

**Bezoekadres**

Vaart 18  
4206 CG Gorinchem  
T: 0183 64 50 60  
F: 0183 64 85 50

**Postadres**

Postbus 231  
4200 AE Gorinchem  
E: info@vanvulpen.eu  
I: www.vanvulpen.eu



## Werkmethodebeschrijving

### Horizontaal gestuurde boring

t.b.v. het project:

### ***‘Aanleg 50kV verbinding Utrecht Tracé Zuid – Lage Weide’ HDD07***

In opdracht van:

Aannemer:



Projectnummer: 1484071801  
Opdrachtgever: Stedin  
Locatie: Everard Meijsterlaan / Ravellaan  
Plaats: UTRECHT  
  
Datum: 02-10-2018  
Documentnr.: Werkmethodebeschrijving HDD v1  
Status: Voor vergunning  
  
Geproduceerd: WdJ  
Gecontroleerd: CS  
Goedgekeurd door: TK

#### **Van Vulpen Engineering**

Vaart 18	Postbus 231	Telefoon:	0183 - 645060	info@vanvulpen.eu
4206 CG Gorinchem	4200 AE Gorinchem	Telefax:	0183 - 648550	www.vanvulpen.eu

**Bezoekadres**

Vaart 18  
4206 CG Gorinchem  
T: 0183 64 50 60  
F: 0183 64 85 50

**Postadres**

Postbus 231  
4200 AE Gorinchem  
E: info@vanvulpen.eu  
I: www.vanvulpen.eu

**Inhoudsopgave**

<b>1.</b>	<b>Projectomschrijving .....</b>	<b>4</b>
<b>2.</b>	<b>Werkomvang.....</b>	<b>5</b>
<b>3.</b>	<b>Uitgangspunten en ontvangen documenten.....</b>	<b>6</b>
<b>4.</b>	<b>Situatiebeschrijving .....</b>	<b>7</b>
4.1	Te kruisen objecten .....	7
4.2	Beschrijving grondgesteldheid .....	7
<b>5.</b>	<b>Beschrijving werkmethode .....</b>	<b>8</b>
5.1	Beschrijving boormethode .....	8
5.1.1	Verrichten van de pilotboring .....	8
5.1.1.1	Afwijkingen van boortracé .....	8
5.1.2	Ruimfasen .....	9
5.1.3	"Wiper trip" .....	9
5.1.4	Intrekfase .....	9
5.2	Te verwachten trekkracht.....	10
5.3	Boorspoeldrukken .....	11
5.4	Mobilisatie en demobilisatie .....	11
5.4.1	Werkterrein en werkstroken .....	11
5.4.2	Inrichten werkterrein .....	11
5.5	Opslag en transport boorslurry .....	12
5.6	Mud-retour.....	13
<b>6.</b>	<b>In te zetten materieel .....</b>	<b>14</b>
6.1	Boormachine en bijbehorend materieel .....	14
6.2	Ondergronds boormaterieel .....	15
6.3	Boorstangen.....	16
6.4	Plaatsbepalingssysteem .....	16
6.5	Keuringsdocumenten .....	16
<b>7.</b>	<b>Toe te passen materialen .....</b>	<b>17</b>
7.1	Productbeschrijving boorvloeistof en toevoegstoffen .....	18
<b>8.</b>	<b>Personeel, organisatie en communicatie .....</b>	<b>19</b>
8.1	Organigram .....	19
8.1.1	Betrokken bedrijven .....	19
8.1.2	Personeelsbezetting .....	20
8.1.3	Onderaannemers .....	21
8.2	Taken, bevoegdheden en verantwoordelijkheden .....	21
8.2.1	Functies Van Vulpen: .....	21
8.2.1.1	Projectleiding.....	21
8.2.1.2	Uitvoerder/Boormeester .....	21
8.2.1.3	Engineer22 .....	21
8.2.1.4	Werkvoorbereider.....	22
8.2.1.5	V&G -coördinator .....	23
8.2.1.6	Uitvoerende medewerker .....	23
8.3	Wijze van registreren/rapporteren.....	24
8.3.1	Algemene registratie .....	24
8.3.2	Registratie ruimfasen .....	24
8.3.3	Registratie werkwater .....	24
8.3.4	Registratie bentoniet .....	24
8.3.5	Aanlevering registratie .....	25
8.4	Procedure voor beoordeling van de voorboring.....	25
<b>9.</b>	<b>Tijdschema/planning .....</b>	<b>26</b>
9.1	Tijdschema horizontaal gestuurde boring.....	26
9.2	Stappenplan uitvoering .....	27
<b>10.</b>	<b>Veiligheid, gezondheid en milieu .....</b>	<b>28</b>
10.1	Specifieke risico-inventarisatie en evaluatie .....	28

**Bezoekadres**

Vaart 18  
4206 CG Gorinchem  
T: 0183 64 50 60  
F: 0183 64 85 50

**Postadres**

Postbus 231  
4200 AE Gorinchem  
E: info@vanvulpen.eu  
I: www.vanvulpen.eu

**11. Technische uitvoeringsrisico's ..... 28****Lijst met tabellen**

Tabel 1	Versie- en wijzigingsoverzicht .....	3
Tabel 2	Verwachtingswaarden trekkrachten (bron D-Geo Pipeline) .....	10
Tabel 3	Mengselverhouding boorvloeistof .....	18
Tabel 4	Verwachte uitvoeringsduur horizontaal gestuurde boring .....	26

**Lijst met figuren**

Figuur 1	Locatie uit te voeren werkzaamheden (rode lijn) .....	4
Figuur 2	Schematische bodemopbouw (bron D-Geo Pipeline) .....	7
Figuur 3	Fly cutter .....	9
Figuur 4	Barrel .....	9
Figuur 7	Boorspoeldrukken tijdens pilotboring .....	11
Figuur 9	80 tons boorstelling .....	14
Figuur 10	Voorbeeld typische Fly cutter .....	15
Figuur 11	Voorbeeld typische barrel .....	15
Figuur 12	Voorbeeld Swivel 135 ton .....	15
Figuur 13	Boorstangen .....	16
Figuur 14	Organigram .....	19

**Lijst met bijlagen**

Bijlage 1	Tekening Boorprofiel .....	29
Bijlage 2	Tekening Terreinindeling .....	30
Bijlage 3	Grondonderzoek .....	31
Bijlage 4	Beschrijving Gyro meetsysteem .....	32
Bijlage 5	Beschrijving boorvloeistof .....	33
Bijlage 6	Sterkteberekening D-Geo Pipeline .....	34

Versie	Datum	Status	Opgesteld door	Gecontroleerd	Voor akkoord
0	04-1-2018	Voor vergunning	WDJ	CS	TK

**Tabel 1** Versie- en wijzigingsoverzicht

**Bezoekadres**

Vaart 18  
4206 CG Gorinchem  
T: 0183 64 50 60  
F: 0183 64 85 50

**Postadres**

Postbus 231  
4200 AE Gorinchem  
E: [info@vanvulpen.eu](mailto:info@vanvulpen.eu)  
I: [www.vanvulpen.eu](http://www.vanvulpen.eu)



## 1. Projectomschrijving

In deze werkmethodebeschrijving wordt een beschrijving gegeven van de aanlegwijze en de projectinrichting ten aanzien van personeel, materieel, kwaliteit, risico's en planning, voor de realisatie van een horizontaal gestuurde boring in het project `Aanleg 50kV Utrecht tracé zuid – Lage Weide`.

De werkzaamheden voor Van Vulpen bestaan uit:

- Het aanbrengen van een gestuurde boringen (HDD) en het leggen van de kabelverbinding.

Onderstaande figuur geeft de locatie van de gestuurde boring weer. In Bijlage 2 (Tekening terreinindeling) en Bijlage 1 (Tekening boorprofiel) wordt de boorlocatie in detail weergegeven.



**Figuur 1** Locatie uit te voeren werkzaamheden (rode lijn)



**Bezoekadres**

Vaart 18  
4206 CG Gorinchem  
T: 0183 64 50 60  
F: 0183 64 85 50

**Postadres**

Postbus 231  
4200 AE Gorinchem  
E: [info@vanvulpen.eu](mailto:info@vanvulpen.eu)  
I: [www.vanvulpen.eu](http://www.vanvulpen.eu)



## 2. Werkomvang

De omvang van de werkzaamheden voor uitvoering van de horizontaal gestuurde boring wordt als volgt opsommend weergegeven:

- Inrichten werkstrook t.b.v. uitlegterrein boorstreng.
- Inrichten werkterreinen ten behoeve van het opstellen van het boormaterieel.
- Pilotboring uitgevoerd met een Optische Gyroscop.
- Uitvoeren van (indien nodig) meerdere ruimfasen t.b.v. verkrijgen juiste afmetingen boorgat.
- Het intrekken van de productleiding.
- Het opleveren van de boring middels een “as-built-tekening” inclusief de benodigde rapportages.

**Bezoekadres**

Vaart 18  
4206 CG Gorinchem  
T: 0183 64 50 60  
F: 0183 64 85 50

**Postadres**

Postbus 231  
4200 AE Gorinchem  
E: [info@vanvulpen.eu](mailto:info@vanvulpen.eu)  
I: [www.vanvulpen.eu](http://www.vanvulpen.eu)



### 3. Uitgangspunten en ontvangen documenten

Ten grondslag aan het opstellen van deze werkmethodebeschrijving (t.b.v. de horizontaal gestuurde boring) liggen de onderstaande stukken:

➤ Tekeningen:

- 20110222-044 2017-10-16 10VO07
- 20110222-044 2017-10-16 10VO08
- 20110222-044 2018-07-19 10VO01
- 20110222-044 2018-07-19 10VO02
- 20110222-044 2018-07-19 10VO03
- 20110222-044 2018-07-19 10VO04
- 20110222-044 2018-07-19 10VO05
- 20110222-044 2018-07-19 10VO06

**Bezoekadres**

Vaart 18  
4206 CG Gorinchem  
T: 0183 64 50 60  
F: 0183 64 85 50

**Postadres**

Postbus 231  
4200 AE Gorinchem  
E: info@vanvulpen.eu  
I: www.vanvulpen.eu



## 4. Situatiebeschrijving

In de voorgaande hoofdstukken is een beschrijving gegeven van de locatie en de beoogde boorlijn. In onderstaande secties worden de, op de uitvoering van de boring, van toepassing zijnde randvoorwaarden beschreven.

### 4.1 Te kruisen objecten

Zoals op de tekening in Bijlage 1 (Tekening boorprofiel) zichtbaar is, zal de boring de volgende objecten en belendingen kruisen:

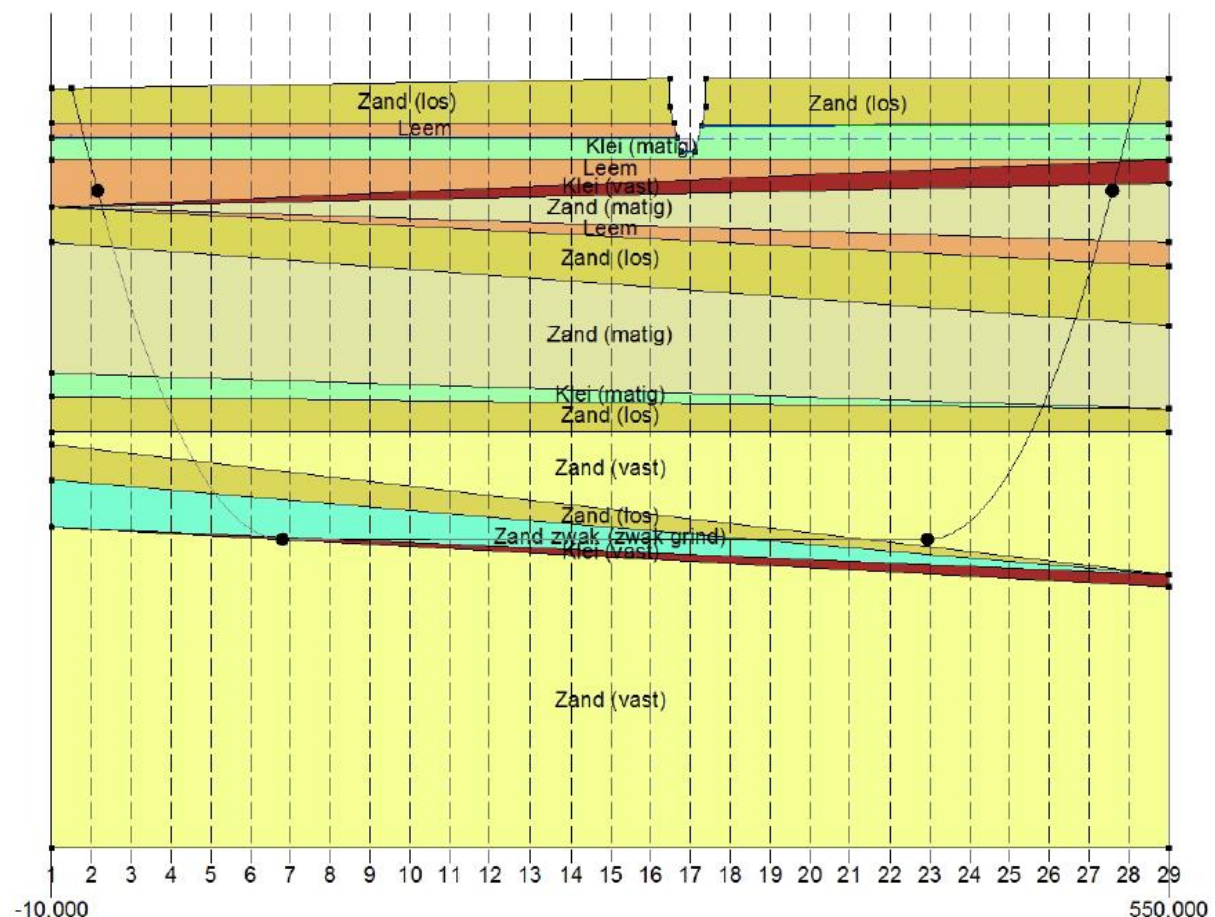
- Everard Meijsterlaan
- Ravellaan

### 4.2 Beschrijving grondgesteldheid

Door middel van grondonderzoek is er inzicht verkregen in de bodemopbouw en de grondwaterstand op locatie. Aan de hand van de verkregen grondgegevens is o.a. de toe te passen boorspoeldruk en de bepaling van de plastische zone bepaald.

In Bijlage 3 is het grondonderzoek opgenomen. Het grondonderzoek is uitgevoerd door Geonius en betreft sonderingen en boringen met een variërende diepte van circa 5 tot -35 meter. De locaties van de onderzoeken zijn weergegeven in het grondonderzoek, zie Bijlage 3.

Voor de uitvoering van de horizontaal gestuurde boring is het uitgangspunt dat het beschikbaar gestelde grondonderzoek representatief is voor het gehele boortracé.



Figuur 2 Schematische bodemopbouw (bron D-Geo Pipeline)

**Bezoekadres**

Vaart 18  
4206 CG Gorinchem  
T: 0183 64 50 60  
F: 0183 64 85 50

**Postadres**

Postbus 231  
4200 AE Gorinchem  
E: info@vanvulpen.eu  
I: www.vanvulpen.eu



## 5. Beschrijving werkmethode

### 5.1 Beschrijving boormethode

De uitvoering van een horizontaal gestuurde boring is opgebouwd uit drie fasen. In de eerste fase wordt een pilotboring, vanaf het maaiveld, uitgevoerd in het ontworpen tracé. Na een neergaande bocht, een horizontaal gedeelte en een opgaande bocht wordt het uittredepunt bereikt.

Na het bereiken van het uittredepunt wordt een begin gemaakt met de tweede fase. Gedurende de tweede fase wordt de boorstreng teruggetrokken met aan het uiteinde een ruimer om de diameter van de boorgang te vergroten. Deze handeling kan meerdere malen worden herhaald om de gewenste diameter van de boorgang te bereiken.

Na de laatste ruimgang wordt direct achter de barrel de gereedliggende productleiding geïnstalleerd waarmee een begin wordt gemaakt met de derde fase. De productleiding wordt met behulp van een swivel en een trekkop aan de boorstreng gemonteerd. Door het gebruik van een swivel wordt het torderen van de productleiding voorkomen. Met het intrekken van de productleiding is de horizontaal gestuurde boring voltooid.

#### 5.1.1 Verrichten van de pilotboring

De pilotboring zorgt er voor dat de verbinding tussen het intredepunt en het uittredepunt tot stand wordt gebracht conform de ontwerp-tekening(en). Voor dit project wordt een assembly gebruikt, opgebouwd met een milled tooth rollercone bit 9 7/8" met daarachter een bent sub (1,2°) en Gyro.

Tijdens de pilotboring zal conform voorschriften van de Gasunie een continue drukmeting plaatsvinden achter de boorkop. Dit zal gebeuren middels het toepassen van een mud-druk sensor welke in de boorkop is verwerkt, deze gegevens zullen worden opgenomen in de registratieformulieren t.b.v. de pilotboring.

Na realisatie van de pilotboring zal Van Vulpen de opdrachtgever tijdig informeren en zullen de meetresultaten aan opdrachtgever worden aangereikt om goedkeuring te verkrijgen op de "als-uitgevoerd" tekening alvorens zal mogen worden gestart met de intrekfase van de gestuurde boring.

##### 5.1.1.1 Afwijkingen van boortracé

Tijdens de pilotboring kunnen er in het horizontale en verticale vlak afwijkingen optreden ten opzichte van de ontworpen boorlijn, door bijvoorbeeld slappe grondlagen, etc.

De surveyor op locatie zal aangeven welke correctie/sturing benodigd is om terug te komen in het originele tracé. Door te sterk terug te sturen in de richting van de ontworpen boorlijn kunnen er extra spanningen in de leidingen optreden en kan er hierdoor een kwalitatief mindere boring ontstaan.

Indien dit voorkomt is het advies een iets grotere afwijking te accepteren om zo een kwalitatief betere boring te verkrijgen. De toelaatbare afwijking bedraagt maximaal 3m zijdelings, 1m verticaal omhoog en 2m verticaal naar beneden. Hierbij moeten de minimale kromtestralen en de minimale dekking worden gerespecteerd. Bij afwijkingen groter dan 75cm zal contact worden gezocht met de opdrachtgever.

**Bezoekadres**

Vaart 18  
4206 CG Gorinchem  
T: 0183 64 50 60  
F: 0183 64 85 50

**Postadres**

Postbus 231  
4200 AE Gorinchem  
E: info@vanvulpen.eu  
I: www.vanvulpen.eu

**5.1.2 Ruimfasen**

Als de pilotboring is gerealiseerd, wordt de boorkop en het meetsysteem verwijderd en wordt de ruimer geplaatst om het boorgat te vergroten.

Voor deze boring geldt dat het boorgat een minimale afmeting zal hebben van 580mm.



**Figuur 3 Fly cutter**

Van Vulpen zal voor deze boring geen ruimer toepassen i.v.m. de te gebruiken meet systeem waarbij de diameter van de drillbit al Ø251mm is.

**5.1.3 “Wiper trip”**

Om het boorgat “schoon” op te leveren voor de intrekfase kan overwogen worden om een extra “Wiper trip” (cleaning run) uit te voeren.

De “Wiper trip” wordt uitgevoerd met behulp van een “barrel reamer” of een stenenvanger en is noodzakelijk in de volgende gevallen:

- Afwijkend hoog zandpercentage in de boorspoeling.
- Discontinu verloop van het ruimproces.
- Afwijkingen in mud- en retourstroom.
- Indicatie van aanwezigheid van stenen in de boortunnel.

Uitvoering van een “Wiper trip” kan daarnaast worden overwogen door de boormeester.



**Figuur 4 Barrel**

Als de leiding nog niet gereed is voor de intrekfase kan tevens worden overwogen een extra “Wiper trip” uit te voeren om de conditie van de boorspoeling op peil te houden. Voor dit project is voornamelijk geen “Wiper trip” voorzien, zie hoofdstuk 5.1.2.

**5.1.4 Intrekfase**

De intrekfase zal direct plaatsvinden na het uitvoeren van de ruimfase of de “Wiper trip”. Voor deze fase zal Van Vulpen een “barrel” gebruiken welk conform de Gasunie Technische Standaard twee inches groter is als de buitendiameter van de in te trekken leiding.

**Bezoekadres**

Vaart 18  
4206 CG Gorinchem  
T: 0183 64 50 60  
F: 0183 64 85 50

**Postadres**

Postbus 231  
4200 AE Gorinchem  
E: info@vanvulpen.eu  
I: www.vanvulpen.eu



## 5.2 Te verwachten trekkracht

Het ontwerp van de horizontaal gestuurde boringen en de toegepaste leiding is op sterkte getoetst door middel van de uitvoering van een sterkteberekening conform NEN 3650. Hiervoor is het programma D-Geo Pipeline van Deltares gebruikt. De uitkomst van de berekeningen is opgenomen in Bijlage 6 (Controleberekening D-Geo Pipeline).

Onderstaande tabel geeft de verwachtingswaarde voor de trekkracht weer gedurende het boorproces;

Karakteristieke punten	Lengte leiding in gat (m)	Karakteristieke waarde voor de trekkracht (kN)
T1	0	18
T2	14	21
T3	108	49
T4	431	133
T5	525	164
T6	541	168

**Tabel 2 Verwachtingswaarden trekkrachten (bron D-Geo Pipeline)**

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 1,40 gebruikt en een belasting factor van 1,00.



**Bezoekadres**

Vaart 18  
4206 CG Gorinchem  
T: 0183 64 50 60  
F: 0183 64 85 50

**Postadres**

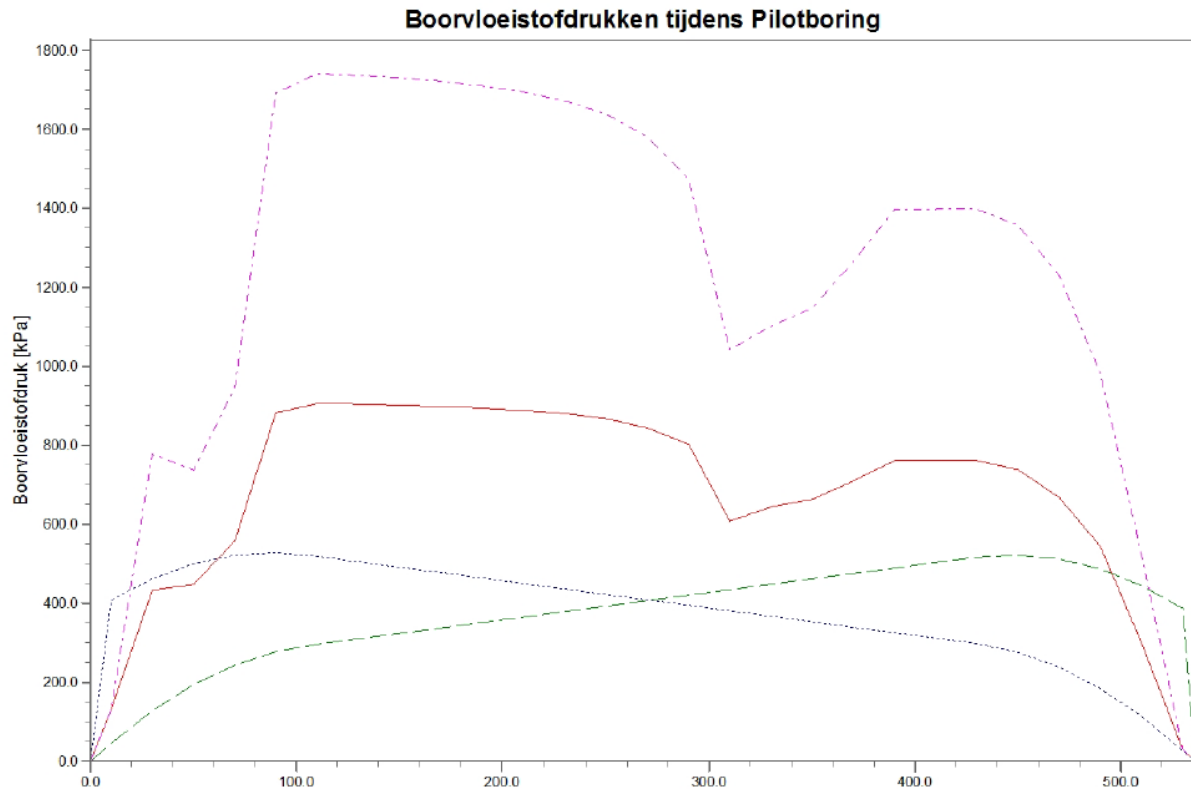
Postbus 231  
4200 AE Gorinchem  
E: info@vanvulpen.eu  
I: www.vanvulpen.eu



### 5.3 Boorspoeldrukken

Het ontwerp van de horizontaal gestuurde boringen en de toegepaste leiding is getoetst door middel van de uitvoering van een muddruk berekening conform NEN 3650. Hiervoor is het programma D-Geo Pipeline van Deltares gebruikt.

Onderstaande figuur geeft de verwachtingswaarde weer voor de boorspoeldrukken gedurende de realisatie van de pilotboring;



**Figuur 5 Boorspoeldrukken tijdens pilotboring**

### 5.4 Mobilisatie en demobilisatie

Op de tekening in Bijlage 2 staat de terreinindeling weergegeven. Op basis hiervan kan een inschatting gemaakt worden van het materieel dat van en naar het werkterrein getransporteerd zal worden. Tevens zullen op deze tekening de aan en afvoerroutes worden weergegeven.

#### 5.4.1 Werkterrein en werkstroken

Ten aanzien van de opstellocatie van de boorstelling, wordt in dit werk gekozen voor een volledige opstelplaats bestaande uit rijplaten en draglineschotten t.b.v. de stabiliteit van de boorstelling en ter bescherming van de ondergrond.

#### 5.4.2 Inrichten werkterrein

Ten aanzien van de opstellocatie van de boorstelling, is de beschikbare ruimte voldoende aanwezig. Voor de boring dient rekening gehouden te worden met een opstellocatie welke circa 1000m<sup>2</sup> in beslag zal nemen, om de stangenkratten, opslag van bentoniet, powerpack, recycle unit 6" & 8" pompen alsmede de 80 ton's boorstelling te kunnen positioneren.

**Bezoekadres**

Vaart 18  
4206 CG Gorinchem  
T: 0183 64 50 60  
F: 0183 64 85 50

**Postadres**

Postbus 231  
4200 AE Gorinchem  
E: [info@vanvulpen.eu](mailto:info@vanvulpen.eu)  
I: [www.vanvulpen.eu](http://www.vanvulpen.eu)



## 5.5 Opslag en transport boorslurry

Op de tekening in bijlage 4 staat de terreinindeling weergegeven. Hierop is te zien waar de bentoniet opgeslagen zal worden.

De gerecyclede boorspoeling zal zoveel mogelijk hergebruikt worden om het restant aan overtollig boorvloeistof na realisatie zo minimaal mogelijk te houden. De bentoniet wordt voortdurend gerecycled. Het zand wat wordt opgeboord wordt door filters gehaald en gescheiden van de bentoniet. De bentoniet vloeit terug in depot en wordt weer gebruikt bij een volgende boorgang.

Het bentoniet depot wordt in de directe nabijheid van het intredepunt gerealiseerd d.m.v. mud containers.

**Bezoekadres**

Vaart 18  
4206 CG Gorinchem  
T: 0183 64 50 60  
F: 0183 64 85 50

**Postadres**

Postbus 231  
4200 AE Gorinchem  
E: info@vanvulpen.eu  
I: www.vanvulpen.eu



## 5.6 Mud-retour

Vrijkomende materialen als recycle zand en bentoniet cuttings kunnen worden hergebruikt, verwerkt in de sleuf of afgevoerd naar een erkende verwerker. Daar waar mogelijk beoogd Van Vulpen om de uitkomende cuttings te recyclen, zodat enkel gerecycled zand achterblijft op de locatie. Dit zand kan meestal in het verdere tracé verwerkt worden. Hierdoor kunnen de kosten vaak gereduceerd worden.

Het terug transporteren van deze materialen naar de boorstelling en recycle-unit kan op de volgende manieren gebeuren;

- A) door de boorspoeling te verpompen middels een Ø200 of Ø160 PE100 SDR11 leiding. Deze leiding wordt op maaiveldniveau boven of in de nabijheid van het boortracé uitgelegd. Ter plaatse van kruisingen met watergangen, spoor- & (vaar)wegen kan eventueel gekozen worden tussen het ondergronds passeren middels de uitvoering van een kleine horizontaal gestuurde boring en het bovengronds passeren met behulp van tijdelijke ondersteuningsconstructies. De keuze hierin wordt mede bepaald door de vergunningverlenende instanties en de grondeigenaren
- B) door middel van transport met tractor + of vrachtwagens met gesloten containers ☒
- C) Door het verpompen van de boorvloeistof vanaf uittrede- door de stangen van de machine terug naar intrede ☐

De gerecyclede boorspoeling zal zoveel mogelijk hergebruikt worden om het restant aan overtollig boorvloeistof na realisatie zo minimaal mogelijk te houden.

*Gelet op de milieuaspecten kan de eis zijn dat alle overblijvende boorspoeling afgevoerd moet worden naar een door het bevoegd gezag erkende recycle- / verwerkingsinrichting incl. het bemonsteren en analyseren hiervan. Van Vulpen kan de overgebleven boorspoeling verwerken bij diverse mogelijke instanties. Beoogd wordt om alle overblijvende boorspoeling middels één bentonietkeuring (partij) conform (AP04) besluit bodemkwaliteit (BKK) te laten uitvoeren alvorens afgevoerd kan worden.*

**Bezoekadres**

Vaart 18  
4206 CG Gorinchem  
T: 0183 64 50 60  
F: 0183 64 85 50

**Postadres**

Postbus 231  
4200 AE Gorinchem  
E: info@vanvulpen.eu  
I: www.vanvulpen.eu



## 6. In te zetten materieel

### 6.1 Boormachine en bijbehorend materieel

* Boormachine:	80 tonner
Rig klasse:	maxi-rig
Merk:	Prime Drilling PD 80/50 RP
Motor:	Deutz turbo diesel 330 kW, 450 pk
Gewicht:	27,000 kg
Max. draaimoment:	50.000 Nm
Max. opneembare trekkracht:	80 ton
Max. drukkracht:	80 ton
Max. intrede hoek:	8-22 graden



**Figuur 6 80 tons boorstelling**

* Pomp/menginstallatie:	
Merk:	Site-Tec
Type:	M2002ES
Capaciteit:	2000 L/min
* Voorraadbak:	Opslag boorvloeistof
Leverancier:	Site-Tec
Type:	ST2000E
Capaciteit:	20 m <sup>3</sup>
* Recycling:	
Leverancier:	Site-Tec
Type:	R1500EL
Capaciteit:	1500 L/min
Bouwjaar:	2010
* Aggregaat:	
Leverancier:	E-Tec
Vermogen:	630 kVA
Bouwjaar:	2007

**Bezoekadres**

Vaart 18  
4206 CG Gorinchem  
T: 0183 64 50 60  
F: 0183 64 85 50

**Postadres**

Postbus 231  
4200 AE Gorinchem  
E: info@vanvulpen.eu  
I: www.vanvulpen.eu

**\* Aggregaat:**

Aantal:	1
Leverancier:	E-Tec
Vermogen:	630 kVA
Bouwjaar:	2007 en 2008

**6.2 Ondergronds boormaterieel****\* Boorkop**

Type:	9.7/8" inch bit
Diameter boorkop:	251 mm
Lengte boorkop:	1500 mm

**\* Ruimer eerste ruimgang:**

Type:	Fly-cutter
Diameter ruimer:	(Ø580mm)

**Figuur 7 Voorbeeld typische Fly cutter****\* Trekfase (barrelruimer):**

Type:	Barrel
Diameter ruimer:	28"

**Figuur 8 Voorbeeld typische barrel****\* Swivel, capaciteit: 135 ton****Figuur 9 Voorbeeld Swivel 135 ton**

**Bezoekadres**

Vaart 18  
4206 CG Gorinchem  
T: 0183 64 50 60  
F: 0183 64 85 50

**Postadres**

Postbus 231  
4200 AE Gorinchem  
E: info@vanvulpen.eu  
I: www.vanvulpen.eu



### 6.3 Boorstangen

**\* Boorstangen:**

Stanglengte: 5 m (3 1/2" IF)  
Diameter stang: Ø 90 mm  
Materiaal stang: staal (S-135)  
Min. benodigde radius bij bocht: 150 m  
Max. hoekverdraaiing per stanglengte: 2,6 graden



**Figuur 10 Boorstangen**

### 6.4 Plaatsbepalingsysteem

**\* Meetsysteem:**

Type:	Gyro steering Tools, optische Ring Laser (een beschrijving van het meetsysteem toegevoegd in Bijlage 4)
Lengte:	2000 mm
Diameter:	251 mm
Nauwkeurigheid azimuth	+/- 0.04 graden

### 6.5 Keuringsdocumenten

De toegepaste buismaterialen zijn voorzien van een Keurmerk, welke door de leverancier wordt gegarandeerd en indien nodig geleverd.

De bentoniet, die wordt gebruikt voor het aanmaken van de boorspoeling, is voorzien van een certificaat deze is toegevoegd aan Bijlage 5.

De boorstangen binnen Van Vulpen worden jaarlijks onderworpen aan een keuring. Deze keuring wordt uitgevoerd door Visser Drilling Equipment & Consulting BV (VDE).

Alle overige materialen en hulpmiddelen worden door Van Vulpen jaarlijks onderworpen aan een keuring. Deze gegevens worden digitaal geregistreerd door de materieelbeheerder.

Benodigde keuringsdocumenten van hulpmiddelen en materieel zijn toegevoegd aan Bijlage 4 t/m Bijlage 5.



**Bezoekadres**

Vaart 18  
4206 CG Gorinchem  
T: 0183 64 50 60  
F: 0183 64 85 50

**Postadres**

Postbus 231  
4200 AE Gorinchem  
E: [info@vanvulpen.eu](mailto:info@vanvulpen.eu)  
I: [www.vanvulpen.eu](http://www.vanvulpen.eu)



## 7. Toe te passen materialen

### Gegevens horizontaal gestuurde boring

11xØ110mm PE100 SDR11

* Lengte:	540.6 meter
* Intrede hoek:	18 graden
* Uittrede hoek:	18 graden
* Radius neergaande bocht:	300
* Radius opgaande bocht:	300
* Dekking:	± 19.4 meter onder maaiveld (17.0m - N.A.P.)

**Bezoekadres**

Vaart 18  
4206 CG Gorinchem  
T: 0183 64 50 60  
F: 0183 64 85 50

**Postadres**

Postbus 231  
4200 AE Gorinchem  
E: info@vanvulpen.eu  
I: www.vanvulpen.eu



## 7.1 Productbeschrijving boorvloeistof en toevoegstoffen

Voor dit project wordt gebruik gemaakt van een boorvloeistof welke bestaat uit een mengsel van water en bentoniet. Een kopie van het certificaat van de boorvloeistof is toegevoegd in Bijlage 5. De mix hoeveelheid kan van 30 kg/m<sup>3</sup> tot 80 kg/m<sup>3</sup> variëren. De mengverhouding wordt aangepast aan de lokaal geconstateerde grondslag.

De viscositeit van de boorvloeistof wordt op locatie aan de hand van een marsh trechter bepaald door de uitlooptijd te registreren van 945 ml boorvloeistof. Deze meetwijze geeft alleen een kwalitatieve indicatie maar levert daarentegen een relatie tot de viscositeit.

Onderstaand tabel toont indicatief de waarde voor de marsh funnel bij de opgegeven hoeveelheden:

Karakteristieken	Methode	30 kg/m <sup>3</sup>	40 kg/m <sup>3</sup>	50 kg/m <sup>3</sup>	60 kg/m <sup>3</sup>	70 kg/m <sup>3</sup>	80 kg/m <sup>3</sup>
Marshfunnel API	API RP 13B 2	31 s	38,5 s	46 s	54 s	62 s	68,5 s
Dichtheid	Mudbalans	1,02 g/ml	1,03 g/ml	1,03 g/ml	1,04 g/ml	1,04 g/ml	1,05 g/ml

**Tabel 3 Mengselverhouding boorvloeistof**

De boorvloeistof dient over de navolgende functie te beschikken:

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

Van Vulpen heeft de keuze uit twee vergelijkbare soorten bentoniet, beide zijn gecertificeerd en terug te vinden in bijlage Bijlage 5.

Het aanmaakwater benodigd voor het aanmaken van de boorvloeistof wordt uit oppervlaktewater verkregen en zal over de navolgende waarden moeten beschikken:

pH: > 7 max 9,5  
Calcium: < 100 ppm  
Geleidbaarheid: < 1000 µS

De controle op bovenstaande zal door Van Vulpen worden uitgevoerd. Indien benodigd zal het aanmaakwater moeten worden behandeld met de toevoegstof "Soda Ash" om deze waarden te verkrijgen. Naar verwachting zal het toepassen van "Soda Ash" niet benodigd zijn, indien noodzakelijk te zijn zal er goedkeuring worden gevraagd aan de opdrachtgever en belanghebbenden.

Indien tijdens het boorproces blijkt dat een of meerdere toevoegstoffen benodigd zijn t.b.v. de realisatie van de boring zal dit tijdig kenbaar gemaakt worden aan de directie van het werk. Daar het door de opdrachtgever ter beschikking gestelde grondonderzoek geen aanleiding geeft tot het gebruik van toevoegstoffen wordt verondersteld dat deze in eerste instantie niet benodigd zijn.

**Bezoekadres**

Vaart 18  
4206 CG Gorinchem  
T: 0183 64 50 60  
F: 0183 64 85 50

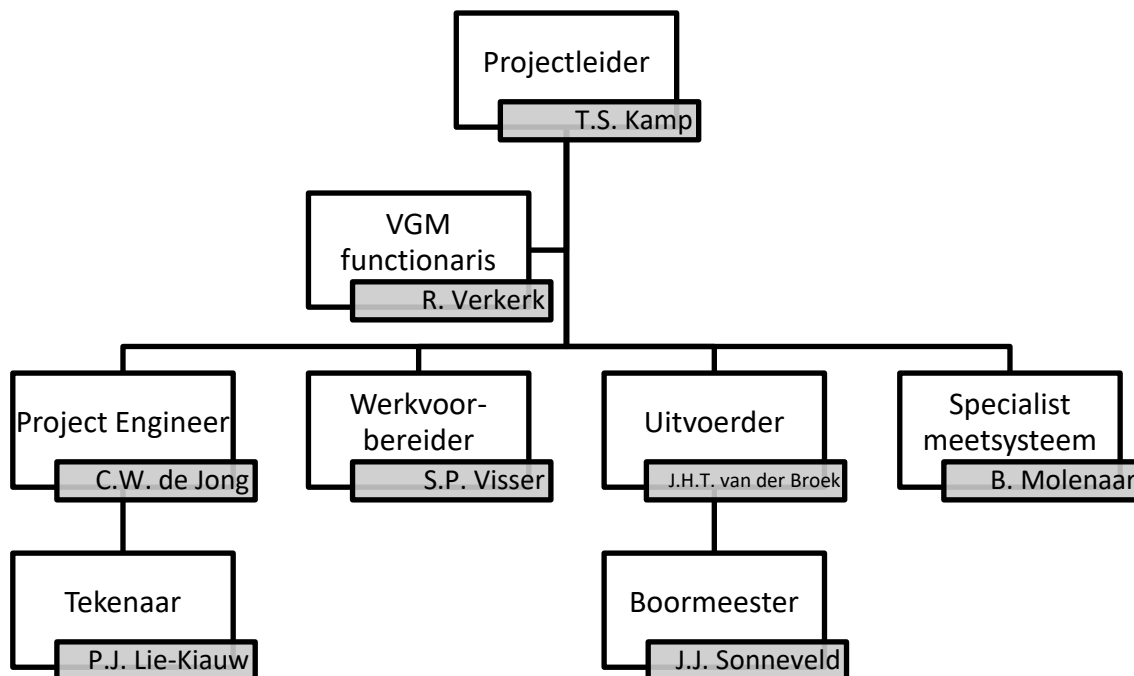
**Postadres**

Postbus 231  
4200 AE Gorinchem  
E: info@vanvulpen.eu  
I: www.vanvulpen.eu



## 8. Personeel, organisatie en communicatie

### 8.1 Organigram



Figuur 11 Organigram

#### 8.1.1 Betrokken bedrijven

##### Opdrachtgever:

Naam	: Stedin
Contactpersoon	: Kuppens (Jos)
Postadres	: Blaak 8
Postcode + Plaats	: 30111 TA Rotterdam
Telefoon opdrachtgever	: +31 88 896 33 48
Telefoon contactpersoon	: +31 6 55 892 015

##### Aannemer:

Naam	: Van Vulpen
Postadres	: Postbus 231 / 4200 AE Gorinchem
Adres	: Vaart 18
Postcode + Plaats	: 4206 CG Gorinchem
Telefoon algemeen	: 0183-645060
Contactpersoon	: Dhr. T.S. Kamp
Telefoon mobiel	: 06-15871647

Coördinatie van afspraken vindt plaats tussen de contactpersonen.

**Bezoekadres**

Vaart 18  
4206 CG Gorinchem  
T: 0183 64 50 60  
F: 0183 64 85 50

**Postadres**

Postbus 231  
4200 AE Gorinchem  
E: info@vanvulpen.eu  
I: www.vanvulpen.eu

**8.1.2 Personeelsbezetting**

Ter illustratie wordt onderstaand een overzicht gegeven van het personeel behorende bij de 80 ton's boorstelling.

Personeelsbezetting 80 tons boorstelling			
<b>Functie</b>	<b>Naam</b>	<b>Telefoonnummer</b>	<b>Aanwezigheid projectlocatie</b>
Projectleider	T. S. Kamp	+31 – 6 15 87 16 47	Deels (BHV)
Uitvoerder	J.H.T. van der Broek	+31 – 6 10 49 36 87	Continu (BHV)
Project engineer	C.W. de Jong	+31 – 6 24 61 10 38	Niet
KAM coördinator	R.T.A. Verkerk	+31 – 6 15 89 08 78	Niet (BHV)
Werkvoorbereider	S.P. Visser	+31 – 6 11 00 05 29	Niet
<b>Meetsysteem</b>			
Specialist meetsysteem	B.J. Molenaar		Tijdens pilot
<b>Boorploeg</b>			
Boormeester	J.H.T. van der Broek	+31 – 6 10 49 36 87	Continu (BHV)
Ass. Boormeester	J.J. Sonneveld		Continu
Pipe handling	A.J. Verkaik		Continu
Kraan hulp	M. Zalewski		Continu
Mud operator	H. Vis		Continu
Recycling operator	P.C. Kort		Continu
Boorhulp uittrede	S. Gunay		Continu
<b>Spiegellas ploeg</b>			
Spiegellasser	I.K.S.T. Vierbergen		Deels (BHV)
Spiegellasser	D. Haberla		Deels

Ten aanzien van de werkzaamheden voor de aanleg van de gestuurde boringen zal Van Vulpen de werkzaamheden nagenoeg volledig met eigen personeel uitvoeren. Eventuele in te zetten onderaannemers worden tijdig bij opdrachtgever kenbaar gemaakt.

**Bezoekadres**

Vaart 18  
4206 CG Gorinchem  
T: 0183 64 50 60  
F: 0183 64 85 50

**Postadres**

Postbus 231  
4200 AE Gorinchem  
E: [info@vanvulpen.eu](mailto:info@vanvulpen.eu)  
I: [www.vanvulpen.eu](http://www.vanvulpen.eu)

**8.1.3 Onderaannemers**

Ten behoeve van dit project zal Van Vulpen gebruik maken van onderstaande onderaannemers:

Onderdeel: Inhuur meetsysteem (Gyro pilot boring):

Onderaannemer: Browline B.V.  
Duurzaamheidsring 180  
4231 EX MEERKERK

**8.2 Taken, bevoegdheden en verantwoordelijkheden**

Van Vulpen is tenminste verantwoordelijk voor:

- Het voorkomen van ongevallen en incidenten alsmede het beschermen van de gezondheid van eigen medewerkers, medewerkers van onderaannemers of leveranciers en derden;
- Het tot een minimum beperken van milieuschade ten gevolge van de uit te voeren activiteiten;

Bij het uitvoeren van het project zal Van Vulpen met alle betrokken partijen actief samenwerken om goede arbeidsomstandigheden te waarborgen. Tot de verantwoordelijkheden behoren de volgende zaken:

- Medewerkers in kennis stellen van de risico's die zijn verbonden aan de uitvoering van het project;
- Onderaannemers in kennis stellen van de veiligheids- en milieuvoorschriften, procedures en andere relevante informatie die van belang kan zijn in verband met de verrichte werkzaamheden;
- Adequate afspraken maken omtrent coördinatie van het project;
- Toezicht houden op de naleving van afspraken en maatregelen;

Hieronder volgt een opsomming van de voornaamste taken, bevoegdheden en verantwoordelijkheden van de functies zoals beschreven in het organigram:

**8.2.1 Functies Van Vulpen:****8.2.1.1 Projectleiding**

De projectleider is namens de directie van Van Vulpen belast met de leiding van het project en moet in het algemeen zorgdragen voor:

- Een efficiënt en beheersbaar projectverloop;
- Het laten opstellen van een kwaliteitsplan;
- Leiding geven aan de totale realisatie van het project en zorgdragen voor de coördinatie van de volgende zaken:
  - Contacten met de opdrachtgever;
  - Projectrapportage;
  - Projectuitvoering;
  - De projectleider is financieel verantwoordelijk voor het project;
  - De projectleider is de spil van het uitvoerende team;

**8.2.1.2 Uitvoerder/Boormeester**

De uitvoerder en boormeester begeleiden en coördineren, onder leiding van de projectleider, de dagelijkse gang van zaken op het aan hem opgedragen deel van de bouwplaats.

De boormeester is verantwoordelijk voor een juiste uitvoering en toezicht op de voorgeschreven V&G maatregelen ter plaatse. Tevens is hij verplicht afwijkingen en gevaarlijke situaties te melden bij de uitvoerder, hiervoor passende maatregelen te nemen en deze vast te leggen in de projectmap.

**Bezoekadres**

Vaart 18  
4206 CG Gorinchem  
T: 0183 64 50 60  
F: 0183 64 85 50

**Postadres**

Postbus 231  
4200 AE Gorinchem  
E: [info@vanvulpen.eu](mailto:info@vanvulpen.eu)  
I: [www.vanvulpen.eu](http://www.vanvulpen.eu)



De boormeester licht bij aankomst op de werklocatie zijn assistenten in over alle te nemen maatregelen..

De uitvoerder is verantwoordelijk voor de dagelijkse uitvoering van het project. De uitvoerder is dan ook het eerste aanspreekpunt tijdens de uitvoering van het project. De uitvoerder heeft de volgende taken:

- Het houden van het dagelijkse toezicht op de uitvoering van het project;
- Geeft voorlichting en onderricht aan uitvoerende medewerkers;
- Opleveren van de projectlocatie aan de opdrachtgever;

Maandelijks vindt er veiligheidsoverleg binnen elke ploeg plaats ondersteund door een onderwerp op schrift. Een rapportage van de veiligheidsinspectie wordt maandelijks door de uitvoerder op de werklocaties opgesteld.

### **8.2.1.3 Engineer**

De projectbegeleider c.q. hoofdontwerper, engineer begeleid en coördineert, i.s.m. met de projectleider, de werkzaamheden voorafgaand aan de uitvoering en vervangt de projectleider bij afwezigheid. In het algemeen moet de projectbegeleider zorgdragen voor:

- Het opstellen van de uitvoeringsontwerpen;
- Het opstellen van diverse benodigde uitvoeringsplannen;
- Het voor akkoord aanbieden van het uitvoeringsplan aan de opdrachtgever;
- Het overdragen van projectdocumenten aan de werkvoorbereider;

### **8.2.1.4 Werkvoorbereider**

De werkvoorbereider is verantwoordelijk voor de voorbereiding en de administratieve afhandeling van het project. Hij coördineert tijdens de uitvoering i.s.m. de projectleider de dagelijkse administratieve gang van zaken op de bouwplaats. De werkvoorbereider heeft de volgende taken:

- Het samenstellen van de werkmap;
- Het borgen voor de beschikbaarheid van voldoende vakbekwaam personeel en het juiste materieel en middelen om de werkzaamheden uit te kunnen voeren;
- Het borgen voor een goede overdracht van het werk aan de uitvoerder c.q. boormeester;
- Bijhouden van productie en afhandelen van diverse administratieve handelingen;



**Bezoekadres**

Vaart 18  
4206 CG Gorinchem  
T: 0183 64 50 60  
F: 0183 64 85 50

**Postadres**

Postbus 231  
4200 AE Gorinchem  
E: [info@vanvulpen.eu](mailto:info@vanvulpen.eu)  
I: [www.vanvulpen.eu](http://www.vanvulpen.eu)

**8.2.1.5 V&G -coördinator**

De V&G - coördinator houdt overzicht over het project. Tijdens het project zouden meerdere partijen tegelijk gelijktijdig werkzaamheden kunnen verrichten.

De V&G - coördinator zorgt voor de afstemming van de betrokken partijen zodat de werkzaamheden geen gevaar voor andere partijen opleveren. De V&G coördinator heeft verder nog onderstaande taken:

- Aanvullen / actualiseren van het plan en V&G-dossier;
- Aanspreekpunt voor deskundige diensten met betrekking tot V&G.
- Controle op naleving van regelgeving van Van Vulpen, opdrachtgever en regelgevende instanties.
- Coördinatie van de KAM gerelateerde onderdelen zoals kick-off, toolbox meetings en werkplekinspecties.

**8.2.1.6 Uitvoerende medewerker**

Alle uitvoerende medewerkers hebben de volgende taken;

- Het voorkomen van onveilige situaties;
- Het voorkomen van ongevallen;
- Signaleren en melden van onveilige situaties;
- Zich houden aan de afspraken, regels en voorschriften;
- Actief deelnemen aan voorlichting en onderricht.

**Bezoekadres**

Vaart 18  
4206 CG Gorinchem  
T: 0183 64 50 60  
F: 0183 64 85 50

**Postadres**

Postbus 231  
4200 AE Gorinchem  
E: info@vanvulpen.eu  
I: www.vanvulpen.eu



### 8.3 Wijze van registreren/rapporteren

#### 8.3.1 Algemene registratie

Tijdens de pilotboringen zullen de volgende gegevens worden geregistreerd:

* Begintijd, stoptijd, koppel en de pomp tijd;	[ Uur : min ]
* Q boorvloeistof	[ L/min ]
* Boorvloeistof druk aan de kop	[ Bar ]
* Duwkracht	[ Ton ]
* Azimuth	[ Graden ]
* Pitch	[ Graden ]
* Diepte	[ Meter ]

Deze gegevens worden getoetst aan de waarden die gelden als maximale druk.

- Aan het einde van elke dag zullen de registratie gegevens van Brownline ter beschikking staan voor de opdrachtgever.
- Aan het einde van elke dag zullen de registratie gegevens van de mud en de rig ter beschikking staan voor de opdrachtgever.

#### 8.3.2 Registratie ruimfasen

Tijdens de ruimfasen worden de volgende gegevens geregistreerd:

* Begintijd, stoptijd en de pomp tijd;	[ Uur : min ]
* Q boorvloeistof	[ L/min ]
* Boorvloeistof druk aan de rig en de pomp	[ Bar ]
* Torque	[ kNm ]
* Toerental	[ Omw./min ]
* Trekkkracht	[ Ton ]

#### 8.3.3 Registratie werkwater

Van het werkwater wat tijdens het boorproces gebruikt wordt worden de volgende gegevens geregistreerd:

* Datum	[ dd-mm-jj ]
* Meettijdstip	[ Uur : min ]
* PH waarde	[ - ]
* Zout waarde	[ µS/cm ]
* Hardheid	[ - ]
* Soda Ash	[ Kg/M3 ]

#### 8.3.4 Registratie bentoniet

Van de bentoniet welke tijdens het boorproces gebruikt wordt, zullen de volgende gegevens worden geregistreerd:

* Meettijdstip	[ Uur : min ]
* Viscositeit	[ sec ]
* Soortelijk gewicht	[ kg/M3 ]
* Cuttings in/ Cuttings uit	[ - ]
* Soort grond (visueel)	[ - ]
* Eventuele toevoegingen	[ Soort – kg/M3 ]

**Bezoekadres**

Vaart 18  
4206 CG Gorinchem  
T: 0183 64 50 60  
F: 0183 64 85 50

**Postadres**

Postbus 231  
4200 AE Gorinchem  
E: [info@vanvulpen.eu](mailto:info@vanvulpen.eu)  
I: [www.vanvulpen.eu](http://www.vanvulpen.eu)



De parameters van de boorvloeistof zullen circa 1x per uur opgenomen worden.

Om de uiteindelijke druk bij de boorkop te kunnen bepalen zal, in eerste instantie de druk bij de pomp geregistreerd worden. Deze druk wordt verkleind met het verlies van de stangen en het verlies van de nozzles.

Daarnaast zal tijdens de pilotboring een continue drukmeting plaatsvinden achter de boorkop. Dit zal gebeuren middels het toepassen van een mud-druk sensor welke in de boorkop is verwerkt, deze gegevens zullen worden opgenomen in de registratieformulieren t.b.v. de pilotboring.

### **8.3.5 Aanlevering registratie**

Alle gegevens worden opgenomen in een “boormap registratie sheet”. Dit document wordt door het boorbedrijf gearchiveerd.

De geregistreerde gegevens worden tijdens uitvoering van de werkzaamheden verwerkt in een Excel bestand.

## **8.4 Procedure voor beoordeling van de voorboring**

In eerste instanties worden de survey gegevens op locatie door het meetkundige personeel omgezet in een lijn, waaraan te zien is in welke mate de geboorde lijn afwijkt van de ontworpen lijn. Deze projectie kan overlegd worden aan de opdrachtgever, zodat getoetst kan worden of de boorlijn acceptabel is.

Vervolgens zullen de survey gegevens elektronisch worden verwerkt in een CAD-applicatie. De revisietekening samen met ingevulde registratieformulieren evenals de grafieken vormen een onderdeel van het revisiepakket.

Na de pilotboring zal een digitale tekening worden opgesteld met het gerealiseerde boorprofiel van de pilotboring. Deze zal ter goedkeuring worden voorgelegd aan de opdrachtgever. Van Vulpen gaat er vanuit dat de tekening in een halve dag na versturen vanuit Gorinchem gecontroleerd en beoordeeld is door de opdrachtgever.

Zodra de goedkeuring op de als-uitgevoerd tekening van de pilot boring is afgegeven door de opdrachtgever mag gestart worden met de intrekooperatie.

**Bezoekadres**

Vaart 18  
4206 CG Gorinchem  
T: 0183 64 50 60  
F: 0183 64 85 50

**Postadres**

Postbus 231  
4200 AE Gorinchem  
E: info@vanvulpen.eu  
I: www.vanvulpen.eu



## 9. Tijdschema/planning

### 9.1 Tijdschema horizontaal gestuurde boring

De bepaling van de tijdsduur voor het realiseren van de horizontaal gestuurde boring is mede afhankelijk van het in te zetten materieel en de grondslag. Met de gekozen boorstelling en de aangenomen aanwezige grondslag is voor de boring een tijdschema opgesteld. In Tabel 4 ter indicatie de verwachte uitvoeringsduur aangegeven.

Activiteit	HDD ca. 495 mtr 11xØ110
Mobilisatie boormaterieel	0.00
Opstellen boormaterieel	1.00
Pilotboring	1.50
Ontvangst goedkeuring pilotboring	0.50
Flow-Sub	
Ruimgang I	1.00
Ruimgang II	
Ruimgang III	
Clean up run / Wiper-trip (eventueel)	0.50
Intrekken leiding	0.50
Demobilisatie boormaterieel	1.00
Totaal [in dagen]	6.00

**Tabel 4 Verwachte uitvoeringsduur horizontaal gestuurde boring**

De verwachte uitvoeringsduur van de boring is opgesteld op basis van de omschreven werkwijze evenals de documenten behorende bij de prijsaanvraag en het ervaringsgetal van Van Vulpen. Eventueel afwijkende grondslag dan wel het optreden van onvoorziene omstandigheden kan ertoe leiden dat de uitvoeringsduur en/of werktijden worden aangepast.

De boorwerkzaamheden zullen tussen 7.00 en 19.00 worden uitgevoerd. Mocht het, i.v.m. de werkzaamheden nodig zijn, dan wordt er langer of op zaterdag gewerkt. Indien er verlenging van de werktijd gewenst is zal dit op een zo vroeg als mogelijk tijdstip kenbaar gemaakt worden aan de opdrachtgever en belanghebbenden.

**Bezoekadres**

Vaart 18  
4206 CG Gorinchem  
T: 0183 64 50 60  
F: 0183 64 85 50

**Postadres**

Postbus 231  
4200 AE Gorinchem  
E: [info@vanvulpen.eu](mailto:info@vanvulpen.eu)  
I: [www.vanvulpen.eu](http://www.vanvulpen.eu)



## 9.2 Stappenplan uitvoering

1. Inrichten van het intredepunt voor de horizontaal gestuurde boring.
  - Aanbrengen platenbaan incl. inrichten opstellocatie.
  - Graven van het intredegat.
2. Inrichten van het uittredepunt voor de horizontaal gestuurde boring.
  - Aanbrengen platenbaan incl. inrichten uittredepunt.
  - Graven van het uittredegat.
3. Opstellen boorstelling 80 tons boorstelling
  - Mobilisatie van 80 tons rig naar de werklocatie.
  - Plaatsen van de boorkop inclusief Gyro steering tool op de boorstangen.
  - Kalibratie van het meetsysteem.
4. Verrichten van de pilotboring
  - Afkoppelen van de boorkop.
5. Verrichten van de eerste ruimgang.
  - Controle boorspoeling.
  - Beslissing (boormeester) extra Wipertrip noodzakelijk of niet.
  - (Optioneel) Aankoppelen van de Barrel 14".
  - (Optioneel) Verrichten van de barrelgang.
6. Het in positie brengen van de leiding t.b.v. intrekken
7. Aankoppelen van de leidingstreng inclusief swivel 135 ton met Barrel 28".
8. Leiding wordt ingetrokken.
9. Werkzaamheden na intrekken productleiding.
  - Verwijderen van de trekkop.
  - Trekkoord inbrengen.
10. Afronden boorwerkzaamheden.
  - Het schoonmaken van het boormaterieel.
  - Het opruimen van de werklocatie.
  - Afvoeren materieel.

**Bezoekadres**

Vaart 18  
4206 CG Gorinchem  
T: 0183 64 50 60  
F: 0183 64 85 50

**Postadres**

Postbus 231  
4200 AE Gorinchem  
E: [info@vanvulpen.eu](mailto:info@vanvulpen.eu)  
I: [www.vanvulpen.eu](http://www.vanvulpen.eu)



## **10. Veiligheid, gezondheid en milieu**

### **10.1 Specifieke risico-inventarisatie en evaluatie**

De specifieke risico-inventarisatie en evaluatie (RI&E) van de werkzaamheden op het gebied van veiligheid, gezondheid en milieu is toegevoegd aan de bijlage.

## **11. Technische uitvoeringsrisico's**

De technische uitvoeringsrisico's die gevolg kunnen hebben op tijd (planning), kwaliteit en geld zijn opgenomen in de (RI&E). In de analyse worden de risico's geanalyseerd en beheersmaatregelen toegekend. Als blijkt dat de initiële beheersmaatregelen de kans op het werkelijk plaatsvinden van het risico niet afdoende verminderd, zullen aanvullende (mitigerende) maatregelen worden toegekend.

**Bezoekadres**

Vaart 18  
4206 CG Gorinchem  
T: 0183 64 50 60  
F: 0183 64 85 50

**Postadres**

Postbus 231  
4200 AE Gorinchem  
E: [info@vanvulpen.eu](mailto:info@vanvulpen.eu)  
I: [www.vanvulpen.eu](http://www.vanvulpen.eu)



## Bijlage 1 Tekening Boorprofiel







**Bezoekadres**

Vaart 18  
4206 CG Gorinchem  
T: 0183 64 50 60  
F: 0183 64 85 50

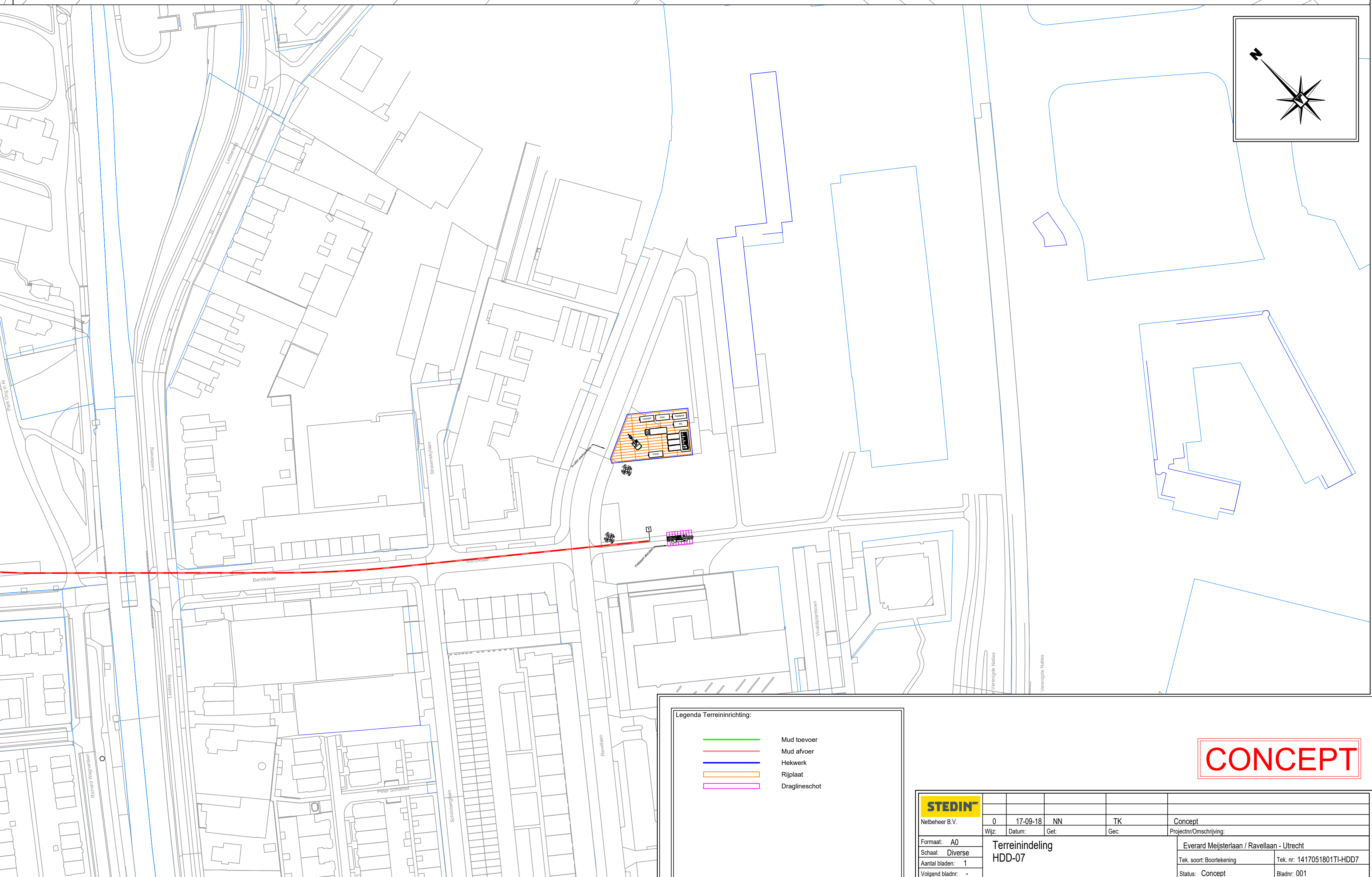
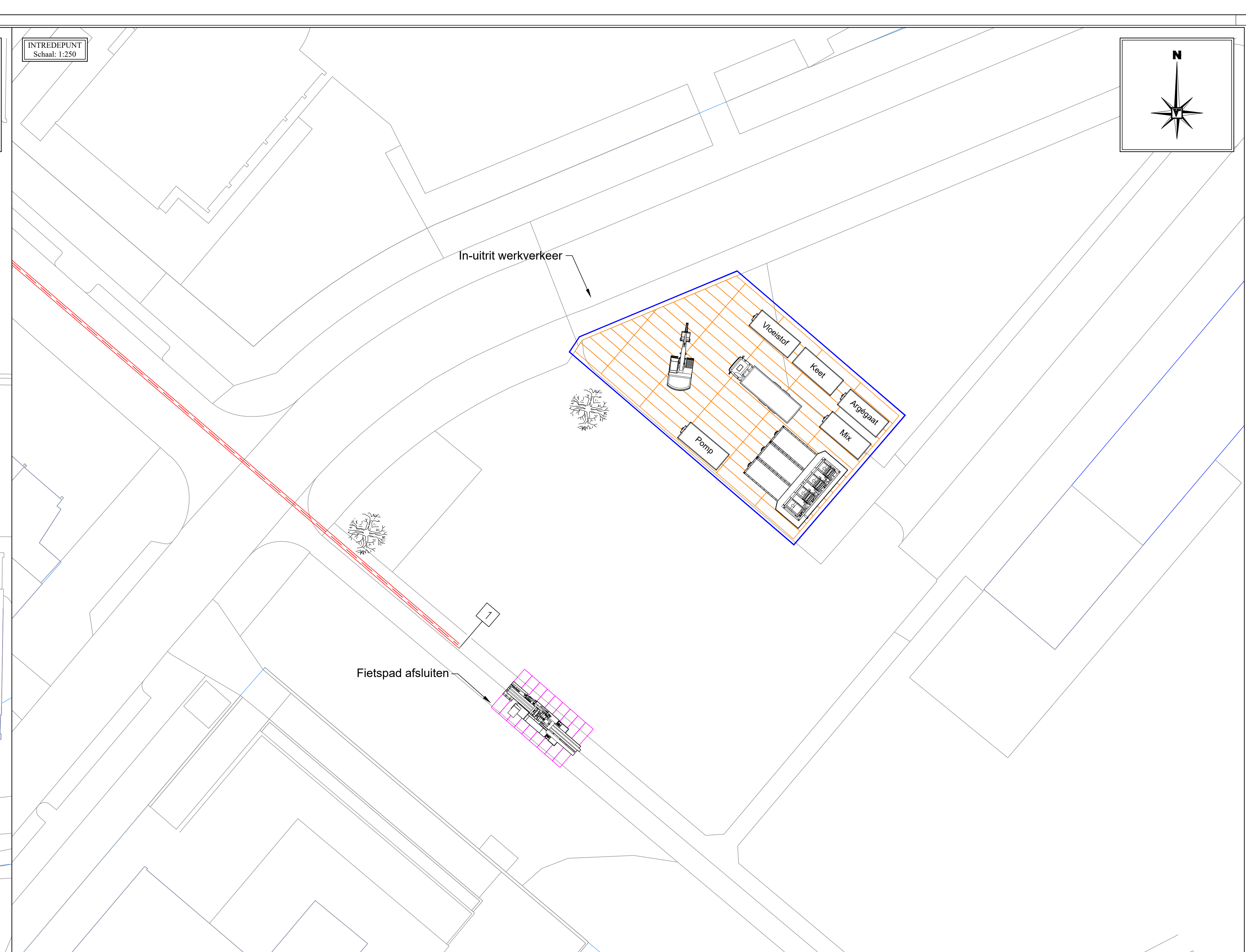
**Postadres**

Postbus 231  
4200 AE Gorinchem  
E: [info@vanvulpen.eu](mailto:info@vanvulpen.eu)  
I: [www.vanvulpen.eu](http://www.vanvulpen.eu)



## Bijlage 2 Tekening Terreinindeling







**Bezoekadres**

Vaart 18  
4206 CG Gorinchem  
T: 0183 64 50 60  
F: 0183 64 85 50

**Postadres**

Postbus 231  
4200 AE Gorinchem  
E: [info@vanvulpen.eu](mailto:info@vanvulpen.eu)  
I: [www.vanvulpen.eu](http://www.vanvulpen.eu)

**Bijlage 3 Grondonderzoek**

# 2 Grondonderzoek

## 2.1 Algemeen

Ten behoeve van het grondonderzoek zijn in september 2018 in totaal zes diepsonderingen uitgevoerd. Daarnaast zijn twee machinale boringen verricht. Hierna is het uitgevoerde onderzoek verder beschreven.

## 2.2 Diepsonderingen

De sonderingen zijn genummerd GA180817 SW01 t/m SW06. De diepsonderingen zijn gemaakt met een elektrische conus waarbij de conusweerstand continu wordt gemeten, elektrisch geregistreerd en digitaal vastgelegd. De sonderingen zijn uitgevoerd conform NEN-EN-ISO 22476-1.

Bij de sonderingen 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 navolgende relaties:

Tabel 2.1: interpretatie van het wrijvingsgetal

Wrijvingsgetal in %	Grondsoort
0.3 – 1.5	Zand, grof tot fijn
1.5 – 2.5	Silt (leem)
2.5 – 5.0	Klei
> 5.0	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 Boringen

Om de toplagen nader te verkennen zijn op de locatie tevens twee machinale boringen (genummerd GA180817 MB01 en MB02) tot ca. 30 m- maaiveld uitgevoerd. Tijdens de boorwerkzaamheden is het bodemmateriaal lithologisch onderzocht. Bij het lithologisch onderzoek worden de grondsoorten geclassificeerd volgens NEN 5104. De boorstaten zijn opgenomen in de bijlagen.

## 2.4 Inmeting

De ligging van de onderzoekspunten is op situatietekening GA180817.T01 weergegeven. De resultaten van het grondonderzoek zijn in de bijlagen toegevoegd. De sondeergrafieken en boorstaten zijn getekend ten opzichte van NAP.

De onderzoekspunten zijn met behulp van 06-GPS ingemeten t.o.v. het Rijksdriehoekstelsel en NAP (nauwkeurigheid ca. 0,10 m). Alle gegevens van de inmetingen zijn een momentopname en zijn alleen te gebruiken voor voorliggend onderzoek.

# 3 Grondslag

## 3.1 Terreingesteldheid

Ten tijde van het grondonderzoek lag het maaiveld ter plaatse van de sondeerpunten op een niveau van ca. NAP +1,1 m tot NAP +2,2 m. Het terrein kent hiermee een hoogteverschil van ca. 1,1 m.

## 3.2 Bodemopbouw

De bodemopbouw kan op basis van de sonderingen en boringen door middel van het volgende lagensysteem worden beschreven:

### Toplaag:

Ter plaatse van sonderingen SW01 en SW02 wordt vanaf maaiveld een geroerde en mogelijk deels opgebrachte zandige toplaag van ca. 0,5 à 1,0 m dikte aangetroffen. Hier onder bevindt zich tot een niveau van ca. NAP -2,2 à -3,0 m een slap klei-/veenpakket, waarbij de conusweerstand ca. 0,3 à 0,5 MPa bedragen.

Ter plaatse van sonderingen SW03 t/m SW05 wordt tot een niveau van ca. NAP -1,0 à -2,0 m een heterogene toplaag aangetroffen welke voornamelijk uit een afwisseling van zand en kleilagen bestaat. Ter plaatse van sondering SW06 zet deze laag zich door tot ca. NAP -5,0 m. De conusweerstand variëren in dit pakket van ca. 0,5 à 1,0 MPa ter plaatse van de kleilagen tot ca. 2 à 10 MPa ter plaatse van de zandlagen.

### Tussenlaag:

Vanaf bovengenoemde dieptes wordt tot een diepte van ca. NAP -6,0 à -8,0 m een los tot matig vast gepakt zandpakket aangetroffen. De conusweerstand variëren hierbij van ca. 2 tot 12 MPa. Lokaal wordt nog een teruggang in conusweerstand tot ca. 1 MPa aangetroffen als gevolg van een klei-insluiting.

### Onderlaag:

Hier onder wordt tot de maximaal verkende diepte van ca. NAP -34,0 m een matig vast tot vast zandpakket aangetroffen. De conusweerstand variëren in dit pakket van ca. 6 à 15 MPa voor de matig vast gepakte delen tot lokaal meer dan 20 MPa voor de vast gepakte delen. Lokaal wordt in sondering SW05 op een niveau van ca. NAP -11,0 m en in sondering SW06 op een niveau van ca. NAP -25,0 m nog een teruggang in conusweerstand aangetroffen als gevolg van een dunne kleilaag. Daarnaast volgt uit de boringen dat lokaal nog dunne veen- en grindlagen kunnen voorkomen.

## 3.3 Grondwater

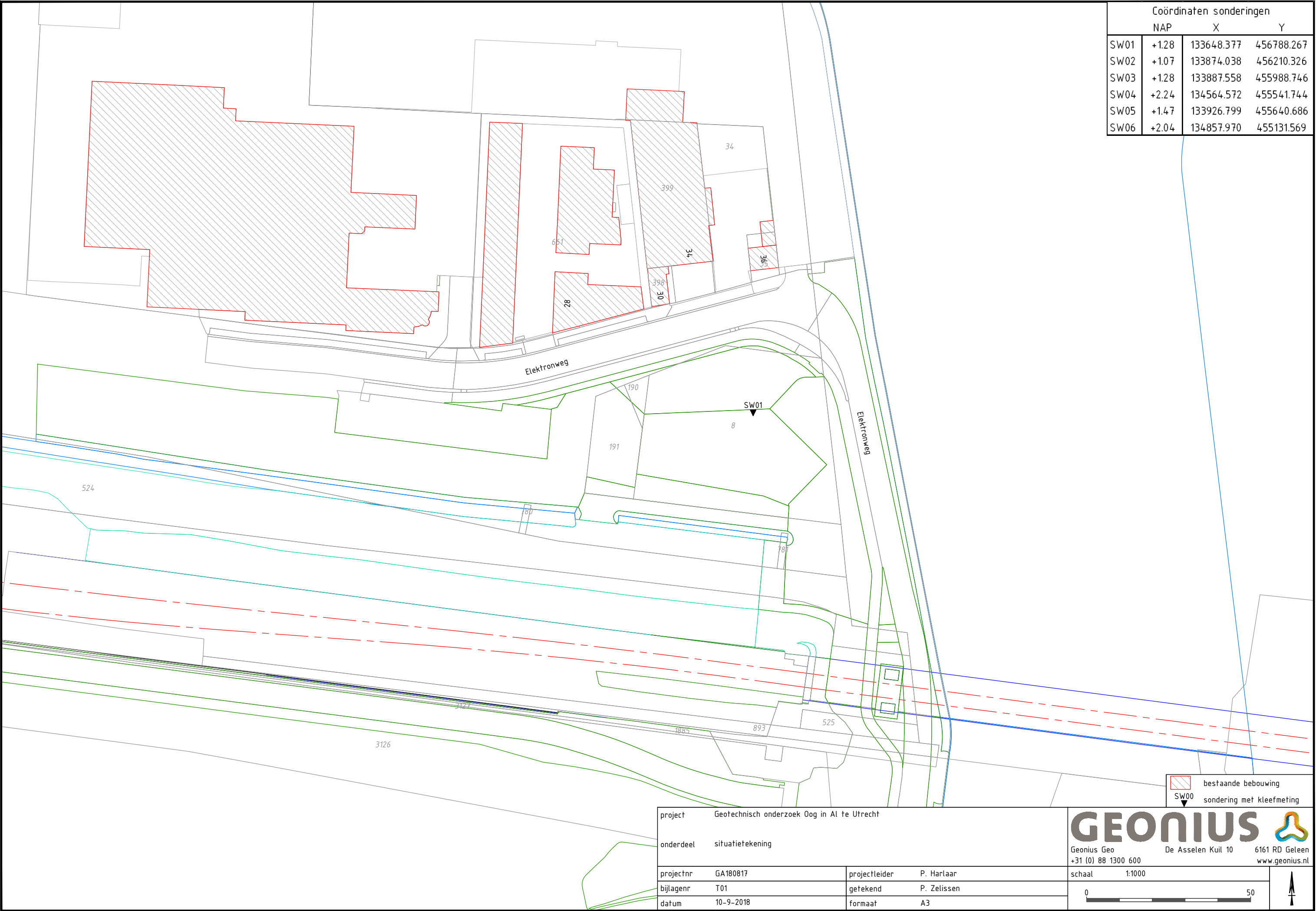
Tijdens het grondonderzoek is in de sondeergaten naar de actuele grondwaterstand gepeild. Deze werd aangetroffen op een diepte van ca. 2,3 m- maaiveld. Dit komt overeen met ca. NAP -0,3 m. Het betreft hierbij slechts een eenmalige meting, waardoor deze waarneming slechts als indicatie kan gelden. Daarnaast kan als gevolg van spanningswater, lagenopbouw en lokale omstandigheden een afwijkende waarde worden aangetroffen.

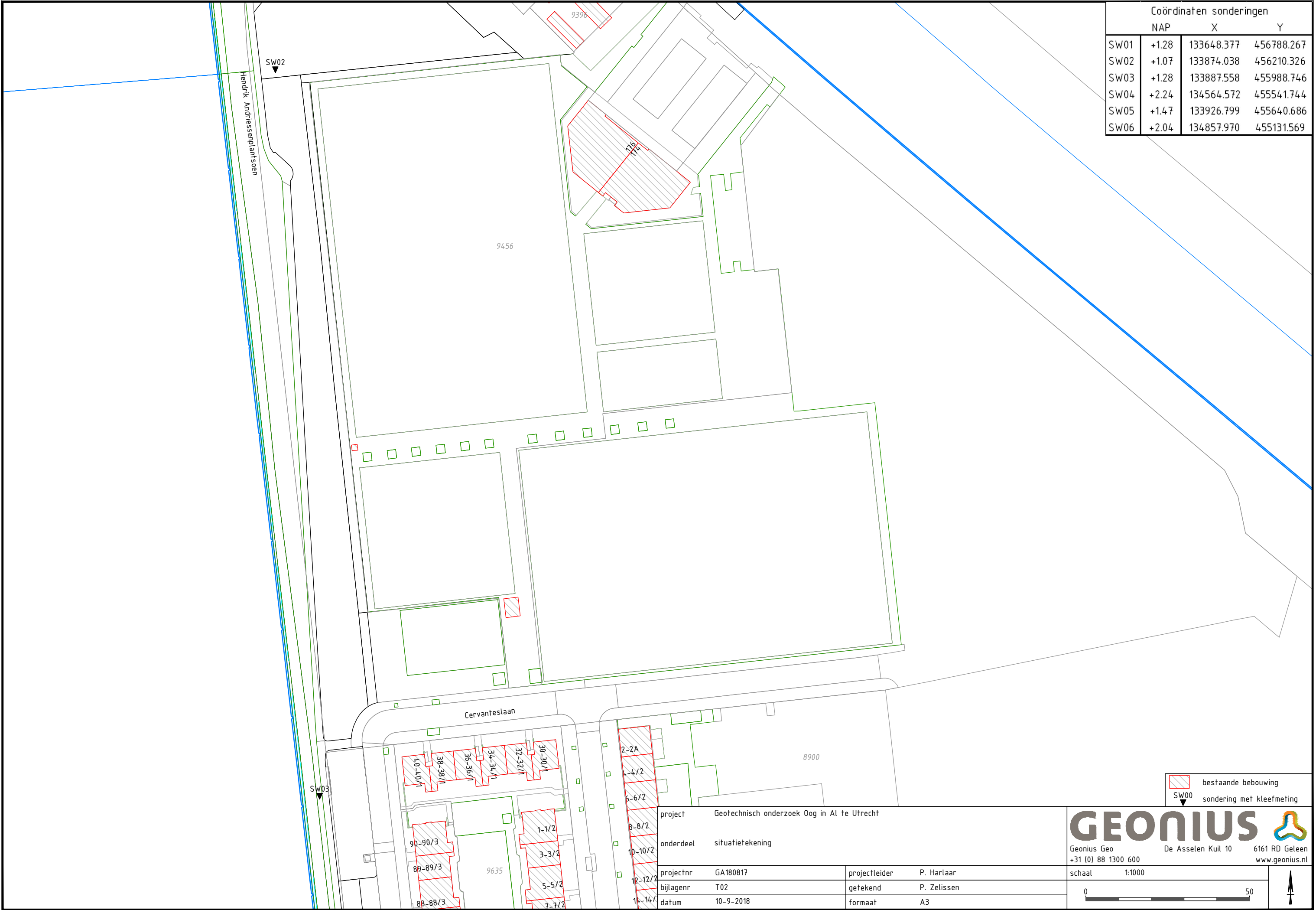
Wij wijzen erop dat de grondwaterstand van seizoen tot seizoen kan verschillen en in nattere jaargetijden mogelijk hoger wordt aangetroffen dan thans het geval is. Exacte grondwaterstanden kunnen alleen middels peilbuismetingen worden verkregen.





## Bijlage 1 Situatietekeningen





Coördinaten sonderingen			
	NAP	X	Y
SW01	+1.28	133648.377	456788.267
SW02	+1.07	133874.038	456210.326
SW03	+1.28	133887.558	455988.746
SW04	+2.24	134564.572	455541.744
SW05	+1.47	133926.799	455640.686
SW06	+2.04	134857.970	455131.569

bestaande bebouwing

sondering met kleefmeting

project	Geotechnisch onderzoek Oog in Al te Utrecht		
onderdeel	situatietekening		
projectnr	GA180817	projectleider	P. Harlaar
bijlagenr	T02	getekend	P. Zelissen
datum	10-9-2018	formaat	A3

GEONIUS

Geonius Geo

De Asselen Kuil 10

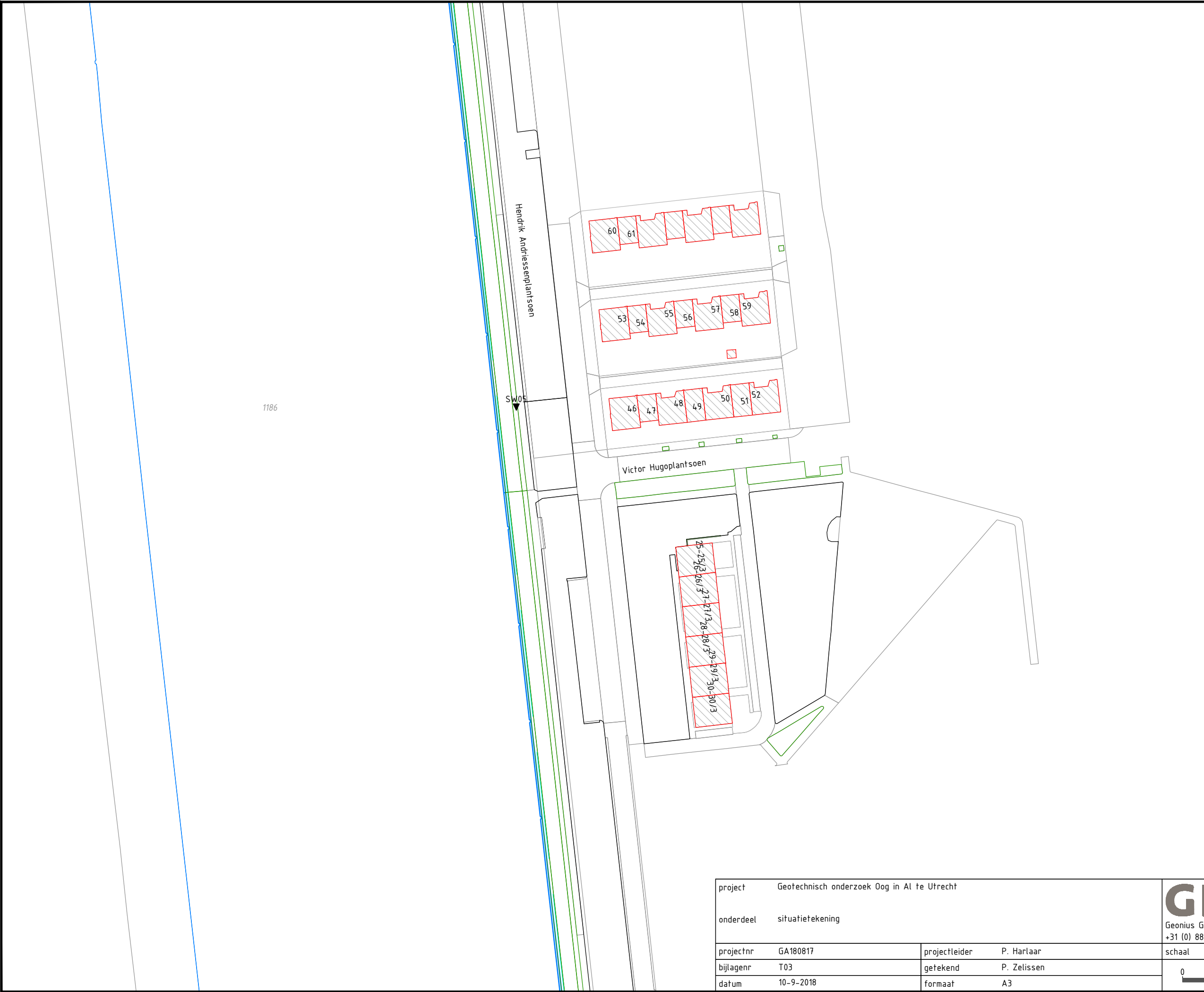
6161 RD Geleen

+31 (0) 88 1300 600

www.geonius.nl

0

50



Coördinaten sonderingen			
	NAP	X	Y
SW01	+1.28	133648.377	456788.267
SW02	+1.07	133874.038	456210.326
SW03	+1.28	133887.558	455988.746
SW04	+2.24	134564.572	455541.744
SW05	+1.47	133926.799	455640.686
SW06	+2.04	134857.970	455131.569

SW00

bestaande bebouwing

sondering met kleeftmeting

project	Geotechnisch onderzoek Oog in Al te Utrecht		
onderdeel	situatietekening		
projectnr	GA180817	projectleider	P. Harlaar
bijlagenr	T03	getekend	P. Zelissen
datum	10-9-2018	formaat	A3

GEONIUS

Geonius Geo  
+31 (0) 88 1300 600

De Asselen Kuil 10

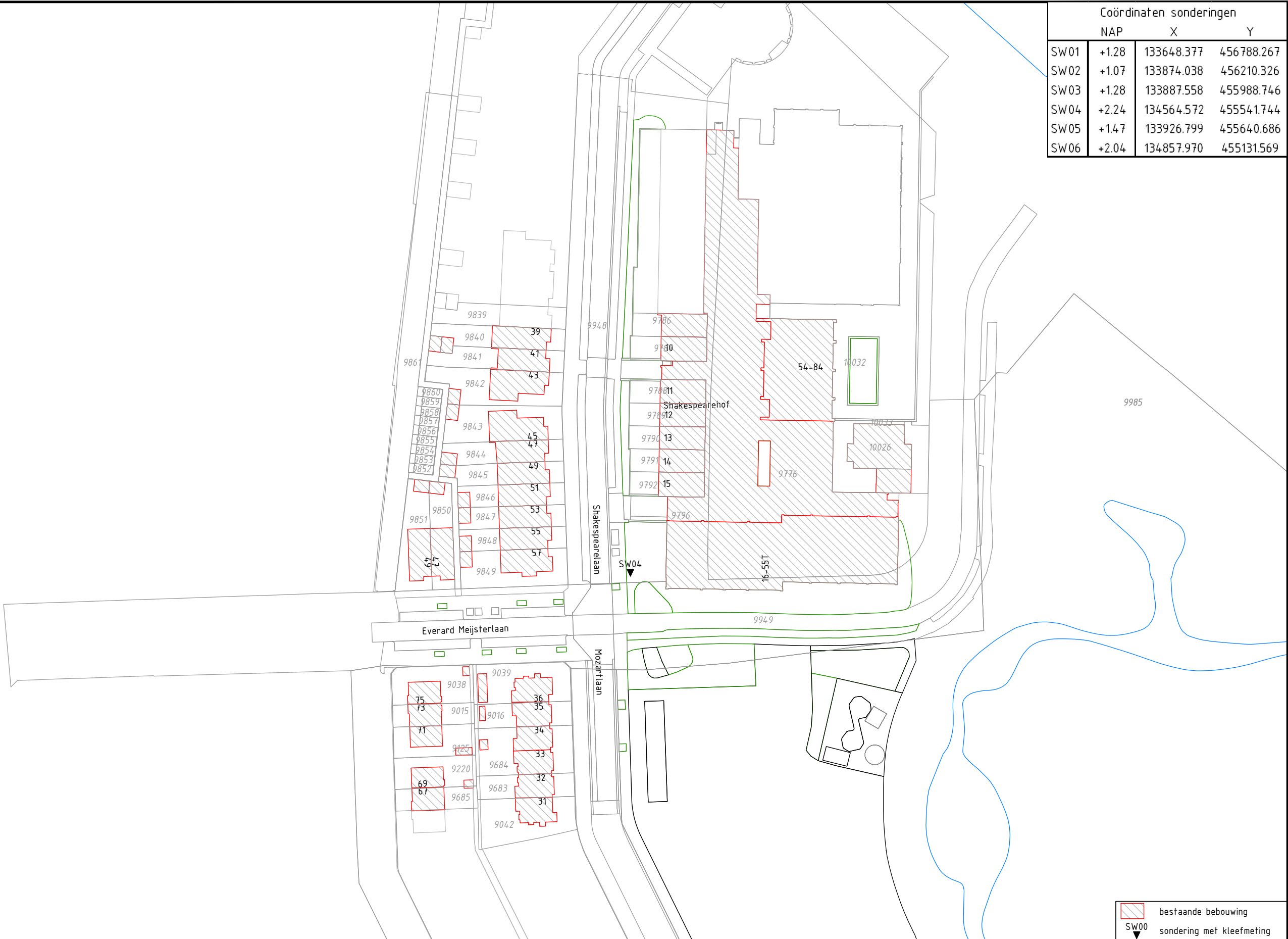
6161 RD Geleen  
www.geonius.nl

1:1000

0

50

Coördinaten sonderingen			
	NAP	X	Y
SW01	+1.28	133648.377	456788.267
SW02	+1.07	133874.038	456210.326
SW03	+1.28	133887.558	455988.746
SW04	+2.24	134564.572	455541.744
SW05	+1.47	133926.799	455640.686
SW06	+2.04	134857.970	455131.569



project	Geotechnisch onderzoek Oog in Al te Utrecht		
onderdeel	situatietekening		
projectnr	GA180817	projectleider	P. Harlaar
bijlagenr	T04	getekend	P. Zelissen
datum	10-9-2018	formaat	A3

# GEONIUS

Geonius Geo  
+31 (0) 88 1300 600

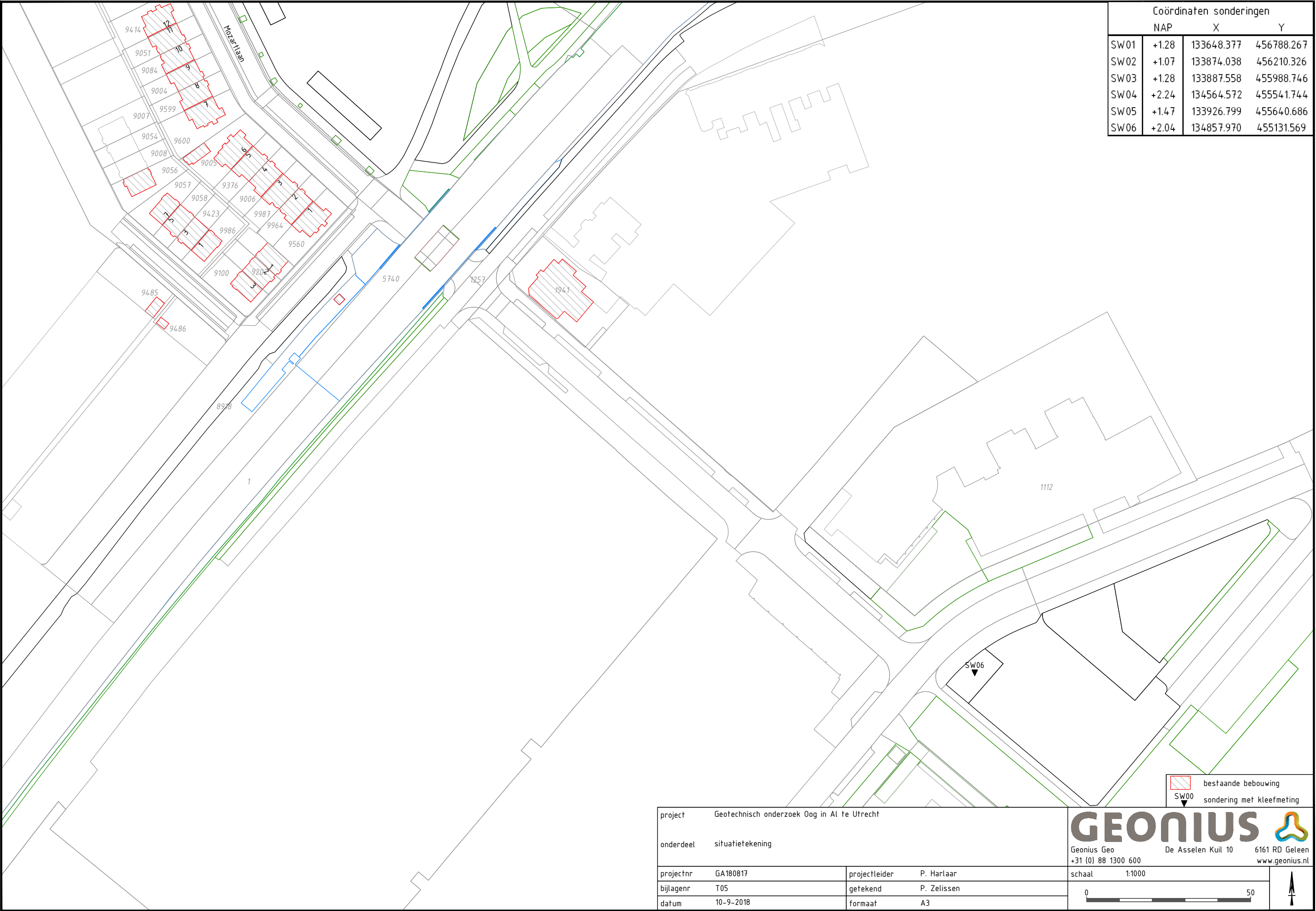
De Asselen Kuil 10  
6161 RD Geleen  
www.geonius.nl

6161 RD Geleen  
www.geonius.nl

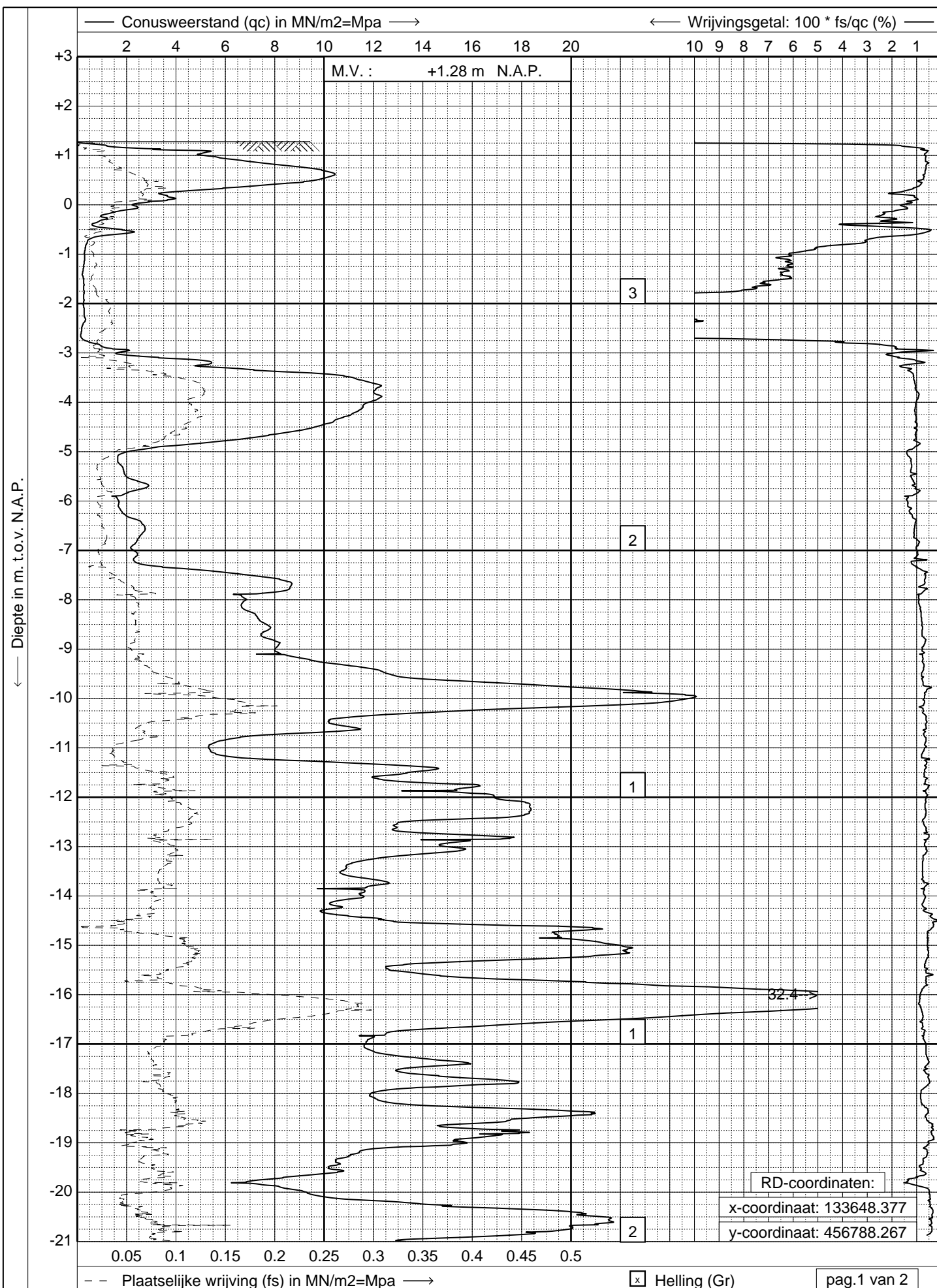
schaal 1:1000

0 50





## Bijlage 2 Sondeergrafieken



**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 : **Oog in Al te Utrecht**

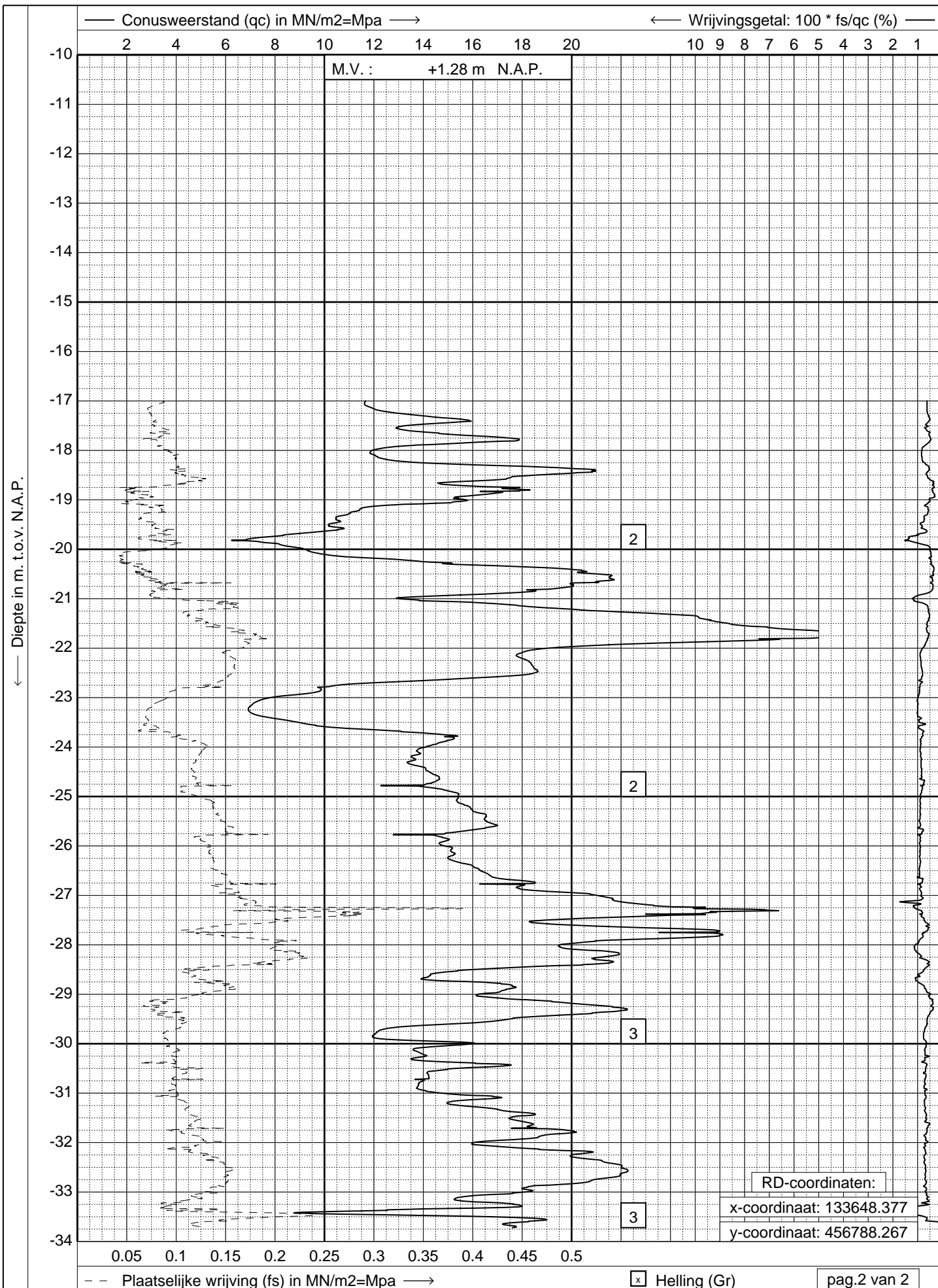
Datum : **05-09-2018**

Conus : **S15-CFI.1444**

Opdracht : **Ga180817**

Sondering : **01**





**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**

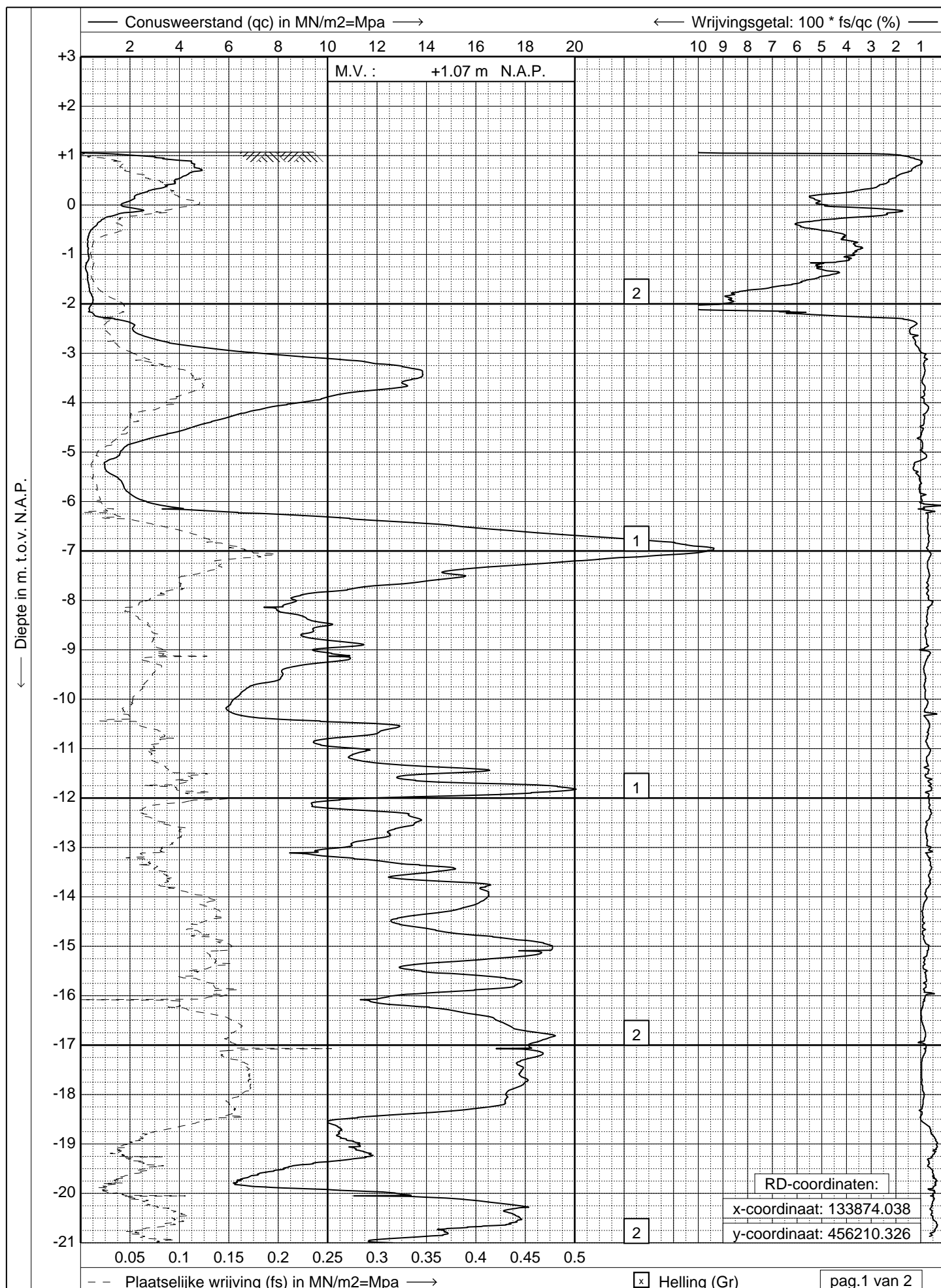
Locatie : **Oog in Al te Utrecht**

Datum : **05-09-2018**

Conus : **S15-CFI.1444**

Opdracht : **Ga180817**

Sondering : **01**



**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**

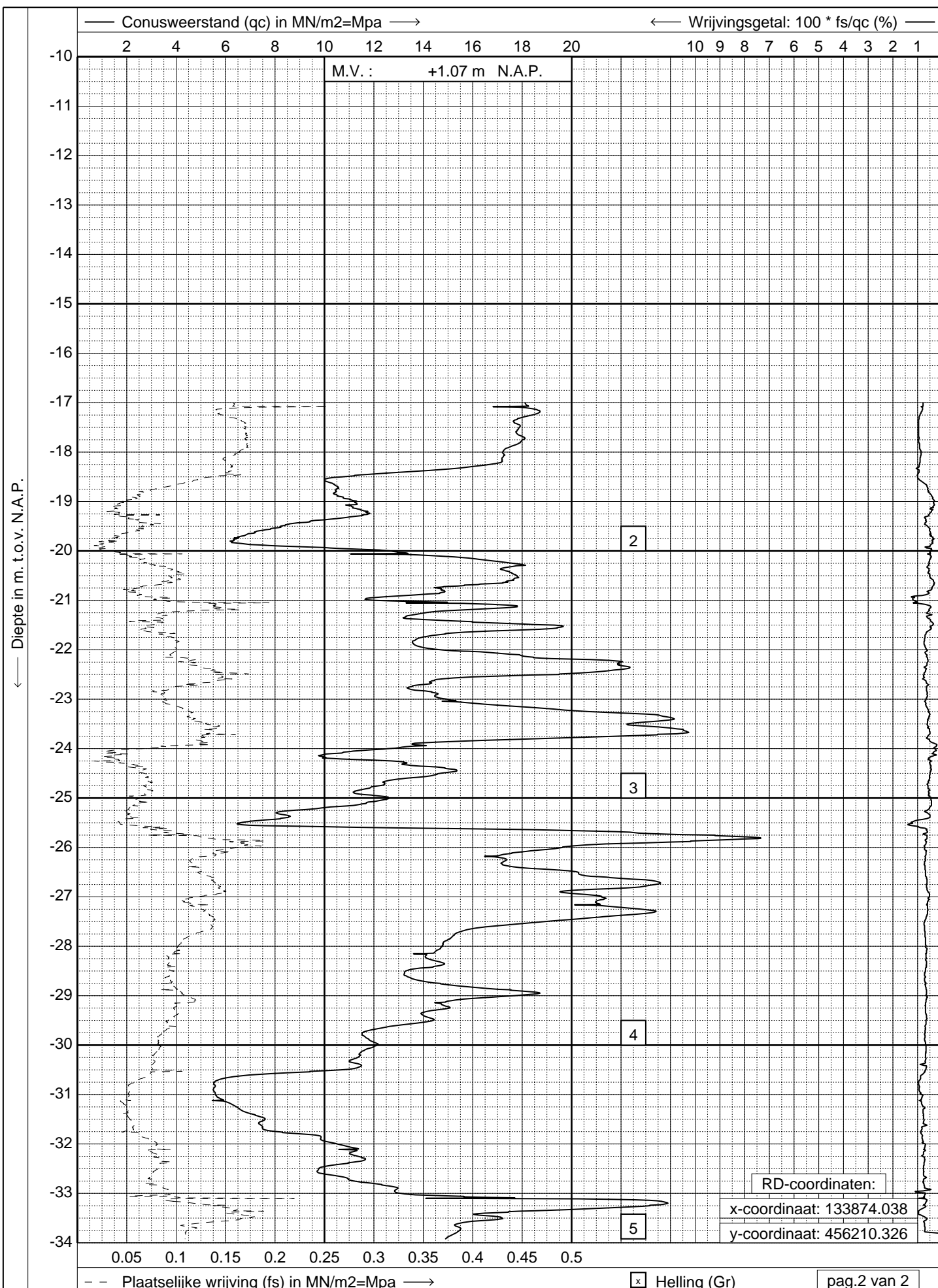
Locatie : **Oog in Al te Utrecht**

Datum : **05-09-2018**

Conus : **S15-CFI.1444**

Opdracht : **Ga180817**

Sondering : **02**



**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**

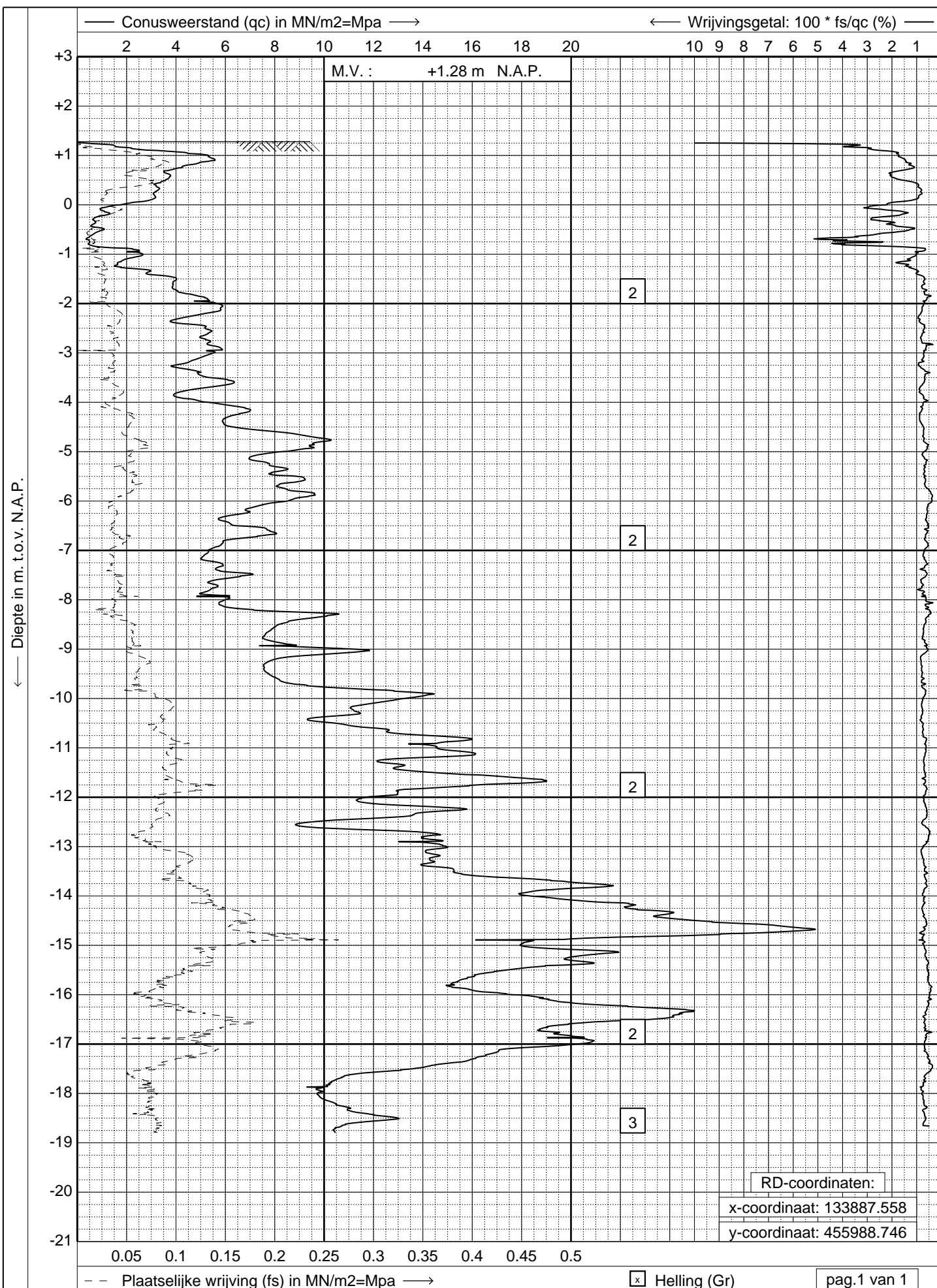
Locatie : **Oog in Al te Utrecht**

Datum : **05-09-2018**

Conus : **S15-CFI.1444**

Opdracht : **Ga180817**

Sondering : **02**



**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**

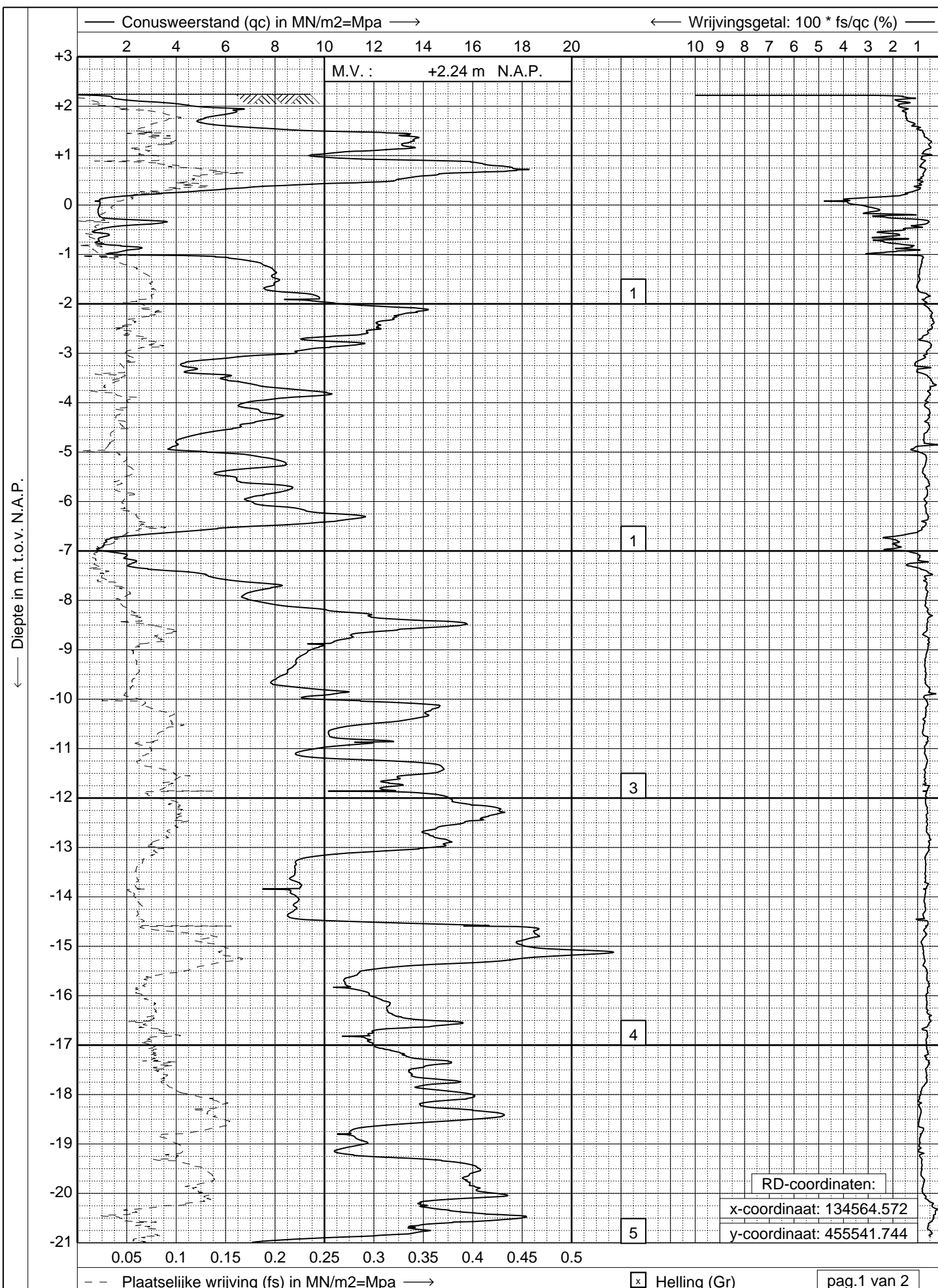
Locatie : **Oog in Al te Utrecht**

Datum : **05-09-2018**

Conus : **S15-CFI.1444**

Opdracht : **Ga180817**

Sondering : **03**



**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 : **Oog in Al te Utrecht**

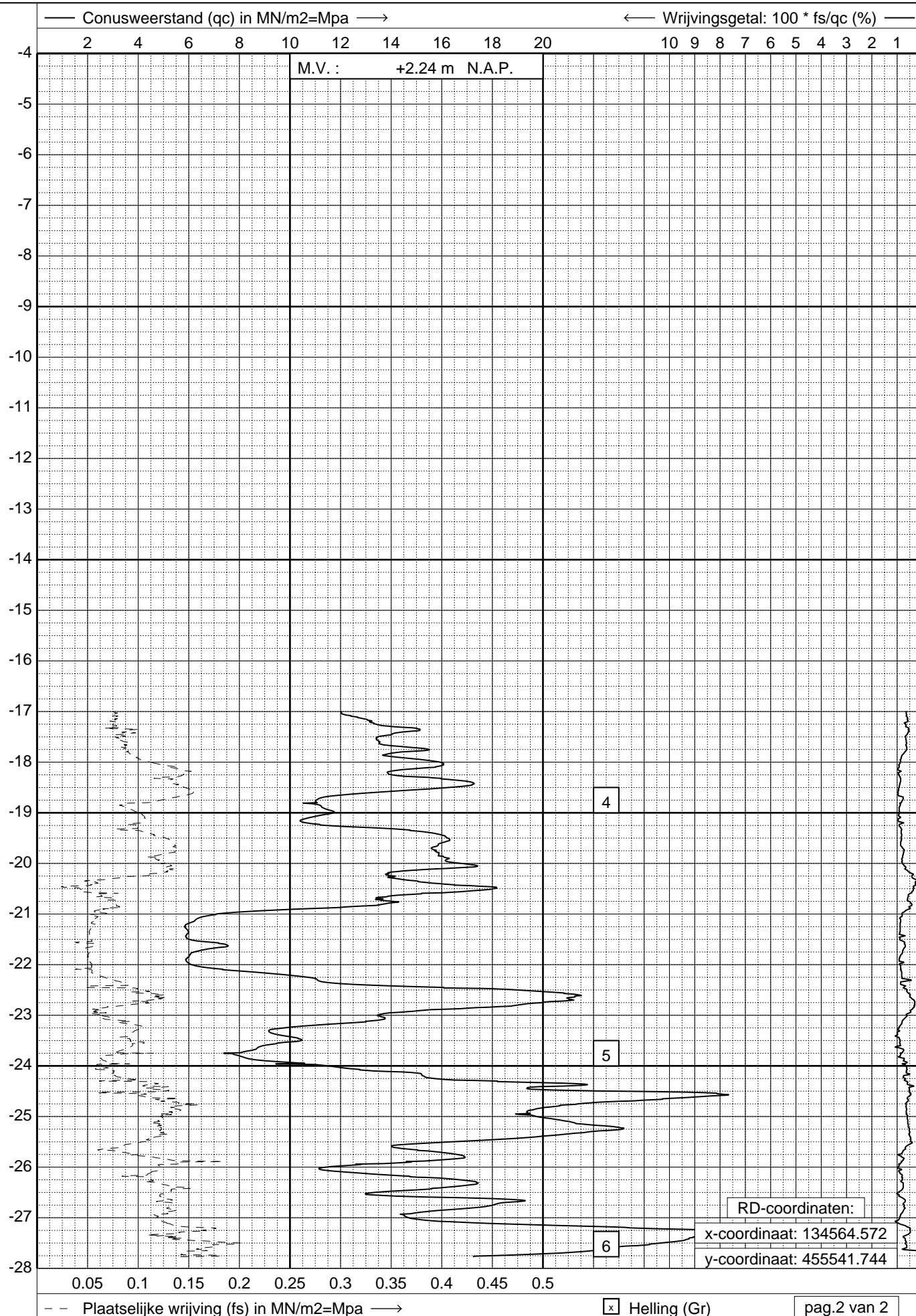
Datum : **05-09-2018**

Conus : **S15-CFI.1444**

Opdracht : **Ga180817**

Sondering : **04**

← Diepte in m. t.o.v. N.A.P.



**GEONIUS**

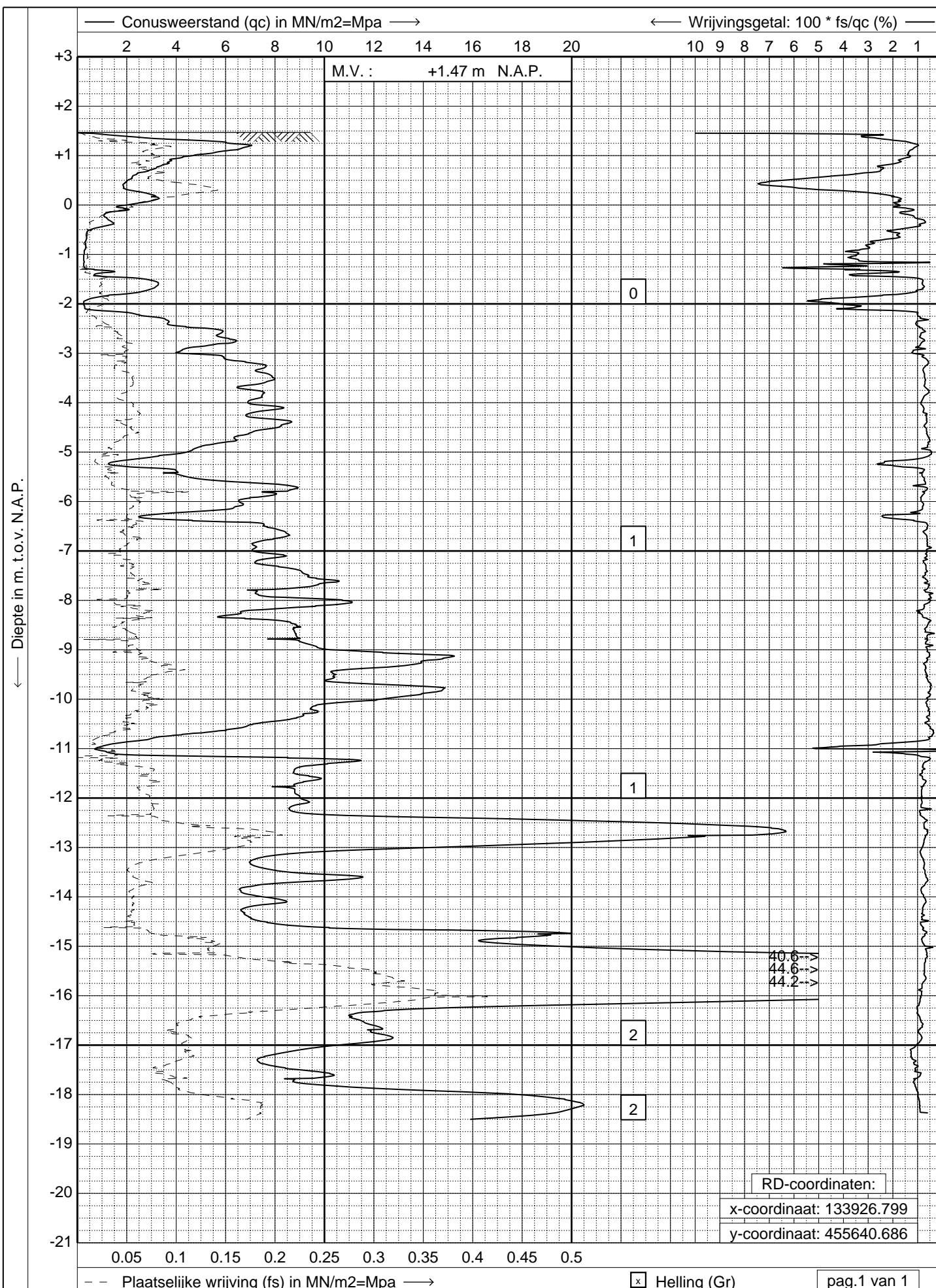
www.geonius.eu  
E-mail: info@geonius.eu  
Tel.: 088-1300600  
Fax.: 088-1300669

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

Project : **Geotechnisch onderzoek**

Locatie : **Oog in Al te Utrecht**

Datum : **05-09-2018**  
Conus : **S15-CFI.1444**  
Opdracht : **Ga180817**  
Sondering : **04**



**GEONIUS**

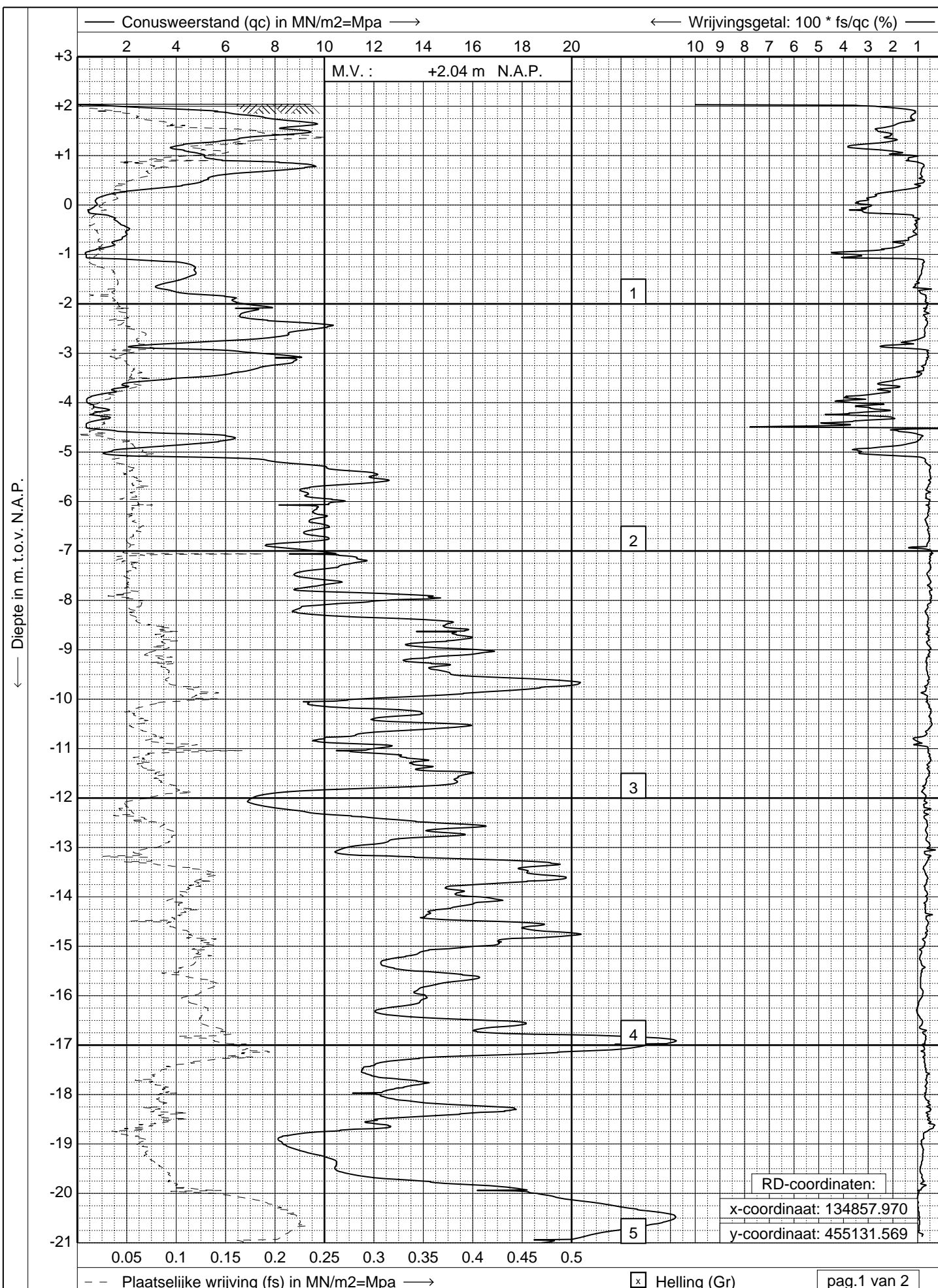
www.geonius.eu  
E-mail: info@geonius.eu  
Tel.: 088-1300600  
Fax.: 088-1300669

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

Project : **Geotechnisch onderzoek**

Locatie : **Oog in Al te Utrecht**

Datum : **05-09-2018**  
Conus : **S15-CFI.1444**  
Opdracht : **Ga180817**  
Sondering : **05**



**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 : **Oog in Al te Utrecht**

Datum : **05-09-2018**

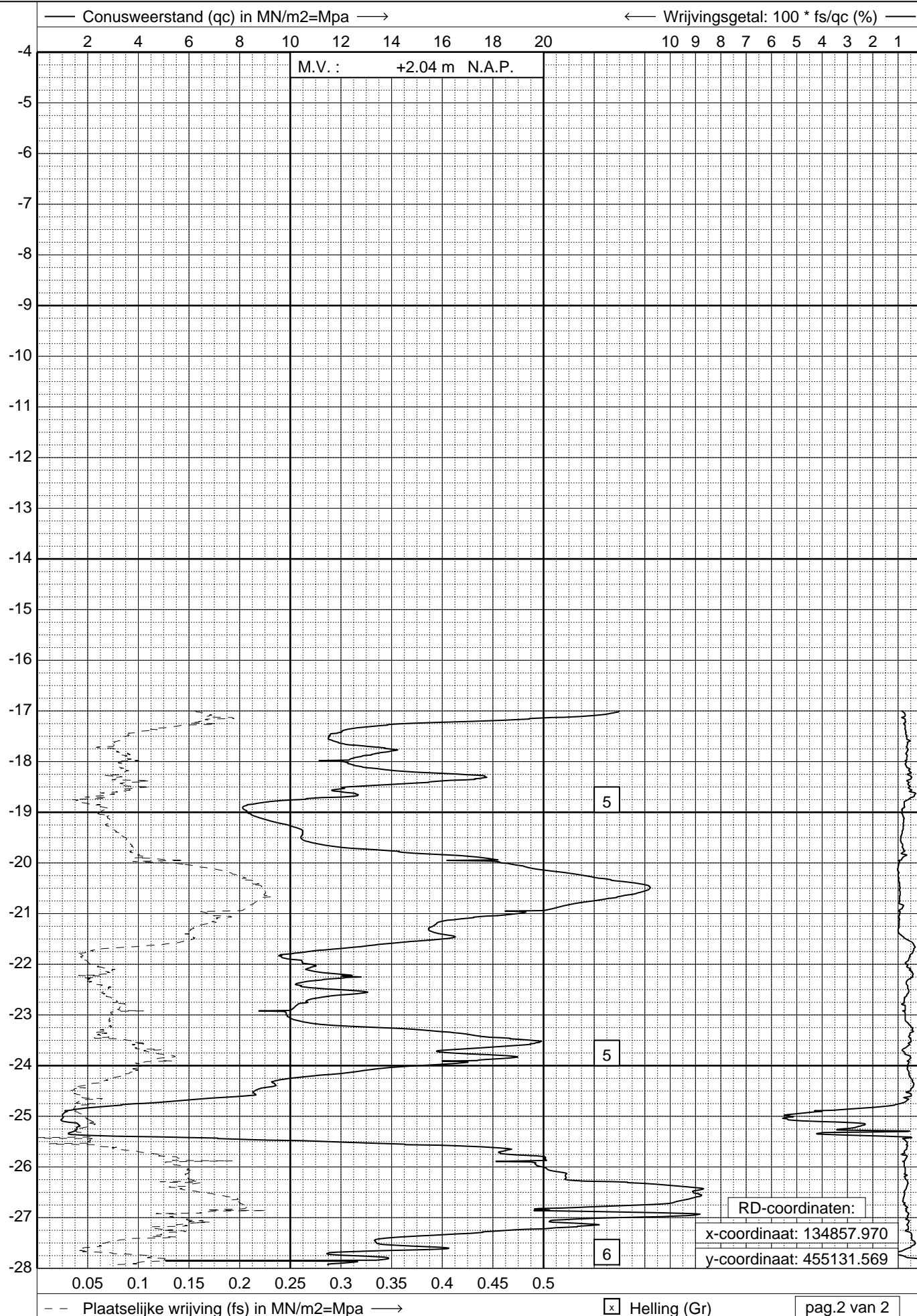
Conus : **S15-CFI.1444**

Opdracht : **Ga180817**

Sondering : **06**



← Diepte in m. t.o.v. N.A.P.



**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 : **Oog in Al te Utrecht**

Datum : **05-09-2018**  
Conus : **S15-CFI.1444**  
Opdracht : **Ga180817**  
Sondering : **06**






## Bijlage 3 Boringen

## Legenda (conform NEN 5104)

### grind

	Grind, siltig
	Grind, zwak zandig
	Grind, matig zandig
	Grind, sterk zandig
	Grind, uiterst zandig

### zand

	Zand, kleiig
	Zand, zwak siltig
	Zand, matig siltig
	Zand, sterk siltig
	Zand, uiterst siltig

### veen

	Veen, mineraalarm
	Veen, zwak kleiig
	Veen, sterk kleiig
	Veen, zwak zandig
	Veen, sterk zandig

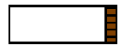

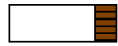
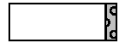
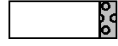
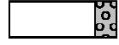
### klei

	Klei, zwak siltig
	Klei, matig siltig
	Klei, sterk siltig
	Klei, uiterst siltig
	Klei, zwak zandig
	Klei, matig zandig
	Klei, sterk zandig

### leem

	Leem, zwak zandig
	Leem, sterk zandig






### overige toevoegingen

	zwak humeus
	matig humeus
	sterk humeus
	zwak grindig
	matig grindig
	sterk grindig



### geur

	geen geur
	zwakke geur
	matige geur
	sterke geur
	uiterste geur




### olie

	geen olie-water reactie
	zwakke olie-water reactie
	matige olie-water reactie
	sterke olie-water reactie
	uiterste olie-water reactie

### p.i.d.-waarde

	>0
	>1
	>10
	>100
	>1000
	>10000

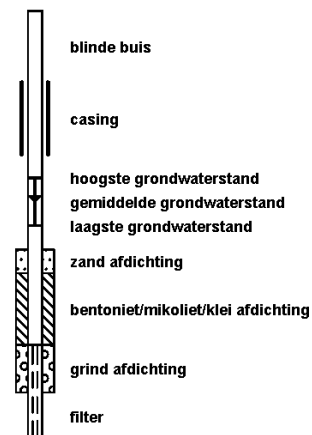
### monsters

	geroerd monster
	ongeroid monster
	volumering

### overig

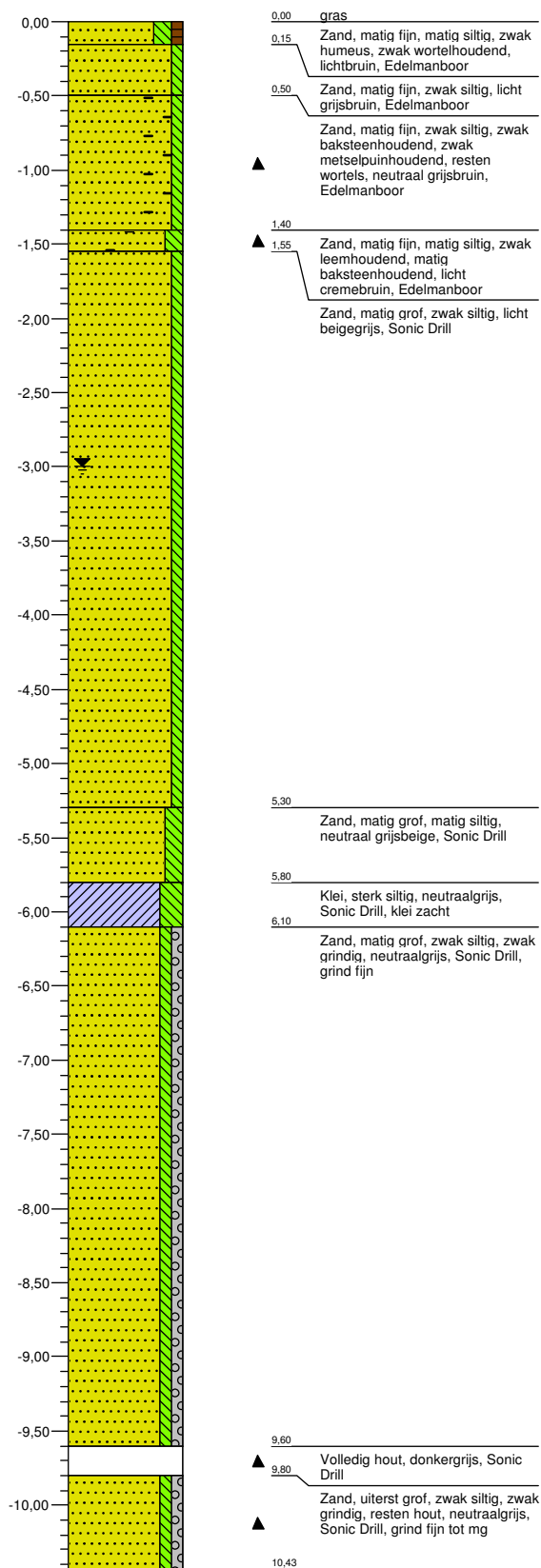
	bijzonder bestanddeel
	Gemiddeld hoogste grondwaterstand
	grondwaterstand
	Gemiddeld laagste grondwaterstand
	slib
	water

### peilbuis



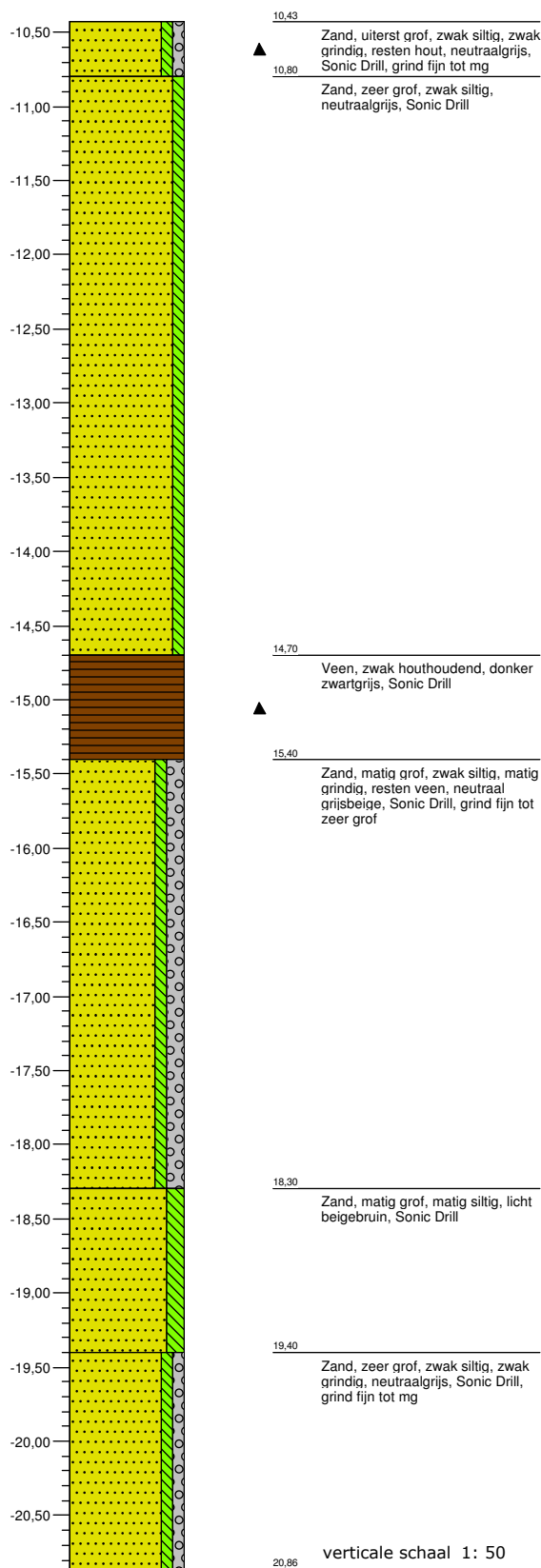
boring: MB01 - 1

GWS : m. t.o.v. N.A.P. X-coördinaat : 134673,34  
Datum : 300 cm. - mv. Y-coördinaat : 455294,89  
Opmerking: 14-09-2018 Boring iets verplaatst ivm gasleiding nabij originele punt.



boring: MB01 - 2

GWS : m. t.o.v. N.A.P. X-coördinaat : 134673,34  
Datum : 300 cm. - mv. Y-coördinaat : 455294,89  
Opmerking: 14-09-2018 Boring iets verplaatst ivm gasleiding nabij originele punt.

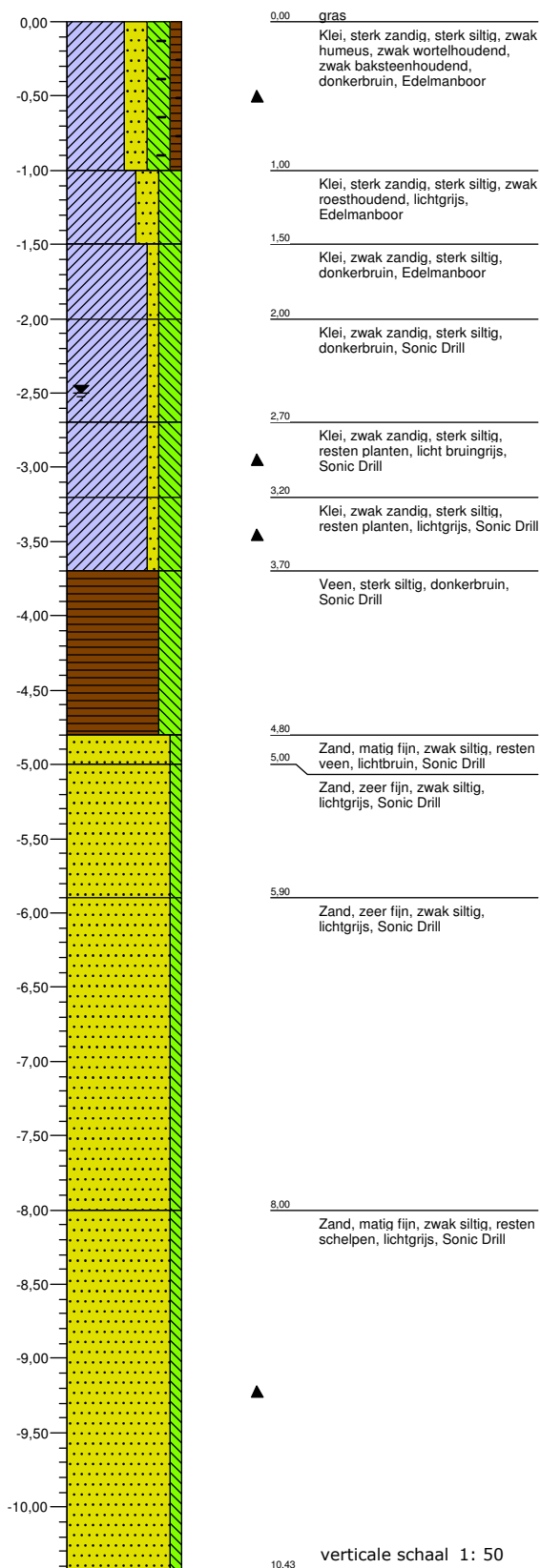


verticale schaal 1: 50

pagina 1 / 3

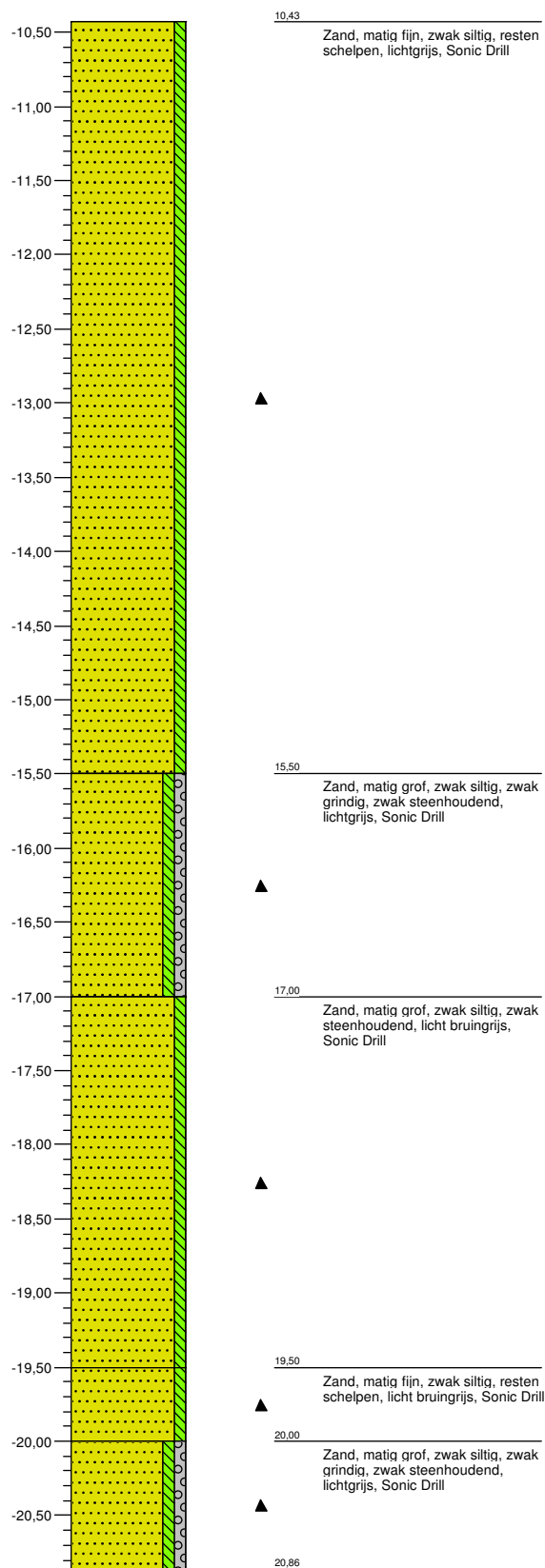


GWS :	250	m. t.o.v.	N.A.P.	X-coördinaat :	133885,98
Datum :	17-09-2018	cm. - mv.		Y-coördinaat :	456129,00



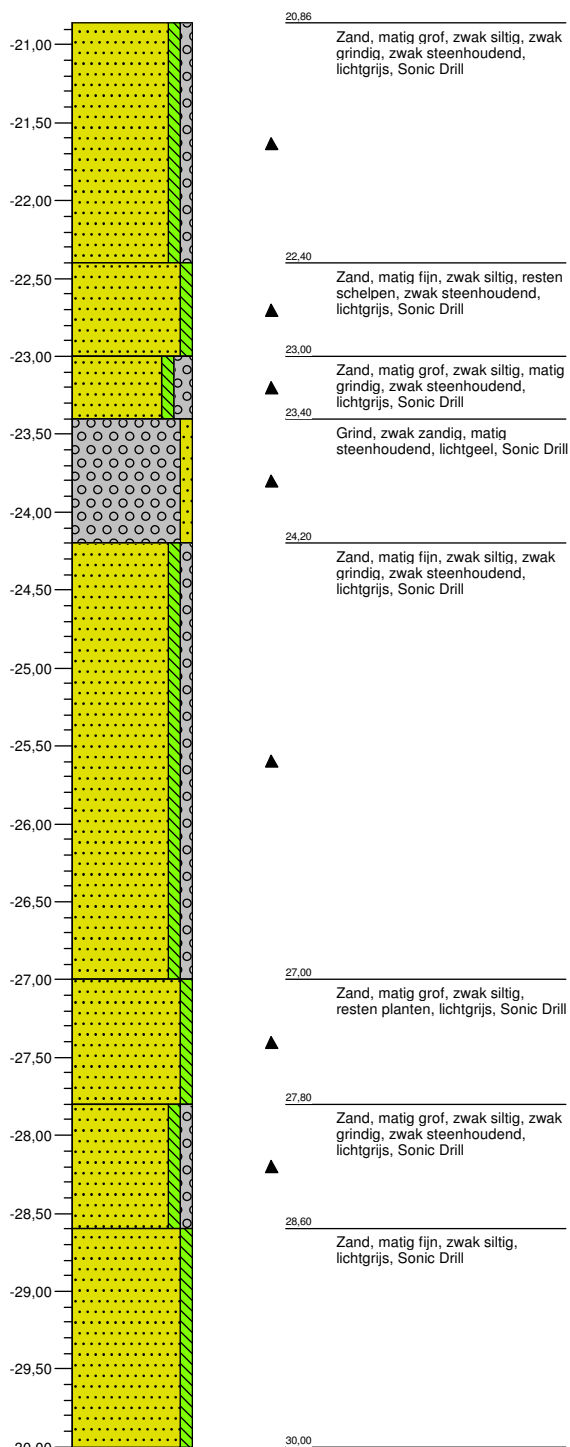
**boring: MB02 - 2**

GWS : m. t.o.v. N.A.P. X-coördinaat : 133885,98  
 Datum : 250 cm. - mv. Y-coördinaat : 456129,00  
 17-09-2018



**boring: MB02 - 3**

GWS : m. t.o.v. N.A.P. X-coördinaat : 133885,98  
 Datum : 250 cm. - mv. Y-coördinaat : 456129,00  
 17-09-2018



**Bezoekadres**

Vaart 18  
4206 CG Gorinchem  
T: 0183 64 50 60  
F: 0183 64 85 50

**Postadres**

Postbus 231  
4200 AE Gorinchem  
E: [info@vanvulpen.eu](mailto:info@vanvulpen.eu)  
I: [www.vanvulpen.eu](http://www.vanvulpen.eu)



## **Bijlage 4 Beschrijving 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.

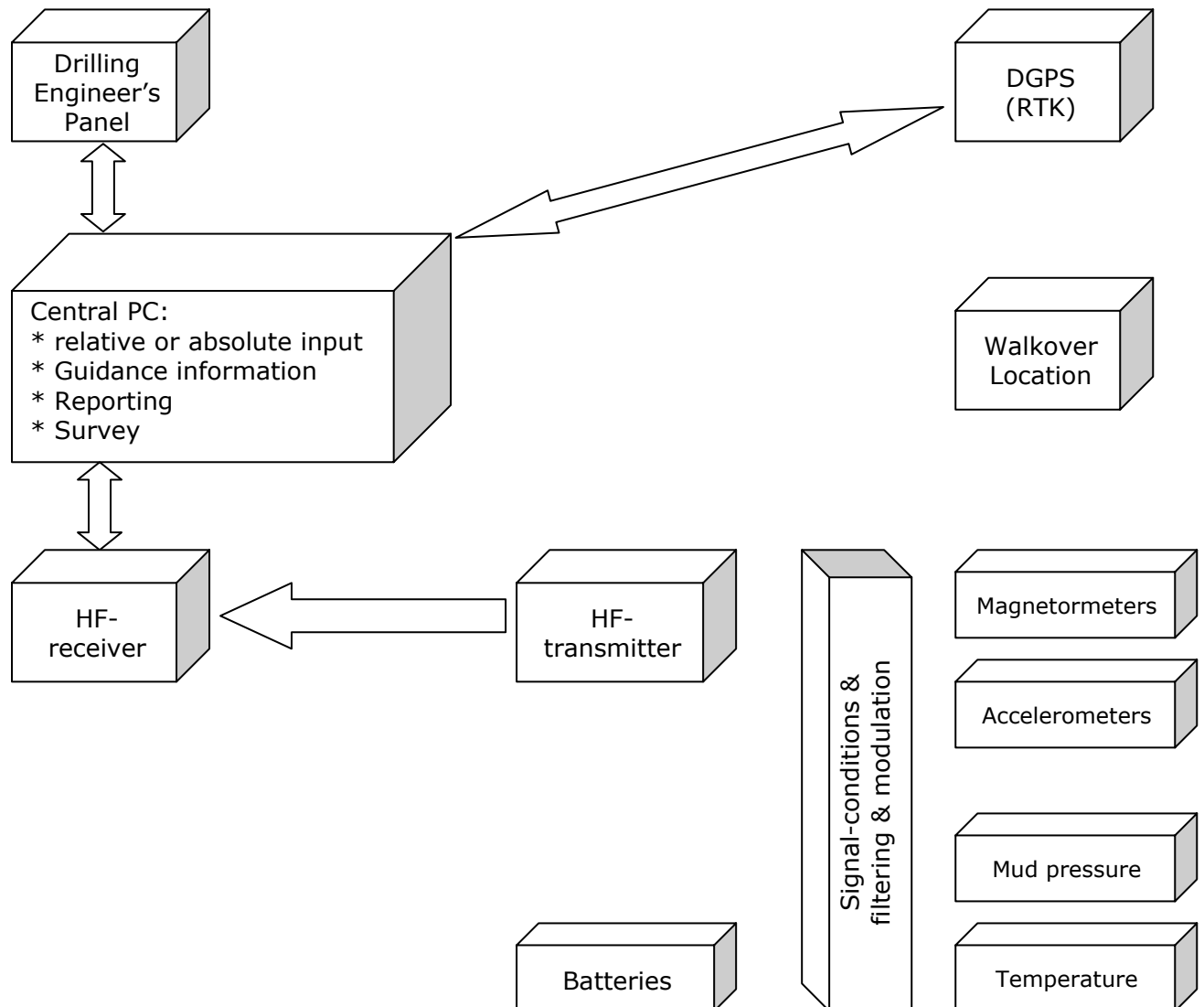


Figure 1. Overview of elements of magnetometer based navigation tool. The downhole data is wireless transmitted in order to save time for wireline connections during drilling.

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.

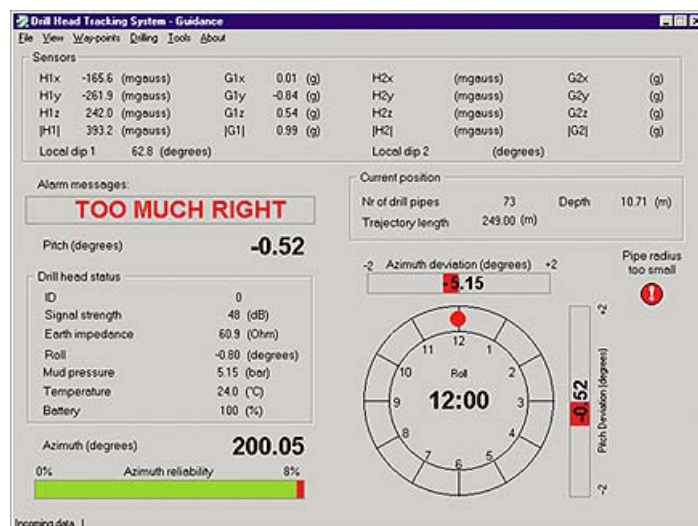


Figure 3. Guidance display of present magnetometer based navigation system. When the azimuth and pitch deviation is kept at zero, the desired track is followed. The reliability bar indicates whether a disturbance of the Earth's magnetic field exists.

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.

**Bezoekadres**

Vaart 18  
4206 CG Gorinchem  
T: 0183 64 50 60  
F: 0183 64 85 50

**Postadres**

Postbus 231  
4200 AE Gorinchem  
E: [info@vanvulpen.eu](mailto:info@vanvulpen.eu)  
I: [www.vanvulpen.eu](http://www.vanvulpen.eu)

**Bijlage 5 Beschrijving boorvloeistof**



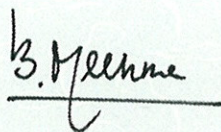
Nummer	K2112/03	Vervangt	K2112/02
Uitgegeven	2006-07-01	D.d.	2004-11-01

Kiwa-ATA  
***Cebogel OCMA***

Op grond van onderzoek, alsmede regelmatig door Kiwa uitgevoerde controles, wordt elk door

***Cebo Holland B.V.***

geleverd product, dat gespecificeerd is in dit certificaat, en dat voorzien is van het onder 'MERKEN' aangegeven Kiwa-ATA-keur, bij aflevering geacht te voldoen aan de Kiwa-ATA-criteria, zoals die zijn vastgelegd in de Kiwa-ATA-certificatieovereenkomst nr. K2112.



ing. B. Meekma  
Directeur Certificatie en Keuringen, Kiwa N.V.

Dit certificaat is afgegeven conform het 'Kiwa-Reglement voor ATA-Product-certificatie: 2004' van 1 december 2004.

Dit certificaat bestaat uit 2 pagina's.

Openbaarmaking van het certificaat is toegestaan.

Kiwa N.V.  
Certificatie en Keuringen  
Sir W. Churchill-laan 273  
Postbus 70  
2280 AB Rijswijk ZH

Tel. (070) 414 44 00  
Fax (070) 414 44 20  
E-mail [certif@kiwa.nl](mailto:certif@kiwa.nl)  
[www.kiwa.nl](http://www.kiwa.nl)

**kiwa**



**Leverancier**

Cebo Holland B.V.  
Postbus 70  
1970 AB IJmuiden

Telefoon (0255) 54 62 62  
Telefax (0255) 54 62 02  
Internet site [www.ceboholland.nl](http://www.ceboholland.nl)

## Cebogel OCMA

### PRODUCTSPECIFICATIE

Dit certificaat heeft betrekking op de bentoniet 'Cebogel OCMA'.

### TOELATING

De producten zijn toegelaten op basis van de eisen die zijn vastgelegd in de 'Regeling materialen en chemicaliën leidingwatervoorziening' (gepubliceerd in de Staatscourant).

### ATA-CRITERIA

Aan de ATA-productcertificering liggen twee hoofdcriteria ten grondslag. Permanent dient voldaan te worden aan de:

- tijdens de toelatingsprocedure goedgekeurde productreceptuur. Wijzigingen hierin mogen uitsluitend doorgevoerd worden nadat de hiervoor geldende toelatingsprocedure met goed gevolg is doorlopen;
- specifieke producteisen (zie 'ATA-PRODUCTEISEN').

### ATA-PRODUCTEISEN

De gehalten aan zware metalen mogen niet meer bedragen dan:

	mg/kg
Arseen	100
Cadmium	20
Chroom	100
Kwik	1
Lood	100
Nikkel	100

### TOEPASSING EN GEBRUIK

'Cebogel OCMA' wordt gebruikt voor:

- spoelingen bij diepteboringen (voor aardoliewinning), geologisch bodemonderzoek, plaatsen van bronnen en (gestuurde) horizontale boringen;
- bentoniet-suspensies als steunvloeistof bij het maken van diepen dichtwanden;
- bentoniet-cement-suspensies bij het aanbrengen van diep- en dichtwanden;
- glijmiddel bij het neerlaten van schachten en bij doorpersingen.

### MERKEN

Uitvoering van het voorgeschreven Kiwa-ATA-merk:

- Kiwa-ATA, opdruk met inkt of zegel.

Plaats van het merk:

- op het product, op de verpakking of op de begeleidende vrachtbrief (afleverbon).

Verplichte merken:

- 'Kiwa-ATA';
- 'Cebogel OCMA';
- 'K2112'.

### WENKEN VOOR DE AFNEMER

1. Inspecteer bij de aflevering of:
  - 1.1 geleverd is wat is overeengekomen;
  - 1.2 het merk en wijze van merken juist zijn;
  - 1.3 de producten geen zichtbare gebreken vertonen als gevolg van transport en dergelijke.
2. Indien u op grond van het hiervoor gestelde tot afkeuring overgaat, neem dan contact op met
  - 2.1 Cebo Holland B.V.  
en zo nodig met:
  - 2.2 Kiwa N.V.
3. Raadpleeg voor de juiste wijze van opslag en transport de (verwerkings)richtlijnen van de leverancier.
4. Controleer of dit certificaat nog geldig is. Raadpleeg hiertoe [www.kiwa.nl](http://www.kiwa.nl).

### OVERIGE VOORWAARDEN

De middelen voor en de wijze van transporteren, opslaan en verpakken dienen in overeenstemming te zijn met de door de afnemer, met het oog op de toepassing van het product, gegeven richtlijnen (deze richtlijnen maken geen deel uit van de ATA-criteria).

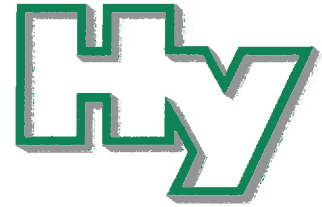


# Hygiene-Institut des Ruhrgebiets

Institut für Umwelthygiene und Toxikologie

Direktor: Prof. Dr.rer.nat. Lothar Dunemann

Träger: Verein zur Bekämpfung der Volkskrankheiten im Ruhrkohlengebiet e.V.



HYGIENE-INSTITUT • Postfach 10 12 55 • 45812 Gelsenkirchen

Cebo Holland B.V.  
Westerduinweg 1  
1976 BV IJMUIDEN  
NIEDERLANDE

Besucher-/Paketanschrift:  
Rotthäuser Str. 21, 45879 Gelsenkirchen

Zentrale	(0209) 9242-0
Durchwahl	(0209) 9242-320
Telefax	(0209) 9242-333
E-Mail	u.tolksdorf@hyg.de
Internet	www.hyg.de

Unser Zeichen: A-202265-11-To und  
A-240072e-14-To  
Ansprechpartner: Ulrich Tolksdorf

Gelsenkirchen, den 17.02.2014

## Material "Cebo Drill-Grout"

here: Water-hygienic inspection and assessment under consideration of the  
technical rules of LAGA no. 20

Your letter from 02 March 2011, Z.: Di

Dear Sir or Madam,

we have examined the samples of material designated "Cebo Drill-Grout" that were submitted with your above letter according to your order regarding composition (substance analysis) and in respect of water-soluble components (trogluolate in accordance with DIN 38414, part 4) during the curing phase and after a hardening time of 28 days and compared the results to the specifications of the technical rules of LAGA no. 20 for comparison.

The watery eluates were produced with test bodies produced by the manufacturer.

Die Ergebnisse unserer Prüfungen und die Bewertungen gelten für die untersuchten Prüfgegenstände und die zum Zeitpunkt der Prüfung geltenden gesetzlichen Regelungen. Dieses Dokument darf ohne unsere ausdrückliche schriftliche Genehmigung nur in vollständiger und unveränderter Form veröffentlicht oder vervielfältigt werden.



**DAKKS**

Deutsche  
Akkreditierungsstelle  
D-PL-13042-02-00

Träger: Verein zur Bekämpfung der Volkskrankheiten im Ruhrkohlengebiet e.V., Vereinsregister: VR 519 Amtsgericht Gelsenkirchen, USt-ID: DE125018356  
Vorstand: Prof. Dr. Werner Schlake (Vors.), Prof. Dr. Jürgen Kretschmann, Dr. Emanuel Grün, Volker Vohmann, Prof. Dr. Lothar Dunemann (geschäftsführ. Vorstand)



## **Examination results**

### **1. Substance analysis**

Based on the present examination results, the properties of the building material designated "Cebo Drill-Grout" regarding the contents examined here are mostly comparable to those of anthropogenic unpolluted soil. Accordingly, the contents of heavy metals and metalloids, as well as the concentration of the specific organic contents could not be classified as unusual. Deviating from this, the pH value indicates the clearly alkaline reaction – which is typical for building materials of the origin present here.

### **2. Eluate analyses**

Regarding the elutable contents, it must be noted that they are also mostly present in inconspicuous concentrations.

Both briefly after curing (28 days) of the test body and after a hardening time of 56 days, the corresponding water elution solutions did not show any heavy metals, including the chrome-VI- and arsenic compounds; all contents were below the evidence thresholds. The measured values found for electrical conductivity (EL:  $381 \mu\text{Scm}^{-1}$  and  $147 \mu\text{Scm}^{-1}$ ) prove that they are not much higher after complete curing than after leaching of anthropogenic unimpaired soil.

In contrast to this, the waters are characterised by a clear alkalinity (elution during the hardening phase (28 days): pH-value = 11.19, elution after the hardening phase of 56 days: pH-value = 10.31), mainly due to dissolved earth alkali hydroxides (calcium hydroxide). This situation is – as already expressed in section 1 – typical for building materials of this origin.


### Evaluation

Under consideration of the available test reports, we believe that the building material "Cebo Drill-Grout" is mostly harmless from a water-hygiene point of view. The pH-value shift expected in the course of building measures and salination of poss. pending ground or surface water is temporary and locally limited.

Use of product "Cebo Drill-Grout" in water protection zones, however, must be coordinated with the relevant authorities.

Under reference to the LAGA directive no. 20, Tab. II 1.4-5 and II 1.4-6 as named initially, we can classify the sample of building material "Cebo Drill-Grout" examined by us in RCL usage category Z 0 based on the findings determined by us after hardening. The unhardened building material "Cebo Drill-Grout" is also assigned RCL usage category Z 0.

With kind regards,  
The institute's director  
i.A.



Dipl.-Ing. Michael Sauerwald  
Leiter der Abteilung  
Abwasser-, Boden- und Lufthygiene



Ulrich Tolksdorf  
Sachgebietsleiter  
Produktprüfung & Bergbauhygiene

Annexes

Cebo Holland B.V.  
Westerduinweg 1  
1976 BV IJMUIDEN  
NIEDERLANDE

**Building material "Cebo Drill-Grout"**  
**here: Examination in accordance with the techn. rules of LAGA**

<div><div></div><div>Sample</div></div> <div>Parameter</div>			Building material "Cebo Drill-Grout"	Assignment value				Examination
				Z 0	Z 1.1	Z 1.2	Z 2	method
Solids analysis								
Water content	W <sub>w</sub>	%	2.69	-	-	-	-	DIN ISO 11465
Dry residue	W <sub>r</sub>	%	97.31	-	-	-	-	DIN ISO 11465
pH-value			11.97	5.5 – 8 / –*	5.5 – 8 / –*	5 – 9 / –*	-	DIN ISO 10390
Copper	Cu	mg/kg	18.0	40	100	200	600	DIN EN ISO 11885
Zinc	Zn	mg/kg	32.5	120	300	500	1500	DIN EN ISO 11885
Nickel	Ni	mg/kg	< 3.0	40	100	200	600	DIN EN ISO 11885
Chrome	Cr	mg/kg	10.8	50	100	200	600	DIN EN ISO 11885
Cadmium	Cd	mg/kg	< 0.3	0.6	1	3	10	DIN EN ISO 11885
Mercury	Hg	mg/kg	< 0.1	0.3	1	3	10	DIN EN 1483
Lead	Pb	mg/kg	4.2	100	200	300	1000	DIN EN ISO 11885
Arsenic	As	mg/kg	3.2	20	30	50	150	DIN EN ISO 11885
Thallium	Tl	mg/kg	< 0.5	0.5 / –*	1 / –*	3 / –*	10 / –*	DIN 38406-E 26
Cyanide, tot.	CN	mg/kg	< 0.05	1 / –*	10 / –*	30 / –*	100 / –*	LAGA CN 2/79 / E DIN ISO 17380
Σ Polycyclene (US-EPA)**			< 0.01	1	5 (20)*	15 (50)*	20/75*(100)*	LUA NRW MB 1
including: Benzo(a)pyrene		mg/kg	< 0.01	-	< 0.5	< 1.0	-	
including: Naphthalene		mg/kg	< 0.01	-	< 0.5	< 1.0	-	
Hydrocarbons	mg/kg		< 75	100	300	500	1000	E DIN EN 14039
Benzene		mg/kg	< 0.050					
Toluene		mg/kg	< 0.050					
Ethylbenzene		mg/kg	< 0.050					
m + p – xylene		mg/kg	< 0.050					
o-xylene		mg/kg	< 0.050					
Σ BTEX		mg/kg	n.n.	< 1 / –*	1 / –*	3 / –*	5 / –*	DIN 38407-F 9.2
Dichlormethane		mg/kg	< 0.050					
Trans-1,2-Dichloroethene		mg/kg	< 0.050					
1,1-dichloroethane		mg/kg	< 0.050					
Cis-1,2-Dichloroethene		mg/kg	< 0.050					
Trichlormethane		mg/kg	< 0.050					
1,1,1-Trichlorethane		mg/kg	< 0.050					
1,2-Dichloroethane		mg/kg	< 0.050					
Tetrachlormethane		mg/kg	< 0.050					
Trichlorethene		mg/kg	< 0.050					
1,1,2-Trichlorethane		mg/kg	< 0.050					
1,3-Dichloropropane		mg/kg	< 0.050					
Tetrachlorethene		mg/kg	< 0.050					
Σ LHKW		mg/kg	n.n.	< 1 / –*	1 / –*	3 / –*	5 / –*	DIN EN ISO 10301
Extrah. org. halogen compounds	EOX	mg/kg	< 1.0	1	3	10 / 5*	15 / 10*	DIN 38414-S 17
Σ Polychlorinated biphenyles***	PCB	mg/kg	n.n.	0.02	0.1	0.5	1	DIN 38414-S 20

Where not indicated any differently, the analysis findings refer to the sample in the undried condition.

\* Deviating references for recycled building materials / unprocessed building rubble; in exceptional cases, deviations up to the value in brackets are possible.

\*\* Determination limit per individual substance: ≤ 0.01 mg/kg

\*\*\* Total of PCB 28, 52, 101, 138, 153 180, determination limit per individual substance: ≤ 0.001 mg/kg

n.n. = below evidence limit

Cebo Holland B.V.  
Westerduinweg 1  
1976 BV IJMUIDEN  
NIEDERLANDE

**Building material "Cebo Drill-Grout"**

**here: Examination in accordance with the techn. rules of LAGA**

<div> <div></div> <div>Sample</div> </div>			"Eluate after 28 days"	Assignment value				Examination method
				Z 0	Z 1.1	Z 1.2	Z 2	
<b>Eluate analysis (DIN 38 414 - S 4)</b>								
Colour			Colourless					
Smell			None					
pH-value			11.19	6.5 – 9 7.0 – 12.5*	6.5 – 9 7.0 – 12.5*	6 – 12 7.0 – 12.5*	5.5 – 12 7.0 – 12.5*	DIN 38404-C 5
Electr. conductivity		µScm <sup>-1</sup>	386	500	500 / 1500*	1000 / 2500*	1500 / 3000*	DIN EN 27888
Chloride	Cl <sup>-</sup>	mg/l	< 5.0	10	10 / 20*	20 / 40*	30 / 150*	DIN EN ISO 10304-2
Sulphate	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	mg/l	< 5.0	50	50 / 150*	100 / 300*	150 / 600*	DIN EN ISO 10304-2
Cyanide, tot.	CN <sup>-</sup>	mg/l	< 0.01	< 0.01 / –*	0.01 / –*	0.05 / –*	0.10** / –*	DIN EN ISO 14403 / DIN 38405-13
Cyanide, l.fr.	CN <sup>-</sup>	mg/l	< 0.01	–	–	–	< 0.05** / –*	DIN EN ISO 14403 / DIN 38405-13
Copper	Cu	mg/l	< 0.005	0.05	0.05	0.15	0.30 / 0.200*	DIN EN ISO 11885
Zinc	Zn	mg/l	< 0.005	0.10	0.10	0.30	0.60 / 0.40*	DIN EN ISO 11885
Nickel	Ni	mg/l	< 0.005	0.04	0.05	0.15 / 0.10*	0.20 / 0.10*	DIN EN ISO 11885
Chrome	Cr	mg/l	< 0.005	0.015	0.03	0.075	0.15 / 0.10*	DIN EN ISO 11885
Cadmium	Cd	mg/l	< 0.0003	0.002	0.002	0.005	0.010/0.005*	DIN EN ISO 11885
Mercury	Hg	mg/l	< 0.0001	0.0002	0.0002	0.0010	0.0020	DIN EN 1483
Lead	Pb	mg/l	< 0.005	0.02	0.04	0.10	0.20 / 0.10*	DIN EN ISO 11885
Arsenic	As	mg/l	< 0.001	0.010	0.010	0.040	0.060/0.050*	DIN EN ISO 11969
Thallium	Tl	mg/l	< 0.001	< 0.001	0.001	0.003	0.005	DIN 38406-E 26
Phenol index		mg/l	< 0.010	< 0.010	0.010	0.050	0.100	DIN EN ISO 14402 / DIN 38409-H 16
Chrome VI	Cr <sup>6</sup>	mg/l	< 0.008	–	–	–	–	DIN 38405-D 24
Diss. organic Carbon		DOC	138	–	–	–	–	DIN EN 13137

\* Deviating references for recycled building materials / unprocessed building rubble

\*\* Utilisation admissible pursuant to Z 2 if CN<sup>-</sup> tot. > 0.10 mg/l has a concentration of CN<sup>-</sup> l.fr. < 0.05 mg/l.

Cebo Holland B.V.  
Westerduinweg 1  
1976 BV IJMUIDEN  
NIEDERLANDE

**Building material "Cebo Drill-Grout"**  
**here: Examination in accordance with the techn. rules of LAGA**

Sample			"Eluate after hardening phase of 56 days"	Assignment value				Examination method
				Z 0	Z 1.1	Z 1.2	Z 2	
Parameter								
<b>Eluate analysis (DIN 38 414 - S 4)</b>								
Colour			Colourless					
Smell			None					
pH-value			10.31	6.5 – 9 7.0 – 12.5*	6.5 – 9 7.0 – 12.5*	6 – 12 7.0 – 12.5*	5.5 – 12 7.0 – 12.5*	DIN 38404-C 5
Electr. conductivity		µScm <sup>-1</sup>	147	500	500 / 1500*	1000 / 2500*	1500 / 3000*	DIN EN 27888
Chloride	Cl <sup>-</sup>	mg/l	< 5.0	10	10 / 20*	20 / 40*	30 / 150*	DIN EN ISO 10304-2
Sulphate	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	mg/l	< 5.0	50	50 / 150*	100 / 300*	150 / 600*	DIN EN ISO 10304-2
Cyanide, tot.	CN <sup>-</sup>	mg/l	< 0.01	< 0.01 / –*	0.01 / –*	0.05 / –*	0.10** / –*	DIN EN ISO 14403 / DIN 38405-13
Cyanide, l.fr.	CN <sup>-</sup>	mg/l	< 0.01	–	–	–	< 0.05** / –*	DIN EN ISO 14403 / DIN 38405-13
Copper	Cu	mg/l	< 0.005	0.05	0.05	0.15	0.30 / 0.200*	DIN EN ISO 11885
Zinc	Zn	mg/l	< 0.005	0.10	0.10	0.30	0.60 / 0.40*	DIN EN ISO 11885
Nickel	Ni	mg/l	< 0.005	0.04	0.05	0.15 / 0.10*	0.20 / 0.10*	DIN EN ISO 11885
Chrome	Cr	mg/l	< 0.005	0.015	0.03	0.075	0.15 / 0.10*	DIN EN ISO 11885
Cadmium	Cd	mg/l	< 0.0003	0.002	0.002	0.005	0.010/0.005*	DIN EN ISO 11885
Mercury	Hg	mg/l	< 0.0001	0.0002	0.0002	0.0010	0.0020	DIN EN 1483
Lead	Pb	mg/l	< 0.005	0.02	0.04	0.10	0.20 / 0.10*	DIN EN ISO 11885
Arsenic	As	mg/l	< 0.001	0.010	0.010	0.040	0.060/0.050*	DIN EN ISO 11969
Thallium	Tl	mg/l	< 0.001	< 0.001	0.001	0.003	0.005	DIN 38406-E 26
Phenol index		mg/l	< 0.010	< 0.010	0.010	0.050	0.100	DIN EN ISO 14402 / DIN 38409-H 16
Chrome VI	Cr <sup>6</sup>	mg/l	< 0.008	–	–	–	–	DIN 38405-D 24
Diss. organic Carbon		DOC	mg/l	1.8	–	–	–	DIN EN 13137

\* deviating references for recycled building materials / unprocessed building rubble  
\*\* Utilisation admissible pursuant to Z 2 if CN<sup>-</sup> ges. > 0,10 mg/l has a concentration of CN<sup>-</sup> l.fr. < 0,05 mg/l.

**Bezoekadres**

Vaart 18  
4206 CG Gorinchem  
T: 0183 64 50 60  
F: 0183 64 85 50

**Postadres**

Postbus 231  
4200 AE Gorinchem  
E: [info@vanvulpen.eu](mailto:info@vanvulpen.eu)  
I: [www.vanvulpen.eu](http://www.vanvulpen.eu)

**Bijlage 6 Sterkteberekening D-Geo Pipeline**

## Rapport voor D-Geo Pipeline 18.2

Model : Horizontaal Gestuurde Boring  
Ontwikkeld door Deltares



Bedrijfsnaam: Van Vulpen

Datum van rapport: 10/4/2018

Tijd van rapport: 10:26:52 AM

Rapport met versie: 18.2.2.20951

Berekend met versie: 18.2.2.20951

Bestandsnaam: Y:\..\01-Documenten\HDD7\1409-0718-01-DGEO HDD7

Projectbeschrijving: Horizontaal gestuurde boring  
11xØ110mm PE100 SDR11  
HDD-07 Everard Meijsterlaan / Ravellaan - Utrecht

## 1 Inhoudsopgave

1 Inhoudsopgave	2
2 Invoergegevens	5
2.1 Gebruikt Model	5
2.2 Laagscheidingen	5
2.3 PN-Lijnen	5
2.4 Freatische Lijn	6
2.5 Grondprofielen	6
2.6 Grenslagen	6
2.7 Grondeigenschappen	6
2.8 Geometrie	7
2.8.1 Geometrie Sectie, Detail	8
2.8.2 Geometrie Boven aanzicht	9
2.9 Berekenings Verticalen	9
2.10 Configuratie van de Pijpleiding	10
2.11 Materiaalgegevens van de Leiding	10
2.12 Gegevens voor Leidingberekening	13
2.13 Boorvloeistof Gegevens	13
2.14 Factoren	13
3 Boorvloeistofdrukken	15
3.1 Boorvloeistof Gegevens	15
3.2 Evenwicht tussen Waterdruk en Boorvloeistofdruk	16
3.3 Boorvloeistofdruk Grafieken	17
3.3.1 Boorvloeistofdrukken tijdens Pilotboring	17
3.3.2 Boorvloeistofdrukken tijdens Voorruimen	18
3.3.3 Boorvloeistofdrukken tijdens Ruim- en Intrekoperatie	19
4 Grondmechanische Data	20
4.1 Grondmechanische Parameters 1xØ110mm PE100 SDR11 (1): leiding no. 1	20
4.2 Grondmechanische Parameters 1xØ110mm PE100 SDR11 (2): leiding no. 2	21
4.3 Grondmechanische Parameters 1xØ110mm PE100 SDR11 (3): leiding no. 3	22
4.4 Grondmechanische Parameters 1xØ110mm PE100 SDR11 (4): leiding no. 4	24
4.5 Grondmechanische Parameters 1xØ110mm PE100 SDR11 (5): leiding no. 5	25
4.6 Grondmechanische Parameters 1xØ110mm PE100 SDR11 (6): leiding no. 6	27
4.7 Grondmechanische Parameters 1xØ110mm PE100 SDR11 (7): leiding no. 7	28
4.8 Grondmechanische Parameters 1xØ110mm PE100 SDR11 (8): leiding no. 8	29
4.9 Grondmechanische Parameters 1xØ110mm PE100 SDR11 (9): leiding no. 9	31
4.10 Grondmechanische Parameters 1xØ110mm PE100 SDR11 (10): leiding no. 10	32
4.11 Grondmechanische Parameters 1xØ110mm PE100 SDR11 (11): leiding no. 11	34
4.12 Young's Modulus per Laag per Verticaal	35
5 Gegevens voor Spanningsanalyse	39
5.1 Algemene gegevens	39
5.2 Ballasten Leiding	40
5.3 Trekkraftberekening	40
6 Spanningsanalyse van 1xØ110mm PE100 SDR11 (1): leiding no. 1	41
6.1 Materiaalgegevens van 1xØ110mm PE100 SDR11 (1): leiding no. 1	41
6.2 Resultaten Spanningsanalyse van 1xØ110mm PE100 SDR11 (1): leiding no. 1	41
6.2.1 Belasting Combinatie 1A: Begin Trekoperatie	41
6.2.2 Belasting Combinatie 1B: Einde Trekoperatie	42
6.2.3 Belasting Combinatie 2: Intern op Druk Brengen	42
6.2.4 Belasting Combinatie 3: Bedrijfstoestand in Drukloze Situatie	42
6.2.5 Belasting Combinatie 4: Bedrijfstoestand met Inwendige Druk	43
6.3 Controle van de Berekende Spanningen van 1xØ110mm PE100 SDR11 (1): leiding no. 1	43
6.3.1 Toetsing op Implosie van 1xØ110mm PE100 SDR11 (1): leiding no. 1	44
7 Spanningsanalyse van 1xØ110mm PE100 SDR11 (2): leiding no. 2	45
7.1 Materiaalgegevens van 1xØ110mm PE100 SDR11 (2): leiding no. 2	45
7.2 Resultaten Spanningsanalyse van 1xØ110mm PE100 SDR11 (2): leiding no. 2	45
7.2.1 Belasting Combinatie 1A: Begin Trekoperatie	45
7.2.2 Belasting Combinatie 1B: Einde Trekoperatie	46
7.2.3 Belasting Combinatie 2: Intern op Druk Brengen	46
7.2.4 Belasting Combinatie 3: Bedrijfstoestand in Drukloze Situatie	46



7.2.5 Belasting Combinatie 4: Bedrijfstoestand met Inwendige Druk	47
7.3 Controle van de Berekende Spanningen van 1xØ110mm PE100 SDR11 (2): leiding no. 2	47
7.3.1 Toetsing op Implosie van 1xØ110mm PE100 SDR11 (2): leiding no. 2	48
8 Spanningsanalyse van 1xØ110mm PE100 SDR11 (3): leiding no. 3	49
8.1 Materiaalgegevens van 1xØ110mm PE100 SDR11 (3): leiding no. 3	49
8.2 Resultaten Spanningsanalyse van 1xØ110mm PE100 SDR11 (3): leiding no. 3	49
8.2.1 Belasting Combinatie 1A: Begin Trekoperatie	49
8.2.2 Belasting Combinatie 1B: Einde Trekoperatie	50
8.2.3 Belasting Combinatie 2: Intern op Druk Brengen	50
8.2.4 Belasting Combinatie 3: Bedrijfstoestand in Drukloze Situatie	50
8.2.5 Belasting Combinatie 4: Bedrijfstoestand met Inwendige Druk	51
8.3 Controle van de Berekende Spanningen van 1xØ110mm PE100 SDR11 (3): leiding no. 3	51
8.3.1 Toetsing op Implosie van 1xØ110mm PE100 SDR11 (3): leiding no. 3	52
9 Spanningsanalyse van 1xØ110mm PE100 SDR11 (4): leiding no. 4	53
9.1 Materiaalgegevens van 1xØ110mm PE100 SDR11 (4): leiding no. 4	53
9.2 Resultaten Spanningsanalyse van 1xØ110mm PE100 SDR11 (4): leiding no. 4	53
9.2.1 Belasting Combinatie 1A: Begin Trekoperatie	53
9.2.2 Belasting Combinatie 1B: Einde Trekoperatie	54
9.2.3 Belasting Combinatie 2: Intern op Druk Brengen	54
9.2.4 Belasting Combinatie 3: Bedrijfstoestand in Drukloze Situatie	54
9.2.5 Belasting Combinatie 4: Bedrijfstoestand met Inwendige Druk	55
9.3 Controle van de Berekende Spanningen van 1xØ110mm PE100 SDR11 (4): leiding no. 4	55
9.3.1 Toetsing op Implosie van 1xØ110mm PE100 SDR11 (4): leiding no. 4	56
10 Spanningsanalyse van 1xØ110mm PE100 SDR11 (5): leiding no. 5	57
10.1 Materiaalgegevens van 1xØ110mm PE100 SDR11 (5): leiding no. 5	57
10.2 Resultaten Spanningsanalyse van 1xØ110mm PE100 SDR11 (5): leiding no. 5	57
10.2.1 Belasting Combinatie 1A: Begin Trekoperatie	57
10.2.2 Belasting Combinatie 1B: Einde Trekoperatie	58
10.2.3 Belasting Combinatie 2: Intern op Druk Brengen	58
10.2.4 Belasting Combinatie 3: Bedrijfstoestand in Drukloze Situatie	58
10.2.5 Belasting Combinatie 4: Bedrijfstoestand met Inwendige Druk	59
10.3 Controle van de Berekende Spanningen van 1xØ110mm PE100 SDR11 (5): leiding no. 5	59
10.3.1 Toetsing op Implosie van 1xØ110mm PE100 SDR11 (5): leiding no. 5	60
11 Spanningsanalyse van 1xØ110mm PE100 SDR11 (6): leiding no. 6	61
11.1 Materiaalgegevens van 1xØ110mm PE100 SDR11 (6): leiding no. 6	61
11.2 Resultaten Spanningsanalyse van 1xØ110mm PE100 SDR11 (6): leiding no. 6	61
11.2.1 Belasting Combinatie 1A: Begin Trekoperatie	61
11.2.2 Belasting Combinatie 1B: Einde Trekoperatie	62
11.2.3 Belasting Combinatie 2: Intern op Druk Brengen	62
11.2.4 Belasting Combinatie 3: Bedrijfstoestand in Drukloze Situatie	62
11.2.5 Belasting Combinatie 4: Bedrijfstoestand met Inwendige Druk	63
11.3 Controle van de Berekende Spanningen van 1xØ110mm PE100 SDR11 (6): leiding no. 6	63
11.3.1 Toetsing op Implosie van 1xØ110mm PE100 SDR11 (6): leiding no. 6	64
12 Spanningsanalyse van 1xØ110mm PE100 SDR11 (7): leiding no. 7	65
12.1 Materiaalgegevens van 1xØ110mm PE100 SDR11 (7): leiding no. 7	65
12.2 Resultaten Spanningsanalyse van 1xØ110mm PE100 SDR11 (7): leiding no. 7	65
12.2.1 Belasting Combinatie 1A: Begin Trekoperatie	65
12.2.2 Belasting Combinatie 1B: Einde Trekoperatie	66
12.2.3 Belasting Combinatie 2: Intern op Druk Brengen	66
12.2.4 Belasting Combinatie 3: Bedrijfstoestand in Drukloze Situatie	66
12.2.5 Belasting Combinatie 4: Bedrijfstoestand met Inwendige Druk	67
12.3 Controle van de Berekende Spanningen van 1xØ110mm PE100 SDR11 (7): leiding no. 7	67
12.3.1 Toetsing op Implosie van 1xØ110mm PE100 SDR11 (7): leiding no. 7	68
13 Spanningsanalyse van 1xØ110mm PE100 SDR11 (8): leiding no. 8	69
13.1 Materiaalgegevens van 1xØ110mm PE100 SDR11 (8): leiding no. 8	69
13.2 Resultaten Spanningsanalyse van 1xØ110mm PE100 SDR11 (8): leiding no. 8	69
13.2.1 Belasting Combinatie 1A: Begin Trekoperatie	69
13.2.2 Belasting Combinatie 1B: Einde Trekoperatie	70
13.2.3 Belasting Combinatie 2: Intern op Druk Brengen	70
13.2.4 Belasting Combinatie 3: Bedrijfstoestand in Drukloze Situatie	70
13.2.5 Belasting Combinatie 4: Bedrijfstoestand met Inwendige Druk	71
13.3 Controle van de Berekende Spanningen van 1xØ110mm PE100 SDR11 (8): leiding no. 8	71

13.3.1 Toetsing op Implosie van 1xØ110mm PE100 SDR11 (8): leiding no. 8	72
14 Spanningsanalyse van 1xØ110mm PE100 SDR11 (9): leiding no. 9	73
14.1 Materiaalgegevens van 1xØ110mm PE100 SDR11 (9): leiding no. 9	73
14.2 Resultaten Spanningsanalyse van 1xØ110mm PE100 SDR11 (9): leiding no. 9	73
14.2.1 Belasting Combinatie 1A: Begin Trekoperatie	73
14.2.2 Belasting Combinatie 1B: Einde Trekoperatie	74
14.2.3 Belasting Combinatie 2: Intern op Druk Brengen	74
14.2.4 Belasting Combinatie 3: Bedrijfstoestand in Drukloze Situatie	74
14.2.5 Belasting Combinatie 4: Bedrijfstoestand met Inwendige Druk	75
14.3 Controle van de Berekende Spanningen van 1xØ110mm PE100 SDR11 (9): leiding no. 9	75
14.3.1 Toetsing op Implosie van 1xØ110mm PE100 SDR11 (9): leiding no. 9	76
15 Spanningsanalyse van 1xØ110mm PE100 SDR11 (10): leiding no. 10	77
15.1 Materiaalgegevens van 1xØ110mm PE100 SDR11 (10): leiding no. 10	77
15.2 Resultaten Spanningsanalyse van 1xØ110mm PE100 SDR11 (10): leiding no. 10	77
15.2.1 Belasting Combinatie 1A: Begin Trekoperatie	77
15.2.2 Belasting Combinatie 1B: Einde Trekoperatie	78
15.2.3 Belasting Combinatie 2: Intern op Druk Brengen	78
15.2.4 Belasting Combinatie 3: Bedrijfstoestand in Drukloze Situatie	78
15.2.5 Belasting Combinatie 4: Bedrijfstoestand met Inwendige Druk	79
15.3 Controle van de Berekende Spanningen van 1xØ110mm PE100 SDR11 (10): leiding no. 10	79
15.3.1 Toetsing op Implosie van 1xØ110mm PE100 SDR11 (10): leiding no. 10	80
16 Spanningsanalyse van 1xØ110mm PE100 SDR11 (11): leiding no. 11	81
16.1 Materiaalgegevens van 1xØ110mm PE100 SDR11 (11): leiding no. 11	81
16.2 Resultaten Spanningsanalyse van 1xØ110mm PE100 SDR11 (11): leiding no. 11	81
16.2.1 Belasting Combinatie 1A: Begin Trekoperatie	81
16.2.2 Belasting Combinatie 1B: Einde Trekoperatie	82
16.2.3 Belasting Combinatie 2: Intern op Druk Brengen	82
16.2.4 Belasting Combinatie 3: Bedrijfstoestand in Drukloze Situatie	82
16.2.5 Belasting Combinatie 4: Bedrijfstoestand met Inwendige Druk	83
16.3 Controle van de Berekende Spanningen van 1xØ110mm PE100 SDR11 (11): leiding no. 11	83
16.3.1 Toetsing op Implosie van 1xØ110mm PE100 SDR11 (11): leiding no. 11	84

## 2 Invoergegevens

### 2.1 Gebruikt Model

Gebruikt Model : Horizontaal Gestuurde Boring

### 2.2 Laagscheidingen

Laagscheidingnummer	Coördinaten [m]				
17 - X -	-10.000	0.000	299.600	299.610	301.586
17 - Y -	2.000	2.000	2.400	1.200	0.546
17 - X -	303.507	305.290	312.361	315.424	317.590
17 - Y -	-0.090	-0.680	-0.680	0.421	1.200
17 - X -	317.600	550.000			
17 - Y -	2.400	2.400			
16 - X -	-10.000	301.586	303.507	305.290	312.361
16 - Y -	0.546	0.546	-0.090	-0.680	-0.680
16 - X -	315.424	317.590	317.600	550.000	
16 - Y -	0.421	1.200	2.400	2.400	
15 - X -	-10.000	303.507	305.290	312.361	315.424
15 - Y -	-0.079	-0.090	-0.680	-0.680	0.421
15 - X -	317.590	317.600	550.000		
15 - Y -	1.200	2.400	2.400		
14 - X -	-10.000	303.507	305.290	312.361	315.424
14 - Y -	-0.079	-0.090	-0.680	-0.680	0.421
14 - X -	550.000				
14 - Y -	0.507				
13 - X -	-10.000	550.000			
13 - Y -	-1.000	-1.000			
12 - X -	-10.000	550.000			
12 - Y -	-3.000	-1.000			
11 - X -	-10.000	550.000			
11 - Y -	-3.000	-2.000			
10 - X -	-10.000	550.000			
10 - Y -	-3.000	-4.500			
9 - X -	-10.000	550.000			
9 - Y -	-3.000	-5.500			
8 - X -	-10.000	550.000			
8 - Y -	-4.500	-8.000			
7 - X -	-10.000	550.000			
7 - Y -	-10.000	-11.500			
6 - X -	-10.000	550.000			
6 - Y -	-11.000	-11.500			
5 - X -	-10.000	550.000			
5 - Y -	-12.500	-12.500			
4 - X -	-10.000	550.000			
4 - Y -	-13.000	-18.500			
3 - X -	-10.000	550.000			
3 - Y -	-14.500	-18.500			
2 - X -	-10.000	550.000			
2 - Y -	-16.500	-18.500			
1 - X -	-10.000	550.000			
1 - Y -	-16.500	-19.000			
0 - X -	-10.000	550.000			
0 - Y -	-30.000	-30.000			

### 2.3 PN-Lijnen

PN-lijnnummer	Coördinaten [m]				
1 - X -	-10.000	550.000			

PN-lijnummer	Coördinaten [m]				
1 - Y -	-0.100	-0.100			

## 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
17	Zand (los)	1	1
16	Leem	1	1
15	Zand (los)	1	1
14	Klei (matig)	1	1
13	Leem	1	1
12	Klei (vast)	1	1
11	Zand (matig)	1	1
10	Leem	1	1
9	Zand (los)	1	1
8	Zand (matig)	1	1
7	Klei (matig)	1	1
6	Zand (los)	1	1
5	Zand (vast)	1	1
4	Zand (los)	1	1
3	Zand zwak (zwak gri...	1	1
2	Klei (vast)	1	1
1	Zand (vast)	1	1

## 2.6 Grenslagen

De grens tussen (cohesieve) ongedraineerde toplagen en onderliggende (niet-cohesieve) gedraineerde lagen, ligt aan de bovenzijde van laag nummer 14: Klei (matig)

De grens tussen compressibele toplagen en de onderliggende niet-compressibele lagen, ligt aan de bovenzijde van laag nummer 14: Klei (matig)

## 2.7 Grondeigenschappen

Naam	Gamma onverz [kN/m³]	Gamma verz [kN/m³]	Cohesie [kN/m²]	Phi [grd]	Su top [kN/m²]	Su onder [kN/m²]
Klei (slap)	14.00	14.00	0.00	17.50	25.00	25.00
Klei (matig)	17.00	17.00	10.00	17.50	50.00	50.00
Klei (vast)	19.00	19.00	25.00	17.50	100.00	100.00
Veen	12.00	12.00	1.00	15.00	100.00	100.00
Zand (los)	16.40	19.70	0.00	30.00	0.00	0.00
Zand (matig)	17.20	19.20	0.00	32.50	0.00	0.00
Zand (vast)	18.50	20.50	0.00	35.00	0.00	0.00
Zand zwak siltig	19.00	21.00	0.00	32.50	0.00	0.00
Klei zwak zandig	15.00	18.80	10.00	22.50	80.00	80.00
Zand matig kleiig	17.00	19.40	0.00	30.00	0.00	0.00
Klei matig zandig	17.10	18.10	0.00	27.50	0.00	0.00
Leem	20.30	21.30	2.50	27.50	44.00	44.00
Zand zwak (zwak grind)	19.00	21.00	0.00	37.50	0.00	0.00
Slib	10.00	10.00	1.00	15.00	100.00	100.00
Leem (matig grind)	20.30	21.30	2.50	27.50	44.00	44.00

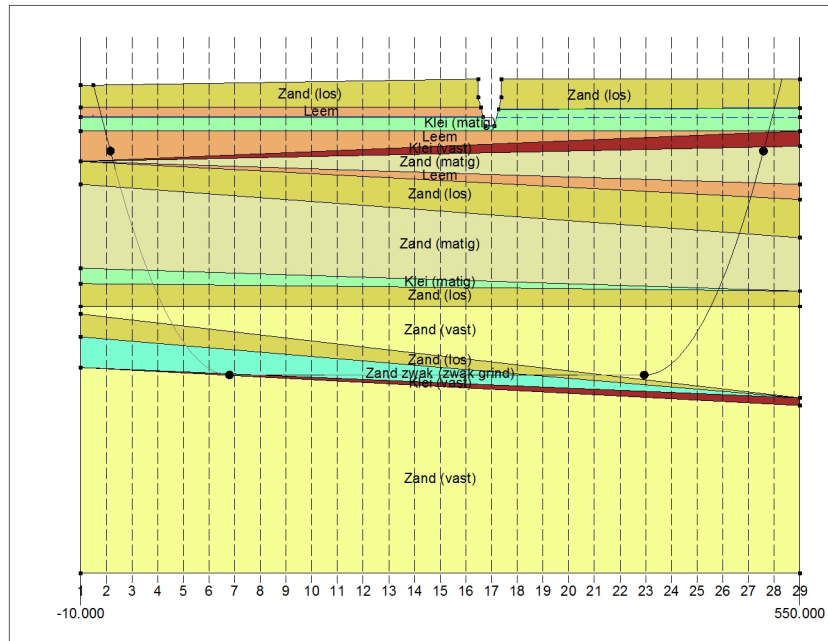
Naam	Grondtype	Emod 100 [kN/m²]	Emod top [kN/m²]	Emod onder [kN/m²]
Klei (slap)	-	-	1000.00	1000.00
Klei (matig)	-	-	2000.00	2000.00

Naam	Grondtype	Emod 100 [kN/m <sup>2</sup> ]	Emod top [kN/m <sup>2</sup> ]	Emod onder [kN/m <sup>2</sup> ]
Klei (vast)	-	-	4000.00	4000.00
Veen	-	-	200.00	200.00
Zand (los)	-	-	25000.00	25000.00
Zand (matig)	-	-	50000.00	50000.00
Zand (vast)	-	-	50000.00	50000.00
Zand zwak siltig	-	-	35000.00	35000.00
Klei zwak zandig	-	-	3000.00	3000.00
Zand matig kleiig	-	-	30000.00	30000.00
Klei matig zandig	-	-	2000.00	2000.00
Leem	-	-	5000.00	5000.00
Zand zwak (zwak grind)	-	-	90000.00	90000.00
Slib	-	-	200.00	200.00
Leem (matig grind)	-	-	5000.00	5000.00

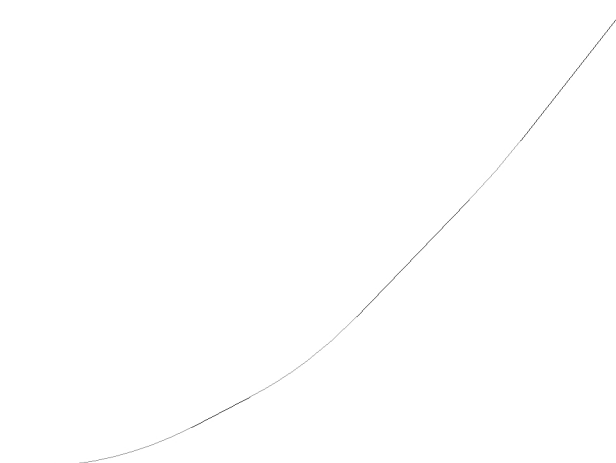
Naam	Adhesie A [kN/m <sup>2</sup> ]	Delta D [grd]	Nu [-]
Klei (slap)	-	-	0.45
Klei (matig)	-	-	0.45
Klei (vast)	-	-	0.45
Veen	-	-	0.40
Zand (los)	-	-	0.30
Zand (matig)	-	-	0.30
Zand (vast)	-	-	0.30
Zand zwak siltig	-	-	0.30
Klei zwak zandig	-	-	0.45
Zand matig kleiig	-	-	0.30
Klei matig zandig	-	-	0.35
Leem	-	-	0.35
Zand zwak (zwak grind)	-	-	0.30
Slib	-	-	0.40
Leem (matig grind)	-	-	0.35

## 2.8 Geometrie

### 2.8.1 Geometrie Sectie, Detail



## 2.8.2 Geometrie Bovenaanzicht



## 2.9 Berekenings Verticalen

Verticaal nr	L-coord [m]	Z-coord [m]	Additionele zetting [mm]
1	10.000	-1.250	0.00
2	30.000	-7.220	0.00
3	50.000	-11.730	0.00
4	70.000	-14.830	0.00
5	90.000	-16.570	0.00
6	110.000	-17.000	0.00
7	130.000	-17.000	0.00
8	150.000	-17.000	0.00
9	170.000	-17.000	0.00
10	190.000	-17.000	0.00
11	210.000	-17.000	0.00
12	230.000	-17.000	0.00
13	250.000	-17.000	0.00
14	270.000	-17.000	0.00
15	290.000	-17.000	0.00
16	310.000	-17.000	0.00
17	330.000	-17.000	0.00
18	350.000	-17.000	0.00
19	370.000	-17.000	0.00
20	390.000	-17.000	0.00
21	410.000	-17.000	0.00
22	430.000	-17.000	0.00
23	450.000	-16.260	0.00

Verticaal nr	L-coord [m]	Z-coord [m]	Additionele zetting [mm]
24	470.000	-14.170	0.00
25	490.000	-10.710	0.00
26	510.000	-5.830	0.00
27	530.000	0.410	0.00

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

## 2.10 Configuratie van de Pijpleiding

X coördinaat linker punt	0.000	[m]
Y coördinaat linker punt	0.000	[m]
Z coördinaat linker punt	2.000	[m]
X coördinaat rechter punt	446.500	[m]
Y coördinaat rechter punt	265.400	[m]
Z coördinaat rechter punt	2.400	[m]
Hoek links	18.0000	[grd]
Hoek rechts	18.0000	[grd]
Kromtestraal links, vertikaal in/uit	300.000	[m]
Kromtestraal rechts, vertikaal in/uit	300.000	[m]
Kromtestraal rollenbaan (intrekboog)	200.000	[m]
Diepste punt van de pijpleiding (hart boortracé)	-17.000	[m]
Hoek van de pijpleiding (tussen de stralen)	0.0000	[grd]
Aantal horizontale bochten:	3	
De pijpleiding wordt van links naar rechts ingetrokken		

Bocht nr.	X1-coord [m]	Y1-coord [m]	X2-coord [m]	Y2-coord [m]	Kromtestraal [m]	Richting
1	17.800	0.000	132.400	22.700	300.000	rechts
2	175.100	40.400	252.000	86.700	300.000	rechts
3	333.500	154.300	370.900	188.600	500.000	rechts

## 2.11 Materiaalgegevens van de Leiding

Invoergegevens leiding no. 1		
Materiaal	Polyetheen	
Kwaliteit	PE100	
Elasticiteitsmodulus (kort)	975.00	[N/mm²]
Elasticiteitsmodulus (lang)	350.00	[N/mm²]
Toelaatbare spanning (kort)	10.00	[N/mm²]
Toelaatbare spanning (lang)	8.00	[N/mm²]
Tensile factor (alfa)	0.65	[-]
Uitwendige diameter leiding	110.00	[mm]
Wanddikte (Nominale)	10.00	[mm]
Volumegegewicht leidingmateriaal	9.54	[kN/m³]
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)	975.00	[N/mm²]
Elasticiteitsmodulus (lang)	350.00	[N/mm²]
Toelaatbare spanning (kort)	10.00	[N/mm²]
Toelaatbare spanning (lang)	8.00	[N/mm²]
Tensile factor (alfa)	0.65	[-]
Uitwendige diameter leiding	110.00	[mm]
Wanddikte (Nominale)	10.00	[mm]



Volumegewicht leidingmateriaal	9.54	[kN/m <sup>3</sup> ]
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)	975.00	[N/mm <sup>2</sup> ]
Elasticiteitsmodulus (lang)	350.00	[N/mm <sup>2</sup> ]
Toelaatbare spanning (kort)	10.00	[N/mm <sup>2</sup> ]
Toelaatbare spanning (lang)	8.00	[N/mm <sup>2</sup> ]
Tensile factor (alfa)	0.65	[-]
Uitwendige diameter leiding	110.00	[mm]
Wanddikte (Nominiaal)	10.00	[mm]
Volumegewicht leidingmateriaal	9.54	[kN/m <sup>3</sup> ]
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)	975.00	[N/mm <sup>2</sup> ]
Elasticiteitsmodulus (lang)	350.00	[N/mm <sup>2</sup> ]
Toelaatbare spanning (kort)	10.00	[N/mm <sup>2</sup> ]
Toelaatbare spanning (lang)	8.00	[N/mm <sup>2</sup> ]
Tensile factor (alfa)	0.65	[-]
Uitwendige diameter leiding	110.00	[mm]
Wanddikte (Nominiaal)	10.00	[mm]
Volumegewicht leidingmateriaal	9.54	[kN/m <sup>3</sup> ]
Ontwerpdruk	0.00	[bar]
Incidentele druk	0.00	[bar]
Temperatuur variatie	0.00	[deg C]

## Invoergegevens leiding no. 5

Materiaal	Polyetheen	
Kwaliteit	PE100	
Elasticiteitsmodulus (kort)	975.00	[N/mm <sup>2</sup> ]
Elasticiteitsmodulus (lang)	350.00	[N/mm <sup>2</sup> ]
Toelaatbare spanning (kort)	10.00	[N/mm <sup>2</sup> ]
Toelaatbare spanning (lang)	8.00	[N/mm <sup>2</sup> ]
Tensile factor (alfa)	0.65	[-]
Uitwendige diameter leiding	110.00	[mm]
Wanddikte (Nominiaal)	10.00	[mm]
Volumegewicht leidingmateriaal	9.54	[kN/m <sup>3</sup> ]
Ontwerpdruk	0.00	[bar]
Incidentele druk	0.00	[bar]
Temperatuur variatie	0.00	[deg C]

## Invoergegevens leiding no. 6

Materiaal	Polyetheen	
Kwaliteit	PE100	
Elasticiteitsmodulus (kort)	975.00	[N/mm <sup>2</sup> ]
Elasticiteitsmodulus (lang)	350.00	[N/mm <sup>2</sup> ]
Toelaatbare spanning (kort)	10.00	[N/mm <sup>2</sup> ]
Toelaatbare spanning (lang)	8.00	[N/mm <sup>2</sup> ]
Tensile factor (alfa)	0.65	[-]
Uitwendige diameter leiding	110.00	[mm]
Wanddikte (Nominiaal)	10.00	[mm]
Volumegewicht leidingmateriaal	9.54	[kN/m <sup>3</sup> ]
Ontwerpdruk	0.00	[bar]

Incidentele druk	0.00	[bar]
Temperatuur variatie	0.00	[deg C]

## Invoergegevens leiding no. 7

Materiaal	Polyetheen	
Kwaliteit	PE100	
Elasticiteitsmodulus (kort)	975.00	[N/mm <sup>2</sup> ]
Elasticiteitsmodulus (lang)	350.00	[N/mm <sup>2</sup> ]
Toelaatbare spanning (kort)	10.00	[N/mm <sup>2</sup> ]
Toelaatbare spanning (lang)	8.00	[N/mm <sup>2</sup> ]
Tensile factor (alfa)	0.65	[-]
Uitwendige diameter leiding	110.00	[mm]
Wanddikte (Nominaal)	10.00	[mm]
Volumegewicht leidingmateriaal	9.54	[kN/m <sup>3</sup> ]
Ontwerpdruk	0.00	[bar]
Incidentele druk	0.00	[bar]
Temperatuur variatie	0.00	[deg C]

## Invoergegevens leiding no. 8

Materiaal	Polyetheen	
Kwaliteit	PE100	
Elasticiteitsmodulus (kort)	975.00	[N/mm <sup>2</sup> ]
Elasticiteitsmodulus (lang)	350.00	[N/mm <sup>2</sup> ]
Toelaatbare spanning (kort)	10.00	[N/mm <sup>2</sup> ]
Toelaatbare spanning (lang)	8.00	[N/mm <sup>2</sup> ]
Tensile factor (alfa)	0.65	[-]
Uitwendige diameter leiding	110.00	[mm]
Wanddikte (Nominaal)	10.00	[mm]
Volumegewicht leidingmateriaal	9.54	[kN/m <sup>3</sup> ]
Ontwerpdruk	0.00	[bar]
Incidentele druk	0.00	[bar]
Temperatuur variatie	0.00	[deg C]

## Invoergegevens leiding no. 9

Materiaal	Polyetheen	
Kwaliteit	PE100	
Elasticiteitsmodulus (kort)	975.00	[N/mm <sup>2</sup> ]
Elasticiteitsmodulus (lang)	350.00	[N/mm <sup>2</sup> ]
Toelaatbare spanning (kort)	10.00	[N/mm <sup>2</sup> ]
Toelaatbare spanning (lang)	8.00	[N/mm <sup>2</sup> ]
Tensile factor (alfa)	0.65	[-]
Uitwendige diameter leiding	110.00	[mm]
Wanddikte (Nominaal)	10.00	[mm]
Volumegewicht leidingmateriaal	9.54	[kN/m <sup>3</sup> ]
Ontwerpdruk	0.00	[bar]
Incidentele druk	0.00	[bar]
Temperatuur variatie	0.00	[deg C]

## Invoergegevens leiding no. 10

Materiaal	Polyetheen	
Kwaliteit	PE100	
Elasticiteitsmodulus (kort)	975.00	[N/mm <sup>2</sup> ]
Elasticiteitsmodulus (lang)	350.00	[N/mm <sup>2</sup> ]
Toelaatbare spanning (kort)	10.00	[N/mm <sup>2</sup> ]
Toelaatbare spanning (lang)	8.00	[N/mm <sup>2</sup> ]
Tensile factor (alfa)	0.65	[-]
Uitwendige diameter leiding	110.00	[mm]
Wanddikte (Nominaal)	10.00	[mm]
Volumegewicht leidingmateriaal	9.54	[kN/m <sup>3</sup> ]
Ontwerpdruk	0.00	[bar]
Incidentele druk	0.00	[bar]
Temperatuur variatie	0.00	[deg C]

Invoergegevens leiding no. 11		
Materiaal	Polyetheen	
Kwaliteit	PE100	
Elasticiteitsmodulus (kort)	975.00	[N/mm <sup>2</sup> ]
Elasticiteitsmodulus (lang)	350.00	[N/mm <sup>2</sup> ]
Toelaatbare spanning (kort)	10.00	[N/mm <sup>2</sup> ]
Toelaatbare spanning (lang)	8.00	[N/mm <sup>2</sup> ]
Tensile factor (alfa)	0.65	[-]
Uitwendige diameter leiding	110.00	[mm]
Wanddikte (Nominaal)	10.00	[mm]
Volumegewicht leidingmateriaal	9.54	[kN/m <sup>3</sup> ]
Ontwerpdruk	0.00	[bar]
Incidentele druk	0.00	[bar]
Temperatuur variatie	0.00	[deg C]

## 2.12 Gegevens voor Leidingberekening

Leiding gevuld met water op rollen	Ja	
Percentage leiding gevuld met vloeistof	0	[%]
Volume gewicht vloeistof	10.00	[kN/m <sup>3</sup> ]
Opleghoek	30	[grd]
Belastingshoek	30	[grd]
Relatieve verplaatsing	10.00	[mm]
Samendrukkingsconstante	6.00	[-]
Lineaire uitzettingscoëff. gemid. (alpha_g) voor stalen	0.0000117	[mm/mmK]
Lineaire uitzettingscoëff. gemid. (alpha_g) voor PE	0.0001800	[mm/mmK]
Beddingsconstante boorvloeistof (Kv)	500.00	[kN/m <sup>3</sup> ]
Hoek van inwendige wrijving boorvloeistof	15.00	[grd]
Cohesie boorvloeistof	5.00	[kN/m <sup>2</sup> ]
Wrijvingsfactor leiding-rollenbaan (f1)	0.10	[-]
Wrijvingscoëfficiënt leiding-boorvloeistof (f2)	0.000050	[N/mm <sup>2</sup> ]
Wrijvingsfactor leiding-grond (f3)	0.20	[-]
Speciale Spanningsanalyse	niet gebruikt	
Speciale Spanningsdata	niet gebruikt	

## 2.13 Boorvloeistof Gegevens

Uitwendige diameter boorgat pilotboring	0.240	[m]
Uitwendige diameter pilotbuis	0.130	[m]
Uitwendige diameter boorgat voorruimen	0.420	[m]
Uitwendige diameter buis voorruimen	0.120	[m]
Uitwendige diameter uiteindelijke boorgat	0.580	[m]
Uitwendige diameter leiding	0.365	[m]
Debiet tijdens pilotboring	750.0	[liter/minute]
Debiet tijdens voorruimen	600.0	[liter/minute]
Debiet tijdens intrekken	500.0	[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 <sup>3</sup> ]
Zwichtspanning boorvloeistof	0.015	[kN/m <sup>2</sup> ]
Viscositeit boorvloeistof	0.000040	[kN.s/m <sup>2</sup> ]

## 2.14 Factoren

(Polyetheen)Veiligheidsfactor implosie (Lang)	3.0	[-]
(Polyetheen)Veiligheidsfactor implosie (Kort)	1.5	[-]
Onzekerheidsfactor volumegewicht		
van materiaaltypen onder en boven freatische lijn	1.10	[-]
Onzekerheidsfactor (gedraineerde) cohesie C	1.40	[-]

Onzekerheidsfactor ongedraineerde schuifsterkte $S_u$	1.40	[-]
Onzekerheidsfactor $\Phi$	1.10	[-]
Onzekerheidsfactor E-modulus	1.25	[-]
Onzekerheidsfactor beddingsconstante	1.60	[-]
Belastingsfactor ontwerpdruk (Polyetheen)	1.00	[-]
Belastingsfactor ontwerpdruk (combinatie) (Polyetheen)	1.00	[-]
Belastingsfactor testdruk (Polyetheen)	1.00	[-]
Belastingsfactor aanlegbelasting (Polyetheen)	1.00	[-]
Belastingsfactor gereduc. neut. grondspanning $q_{n;r}$ (Polyetheen)	1.00	[-]
Belastingsfactor temperatuur (Polyetheen)	1.00	[-]
Belastingsfactor verkeersbelasting (Polyetheen)	1.00	[-]
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 <sup>3</sup> ]
Veiligheidsfactor dekking (gedraineerde lagen)	0.50	[-]
Veiligheidsfactor dekking (ongedraineerde lagen)	0.50	[-]
Verhouding H/Do voor grens tussen ondiepe en diepe situatie	7.50	[-]

### 3 Boorvloeistofdrukken

#### 3.1 Boorvloeistof Gegevens

Verticaal nr.	Boorvloeistofdrukken pilot [kN/m <sup>2</sup> ]			
	Max, deformatie	Max, gronddruk	Min, links	Min, rechts
1	131	131	45	408
2	433	778	128	462
3	447	737	194	500
4	558	944	243	522
5	882	1692	277	528
6	905	1740	296	519
7	904	1736	310	505
8	902	1730	324	491
9	899	1722	337	478
10	894	1711	351	464
11	888	1695	365	450
12	880	1672	379	436
13	867	1638	393	422
14	844	1581	407	409
15	802	1474	420	395
16	608	1042	434	381
17	644	1101	448	367
18	663	1148	462	353
19	710	1265	476	339
20	761	1397	489	326
21	761	1398	503	312
22	761	1398	517	298
23	738	1357	522	276
24	668	1230	512	238
25	544	983	487	184
26	301	524	445	114
27	30	30	387	27

Verticaal nr.	Boorvloeistofdrukken voorruimen [kN/m <sup>2</sup> ]			
	Max, deformatie	Max, gronddruk	Min, links	Min, rechts
1	131	131	40	45
2	433	668	113	128
3	447	737	169	194
4	558	944	209	243
5	882	1692	233	277
6	905	1740	242	296
7	904	1736	247	310
8	902	1730	251	306
9	899	1722	255	302
10	894	1711	260	297
11	888	1695	264	293
12	880	1672	268	289
13	867	1638	272	285
14	844	1581	277	280
15	802	1474	281	276
16	608	1042	285	272
17	644	1101	289	268
18	663	1148	294	263
19	710	1265	298	259
20	761	1397	302	255
21	761	1398	306	251
22	761	1398	298	246

Verticaal nr.	Boorvloeistofdrukken voorruimen [kN/m²]			
	Max, deformatie	Max, gronddruk	Min, links	Min, rechts
23	738	1357	276	233
24	668	1230	238	205
25	544	968	184	161
26	301	475	114	100
27	29	29	27	24

Verticaal nr.	Boorvloeistofdrukken intrekken [kN/m²]			
	Max, deformatie	Max, gronddruk	Min, links	Min, rechts
1	131	131	40	40
2	433	589	115	113
3	447	737	173	169
4	558	944	215	209
5	882	1662	241	233
6	905	1718	252	242
7	904	1716	258	247
8	902	1711	264	251
9	899	1705	270	255
10	894	1696	276	260
11	888	1683	282	264
12	880	1665	288	268
13	867	1636	285	272
14	844	1581	280	277
15	802	1474	276	281
16	608	1042	272	285
17	644	1101	268	285
18	663	1148	263	279
19	710	1265	259	273
20	761	1397	255	267
21	761	1398	251	261
22	761	1398	246	255
23	738	1357	233	241
24	668	1226	205	211
25	544	900	161	165
26	301	429	100	103
27	27	27	24	25

### 3.2 Evenwicht tussen Waterdruk en Boorvloeistofdruk

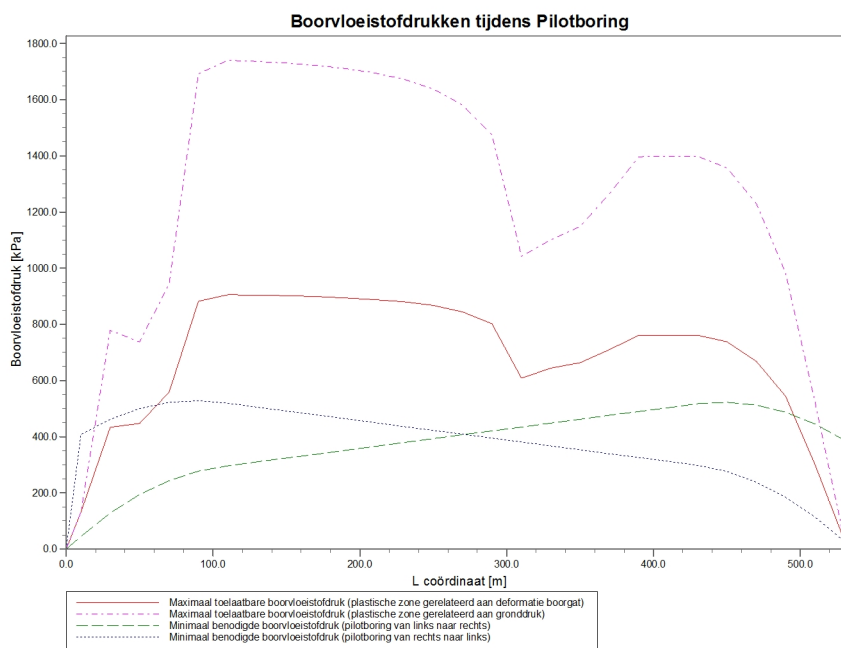
Verticaal nr.	Hydrostatische kolomdruk			
	Boorvloeistof [kN/m²]	Water [kN/m²]	Veiligheidsfactor [-]	Resultaat
1	37	11	3.25	voldoet
2	106	71	1.49	voldoet
3	158	116	1.36	voldoet
4	194	147	1.32	voldoet
5	214	165	1.30	voldoet
6	219	169	1.30	voldoet
7	220	169	1.30	voldoet
8	220	169	1.30	voldoet
9	220	169	1.30	voldoet
10	220	169	1.30	voldoet
11	220	169	1.30	voldoet
12	220	169	1.30	voldoet
13	221	169	1.31	voldoet
14	221	169	1.31	voldoet
15	221	169	1.31	voldoet
16	221	169	1.31	voldoet
17	221	169	1.31	voldoet

Verticaal nr.	Hydrostatische kolomdruk			Resultaat
	Boorvloeistof [kN/m <sup>2</sup> ]	Water [kN/m <sup>2</sup> ]	Veiligheidsfactor [-]	
18	222	169	1.31	voldoet
19	222	169	1.31	voldoet
20	222	169	1.31	voldoet
21	222	169	1.31	voldoet
22	222	169	1.32	voldoet
23	214	162	1.32	voldoet
24	190	141	1.35	voldoet
25	151	106	1.42	voldoet
26	95	57	1.65	voldoet
27	23	0	-	voldoet

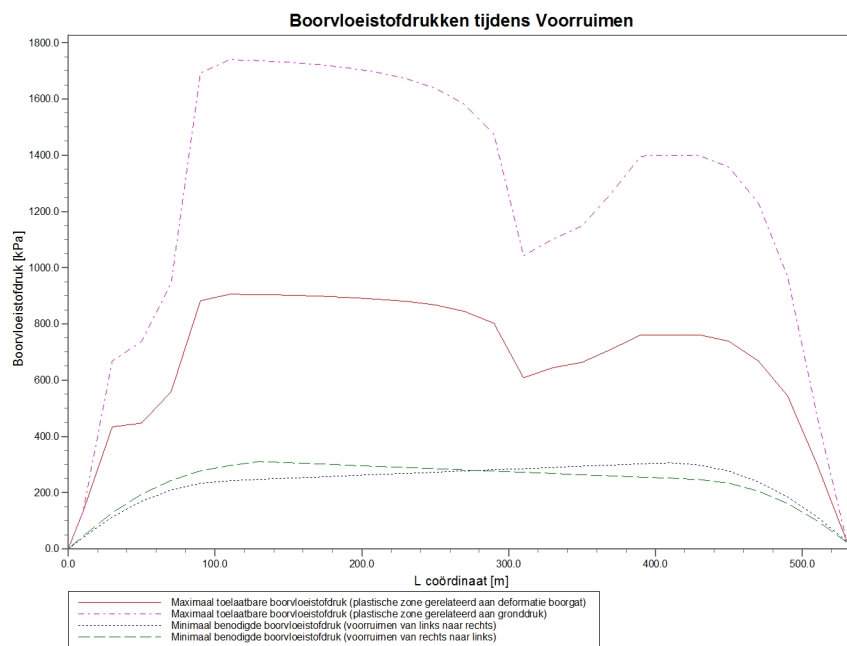
De statische mud druk is berekend en kan worden vergeleken met de berekende grondwater druk. De veiligheidsfactor wordt bepaald door de verhouding van mud druk en grondwater druk. Deze moet hoger zijn dan de vereiste veiligheidsfactor van 1.10

### 3.3 Boorvloeistofdruk Grafieken

#### 3.3.1 Boorvloeistofdrukken tijdens Pilotboring

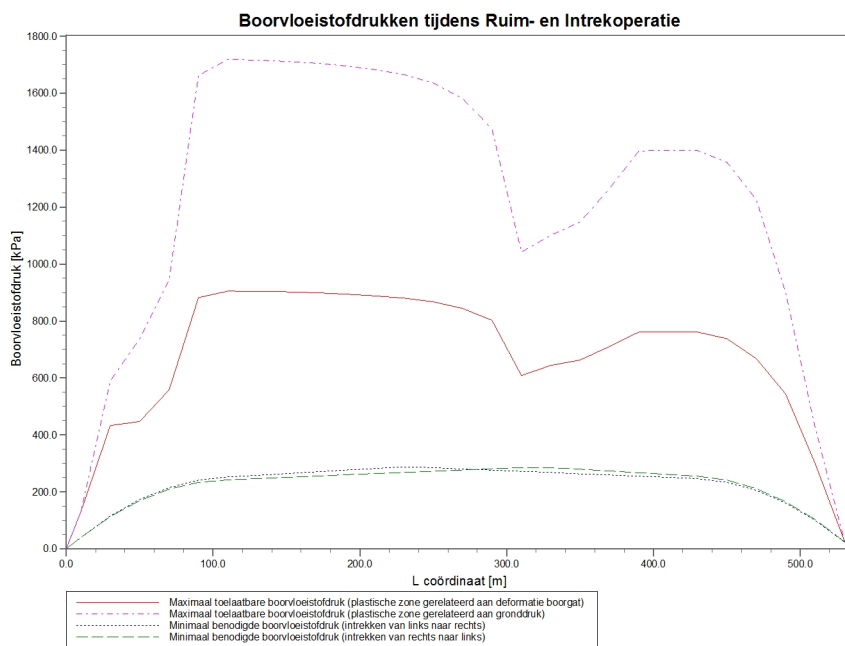


### 3.3.2 Boorvloeistofdrukken tijdens Voorruimen





### 3.3.3 Boorvloeistofdrukken tijdens Ruim- en Intrekoperatie



## 4 Grondmechanische Data

### 4.1 Grondmechanische Parameters 1xØ110mm PE100 SDR11 (1): leiding no. 1

De volgende gegevens en uitgangspunten zijn gehanteerd voor de sterkteberekening:

Merk op: veiligheidsfactoren niet toegepast.

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

Verticaal nr.	q <sub>v;p</sub> [kN/m <sup>2</sup> ]	q <sub>v;n</sub> [kN/m <sup>2</sup> ]	q <sub>h;n</sub> [kN/m <sup>2</sup> ]	q <sub>v;r;n</sub> [kN/m <sup>2</sup> ]	q <sub>v;e</sub> [kN/m <sup>2</sup> ]	q <sub>h;e</sub> [kN/m <sup>2</sup> ]
1	245	46	21	28	1025	245
2	1011	105	7	10	3709	1011
3	919	146	7	9	3888	919
4	1048	177	7	10	4731	1048
5	2155	196	7	10	12435	2155
6	560	202	7	10	9445	560
7	2192	202	7	10	5384	2192
8	2195	202	7	10	2324	2195
9	2198	203	7	10	4176	2198
10	2201	203	7	10	8829	2201
11	2203	204	7	10	12840	2203
12	2206	204	7	10	12916	2206
13	2209	205	7	10	12943	2209
14	2212	205	7	10	12969	2212
15	2215	205	7	10	12995	2215
16	1880	158	7	10	10003	1880
17	2201	203	7	10	12869	2201
18	1149	203	7	10	12232	1149
19	1149	204	7	10	6875	1149
20	1150	204	7	10	5439	1150
21	1663	204	7	10	6403	1663
22	1663	204	7	10	9552	1663
23	1623	196	7	10	9188	1623
24	1505	174	7	10	8163	1505
25	1218	140	7	10	4922	1218
26	685	94	8	11	2508	685
27	147	32	24	32	429	147

Verticaal nr.	dv [mm]	k <sub>v;bot</sub> [kN/m <sup>3</sup> ]	k <sub>v;top</sub> [kN/m <sup>3</sup> ]	k <sub>h</sub> [kN/m <sup>3</sup> ]	t <sub>max</sub> [kN/m <sup>2</sup> ]	d <sub>max</sub> [mm]
1	0	26710	16714	18697	0.05	7.5
2	0	318816	318816	223171	0.05	7.5
3	0	148634	148634	104044	0.05	7.5
4	0	450346	148634	315243	0.05	7.5
5	0	391135	610777	273794	0.05	7.5
6	0	318816	593445	223171	0.05	7.5
7	0	281924	610777	197347	0.05	7.5
8	0	251673	610777	176171	0.05	7.5

Verticaal nr.	dv [mm]	k_v;bot [kN/m³]	k_v;top [kN/m³]	k_h [kN/m³]	t_max [kN/m²]	d_max [mm]
9	0	279118	610777	195382	0.05	7.5
10	0	307064	610777	214945	0.05	7.5
11	0	335507	610777	234855	0.05	7.5
12	0	364443	610777	255110	0.05	7.5
13	0	423317	610777	296322	0.05	7.5
14	0	499586	518216	349710	0.05	7.5
15	0	575335	395024	402735	0.05	7.5
16	0	610777	275662	427544	0.05	7.5
17	0	610777	161361	427544	0.05	7.5
18	0	596192	190921	417335	0.05	7.5
19	0	471004	251495	329703	0.05	7.5
20	0	349165	313564	244415	0.05	7.5
21	0	253325	318816	177328	0.05	7.5
22	0	230124	318816	161087	0.05	7.5
23	0	318816	318816	223171	0.05	7.5
24	0	318816	318816	223171	0.05	7.5
25	0	318816	318816	223171	0.05	7.5
26	0	148634	126810	104044	0.05	7.5
27	0	11006	140264	7704	0.05	7.5

Maximale grondspanning : q\_v;n;max = 205 kN/m²  
 Maximale gereduceerde grondspanning : q\_v;r;n;max = 32 kN/m²  
 Maximale verticale beddingsconstante (zonder veiligheidsfactor)  
 alleen voor verticalen in diepe situatie : k\_v;max = 610777 kN/m³  
 Maximale verticale beddingsconstante (veiligheidsfactor toegepast)  
 alleen voor verticalen in diepe situatie : k\_v;max = 977243 kN/m³

#### 4.2 Grondmechanische Parameters 1xØ110mm PE100 SDR11 (2): leiding no. 2

De volgende gegevens en uitgangspunten zijn gehanteerd voor de sterkteberekening:

Merk op: veiligheidsfactoren niet toegepast.

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

Verticaal nr.	q_v;p [kN/m²]	q_v;n [kN/m²]	q_h;n [kN/m²]	q_v;r;n [kN/m²]	q_v;e [kN/m²]	q_h;e [kN/m²]
1	245	46	21	28	1025	245
2	1011	105	7	10	3709	1011
3	919	146	7	9	3888	919
4	1048	177	7	10	4731	1048
5	2155	196	7	10	12435	2155
6	560	202	7	10	9445	560
7	2192	202	7	10	5384	2192
8	2195	202	7	10	2324	2195
9	2198	203	7	10	4176	2198
10	2201	203	7	10	8829	2201
11	2203	204	7	10	12840	2203
12	2206	204	7	10	12916	2206
13	2209	205	7	10	12943	2209

Verticaal nr.	q_v;p [kN/m²]	q_v;n [kN/m²]	q_h;n [kN/m²]	q_v;r;n [kN/m²]	q_v;e [kN/m²]	q_h;e [kN/m²]
14	2212	205	7	10	12969	2212
15	2215	205	7	10	12995	2215
16	1880	158	7	10	10003	1880
17	2201	203	7	10	12869	2201
18	1149	203	7	10	12232	1149
19	1149	204	7	10	6875	1149
20	1150	204	7	10	5439	1150
21	1663	204	7	10	6403	1663
22	1663	204	7	10	9552	1663
23	1623	196	7	10	9188	1623
24	1505	174	7	10	8163	1505
25	1218	140	7	10	4922	1218
26	685	94	8	11	2508	685
27	147	32	24	32	429	147

Verticaal nr.	dv [mm]	k_v;bot [kN/m³]	k_v;top [kN/m³]	k_h [kN/m³]	t_max [kN/m²]	d_max [mm]
1	0	26710	16714	18697	0.05	7.5
2	0	318816	318816	223171	0.05	7.5
3	0	148634	148634	104044	0.05	7.5
4	0	450346	148634	315243	0.05	7.5
5	0	391135	610777	273794	0.05	7.5
6	0	318816	593445	223171	0.05	7.5
7	0	281924	610777	197347	0.05	7.5
8	0	251673	610777	176171	0.05	7.5
9	0	279118	610777	195382	0.05	7.5
10	0	307064	610777	214945	0.05	7.5
11	0	335507	610777	234855	0.05	7.5
12	0	364443	610777	255110	0.05	7.5
13	0	423317	610777	296322	0.05	7.5
14	0	499586	518216	349710	0.05	7.5
15	0	575335	395024	402735	0.05	7.5
16	0	610777	275662	427544	0.05	7.5
17	0	610777	161361	427544	0.05	7.5
18	0	596192	190921	417335	0.05	7.5
19	0	471004	251495	329703	0.05	7.5
20	0	349165	313564	244415	0.05	7.5
21	0	253325	318816	177328	0.05	7.5
22	0	230124	318816	161087	0.05	7.5
23	0	318816	318816	223171	0.05	7.5
24	0	318816	318816	223171	0.05	7.5
25	0	318816	318816	223171	0.05	7.5
26	0	148634	126810	104044	0.05	7.5
27	0	11006	140264	7704	0.05	7.5

Maximale grondspanning : q\_v;n;max = 205 kN/m²  
 Maximale gereduceerde grondspanning : q\_v;r;n;max = 32 kN/m²  
 Maximale verticale beddingsconstante (zonder veiligheidsfactor)  
 alleen voor verticalen in diepe situatie : k\_v;max = 610777 kN/m³  
 Maximale verticale beddingsconstante (veiligheidsfactor toegepast)  
 alleen voor verticalen in diepe situatie : k\_v;max = 977243 kN/m³

#### 4.3 Grondmechanische Parameters 1xØ110mm PE100 SDR11 (3): leiding no. 3

De volgende gegevens en uitgangspunten zijn gehanteerd voor de sterkteberekening:

Merk op: veiligheidsfactoren niet toegepast.

q_v;p	Passieve grondspanning	kN/m²
q_v;n	Neutrale grondspanning	kN/m²
q_h;n	Neutrale horizontale grondspanning	kN/m²

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

Verticaal nr.	q_v;p [kN/m <sup>2</sup> ]	q_v;n [kN/m <sup>2</sup> ]	q_h;n [kN/m <sup>2</sup> ]	q_v;r;n [kN/m <sup>2</sup> ]	q_v;e [kN/m <sup>2</sup> ]	q_h;e [kN/m <sup>2</sup> ]
1	245	46	21	28	1025	245
2	1011	105	7	10	3709	1011
3	919	146	7	9	3888	919
4	1048	177	7	10	4731	1048
5	2155	196	7	10	12435	2155
6	560	202	7	10	9445	560
7	2192	202	7	10	5384	2192
8	2195	202	7	10	2324	2195
9	2198	203	7	10	4176	2198
10	2201	203	7	10	8829	2201
11	2203	204	7	10	12840	2203
12	2206	204	7	10	12916	2206
13	2209	205	7	10	12943	2209
14	2212	205	7	10	12969	2212
15	2215	205	7	10	12995	2215
16	1880	158	7	10	10003	1880
17	2201	203	7	10	12869	2201
18	1149	203	7	10	12232	1149
19	1149	204	7	10	6875	1149
20	1150	204	7	10	5439	1150
21	1663	204	7	10	6403	1663
22	1663	204	7	10	9552	1663
23	1623	196	7	10	9188	1623
24	1505	174	7	10	8163	1505
25	1218	140	7	10	4922	1218
26	685	94	8	11	2508	685
27	147	32	24	32	429	147

Verticaal nr.	dv [mm]	k_v;bot [kN/m <sup>3</sup> ]	k_v;top [kN/m <sup>3</sup> ]	k_h [kN/m <sup>3</sup> ]	t_max [kN/m <sup>2</sup> ]	d_max [mm]
1	0	26710	16714	18697	0.05	7.5
2	0	318816	318816	223171	0.05	7.5
3	0	148634	148634	104044	0.05	7.5
4	0	450346	148634	315243	0.05	7.5
5	0	391135	610777	273794	0.05	7.5
6	0	318816	593445	223171	0.05	7.5
7	0	281924	610777	197347	0.05	7.5
8	0	251673	610777	176171	0.05	7.5
9	0	279118	610777	195382	0.05	7.5
10	0	307064	610777	214945	0.05	7.5
11	0	335507	610777	234855	0.05	7.5
12	0	364443	610777	255110	0.05	7.5
13	0	423317	610777	296322	0.05	7.5
14	0	499586	518216	349710	0.05	7.5
15	0	575335	395024	402735	0.05	7.5
16	0	610777	275662	427544	0.05	7.5
17	0	610777	161361	427544	0.05	7.5
18	0	596192	190921	417335	0.05	7.5
19	0	471004	251495	329703	0.05	7.5
20	0	349165	313564	244415	0.05	7.5

Verticaal nr.	dv [mm]	k_v;bot [kN/m³]	k_v;top [kN/m³]	k_h [kN/m³]	t_max [kN/m²]	d_max [mm]
21	0	253325	318816	177328	0.05	7.5
22	0	230124	318816	161087	0.05	7.5
23	0	318816	318816	223171	0.05	7.5
24	0	318816	318816	223171	0.05	7.5
25	0	318816	318816	223171	0.05	7.5
26	0	148634	126810	104044	0.05	7.5
27	0	11006	140264	7704	0.05	7.5

Maximale grondspanning : q\_v;n;max = 205 kN/m²  
 Maximale gereduceerde grondspanning : q\_v;r;n;max = 32 kN/m²  
 Maximale verticale beddingsconstante (zonder veiligheidsfactor)  
 alleen voor verticalen in diepe situatie : k\_v;max = 610777 kN/m³  
 Maximale verticale beddingsconstante (veiligheidsfactor toegepast)  
 alleen voor verticalen in diepe situatie : k\_v;max = 977243 kN/m³

#### 4.4 Grondmechanische Parameters 1xØ110mm PE100 SDR11 (4): leiding no. 4

De volgende gegevens en uitgangspunten zijn gehanteerd voor de sterkteberekening:

Merk op: veiligheidsfactoren niet toegepast.

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

Verticaal nr.	q_v;p [kN/m²]	q_v;n [kN/m²]	q_h;n [kN/m²]	q_v;r;n [kN/m²]	q_v;e [kN/m²]	q_h;e [kN/m²]
1	245	46	21	28	1025	245
2	1011	105	7	10	3709	1011
3	919	146	7	9	3888	919
4	1048	177	7	10	4731	1048
5	2155	196	7	10	12435	2155
6	560	202	7	10	9445	560
7	2192	202	7	10	5384	2192
8	2195	202	7	10	2324	2195
9	2198	203	7	10	4176	2198
10	2201	203	7	10	8829	2201
11	2203	204	7	10	12840	2203
12	2206	204	7	10	12916	2206
13	2209	205	7	10	12943	2209
14	2212	205	7	10	12969	2212
15	2215	205	7	10	12995	2215
16	1880	158	7	10	10003	1880
17	2201	203	7	10	12869	2201
18	1149	203	7	10	12232	1149
19	1149	204	7	10	6875	1149
20	1150	204	7	10	5439	1150
21	1663	204	7	10	6403	1663
22	1663	204	7	10	9552	1663
23	1623	196	7	10	9188	1623
24	1505	174	7	10	8163	1505
25	1218	140	7	10	4922	1218

Verticaal nr.	q_v;p [kN/m <sup>2</sup> ]	q_v;n [kN/m <sup>2</sup> ]	q_h;n [kN/m <sup>2</sup> ]	q_v;r;n [kN/m <sup>2</sup> ]	q_v;e [kN/m <sup>2</sup> ]	q_h;e [kN/m <sup>2</sup> ]
26	685	94	8	11	2508	685
27	147	32	24	32	429	147

Verticaal nr.	dv [mm]	k_v;bot [kN/m <sup>3</sup> ]	k_v;top [kN/m <sup>3</sup> ]	k_h [kN/m <sup>3</sup> ]	t_max [kN/m <sup>2</sup> ]	d_max [mm]
1	0	26710	16714	18697	0.05	7.5
2	0	318816	318816	223171	0.05	7.5
3	0	148634	148634	104044	0.05	7.5
4	0	450346	148634	315243	0.05	7.5
5	0	391135	610777	273794	0.05	7.5
6	0	318816	593445	223171	0.05	7.5
7	0	281924	610777	197347	0.05	7.5
8	0	251673	610777	176171	0.05	7.5
9	0	279118	610777	195382	0.05	7.5
10	0	307064	610777	214945	0.05	7.5
11	0	335507	610777	234855	0.05	7.5
12	0	364443	610777	255110	0.05	7.5
13	0	423317	610777	296322	0.05	7.5
14	0	499586	518216	349710	0.05	7.5
15	0	575335	395024	402735	0.05	7.5
16	0	610777	275662	427544	0.05	7.5
17	0	610777	161361	427544	0.05	7.5
18	0	596192	190921	417335	0.05	7.5
19	0	471004	251495	329703	0.05	7.5
20	0	349165	313564	244415	0.05	7.5
21	0	253325	318816	177328	0.05	7.5
22	0	230124	318816	161087	0.05	7.5
23	0	318816	318816	223171	0.05	7.5
24	0	318816	318816	223171	0.05	7.5
25	0	318816	318816	223171	0.05	7.5
26	0	148634	126810	104044	0.05	7.5
27	0	11006	140264	7704	0.05	7.5

Maximale grondspanning : q\_v;n;max = 205 kN/m<sup>2</sup>  
 Maximale gereduceerde grondspanning : q\_v;r;n;max = 32 kN/m<sup>2</sup>  
 Maximale verticale beddingsconstante (zonder veiligheidsfactor)  
 alleen voor verticalen in diepe situatie : k\_v;max = 610777 kN/m<sup>3</sup>  
 Maximale verticale beddingsconstante (veiligheidsfactor toegepast)  
 alleen voor verticalen in diepe situatie : k\_v;max = 977243 kN/m<sup>3</sup>

#### 4.5 Grondmechanische Parameters 1xØ110mm PE100 SDR11 (5): leiding no. 5

De volgende gegevens en uitgangspunten zijn gehanteerd voor de sterkteberekening:

Merk op: veiligheidsfactoren niet toegepast.

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

Verticaal nr.	q_v;p [kN/m <sup>2</sup> ]	q_v;n [kN/m <sup>2</sup> ]	q_h;n [kN/m <sup>2</sup> ]	q_v;r;n [kN/m <sup>2</sup> ]	q_v;e [kN/m <sup>2</sup> ]	q_h;e [kN/m <sup>2</sup> ]
1	245	46	21	28	1025	245
2	1011	105	7	10	3709	1011
3	919	146	7	9	3888	919
4	1048	177	7	10	4731	1048
5	2155	196	7	10	12435	2155
6	560	202	7	10	9445	560
7	2192	202	7	10	5384	2192
8	2195	202	7	10	2324	2195
9	2198	203	7	10	4176	2198
10	2201	203	7	10	8829	2201
11	2203	204	7	10	12840	2203
12	2206	204	7	10	12916	2206
13	2209	205	7	10	12943	2209
14	2212	205	7	10	12969	2212
15	2215	205	7	10	12995	2215
16	1880	158	7	10	10003	1880
17	2201	203	7	10	12869	2201
18	1149	203	7	10	12232	1149
19	1149	204	7	10	6875	1149
20	1150	204	7	10	5439	1150
21	1663	204	7	10	6403	1663
22	1663	204	7	10	9552	1663
23	1623	196	7	10	9188	1623
24	1505	174	7	10	8163	1505
25	1218	140	7	10	4922	1218
26	685	94	8	11	2508	685
27	147	32	24	32	429	147

Verticaal nr.	dv [mm]	k_v;bot [kN/m <sup>3</sup> ]	k_v;top [kN/m <sup>3</sup> ]	k_h [kN/m <sup>3</sup> ]	t_max [kN/m <sup>2</sup> ]	d_max [mm]
1	0	26710	16714	18697	0.05	7.5
2	0	318816	318816	223171	0.05	7.5
3	0	148634	148634	104044	0.05	7.5
4	0	450346	148634	315243	0.05	7.5
5	0	391135	610777	273794	0.05	7.5
6	0	318816	593445	223171	0.05	7.5
7	0	281924	610777	197347	0.05	7.5
8	0	251673	610777	176171	0.05	7.5
9	0	279118	610777	195382	0.05	7.5
10	0	307064	610777	214945	0.05	7.5
11	0	335507	610777	234855	0.05	7.5
12	0	364443	610777	255110	0.05	7.5
13	0	423317	610777	296322	0.05	7.5
14	0	499586	518216	349710	0.05	7.5
15	0	575335	395024	402735	0.05	7.5
16	0	610777	275662	427544	0.05	7.5
17	0	610777	161361	427544	0.05	7.5
18	0	596192	190921	417335	0.05	7.5
19	0	471004	251495	329703	0.05	7.5
20	0	349165	313564	244415	0.05	7.5
21	0	253325	318816	177328	0.05	7.5
22	0	230124	318816	161087	0.05	7.5
23	0	318816	318816	223171	0.05	7.5
24	0	318816	318816	223171	0.05	7.5
25	0	318816	318816	223171	0.05	7.5
26	0	148634	126810	104044	0.05	7.5
27	0	11006	140264	7704	0.05	7.5



Maximale grondspanning	:	$q_{v;n;max} = 205 \text{ kN/m}^2$
Maximale gereduceerde grondspanning	:	$q_{v;r;n;max} = 32 \text{ kN/m}^2$
Maximale verticale beddingsconstante (zonder veiligheidsfactor)		
alleen voor verticalen in diepe situatie	:	$k_{v;max} = 610777 \text{ kN/m}^3$
Maximale verticale beddingsconstante (veiligheidsfactor toegepast)		
alleen voor verticalen in diepe situatie	:	$k_{v;max} = 977243 \text{ kN/m}^3$

#### 4.6 Grondmechanische Parameters 1xØ110mm PE100 SDR11 (6): leiding no. 6

De volgende gegevens en uitgangspunten zijn gehanteerd voor de sterkteberekening:

Merk op: veiligheidsfactoren niet toegepast.

$q_{v;p}$	Passieve grondspanning	$\text{kN/m}^2$
$q_{v;n}$	Neutrale grondspanning	$\text{kN/m}^2$
$q_{h;n}$	Neutrale horizontale grondspanning	$\text{kN/m}^2$
$q_{v;r;n}$	Gereduceerde neutrale grondspanning	$\text{kN/m}^2$
$q_{v;e}$	Verticaal evenwichtsdraagvermogen	$\text{kN/m}^2$
$q_{h;e}$	Horizontaal evenwichtsdraagvermogen	$\text{kN/m}^2$
$dv$	Verticale verplaatsing	mm
$k_{v;bot}$	Verticaal beddingsgetal omlaag	$\text{kN/m}^3$
$k_{v;top}$	Verticaal beddingsgetal omhoog	$\text{kN/m}^3$
$k_h$	Horizontaal beddinggetal	$\text{kN/m}^3$
$t_{max}$	Maximale wrijving leiding-boorvloeistof	$\text{kN/m}^2$
$d_{max}$	Corresponderende verplaatsing bij mobilisatie maximale wrijving	mm

Verticaal nr.	$q_{v;p}$ [ $\text{kN/m}^2$ ]	$q_{v;n}$ [ $\text{kN/m}^2$ ]	$q_{h;n}$ [ $\text{kN/m}^2$ ]	$q_{v;r;n}$ [ $\text{kN/m}^2$ ]	$q_{v;e}$ [ $\text{kN/m}^2$ ]	$q_{h;e}$ [ $\text{kN/m}^2$ ]
1	245	46	21	28	1025	245
2	1011	105	7	10	3709	1011
3	919	146	7	9	3888	919
4	1048	177	7	10	4731	1048
5	2155	196	7	10	12435	2155
6	560	202	7	10	9445	560
7	2192	202	7	10	5384	2192
8	2195	202	7	10	2324	2195
9	2198	203	7	10	4176	2198
10	2201	203	7	10	8829	2201
11	2203	204	7	10	12840	2203
12	2206	204	7	10	12916	2206
13	2209	205	7	10	12943	2209
14	2212	205	7	10	12969	2212
15	2215	205	7	10	12995	2215
16	1880	158	7	10	10003	1880
17	2201	203	7	10	12869	2201
18	1149	203	7	10	12232	1149
19	1149	204	7	10	6875	1149
20	1150	204	7	10	5439	1150
21	1663	204	7	10	6403	1663
22	1663	204	7	10	9552	1663
23	1623	196	7	10	9188	1623
24	1505	174	7	10	8163	1505
25	1218	140	7	10	4922	1218
26	685	94	8	11	2508	685
27	147	32	24	32	429	147

Verticaal nr.	$dv$ [mm]	$k_{v;bot}$ [ $\text{kN/m}^3$ ]	$k_{v;top}$ [ $\text{kN/m}^3$ ]	$k_h$ [ $\text{kN/m}^3$ ]	$t_{max}$ [ $\text{kN/m}^2$ ]	$d_{max}$ [mm]
1	0	26710	16714	18697	0.05	7.5
2	0	318816	318816	223171	0.05	7.5
3	0	148634	148634	104044	0.05	7.5
4	0	450346	148634	315243	0.05	7.5

Verticaal nr.	dv [mm]	k_v;bot [kN/m³]	k_v;top [kN/m³]	k_h [kN/m³]	t_max [kN/m²]	d_max [mm]
5	0	391135	610777	273794	0.05	7.5
6	0	318816	593445	223171	0.05	7.5
7	0	281924	610777	197347	0.05	7.5
8	0	251673	610777	176171	0.05	7.5
9	0	279118	610777	195382	0.05	7.5
10	0	307064	610777	214945	0.05	7.5
11	0	335507	610777	234855	0.05	7.5
12	0	364443	610777	255110	0.05	7.5
13	0	423317	610777	296322	0.05	7.5
14	0	499586	518216	349710	0.05	7.5
15	0	575335	395024	402735	0.05	7.5
16	0	610777	275662	427544	0.05	7.5
17	0	610777	161361	427544	0.05	7.5
18	0	596192	190921	417335	0.05	7.5
19	0	471004	251495	329703	0.05	7.5
20	0	349165	313564	244415	0.05	7.5
21	0	253325	318816	177328	0.05	7.5
22	0	230124	318816	161087	0.05	7.5
23	0	318816	318816	223171	0.05	7.5
24	0	318816	318816	223171	0.05	7.5
25	0	318816	318816	223171	0.05	7.5
26	0	148634	126810	104044	0.05	7.5
27	0	11006	140264	7704	0.05	7.5

Maximale grondspanning : q\_v;n;max = 205 kN/m²  
 Maximale gereduceerde grondspanning : q\_v;r;n;max = 32 kN/m²  
 Maximale verticale beddingsconstante (zonder veiligheidsfactor)  
 alleen voor verticalen in diepe situatie : k\_v;max = 610777 kN/m³  
 Maximale verticale beddingsconstante (veiligheidsfactor toegepast)  
 alleen voor verticalen in diepe situatie : k\_v;max = 977243 kN/m³

#### 4.7 Grondmechanische Parameters 1xØ110mm PE100 SDR11 (7): leiding no. 7

De volgende gegevens en uitgangspunten zijn gehanteerd voor de sterkteberekening:

Merk op: veiligheidsfactoren niet toegepast.

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

Verticaal nr.	q_v;p [kN/m²]	q_v;n [kN/m²]	q_h;n [kN/m²]	q_v;r;n [kN/m²]	q_v;e [kN/m²]	q_h;e [kN/m²]
1	245	46	21	28	1025	245
2	1011	105	7	10	3709	1011
3	919	146	7	9	3888	919
4	1048	177	7	10	4731	1048
5	2155	196	7	10	12435	2155
6	560	202	7	10	9445	560
7	2192	202	7	10	5384	2192
8	2195	202	7	10	2324	2195
9	2198	203	7	10	4176	2198

Verticaal nr.	q_v;p [kN/m <sup>2</sup> ]	q_v;n [kN/m <sup>2</sup> ]	q_h;n [kN/m <sup>2</sup> ]	q_v;r;n [kN/m <sup>2</sup> ]	q_v;e [kN/m <sup>2</sup> ]	q_h;e [kN/m <sup>2</sup> ]
10	2201	203	7	10	8829	2201
11	2203	204	7	10	12840	2203
12	2206	204	7	10	12916	2206
13	2209	205	7	10	12943	2209
14	2212	205	7	10	12969	2212
15	2215	205	7	10	12995	2215
16	1880	158	7	10	10003	1880
17	2201	203	7	10	12869	2201
18	1149	203	7	10	12232	1149
19	1149	204	7	10	6875	1149
20	1150	204	7	10	5439	1150
21	1663	204	7	10	6403	1663
22	1663	204	7	10	9552	1663
23	1623	196	7	10	9188	1623
24	1505	174	7	10	8163	1505
25	1218	140	7	10	4922	1218
26	685	94	8	11	2508	685
27	147	32	24	32	429	147

Verticaal nr.	dv [mm]	k_v;bot [kN/m <sup>3</sup> ]	k_v;top [kN/m <sup>3</sup> ]	k_h [kN/m <sup>3</sup> ]	t_max [kN/m <sup>2</sup> ]	d_max [mm]
1	0	26710	16714	18697	0.05	7.5
2	0	318816	318816	223171	0.05	7.5
3	0	148634	148634	104044	0.05	7.5
4	0	450346	148634	315243	0.05	7.5
5	0	391135	610777	273794	0.05	7.5
6	0	318816	593445	223171	0.05	7.5
7	0	281924	610777	197347	0.05	7.5
8	0	251673	610777	176171	0.05	7.5
9	0	279118	610777	195382	0.05	7.5
10	0	307064	610777	214945	0.05	7.5
11	0	335507	610777	234855	0.05	7.5
12	0	364443	610777	255110	0.05	7.5
13	0	423317	610777	296322	0.05	7.5
14	0	499586	518216	349710	0.05	7.5
15	0	575335	395024	402735	0.05	7.5
16	0	610777	275662	427544	0.05	7.5
17	0	610777	161361	427544	0.05	7.5
18	0	596192	190921	417335	0.05	7.5
19	0	471004	251495	329703	0.05	7.5
20	0	349165	313564	244415	0.05	7.5
21	0	253325	318816	177328	0.05	7.5
22	0	230124	318816	161087	0.05	7.5
23	0	318816	318816	223171	0.05	7.5
24	0	318816	318816	223171	0.05	7.5
25	0	318816	318816	223171	0.05	7.5
26	0	148634	126810	104044	0.05	7.5
27	0	11006	140264	7704	0.05	7.5

Maximale grondspanning : q\_v;n;max = 205 kN/m<sup>2</sup>  
 Maximale gereduceerde grondspanning : q\_v;r;n;max = 32 kN/m<sup>2</sup>  
 Maximale verticale beddingsconstante (zonder veiligheidsfactor)  
 alleen voor verticalen in diepe situatie : k\_v;max = 610777 kN/m<sup>3</sup>  
 Maximale verticale beddingsconstante (veiligheidsfactor toegepast)  
 alleen voor verticalen in diepe situatie : k\_v;max = 977243 kN/m<sup>3</sup>

#### 4.8 Grondmechanische Parameters 1xØ110mm PE100 SDR11 (8): leiding no. 8

De volgende gegevens en uitgangspunten zijn gehanteerd voor de sterkteberekening:

Merk op: veiligheidsfactoren niet toegepast.

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

Verticaal nr.	q <sub>v;p</sub> [kN/m <sup>2</sup> ]	q <sub>v;n</sub> [kN/m <sup>2</sup> ]	q <sub>h;n</sub> [kN/m <sup>2</sup> ]	q <sub>v;r;n</sub> [kN/m <sup>2</sup> ]	q <sub>v;e</sub> [kN/m <sup>2</sup> ]	q <sub>h;e</sub> [kN/m <sup>2</sup> ]
1	245	46	21	28	1025	245
2	1011	105	7	10	3709	1011
3	919	146	7	9	3888	919
4	1048	177	7	10	4731	1048
5	2155	196	7	10	12435	2155
6	560	202	7	10	9445	560
7	2192	202	7	10	5384	2192
8	2195	202	7	10	2324	2195
9	2198	203	7	10	4176	2198
10	2201	203	7	10	8829	2201
11	2203	204	7	10	12840	2203
12	2206	204	7	10	12916	2206
13	2209	205	7	10	12943	2209
14	2212	205	7	10	12969	2212
15	2215	205	7	10	12995	2215
16	1880	158	7	10	10003	1880
17	2201	203	7	10	12869	2201
18	1149	203	7	10	12232	1149
19	1149	204	7	10	6875	1149
20	1150	204	7	10	5439	1150
21	1663	204	7	10	6403	1663
22	1663	204	7	10	9552	1663
23	1623	196	7	10	9188	1623
24	1505	174	7	10	8163	1505
25	1218	140	7	10	4922	1218
26	685	94	8	11	2508	685
27	147	32	24	32	429	147

Verticaal nr.	dv [mm]	k <sub>v;bot</sub> [kN/m <sup>3</sup> ]	k <sub>v;top</sub> [kN/m <sup>3</sup> ]	k <sub>h</sub> [kN/m <sup>3</sup> ]	t <sub>max</sub> [kN/m <sup>2</sup> ]	d <sub>max</sub> [mm]
1	0	26710	16714	18697	0.05	7.5
2	0	318816	318816	223171	0.05	7.5
3	0	148634	148634	104044	0.05	7.5
4	0	450346	148634	315243	0.05	7.5
5	0	391135	610777	273794	0.05	7.5
6	0	318816	593445	223171	0.05	7.5
7	0	281924	610777	197347	0.05	7.5
8	0	251673	610777	176171	0.05	7.5
9	0	279118	610777	195382	0.05	7.5
10	0	307064	610777	214945	0.05	7.5
11	0	335507	610777	234855	0.05	7.5
12	0	364443	610777	255110	0.05	7.5
13	0	423317	610777	296322	0.05	7.5
14	0	499586	518216	349710	0.05	7.5

Verticaal nr.	dv [mm]	k_v;bot [kN/m³]	k_v;top [kN/m³]	k_h [kN/m³]	t_max [kN/m²]	d_max [mm]
15	0	575335	395024	402735	0.05	7.5
16	0	610777	275662	427544	0.05	7.5
17	0	610777	161361	427544	0.05	7.5
18	0	596192	190921	417335	0.05	7.5
19	0	471004	251495	329703	0.05	7.5
20	0	349165	313564	244415	0.05	7.5
21	0	253325	318816	177328	0.05	7.5
22	0	230124	318816	161087	0.05	7.5
23	0	318816	318816	223171	0.05	7.5
24	0	318816	318816	223171	0.05	7.5
25	0	318816	318816	223171	0.05	7.5
26	0	148634	126810	104044	0.05	7.5
27	0	11006	140264	7704	0.05	7.5

Maximale grondspanning : q\_v;n;max = 205 kN/m²  
 Maximale gereduceerde grondspanning : q\_v;r;n;max = 32 kN/m²  
 Maximale verticale beddingsconstante (zonder veiligheidsfactor)  
 alleen voor verticalen in diepe situatie : k\_v;max = 610777 kN/m³  
 Maximale verticale beddingsconstante (veiligheidsfactor toegepast)  
 alleen voor verticalen in diepe situatie : k\_v;max = 977243 kN/m³

#### 4.9 Grondmechanische Parameters 1xØ110mm PE100 SDR11 (9): leiding no. 9

De volgende gegevens en uitgangspunten zijn gehanteerd voor de sterkteberekening:

Merk op: veiligheidsfactoren niet toegepast.

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

Verticaal nr.	q_v;p [kN/m²]	q_v;n [kN/m²]	q_h;n [kN/m²]	q_v;r;n [kN/m²]	q_v;e [kN/m²]	q_h;e [kN/m²]
1	245	46	21	28	1025	245
2	1011	105	7	10	3709	1011
3	919	146	7	9	3888	919
4	1048	177	7	10	4731	1048
5	2155	196	7	10	12435	2155
6	560	202	7	10	9445	560
7	2192	202	7	10	5384	2192
8	2195	202	7	10	2324	2195
9	2198	203	7	10	4176	2198
10	2201	203	7	10	8829	2201
11	2203	204	7	10	12840	2203
12	2206	204	7	10	12916	2206
13	2209	205	7	10	12943	2209
14	2212	205	7	10	12969	2212
15	2215	205	7	10	12995	2215
16	1880	158	7	10	10003	1880
17	2201	203	7	10	12869	2201
18	1149	203	7	10	12232	1149
19	1149	204	7	10	6875	1149

Verticaal nr.	q_v;p [kN/m <sup>2</sup> ]	q_v;n [kN/m <sup>2</sup> ]	q_h;n [kN/m <sup>2</sup> ]	q_v;r;n [kN/m <sup>2</sup> ]	q_v;e [kN/m <sup>2</sup> ]	q_h;e [kN/m <sup>2</sup> ]
20	1150	204	7	10	5439	1150
21	1663	204	7	10	6403	1663
22	1663	204	7	10	9552	1663
23	1623	196	7	10	9188	1623
24	1505	174	7	10	8163	1505
25	1218	140	7	10	4922	1218
26	685	94	8	11	2508	685
27	147	32	24	32	429	147

Verticaal nr.	dv [mm]	k_v;bot [kN/m <sup>3</sup> ]	k_v;top [kN/m <sup>3</sup> ]	k_h [kN/m <sup>3</sup> ]	t_max [kN/m <sup>2</sup> ]	d_max [mm]
1	0	26710	16714	18697	0.05	7.5
2	0	318816	318816	223171	0.05	7.5
3	0	148634	148634	104044	0.05	7.5
4	0	450346	148634	315243	0.05	7.5
5	0	391135	610777	273794	0.05	7.5
6	0	318816	593445	223171	0.05	7.5
7	0	281924	610777	197347	0.05	7.5
8	0	251673	610777	176171	0.05	7.5
9	0	279118	610777	195382	0.05	7.5
10	0	307064	610777	214945	0.05	7.5
11	0	335507	610777	234855	0.05	7.5
12	0	364443	610777	255110	0.05	7.5
13	0	423317	610777	296322	0.05	7.5
14	0	499586	518216	349710	0.05	7.5
15	0	575335	395024	402735	0.05	7.5
16	0	610777	275662	427544	0.05	7.5
17	0	610777	161361	427544	0.05	7.5
18	0	596192	190921	417335	0.05	7.5
19	0	471004	251495	329703	0.05	7.5
20	0	349165	313564	244415	0.05	7.5
21	0	253325	318816	177328	0.05	7.5
22	0	230124	318816	161087	0.05	7.5
23	0	318816	318816	223171	0.05	7.5
24	0	318816	318816	223171	0.05	7.5
25	0	318816	318816	223171	0.05	7.5
26	0	148634	126810	104044	0.05	7.5
27	0	11006	140264	7704	0.05	7.5

Maximale grondspanning : q\_v;n;max = 205 kN/m<sup>2</sup>  
 Maximale gereduceerde grondspanning : q\_v;r;n;max = 32 kN/m<sup>2</sup>  
 Maximale verticale beddingsconstante (zonder veiligheidsfactor)  
 alleen voor verticalen in diepe situatie : k\_v;max = 610777 kN/m<sup>3</sup>  
 Maximale verticale beddingsconstante (veiligheidsfactor toegepast)  
 alleen voor verticalen in diepe situatie : k\_v;max = 977243 kN/m<sup>3</sup>

#### 4.10 Grondmechanische Parameters 1xØ110mm PE100 SDR11 (10): leiding no. 10

De volgende gegevens en uitgangspunten zijn gehanteerd voor de sterkteberekening:

Merk op: veiligheidsfactoren niet toegepast.

q_v;p	Passieve grondspanning	kN/m <sup>2</sup>
q_v;n	Neutrale grondspanning	kN/m <sup>2</sup>
q_h;n	Neutrale horizontale grondspanning	kN/m <sup>2</sup>
q_v;r;n	Gereduceerde neutrale grondspanning	kN/m <sup>2</sup>
q_v;e	Verticaal evenwichtsdragvermogen	kN/m <sup>2</sup>
q_h;e	Horizontaal evenwichtsdragvermogen	kN/m <sup>2</sup>
dv	Verticale verplaatsing	mm
k_v;bot	Verticaal beddingsgetal omlaag	kN/m <sup>3</sup>
k_v;top	Verticaal beddingsgetal omhoog	kN/m <sup>3</sup>

k_h	Horizontaal beddinggetal	kN/m <sup>3</sup>
t_max	Maximale wrijving leiding-boorvloeistof	kN/m <sup>2</sup>
d_max	Corresponderende verplaatsing bij mobilisatie maximale wrijving	mm

Verticaal nr.	q_v;p [kN/m²]	q_v;n [kN/m²]	q_h;n [kN/m²]	q_v;r;n [kN/m²]	q_v;e [kN/m²]	q_h;e [kN/m²]
1	245	46	21	28	1025	245
2	1011	105	7	10	3709	1011
3	919	146	7	9	3888	919
4	1048	177	7	10	4731	1048
5	2155	196	7	10	12435	2155
6	560	202	7	10	9445	560
7	2192	202	7	10	5384	2192
8	2195	202	7	10	2324	2195
9	2198	203	7	10	4176	2198
10	2201	203	7	10	8829	2201
11	2203	204	7	10	12840	2203
12	2206	204	7	10	12916	2206
13	2209	205	7	10	12943	2209
14	2212	205	7	10	12969	2212
15	2215	205	7	10	12995	2215
16	1880	158	7	10	10003	1880
17	2201	203	7	10	12869	2201
18	1149	203	7	10	12232	1149
19	1149	204	7	10	6875	1149
20	1150	204	7	10	5439	1150
21	1663	204	7	10	6403	1663
22	1663	204	7	10	9552	1663
23	1623	196	7	10	9188	1623
24	1505	174	7	10	8163	1505
25	1218	140	7	10	4922	1218
26	685	94	8	11	2508	685
27	147	32	24	32	429	147

Verticaal nr.	dv [mm]	k_v;bot [kN/m³]	k_v;top [kN/m³]	k_h [kN/m³]	t_max [kN/m²]	d_max [mm]
1	0	26710	16714	18697	0.05	7.5
2	0	318816	318816	223171	0.05	7.5
3	0	148634	148634	104044	0.05	7.5
4	0	450346	148634	315243	0.05	7.5
5	0	391135	610777	273794	0.05	7.5
6	0	318816	593445	223171	0.05	7.5
7	0	281924	610777	197347	0.05	7.5
8	0	251673	610777	176171	0.05	7.5
9	0	279118	610777	195382	0.05	7.5
10	0	307064	610777	214945	0.05	7.5
11	0	335507	610777	234855	0.05	7.5
12	0	364443	610777	255110	0.05	7.5
13	0	423317	610777	296322	0.05	7.5
14	0	499586	518216	349710	0.05	7.5
15	0	575335	395024	402735	0.05	7.5
16	0	610777	275662	427544	0.05	7.5
17	0	610777	161361	427544	0.05	7.5
18	0	596192	190921	417335	0.05	7.5
19	0	471004	251495	329703	0.05	7.5
20	0	349165	313564	244415	0.05	7.5
21	0	253325	318816	177328	0.05	7.5
22	0	230124	318816	161087	0.05	7.5
23	0	318816	318816	223171	0.05	7.5
24	0	318816	318816	223171	0.05	7.5
25	0	318816	318816	223171	0.05	7.5
26	0	148634	126810	104044	0.05	7.5

Verticaal nr.	dv [mm]	k_v;bot [kN/m³]	k_v;top [kN/m³]	k_h [kN/m³]	t_max [kN/m²]	d_max [mm]
27	0	11006	140264	7704	0.05	7.5

Maximale grondspanning :  $q_{v;n;max} = 205 \text{ kN/m}^2$   
 Maximale gereduceerde grondspanning :  $q_{v;r;n;max} = 32 \text{ kN/m}^2$   
 Maximale verticale beddingsconstante (zonder veiligheidsfactor)  
 alleen voor verticalen in diepe situatie :  $k_{v;max} = 610777 \text{ kN/m}^3$   
 Maximale verticale beddingsconstante (veiligheidsfactor toegepast)  
 alleen voor verticalen in diepe situatie :  $k_{v;max} = 977243 \text{ kN/m}^3$

#### 4.11 Grondmechanische Parameters 1xØ110mm PE100 SDR11 (11): leiding no. 11

De volgende gegevens en uitgangspunten zijn gehanteerd voor de sterkteberekening:

Merk op: veiligheidsfactoren niet toegepast.

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

Verticaal nr.	q_v;p [kN/m²]	q_v;n [kN/m²]	q_h;n [kN/m²]	q_v;r;n [kN/m²]	q_v;e [kN/m²]	q_h;e [kN/m²]
1	245	46	21	28	1025	245
2	1011	105	7	10	3709	1011
3	919	146	7	9	3888	919
4	1048	177	7	10	4731	1048
5	2155	196	7	10	12435	2155
6	560	202	7	10	9445	560
7	2192	202	7	10	5384	2192
8	2195	202	7	10	2324	2195
9	2198	203	7	10	4176	2198
10	2201	203	7	10	8829	2201
11	2203	204	7	10	12840	2203
12	2206	204	7	10	12916	2206
13	2209	205	7	10	12943	2209
14	2212	205	7	10	12969	2212
15	2215	205	7	10	12995	2215
16	1880	158	7	10	10003	1880
17	2201	203	7	10	12869	2201
18	1149	203	7	10	12232	1149
19	1149	204	7	10	6875	1149
20	1150	204	7	10	5439	1150
21	1663	204	7	10	6403	1663
22	1663	204	7	10	9552	1663
23	1623	196	7	10	9188	1623
24	1505	174	7	10	8163	1505
25	1218	140	7	10	4922	1218
26	685	94	8	11	2508	685
27	147	32	24	32	429	147



Verticaal nr.	dv [mm]	k_v;bot [kN/m³]	k_v;top [kN/m³]	k_h [kN/m³]	t_max [kN/m²]	d_max [mm]
1	0	26710	16714	18697	0.05	7.5
2	0	318816	318816	223171	0.05	7.5
3	0	148634	148634	104044	0.05	7.5
4	0	450346	148634	315243	0.05	7.5
5	0	391135	610777	273794	0.05	7.5
6	0	318816	593445	223171	0.05	7.5
7	0	281924	610777	197347	0.05	7.5
8	0	251673	610777	176171	0.05	7.5
9	0	279118	610777	195382	0.05	7.5
10	0	307064	610777	214945	0.05	7.5
11	0	335507	610777	234855	0.05	7.5
12	0	364443	610777	255110	0.05	7.5
13	0	423317	610777	296322	0.05	7.5
14	0	499586	518216	349710	0.05	7.5
15	0	575335	395024	402735	0.05	7.5
16	0	610777	275662	427544	0.05	7.5
17	0	610777	161361	427544	0.05	7.5
18	0	596192	190921	417335	0.05	7.5
19	0	471004	251495	329703	0.05	7.5
20	0	349165	313564	244415	0.05	7.5
21	0	253325	318816	177328	0.05	7.5
22	0	230124	318816	161087	0.05	7.5
23	0	318816	318816	223171	0.05	7.5
24	0	318816	318816	223171	0.05	7.5
25	0	318816	318816	223171	0.05	7.5
26	0	148634	126810	104044	0.05	7.5
27	0	11006	140264	7704	0.05	7.5

Maximale grondspanning :  $q_{v;n,max} = 205 \text{ kN/m}^2$   
 Maximale gereduceerde grondspanning :  $q_{v;r;n,max} = 32 \text{ kN/m}^2$   
 Maximale verticale beddingsconstante (zonder veiligheidsfactor)  
 alleen voor verticalen in diepe situatie :  $k_{v,max} = 610777 \text{ kN/m}^3$   
 Maximale verticale beddingsconstante (veiligheidsfactor toegepast)  
 alleen voor verticalen in diepe situatie :  $k_{v,max} = 977243 \text{ kN/m}^3$

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

Laag nummer	Materiaalnaam	Bepalingstype
17	Zand (los)	Gebruikerswaarden
16	Leem	Gebruikerswaarden
15	Zand (los)	Gebruikerswaarden
14	Klei (matig)	Gebruikerswaarden
13	Leem	Gebruikerswaarden
12	Klei (vast)	Gebruikerswaarden
11	Zand (matig)	Gebruikerswaarden
10	Leem	Gebruikerswaarden
9	Zand (los)	Gebruikerswaarden
8	Zand (matig)	Gebruikerswaarden
7	Klei (matig)	Gebruikerswaarden
6	Zand (los)	Gebruikerswaarden
5	Zand (vast)	Gebruikerswaarden
4	Zand (los)	Gebruikerswaarden
3	Zand zwak (zwak grind)	Gebruikerswaarden
2	Klei (vast)	Gebruikerswaarden
1	Zand (vast)	Gebruikerswaarden

Laag nummer	Verticaal 1 (X=-10 m)		Verticaal 2 (X=10 m)		Verticaal 3 (X=30 m)		Verticaal 4 (X=50 m)	
	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]
17	25.000	25.000	25.000	25.000	25.000	25.000	25.000	25.000
16	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000
15	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
14	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000
13	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000
12	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000
11	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000
10	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000
9	25.000	25.000	25.000	25.000	25.000	25.000	25.000	25.000
8	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000
7	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000
6	25.000	25.000	25.000	25.000	25.000	25.000	25.000	25.000
5	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000
4	25.000	25.000	25.000	25.000	25.000	25.000	25.000	25.000
3	90.000	90.000	90.000	90.000	90.000	90.000	90.000	90.000
2	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000
1	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000

Laag nummer	Verticaal 5 (X=70 m)		Verticaal 6 (X=90 m)		Verticaal 7 (X=110 m)		Verticaal 8 (X=130 m)	
	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]
17	25.000	25.000	25.000	25.000	25.000	25.000	25.000	25.000
16	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000
15	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
14	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000
13	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000
12	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000
11	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000
10	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000
9	25.000	25.000	25.000	25.000	25.000	25.000	25.000	25.000
8	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000
7	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000
6	25.000	25.000	25.000	25.000	25.000	25.000	25.000	25.000
5	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000
4	25.000	25.000	25.000	25.000	25.000	25.000	25.000	25.000
3	90.000	90.000	90.000	90.000	90.000	90.000	90.000	90.000
2	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000
1	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000

Laag nummer	Verticaal 9 (X=150 m)		Verticaal 10 (X=170 m)		Verticaal 11 (X=190 m)		Verticaal 12 (X=210 m)	
	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]
17	25.000	25.000	25.000	25.000	25.000	25.000	25.000	25.000
16	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000
15	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
14	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000
13	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000
12	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000
11	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000
10	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000
9	25.000	25.000	25.000	25.000	25.000	25.000	25.000	25.000
8	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000
7	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000
6	25.000	25.000	25.000	25.000	25.000	25.000	25.000	25.000
5	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000
4	25.000	25.000	25.000	25.000	25.000	25.000	25.000	25.000
3	90.000	90.000	90.000	90.000	90.000	90.000	90.000	90.000
2	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000

Laag nummer	Verticaal 9 (X=150 m)		Verticaal 10 (X=170 m)		Verticaal 11 (X=190 m)		Verticaal 12 (X=210 m)	
	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]
1	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000

Laag nummer	Verticaal 13 (X=230 m)		Verticaal 14 (X=250 m)		Verticaal 15 (X=270 m)		Verticaal 16 (X=290 m)	
	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]
17	25.000	25.000	25.000	25.000	25.000	25.000	n.v.t.	n.v.t.
16	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	n.v.t.	n.v.t.
15	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
14	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000
13	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000
12	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000
11	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000
10	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000
9	25.000	25.000	25.000	25.000	25.000	25.000	25.000	25.000
8	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000
7	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000
6	25.000	25.000	25.000	25.000	25.000	25.000	25.000	25.000
5	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000
4	25.000	25.000	25.000	25.000	25.000	25.000	25.000	25.000
3	90.000	90.000	90.000	90.000	90.000	90.000	90.000	90.000
2	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000
1	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000

Laag nummer	Verticaal 17 (X=310 m)		Verticaal 18 (X=330 m)		Verticaal 19 (X=350 m)		Verticaal 20 (X=370 m)	
	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]
17	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
16	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
15	25.000	25.000	25.000	25.000	25.000	25.000	25.000	25.000
14	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000
13	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000
12	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000
11	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000
10	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000
9	25.000	25.000	25.000	25.000	25.000	25.000	25.000	25.000
8	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000
7	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000
6	25.000	25.000	25.000	25.000	25.000	25.000	25.000	25.000
5	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000
4	25.000	25.000	25.000	25.000	25.000	25.000	25.000	25.000
3	90.000	90.000	90.000	90.000	90.000	90.000	90.000	90.000
2	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000
1	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000

Laag nummer	Verticaal 21 (X=390 m)		Verticaal 22 (X=410 m)		Verticaal 23 (X=430 m)		Verticaal 24 (X=450 m)	
	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]
17	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
16	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
15	25.000	25.000	25.000	25.000	25.000	25.000	25.000	25.000
14	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000
13	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000
12	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000
11	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000
10	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000
9	25.000	25.000	25.000	25.000	25.000	25.000	25.000	25.000
8	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000
7	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000
6	25.000	25.000	25.000	25.000	25.000	25.000	25.000	25.000

Laag nummer	Verticaal 21 (X=390 m)		Verticaal 22 (X=410 m)		Verticaal 23 (X=430 m)		Verticaal 24 (X=450 m)	
	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]
5	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000
4	25.000	25.000	25.000	25.000	25.000	25.000	25.000	25.000
3	90.000	90.000	90.000	90.000	90.000	90.000	90.000	90.000
2	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000
1	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000

Laag nummer	Verticaal 25 (X=470 m)		Verticaal 26 (X=490 m)		Verticaal 27 (X=510 m)	
	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]
17	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
16	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
15	25.000	25.000	25.000	25.000	25.000	25.000
14	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000
13	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000
12	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000
11	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000
10	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000
9	25.000	25.000	25.000	25.000	25.000	25.000
8	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000
7	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000
6	25.000	25.000	25.000	25.000	25.000	25.000
5	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000
4	25.000	25.000	25.000	25.000	25.000	25.000
3	90.000	90.000	90.000	90.000	90.000	90.000
2	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000
1	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000

## 5 Gegevens voor Spanningsanalyse

### 5.1 Algemene gegevens

Aantal leidingen in bundel	:	Npipes= 11 [-]
Diameter leiding	:	Do = 110.00 mm
Nominale wanddikte	:	t = 10.00 mm
Volumegegewicht leidingmateriaal	:	gamma_s = 9.54 kN/m <sup>3</sup>
Diameter leiding	:	Do = 110.00 mm
Nominale wanddikte	:	t = 10.00 mm
Volumegegewicht leidingmateriaal	:	gamma_s = 9.54 kN/m <sup>3</sup>
Diameter leiding	:	Do = 110.00 mm
Nominale wanddikte	:	t = 10.00 mm
Volumegegewicht leidingmateriaal	:	gamma_s = 9.54 kN/m <sup>3</sup>
Diameter leiding	:	Do = 110.00 mm
Nominale wanddikte	:	t = 10.00 mm
Volumegegewicht leidingmateriaal	:	gamma_s = 9.54 kN/m <sup>3</sup>
Diameter leiding	:	Do = 110.00 mm
Nominale wanddikte	:	t = 10.00 mm
Volumegegewicht leidingmateriaal	:	gamma_s = 9.54 kN/m <sup>3</sup>
Diameter leiding	:	Do = 110.00 mm
Nominale wanddikte	:	t = 10.00 mm
Volumegegewicht leidingmateriaal	:	gamma_s = 9.54 kN/m <sup>3</sup>
Diameter leiding	:	Do = 110.00 mm
Nominale wanddikte	:	t = 10.00 mm
Volumegegewicht leidingmateriaal	:	gamma_s = 9.54 kN/m <sup>3</sup>
Diameter leiding	:	Do = 110.00 mm
Nominale wanddikte	:	t = 10.00 mm
Volumegegewicht leidingmateriaal	:	gamma_s = 9.54 kN/m <sup>3</sup>
Diameter leiding	:	Do = 110.00 mm
Nominale wanddikte	:	t = 10.00 mm
Volumegegewicht leidingmateriaal	:	gamma_s = 9.54 kN/m <sup>3</sup>
Diameter leiding	:	Do = 110.00 mm
Nominale wanddikte	:	t = 10.00 mm
Volumegegewicht leidingmateriaal	:	gamma_s = 9.54 kN/m <sup>3</sup>
Diameter leiding	:	Do = 110.00 mm
Nominale wanddikte	:	t = 10.00 mm
Volumegegewicht leidingmateriaal	:	gamma_s = 9.54 kN/m <sup>3</sup>
Volumegegewicht boorvloeistof	:	gamma_b = 11.50 kN/m <sup>3</sup>
Gecombineerde kromtestraal	:	Rmin = 212.132 m
Kromtestraal op rollenbaan (intrekboog)	:	Rrol = 200.000 m
Wrijvingscoëfficiënt leiding/rollenbaan	:	f1 = 0.10
Wrijving tussen leiding en boorvloeistof	:	f2 = 0.000050 N/mm <sup>2</sup>
Wrijvingscoëfficiënt leiding/grond	:	f3 = 0.20
Maximale verticale beddingsconstante (zonder veiligheidsfactor)	:	k_v;max = 148286 kN/m <sup>3</sup>

## 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	:	120	[kg/m]	
Gewicht productbuis (inclusief vulling)	:	33	[kg/m]	
		-----		
Resultaat	:	87	[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 ( $f_1 = 0.10$  )
- wrijving tussen buis en boorvloeistof ( $f_2 = 0.000050$  [N/mm<sup>2</sup>] )
- wrijving tussen buis en grond ( $f_3 = 0.20$  )

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

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

Karakteristieke punten	Lengte leiding in gat (m)	Karakteristieke waarde voor de trekkraft (kN)
T1	0	18
T2	14	21
T3	108	49
T4	431	133
T5	525	164
T6	541	168

De berekende waarden van de trekkraft zijn karakteristieke waarden waarop nog een totaal factor voor stochastische variatie en modelonzekerheid ( $f$ ) van 1.4 moet worden toegepast in de sterkte berekening, volgens art. E.1.2.1 van NEN 3650-1:2012. In de volgende sterkteberekening is een factor van 1.40 voor staal en 1.40 voor PE gebruikt en een belasting factor van 1.10 voor staal en 1.00 voor PE.

## 6 Spanningsanalyse van 1xØ110mm PE100 SDR11 (1): leiding no. 1

### 6.1 Materiaalgegevens van 1xØ110mm PE100 SDR11 (1): leiding no. 1

De volgende gegevens en uitgangspunten zijn gehanteerd voor de sterkteberekening:

Leiding materiaal	: Polyetheen PE100
Buiten- diameter	: Do = 110.00 mm
Nominale wanddikte	: t = 10.00 mm
Ontwerpdruk	: pd = 0.00 bar
Test druk	: pt = 0.00 bar
Temperatuur variatie	: dt = 0.00 deg Celcius
Lengte leiding	: L = 541 m
Elasticiteitsmodulus (kort)	: E = 975 N/mm <sup>2</sup>
Elasticiteitsmodulus (lang)	: E = 350 N/mm <sup>2</sup>
Toelaatbare spanning (kort)	: S = 10 N/mm <sup>2</sup>
Toelaatbare spanning (lang)	: S = 8 N/mm <sup>2</sup>
Importantie factor (S)	: S = 1.00
Constante van Poisson	: nu = 0.40
Volumegewicht leidingmateriaal	: gamma_s = 9.54 kN/m <sup>3</sup>
Opleghoek	: beta = 30 graden
Belastingshoek	: alfa = 30 graden
Momentcoëfficiënt grond top (indirect)	: kt' = 0.078
Momentcoëfficiënt grond bodem (indirect)	: kb' = 0.179
Momentcoëfficiënt grond top (direct)	: kt = 0.257
Momentcoëfficiënt bodem (direct)	: kb = 0.257
Deflectiecoëfficiënt (indirect)	: ky' = 0.071
Deflectiecoëfficiënt (direct)	: ky = 0.143
Maximale gereduc. vert. grondbelasting (zonder veiligheidsfactor)	: q_v;r;n;max = 32 kN/m <sup>2</sup>
Verkeersbelasting (zonder veiligheidsfactor)	: q_v = 0 kN/m <sup>2</sup>
Maximale verticale beddingsconstante (zonder veiligheidsfactor)	: k_v;max = 610777 kN/m <sup>3</sup>
Belastingsfactor aanlegbelasting	: f_install = 1.00
Belastingsfactor gereduc. neut. grondspanning q_n;r	: f_Qnr = 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
Belastingsfactor verkeersbelasting	: f_v = 1.00
Onzekerheidsfactor kromte straal	: f_R = 1.10
Onzekerheidsfactor beddingsconstante	: f_kv = 1.60
Onzekerheidsfactor buigend moment	: f_k = 1.40
Totaalfactor op trekkracht voor stoch. varia. en modelonzekerheid	: f = 1.40
Lineaire uitzettingscoëfficiënt gemiddeld tussen t 1 en t 2 ,	: alpha_g = 0.00018 mm/mmK

### 6.2 Resultaten Spanningsanalyse van 1xØ110mm 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 10.0 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:

$\sigma_b = M_b/W_b = f_k \cdot E \cdot I_b / (R_{rol} \cdot W_b)$	=	0.38	[N/mm <sup>2</sup> ]
$\sigma_t = f \cdot f_{install} \cdot T_1/A = f \cdot f_{install} (L_{rol} \cdot Q \cdot f_1)/A$	=	0.72	[N/mm <sup>2</sup> ]
Maximale axiale spanning $\sigma_{a,max}$	=	0.97	[N/mm <sup>2</sup> ]
De tangentele spanning is in deze fase verwaarloosbaar.			

### 6.2.2 Belasting Combinatie 1B: Einde Trekoperatie

Axiale spanning:

$\sigma_b = M_b/W_b = f_k \cdot E \cdot I_b / (R_{min} \cdot W_b)$	=	0.35	N/mm <sup>2</sup>
$\sigma_t = f \cdot f_{install} \cdot T_{max}/A$	=	6.80	N/mm <sup>2</sup>
Maximale axiale spanning $\sigma_{a,max}$	=	7.03	N/mm <sup>2</sup>

Tangentele spanning:

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

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

$\lambda = (f_{kv} \cdot k_v \cdot D_o / (4 \cdot E \cdot I))^{0.25}$	=	9.1E-3	mm <sup>-1</sup>
$q_r$	=	0.004893	N/mm <sup>2</sup>
$\sigma_{qr} = k' \cdot q_r \cdot (r_g/W_w) \cdot D_o$	=	0.29	N/mm <sup>2</sup>
Maximale tangentele spanning $\sigma_{t,max}$	=	0.29	N/mm <sup>2</sup>

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

Ten gevolge van inwendige druk :

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

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

Axiale spanning:

$\sigma_b = M_b/W_b = f_k \cdot E \cdot I_b / (R_{rol} \cdot W_b)$	=	0.13	N/mm <sup>2</sup>
Maximale axiale spanning $\sigma_{a,max}$	=	0.08	N/mm <sup>2</sup>

Tangentele spanning:

$\sigma_{qr} = k' \cdot q_r \cdot (r_g/W_w) \cdot D_o$	=	0.17	N/mm <sup>2</sup>
$\sigma_{qn} = k \cdot q_n \cdot (r_g/W_w) \cdot D_o$	=	2.71	N/mm <sup>2</sup>
Maximale tangentele spanning $\sigma_{t,max}$	=	1.87	N/mm <sup>2</sup>



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

Axiale spanning:

$$\sigma_b = M_b/W_b = f_k E \cdot I_b / (R_{rol} \cdot W_b) = 0.13 \text{ N/mm}^2$$

Ten gevolge van inwendige druk :

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

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

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

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

$$\text{Maximale axiale spanning } \sigma_{a,max} = 0.08 \text{ N/mm}^2$$

Tangentiele spanning:

$$\sigma_{qr} = k' \cdot q_r \cdot (r_g/W_w) \cdot D_o = 0.17 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{qn} = k \cdot q_n \cdot (r_g/W_w) \cdot D_o = 2.71 \text{ N/mm}^2$$

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

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

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

$$\text{Maximale tangentielle spanning } \sigma_{t,max} = 1.87 \text{ N/mm}^2$$

### 6.3 Controle van de Berekende Spanningen van 1xØ110mm PE100 SDR11 (1): leiding no. 1

Belasting combinatie 1

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

Belasting combinatie 2

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

Belasting combinatie 3

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

Belasting combinatie 4

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

Voor alle spanningssituaties zijn de spanningen toelaatbaar.

	Max toelaatbare spanning [N/mm²]	Spannings combinatie 1A	Spannings combinatie 1B	Spannings combinatie 2	Spannings combinatie 3	Spannings combinatie 4
$\sigma_{ptest}$	10.00 (kort)	-	-	0.00	-	-
$\sigma_{py}$	8.00 (lang)	-	-	0.00	-	-
$\sigma_{axiaal}$	10.00 (kort)	0.97	7.03	-	-	-
$\sigma_{axiaal}$	8.00 (lang)	-	-	-	0.08	0.08
$\sigma_{tang...}$	10.00 (kort)	-	0.29	-	-	-
$\sigma_{tang...}$	8.00 (lang)	-	-	-	1.87	1.87

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

De deflectie van de leiding is 1.3 mm (1.20% x Do). De maximaal toelaatbare deflectie van de leiding is 8.8 mm (8.00% x S x Do). De deflectie is toelaatbaar.

De maximaal toelaatbare deflectie voor piggability is 5.5 mm (5.00% x Do). De deflectie is toelaatbaar.

#### **6.3.4 Toetsing op Implosie van 1xØ110mm 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 288 kN/m<sup>2</sup>, dit is kleiner dan de toelaatbare alzijdige uitwendige druk van 1548 kN/m<sup>2</sup>.

Tijdens de bedrijfstoestand wordt de leiding belast door de heersende waterdruk. De uitwendige waterdruk op de leiding is gelijk aan 169 kN/m<sup>2</sup>, dit is kleiner dan de toelaatbare alzijdige uitwendige druk van 278 kN/m<sup>2</sup>.

## 7 Spanningsanalyse van 1xØ110mm PE100 SDR11 (2): leiding no. 2

### 7.1 Materiaalgegevens van 1xØ110mm PE100 SDR11 (2): leiding no. 2

De volgende gegevens en uitgangspunten zijn gehanteerd voor de sterkteberekening:

Leiding materiaal	: Polyetheen PE100
Buiten- diameter	: Do = 110.00 mm
Nominale wanddikte	: t = 10.00 mm
Ontwerpdruk	: pd = 0.00 bar
Test druk	: pt = 0.00 bar
Temperatuur variatie	: dt = 0.00 deg Celcius
Lengte leiding	: L = 541 m
Elasticiteitsmodulus (kort)	: E = 975 N/mm <sup>2</sup>
Elasticiteitsmodulus (lang)	: E = 350 N/mm <sup>2</sup>
Toelaatbare spanning (kort)	: S = 10 N/mm <sup>2</sup>
Toelaatbare spanning (lang)	: S = 8 N/mm <sup>2</sup>
Importantie factor (S)	: S = 1.00
Constante van Poisson	: nu = 0.40
Volumegewicht leidingmateriaal	: gamma_s = 9.54 kN/m <sup>3</sup>
Opleghoek	: beta = 30 graden
Belastingshoek	: alfa = 30 graden
Momentcoëfficiënt grond top (indirect)	: kt' = 0.078
Momentcoëfficiënt grond bodem (indirect)	: kb' = 0.179
Momentcoëfficiënt grond top (direct)	: kt = 0.257
Momentcoëfficiënt bodem (direct)	: kb = 0.257
Deflectiecoëfficiënt (indirect)	: ky' = 0.071
Deflectiecoëfficiënt (direct)	: ky = 0.143
Maximale gereduc. vert. grondbelasting (zonder veiligheidsfactor)	: q_v;r;n;max = 32 kN/m <sup>2</sup>
Verkeersbelasting (zonder veiligheidsfactor)	: q_v = 0 kN/m <sup>2</sup>
Maximale verticale beddingsconstante (zonder veiligheidsfactor)	: k_v;max = 610777 kN/m <sup>3</sup>
Belastingsfactor aanlegbelasting	: f_install = 1.00
Belastingsfactor gereduc. neut. grondspanning q_n;r	: f_Qnr = 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
Belastingsfactor verkeersbelasting	: f_v = 1.00
Onzekerheidsfactor kromte straal	: f_R = 1.10
Onzekerheidsfactor beddingsconstante	: f_kv = 1.60
Onzekerheidsfactor buigend moment	: f_k = 1.40
Totaalfactor op trekkracht voor stoch. varia. en modelonzekerheid	: f = 1.40
Lineaire uitzettingscoëfficiënt gemiddeld tussen t 1 en t 2 ,	: alpha_g = 0.00018 mm/mmK

### 7.2 Resultaten Spanningsanalyse van 1xØ110mm 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 10.0 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:

$\sigma_b = M_b/W_b = f_k \cdot E \cdot I_b / (R_{rol} \cdot W_b)$	=	0.38	[N/mm <sup>2</sup> ]
$\sigma_t = f \cdot f_{install} \cdot T_1/A = f \cdot f_{install} (L_{rol} \cdot Q \cdot f_1)/A$	=	0.72	[N/mm <sup>2</sup> ]
Maximale axiale spanning $\sigma_{a,max}$	=	0.97	[N/mm <sup>2</sup> ]
De tangentele spanning is in deze fase verwaarloosbaar.			

### 7.2.2 Belasting Combinatie 1B: Einde Trekoperatie

Axiale spanning:

$\sigma_b = M_b/W_b = f_k \cdot E \cdot I_b / (R_{min} \cdot W_b)$	=	0.35	N/mm <sup>2</sup>
$\sigma_t = f \cdot f_{install} \cdot T_{max}/A$	=	6.80	N/mm <sup>2</sup>
Maximale axiale spanning $\sigma_{a,max}$	=	7.03	N/mm <sup>2</sup>

Tangentele spanning:

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

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

$\lambda = (f_{kv} \cdot k_v \cdot D_o / (4 \cdot E \cdot I))^{0.25}$	=	9.1E-3	mm <sup>-1</sup>
$q_r$	=	0.004893	N/mm <sup>2</sup>
$\sigma_{qr} = k' \cdot q_r \cdot (r_g/W_w) \cdot D_o$	=	0.29	N/mm <sup>2</sup>
Maximale tangentele spanning $\sigma_{t,max}$	=	0.29	N/mm <sup>2</sup>

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

Ten gevolge van inwendige druk :

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

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

Axiale spanning:

$\sigma_b = M_b/W_b = f_k \cdot E \cdot I_b / (R_{rol} \cdot W_b)$	=	0.13	N/mm <sup>2</sup>
Maximale axiale spanning $\sigma_{a,max}$	=	0.08	N/mm <sup>2</sup>

Tangentele spanning:

$\sigma_{qr} = k' \cdot q_r \cdot (r_g/W_w) \cdot D_o$	=	0.17	N/mm <sup>2</sup>
$\sigma_{qn} = k \cdot q_n \cdot (r_g/W_w) \cdot D_o$	=	2.71	N/mm <sup>2</sup>
Maximale tangentele spanning $\sigma_{t,max}$	=	1.87	N/mm <sup>2</sup>

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

Axiale spanning:

$$\sigma_b = M_b/W_b = f_k E \cdot I_b / (R_{rol} \cdot W_b) = 0.13 \text{ N/mm}^2$$

Ten gevolge van inwendige druk :

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

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

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

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

$$\text{Maximale axiale spanning } \sigma_{a,max} = 0.08 \text{ N/mm}^2$$

Tangentiele spanning:

$$\sigma_{qr} = k' \cdot q_r \cdot (r_g/W_w) \cdot D_o = 0.17 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{qn} = k \cdot q_n \cdot (r_g/W_w) \cdot D_o = 2.71 \text{ N/mm}^2$$

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

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

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

$$\text{Maximale tangentielle spanning } \sigma_{t,max} = 1.87 \text{ N/mm}^2$$

### 7.3 Controle van de Berekende Spanningen van 1xØ110mm PE100 SDR11 (2): leiding no. 2

Belasting combinatie 1

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

Belasting combinatie 2

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

Belasting combinatie 3

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

Belasting combinatie 4

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

Voor alle spanningssituaties zijn de spanningen toelaatbaar.

	Max toelaatbare spanning [N/mm²]	Spannings combinatie 1A	Spannings combinatie 1B	Spannings combinatie 2	Spannings combinatie 3	Spannings combinatie 4
$\sigma_{ptest}$	10.00 (kort)	-	-	0.00	-	-
$\sigma_{py}$	8.00 (lang)	-	-	0.00	-	-
$\sigma_{axiaal}$	10.00 (kort)	0.97	7.03	-	-	-
$\sigma_{axiaal}$	8.00 (lang)	-	-	-	0.08	0.08
$\sigma_{tang...}$	10.00 (kort)	-	0.29	-	-	-
$\sigma_{tang...}$	8.00 (lang)	-	-	-	1.87	1.87

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

De deflectie van de leiding is 1.3 mm (1.20% x Do). De maximaal toelaatbare deflectie van de leiding is 8.8 mm (8.00% x S x Do). De deflectie is toelaatbaar.

De maximaal toelaatbare deflectie voor piggability is 5.5 mm (5.00% x Do). De deflectie is toelaatbaar.

#### **7.3.4 Toetsing op Implosie van 1xØ110mm 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 288 kN/m<sup>2</sup>, dit is kleiner dan de toelaatbare alzijdige uitwendige druk van 1548 kN/m<sup>2</sup>.

Tijdens de bedrijfstoestand wordt de leiding belast door de heersende waterdruk. De uitwendige waterdruk op de leiding is gelijk aan 169 kN/m<sup>2</sup>, dit is kleiner dan de toelaatbare alzijdige uitwendige druk van 278 kN/m<sup>2</sup>.

## 8 Spanningsanalyse van 1xØ110mm PE100 SDR11 (3): leiding no. 3

### 8.1 Materiaalgegevens van 1xØ110mm PE100 SDR11 (3): leiding no. 3

De volgende gegevens en uitgangspunten zijn gehanteerd voor de sterkteberekening:

Leiding materiaal	: Polyetheen PE100
Buiten- diameter	: Do = 110.00 mm
Nominale wanddikte	: t = 10.00 mm
Ontwerpdruk	: pd = 0.00 bar
Test druk	: pt = 0.00 bar
Temperatuur variatie	: dt = 0.00 deg Celcius
Lengte leiding	: L = 541 m
Elasticiteitsmodulus (kort)	: E = 975 N/mm <sup>2</sup>
Elasticiteitsmodulus (lang)	: E = 350 N/mm <sup>2</sup>
Toelaatbare spanning (kort)	: S = 10 N/mm <sup>2</sup>
Toelaatbare spanning (lang)	: S = 8 N/mm <sup>2</sup>
Importantie factor (S)	: S = 1.00
Constante van Poisson	: nu = 0.40
Volumegegewicht leidingmateriaal	: gamma_s = 9.54 kN/m <sup>3</sup>
Opleghoek	: beta = 30 graden
Belastingshoek	: alfa = 30 graden
Momentcoëfficiënt grond top (indirect)	: kt' = 0.078
Momentcoëfficiënt grond bodem (indirect)	: kb' = 0.179
Momentcoëfficiënt grond top (direct)	: kt = 0.257
Momentcoëfficiënt bodem (direct)	: kb = 0.257
Deflectiecoëfficiënt (indirect)	: ky' = 0.071
Deflectiecoëfficiënt (direct)	: ky = 0.143
Maximale gereduc. vert. grondbelasting (zonder veiligheidsfactor)	: q_v;r;n;max = 32 kN/m <sup>2</sup>
Verkeersbelasting (zonder veiligheidsfactor)	: q_v = 0 kN/m <sup>2</sup>
Maximale verticale beddingsconstante (zonder veiligheidsfactor)	: k_v;max = 610777 kN/m <sup>3</sup>
Belastingsfactor aanlegbelasting	: f_install = 1.00
Belastingsfactor gereduc. neut. grondspanning q_n;r	: f_Qnr = 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
Belastingsfactor verkeersbelasting	: f_v = 1.00
Onzekerheidsfactor kromte straal	: f_R = 1.10
Onzekerheidsfactor beddingsconstante	: f_kv = 1.60
Onzekerheidsfactor buigend moment	: f_k = 1.40
Totaalfactor op trekkracht voor stoch. varia. en modelonzekerheid	: f = 1.40
Lineaire uitzettingscoëfficiënt gemiddeld tussen t 1 en t 2 ,	: alpha_g = 0.00018 mm/mmK

### 8.2 Resultaten Spanningsanalyse van 1xØ110mm 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 10.0 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:

$\sigma_b = M_b/W_b = f_k \cdot E \cdot I_b / (R_{rol} \cdot W_b)$	=	0.38	[N/mm <sup>2</sup> ]
$\sigma_t = f \cdot f_{install} \cdot T_1/A = f \cdot f_{install} (L_{rol} \cdot Q \cdot f_1)/A$	=	0.72	[N/mm <sup>2</sup> ]
Maximale axiale spanning $\sigma_{a,max}$	=	0.97	[N/mm <sup>2</sup> ]
De tangentele spanning is in deze fase verwaarloosbaar.			

### 8.2.2 Belasting Combinatie 1B: Einde Trekoperatie

Axiale spanning:

$\sigma_b = M_b/W_b = f_k \cdot E \cdot I_b / (R_{min} \cdot W_b)$	=	0.35	N/mm <sup>2</sup>
$\sigma_t = f \cdot f_{install} \cdot T_{max}/A$	=	6.80	N/mm <sup>2</sup>
Maximale axiale spanning $\sigma_{a,max}$	=	7.03	N/mm <sup>2</sup>

Tangentele spanning:

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

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

$\lambda = (f_k \cdot k_v \cdot D_o / (4 \cdot E \cdot I))^{0.25}$	=	9.1E-3	mm <sup>-1</sup>
$q_r$	=	0.004893	N/mm <sup>2</sup>
$\sigma_{qr} = k' \cdot q_r \cdot (r_g/W_w) \cdot D_o$	=	0.29	N/mm <sup>2</sup>
Maximale tangentele spanning $\sigma_{t,max}$	=	0.29	N/mm <sup>2</sup>

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

Ten gevolge van inwendige druk :

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

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

Axiale spanning:

$\sigma_b = M_b/W_b = f_k \cdot E \cdot I_b / (R_{rol} \cdot W_b)$	=	0.13	N/mm <sup>2</sup>
Maximale axiale spanning $\sigma_{a,max}$	=	0.08	N/mm <sup>2</sup>

Tangentele spanning:

$\sigma_{qr} = k' \cdot q_r \cdot (r_g/W_w) \cdot D_o$	=	0.17	N/mm <sup>2</sup>
$\sigma_{qn} = k \cdot q_n \cdot (r_g/W_w) \cdot D_o$	=	2.71	N/mm <sup>2</sup>
Maximale tangentele spanning $\sigma_{t,max}$	=	1.87	N/mm <sup>2</sup>



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

Axiale spanning:

$$\sigma_b = M_b/W_b = f_k E \cdot I_b / (R_{rol} \cdot W_b) = 0.13 \text{ N/mm}^2$$

Ten gevolge van inwendige druk :

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

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

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

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

$$\text{Maximale axiale spanning } \sigma_{a,max} = 0.08 \text{ N/mm}^2$$

Tangentiele spanning:

$$\sigma_{qr} = k' \cdot q_r \cdot (r_g/W_w) \cdot D_o = 0.17 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{qn} = k \cdot q_n \cdot (r_g/W_w) \cdot D_o = 2.71 \text{ N/mm}^2$$

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

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

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

$$\text{Maximale tangentielle spanning } \sigma_{t,max} = 1.87 \text{ N/mm}^2$$

### 8.3 Controle van de Berekende Spanningen van 1xØ110mm PE100 SDR11 (3): leiding no. 3

Belasting combinatie 1

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

Belasting combinatie 2

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

Belasting combinatie 3

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

Belasting combinatie 4

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

Voor alle spanningssituaties zijn de spanningen toelaatbaar.

	Max toelaatbare spanning [N/mm²]	Spannings combinatie 1A	Spannings combinatie 1B	Spannings combinatie 2	Spannings combinatie 3	Spannings combinatie 4
$\sigma_{ptest}$	10.00 (kort)	-	-	0.00	-	-
$\sigma_{py}$	8.00 (lang)	-	-	0.00	-	-
$\sigma_{axiaal}$	10.00 (kort)	0.97	7.03	-	-	-
$\sigma_{axiaal}$	8.00 (lang)	-	-	-	0.08	0.08
$\sigma_{tang...}$	10.00 (kort)	-	0.29	-	-	-
$\sigma_{tang...}$	8.00 (lang)	-	-	-	1.87	1.87

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

De deflectie van de leiding is 1.3 mm (1.20% x Do). De maximaal toelaatbare deflectie van de leiding is 8.8 mm (8.00% x S x Do). De deflectie is toelaatbaar.

De maximaal toelaatbare deflectie voor piggability is 5.5 mm (5.00% x Do). De deflectie is toelaatbaar.

#### **8.3.4 Toetsing op Implosie van 1xØ110mm 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 288 kN/m<sup>2</sup>, dit is kleiner dan de toelaatbare alzijdige uitwendige druk van 1548 kN/m<sup>2</sup>.

Tijdens de bedrijfstoestand wordt de leiding belast door de heersende waterdruk. De uitwendige waterdruk op de leiding is gelijk aan 169 kN/m<sup>2</sup>, dit is kleiner dan de toelaatbare alzijdige uitwendige druk van 278 kN/m<sup>2</sup>.

## 9 Spanningsanalyse van 1xØ110mm PE100 SDR11 (4): leiding no. 4

### 9.1 Materiaalgegevens van 1xØ110mm PE100 SDR11 (4): leiding no. 4

De volgende gegevens en uitgangspunten zijn gehanteerd voor de sterkteberekening:

Leiding materiaal	: Polyetheen PE100
Buiten- diameter	: $D_o = 110.00$ mm
Nominale wanddikte	: $t = 10.00$ mm
Ontwerpdruk	: $p_d = 0.00$ bar
Test druk	: $p_t = 0.00$ bar
Temperatuur variatie	: $\Delta t = 0.00$ deg Celcius
Lengte leiding	: $L = 541$ m
Elasticiteitsmodulus (kort)	: $E = 975$ N/mm <sup>2</sup>
Elasticiteitsmodulus (lang)	: $E = 350$ N/mm <sup>2</sup>
Toelaatbare spanning (kort)	: $S = 10$ N/mm <sup>2</sup>
Toelaatbare spanning (lang)	: $S = 8$ N/mm <sup>2</sup>
Importantie factor (S)	: $S = 1.00$
Constante van Poisson	: $\nu = 0.40$
Volumegewicht leidingmateriaal	: $\gamma_s = 9.54$ kN/m <sup>3</sup>
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 gereduc. vert. grondbelasting (zonder veiligheidsfactor)	: $q_{v;r;n;\max} = 32$ kN/m <sup>2</sup>
Verkeersbelasting (zonder veiligheidsfactor)	: $q_v = 0$ kN/m <sup>2</sup>
Maximale verticale beddingsconstante (zonder veiligheidsfactor)	: $k_{v;\max} = 610777$ kN/m <sup>3</sup>
Belastingsfactor aanlegbelasting	: $f_{\text{install}} = 1.00$
Belastingsfactor gereduc. neut. grondspanning $q_{n;r}$	: $f_{Qnr} = 1.00$
Belastingsfactor ontwerpdruk	: $f_{pd} = 1.00$
Belastingsfactor ontwerpdruk (combinatie)	: $f_{pd;\text{comb}} = 1.00$
Belastingsfactor testdruk	: $f_{pt} = 1.00$
Belastingsfactor temperatuur	: $f_{\text{temp}} = 1.00$
Belastingsfactor verkeersbelasting	: $f_v = 1.00$
Onzekerheidsfactor kromte straal	: $f_R = 1.10$
Onzekerheidsfactor beddingsconstante	: $f_{kv} = 1.60$
Onzekerheidsfactor buigend moment	: $f_k = 1.40$
Totaalfactor op trekkracht voor stoch. varia. en modelonzekerheid	: $f = 1.40$
Lineaire uitzettingscoëfficiënt gemiddeld tussen $t_1$ en $t_2$	: $\alpha_g = 0.00018$ mm/mmK

### 9.2 Resultaten Spanningsanalyse van 1xØ110mm 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 10.0 mm. Hierna wordt door middel van een berekening conform NEN 3650 serie aangetoond dat deze wanddikte voldoet

#### 9.2.1 Belasting Combinatie 1A: Begin Trekoperatie

Axiale spanning:

$\sigma_b = M_b/W_b = f_k \cdot E \cdot I_b / (R_{rol} \cdot W_b)$	=	0.38	[N/mm <sup>2</sup> ]
$\sigma_t = f \cdot f_{install} \cdot T_1/A = f \cdot f_{install} (L_{rol} \cdot Q \cdot f_1)/A$	=	0.72	[N/mm <sup>2</sup> ]
Maximale axiale spanning $\sigma_{a,max}$	=	0.97	[N/mm <sup>2</sup> ]
De tangentele spanning is in deze fase verwaarloosbaar.			

### 9.2.2 Belasting Combinatie 1B: Einde Trekoperatie

Axiale spanning:

$\sigma_b = M_b/W_b = f_k \cdot E \cdot I_b / (R_{min} \cdot W_b)$	=	0.35	N/mm <sup>2</sup>
$\sigma_t = f \cdot f_{install} \cdot T_{max}/A$	=	6.80	N/mm <sup>2</sup>
Maximale axiale spanning $\sigma_{a,max}$	=	7.03	N/mm <sup>2</sup>

Tangentele spanning:

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

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

$\lambda = (f_{kv} \cdot k_v \cdot D_o / (4 \cdot E \cdot I))^{0.25}$	=	9.1E-3	mm <sup>-1</sup>
$q_r$	=	0.004893	N/mm <sup>2</sup>
$\sigma_{qr} = k' \cdot q_r \cdot (r_g/W_w) \cdot D_o$	=	0.29	N/mm <sup>2</sup>
Maximale tangentele spanning $\sigma_{t,max}$	=	0.29	N/mm <sup>2</sup>

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

Ten gevolge van inwendige druk :

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

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

Axiale spanning:

$\sigma_b = M_b/W_b = f_k \cdot E \cdot I_b / (R_{rol} \cdot W_b)$	=	0.13	N/mm <sup>2</sup>
Maximale axiale spanning $\sigma_{a,max}$	=	0.08	N/mm <sup>2</sup>

Tangentele spanning:

$\sigma_{qr} = k' \cdot q_r \cdot (r_g/W_w) \cdot D_o$	=	0.17	N/mm <sup>2</sup>
$\sigma_{qn} = k \cdot q_n \cdot (r_g/W_w) \cdot D_o$	=	2.71	N/mm <sup>2</sup>
Maximale tangentele spanning $\sigma_{t,max}$	=	1.87	N/mm <sup>2</sup>

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

Axiale spanning:

$$\sigma_b = M_b/W_b = f_k \cdot E \cdot I_b / (R_{rol} \cdot W_b) = 0.13 \text{ N/mm}^2$$

Ten gevolge van inwendige druk :

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

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

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

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

$$\text{Maximale axiale spanning } \sigma_{a,max} = 0.08 \text{ N/mm}^2$$

Tangentiele spanning:

$$\sigma_{qr} = k' \cdot q_r \cdot (r_g/W_w) \cdot D_o = 0.17 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{qn} = k \cdot q_n \cdot (r_g/W_w) \cdot D_o = 2.71 \text{ N/mm}^2$$

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

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

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

$$\text{Maximale tangentielle spanning } \sigma_{t,max} = 1.87 \text{ N/mm}^2$$

### 9.3 Controle van de Berekende Spanningen van 1xØ110mm PE100 SDR11 (4): leiding no. 4

Belasting combinatie 1

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

Belasting combinatie 2

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

Belasting combinatie 3

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

Belasting combinatie 4

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

Voor alle spanningssituaties zijn de spanningen toelaatbaar.

	Max toelaatbare spanning [N/mm²]	Spannings combinatie 1A	Spannings combinatie 1B	Spannings combinatie 2	Spannings combinatie 3	Spannings combinatie 4
$\sigma_{ptest}$	10.00 (kort)	-	-	0.00	-	-
$\sigma_{py}$	8.00 (lang)	-	-	0.00	-	-
$\sigma_{axiaal}$	10.00 (kort)	0.97	7.03	-	-	-
$\sigma_{axiaal}$	8.00 (lang)	-	-	-	0.08	0.08
$\sigma_{tang...}$	10.00 (kort)	-	0.29	-	-	-
$\sigma_{tang...}$	8.00 (lang)	-	-	-	1.87	1.87

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

De deflectie van de leiding is 1.3 mm (1.20% x Do). De maximaal toelaatbare deflectie van de leiding is 8.8 mm (8.00% x S x Do). De deflectie is toelaatbaar.

De maximaal toelaatbare deflectie voor piggability is 5.5 mm (5.00% x Do). De deflectie is toelaatbaar.

#### **9.3.4 Toetsing op Implosie van 1xØ110mm 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 288 kN/m<sup>2</sup>, dit is kleiner dan de toelaatbare alzijdige uitwendige druk van 1548 kN/m<sup>2</sup>.

Tijdens de bedrijfstoestand wordt de leiding belast door de heersende waterdruk. De uitwendige waterdruk op de leiding is gelijk aan 169 kN/m<sup>2</sup>, dit is kleiner dan de toelaatbare alzijdige uitwendige druk van 278 kN/m<sup>2</sup>.



## 10 Spanningsanalyse van 1xØ110mm PE100 SDR11 (5): leiding no. 5

### 10.1 Materiaalgegevens van 1xØ110mm PE100 SDR11 (5): leiding no. 5

De volgende gegevens en uitgangspunten zijn gehanteerd voor de sterkteberekening:

Leiding materiaal	: Polyetheen PE100
Buiten- diameter	: $D_o = 110.00$ mm
Nominale wanddikte	: $t = 10.00$ mm
Ontwerpdruk	: $p_d = 0.00$ bar
Test druk	: $p_t = 0.00$ bar
Temperatuur variatie	: $\Delta t = 0.00$ deg Celcius
Lengte leiding	: $L = 541$ m
Elasticiteitsmodulus (kort)	: $E = 975$ N/mm <sup>2</sup>
Elasticiteitsmodulus (lang)	: $E = 350$ N/mm <sup>2</sup>
Toelaatbare spanning (kort)	: $S = 10$ N/mm <sup>2</sup>
Toelaatbare spanning (lang)	: $S = 8$ N/mm <sup>2</sup>
Importantie factor (S)	: $S = 1.00$
Constante van Poisson	: $\nu = 0.40$
Volumegewicht leidingmateriaal	: $\gamma_s = 9.54$ kN/m <sup>3</sup>
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 gereduc. vert. grondbelasting (zonder veiligheidsfactor)	: $q_{v;r;n;\max} = 32$ kN/m <sup>2</sup>
Verkeersbelasting (zonder veiligheidsfactor)	: $q_v = 0$ kN/m <sup>2</sup>
Maximale verticale beddingsconstante (zonder veiligheidsfactor)	: $k_{v;\max} = 610777$ kN/m <sup>3</sup>
Belastingsfactor aanlegbelasting	: $f_{\text{install}} = 1.00$
Belastingsfactor gereduc. neut. grondspanning $q_{n;r}$	: $f_{Qnr} = 1.00$
Belastingsfactor ontwerpdruk	: $f_{pd} = 1.00$
Belastingsfactor ontwerpdruk (combinatie)	: $f_{pd;\text{comb}} = 1.00$
Belastingsfactor testdruk	: $f_{pt} = 1.00$
Belastingsfactor temperatuur	: $f_{\text{temp}} = 1.00$
Belastingsfactor verkeersbelasting	: $f_v = 1.00$
Onzekerheidsfactor kromte straal	: $f_R = 1.10$
Onzekerheidsfactor beddingsconstante	: $f_{kv} = 1.60$
Onzekerheidsfactor buigend moment	: $f_k = 1.40$
Totaalfactor op trekkracht voor stoch. varia. en modelonzekerheid	: $f = 1.40$
Lineaire uitzettingscoëfficiënt gemiddeld tussen $t_1$ en $t_2$	: $\alpha_g = 0.00018$ mm/mmK

### 10.2 Resultaten Spanningsanalyse van 1xØ110mm PE100 SDR11 (5): leiding no. 5

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

#### 10.2.1 Belasting Combinatie 1A: Begin Trekoperatie

Axiale spanning:

$\sigma_b = M_b/W_b = f_k \cdot E \cdot I_b / (R_{rol} \cdot W_b)$	=	0.38	[N/mm <sup>2</sup> ]
$\sigma_t = f \cdot f_{install} \cdot T_1/A = f \cdot f_{install} (L_{rol} \cdot Q \cdot f_1)/A$	=	0.72	[N/mm <sup>2</sup> ]
Maximale axiale spanning $\sigma_{a,max}$	=	0.97	[N/mm <sup>2</sup> ]
De tangentele spanning is in deze fase verwaarloosbaar.			

### 10.2.2 Belasting Combinatie 1B: Einde Trekoperatie

Axiale spanning:

$\sigma_b = M_b/W_b = f_k \cdot E \cdot I_b / (R_{min} \cdot W_b)$	=	0.35	N/mm <sup>2</sup>
$\sigma_t = f \cdot f_{install} \cdot T_{max}/A$	=	6.80	N/mm <sup>2</sup>
Maximale axiale spanning $\sigma_{a,max}$	=	7.03	N/mm <sup>2</sup>

Tangentele spanning:

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

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

$\lambda = (f_k \cdot k_v \cdot D_o / (4 \cdot E \cdot I))^{0.25}$	=	9.1E-3	mm <sup>-1</sup>
$q_r$	=	0.004893	N/mm <sup>2</sup>
$\sigma_{qr} = k' \cdot q_r \cdot (r_g/W_w) \cdot D_o$	=	0.29	N/mm <sup>2</sup>
Maximale tangentele spanning $\sigma_{t,max}$	=	0.29	N/mm <sup>2</sup>

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

Ten gevolge van inwendige druk :

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

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

Axiale spanning:

$\sigma_b = M_b/W_b = f_k \cdot E \cdot I_b / (R_{rol} \cdot W_b)$	=	0.13	N/mm <sup>2</sup>
Maximale axiale spanning $\sigma_{a,max}$	=	0.08	N/mm <sup>2</sup>

Tangentele spanning:

$\sigma_{qr} = k' \cdot q_r \cdot (r_g/W_w) \cdot D_o$	=	0.17	N/mm <sup>2</sup>
$\sigma_{qn} = k \cdot q_n \cdot (r_g/W_w) \cdot D_o$	=	2.71	N/mm <sup>2</sup>
Maximale tangentele spanning $\sigma_{t,max}$	=	1.87	N/mm <sup>2</sup>

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

Axiale spanning:

$$\sigma_b = M_b/W_b = f_k E \cdot I_b / (R_{rol} \cdot W_b) = 0.13 \text{ N/mm}^2$$

Ten gevolge van inwendige druk :

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

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

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

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

$$\text{Maximale axiale spanning } \sigma_{a,max} = 0.08 \text{ N/mm}^2$$

Tangentiele spanning:

$$\sigma_{qr} = k' \cdot q_r \cdot (r_g/W_w) \cdot D_o = 0.17 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{qn} = k \cdot q_n \cdot (r_g/W_w) \cdot D_o = 2.71 \text{ N/mm}^2$$

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

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

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

$$\text{Maximale tangentielle spanning } \sigma_{t,max} = 1.87 \text{ N/mm}^2$$

### 10.3 Controle van de Berekende Spanningen van 1xØ110mm PE100 SDR11 (5): leiding no. 5

Belasting combinatie 1

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

Belasting combinatie 2

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

Belasting combinatie 3

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

Belasting combinatie 4

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

Voor alle spanningssituaties zijn de spanningen toelaatbaar.

	Max toelaatbare spanning [N/mm²]	Spannings combinatie 1A	Spannings combinatie 1B	Spannings combinatie 2	Spannings combinatie 3	Spannings combinatie 4
$\sigma_{ptest}$	10.00 (kort)	-	-	0.00	-	-
$\sigma_{py}$	8.00 (lang)	-	-	0.00	-	-
$\sigma_{axiaal}$	10.00 (kort)	0.97	7.03	-	-	-
$\sigma_{axiaal}$	8.00 (lang)	-	-	-	0.08	0.08
$\sigma_{tang...}$	10.00 (kort)	-	0.29	-	-	-
$\sigma_{tang...}$	8.00 (lang)	-	-	-	1.87	1.87

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

De deflectie van de leiding is 1.3 mm (1.20% x Do). De maximaal toelaatbare deflectie van de leiding is 8.8 mm (8.00% x S x Do). De deflectie is toelaatbaar.

De maximaal toelaatbare deflectie voor piggability is 5.5 mm (5.00% x Do). De deflectie is toelaatbaar.

#### **10.3.4 Toetsing op Implosie van 1xØ110mm PE100 SDR11 (5): leiding no. 5**

Tijdens het intrekken wordt de leiding belast door de heersende bentonietdruk. De hoogste minimaal benodigde druk tijdens het intrekken is gelijk aan 288 kN/m<sup>2</sup>, dit is kleiner dan de toelaatbare alzijdige uitwendige druk van 1548 kN/m<sup>2</sup>.

Tijdens de bedrijfstoestand wordt de leiding belast door de heersende waterdruk. De uitwendige waterdruk op de leiding is gelijk aan 169 kN/m<sup>2</sup>, dit is kleiner dan de toelaatbare alzijdige uitwendige druk van 278 kN/m<sup>2</sup>.

## 11 Spanningsanalyse van 1xØ110mm PE100 SDR11 (6): leiding no. 6

### 11.1 Materiaalgegevens van 1xØ110mm PE100 SDR11 (6): leiding no. 6

De volgende gegevens en uitgangspunten zijn gehanteerd voor de sterkteberekening:

Leiding materiaal	: Polyetheen PE100
Buiten- diameter	: $D_o = 110.00$ mm
Nominale wanddikte	: $t = 10.00$ mm
Ontwerpdruk	: $p_d = 0.00$ bar
Test druk	: $p_t = 0.00$ bar
Temperatuur variatie	: $\Delta t = 0.00$ deg Celcius
Lengte leiding	: $L = 541$ m
Elasticiteitsmodulus (kort)	: $E = 975$ N/mm <sup>2</sup>
Elasticiteitsmodulus (lang)	: $E = 350$ N/mm <sup>2</sup>
Toelaatbare spanning (kort)	: $S = 10$ N/mm <sup>2</sup>
Toelaatbare spanning (lang)	: $S = 8$ N/mm <sup>2</sup>
Importantie factor (S)	: $S = 1.00$
Constante van Poisson	: $\nu = 0.40$
Volumegewicht leidingmateriaal	: $\gamma_s = 9.54$ kN/m <sup>3</sup>
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 gereduc. vert. grondbelasting (zonder veiligheidsfactor)	: $q_{v;r;n;\max} = 32$ kN/m <sup>2</sup>
Verkeersbelasting (zonder veiligheidsfactor)	: $q_v = 0$ kN/m <sup>2</sup>
Maximale verticale beddingsconstante (zonder veiligheidsfactor)	: $k_{v;\max} = 610777$ kN/m <sup>3</sup>
Belastingsfactor aanlegbelasting	: $f_{\text{install}} = 1.00$
Belastingsfactor gereduc. neut. grondspanning $q_{n;r}$	: $f_{Qnr} = 1.00$
Belastingsfactor ontwerpdruk	: $f_{pd} = 1.00$
Belastingsfactor ontwerpdruk (combinatie)	: $f_{pd;\text{comb}} = 1.00$
Belastingsfactor testdruk	: $f_{pt} = 1.00$
Belastingsfactor temperatuur	: $f_{\text{temp}} = 1.00$
Belastingsfactor verkeersbelasting	: $f_v = 1.00$
Onzekerheidsfactor kromte straal	: $f_R = 1.10$
Onzekerheidsfactor beddingsconstante	: $f_{kv} = 1.60$
Onzekerheidsfactor buigend moment	: $f_k = 1.40$
Totaalfactor op trekkracht voor stoch. varia. en modelonzekerheid	: $f = 1.40$
Lineaire uitzettingscoëfficiënt gemiddeld tussen $t_1$ en $t_2$	: $\alpha_g = 0.00018$ mm/mmK

### 11.2 Resultaten Spanningsanalyse van 1xØ110mm PE100 SDR11 (6): leiding no. 6

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

#### 11.2.1 Belasting Combinatie 1A: Begin Trekoperatie

Axiale spanning:

$\sigma_b = M_b/W_b = f_k \cdot E \cdot I_b / (R_{rol} \cdot W_b)$	=	0.38	[N/mm <sup>2</sup> ]
$\sigma_t = f \cdot f_{install} \cdot T_1/A = f \cdot f_{install} (L_{rol} \cdot Q \cdot f_1)/A$	=	0.72	[N/mm <sup>2</sup> ]
Maximale axiale spanning $\sigma_{a,max}$	=	0.97	[N/mm <sup>2</sup> ]
De tangentele spanning is in deze fase verwaarloosbaar.			

### 11.2.2 Belasting Combinatie 1B: Einde Trekoperatie

Axiale spanning:

$\sigma_b = M_b/W_b = f_k \cdot E \cdot I_b / (R_{min} \cdot W_b)$	=	0.35	N/mm <sup>2</sup>
$\sigma_t = f \cdot f_{install} \cdot T_{max}/A$	=	6.80	N/mm <sup>2</sup>
Maximale axiale spanning $\sigma_{a,max}$	=	7.03	N/mm <sup>2</sup>

Tangentele spanning:

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

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

$\lambda = (f_k \cdot k_v \cdot D_o / (4 \cdot E \cdot I))^{0.25}$	=	9.1E-3	mm <sup>-1</sup>
$q_r$	=	0.004893	N/mm <sup>2</sup>
$\sigma_{qr} = k' \cdot q_r \cdot (r_g/W_w) \cdot D_o$	=	0.29	N/mm <sup>2</sup>
Maximale tangentele spanning $\sigma_{t,max}$	=	0.29	N/mm <sup>2</sup>

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

Ten gevolge van inwendige druk :

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

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

Axiale spanning:

$\sigma_b = M_b/W_b = f_k \cdot E \cdot I_b / (R_{rol} \cdot W_b)$	=	0.13	N/mm <sup>2</sup>
Maximale axiale spanning $\sigma_{a,max}$	=	0.08	N/mm <sup>2</sup>

Tangentele spanning:

$\sigma_{qr} = k' \cdot q_r \cdot (r_g/W_w) \cdot D_o$	=	0.17	N/mm <sup>2</sup>
$\sigma_{qn} = k \cdot q_n \cdot (r_g/W_w) \cdot D_o$	=	2.71	N/mm <sup>2</sup>
Maximale tangentele spanning $\sigma_{t,max}$	=	1.87	N/mm <sup>2</sup>



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

Axiale spanning:

$$\sigma_b = M_b/W_b = f_k E \cdot I_b / (R_{rol} \cdot W_b) = 0.13 \text{ N/mm}^2$$

Ten gevolge van inwendige druk :

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

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

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

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

$$\text{Maximale axiale spanning } \sigma_{a,max} = 0.08 \text{ N/mm}^2$$

Tangentiele spanning:

$$\sigma_{qr} = k' \cdot q_r \cdot (r_g/W_w) \cdot D_o = 0.17 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{qn} = k \cdot q_n \cdot (r_g/W_w) \cdot D_o = 2.71 \text{ N/mm}^2$$

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

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

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

$$\text{Maximale tangentielle spanning } \sigma_{t,max} = 1.87 \text{ N/mm}^2$$

### 11.3 Controle van de Berekende Spanningen van 1xØ110mm PE100 SDR11 (6): leiding no. 6

Belasting combinatie 1

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

Belasting combinatie 2

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

Belasting combinatie 3

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

Belasting combinatie 4

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

Voor alle spanningssituaties zijn de spanningen toelaatbaar.

	Max toelaatbare spanning [N/mm²]	Spannings combinatie 1A	Spannings combinatie 1B	Spannings combinatie 2	Spannings combinatie 3	Spannings combinatie 4
$\sigma_{ptest}$	10.00 (kort)	-	-	0.00	-	-
$\sigma_{py}$	8.00 (lang)	-	-	0.00	-	-
$\sigma_{axiaal}$	10.00 (kort)	0.97	7.03	-	-	-
$\sigma_{axiaal}$	8.00 (lang)	-	-	-	0.08	0.08
$\sigma_{tang...}$	10.00 (kort)	-	0.29	-	-	-
$\sigma_{tang...}$	8.00 (lang)	-	-	-	1.87	1.87

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

De deflectie van de leiding is 1.3 mm (1.20% x Do). De maximaal toelaatbare deflectie van de leiding is 8.8 mm (8.00% x S x Do). De deflectie is toelaatbaar.

De maximaal toelaatbare deflectie voor piggability is 5.5 mm (5.00% x Do). De deflectie is toelaatbaar.

#### **11.3.4 Toetsing op Implosie van 1xØ110mm PE100 SDR11 (6): leiding no. 6**

Tijdens het intrekken wordt de leiding belast door de heersende bentonietdruk. De hoogste minimaal benodigde druk tijdens het intrekken is gelijk aan 288 kN/m<sup>2</sup>, dit is kleiner dan de toelaatbare alzijdige uitwendige druk van 1548 kN/m<sup>2</sup>.

Tijdens de bedrijfstoestand wordt de leiding belast door de heersende waterdruk. De uitwendige waterdruk op de leiding is gelijk aan 169 kN/m<sup>2</sup>, dit is kleiner dan de toelaatbare alzijdige uitwendige druk van 278 kN/m<sup>2</sup>.

## 12 Spanningsanalyse van 1xØ110mm PE100 SDR11 (7): leiding no. 7

### 12.1 Materiaalgegevens van 1xØ110mm PE100 SDR11 (7): leiding no. 7

De volgende gegevens en uitgangspunten zijn gehanteerd voor de sterkteberekening:

Leiding materiaal	: Polyetheen PE100
Buiten- diameter	: $D_o = 110.00$ mm
Nominale wanddikte	: $t = 10.00$ mm
Ontwerpdruk	: $p_d = 0.00$ bar
Test druk	: $p_t = 0.00$ bar
Temperatuur variatie	: $\Delta t = 0.00$ deg Celcius
Lengte leiding	: $L = 541$ m
Elasticiteitsmodulus (kort)	: $E = 975$ N/mm <sup>2</sup>
Elasticiteitsmodulus (lang)	: $E = 350$ N/mm <sup>2</sup>
Toelaatbare spanning (kort)	: $S = 10$ N/mm <sup>2</sup>
Toelaatbare spanning (lang)	: $S = 8$ N/mm <sup>2</sup>
Importantie factor (S)	: $S = 1.00$
Constante van Poisson	: $\nu = 0.40$
Volumegewicht leidingmateriaal	: $\gamma_s = 9.54$ kN/m <sup>3</sup>
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 gereduc. vert. grondbelasting (zonder veiligheidsfactor)	: $q_{v;r;n;\max} = 32$ kN/m <sup>2</sup>
Verkeersbelasting (zonder veiligheidsfactor)	: $q_v = 0$ kN/m <sup>2</sup>
Maximale verticale beddingsconstante (zonder veiligheidsfactor)	: $k_{v;\max} = 610777$ kN/m <sup>3</sup>
Belastingsfactor aanlegbelasting	: $f_{\text{install}} = 1.00$
Belastingsfactor gereduc. neut. grondspanning $q_{n;r}$	: $f_{Qnr} = 1.00$
Belastingsfactor ontwerpdruk	: $f_{pd} = 1.00$
Belastingsfactor ontwerpdruk (combinatie)	: $f_{pd;\text{comb}} = 1.00$
Belastingsfactor testdruk	: $f_{pt} = 1.00$
Belastingsfactor temperatuur	: $f_{\text{temp}} = 1.00$
Belastingsfactor verkeersbelasting	: $f_v = 1.00$
Onzekerheidsfactor kromte straal	: $f_R = 1.10$
Onzekerheidsfactor beddingsconstante	: $f_{kv} = 1.60$
Onzekerheidsfactor buigend moment	: $f_k = 1.40$
Totaalfactor op trekkracht voor stoch. varia. en modelonzekerheid	: $f = 1.40$
Lineaire uitzettingscoëfficiënt gemiddeld tussen $t_1$ en $t_2$	: $\alpha_g = 0.00018$ mm/mmK

### 12.2 Resultaten Spanningsanalyse van 1xØ110mm PE100 SDR11 (7): leiding no. 7

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

#### 12.2.1 Belasting Combinatie 1A: Begin Trekoperatie

Axiale spanning:

$\sigma_b = M_b/W_b = f_k \cdot E \cdot I_b / (R_{rol} \cdot W_b)$	=	0.38	[N/mm <sup>2</sup> ]
$\sigma_t = f \cdot f_{install} \cdot T_1/A = f \cdot f_{install} (L_{rol} \cdot Q \cdot f_1)/A$	=	0.72	[N/mm <sup>2</sup> ]
Maximale axiale spanning $\sigma_{a,max}$	=	0.97	[N/mm <sup>2</sup> ]
De tangentele spanning is in deze fase verwaarloosbaar.			

### 12.2.2 Belasting Combinatie 1B: Einde Trekoperatie

Axiale spanning:

$\sigma_b = M_b/W_b = f_k \cdot E \cdot I_b / (R_{min} \cdot W_b)$	=	0.35	N/mm <sup>2</sup>
$\sigma_t = f \cdot f_{install} \cdot T_{max}/A$	=	6.80	N/mm <sup>2</sup>
Maximale axiale spanning $\sigma_{a,max}$	=	7.03	N/mm <sup>2</sup>

Tangentele spanning:

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

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

$\lambda = (f_{kv} \cdot k_v \cdot D_o / (4 \cdot E \cdot I))^{0.25}$	=	9.1E-3	mm <sup>-1</sup>
$q_r$	=	0.004893	N/mm <sup>2</sup>
$\sigma_{qr} = k' \cdot q_r \cdot (r_g/W_w) \cdot D_o$	=	0.29	N/mm <sup>2</sup>
Maximale tangentele spanning $\sigma_{t,max}$	=	0.29	N/mm <sup>2</sup>

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

Ten gevolge van inwendige druk :

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

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

Axiale spanning:

$\sigma_b = M_b/W_b = f_k \cdot E \cdot I_b / (R_{rol} \cdot W_b)$	=	0.13	N/mm <sup>2</sup>
Maximale axiale spanning $\sigma_{a,max}$	=	0.08	N/mm <sup>2</sup>

Tangentele spanning:

$\sigma_{qr} = k' \cdot q_r \cdot (r_g/W_w) \cdot D_o$	=	0.17	N/mm <sup>2</sup>
$\sigma_{qn} = k \cdot q_n \cdot (r_g/W_w) \cdot D_o$	=	2.71	N/mm <sup>2</sup>
Maximale tangentele spanning $\sigma_{t,max}$	=	1.87	N/mm <sup>2</sup>

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

Axiale spanning:

$$\sigma_b = M_b/W_b = f_k E \cdot I_b / (R_{rol} \cdot W_b) = 0.13 \text{ N/mm}^2$$

Ten gevolge van inwendige druk :

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

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

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

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

$$\text{Maximale axiale spanning } \sigma_{a,max} = 0.08 \text{ N/mm}^2$$

Tangentiele spanning:

$$\sigma_{qr} = k' \cdot q_r \cdot (r_g/W_w) \cdot D_o = 0.17 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{qn} = k \cdot q_n \cdot (r_g/W_w) \cdot D_o = 2.71 \text{ N/mm}^2$$

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

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

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

$$\text{Maximale tangentele spanning } \sigma_{t,max} = 1.87 \text{ N/mm}^2$$

### 12.3 Controle van de Berekende Spanningen van 1xØ110mm PE100 SDR11 (7): leiding no. 7

Belasting combinatie 1

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

Belasting combinatie 2

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

Belasting combinatie 3

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

Belasting combinatie 4

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

Voor alle spanningssituaties zijn de spanningen toelaatbaar.

	Max toelaatbare spanning [N/mm²]	Spannings combinatie 1A	Spannings combinatie 1B	Spannings combinatie 2	Spannings combinatie 3	Spannings combinatie 4
$\sigma_{ptest}$	10.00 (kort)	-	-	0.00	-	-
$\sigma_{py}$	8.00 (lang)	-	-	0.00	-	-
$\sigma_{axiaal}$	10.00 (kort)	0.97	7.03	-	-	-
$\sigma_{axiaal}$	8.00 (lang)	-	-	-	0.08	0.08
$\sigma_{tang...}$	10.00 (kort)	-	0.29	-	-	-
$\sigma_{tang...}$	8.00 (lang)	-	-	-	1.87	1.87

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

De deflectie van de leiding is 1.3 mm (1.20% x Do). De maximaal toelaatbare deflectie van de leiding is 8.8 mm (8.00% x S x Do). De deflectie is toelaatbaar.

De maximaal toelaatbare deflectie voor piggability is 5.5 mm (5.00% x Do). De deflectie is toelaatbaar.

#### **12.3.4 Toetsing op Implosie van 1xØ110mm PE100 SDR11 (7): leiding no. 7**

Tijdens het intrekken wordt de leiding belast door de heersende bentonietdruk. De hoogste minimaal benodigde druk tijdens het intrekken is gelijk aan 288 kN/m<sup>2</sup>, dit is kleiner dan de toelaatbare alzijdige uitwendige druk van 1548 kN/m<sup>2</sup>.

Tijdens de bedrijfstoestand wordt de leiding belast door de heersende waterdruk. De uitwendige waterdruk op de leiding is gelijk aan 169 kN/m<sup>2</sup>, dit is kleiner dan de toelaatbare alzijdige uitwendige druk van 278 kN/m<sup>2</sup>.

## 13 Spanningsanalyse van 1xØ110mm PE100 SDR11 (8): leiding no. 8

### 13.1 Materiaalgegevens van 1xØ110mm PE100 SDR11 (8): leiding no. 8

De volgende gegevens en uitgangspunten zijn gehanteerd voor de sterkteberekening:

Leiding materiaal	: Polyetheen PE100
Buiten- diameter	: $D_o = 110.00$ mm
Nominale wanddikte	: $t = 10.00$ mm
Ontwerpdruk	: $p_d = 0.00$ bar
Test druk	: $p_t = 0.00$ bar
Temperatuur variatie	: $\Delta t = 0.00$ deg Celcius
Lengte leiding	: $L = 541$ m
Elasticiteitsmodulus (kort)	: $E = 975$ N/mm <sup>2</sup>
Elasticiteitsmodulus (lang)	: $E = 350$ N/mm <sup>2</sup>
Toelaatbare spanning (kort)	: $S = 10$ N/mm <sup>2</sup>
Toelaatbare spanning (lang)	: $S = 8$ N/mm <sup>2</sup>
Importantie factor (S)	: $S = 1.00$
Constante van Poisson	: $\nu = 0.40$
Volumegewicht leidingmateriaal	: $\gamma_s = 9.54$ kN/m <sup>3</sup>
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 gereduc. vert. grondbelasting (zonder veiligheidsfactor)	: $q_{v;r;n;\max} = 32$ kN/m <sup>2</sup>
Verkeersbelasting (zonder veiligheidsfactor)	: $q_v = 0$ kN/m <sup>2</sup>
Maximale verticale beddingsconstante (zonder veiligheidsfactor)	: $k_{v;\max} = 610777$ kN/m <sup>3</sup>
Belastingsfactor aanlegbelasting	: $f_{\text{install}} = 1.00$
Belastingsfactor gereduc. neut. grondspanning $q_{n;r}$	: $f_{Qnr} = 1.00$
Belastingsfactor ontwerpdruk	: $f_{pd} = 1.00$
Belastingsfactor ontwerpdruk (combinatie)	: $f_{pd;\text{comb}} = 1.00$
Belastingsfactor testdruk	: $f_{pt} = 1.00$
Belastingsfactor temperatuur	: $f_{\text{temp}} = 1.00$
Belastingsfactor verkeersbelasting	: $f_v = 1.00$
Onzekerheidsfactor kromte straal	: $f_R = 1.10$
Onzekerheidsfactor beddingsconstante	: $f_{kv} = 1.60$
Onzekerheidsfactor buigend moment	: $f_k = 1.40$
Totaalfactor op trekkracht voor stoch. varia. en modelonzekerheid	: $f = 1.40$
Lineaire uitzettingscoëfficiënt gemiddeld tussen $t_1$ en $t_2$	: $\alpha_g = 0.00018$ mm/mmK

### 13.2 Resultaten Spanningsanalyse van 1xØ110mm PE100 SDR11 (8): leiding no. 8

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

#### 13.2.1 Belasting Combinatie 1A: Begin Trekoperatie

Axiale spanning:



$\sigma_b = M_b/W_b = f_k \cdot E \cdot I_b / (R_{rol} \cdot W_b)$	=	0.38	[N/mm <sup>2</sup> ]
$\sigma_t = f \cdot f_{install} \cdot T_1/A = f \cdot f_{install} (L_{rol} \cdot Q \cdot f_1)/A$	=	0.72	[N/mm <sup>2</sup> ]
Maximale axiale spanning $\sigma_{a,max}$	=	0.97	[N/mm <sup>2</sup> ]
De tangentele spanning is in deze fase verwaarloosbaar.			

### 13.2.2 Belasting Combinatie 1B: Einde Trekoperatie

Axiale spanning:

$\sigma_b = M_b/W_b = f_k \cdot E \cdot I_b / (R_{min} \cdot W_b)$	=	0.35	N/mm <sup>2</sup>
$\sigma_t = f \cdot f_{install} \cdot T_{max}/A$	=	6.80	N/mm <sup>2</sup>
Maximale axiale spanning $\sigma_{a,max}$	=	7.03	N/mm <sup>2</sup>

Tangentele spanning:

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

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

$\lambda = (f_k \cdot k_v \cdot D_o / (4 \cdot E \cdot I))^{0.25}$	=	9.1E-3	mm <sup>-1</sup>
$q_r$	=	0.004893	N/mm <sup>2</sup>
$\sigma_{qr} = k' \cdot q_r \cdot (r_g/W_w) \cdot D_o$	=	0.29	N/mm <sup>2</sup>
Maximale tangentele spanning $\sigma_{t,max}$	=	0.29	N/mm <sup>2</sup>

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

Ten gevolge van inwendige druk :

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

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

Axiale spanning:

$\sigma_b = M_b/W_b = f_k \cdot E \cdot I_b / (R_{rol} \cdot W_b)$	=	0.13	N/mm <sup>2</sup>
Maximale axiale spanning $\sigma_{a,max}$	=	0.08	N/mm <sup>2</sup>

Tangentele spanning:

$\sigma_{qr} = k' \cdot q_r \cdot (r_g/W_w) \cdot D_o$	=	0.17	N/mm <sup>2</sup>
$\sigma_{qn} = k \cdot q_n \cdot (r_g/W_w) \cdot D_o$	=	2.71	N/mm <sup>2</sup>
Maximale tangentele spanning $\sigma_{t,max}$	=	1.87	N/mm <sup>2</sup>

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

Axiale spanning:

$$\sigma_b = M_b/W_b = f_k E \cdot I_b / (R_{rol} \cdot W_b) = 0.13 \text{ N/mm}^2$$

Ten gevolge van inwendige druk :

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

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

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

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

$$\text{Maximale axiale spanning } \sigma_{a,max} = 0.08 \text{ N/mm}^2$$

Tangentiele spanning:

$$\sigma_{qr} = k' \cdot q_r \cdot (r_g/W_w) \cdot D_o = 0.17 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{qn} = k \cdot q_n \cdot (r_g/W_w) \cdot D_o = 2.71 \text{ N/mm}^2$$

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

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

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

$$\text{Maximale tangentielle spanning } \sigma_{t,max} = 1.87 \text{ N/mm}^2$$

### 13.3 Controle van de Berekende Spanningen van 1xØ110mm PE100 SDR11 (8): leiding no. 8

Belasting combinatie 1

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

Belasting combinatie 2

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

Belasting combinatie 3

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

Belasting combinatie 4

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

Voor alle spanningssituaties zijn de spanningen toelaatbaar.

	Max toelaatbare spanning [N/mm²]	Spannings combinatie 1A	Spannings combinatie 1B	Spannings combinatie 2	Spannings combinatie 3	Spannings combinatie 4
$\sigma_{ptest}$	10.00 (kort)	-	-	0.00	-	-
$\sigma_{py}$	8.00 (lang)	-	-	0.00	-	-
$\sigma_{axiaal}$	10.00 (kort)	0.97	7.03	-	-	-
$\sigma_{axiaal}$	8.00 (lang)	-	-	-	0.08	0.08
$\sigma_{tang...}$	10.00 (kort)	-	0.29	-	-	-
$\sigma_{tang...}$	8.00 (lang)	-	-	-	1.87	1.87

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

De deflectie van de leiding is 1.3 mm (1.20% x Do). De maximaal toelaatbare deflectie van de leiding is 8.8 mm (8.00% x S x Do). De deflectie is toelaatbaar.

De maximaal toelaatbare deflectie voor piggability is 5.5 mm (5.00% x Do). De deflectie is toelaatbaar.

#### **13.3.4 Toetsing op Implosie van 1xØ110mm PE100 SDR11 (8): leiding no. 8**

Tijdens het intrekken wordt de leiding belast door de heersende bentonietdruk. De hoogste minimaal benodigde druk tijdens het intrekken is gelijk aan 288 kN/m<sup>2</sup>, dit is kleiner dan de toelaatbare alzijdige uitwendige druk van 1548 kN/m<sup>2</sup>.

Tijdens de bedrijfstoestand wordt de leiding belast door de heersende waterdruk. De uitwendige waterdruk op de leiding is gelijk aan 169 kN/m<sup>2</sup>, dit is kleiner dan de toelaatbare alzijdige uitwendige druk van 278 kN/m<sup>2</sup>.

## 14 Spanningsanalyse van 1xØ110mm PE100 SDR11 (9): leiding no. 9

### 14.1 Materiaalgegevens van 1xØ110mm PE100 SDR11 (9): leiding no. 9

De volgende gegevens en uitgangspunten zijn gehanteerd voor de sterkteberekening:

Leiding materiaal	: Polyetheen PE100
Buiten- diameter	: $D_o = 110.00$ mm
Nominale wanddikte	: $t = 10.00$ mm
Ontwerpdruk	: $p_d = 0.00$ bar
Test druk	: $p_t = 0.00$ bar
Temperatuur variatie	: $\Delta t = 0.00$ deg Celcius
Lengte leiding	: $L = 541$ m
Elasticiteitsmodulus (kort)	: $E = 975$ N/mm <sup>2</sup>
Elasticiteitsmodulus (lang)	: $E = 350$ N/mm <sup>2</sup>
Toelaatbare spanning (kort)	: $S = 10$ N/mm <sup>2</sup>
Toelaatbare spanning (lang)	: $S = 8$ N/mm <sup>2</sup>
Importantie factor (S)	: $S = 1.00$
Constante van Poisson	: $\nu = 0.40$
Volumegewicht leidingmateriaal	: $\gamma_s = 9.54$ kN/m <sup>3</sup>
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 gereduc. vert. grondbelasting (zonder veiligheidsfactor)	: $q_{v;r;n;\max} = 32$ kN/m <sup>2</sup>
Verkeersbelasting (zonder veiligheidsfactor)	: $q_v = 0$ kN/m <sup>2</sup>
Maximale verticale beddingsconstante (zonder veiligheidsfactor)	: $k_{v;\max} = 610777$ kN/m <sup>3</sup>
Belastingsfactor aanlegbelasting	: $f_{\text{install}} = 1.00$
Belastingsfactor gereduc. neut. grondspanning $q_{n;r}$	: $f_{Qnr} = 1.00$
Belastingsfactor ontwerpdruk	: $f_{pd} = 1.00$
Belastingsfactor ontwerpdruk (combinatie)	: $f_{pd;\text{comb}} = 1.00$
Belastingsfactor testdruk	: $f_{pt} = 1.00$
Belastingsfactor temperatuur	: $f_{\text{temp}} = 1.00$
Belastingsfactor verkeersbelasting	: $f_v = 1.00$
Onzekerheidsfactor kromte straal	: $f_R = 1.10$
Onzekerheidsfactor beddingsconstante	: $f_{kv} = 1.60$
Onzekerheidsfactor buigend moment	: $f_k = 1.40$
Totaalfactor op trekkracht voor stoch. varia. en modelonzekerheid	: $f = 1.40$
Lineaire uitzettingscoëfficiënt gemiddeld tussen $t_1$ en $t_2$	: $\alpha_g = 0.00018$ mm/mmK

### 14.2 Resultaten Spanningsanalyse van 1xØ110mm PE100 SDR11 (9): leiding no. 9

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

#### 14.2.1 Belasting Combinatie 1A: Begin Trekoperatie

Axiale spanning:

$\sigma_b = M_b/W_b = f_k \cdot E \cdot I_b / (R_{rol} \cdot W_b)$	=	0.38	[N/mm <sup>2</sup> ]
$\sigma_t = f \cdot f_{install} \cdot T_1/A = f \cdot f_{install} (L_{rol} \cdot Q \cdot f_1)/A$	=	0.72	[N/mm <sup>2</sup> ]
Maximale axiale spanning $\sigma_{a,max}$	=	0.97	[N/mm <sup>2</sup> ]
De tangentele spanning is in deze fase verwaarloosbaar.			

#### 14.2.2 Belasting Combinatie 1B: Einde Trekoperatie

Axiale spanning:

$\sigma_b = M_b/W_b = f_k \cdot E \cdot I_b / (R_{min} \cdot W_b)$	=	0.35	N/mm <sup>2</sup>
$\sigma_t = f \cdot f_{install} \cdot T_{max}/A$	=	6.80	N/mm <sup>2</sup>
Maximale axiale spanning $\sigma_{a,max}$	=	7.03	N/mm <sup>2</sup>

Tangentele spanning:

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

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

$\lambda = (f_k \cdot k_v \cdot D_o / (4 \cdot E \cdot I))^{0.25}$	=	9.1E-3	mm <sup>-1</sup>
$q_r$	=	0.004893	N/mm <sup>2</sup>
$\sigma_{qr} = k' \cdot q_r \cdot (r_g/W_w) \cdot D_o$	=	0.29	N/mm <sup>2</sup>
Maximale tangentele spanning $\sigma_{t,max}$	=	0.29	N/mm <sup>2</sup>

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

Ten gevolge van inwendige druk :

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

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

Axiale spanning:

$\sigma_b = M_b/W_b = f_k \cdot E \cdot I_b / (R_{rol} \cdot W_b)$	=	0.13	N/mm <sup>2</sup>
Maximale axiale spanning $\sigma_{a,max}$	=	0.08	N/mm <sup>2</sup>

Tangentele spanning:

$\sigma_{qr} = k' \cdot q_r \cdot (r_g/W_w) \cdot D_o$	=	0.17	N/mm <sup>2</sup>
$\sigma_{qn} = k \cdot q_n \cdot (r_g/W_w) \cdot D_o$	=	2.71	N/mm <sup>2</sup>
Maximale tangentele spanning $\sigma_{t,max}$	=	1.87	N/mm <sup>2</sup>

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

Axiale spanning:

$$\sigma_b = M_b/W_b = f_k \cdot E \cdot I_b / (R_{rol} \cdot W_b) = 0.13 \text{ N/mm}^2$$

Ten gevolge van inwendige druk :

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

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

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

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

$$\text{Maximale axiale spanning } \sigma_{a,max} = 0.08 \text{ N/mm}^2$$

Tangentiele spanning:

$$\sigma_{qr} = k' \cdot q_r \cdot (r_g/W_w) \cdot D_o = 0.17 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{qn} = k \cdot q_n \cdot (r_g/W_w) \cdot D_o = 2.71 \text{ N/mm}^2$$

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

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

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

$$\text{Maximale tangentielle spanning } \sigma_{t,max} = 1.87 \text{ N/mm}^2$$

#### 14.3 Controle van de Berekende Spanningen van 1xØ110mm PE100 SDR11 (9): leiding no. 9

Belasting combinatie 1

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

Belasting combinatie 2

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

Belasting combinatie 3

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

Belasting combinatie 4

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

Voor alle spanningssituaties zijn de spanningen toelaatbaar.

	Max toelaatbare spanning [N/mm²]	Spannings combinatie 1A	Spannings combinatie 1B	Spannings combinatie 2	Spannings combinatie 3	Spannings combinatie 4
$\sigma_{ptest}$	10.00 (kort)	-	-	0.00	-	-
$\sigma_{py}$	8.00 (lang)	-	-	0.00	-	-
$\sigma_{axiaal}$	10.00 (kort)	0.97	7.03	-	-	-
$\sigma_{axiaal}$	8.00 (lang)	-	-	-	0.08	0.08
$\sigma_{tang...}$	10.00 (kort)	-	0.29	-	-	-
$\sigma_{tang...}$	8.00 (lang)	-	-	-	1.87	1.87

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

De deflectie van de leiding is 1.3 mm (1.20% x Do). De maximaal toelaatbare deflectie van de leiding is 8.8 mm (8.00% x S x Do). De deflectie is toelaatbaar.

De maximaal toelaatbare deflectie voor piggability is 5.5 mm (5.00% x Do). De deflectie is toelaatbaar.

#### **14.3.4 Toetsing op Implosie van 1xØ110mm PE100 SDR11 (9): leiding no. 9**

Tijdens het intrekken wordt de leiding belast door de heersende bentonietdruk. De hoogste minimaal benodigde druk tijdens het intrekken is gelijk aan 288 kN/m<sup>2</sup>, dit is kleiner dan de toelaatbare alzijdige uitwendige druk van 1548 kN/m<sup>2</sup>.

Tijdens de bedrijfstoestand wordt de leiding belast door de heersende waterdruk. De uitwendige waterdruk op de leiding is gelijk aan 169 kN/m<sup>2</sup>, dit is kleiner dan de toelaatbare alzijdige uitwendige druk van 278 kN/m<sup>2</sup>.



## 15 Spanningsanalyse van 1xØ110mm PE100 SDR11 (10): leiding no. 10

### 15.1 Materiaalgegevens van 1xØ110mm PE100 SDR11 (10): leiding no. 10

De volgende gegevens en uitgangspunten zijn gehanteerd voor de sterkteberekening:

Leiding materiaal	: Polyetheen PE100
Buiten- diameter	: Do = 110.00 mm
Nominale wanddikte	: t = 10.00 mm
Ontwerpdruk	: pd = 0.00 bar
Test druk	: pt = 0.00 bar
Temperatuur variatie	: dt = 0.00 deg Celcius
Lengte leiding	: L = 541 m
Elasticiteitsmodulus (kort)	: E = 975 N/mm <sup>2</sup>
Elasticiteitsmodulus (lang)	: E = 350 N/mm <sup>2</sup>
Toelaatbare spanning (kort)	: S = 10 N/mm <sup>2</sup>
Toelaatbare spanning (lang)	: S = 8 N/mm <sup>2</sup>
Importantie factor (S)	: S = 1.00
Constante van Poisson	: nu = 0.40
Volumegewicht leidingmateriaal	: gamma_s = 9.54 kN/m <sup>3</sup>
Opleghoek	: beta = 30 graden
Belastingshoek	: alfa = 30 graden
Momentcoëfficiënt grond top (indirect)	: kt' = 0.078
Momentcoëfficiënt grond bodem (indirect)	: kb' = 0.179
Momentcoëfficiënt grond top (direct)	: kt = 0.257
Momentcoëfficiënt bodem (direct)	: kb = 0.257
Deflectiecoëfficiënt (indirect)	: ky' = 0.071
Deflectiecoëfficiënt (direct)	: ky = 0.143
Maximale gereduc. vert. grondbelasting (zonder veiligheidsfactor)	: q_v;r;n;max = 32 kN/m <sup>2</sup>
Verkeersbelasting (zonder veiligheidsfactor)	: q_v = 0 kN/m <sup>2</sup>
Maximale verticale beddingsconstante (zonder veiligheidsfactor)	: k_v;max = 610777 kN/m <sup>3</sup>
Belastingsfactor aanlegbelasting	: f_install = 1.00
Belastingsfactor gereduc. neut. grondspanning q_n;r	: f_Qnr = 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
Belastingsfactor verkeersbelasting	: f_v = 1.00
Onzekerheidsfactor kromte straal	: f_R = 1.10
Onzekerheidsfactor beddingsconstante	: f_kv = 1.60
Onzekerheidsfactor buigend moment	: f_k = 1.40
Totaalfactor op trekkracht voor stoch. varia. en modelonzekerheid	: f = 1.40
Lineaire uitzettingscoëfficiënt gemiddeld tussen t 1 en t 2 ,	: alpha_g = 0.00018 mm/mmK

### 15.2 Resultaten Spanningsanalyse van 1xØ110mm PE100 SDR11 (10): leiding no. 10

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

#### 15.2.1 Belasting Combinatie 1A: Begin Trekoperatie

Axiale spanning:

$\sigma_b = M_b/W_b = f_k \cdot E \cdot I_b / (R_{rol} \cdot W_b)$	=	0.38	[N/mm <sup>2</sup> ]
$\sigma_t = f \cdot f_{install} \cdot T_1/A = f \cdot f_{install} (L_{rol} \cdot Q \cdot f_1)/A$	=	0.72	[N/mm <sup>2</sup> ]
Maximale axiale spanning $\sigma_{a,max}$	=	0.97	[N/mm <sup>2</sup> ]
De tangentele spanning is in deze fase verwaarloosbaar.			

### 15.2.2 Belasting Combinatie 1B: Einde Trekoperatie

Axiale spanning:

$\sigma_b = M_b/W_b = f_k \cdot E \cdot I_b / (R_{min} \cdot W_b)$	=	0.35	N/mm <sup>2</sup>
$\sigma_t = f \cdot f_{install} \cdot T_{max}/A$	=	6.80	N/mm <sup>2</sup>
Maximale axiale spanning $\sigma_{a,max}$	=	7.03	N/mm <sup>2</sup>

Tangentele spanning:

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

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

$\lambda = (f_{kv} \cdot k_v \cdot D_o / (4 \cdot E \cdot I))^{0.25}$	=	9.1E-3	mm <sup>-1</sup>
$q_r$	=	0.004893	N/mm <sup>2</sup>
$\sigma_{qr} = k' \cdot q_r \cdot (r_g/W_w) \cdot D_o$	=	0.29	N/mm <sup>2</sup>
Maximale tangentele spanning $\sigma_{t,max}$	=	0.29	N/mm <sup>2</sup>

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

Ten gevolge van inwendige druk :

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

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

Axiale spanning:

$\sigma_b = M_b/W_b = f_k \cdot E \cdot I_b / (R_{rol} \cdot W_b)$	=	0.13	N/mm <sup>2</sup>
Maximale axiale spanning $\sigma_{a,max}$	=	0.08	N/mm <sup>2</sup>

Tangentele spanning:

$\sigma_{qr} = k' \cdot q_r \cdot (r_g/W_w) \cdot D_o$	=	0.17	N/mm <sup>2</sup>
$\sigma_{qn} = k \cdot q_n \cdot (r_g/W_w) \cdot D_o$	=	2.71	N/mm <sup>2</sup>
Maximale tangentele spanning $\sigma_{t,max}$	=	1.87	N/mm <sup>2</sup>

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

Axiale spanning:

$$\sigma_b = M_b/W_b = f_k E \cdot I_b / (R_{rol} \cdot W_b) = 0.13 \text{ N/mm}^2$$

Ten gevolge van inwendige druk :

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

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

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

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

$$\text{Maximale axiale spanning } \sigma_{a,max} = 0.08 \text{ N/mm}^2$$

Tangentiele spanning:

$$\sigma_{qr} = k' \cdot q_r \cdot (r_g/W_w) \cdot D_o = 0.17 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{qn} = k \cdot q_n \cdot (r_g/W_w) \cdot D_o = 2.71 \text{ N/mm}^2$$

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

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

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

$$\text{Maximale tangentielle spanning } \sigma_{t,max} = 1.87 \text{ N/mm}^2$$

### 15.3 Controle van de Berekende Spanningen van 1xØ110mm PE100 SDR11 (10): leiding no. 10

Belasting combinatie 1

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

Belasting combinatie 2

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

Belasting combinatie 3

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

Belasting combinatie 4

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

Voor alle spanningssituaties zijn de spanningen toelaatbaar.

	Max toelaatbare spanning [N/mm²]	Spannings combinatie 1A	Spannings combinatie 1B	Spannings combinatie 2	Spannings combinatie 3	Spannings combinatie 4
$\sigma_{ptest}$	10.00 (kort)	-	-	0.00	-	-
$\sigma_{py}$	8.00 (lang)	-	-	0.00	-	-
$\sigma_{axiaal}$	10.00 (kort)	0.97	7.03	-	-	-
$\sigma_{axiaal}$	8.00 (lang)	-	-	-	0.08	0.08
$\sigma_{tang...}$	10.00 (kort)	-	0.29	-	-	-
$\sigma_{tang...}$	8.00 (lang)	-	-	-	1.87	1.87

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

De deflectie van de leiding is 1.3 mm (1.20% x Do). De maximaal toelaatbare deflectie van de leiding is 8.8 mm (8.00% x S x Do). De deflectie is toelaatbaar.

De maximaal toelaatbare deflectie voor piggability is 5.5 mm (5.00% x Do). De deflectie is toelaatbaar.

#### **15.3.4 Toetsing op Implosie van 1xØ110mm PE100 SDR11 (10): leiding no. 10**

Tijdens het intrekken wordt de leiding belast door de heersende bentonietdruk. De hoogste minimaal benodigde druk tijdens het intrekken is gelijk aan 288 kN/m<sup>2</sup>, dit is kleiner dan de toelaatbare alzijdige uitwendige druk van 1548 kN/m<sup>2</sup>.

Tijdens de bedrijfstoestand wordt de leiding belast door de heersende waterdruk. De uitwendige waterdruk op de leiding is gelijk aan 169 kN/m<sup>2</sup>, dit is kleiner dan de toelaatbare alzijdige uitwendige druk van 278 kN/m<sup>2</sup>.

## 16 Spanningsanalyse van 1xØ110mm PE100 SDR11 (11): leiding no. 11

### 16.1 Materiaalgegevens van 1xØ110mm PE100 SDR11 (11): leiding no. 11

De volgende gegevens en uitgangspunten zijn gehanteerd voor de sterkteberekening:

Leiding materiaal	: Polyetheen PE100
Buiten- diameter	: $D_o = 110.00$ mm
Nominale wanddikte	: $t = 10.00$ mm
Ontwerpdruk	: $p_d = 0.00$ bar
Test druk	: $p_t = 0.00$ bar
Temperatuur variatie	: $\Delta t = 0.00$ deg Celcius
Lengte leiding	: $L = 541$ m
Elasticiteitsmodulus (kort)	: $E = 975$ N/mm <sup>2</sup>
Elasticiteitsmodulus (lang)	: $E = 350$ N/mm <sup>2</sup>
Toelaatbare spanning (kort)	: $S = 10$ N/mm <sup>2</sup>
Toelaatbare spanning (lang)	: $S = 8$ N/mm <sup>2</sup>
Importantie factor (S)	: $S = 1.00$
Constante van Poisson	: $\nu = 0.40$
Volumegewicht leidingmateriaal	: $\gamma_s = 9.54$ kN/m <sup>3</sup>
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 gereduc. vert. grondbelasting (zonder veiligheidsfactor)	: $q_{v;r;n;\max} = 32$ kN/m <sup>2</sup>
Verkeersbelasting (zonder veiligheidsfactor)	: $q_v = 0$ kN/m <sup>2</sup>
Maximale verticale beddingsconstante (zonder veiligheidsfactor)	: $k_{v;\max} = 610777$ kN/m <sup>3</sup>
Belastingsfactor aanlegbelasting	: $f_{\text{install}} = 1.00$
Belastingsfactor gereduc. neut. grondspanning $q_{n;r}$	: $f_{Qnr} = 1.00$
Belastingsfactor ontwerpdruk	: $f_{pd} = 1.00$
Belastingsfactor ontwerpdruk (combinatie)	: $f_{pd;\text{comb}} = 1.00$
Belastingsfactor testdruk	: $f_{pt} = 1.00$
Belastingsfactor temperatuur	: $f_{\text{temp}} = 1.00$
Belastingsfactor verkeersbelasting	: $f_v = 1.00$
Onzekerheidsfactor kromte straal	: $f_R = 1.10$
Onzekerheidsfactor beddingsconstante	: $f_{kv} = 1.60$
Onzekerheidsfactor buigend moment	: $f_k = 1.40$
Totaalfactor op trekkracht voor stoch. varia. en modelonzekerheid	: $f = 1.40$
Lineaire uitzettingscoëfficiënt gemiddeld tussen $t_1$ en $t_2$	: $\alpha_g = 0.00018$ mm/mmK

### 16.2 Resultaten Spanningsanalyse van 1xØ110mm PE100 SDR11 (11): leiding no. 11

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

#### 16.2.1 Belasting Combinatie 1A: Begin Trekoperatie

Axiale spanning:

$\sigma_b = M_b/W_b = f_k \cdot E \cdot I_b / (R_{rol} \cdot W_b)$	=	0.38	[N/mm <sup>2</sup> ]
$\sigma_t = f \cdot f_{install} \cdot T_1/A = f \cdot f_{install} (L_{rol} \cdot Q \cdot f_1)/A$	=	0.72	[N/mm <sup>2</sup> ]
Maximale axiale spanning $\sigma_{a,max}$	=	0.97	[N/mm <sup>2</sup> ]
De tangentele spanning is in deze fase verwaarloosbaar.			

### 16.2.2 Belasting Combinatie 1B: Einde Trekoperatie

Axiale spanning:

$\sigma_b = M_b/W_b = f_k \cdot E \cdot I_b / (R_{min} \cdot W_b)$	=	0.35	N/mm <sup>2</sup>
$\sigma_t = f \cdot f_{install} \cdot T_{max}/A$	=	6.80	N/mm <sup>2</sup>
Maximale axiale spanning $\sigma_{a,max}$	=	7.03	N/mm <sup>2</sup>

Tangentele spanning:

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

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

$\lambda = (f_{kv} \cdot k_v \cdot D_o / (4 \cdot E \cdot I))^{0.25}$	=	9.1E-3	mm <sup>-1</sup>
$q_r$	=	0.004893	N/mm <sup>2</sup>
$\sigma_{qr} = k' \cdot q_r \cdot (r_g/W_w) \cdot D_o$	=	0.29	N/mm <sup>2</sup>
Maximale tangentele spanning $\sigma_{t,max}$	=	0.29	N/mm <sup>2</sup>

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

Ten gevolge van inwendige druk :

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

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

Axiale spanning:

$\sigma_b = M_b/W_b = f_k \cdot E \cdot I_b / (R_{rol} \cdot W_b)$	=	0.13	N/mm <sup>2</sup>
Maximale axiale spanning $\sigma_{a,max}$	=	0.08	N/mm <sup>2</sup>

Tangentele spanning:

$\sigma_{qr} = k' \cdot q_r \cdot (r_g/W_w) \cdot D_o$	=	0.17	N/mm <sup>2</sup>
$\sigma_{qn} = k \cdot q_n \cdot (r_g/W_w) \cdot D_o$	=	2.71	N/mm <sup>2</sup>
Maximale tangentele spanning $\sigma_{t,max}$	=	1.87	N/mm <sup>2</sup>

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

Axiale spanning:

$$\sigma_b = M_b/W_b = f_k E \cdot I_b / (R_{rol} \cdot W_b) = 0.13 \text{ N/mm}^2$$

Ten gevolge van inwendige druk :

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

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

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

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

$$\text{Maximale axiale spanning } \sigma_{a,max} = 0.08 \text{ N/mm}^2$$

Tangentiele spanning:

$$\sigma_{qr} = k' \cdot q_r \cdot (r_g/W_w) \cdot D_o = 0.17 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{qn} = k \cdot q_n \cdot (r_g/W_w) \cdot D_o = 2.71 \text{ N/mm}^2$$

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

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

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

$$\text{Maximale tangentielle spanning } \sigma_{t,max} = 1.87 \text{ N/mm}^2$$

### 16.3 Controle van de Berekende Spanningen van 1xØ110mm PE100 SDR11 (11): leiding no. 11

Belasting combinatie 1

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

Belasting combinatie 2

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

Belasting combinatie 3

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

Belasting combinatie 4

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

Voor alle spanningssituaties zijn de spanningen toelaatbaar.

	Max toelaatbare spanning [N/mm²]	Spannings combinatie 1A	Spannings combinatie 1B	Spannings combinatie 2	Spannings combinatie 3	Spannings combinatie 4
$\sigma_{ptest}$	10.00 (kort)	-	-	0.00	-	-
$\sigma_{py}$	8.00 (lang)	-	-	0.00	-	-
$\sigma_{axiaal}$	10.00 (kort)	0.97	7.03	-	-	-
$\sigma_{axiaal}$	8.00 (lang)	-	-	-	0.08	0.08
$\sigma_{tang...}$	10.00 (kort)	-	0.29	-	-	-
$\sigma_{tang...}$	8.00 (lang)	-	-	-	1.87	1.87



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

De deflectie van de leiding is 1.3 mm (1.20% x Do). De maximaal toelaatbare deflectie van de leiding is 8.8 mm (8.00% x S x Do). De deflectie is toelaatbaar.

De maximaal toelaatbare deflectie voor piggability is 5.5 mm (5.00% x Do). De deflectie is toelaatbaar.

#### **16.3.4 Toetsing op Implosie van 1xØ110mm PE100 SDR11 (11): leiding no. 11**

Tijdens het intrekken wordt de leiding belast door de heersende bentonietdruk. De hoogste minimaal benodigde druk tijdens het intrekken is gelijk aan 288 kN/m<sup>2</sup>, dit is kleiner dan de toelaatbare alzijdige uitwendige druk van 1548 kN/m<sup>2</sup>.

Tijdens de bedrijfstoestand wordt de leiding belast door de heersende waterdruk. De uitwendige waterdruk op de leiding is gelijk aan 169 kN/m<sup>2</sup>, dit is kleiner dan de toelaatbare alzijdige uitwendige druk van 278 kN/m<sup>2</sup>.

## **Einde Rapport**

**Bezoekadres**

Vaart 18  
4206 CG Gorinchem  
T: 0183 64 50 60  
F: 0183 64 85 50

**Postadres**

Postbus 231  
4200 AE Gorinchem  
E: [info@vanvulpen.eu](mailto:info@vanvulpen.eu)  
I: [www.vanvulpen.eu](http://www.vanvulpen.eu)



## **Bijlage 7 Risico analyse**

PROJECT DATA	
Projectnaam	Aanleg 50 kV verbinding Utrecht Tracé Zuid - Lage Weide
Projectnummer	1484071801
Locatie	Lage Weide - Utrecht
Rapportagedatum	4-10-2018

Risico's												
#	Risicogebied	Omschrijving van het risico	Omschrijving van de oorzaak	Omschrijving van de consequentie	Kans	Gevolg	Risico	Maatregel	Actiehouder	Einddatum actie	Opmerkingen	Status
1	Grondonderzoek	Degeneratie boorspoeling	Overgang Zoet-Zout water	Vastlopen pilotboring	K1	G2	Laag	Waterkwaliteit monitoren, toepassen toevoegstoffen.				
2	Grondonderzoek	Stuurproblemen, niet kunnen passeren, afbreken boorkop, vastdraaien.	Grind/Grindbedden	Afwijken boortracé, stuk terugtrekken, vastdraaien pilotboring.	K1	G2	Laag	Grondonderzoek interpreteren, historie locatie bekijken, recycelzand controleren op grind.				
3	Grondonderzoek	Dichtklappen boorgat	Loopzand	Vastdraaien pilot	K2	G1	Laag	Resultaten verleden onderzoeken				
4	Grondonderzoek	Niet kunnen passeren, afbreken boorkop, vastdraaien pilot	Obstakels	Verlies boring, terugtrekken	K2	G1	Laag	Historisch onderzoek uitvoeren, bij conflict opdrachtgever inlichten en dieper passeren				
5	Grondonderzoek	Raken van kabels en leidingen	Aanwezigheid kabels en leidingen	Schade derden	K1	G2	Laag	Klic melding, proefsleuven maken rondom intrede en uitrede, boorprofielen opvragen				
6	Grondonderzoek	Te kleine boorradius	Boorradius te klein ontworpen	Beschadiging boorbuis of mediumbuis	K1	G1	Laag	Radius op tekening controleren, stangen eventueel aanpassen indien radius wordt vorogeschreven				
7	Grondonderzoek	Te lange boring, stabiliteit boorgat in gevaar	Lengte boring	Te weinig vermogen, instabiliteit boorgat	K3	G1	Laag	Kwaliteit boorspoeling monitoren Boorsnelheid aanpassen Circulatie boorvloeistof verhogen Toepassen toevoegstoffen				
8	Pilotboring	Instabiliteit boorgat	Slechte boorspoeling	Instorten boorgat/vastlopen pilot/verlies boring	K1	G2	Laag	Boorspoeling monitoren, indien er problemen zijn kan er direct geacteerd worden				
9	Pilotboring	Stuurproblemen pilot	Grind/grindnesten	Afwijken boortracé vastlopen pilotboring Verlies pilotboring	K2	G1	Laag	Toepassen toevoegstoffen Boortracé aanpassen Vol continu werken				
10	Pilotboring	Uitknikken pilotboring Stuurproblemen spanningen in boorbuis verhoogde	Overgang grondlaag: van hard naar zacht en zacht naar hard	Afwijken boortracé Vastlopen pilotboring Verlies pilotboring Afbreken boorbuis	K1	G1	Laag	Juiste keuze boorstang Maximale waarde boorstangen niet overschrijden Juiste bend sub keuze				
11	Pilotboring	Verlies boorspoeling	Grondslag heeft hoge porositeit (grind)	Blow-out Milieuschade boorgat boorspoeling boring Instabiliteit Verlies circulatie Vastlopen Verlies boring	K3	G1	Laag	Boorvloeistofdrukken monitoren Houden aan berekende drukken Returns boorspoeling monitoren Toepassen toevoegstoffen				
12	Pilotboring	Breuk boorbuis	Slecht materiaal	Verlies boring	K1	G2	Laag	Visuele inspectie lassen boorbuizen				
13	Pilotboring	Stagnatie boring	Slecht materieel	Verlies boring	K1	G2	Laag	Visuele inspectie voor starten boring				
14	Pilotboring	Muduitbraak	Instabiele bovengrond	Wegvalle bentonietdruk derden Schade	K1	G2	Laag	Controle boorspoeldrukken tijdens uitvoering volgens boorplan Op maaiveld visuele inspectie muduitbraken				
15	Pilotboring	Muduitbraak	Instabiele bovengrond	Blow out maaiveld derden Schade	K2	G2	Middel	Isoleren uitbraak locatie Afzuigen vloeistof Monitoren boorvloeistofdrukken				
16	Pilotboring	Beschadiging gyro/ruimers Vastlopen pilot/ruimgang	Obstakels in de grond	Vervorming boorgat snij eigenschappen pilot/ruimer Verlies boring Slechte Vastlopen Tijdsverlies	K1	G2	Laag	D.m.v. vooronderzoek mogelijke obstakels inventariseren				
17	Pilotboring	Kwaliteitsvermindering boorspoeling	Een goede kwaliteit werkwater	Degeneratie boorspoelling Instabiliteit boorgat Vastlopen boring Verliesboring	K1	G2	Laag	Kwaliteit werkwater monitoren Toepassen toevoegstoffen werkwater aanvoeren				

PROJECT DATA	
Projectnaam	Aanleg 50 kV verbinding Utrecht Tracé Zuid - Lage Weide
Projectnummer	1484071801
Locatie	Lage Weide - Utrecht
Rapportagedatum	4-10-2018

Risico's												
#	Risicogebied	Omschrijving van het risico	Omschrijving van de oorzaak	Omschrijving van de consequentie	Kans	Gevolg	Risico	Maatregel	Actiehouder	Einddatum actie	Opmerkingen	Status
18	Ruimfase	Afname snij eigenschappen Vollopen ruimer ruimproces	Blokkeren Nozzels slibben dicht	Terugtrekken ruimer	K1	G1	Laag	Controle gedrag van ruimer in de ruimfase. Indien er twijfel ontstaat aan snij eigenschappen ruimer kan deze worden teruggehaald en de nozzels kunnen worden gereinigd.				
19	Ruimfase	Slechte menging cuttings en boorspoeling. Slechte snij eigenschappen	Foutieve keuze ruimer	Instabiliteit boorgat Terugtrekken ruimer	K1	G2	Laag	Ruimer uit laten kiezen door gekwalificeerd personeel. Ruimer visueel inspecteren.				
20	Ruimfase	Te snel ruimen / te langzaam ruimen	Onjuiste snelheid ruimen	Instabiliteit boorgat Vervorming boorgat Blokkering boorgat	K1	G2	Laag	Ruimfase uit laten voeren door ervaren personeel. Indien boorgat instabiel wordt kan een extra ruim/barrelfase worden toegepast.				
21	Ruimfase	Brek in joint/drillcollar Slijtage body van de ruimer Breken snijtanden nozzels	Defecten aan ruimer	Tijdelijke blokkering boorgat ruimer boring	K1	G3	Laag	Ruimer vooraf visueel inspecteren. Gedrag tijdens boring wordt gemonitord				
22	Ruimfase	Verstopping boorbuis	Meetdraad (gyro) in de boorstang aanwezig	Verlies circulatie boorspoeling Tijdverlies	K1	G1	Laag	Meetdraad voor start ruimproces verwijderen				
23	Ruimfase	Breken snijtanden/nozzles	Slijtage ruimer	Vervorming boorgat Slechte snij eigenschappen Vastlopen pilot/ruimer Tijdsverlies Verlies boring	K1	G1	Laag	Visueel inspecteren ruimer Trugtrekken ruimer Vervangen ruimer				
24	Ruimfase	Vastlopen ruimer in smal boorgat van pilotboring, beschdiging ruimer	Obstakels in de grond	Blokkering boorgat boring	K1	G3	Laag	Vooronderzoek naar obstakels, ontwijken van kleine obstakels. Eventueel boorlijn aanpassen.				
25	Intrekfase	Defecte swivel	Overmatig gebruik olie of vet	Hogere kosten/milieuschade	K1	G2	Laag	Swivel vooraf visueel inspecteren Swivel gebruiken die trekkracht van de rig kan opvangen. Gebruik olie door gekwalificeerd personeel.				
26	Intrekfase	Overbelasting trekkop	Overschrijding maximale trekkracht op productpij	Brek materiaal productpij intrekken	K1	G3	Laag	Trekkracht wordt tijdens intrekken vergeleken met berekende waardes, eventueel overleg met opdrachtgever				
27	Intrekfase	Te grote drukken, pijp niet goed in boorgat	Invoerbocht niet goed	Beschadiging productpijpen	K1	G2	Laag	Voldoende kraanhulp tijdens intrekken Pijp visueel inspecteren Objecten langs intregang vermijden Definitieve intrekboog bepalen na pilotboring				
28	Intrekfase	Beschadiging coatings Kromme pijp	Steen in boorgat	Afkeuring pijpen Snellere slijtage Overbelasting of vastlopen intrekproces	K1	G1	Laag	Productpijpen bij intrekproces monitoren Objecten langs intregang vermijden				
29	Intrekfase	Beschadiging productbuis Menselijk letsel	Aanrij gevaar productbuis tijdens intrekken	Tijdverlies Verlies boorstreng (schade mens/materieel)	K1	G2	Laag	Afsluiting wegen Plaatsen vooraankondiging				
30	Intrekfase	Verhoogde trekkracht	Scherper grind dan geanalyseerd uit grondonderzoek	Over maximale toegestane trekkrachten Beschadiging mediumbuis Vastlopen boring productpij Afkeuren Verlies boring	K1	G3	Laag	Trekkracht wordt tijdens intrekken vergeleken met berekende waardes bij overschrijden van deze waarden zal overleg worden met de opdrachtgever				
31	Overig	Stilstand boorproces	Slijtage onderdelen	Verzanden van het boorgat Tijdsverlies	K1	G2	Laag	Slijtage onderdelen op voorraad Monteurs stand-by				
32	Overig	Verzanden boorgat	Defecte recycling, cyclonen en screens	Vastlopen boring Verlies boring	K1	G2	Laag	Monitoren functioneren recycling				

PROJECT DATA	
Projectnaam	Aanleg 50 kV verbinding Utrecht Tracé Zuid - Lage Weide
Projectnummer	1484071801
Locatie	Lage Weide - Utrecht
Rapportagedatum	4-10-2018

Risico's												
#	Risicogebied	Omschrijving van het risico	Omschrijving van de oorzaak	Omschrijving van de consequentie	Kans	Gevolg	Risico	Maatregel	Actiehouder	Einddatum actie	Opmerkingen	Status
33	Overig	Bruik boorstangen bij grote ruimgangen	Hoge torsie op stangen net voor de ruimer	Blokeren boorgat Tijdsverlies Verlies materiaal boring Verlies	K1	G3	Laag	Toepassen heavy weight stangen				
34	Overig	Instorten boorgat	Transport over boorlijn	Instorten boorgat Vastlopen boring Verlies boring Schade materiaal	K1	G2	Laag	Afzetten boorlijn op maaiveld Verbod voor transport boven boorlijn				
35	Overig	Milieu vervuiling, verspilling	Slang breuk lekkage	Olie Milieuschade	K1	G2	Laag	Absorptiemiddelen voor gelekte vloeistoffen op het werk Zandbaan onder rijpaletn om directe indringing tot ondergrond te voorkomen				
36	Overig	Vervuiling boden i.v.m. lekkage	Lekkage brandstoftank/smeermiddelen	Milieuschade, milieuverontreiniging	K1	G2	Laag	Geen brandstoffen opslaan op werkerrein Smeermiddelen opslaan in afgesloten containers				
37	Overig	Valgevaar	Monstername uit bentoniet containers	Lichamelijk letsel	K1	G3	Laag	Juiste klimmaterialen gebruiken				
38	Overig	Vallen damwand	Plaatsen dodemansbed	Persoonlijke en materiele schade	K1	G3	Laag	Deugdelijk en de juiste gereedschappen/middelen Machinist dient in het bezit te zijn van een deskundigheidsbewijs				
39	Overig	Raken obstakels tijdens trillen damwanden	Plaatsen dodemansbed	Persoonlijke en materiele schade	K1	G2	Laag	Verrichten klic melding Uitvoeren proefsleuven				
40	Overig	Gegrepen worden door draaiende delen	Boren,ruimen, intrekken	Persoonlijke en materiele schade	K1	G4	Middel	Op de hoede zijn bij draaiende delen Geen loshangende kleding Goede communicatie tussen rig-operator en boorcrew				
41	Overig	Niet stabiel staan van de boormachine	Opstellen boormachine (inclusief overig equipment	Persoonlijke en materiele schade	K1	G2	Laag	Zorgen voor voldoende stevige ondergrond en voldoende ruimte				
42	Overig	Bij het intrekken van de productpijp, trekpijp valt van de ondersteuningen (rollen)	Rollerstellen niet in lijn	Persoonlijke en materiele schade Verlies productpijp	K1	G2	Laag	Goed uitlijnen Stabiel en spanningsvrij opstellen				
43	Overig	Inademen stof Stof in de ogen	Mengen mud	Persoonlijk letsel	K1	G2	Laag	Gebruik maken van adembescherming, uit de wind staan Gebruik maken van oogbescherming				
44	Transport	Aanrijding	Transport materieel	Persoonlijke en materiele schade	K1	G4	Middel	Stapvoets rijden op werkerrein Parkeren op aangewezen plaatsen Rij defensief				
45	Transport	Verlies van de lading	Transport materieel	Persoonlijke en materiele schade	K1	G4	Middel	Stabiel laden last Lading borgen				
46	Transport	Verliezen van boorstangen	Lossen en laden van boorstangen	Persoonlijke en materiele schade	K1	G4	Middel	Goede voorlichting/opleiding chauffeurs (hijsbewijs) Gebruik van gecertificeerde hijsmiddelen				
47	VGM (Bouwplaatsvoorzieningen en inrichting)	Elektrisch systeem niet goed aangelegd	Aansluiten van de keten	Stroomdoorgang door het lichaam	K1	G4	Middel	Juist aansluiten van het aggregaat door bevoegd personeel				
48	VGM (Bouwplaatsvoorzieningen en inrichting)	Omvallen materieel stukken	Ondeugdelijk stapelen	Persoonlijke en materiele schade	K1	G3	Laag	Materialen deugdelijk stapelen en borgen				

PROJECT DATA	
Projectnaam	Aanleg 50 kV verbinding Utrecht Tracé Zuid - Lage Weide
Projectnummer	1484071801
Locatie	Lage Weide - Utrecht
Rapportagedatum	4-10-2018

Risico's												
#	Risicogebied	Omschrijving van het risico	Omschrijving van de oorzaak	Omschrijving van de consequentie	Kans	Gevolg	Risico	Maatregel	Actiehouder	Einddatum actie	Opmerkingen	Status
49	VGM (Bouwplaatsvoorzieningen en inrichting)	Aanrijding	Beperkte ruimte	Persoonlijke en materiele schade	K1	G4	Middel	Wegen naar werk-opslag terrein zo veel mogelijk vrij houden Dragen veiligheidsvest				
50	VGM (Hijsen en verplaatsen m.b.v. mobiele kraan)	Vallen van hijsonderdelen	Onjuiste hijs hulpmiddelen	Persoonlijke en materiele schade	K1	G4	Middel	Juiste hijs hulpmiddelen voor de hijslast gebruiken				
51	VGM (Hijsen en verplaatsen m.b.v. mobiele kraan)	Verzakken stempelpoot	Stempelen materieel	Persoonlijke en materiele schade	K1	G3	Laag	Deugdelijke ondergrond/rijplaten				
52	VGM (Hijsen en verplaatsen m.b.v. mobiele kraan)	Verliezen hijslast	Slijtage materiaal	Persoonlijke en materiele schade	K1	G4	Middel	Gebruik van gecertificeerde hijs hulpmiddelen				
53	VGM (Hijsen en verplaatsen m.b.v. mobiele kraan)	Breken ketting	Slijtage materiaal	Persoonlijke en materiele schade	K1	G4	Middel	Gebruik van gecertificeerde hijsketting Gebruik zwaardere kettingen Maximaal aangegeven hijs capaciteit niet overschrijden				
54	VGM (Hijsen en verplaatsen m.b.v. mobiele kraan)	Stabiliteit niet voldoende gewaarborgd	Onstabiele ondergrond	Persoonlijke en materiele schade	K1	G3	Laag	Materialen deugdelijk stepelen en borgen				
55	VGM (Hijsen en verplaatsen m.b.v. mobiele kraan)	Overbelasting van de hijskraan	Aanslaan te zware lasten en materieelstukken	Persoonlijke en materiele schade	K1	G3	Laag	Aangeven op last wat eventueel het gewicht van de constructie is				
56	VGM (Hijsen en verplaatsen m.b.v. mobiele kraan)	Ondeskundig gebruik van de hijskraan	Onervaren bestuurder	Persoonlijke en materiele schade	K1	G3	Laag	De bestuurder dient in het bezit te zijn van een deskundigheidsbewijs				
57	VGM (Hijsen en verplaatsen m.b.v. mobiele kraan)	Beknelling	Verplaatsen van lasten	Persoonlijk letsel	K1	G3	Laag	Afstand houden van de last Geen lichaamsdelen plaatsen tussen last en afzetplaats				
58	VGM (Hijsen en verplaatsen m.b.v. mobiele kraan)	Uitslaan van last	Rijden met last	Persoonlijke en materiele schade	K1	G4	Middel	Last borgen tegen uitzwaaiing Last begeleiden m.b.v. een begeleidingskoord				
59	VGM (Hijsen en verplaatsen m.b.v. mobiele kraan)	Verspilling (brandstof)	Eventuele lekkages	Milieuschade, milieuverontreiniging	K1	G3	Laag	De machinist dient regelmatig (dagelijks) zijn of haar machine te inspecteren en zo nodig onderhoudswerkzaamheden uit te voeren				
60	VGM (Hijsen en verplaatsen m.b.v. mobiele kraan)	In aanraking komen met draaiende kraan	Werkzaamheden uitvoeren binnen draaicirkel van de kraan	Persoonlijk letsel	K1	G3	Laag	Medewerkers en derden dienen uit de draaicirkel van de hydraulische kraan te blijven Indien medewerkers werkzaamheden uitvoeren dient een goede afstemming met de machinist te worden gemaakt				
61	Afvalstoffen	Reactie tussen afvalstoffen	Opslag gevaarlijke stoffen (gassen, vloeistoffen en vaste materialen)	Brand of explosie Verspilling/vervuiling Milieuschade	K1	G3	Laag	Verschillende afvalstoffen gescheiden van elkaar opslaan Gebruik maken van afgesloten container				
62	Afvalstoffen	Struikelgevaar	Obstakels op werkterrein	Persoonlijke en materiele schade	K1	G3	Laag	Orde en netheid (werkplek schoonhouden ook schaft- en kantoorruimte)				
63	Afvalstoffen	Vervuiling/verspreiding	Hijsen en verplaatsen m.b.v. mobiele kraan	Milieuschade	K1	G2	Laag	Gevaarlijk afval scheiden van het "normale afval" Gebruik maken van afgesloten container				

PROJECT DATA	
Projectnaam	Aanleg 50 kV verbinding Utrecht Tracé Zuid - Lage Weide
Projectnummer	1484071801
Locatie	Lage Weide - Utrecht
Rapportagedatum	4-10-2018

Risico's												
#	Risicogebied	Omschrijving van het risico	Omschrijving van de oorzaak	Omschrijving van de consequentie	Kans	Gevolg	Risico	Maatregel	Actiehouder	Einddatum actie	Opmerkingen	Status
64	Afvalstoffen	Morsen van brandstof tijdens aftanken	Materieel voorzien van brandstof	Vervuiling bodem, water Verspilling	K1	G2	Laag	Controle brandstof/olie peil Overdag of bij voldoende kunstlicht tanken Absorptiemiddelen voor de gelekte vloeistof Verontreinigde medium verwijderen/afvoeren conform wettelijke eisen en door een bevoegd bedrijf				
65	VGM (Persoonlijke hulpmiddelen)	Aangereden worden op de openbare weg	Gebruik van bedrijfs- of personenauto	Persoonlijke en materiele schade	K1	G4	Middel	Bestuurder dient in het bezit te zijn van de juiste papieren				
66	VGM (Persoonlijke hulpmiddelen)	Kortsluiting handgereedschap	Ondeugdelijk handgereedschap	Persoonlijke en materiele schade	K1	G3	Laag	Elektrisch handgereedschap moet zijn goedgekeurd en conform NEN-3140 Zijn voorzien van een keuringssticker en moet jaarlijks worden gekeurd				
67	VGM (Persoonlijke hulpmiddelen)	Aanraking met draaiende slijpschijf	Onderskundig gebruik van handslijpmachine	Persoonlijk letsel	K1	G3	Laag	Er voor zorg dragen dat de slijpschijf is uitgedraaid voordat de handslijpmachine wordt weggelegd				
68	VGM (Persoonlijke hulpmiddelen)	OmvalLEN of eraf vallen tijdens klimmen	Ondeskundig gebruik van ladder	Persoonlijk letsel	K2	G2	Middel	Ladder dient voor gebruik visueel te worden gecontroleerd Ladder dient stabiel te worden opgesteld, onder de juiste hoek en voldoende lengte				
69	VGM (Persoonlijke hulpmiddelen)	Raken elektrische kabels	Ondeskundig gebruik	Stroomdoorgang door het lichaam	K1	G3	Laag	Gebruik maken van elektrische kabels die zijn gecontroleerd en als zodanig herkenbaar zijn Wanneer kabels beschadigd raken tijdens werkzaamheden niet meer gebruiken				
70	VGM (Persoonlijke hulpmiddelen)	Allerlei	Gebruik van overig handgereedschap	Persoonlijk letsel	K1	G3	Laag	Gebruiker dient overig handgereedschap naar goed gebruik en inzicht te gebruiken				