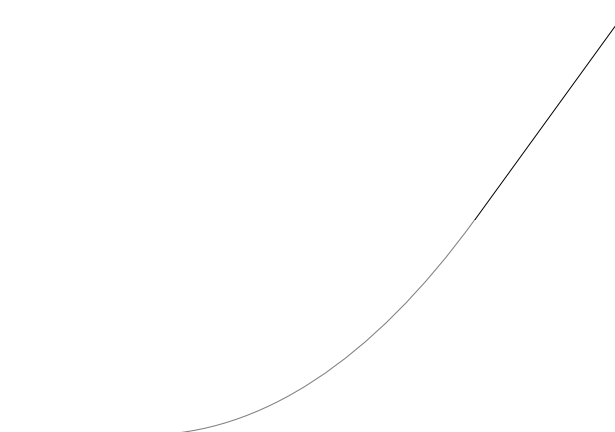
2.13 Geometrie

2.13.1 Geometrie Sectie, Detail



2.13.2 Geometrie Bovenaanzicht

Top View



2.14 Boorvloeistof Gegevens

Diameter boorgat pilotboring	0,251	[m]
Uitwendige diameter pilotbuis	0,090	[m]
Diameter boorgat voorruimen	0,640	[m]
Uitwendige diameter buis voorruimen	0,090	[m]
Diameter uiteindelijke boorgat	0,640	[m]
Uitwendige diameter leiding	0,400	[m]
Debiet tijdens pilotboring	1249,8	[liter/minute]
Debiet tijdens voorruimen	1000,2	[liter/minute]
Debiet tijdens intrekken	799,8	[liter/minute]
Factor debietverlies tijdens pilotboring	0,30	[-]
Factor debietverlies tijdens voorruimen	0,20	[-]
Factor debietverlies tijdens intrekken	0,20	[-]
Volumegegewicht boorvloeistof	11,5	[kN/m ³]
Zwichtspanning boorvloeistof	0,015	[kN/m ²]
Viscositeit boorvloeistof	0,000040	[kN.s/m ²]

2.15 Factoren

Veiligheidsfactor implosie (Lang)	3,0	[-]
Veiligheidsfactor implosie (Kort)	1,5	[-]
Onzekerheidsfactor volumegewicht		
materiaaltypen onder en boven freatische lijn	1,10	[-]
Onzekerheidsfactor Cu/cohesie	1,40	[-]
Onzekerheidsfactor Phi	1,10	[-]
Onzekerheidsfactor E-modulus	1,25	[-]

Onzekerheidsfactor trekkracht	1,80	[-]
Onzekerheidsfactor beddingsconstante	1,60	[-]
Onzekerheidsfactor Qn	1,10	[-]
Onzekerheidsfactor druk boorgat	1,10	[-]
Onzekerheidsfactor buigend moment (Staal)	1,15	[-]
Onzekerheidsfactor buigend moment (Polyetheen)	1,40	[-]
Importantie factor (S)	1,00	[-]
Toelaatbare deflectie stalen leiding	15,00	[%]
Toelaatbare 'piggability' stalen leiding	5,00	[%]
Toelaatbare deflectie polyetheen leiding	8,00	[%]
Toelaatbare piggability polyetheen leiding	5,00	[%]
Volumegewicht water	10,00	[kN/m ³]
Veiligheid dekking (gedraineerde lagen)	0,67	[-]
Veiligheid dekking (ongedraineerde lagen)	0,50	[-]

3 Boorvloeistofdrukken

3.1 Boorvloeistof Gegevens

Verticaal nr.	Boorvloeistofdrukken pilot [kN/m ²]			
	Max, deformatie	Max, gronddruk	Min, links	Min, rechts
1	288	288	84	129
2	310	310	103	144
3	314	314	121	157
4	341	300	138	169
5	408	542	153	179
6	466	735	167	189
7	526	902	180	197
8	595	1031	191	203
9	657	1145	201	209
10	711	1243	210	213
11	730	1275	218	216
12	743	1298	224	218
13	755	1318	230	219
14	763	1333	234	218
15	767	1339	237	217
16	770	1344	239	214
17	772	1350	241	212
18	775	1355	244	210
19	758	1322	246	208
20	725	1259	248	205
21	722	1253	251	203
22	720	1249	253	201
23	717	1244	255	198
24	715	1241	256	194
25	710	1234	255	189
26	694	1206	254	183
27	647	1120	251	175
28	574	984	247	167
29	485	818	242	157
30	420	677	235	146
31	335	472	228	133
32	318	395	219	120
33	280	257	208	105
34	297	297	197	89
35	281	281	184	71

Verticaal nr.	Boorvloeistofdrukken voorruimen [kN/m ²]			
	Max, deformatie	Max, gronddruk	Min, links	Min, rechts
1	288	288	77	63
2	310	310	94	79
3	314	314	110	94
4	341	223	125	108
5	408	365	138	120
6	466	526	151	131
7	526	694	162	141
8	595	875	171	149
9	657	1038	180	157
10	711	1175	187	163
11	730	1231	193	167
12	743	1270	198	171
13	755	1301	201	174

Verticaal nr.	Boorvloeistofdrukken voorruimen [kN/m ²]			
	Max, deformatie	Max, gronddruk	Min, links	Min, rechts
14	763	1323	204	175
15	767	1332	205	175
16	770	1338	205	174
17	772	1344	206	174
18	775	1349	206	173
19	758	1313	207	173
20	725	1241	205	172
21	722	1235	203	171
22	720	1230	201	171
23	717	1224	198	170
24	715	1216	194	168
25	710	1200	189	165
26	694	1157	183	160
27	647	1043	175	154
28	574	869	167	148
29	485	662	157	139
30	420	511	146	130
31	335	338	133	119
32	318	274	120	108
33	280	182	105	94
34	297	297	89	80
35	281	281	71	64

Verticaal nr.	Boorvloeistofdrukken intrekken [kN/m ²]			
	Max, deformatie	Max, gronddruk	Min, links	Min, rechts
1	288	288	63	77
2	310	310	79	94
3	314	314	94	110
4	341	223	108	125
5	408	365	120	138
6	466	526	131	151
7	526	694	141	162
8	595	875	149	171
9	657	1038	157	180
10	711	1175	163	185
11	730	1231	167	189
12	743	1270	171	192
13	755	1301	174	194
14	763	1323	175	194
15	767	1332	175	193
16	770	1338	174	192
17	772	1344	174	191
18	775	1349	173	189
19	758	1313	173	188
20	725	1241	172	187
21	722	1235	171	185
22	720	1230	171	184
23	717	1224	170	182
24	715	1216	168	180
25	710	1200	165	176
26	694	1157	160	170
27	647	1043	154	164
28	574	869	148	156
29	485	662	139	147
30	420	511	130	137
31	335	338	119	126
32	318	274	108	113
33	280	182	94	99

Verticaal nr.	Boorvloeistofdrukken intrekken [kN/m ²]			
	Max, deformatie	Max, gronddruk	Min, links	Min, rechts
34	297	297	80	84
35	281	281	64	67

De minimaal vereiste mud druk is berekend en kan worden vergeleken met de berekende maximaal toelaatbare mud drukken. De maximale druk gebaseerd op deformatie houdt rekening met de vorming van scheuren rond het boorgat, terwijl de maximale druk gebaseerd op gronddruk een frac-out aangeeft richting maaiveld.

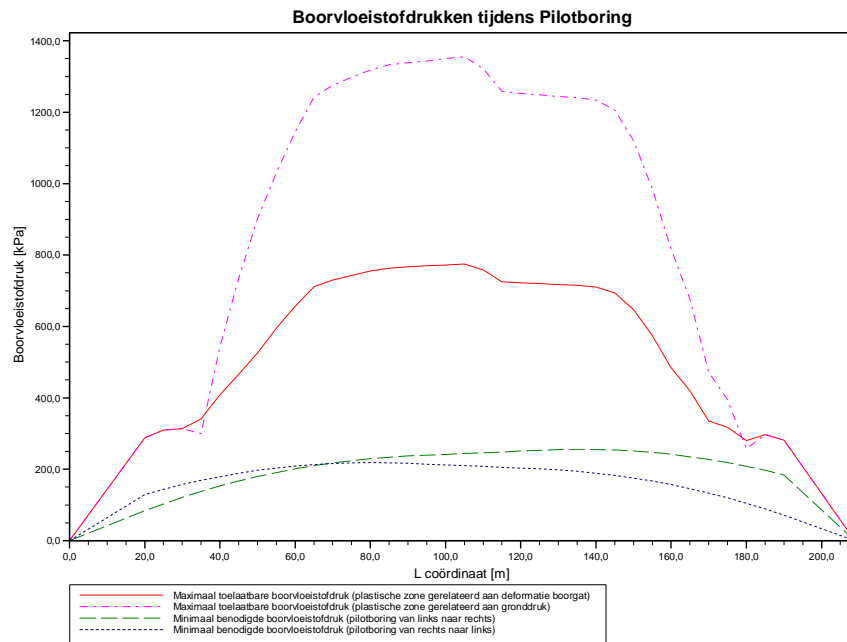
3.2 Evenwicht tussen Waterdruk en Boorvloeistofdruk

Verticaal nr.	Hydrostatische kolomdruk			
	Boorvloeistof [kN/m ²]	Water [kN/m ²]	Veiligheidsfactor [-]	Resultaat
1	73	64	1,16	voldoet
2	89	78	1,14	voldoet
3	104	92	1,13	voldoet
4	117	83	1,41	voldoet
5	129	94	1,37	voldoet
6	140	105	1,34	voldoet
7	149	114	1,31	voldoet
8	157	122	1,30	voldoet
9	164	128	1,28	voldoet
10	170	134	1,27	voldoet
11	175	139	1,26	voldoet
12	178	142	1,25	voldoet
13	180	145	1,24	voldoet
14	181	147	1,23	voldoet
15	180	147	1,23	voldoet
16	179	147	1,22	voldoet
17	179	147	1,21	voldoet
18	178	147	1,21	voldoet
19	177	147	1,20	voldoet
20	176	147	1,19	voldoet
21	175	147	1,19	voldoet
22	174	147	1,18	voldoet
23	173	147	1,17	voldoet
24	170	146	1,17	voldoet
25	167	143	1,16	voldoet
26	162	140	1,16	voldoet
27	156	135	1,15	voldoet
28	148	130	1,14	voldoet
29	140	123	1,13	voldoet
30	130	116	1,12	voldoet
31	119	107	1,11	voldoet
32	107	97	1,10	voldoet
33	93	86	1,08	voldoet niet
34	79	63	1,25	voldoet
35	62	50	1,26	voldoet

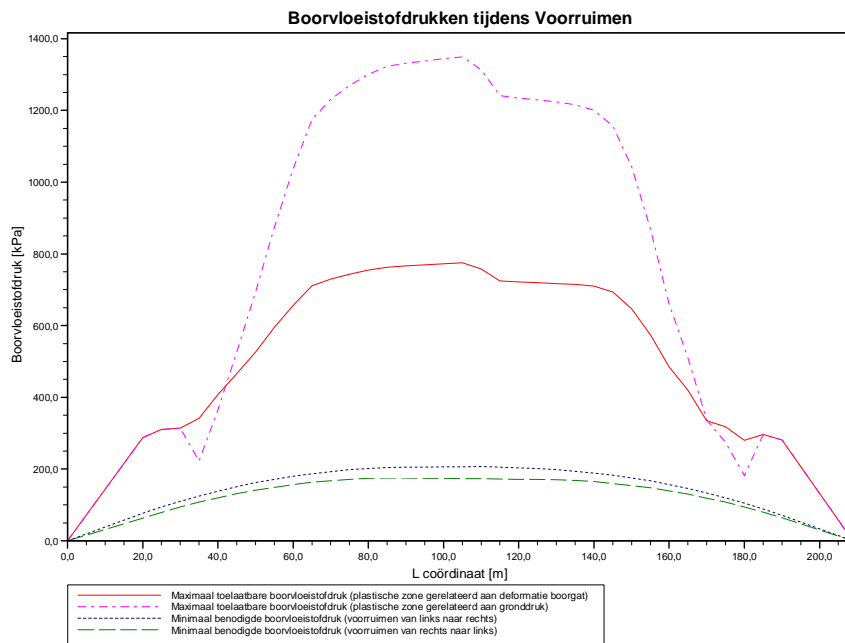
De statische mud druk is berekend en kan worden vergeleken met de berekende grondwater druk. De veiligheids factor wordt bepaald door de verhouding van mud druk en grondwater druk. Deze moet hoger zijn dan de vereiste veiligheidsfactor van 1,10

3.3 Boorvloeistofdruk Grafieken

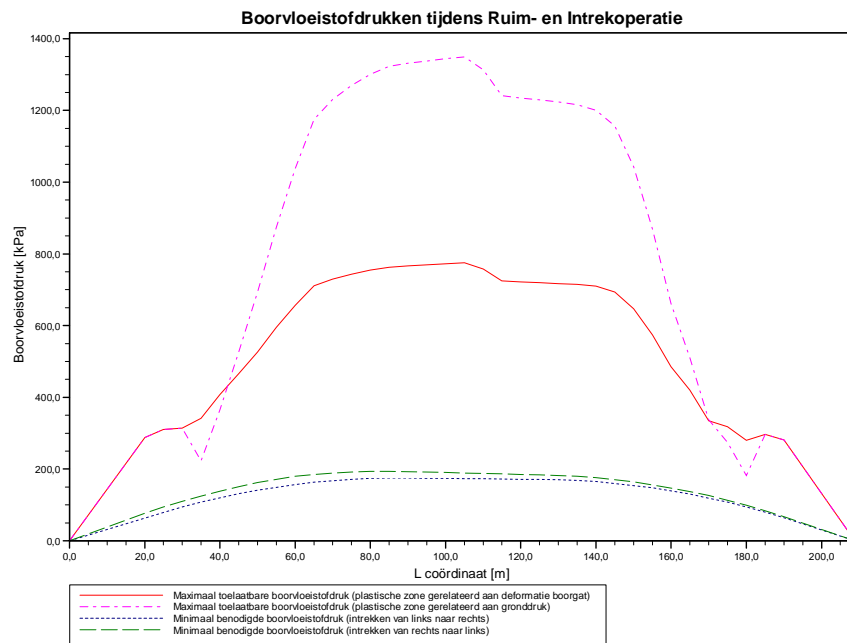
3.3.1 Boorvloeistofdrukken tijdens Pilotboring



3.3.2 Boorvloeistofdrukken tijdens Voorruimen



3.3.3 Boorvloeistofdrukken tijdens Ruim- en Intrekoperatie



4 Grondmechanische Parameters

4.1 Grondmechanische Parameters 1x200mm PE100 SDR11 (1): leiding no. 1

De volgende gegevens en uitgangspunten zijn gehanteerd voor de sterkteberekening:

Merk op: veiligheidsfactoren niet toegepast.

Pv;p	Passieve grondbelasting	kN/m ²
Pv;n	Neutrale grondbelasting	kN/m ²
Ph;n	Neutrale horizontale grondbelasting	kN/m ²
Pv,r;n	Gereduceerde neutrale grondbelasting	kN/m ²
kv;top	Verticaal beddingsgetal omhoog	kN/m ³
kv;top,max	Maximaal verticaal beddingsgetal omhoog	kN/m ³
dv	Verticale verplaatsing	mm
kv	Verticaal beddingsgetal omlaag	kN/m ³
Pv,e	Verticaal evenwichtsdraagvermogen	kN/m ²
kh	Horizontaal beddinggetal	kN/m ³
Ph,e	Horizontaal evenwichtsdraagvermogen	kN/m ²
tmax	Maximale wrijving leiding-boorvloeistof	kN/m ²
dmax	Corresponderende verplaatsing bij mobilisatie maximale wrijving	mm

Verticaal nr.	Pv;p [kN/m ²]	Pv;n [kN/m ²]	Ph;n [kN/m ²]	Pv,r;n [kN/m ²]	kv;top [kN/m ³]
1	225	49	18	25	8940
2	257	63	20	27	9367
3	229	51	16	22	9367
4	787	106	21	29	55718
5	868	122	23	32	99853
6	982	147	15	21	99853
7	1112	177	12	16	99853
8	1268	215	10	14	99853
9	1411	253	9	13	99853
10	1534	287	9	12	99853
11	1570	297	9	11	99853
12	1595	304	8	11	99853
13	1617	310	8	11	99853
14	1635	315	8	11	99853
15	1643	318	8	11	99853
16	1649	320	8	11	99853
17	1656	322	8	11	99853
18	1663	324	8	11	99853
19	1620	311	8	11	99853
20	1534	287	8	11	99853
21	1527	284	8	11	99853
22	1521	283	8	11	99853
23	1515	281	8	11	99853
24	1512	280	8	11	99853
25	1506	279	8	11	99853
26	1475	270	8	11	99853
27	1365	241	9	12	99853
28	1188	195	9	12	99853
29	971	145	9	13	99853
30	822	113	10	14	99853
31	617	74	11	15	99853
32	604	72	17	23	99853
33	552	63	18	25	82350
34	261	65	17	23	9367
35	235	53	17	22	9367

Verticaal nr.	dv [mm]	kv [kN/m ³]	Pv;e [kN/m ²]	kh [kN/m ³]	Ph;e [kN/m ²]	tmax [kN/m ²]	dmax [mm]
1	0	9367	867	6557	225	0,05	8
2	0	9367	1040	6557	257	0,05	8
3	0	52586	891	36811	229	0,05	8
4	0	99853	2849	69897	787	0,05	8
5	0	99853	3287	69897	868	0,05	8
6	0	99853	3941	69897	982	0,05	8
7	0	99853	4744	69897	1112	0,05	8
8	0	99853	5768	69897	1268	0,05	8
9	0	99853	6765	69897	1411	0,05	8
10	0	99853	7667	69897	1534	0,05	8
11	0	99853	7933	69897	1570	0,05	8
12	0	99853	8125	69897	1595	0,05	8
13	0	99853	8291	69897	1617	0,05	8
14	0	99853	8430	69897	1635	0,05	8
15	0	99853	8491	69897	1643	0,05	8
16	0	99853	8545	69897	1649	0,05	8
17	0	99853	8598	69897	1656	0,05	8
18	0	99853	8652	69897	1663	0,05	8
19	0	99853	8315	69897	1620	0,05	8
20	0	99853	7664	69897	1534	0,05	8
21	0	99853	7609	69897	1527	0,05	8
22	0	99853	7566	69897	1521	0,05	8
23	0	99853	7521	69897	1515	0,05	8
24	0	99853	7500	69897	1512	0,05	8
25	0	99853	7460	69897	1506	0,05	8
26	0	99853	7226	69897	1475	0,05	8
27	0	99853	6437	69897	1365	0,05	8
28	0	99853	5234	69897	1188	0,05	8
29	0	99853	3880	69897	971	0,05	8
30	0	99853	3035	69897	822	0,05	8
31	0	99853	2000	69897	617	0,05	8
32	0	99853	1943	69897	604	0,05	8
33	0	99853	1718	69897	552	0,05	8
34	0	81845	1280	57291	261	0,05	8
35	0	9367	920	6557	235	0,05	8

Maximale grondbelasting : Pv;n;max = 324 kN/m²
 Maximale gereduceerde grondbelasting : Pv;r;n;max = 32 kN/m²
 Maximale verticale beddingsconstante (zonder veiligheidsfactor) : kv;max = 99853 kN/m³
 Maximale verticale beddingsconstante (veiligheidsfactor toegepast) : kv;max = 204230 kN/m³

4.2 Grondmechanische Parameters 1x200mm PE100 SDR11 (2): leiding no. 2

De volgende gegevens en uitgangspunten zijn gehanteerd voor de sterkteberekening:

Merk op: veiligheidsfactoren niet toegepast.

Pv;p	Passieve grondbelasting	kN/m ²
Pv;n	Neutrale grondbelasting	kN/m ²
Ph;n	Neutrale horizontale grondbelasting	kN/m ²
Pv;r;n	Gereduceerde neutrale grondbelasting	kN/m ²
kv;top	Verticaal beddingsgetal omhoog	kN/m ³
kv;top,max	Maximaal verticaal beddingsgetal omhoog	kN/m ³
dv	Verticale verplaatsing	mm
kv	Verticaal beddingsgetal omlaag	kN/m ³
Pv;e	Verticaal evenwichtsdraagvermogen	kN/m ²
kh	Horizontaal beddinggetal	kN/m ³
Ph;e	Horizontaal evenwichtsdraagvermogen	kN/m ²
tmax	Maximale wrijving leiding-boorvloeistof	kN/m ²

dmax Corresponderende verplaatsing bij mobilisatie maximale wrijving mm

Verticaal nr.	Pv;p [kN/m ²]	Pv;n [kN/m ²]	Ph;n [kN/m ²]	Pv;r;n [kN/m ²]	kv;top [kN/m ³]
1	225	49	18	25	8940
2	257	63	20	27	9367
3	229	51	16	22	9367
4	787	106	21	29	55718
5	868	122	23	32	99853
6	982	147	15	21	99853
7	1112	177	12	16	99853
8	1268	215	10	14	99853
9	1411	253	9	13	99853
10	1534	287	9	12	99853
11	1570	297	9	11	99853
12	1595	304	8	11	99853
13	1617	310	8	11	99853
14	1635	315	8	11	99853
15	1643	318	8	11	99853
16	1649	320	8	11	99853
17	1656	322	8	11	99853
18	1663	324	8	11	99853
19	1620	311	8	11	99853
20	1534	287	8	11	99853
21	1527	284	8	11	99853
22	1521	283	8	11	99853
23	1515	281	8	11	99853
24	1512	280	8	11	99853
25	1506	279	8	11	99853
26	1475	270	8	11	99853
27	1365	241	9	12	99853
28	1188	195	9	12	99853
29	971	145	9	13	99853
30	822	113	10	14	99853
31	617	74	11	15	99853
32	604	72	17	23	99853
33	552	63	18	25	82350
34	261	65	17	23	9367
35	235	53	17	22	9367

Verticaal nr.	dv [mm]	kv [kN/m ³]	Pv;e [kN/m ²]	kh [kN/m ³]	Ph;e [kN/m ²]	tmax [kN/m ²]	dmax [mm]
1	0	9367	867	6557	225	0,05	8
2	0	9367	1040	6557	257	0,05	8
3	0	52586	891	36811	229	0,05	8
4	0	99853	2849	69897	787	0,05	8
5	0	99853	3287	69897	868	0,05	8
6	0	99853	3941	69897	982	0,05	8
7	0	99853	4744	69897	1112	0,05	8
8	0	99853	5768	69897	1268	0,05	8
9	0	99853	6765	69897	1411	0,05	8
10	0	99853	7667	69897	1534	0,05	8
11	0	99853	7933	69897	1570	0,05	8
12	0	99853	8125	69897	1595	0,05	8
13	0	99853	8291	69897	1617	0,05	8
14	0	99853	8430	69897	1635	0,05	8
15	0	99853	8491	69897	1643	0,05	8
16	0	99853	8545	69897	1649	0,05	8
17	0	99853	8598	69897	1656	0,05	8
18	0	99853	8652	69897	1663	0,05	8
19	0	99853	8315	69897	1620	0,05	8
20	0	99853	7664	69897	1534	0,05	8

Verticaal nr.	dv [mm]	kv [kN/m ³]	Pv;e [kN/m ²]	kh [kN/m ³]	Ph;e [kN/m ²]	tmax [kN/m ²]	dmax [mm]
21	0	99853	7609	69897	1527	0,05	8
22	0	99853	7566	69897	1521	0,05	8
23	0	99853	7521	69897	1515	0,05	8
24	0	99853	7500	69897	1512	0,05	8
25	0	99853	7460	69897	1506	0,05	8
26	0	99853	7226	69897	1475	0,05	8
27	0	99853	6437	69897	1365	0,05	8
28	0	99853	5234	69897	1188	0,05	8
29	0	99853	3880	69897	971	0,05	8
30	0	99853	3035	69897	822	0,05	8
31	0	99853	2000	69897	617	0,05	8
32	0	99853	1943	69897	604	0,05	8
33	0	99853	1718	69897	552	0,05	8
34	0	81845	1280	57291	261	0,05	8
35	0	9367	920	6557	235	0,05	8

Maximale grondbelasting : Pv;n;max = 324 kN/m²
 Maximale gereduceerde grondbelasting : Pv;r;n;max = 32 kN/m²
 Maximale verticale beddingsconstante (zonder veiligheidsfactor) : kv;max = 99853 kN/m³
 Maximale verticale beddingsconstante (veiligheidsfactor toegepast) : kv;max = 204230 kN/m³

4.3 Grondmechanische Parameters 1x200mm PE100 SDR11 (3): leiding no. 3

De volgende gegevens en uitgangspunten zijn gehanteerd voor de sterkteberekening:

Merk op: veiligheidsfactoren niet toegepast.

Pv;p	Passieve grondbelasting	kN/m ²
Pv;n	Neutrale grondbelasting	kN/m ²
Ph;n	Neutrale horizontale grondbelasting	kN/m ²
Pv;r;n	Gereduceerde neutrale grondbelasting	kN/m ²
kv;top	Verticaal beddingsgetal omhoog	kN/m ³
kv;top,max	Maximaal verticaal beddingsgetal omhoog	kN/m ³
dv	Verticale verplaatsing	mm
kv	Verticaal beddingsgetal omlaag	kN/m ³
Pv;e	Verticaal evenwichtsdraagvermogen	kN/m ²
kh	Horizontaal beddinggetal	kN/m ³
Ph;e	Horizontaal evenwichtsdraagvermogen	kN/m ²
tmax	Maximale wrijving leiding-boorvloeistof	kN/m ²
dmax	Corresponderende verplaatsing bij mobilisatie maximale wrijving	mm

Verticaal nr.	Pv;p [kN/m ²]	Pv;n [kN/m ²]	Ph;n [kN/m ²]	Pv;r;n [kN/m ²]	kv;top [kN/m ³]
1	225	49	18	25	8940
2	257	63	20	27	9367
3	229	51	16	22	9367
4	787	106	21	29	55718
5	868	122	23	32	99853
6	982	147	15	21	99853
7	1112	177	12	16	99853
8	1268	215	10	14	99853
9	1411	253	9	13	99853
10	1534	287	9	12	99853
11	1570	297	9	11	99853
12	1595	304	8	11	99853
13	1617	310	8	11	99853
14	1635	315	8	11	99853
15	1643	318	8	11	99853
16	1649	320	8	11	99853
17	1656	322	8	11	99853

Verticaal nr.	Pv;p [kN/m ²]	Pv;n [kN/m ²]	Ph;n [kN/m ²]	Pv;r;n [kN/m ²]	kv;top [kN/m ³]
18	1663	324	8	11	99853
19	1620	311	8	11	99853
20	1534	287	8	11	99853
21	1527	284	8	11	99853
22	1521	283	8	11	99853
23	1515	281	8	11	99853
24	1512	280	8	11	99853
25	1506	279	8	11	99853
26	1475	270	8	11	99853
27	1365	241	9	12	99853
28	1188	195	9	12	99853
29	971	145	9	13	99853
30	822	113	10	14	99853
31	617	74	11	15	99853
32	604	72	17	23	99853
33	552	63	18	25	82350
34	261	65	17	23	9367
35	235	53	17	22	9367

Verticaal nr.	dv [mm]	kv [kN/m ³]	Pv;e [kN/m ²]	kh [kN/m ³]	Ph;e [kN/m ²]	tmax [kN/m ²]	dmax [mm]
1	0	9367	867	6557	225	0,05	8
2	0	9367	1040	6557	257	0,05	8
3	0	52586	891	36811	229	0,05	8
4	0	99853	2849	69897	787	0,05	8
5	0	99853	3287	69897	868	0,05	8
6	0	99853	3941	69897	982	0,05	8
7	0	99853	4744	69897	1112	0,05	8
8	0	99853	5768	69897	1268	0,05	8
9	0	99853	6765	69897	1411	0,05	8
10	0	99853	7667	69897	1534	0,05	8
11	0	99853	7933	69897	1570	0,05	8
12	0	99853	8125	69897	1595	0,05	8
13	0	99853	8291	69897	1617	0,05	8
14	0	99853	8430	69897	1635	0,05	8
15	0	99853	8491	69897	1643	0,05	8
16	0	99853	8545	69897	1649	0,05	8
17	0	99853	8598	69897	1656	0,05	8
18	0	99853	8652	69897	1663	0,05	8
19	0	99853	8315	69897	1620	0,05	8
20	0	99853	7664	69897	1534	0,05	8
21	0	99853	7609	69897	1527	0,05	8
22	0	99853	7566	69897	1521	0,05	8
23	0	99853	7521	69897	1515	0,05	8
24	0	99853	7500	69897	1512	0,05	8
25	0	99853	7460	69897	1506	0,05	8
26	0	99853	7226	69897	1475	0,05	8
27	0	99853	6437	69897	1365	0,05	8
28	0	99853	5234	69897	1188	0,05	8
29	0	99853	3880	69897	971	0,05	8
30	0	99853	3035	69897	822	0,05	8
31	0	99853	2000	69897	617	0,05	8
32	0	99853	1943	69897	604	0,05	8
33	0	99853	1718	69897	552	0,05	8
34	0	81845	1280	57291	261	0,05	8
35	0	9367	920	6557	235	0,05	8

Maximale grondbelasting	:	Pv;n;max = 324 kN/m ²
Maximale gereduceerde grondbelasting	:	Pv;r;n;max = 32 kN/m ²
Maximale verticale beddingsconstante (zonder veiligheidsfactor)	:	kv;max = 99853 kN/m ³
Maximale verticale beddingsconstante (veiligheidsfactor toegepast)	:	kv;max = 204230 kN/m ³

4.4 Grondmechanische Parameters 1x200mm PE100 SDR11 (4): leiding no. 4

De volgende gegevens en uitgangspunten zijn gehanteerd voor de sterkteberekening:

Merk op: veiligheidsfactoren niet toegepast.

Pv;p	Passieve grondbelasting	kN/m ²
Pv;n	Neutrale grondbelasting	kN/m ²
Ph;n	Neutrale horizontale grondbelasting	kN/m ²
Pv;r;n	Gereduceerde neutrale grondbelasting	kN/m ²
kv;top	Verticaal beddingsgetal omhoog	kN/m ³
kv;top,max	Maximaal verticaal beddingsgetal omhoog	kN/m ³
dv	Verticale verplaatsing	mm
kv	Verticaal beddingsgetal omlaag	kN/m ³
Pv;e	Verticaal evenwichtsdraagvermogen	kN/m ²
kh	Horizontaal beddinggetal	kN/m ³
Ph;e	Horizontaal evenwichtsdraagvermogen	kN/m ²
tmax	Maximale wrijving leiding-boorvloeistof	kN/m ²
dmax	Corresponderende verplaatsing bij mobilisatie maximale wrijving	mm

Verticaal nr.	Pv;p [kN/m ²]	Pv;n [kN/m ²]	Ph;n [kN/m ²]	Pv;r;n [kN/m ²]	kv;top [kN/m ³]
1	225	49	18	25	8940
2	257	63	20	27	9367
3	229	51	16	22	9367
4	787	106	21	29	55718
5	868	122	23	32	99853
6	982	147	15	21	99853
7	1112	177	12	16	99853
8	1268	215	10	14	99853
9	1411	253	9	13	99853
10	1534	287	9	12	99853
11	1570	297	9	11	99853
12	1595	304	8	11	99853
13	1617	310	8	11	99853
14	1635	315	8	11	99853
15	1643	318	8	11	99853
16	1649	320	8	11	99853
17	1656	322	8	11	99853
18	1663	324	8	11	99853
19	1620	311	8	11	99853
20	1534	287	8	11	99853
21	1527	284	8	11	99853
22	1521	283	8	11	99853
23	1515	281	8	11	99853
24	1512	280	8	11	99853
25	1506	279	8	11	99853
26	1475	270	8	11	99853
27	1365	241	9	12	99853
28	1188	195	9	12	99853
29	971	145	9	13	99853
30	822	113	10	14	99853
31	617	74	11	15	99853
32	604	72	17	23	99853
33	552	63	18	25	82350
34	261	65	17	23	9367

Verticaal nr.	Pv;p [kN/m ²]	Pv;n [kN/m ²]	Ph;n [kN/m ²]	Pv;r;n [kN/m ²]	kv;top [kN/m ³]
35	235	53	17	22	9367

Verticaal nr.	dv [mm]	kv [kN/m ³]	Pv;e [kN/m ²]	kh [kN/m ³]	Ph;e [kN/m ²]	tmax [kN/m ²]	dmax [mm]
1	0	9367	867	6557	225	0,05	8
2	0	9367	1040	6557	257	0,05	8
3	0	52586	891	36811	229	0,05	8
4	0	99853	2849	69897	787	0,05	8
5	0	99853	3287	69897	868	0,05	8
6	0	99853	3941	69897	982	0,05	8
7	0	99853	4744	69897	1112	0,05	8
8	0	99853	5768	69897	1268	0,05	8
9	0	99853	6765	69897	1411	0,05	8
10	0	99853	7667	69897	1534	0,05	8
11	0	99853	7933	69897	1570	0,05	8
12	0	99853	8125	69897	1595	0,05	8
13	0	99853	8291	69897	1617	0,05	8
14	0	99853	8430	69897	1635	0,05	8
15	0	99853	8491	69897	1643	0,05	8
16	0	99853	8545	69897	1649	0,05	8
17	0	99853	8598	69897	1656	0,05	8
18	0	99853	8652	69897	1663	0,05	8
19	0	99853	8315	69897	1620	0,05	8
20	0	99853	7664	69897	1534	0,05	8
21	0	99853	7609	69897	1527	0,05	8
22	0	99853	7566	69897	1521	0,05	8
23	0	99853	7521	69897	1515	0,05	8
24	0	99853	7500	69897	1512	0,05	8
25	0	99853	7460	69897	1506	0,05	8
26	0	99853	7226	69897	1475	0,05	8
27	0	99853	6437	69897	1365	0,05	8
28	0	99853	5234	69897	1188	0,05	8
29	0	99853	3880	69897	971	0,05	8
30	0	99853	3035	69897	822	0,05	8
31	0	99853	2000	69897	617	0,05	8
32	0	99853	1943	69897	604	0,05	8
33	0	99853	1718	69897	552	0,05	8
34	0	81845	1280	57291	261	0,05	8
35	0	9367	920	6557	235	0,05	8

Maximale grondbelasting : Pv;n;max = 324 kN/m²
 Maximale gereduceerde grondbelasting : Pv;r;n;max = 32 kN/m²
 Maximale verticale beddingsconstante (zonder veiligheidsfactor) : kv;max = 99853 kN/m³
 Maximale verticale beddingsconstante (veiligheidsfactor toegepast) : kv;max = 204230 kN/m³

5 Gegevens voor Spanningsanalyse

5.1 Algemene gegevens

Aantal leidingen in bundel	:	Npipes= 4 [-]
Diameter leiding	:	Do = 200,00 mm
Nominale wanddikte	:	t = 18,2 mm
Volumegegewicht leidingmateriaal	:	gamma_s = 9,54 kN/m ³
Diameter leiding	:	Do = 200,00 mm
Nominale wanddikte	:	t = 18,2 mm
Volumegegewicht leidingmateriaal	:	gamma_s = 9,54 kN/m ³
Diameter leiding	:	Do = 200,00 mm
Nominale wanddikte	:	t = 18,2 mm
Volumegegewicht leidingmateriaal	:	gamma_s = 9,54 kN/m ³
Diameter leiding	:	Do = 200,00 mm
Nominale wanddikte	:	t = 18,2 mm
Volumegegewicht leidingmateriaal	:	gamma_s = 9,54 kN/m ³
Volumegegewicht boorvloeistof	:	gamma_b = 11,50 kN/m ³
Minimale kromtestraal	:	Rmin = 173 m
Kromtestraal op rollenbaan (intrekboog)	:	Rrol = 25 m
Wrijvingscoëfficiënt leiding/rollenbaan	:	f1 = 0,10
Wrijving tussen leiding en boorvloeistof	:	f2 = 0,000050 N/mm ²
Wrijvingscoëfficiënt leiding/grond	:	f3 = 0,20
Maximale beddingsconstante	:	kv, max = 101954 kN/m ³

5.2 Ballasten Leiding

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

Bij een vulling percentage van 0% ontstaat het volgende resulterende gewicht.

Opwaartse kracht	:	145	[kg/m]
Gewicht productbuis (inclusief vulling)	:	40	[kg/m]

Resultaat	:	105	[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)	Verwachtingswaarde voor de trekkracht (kN)
T1	0	8
T2	17	13
T3	84	33
T4	120	44
T5	196	69
T6	212	74

De berekende waarden van de trekkracht zijn verwachtingswaarden waarop nog een minimale onzekerheidsfactor van 1.4 moet worden toegepast in de sterkte berekening. In de volgende sterkteberekening is een factor van 1,80 gebruikt en een belasting factor van 1,00 (alleen voor staal).

6 Spanningsanalyse of 1x200mm PE100 SDR11 (1): leiding no. 1

6.1 Materiaalgegevens of 1x200mm PE100 SDR11 (1): leiding no. 1

De volgende gegevens en uitgangspunten zijn gehanteerd voor de sterkteberekening:

Leiding materiaal	: Polyetheen PE100
Buiten- diameter	: $D_o = 200,00$ mm
Nominale wanddikte	: $t = 18,20$ mm
Ontwerpdruk	: $p_d = 0,00$ bar
Test druk	: $p_t = 0,00$ bar
Temperatuur variatie	: $dt = 0,00$ deg Celcius
Lengte leiding	: $L = 212$ 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)	: $S = 1,00$
Constante van Poisson	: $\nu = 0,40$
Volumegegewicht leidingmateriaal	: $\gamma_s = 9,54$ kN/m ³
Onzekerheidsfactor kromte straal	: $sf = 1,10$
Opleghoek	: $\beta = 30$ graden
Belastingshoek	: $\alpha = 30$ 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 verticale grondbelasting	: $P_{v;r;n;max} = 32$ kN/m ²
Maximale beddingsconstante	: $k_{v;max} = 204230$ kN/m ³
Belastingsfactor aanlegbelasting	: $f_{Install} = 1,00$
Belastingsfactor Qn	: $f_{Qn1} = 1,00$
Belastingsfactor ontwerpdruk	: $f_{pd} = 1,00$
Belastingsfactor ontwerpdruk (combinatie)	: $f_{pd;comb} = 1,00$
Belastingsfactor testdruk	: $f_{pt} = 1,00$
Belastingsfactor temperatuur	: $f_{temp} = 1,00$
Onzekerheidsfactor buigend moment	: $f_M = 1,40$
Onzekerheidsfactor kromte straal	: $f_R = 1,00$
Onzekerheidsfactor Qn	: $f_{Qn2} = 1,10$
Onzekerheidsfactor beddingsconstante	: $f_{kv} = 1,60$
Samengestelde factor op het moment (bijdrage van 3 factoren)	: $f_k = f_M * f_{Install} / f_R = 1,40$
Lineaire uitzettingscoëfficiënt gemiddeld tussen t 1 en t 2 ,	: $\alpha_g = 0,00018$ mm/mmK

6.2 Resultaten Spanningsanalyse of 1x200mm PE100 SDR11 (1): leiding no. 1

Voor de berekening worden 5 belasting fasen onderscheiden:

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

De wanddikte is 18,2 mm. Hierna wordt door middel van een berekening conform NEN 3650 serie aangetoond dat deze wanddikte voldoet

6.2.1 Belasting Combinatie 1A: Begin Trekoperatie

Axiale spanning:

$$\sigma_b = M_b/W_b = f_k \cdot E \cdot I_b / (R_{ol} \cdot W_b) = 5,5 \quad [N/mm^2]$$

$$\sigma_t = f_{pull} \cdot T_1/A = 0,4 \quad [N/mm^2]$$

$$\text{Maximale axiale spanning } \sigma_{a,max} = 3,9 \quad [N/mm^2]$$

De tangentele spanning is in deze fase verwaarloosbaar.

6.2.2 Belasting Combinatie 1B: Einde Trekoperatie

Axiale spanning:

$$\sigma_b = M_b/W_b = f_k \cdot E \cdot I_b / (R_{min} \cdot W_b) = 0,8 \quad N/mm^2$$

$$\sigma_t = f_{pull} \cdot T_{max}/A = 3,2 \quad N/mm^2$$

$$\text{Maximale axiale spanning } \sigma_{a,max} = 3,7 \quad N/mm^2$$

Tangentele spanning:

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

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

$$\lambda = (k_v \cdot D_o / (4 \cdot E \cdot I))^{0.25} = 3,9E-3 \quad mm^{-1}$$

$$q_r = 0,006119 \quad N/mm^2$$

$$\sigma_{qr} = k' \cdot q_r \cdot (r_g/W_w) \cdot D_o = 0,4 \quad N/mm^2$$

$$\text{Maximale tangentele spanning } \sigma_{t,max} = 0,4 \quad N/mm^2$$

6.2.3 Belasting Combinatie 2: Intern op Druk Brengen

Ten gevolge van inwendige druk :

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

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

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

6.2.4 Belasting Combinatie 3: Bedrijfstoestand in Drukloze Situatie

Axiale spanning:

$$\sigma_b = M_b/W_b = f_k \cdot E \cdot I_b / (R_{ol} \cdot W_b) = 0,3 \quad N/mm^2$$

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

Tangentele spanning:

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

$$\sigma_{qn} = k \cdot q_n \cdot (r_g/W_w) \cdot D_o = 2,9 \quad N/mm^2$$

Maximale tangentele spanning $\Sigma_{t,max}$	=	2,1	N/mm ²
6.2.5 Belasting Combinatie 4: Bedrijftoestand met Inwendige Druk			
Axiale spanning:			
$\Sigma_b = M_b/W_b = f_k \cdot E \cdot I_b / (R_{ol} \cdot W_b)$	=	0,3	N/mm ²
Ten gevolge van inwendige druk :			
$\Sigma_{py} = p_d \cdot ((r_u^2 + r_i^2) / (r_u^2 - r_i^2))$	=	0,0	N/mm ²
$\Sigma_{px} = 0.5 \cdot \Sigma_{py}$	=	0,0	N/mm ²
$\Sigma_{ptest} = p_t \cdot ((r_u^2 + r_i^2) / (r_u^2 - r_i^2))$	=	0,0	N/mm ²
$\Sigma_{Temp} = dt \cdot \gamma_t \cdot \alpha_g \cdot E$	=	0,0	N/mm ²
Maximale axiale spanning $\Sigma_{a,max}$	=	0,2	N/mm ²
Tangentele spanning:			
$\Sigma_{qr} = k' \cdot q_r \cdot (rg/W_w) \cdot D_o$	=	0,2	N/mm ²
$\Sigma_{qn} = k \cdot q_n \cdot (rg/W_w) \cdot D_o$	=	2,9	N/mm ²
Rerounding factor F_{rr}	=	1,000	
Rerounding factor F'_{rr}	=	1,000	
$\Sigma_{t,max} = \Sigma_{py} + ((F'_{rr} \cdot \Sigma_{qr}) + (F_{rr} \cdot \Sigma_{qn}))$			
Maximale tangentele spanning $\Sigma_{t,max}$	=	2,1	N/mm ²

6.3 Controle van de Berekende Spanningen of 1x200mm PE100 SDR11 (1): leiding no. 1

Belasting combinatie 1

- $\Sigma_{AxMax} < ShortStrength \cdot DamageFactor$
- $\Sigma_{TanMax} < ShortStrength \cdot DamageFactor$

Belasting combinatie 2

- $\Sigma_{ptest} < ShortStrength \cdot DamageFactor$
- $\Sigma_{py} < LongStrength \cdot DamageFactor$

Belasting combinatie 3

- $\Sigma_{AxMax} < LongStrength \cdot DamageFactor$
- $\Sigma_{TanMax} < LongStrength \cdot DamageFactor$

Belasting combinatie 4

- $\Sigma_{AxMax} < LongStrength \cdot DamageFactor$
- $\Sigma_{TanMax} < LongStrength \cdot DamageFactor$

Voor alle spanningssituaties zijn de spanningen toelaatbaar.

	Max toelaatbare spanning [N/mm ²]	Spannings combinatie1A	Spannings combinatie1B	Spannings combinatie2	Spannings combinatie3	Spannings combinatie4
Sigma_ptest	10,00 (kort)	-	-	0,0	-	-
Sigma_py	8,00 (lang)	-	-	0,0	-	-
Sigma_axiaal	10,00 (kort)	3,9	3,7	-	-	-
Sigma_axiaal	8,00 (lang)	-	-	-	0,2	0,2
Sigma_tan...	10,00 (kort)	-	0,4	-	-	-
Sigma_tan...	8,00 (lang)	-	-	-	2,1	2,1

Spanningen in de leiding [N/mm²]

De deflectie van de leiding is 2,6 mm (1,28% 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 voor piggability is 10,0 mm (5,00% x Do). De deflectie is toelaatbaar.

6.3.4 Toetsing op Implosie of 1x200mm PE100 SDR11 (1): leiding no. 1

Tijdens het intrekken wordt de leiding belast door de heersende bentonietdruk. De hoogste minimaal benodigde druk tijdens het intrekken is gelijk aan 194 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 147 kN/m², dit is kleiner dan de toelaatbare alzijdige uitwendige druk van 279 kN/m².

7 Spanningsanalyse of 1x200mm PE100 SDR11 (2): leiding no. 2

7.1 Materiaalgegevens of 1x200mm PE100 SDR11 (2): leiding no. 2

De volgende gegevens en uitgangspunten zijn gehanteerd voor de sterkteberekening:

Leiding materiaal	: Polyetheen PE100
Buiten- diameter	: $D_o = 200,00$ mm
Nominale wanddikte	: $t = 18,20$ mm
Ontwerpdruk	: $p_d = 0,00$ bar
Test druk	: $p_t = 0,00$ bar
Temperatuur variatie	: $dt = 0,00$ deg Celcius
Lengte leiding	: $L = 212$ 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)	: $S = 1,00$
Constante van Poisson	: $\nu = 0,40$
Volumegegewicht leidingmateriaal	: $\gamma_s = 9,54$ kN/m ³
Onzekerheidsfactor kromte straal	: $s_f = 1,10$
Opleghoek	: $\beta = 30$ graden
Belastingshoek	: $\alpha = 30$ graden
Momentcoëfficiënt grond top (indirect)	: $k_t' = 0,078$
Momentcoëfficiënt grond bodem (indirect)	: $k_b' = 0,179$
Momentcoëfficiënt grond top (direct)	: $k_t = 0,257$
Momentcoëfficiënt bodem (direct)	: $k_b = 0,257$
Deflectiecoëfficiënt (indirect)	: $k_y' = 0,071$
Deflectiecoëfficiënt (direct)	: $k_y = 0,143$
Maximale verticale grondbelasting	: $P_{v;r;n;max} = 32$ kN/m ²
Maximale beddingsconstante	: $k_v;max = 204230$ kN/m ³
Belastingsfactor aanlegbelasting	: $f_{Install} = 1,00$
Belastingsfactor Qn	: $f_{Qn1} = 1,00$
Belastingsfactor ontwerpdruk	: $f_{pd} = 1,00$
Belastingsfactor ontwerpdruk (combinatie)	: $f_{pd;comb} = 1,00$
Belastingsfactor testdruk	: $f_{pt} = 1,00$
Belastingsfactor temperatuur	: $f_{temp} = 1,00$
Onzekerheidsfactor buigend moment	: $f_M = 1,40$
Onzekerheidsfactor kromte straal	: $f_R = 1,00$
Onzekerheidsfactor Qn	: $f_{Qn2} = 1,10$
Onzekerheidsfactor beddingsconstante	: $f_{kv} = 1,60$
Samengestelde factor op het moment (bijdrage van 3 factoren)	: $f_k = f_M * f_{Install} / f_R = 1,40$
Lineaire uitzettingscoëfficiënt gemiddeld tussen t 1 en t 2 ,	: $\alpha_g = 0,00018$ mm/mmK

7.2 Resultaten Spanningsanalyse of 1x200mm PE100 SDR11 (2): leiding no. 2

Voor de berekening worden 5 belasting fasen onderscheiden:

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

De wanddikte is 18,2 mm. Hierna wordt door middel van een berekening conform NEN 3650 serie aangetoond dat deze wanddikte voldoet

7.2.1 Belasting Combinatie 1A: Begin Trekoperatie

Axiale spanning:

$$\sigma_b = M_b/W_b = f_k \cdot E \cdot I_b / (R_{ol} \cdot W_b) = 5,5 \quad [N/mm^2]$$

$$\sigma_t = f_{pull} \cdot T_1/A = 0,4 \quad [N/mm^2]$$

$$\text{Maximale axiale spanning } \sigma_{a,max} = 3,9 \quad [N/mm^2]$$

De tangentele spanning is in deze fase verwaarloosbaar.

7.2.2 Belasting Combinatie 1B: Einde Trekoperatie

Axiale spanning:

$$\sigma_b = M_b/W_b = f_k \cdot E \cdot I_b / (R_{min} \cdot W_b) = 0,8 \quad N/mm^2$$

$$\sigma_t = f_{pull} \cdot T_{max}/A = 3,2 \quad N/mm^2$$

$$\text{Maximale axiale spanning } \sigma_{a,max} = 3,7 \quad N/mm^2$$

Tangentele spanning:

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

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

$$\lambda = (k_v \cdot D_o / (4 \cdot E \cdot I))^{0.25} = 3,9E-3 \quad mm^{-1}$$

$$q_r = 0,006119 \quad N/mm^2$$

$$\sigma_{qr} = k' \cdot q_r \cdot (r_g/W_w) \cdot D_o = 0,4 \quad N/mm^2$$

$$\text{Maximale tangentele spanning } \sigma_{t,max} = 0,4 \quad N/mm^2$$

7.2.3 Belasting Combinatie 2: Intern op Druk Brengen

Ten gevolge van inwendige druk :

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

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

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

7.2.4 Belasting Combinatie 3: Bedrijfstoestand in Drukloze Situatie

Axiale spanning:

$$\sigma_b = M_b/W_b = f_k \cdot E \cdot I_b / (R_{ol} \cdot W_b) = 0,3 \quad N/mm^2$$

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

Tangentele spanning:

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

$$\sigma_{qn} = k \cdot q_n \cdot (r_g/W_w) \cdot D_o = 2,9 \quad N/mm^2$$

Maximale tangentele spanning $\Sigma_{t,max}$	=	2,1	N/mm ²
7.2.5 Belasting Combinatie 4: Bedrijftoestand met Inwendige Druk			
Axiale spanning:			
$\Sigma_b = M_b/W_b = f_k \cdot E \cdot I_b / (R_{ol} \cdot W_b)$	=	0,3	N/mm ²
Ten gevolge van inwendige druk :			
$\Sigma_{py} = p_d \cdot ((r_u^2 + r_i^2) / (r_u^2 - r_i^2))$	=	0,0	N/mm ²
$\Sigma_{px} = 0.5 \cdot \Sigma_{py}$	=	0,0	N/mm ²
$\Sigma_{ptest} = p_t \cdot ((r_u^2 + r_i^2) / (r_u^2 - r_i^2))$	=	0,0	N/mm ²
$\Sigma_{Temp} = dt \cdot \gamma_t \cdot \alpha_g \cdot E$	=	0,0	N/mm ²
Maximale axiale spanning $\Sigma_{a,max}$	=	0,2	N/mm ²
Tangentele spanning:			
$\Sigma_{qr} = k' \cdot q_r \cdot (rg/W_w) \cdot D_o$	=	0,2	N/mm ²
$\Sigma_{qn} = k \cdot q_n \cdot (rg/W_w) \cdot D_o$	=	2,9	N/mm ²
Rerounding factor F_{rr}	=	1,000	
Rerounding factor F'_{rr}	=	1,000	
$\Sigma_{t,max} = \Sigma_{py} + ((F'_{rr} \cdot \Sigma_{qr}) + (F_{rr} \cdot \Sigma_{qn}))$			
Maximale tangentele spanning $\Sigma_{t,max}$	=	2,1	N/mm ²

7.3 Controle van de Berekende Spanningen of 1x200mm PE100 SDR11 (2): leiding no. 2

Belasting combinatie 1

- $\Sigma_{AxMax} < ShortStrength \cdot DamageFactor$
- $\Sigma_{TanMax} < ShortStrength \cdot DamageFactor$

Belasting combinatie 2

- $\Sigma_{ptest} < ShortStrength \cdot DamageFactor$
- $\Sigma_{py} < LongStrength \cdot DamageFactor$

Belasting combinatie 3

- $\Sigma_{AxMax} < LongStrength \cdot DamageFactor$
- $\Sigma_{TanMax} < LongStrength \cdot DamageFactor$

Belasting combinatie 4

- $\Sigma_{AxMax} < LongStrength \cdot DamageFactor$
- $\Sigma_{TanMax} < LongStrength \cdot DamageFactor$

Voor alle spanningssituaties zijn de spanningen toelaatbaar.

	Max toelaatbare spanning [N/mm ²]	Spannings combinatie1A	Spannings combinatie1B	Spannings combinatie2	Spannings combinatie3	Spannings combinatie4
Sigma_ptest	10,00 (kort)	-	-	0,0	-	-
Sigma_py	8,00 (lang)	-	-	0,0	-	-
Sigma_axiaal	10,00 (kort)	3,9	3,7	-	-	-
Sigma_axiaal	8,00 (lang)	-	-	-	0,2	0,2
Sigma_tan...	10,00 (kort)	-	0,4	-	-	-
Sigma_tan...	8,00 (lang)	-	-	-	2,1	2,1

Spanningen in de leiding [N/mm²]

De deflectie van de leiding is 2,6 mm (1,28% 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 voor piggability is 10,0 mm (5,00% x Do). De deflectie is toelaatbaar.

7.3.4 Toetsing op Implosie of 1x200mm PE100 SDR11 (2): leiding no. 2

Tijdens het intrekken wordt de leiding belast door de heersende bentonietdruk. De hoogste minimaal benodigde druk tijdens het intrekken is gelijk aan 194 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 147 kN/m², dit is kleiner dan de toelaatbare alzijdige uitwendige druk van 279 kN/m².

8 Spanningsanalyse of 1x200mm PE100 SDR11 (3): leiding no. 3

8.1 Materiaalgegevens of 1x200mm PE100 SDR11 (3): leiding no. 3

De volgende gegevens en uitgangspunten zijn gehanteerd voor de sterkteberekening:

Leiding materiaal	: Polyetheen PE100
Buiten- diameter	: $D_o = 200,00 \text{ mm}$
Nominale wanddikte	: $t = 18,20 \text{ mm}$
Ontwerpdruk	: $p_d = 0,00 \text{ bar}$
Test druk	: $p_t = 0,00 \text{ bar}$
Temperatuur variatie	: $dt = 0,00 \text{ deg Celcius}$
Lengte leiding	: $L = 212 \text{ m}$
Elasticiteitsmodulus (kort)	: $E = 975 \text{ N/mm}^2$
Elasticiteitsmodulus (lang)	: $E = 350 \text{ N/mm}^2$
Toelaatbare spanning (kort)	: $S = 10 \text{ N/mm}^2$
Toelaatbare spanning (lang)	: $S = 8 \text{ N/mm}^2$
Importantie factor (S)	: $S = 1,00$
Constante van Poisson	: $\nu = 0,40$
Volumegegewicht leidingmateriaal	: $\gamma_s = 9,54 \text{ kN/m}^3$
Onzekerheidsfactor kromte straal	: $sf = 1,10$
Opleghoek	: $\beta = 30 \text{ graden}$
Belastingshoek	: $\alpha = 30 \text{ graden}$
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 verticale grondbelasting	: $P_{v;r;n;\max} = 32 \text{ kN/m}^2$
Maximale beddingsconstante	: $k_{v;\max} = 204230 \text{ kN/m}^3$
Belastingsfactor aanlegbelasting	: $f_{\text{Install}} = 1,00$
Belastingsfactor Qn	: $f_{Qn1} = 1,00$
Belastingsfactor ontwerpdruk	: $f_{pd} = 1,00$
Belastingsfactor ontwerpdruk (combinatie)	: $f_{pd;\text{comb}} = 1,00$
Belastingsfactor testdruk	: $f_{pt} = 1,00$
Belastingsfactor temperatuur	: $f_{\text{temp}} = 1,00$
Onzekerheidsfactor buigend moment	: $f_M = 1,40$
Onzekerheidsfactor kromte straal	: $f_R = 1,00$
Onzekerheidsfactor Qn	: $f_{Qn2} = 1,10$
Onzekerheidsfactor beddingsconstante	: $f_{kv} = 1,60$
Samengestelde factor op het moment (bijdrage van 3 factoren)	: $f_k = f_M * f_{\text{Install}} / f_R = 1,40$
Lineaire uitzettingscoëfficiënt gemiddeld tussen t_1 en t_2	: $\alpha_g = 0,00018 \text{ mm/mmK}$

8.2 Resultaten Spanningsanalyse of 1x200mm PE100 SDR11 (3): leiding no. 3

Voor de berekening worden 5 belasting fasen onderscheiden:

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

De wanddikte is 18,2 mm. Hierna wordt door middel van een berekening conform NEN 3650 serie aangetoond dat deze wanddikte voldoet

8.2.1 Belasting Combinatie 1A: Begin Trekoperatie

Axiale spanning:

$$\sigma_b = M_b/W_b = f_k \cdot E \cdot I_b / (R_{ol} \cdot W_b) = 5,5 \quad [N/mm^2]$$

$$\sigma_t = f_{pull} \cdot T_1/A = 0,4 \quad [N/mm^2]$$

$$\text{Maximale axiale spanning } \sigma_{a,max} = 3,9 \quad [N/mm^2]$$

De tangentele spanning is in deze fase verwaarloosbaar.

8.2.2 Belasting Combinatie 1B: Einde Trekoperatie

Axiale spanning:

$$\sigma_b = M_b/W_b = f_k \cdot E \cdot I_b / (R_{min} \cdot W_b) = 0,8 \quad N/mm^2$$

$$\sigma_t = f_{pull} \cdot T_{max}/A = 3,2 \quad N/mm^2$$

$$\text{Maximale axiale spanning } \sigma_{a,max} = 3,7 \quad N/mm^2$$

Tangentele spanning:

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

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

$$\lambda = (k_v \cdot D_o / (4 \cdot E \cdot I))^{0.25} = 3,9E-3 \quad mm^{-1}$$

$$q_r = 0,006119 \quad N/mm^2$$

$$\sigma_{qr} = k' \cdot q_r \cdot (r_g/W_w) \cdot D_o = 0,4 \quad N/mm^2$$

$$\text{Maximale tangentele spanning } \sigma_{t,max} = 0,4 \quad N/mm^2$$

8.2.3 Belasting Combinatie 2: Intern op Druk Brengen

Ten gevolge van inwendige druk :

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

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

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

8.2.4 Belasting Combinatie 3: Bedrijfstoestand in Drukloze Situatie

Axiale spanning:

$$\sigma_b = M_b/W_b = f_k \cdot E \cdot I_b / (R_{ol} \cdot W_b) = 0,3 \quad N/mm^2$$

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

Tangentele spanning:

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

$$\sigma_{qn} = k \cdot q_n \cdot (r_g/W_w) \cdot D_o = 2,9 \quad N/mm^2$$

Maximale tangentele spanning $\Sigma_{t,max}$	=	2,1	N/mm ²
8.2.5 Belasting Combinatie 4: Bedrijftoestand met Inwendige Druk			
Axiale spanning:			
$\Sigma_b = M_b/W_b = f_k \cdot E \cdot I_b / (R_{ol} \cdot W_b)$	=	0,3	N/mm ²
Ten gevolge van inwendige druk :			
$\Sigma_{py} = p_d \cdot ((r_u^2 + r_i^2) / (r_u^2 - r_i^2))$	=	0,0	N/mm ²
$\Sigma_{px} = 0.5 \cdot \Sigma_{py}$	=	0,0	N/mm ²
$\Sigma_{ptest} = p_t \cdot ((r_u^2 + r_i^2) / (r_u^2 - r_i^2))$	=	0,0	N/mm ²
$\Sigma_{Temp} = dt \cdot \gamma_t \cdot \alpha_g \cdot E$	=	0,0	N/mm ²
Maximale axiale spanning $\Sigma_{a,max}$	=	0,2	N/mm ²
Tangentele spanning:			
$\Sigma_{qr} = k' \cdot q_r \cdot (rg/W_w) \cdot D_o$	=	0,2	N/mm ²
$\Sigma_{qn} = k \cdot q_n \cdot (rg/W_w) \cdot D_o$	=	2,9	N/mm ²
Rerounding factor F_{rr}	=	1,000	
Rerounding factor F'_{rr}	=	1,000	
$\Sigma_{t,max} = \Sigma_{py} + ((F'_{rr} \cdot \Sigma_{qr}) + (F_{rr} \cdot \Sigma_{qn}))$			
Maximale tangentele spanning $\Sigma_{t,max}$	=	2,1	N/mm ²

8.3 Controle van de Berekende Spanningen of 1x200mm PE100 SDR11 (3): leiding no. 3

Belasting combinatie 1

- $\Sigma_{AxMax} < ShortStrength \cdot DamageFactor$
- $\Sigma_{TanMax} < ShortStrength \cdot DamageFactor$

Belasting combinatie 2

- $\Sigma_{ptest} < ShortStrength \cdot DamageFactor$
- $\Sigma_{py} < LongStrength \cdot DamageFactor$

Belasting combinatie 3

- $\Sigma_{AxMax} < LongStrength \cdot DamageFactor$
- $\Sigma_{TanMax} < LongStrength \cdot DamageFactor$

Belasting combinatie 4

- $\Sigma_{AxMax} < LongStrength \cdot DamageFactor$
- $\Sigma_{TanMax} < LongStrength \cdot DamageFactor$

Voor alle spanningssituaties zijn de spanningen toelaatbaar.

	Max toelaatbare spanning [N/mm ²]	Spannings combinatie1A	Spannings combinatie1B	Spannings combinatie2	Spannings combinatie3	Spannings combinatie4
Sigma_ptest	10,00 (kort)	-	-	0,0	-	-
Sigma_py	8,00 (lang)	-	-	0,0	-	-
Sigma_axiaal	10,00 (kort)	3,9	3,7	-	-	-
Sigma_axiaal	8,00 (lang)	-	-	-	0,2	0,2
Sigma_tan...	10,00 (kort)	-	0,4	-	-	-
Sigma_tan...	8,00 (lang)	-	-	-	2,1	2,1

Spanningen in de leiding [N/mm²]

De deflectie van de leiding is 2,6 mm (1,28% 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 voor piggability is 10,0 mm (5,00% x Do). De deflectie is toelaatbaar.

8.3.4 Toetsing op Implosie of 1x200mm PE100 SDR11 (3): leiding no. 3

Tijdens het intrekken wordt de leiding belast door de heersende bentonietdruk. De hoogste minimaal benodigde druk tijdens het intrekken is gelijk aan 194 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 147 kN/m², dit is kleiner dan de toelaatbare alzijdige uitwendige druk van 279 kN/m².

9 Spanningsanalyse of 1x200mm PE100 SDR11 (4): leiding no. 4

9.1 Materiaalgegevens of 1x200mm PE100 SDR11 (4): leiding no. 4

De volgende gegevens en uitgangspunten zijn gehanteerd voor de sterkteberekening:

Leiding materiaal	: Polyetheen PE100
Buiten- diameter	: $D_o = 200,00 \text{ mm}$
Nominale wanddikte	: $t = 18,20 \text{ mm}$
Ontwerpdruk	: $p_d = 0,00 \text{ bar}$
Test druk	: $p_t = 0,00 \text{ bar}$
Temperatuur variatie	: $dt = 0,00 \text{ deg Celcius}$
Lengte leiding	: $L = 212 \text{ m}$
Elasticiteitsmodulus (kort)	: $E = 975 \text{ N/mm}^2$
Elasticiteitsmodulus (lang)	: $E = 350 \text{ N/mm}^2$
Toelaatbare spanning (kort)	: $S = 10 \text{ N/mm}^2$
Toelaatbare spanning (lang)	: $S = 8 \text{ N/mm}^2$
Importantie factor (S)	: $S = 1,00$
Constante van Poisson	: $\nu = 0,40$
Volumegegewicht leidingmateriaal	: $\gamma_s = 9,54 \text{ kN/m}^3$
Onzekerheidsfactor kromte straal	: $s_f = 1,10$
Opleghoek	: $\beta = 30 \text{ graden}$
Belastingshoek	: $\alpha = 30 \text{ graden}$
Momentcoëfficiënt grond top (indirect)	: $k_t' = 0,078$
Momentcoëfficiënt grond bodem (indirect)	: $k_b' = 0,179$
Momentcoëfficiënt grond top (direct)	: $k_t = 0,257$
Momentcoëfficiënt bodem (direct)	: $k_b = 0,257$
Deflectiecoëfficiënt (indirect)	: $k_y' = 0,071$
Deflectiecoëfficiënt (direct)	: $k_y = 0,143$
Maximale verticale grondbelasting	: $P_{v;r;n;\max} = 32 \text{ kN/m}^2$
Maximale beddingsconstante	: $k_v;\max = 204230 \text{ kN/m}^3$
Belastingsfactor aanlegbelasting	: $f_{\text{Install}} = 1,00$
Belastingsfactor Q_n	: $f_{Qn1} = 1,00$
Belastingsfactor ontwerpdruk	: $f_{pd} = 1,00$
Belastingsfactor ontwerpdruk (combinatie)	: $f_{pd;\text{comb}} = 1,00$
Belastingsfactor testdruk	: $f_{pt} = 1,00$
Belastingsfactor temperatuur	: $f_{\text{temp}} = 1,00$
Onzekerheidsfactor buigend moment	: $f_M = 1,40$
Onzekerheidsfactor kromte straal	: $f_R = 1,00$
Onzekerheidsfactor Q_n	: $f_{Qn2} = 1,10$
Onzekerheidsfactor beddingsconstante	: $f_{kv} = 1,60$
Samengestelde factor op het moment (bijdrage van 3 factoren)	: $f_k = f_M * f_{\text{Install}} / f_R = 1,40$
Lineaire uitzettingscoëfficiënt gemiddeld tussen t_1 en t_2	: $\alpha_g = 0,00018 \text{ mm/mmK}$

9.2 Resultaten Spanningsanalyse of 1x200mm PE100 SDR11 (4): leiding no. 4

Voor de berekening worden 5 belasting fasen onderscheiden:

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

De wanddikte is 18,2 mm. Hierna wordt door middel van een berekening conform NEN 3650 serie aangetoond dat deze wanddikte voldoet

9.2.1 Belasting Combinatie 1A: Begin Trekoperatie

Axiale spanning:

$$\sigma_b = M_b/W_b = f_k \cdot E \cdot I_b / (R_{ol} \cdot W_b) = 5,5 \quad [N/mm^2]$$

$$\sigma_t = f_{pull} \cdot T_1/A = 0,4 \quad [N/mm^2]$$

$$\text{Maximale axiale spanning } \sigma_{a,max} = 3,9 \quad [N/mm^2]$$

De tangentele spanning is in deze fase verwaarloosbaar.

9.2.2 Belasting Combinatie 1B: Einde Trekoperatie

Axiale spanning:

$$\sigma_b = M_b/W_b = f_k \cdot E \cdot I_b / (R_{min} \cdot W_b) = 0,8 \quad N/mm^2$$

$$\sigma_t = f_{pull} \cdot T_{max}/A = 3,2 \quad N/mm^2$$

$$\text{Maximale axiale spanning } \sigma_{a,max} = 3,7 \quad N/mm^2$$

Tangentele spanning:

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

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

$$\lambda = (k_v \cdot D_o / (4 \cdot E \cdot I))^{0.25} = 3,9E-3 \quad mm^{-1}$$

$$q_r = 0,006119 \quad N/mm^2$$

$$\sigma_{qr} = k' \cdot q_r \cdot (r_g/W_w) \cdot D_o = 0,4 \quad N/mm^2$$

$$\text{Maximale tangentele spanning } \sigma_{t,max} = 0,4 \quad N/mm^2$$

9.2.3 Belasting Combinatie 2: Intern op Druk Brengen

Ten gevolge van inwendige druk :

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

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

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

9.2.4 Belasting Combinatie 3: Bedrijfstoestand in Drukloze Situatie

Axiale spanning:

$$\sigma_b = M_b/W_b = f_k \cdot E \cdot I_b / (R_{ol} \cdot W_b) = 0,3 \quad N/mm^2$$

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

Tangentele spanning:

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

$$\sigma_{qn} = k \cdot q_n \cdot (r_g/W_w) \cdot D_o = 2,9 \quad N/mm^2$$

Maximale tangentele spanning $\sigma_{t,max}$	=	2,1	N/mm ²
9.2.5 Belasting Combinatie 4: Bedrijftoestand met Inwendige Druk			
Axiale spanning:			
$\sigma_b = M_b/W_b = f_k \cdot E \cdot I_b / (R_{ol} \cdot W_b)$	=	0,3	N/mm ²
Ten gevolge van inwendige druk :			
$\sigma_{py} = p_d \cdot ((r_u^2 + r_i^2) / (r_u^2 - r_i^2))$	=	0,0	N/mm ²
$\sigma_{px} = 0.5 \cdot \sigma_{py}$	=	0,0	N/mm ²
$\sigma_{ptest} = p_t \cdot ((r_u^2 + r_i^2) / (r_u^2 - r_i^2))$	=	0,0	N/mm ²
$\sigma_{Temp} = \Delta t \cdot \gamma_t \cdot \alpha_g \cdot E$	=	0,0	N/mm ²
Maximale axiale spanning $\sigma_{a,max}$	=	0,2	N/mm ²
Tangentele spanning:			
$\sigma_{qr} = k' \cdot q_r \cdot (r_g/W_w) \cdot D_o$	=	0,2	N/mm ²
$\sigma_{qn} = k \cdot q_n \cdot (r_g/W_w) \cdot D_o$	=	2,9	N/mm ²
Rerounding factor F_{rr}	=	1,000	
Rerounding factor F'_{rr}	=	1,000	
$\sigma_{t,max} = \sigma_{py} + ((F'_{rr} \cdot \sigma_{qr}) + (F_{rr} \cdot \sigma_{qn}))$			
Maximale tangentele spanning $\sigma_{t,max}$	=	2,1	N/mm ²

9.3 Controle van de Berekende Spanningen of 1x200mm PE100 SDR11 (4): leiding no. 4

Belasting combinatie 1

- $\sigma_{AxMax} < ShortStrength \cdot DamageFactor$
- $\sigma_{TanMax} < ShortStrength \cdot DamageFactor$

Belasting combinatie 2

- $\sigma_{ptest} < ShortStrength \cdot DamageFactor$
- $\sigma_{py} < LongStrength \cdot DamageFactor$

Belasting combinatie 3

- $\sigma_{AxMax} < LongStrength \cdot DamageFactor$
- $\sigma_{TanMax} < LongStrength \cdot DamageFactor$

Belasting combinatie 4

- $\sigma_{AxMax} < LongStrength \cdot DamageFactor$
- $\sigma_{TanMax} < LongStrength \cdot DamageFactor$

Voor alle spanningssituaties zijn de spanningen toelaatbaar.

	Max toelaatbare spanning [N/mm ²]	Spannings combinatie1A	Spannings combinatie1B	Spannings combinatie2	Spannings combinatie3	Spannings combinatie4
Sigma_ptest	10,00 (kort)	-	-	0,0	-	-
Sigma_py	8,00 (lang)	-	-	0,0	-	-
Sigma_axiaal	10,00 (kort)	3,9	3,7	-	-	-
Sigma_axiaal	8,00 (lang)	-	-	-	0,2	0,2
Sigma_tan...	10,00 (kort)	-	0,4	-	-	-
Sigma_tan...	8,00 (lang)	-	-	-	2,1	2,1

Spanningen in de leiding [N/mm²]

De deflectie van de leiding is 2,6 mm (1,28% 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 voor piggability is 10,0 mm (5,00% x Do). De deflectie is toelaatbaar.

9.3.4 Toetsing op Implosie of 1x200mm PE100 SDR11 (4): leiding no. 4

Tijdens het intrekken wordt de leiding belast door de heersende bentonietdruk. De hoogste minimaal benodigde druk tijdens het intrekken is gelijk aan 194 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 147 kN/m², dit is kleiner dan de toelaatbare alzijdige uitwendige druk van 279 kN/m².

Einde Rapport

Bijlage 6 Foto's locatie

Opdrachtgever : Liandon B.V.
Contactpersoon : Dhr. H. Sattari
Adres : Basisweg 10
Plaats: : 1043 AP Amsterdam

MEMO

Onderwerp : Foto's locatieopname A9 (Bankrasweg) Amstelveen (RTO-619)



Figuur 1 overzicht intredepunt (luchtfoto)



Figuur 2 overzicht uittredepunt (luchtfoto)



Figuur 3 terrein gronddepot zicht op toegangshek (Krijgsman)



Figuur 4 terrein gronddepot (rechts toegangshek, zicht richting intredepunt)



Figuur 5 intredepunt (zicht vanaf weg gronddepot)



Figuur 6 intredepunt (zicht richting A9)



Figuur 7 Bankrasweg (parallel met A9, zicht richting boorlijn uittredezijde)



Figuur 8 zicht op uittredepunt (richting A9)



Figuur 9 toegangsweg (achter uittredepunt)



Figuur 10 in boorlijn (zicht op A9, opening in begroeiing)

Bijlage 7 Specificaties gyro 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.

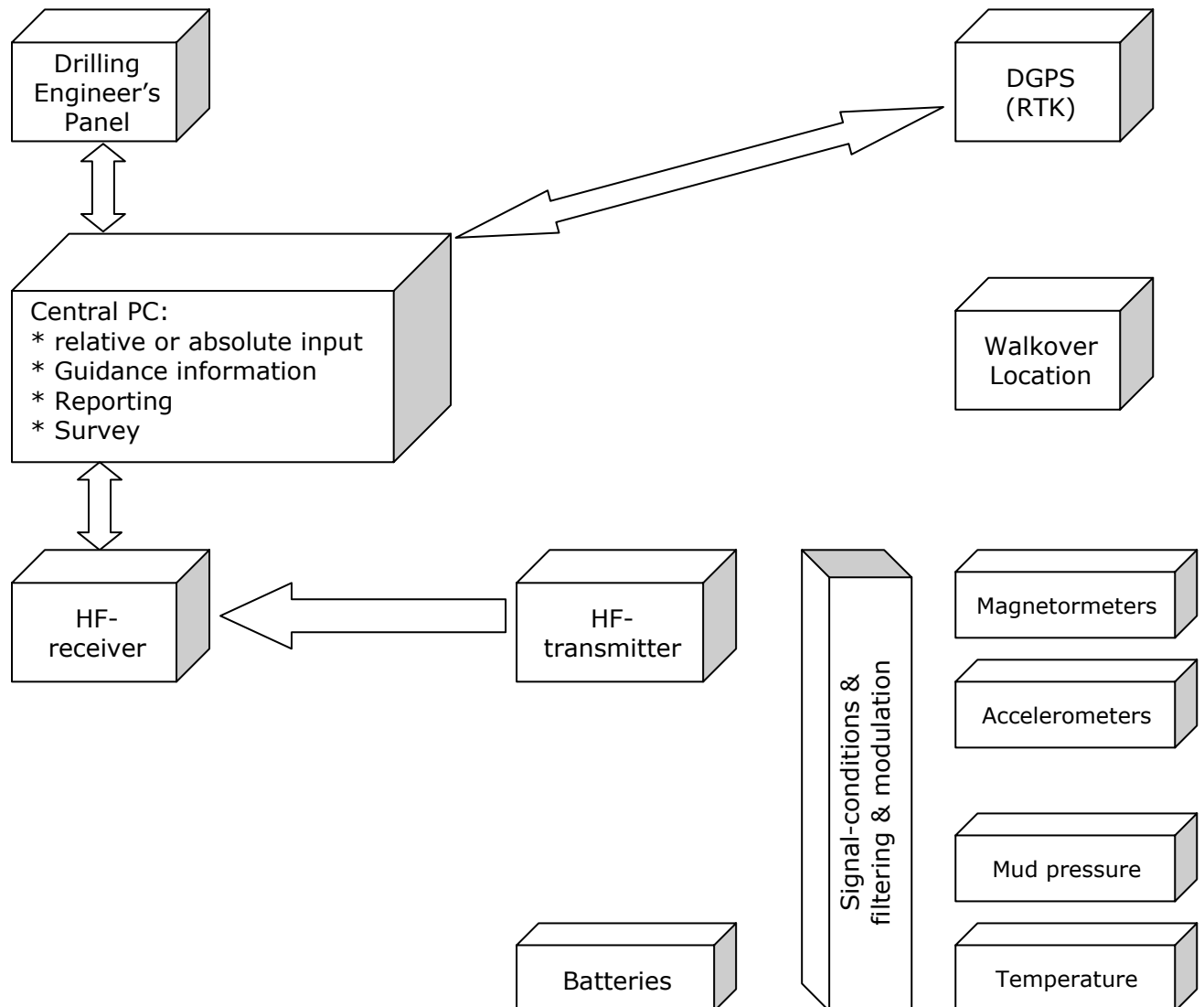


Figure 1. Overview of elements of magnetometer based navigation tool. The downhole data is wireless transmitted in order to save time for wireline connections during drilling.

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 built 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 built. 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.

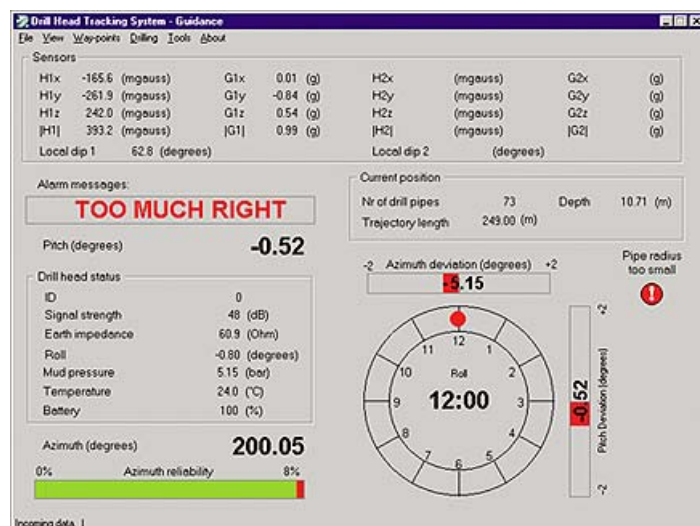


Figure 3. Guidance display of present magnetometer based navigation system. When the azimuth and pitch deviation is kept at zero, the desired track is followed. The reliability bar indicates whether a disturbance of the Earth's magnetic field exists.

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.

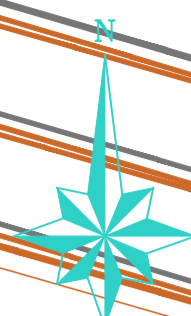
Reports can be given in local grid co-ordinates or in WGS84 format. The Ring Laser Gyroscope unit also is very well suitable to be used for surveying after reaming and installation of a pipe. This unit will then be used in conjunction with a DGPS (RTK) system. The DGPS is used to precisely measure the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

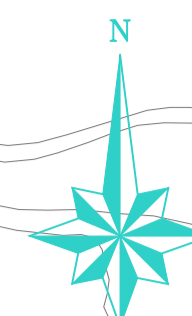
Bijlage 8 Terreinindeling

INTREDE LOCATIE
SCHAAL 1:250



Containers verplaatsen

UITLEGLOCATIE
SCHAAL 1:1000



UITTREDE LOCATIE
SCHAAL 1:500

4	-	-	-	-	-
3	-	-	-	-	-
2	Toegangsweg aanpak	AV	BV	MvE	18-10-2018
1	Eerste uitgave	AV	BV	RB	22-09-2016
Wijz	Omschrijving	Getekend	Gecontroleerd	Akkoord	Datum
AKKOORD ENGINEERING		AKKOORD UITVOERING		AKKOORD EINDCONTROLE	





ATRON Engineering
Advies & Infra

www.atron-engineering.nl
Leemansstraat 19, 4251 LD Werkdam
Telefoon 0183 21 60 20 / Fax 0183 21 60 21 / www.atron-engineering.nl

Project	VERLEGGING 150KV– KABELVERBINING AMV–DMN EN BN–AMV I.V.M. VERBREIDING A9 AMSTELVEEN (BANKRASWEG – KRIJGSMAAN)				
Titel	HORIZONTAAL GESTUURDE BORING INDICATIE BENODIGD WERKTERREIN				

Onderdeel	TERREININDELING				Status
Opdrachtgever	REDDYN B.V.				CONCEPT
Tekenaar AV	Gecontroleerd BV	Goedgekeurd RB	Datum uitgifte 22–09–2016	Tekeningnummer 1033–0716–01–T1	
Blad 1	Aantal 1	Schaal Div	Formaat A0	Documenttype TEKENING	Bestandsnummer 1033–0716–01

Bijlage 9 Specificaties Drill-Grout



Cebo Drill-Grout

Description

Cebo Drill-Grout is a hardening suspension for horizontal directional drilling operations. It hardens into a plastic, non permeable material and is therefore ideal to fill up annular spaces.

Application/function

Stabilize annular spaces to avoid subsidence and water flow by filling up the complete annular space with a self hardening suspension.

Advantages

- Subsidence is avoided
- No erosion
- Steel pipes are protected against corrosion
- Can use standard mixing system
- Compatible with ground water as confirmed by the Hygiene Institut in Gelsenkirchen

Typical properties

Appearance	Powder
pH (standard suspension)	11

Typical results

Test	Test in accordance with:	18% suspension	20% suspension
Marsh funnel (initially)	DIN V 4126-100	40 s/l	50 s/l
Marsh funnel (after 4 h.)	API RP 13I	43 s/l	60 s/l
Yield point	API RP 13I	17 lb/100 ft ²	30 lb/100 ft ²
Specific gravity	API RP 13I	1110 kg/m ³	1120 kg/m ³
Shear strength after 7 days (20°C)	Vane shear tester T174	5 kPa	14 kPa
Shear strength after 21 days (20°C)	Vane shear tester T174	75 kPa	125 kPa
Shear strength after 28 days (20°C)	Vane shear tester T174	90 kPa	140 kPa
Permeability factor (k-factor, m/s)	CUR, (triaxial cel)	$\leq 1 \times 10^{-9}$ (m/s)	

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

Tel.: +31 255546262
Fax: +31 255546202
E-mail: info@cebo.com
www.cebo.com

In so far as we can ascertain the above-stated information is correct. However, we are unable to provide any guarantees with regard to the results that you will achieve with this. This specification is provided on the condition that you determine yourself to what degree it is suitable for your purposes.



Recommended: Use a standard mixing unit.

Treatment: Before adding, test the pH and the hardness of the water.
pH should be between 7 and 10 and hardness as low as possible.
Add between 180 or 200 kg Cebo Drill-Grout to 1 m³ of water.

Cebo Drill-Grout is designed to add at the same time as the pipe is pulled in. In this way, Cebo Drill-Grout will drive out the existing slurry. Therefore it is advised to test the density of the suspension in the borehole before pulling in. The slurry density should be as low as possible.

Use a barrel reamer with 2 nozzles on the machine side and a minimum of 6 nozzles on the pipe side. This will help you to replace the slurry with the Cebo Drill-Grout.

Volume: The volume of the Cebo Drill-Grout must be 15 % more then the calculated volume to be sure that the drilling fluid is fully replaced with Cebo Drill-Grout.

Packaging:

- 1050 kg packed in 25 kg bags on a pallet with shrink film
- 1000 kg big bags

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

Tel.: +31 255546262
Fax: +31 255546202
E-mail: info@cebo.com
www.cebo.com

Document nr.: DG01IP
Revision date: 25.11.2010

In so far as we can ascertain the above-stated information is correct. However, we are unable to provide any guarantees with regard to the results that you will achieve with this. This specification is provided on the condition that you determine yourself to what degree it is suitable for your purposes.