



Opdrachtgever : SPIE Nederland B.V.  
Contactpersoon : Dhr. [REDACTED]  
Adres : Menhirweg 6  
Plaats : 5342LS, Oss

Onderwerp: Werkomschrijving Nanodrill boring Keulsekade, Utrecht

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

**Nevenvestiging**  
Tjalk 43  
2411 NZ Bodegraven

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

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

## Nanodrill boring

t.b.v. aanleg Glasvezelverbinding

Keulsekade, Utrecht



Figuur 1 overzicht werklocatie (Bron: Google Earth)

| Versie | Datum      | Status          | Opgesteld   | Gecontroleerd | Akkoord     |
|--------|------------|-----------------|-------------|---------------|-------------|
| 1      | 23-07-2025 | Voor vergunning | <div></div> | <div></div>   | <div></div> |
|        |            |                 |             |               |             |
|        |            |                 |             |               |             |

Tabel 1 Versie- en wijzigingsoverzicht

## Inhoudsopgave

|           |                                                                  |           |
|-----------|------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1.</b> | <b>Inleiding .....</b>                                           | <b>4</b>  |
| <b>2.</b> | <b>Uitgangspunten .....</b>                                      | <b>5</b>  |
| 2.1       | Informatie .....                                                 | 5         |
| 2.2       | Voorschriften en literatuur .....                                | 5         |
| 2.3       | Ontwerp .....                                                    | 5         |
| <b>3.</b> | <b>Beschrijving werkmethode .....</b>                            | <b>7</b>  |
| 3.1       | Algemeen .....                                                   | 7         |
| <b>4.</b> | <b>Omschrijving project .....</b>                                | <b>10</b> |
| 4.1       | Projectlocatie .....                                             | 10        |
| 4.2       | Locatie intredepunt .....                                        | 10        |
| 4.3       | Locatie uittredepunt en uitleglocatie .....                      | 10        |
| 4.4       | Betrokken objecten boortracé .....                               | 11        |
| 4.5       | Overzicht aandachtspunten bestaande kabels en/of leidingen ..... | 11        |
| 4.6       | Tijdschema .....                                                 | 11        |
| <b>5.</b> | <b>Realisatie werkzaamheden .....</b>                            | <b>12</b> |
| 5.1       | Voorstel in te zetten boormaterieel .....                        | 12        |
| 5.2       | Inrichten werkterrein .....                                      | 13        |
| 5.3       | Graven in- en uittredepunt .....                                 | 13        |
| 5.4       | Controle werkwater .....                                         | 13        |
| 5.5       | Pilotboring .....                                                | 14        |
| 5.6       | In te zetten meetsysteem .....                                   | 15        |
| 5.7       | Afwijkingen .....                                                | 15        |
| 5.8       | Afkoppelen boorkop .....                                         | 16        |
| 5.9       | Ruimfase(n) .....                                                | 16        |
| 5.10      | Intrekfase Nanodrill boring .....                                | 17        |
| 5.11      | Boorvloeistof .....                                              | 18        |
| 5.12      | Aanlevering registratie .....                                    | 18        |
| 5.13      | Vrijkomende grond / boorspoeling .....                           | 18        |
| <b>6.</b> | <b>Grond en grondwater .....</b>                                 | <b>19</b> |
| 6.1       | Geotechnisch onderzoek .....                                     | 19        |
| 6.2       | Beschrijving grondgesteldheid .....                              | 19        |
| 6.3       | Grondwaterstanden .....                                          | 20        |
| 6.4       | Beschouwing kwelproblematiek .....                               | 21        |
| <b>7.</b> | <b>Berekeningsresultaten .....</b>                               | <b>22</b> |
| 7.1       | Boorspoeldrukken .....                                           | 22        |
| 7.2       | Opbouw berekening .....                                          | 23        |
| 7.3       | Berekening benodigde trekkracht .....                            | 23        |
| 7.4       | Berekening spanningen tijdens de trekoperatie .....              | 24        |
| 7.5       | Berekening spanningen in de omtreksrichting .....                | 24        |
| 7.6       | Berekening spanningen in de langsrichting .....                  | 25        |
| 7.7       | Berekening van optredende en toelaatbare deflectie .....         | 25        |

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

**Nevenvestiging**  
Tjalk 43  
2411 NZ Bodegraven

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

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



### Lijst met tabellen

|          |                                                                  |    |
|----------|------------------------------------------------------------------|----|
| Tabel 1  | Versie- en wijzigingsoverzicht .....                             | 1  |
| Tabel 2  | Specificaties Nanodrill boring .....                             | 5  |
| Tabel 3  | Specificaties mantelbuis .....                                   | 6  |
| Tabel 4  | Overzicht raakvlakken bestaande kabels en leidingen .....        | 11 |
| Tabel 5  | Maximale afwijking pilotboring (volgens NEN 3650) .....          | 15 |
| Tabel 6  | Grondwaterstanden (indicatief) .....                             | 20 |
| Tabel 7  | Trekkrachten in verschillende stadia .....                       | 23 |
| Tabel 8  | Spanningen tijdens trekoperatie .....                            | 24 |
| Tabel 9  | Optredende spanningen in de omtreksrichting van de leiding. .... | 24 |
| Tabel 10 | Optredende spanningen in de langsrichting van de leiding. ....   | 25 |
| Tabel 11 | Berekening van optredende en toelaatbare deflectie .....         | 25 |

### Lijst met figuren

|           |                                                            |          |                                |    |
|-----------|------------------------------------------------------------|----------|--------------------------------|----|
| Figuur 1  | overzicht werklocatie (Bron: Google Earth) .....           | 1        |                                |    |
| Figuur 2  | pilotboring.....                                           | 7        |                                |    |
| Figuur 3  | ruimfase.....                                              | 8        |                                |    |
| Figuur 4  | intrekfase.....                                            | 9        |                                |    |
| Figuur 5  | overzicht werklocatie (bron: Open street-maps) .....       | 10       |                                |    |
| Figuur 6  | Boormachine .....                                          | 12       |                                |    |
| Figuur 7  | Afwijkingen conform Richtlijn boortechnieken 2019-RWS..... | 16       |                                |    |
| Figuur 8  | Voorbeeld Fly-cutter                                       | Figuur 9 | In te trekken mantelbuis ..... | 16 |
| Figuur 10 | Bodemopbouw (sonderingen B31H0305, B31H1843).....          | 19       |                                |    |
| Figuur 11 | Uitsnede isohypsenkaart Grondwatertools .....              | 20       |                                |    |
| Figuur 12 | boorspoeldrukken tijdens pilotboring .....                 | 22       |                                |    |

### Lijst met bijlagen

|           |                                                 |    |
|-----------|-------------------------------------------------|----|
| Bijlage 1 | Ontwerptekening Nanodrill boring .....          | 26 |
| Bijlage 2 | Grondonderzoek .....                            | 27 |
| Bijlage 3 | Resultaten sterkteberekening (Sigma 2025) ..... | 28 |
| Bijlage 4 | Beschrijving meetsysteem .....                  | 29 |
| Bijlage 5 | Beschrijving boorvloeistof .....                | 30 |

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

#### Nevenvestiging

Tjalk 43  
2411 NZ Bodegraven

**T** 0183-216020

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

**KvK** 70156689

**BTW** NL858166173B01

**IBAN** NL42INGB0006956686

### 1. Inleiding

SPIE Nederland B.V. heeft opdracht verleend aan ATRON Engineering B.V. voor de engineering van een Nanodrill boring. SPIE Nederland B.V. is momenteel bezig met de voorbereiding aanleg glasvezelverbinding te Utrecht.

Ten behoeve van de aanleg glasvezelverbinding is de realisatie van een Nanodrill boring noodzakelijk. De Nanodrill boring kruist de Nijverheidsweg te Utrecht.

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

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

**Nevenvestiging**  
Tjalk 43  
2411 NZ Bodegraven

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

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

## 2. Uitgangspunten

### 2.1 Informatie

Voor deze werkmethodebeschrijving hebben de volgende documenten als input gediend:

- Tekening(en):
  - o 5119-0625-01
- Document(en):
  - o Oriëntatie KLIC-melding
    - 25O0051665\_1
- Grondonderzoek
  - o B31H0305
  - o B31H1843

### 2.2 Voorschriften en literatuur

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

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

### 2.3 Ontwerp

Het ontwerp van de Nanodrill boring is weergegeven op de ontwerp-tekening welke is opgenomen in Bijlage 1. In onderstaande tabel zijn de eigenschappen van de Nanodrill boring gespecificeerd.

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

| Omschrijving                     | HDD  | Eenheid |
|----------------------------------|------|---------|
| Lengte                           | 15.2 | m       |
| Intredehoek                      | 45   | o       |
| Uittredehoek                     | 45   | o       |
| Neergaande bochtstraal           | 7.5  | m       |
| Opgaande bochtstraal             | 7.5  | m       |
| Horizontale bochtstraal          | nvt  | m       |
| Gecombineerde bochtstraal        | nvt  | m       |
| Maximale gronddekking (maaiveld) | 3.36 | m       |

Tabel 2 Specificaties Nanodrill boring

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

**Nevenvestiging**  
Tjalk 43  
2411 NZ Bodegraven

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

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

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

| Omschrijving        |             |
|---------------------|-------------|
| Materiaal           | PE100 SDR11 |
| Uitwendige diameter | 110mm       |
| Wanddikte           | 10mm        |
| Aantal              | 1           |

Tabel 3 Specificaties mantelbuis

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

**Nevenvestiging**  
Tjalk 43  
2411 NZ Bodegraven

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

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

### 3. Beschrijving werkmethode

#### 3.1 Algemeen

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

Een Nanodrill boring bestaat uit 3 fasen, te weten:

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

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

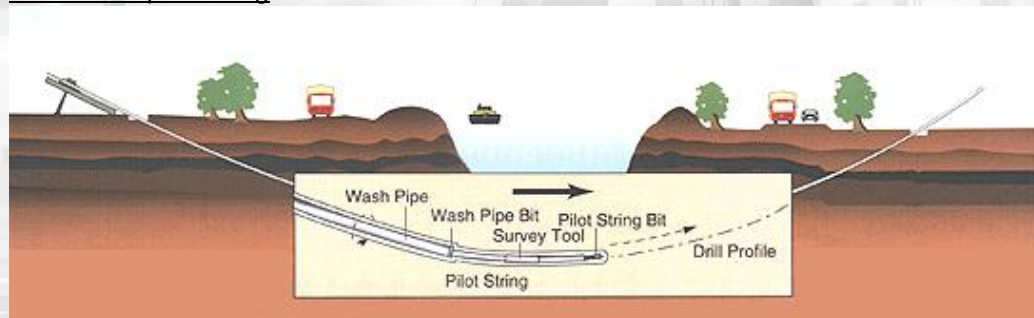
De voornaamste functies van de boorspoeling zijn:

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

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

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

#### Fase 1: De pilotboring



Figuur 2 pilotboring

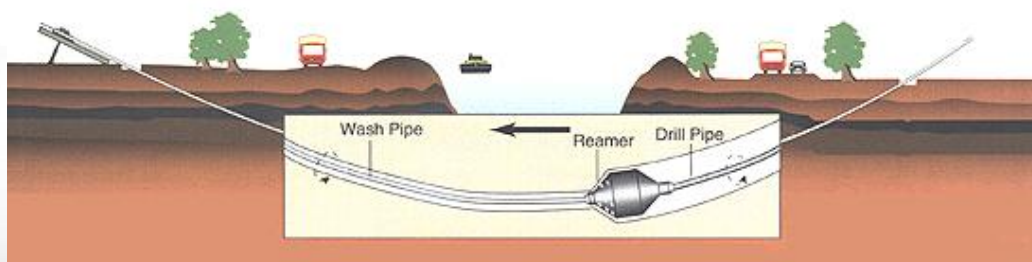
Aan de voorkant van de boorstreng is een boorkop aangebracht. De boorspoeling wordt via de boorstreng naar de boorkop gepompt en wordt samen met de losgewoelde grond langs de buitenzijde van de boorstreng door de boortunnel afgevoerd. Over het eerste gedeelte van de boorstreng kan eventueel een casing/beschermhuis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

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

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

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

### Fase 2: Ruimen van het boorgat



**Figuur 3 ruimfase**

Nadat de boorstreng bij het uittredepunt boven de grond is gekomen wordt de boorkop verwijderd en wordt op het uiteinde van de boorstreng een ruimer gemonteerd. Vervolgens wordt de boorstreng met ruimer teruggetrokken richting intredepunt. De ruimer wordt met een draaiende beweging door het voorgeboorde pilotboorgat teruggetrokken. Op de ruimer zijn behalve nozzles, waardoor de boorspoeling naar buiten gespoten wordt, soms ook messen, kammen of tanden aangebracht (afhankelijk van de grondslag waarin geboord wordt). De losgewoelde grond wordt langs de buitenzijde van de boorstreng door het geruimde boorgat in de retourstroom van de boorspoeling afgevoerd naar het maaiveld.

Achter de ruimer worden opnieuw boorstangen gekoppeld zodat de verbinding tussen in- en uittredepunt behouden blijft. Afhankelijk van de grondslag, het pompvermogen en de vereiste boorgatdiameter kunnen meerdere ruimeroperaties achter elkaar worden uitgevoerd.

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

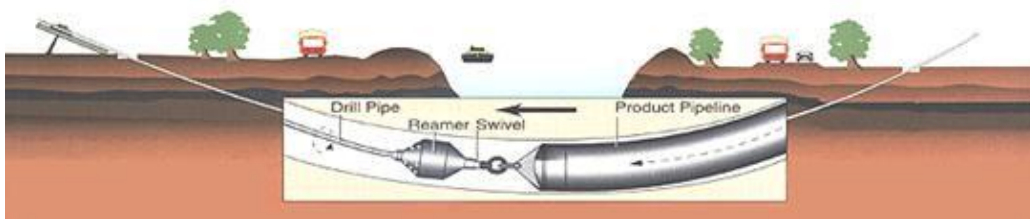
**Nevenvestiging**  
Tjalk 43  
2411 NZ Bodegraven

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

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

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

### Fase 3: Intrekken van de mantelbuis:



**Figuur 4** intrekfase

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

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

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

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

**Nevenvestiging**  
Tjalk 43  
2411 NZ Bodegraven

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

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

## 4. Omschrijving project

### 4.1 Projectlocatie

De Nanodrill boring is gelegen aan de Nijverheidsweg. In onderstaand overzicht is de projectlocatie weergegeven en de locatie (indicatief) van de Nanodrill boring.



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

### 4.2 Locatie intredepunt

Het intredepunt van de Nanodrill boring is gelegen aan de Nijverheidsweg, Utrecht. De locatie van het intredepunt is toegankelijk via de parkeerplaats onder de metrobaan. Nabij het intredepunt is voldoende opstelruimte aanwezig voor het benodigde materiaal en materieel.

### 4.3 Locatie uittredepunt en uitleglocatie

Het uittredepunt van de Nanodrill boring is gelegen aan de Nijverheidsweg. De Nanodrill boring treedt uit in de berm van de Nijverheidsweg. Nabij het uittredepunt is beperkte ruimte beschikbaar voor het benodigde materieel en materiaal. De mantelbuis zal voorafgaand aan de intrekfase worden samengesteld op haspel. Na gereedkomen van de boorgang zal de mantelbuis worden ingetrokken in de boortunnel.

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

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

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

**Nevenvestiging**  
Tjalk 43  
2411 NZ Bodegraven

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

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

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

#### 4.4 Betrokken objecten boortracé

Bij de realisatie van de Nanodrill boring worden de volgende objecten gekruist:

- ❖ Kruising van de het fietspad aan de Nijverheidsweg, Utrecht

#### 4.5 Overzicht aandachtspunten bestaande kabels en/of leidingen

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

| Eigenaar | Discipline | Opmerking |
|----------|------------|-----------|
|          |            |           |
|          |            |           |
|          |            |           |
|          |            |           |
|          |            |           |
|          |            |           |
|          |            |           |
|          |            |           |
|          |            |           |

Tabel 4 Overzicht raakvlakken bestaande kabels en leidingen

#### 4.6 Tijdschema

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

|                                      |        |         |
|--------------------------------------|--------|---------|
| - Inrichten werkterrein              | : 0.20 | dag(en) |
| - Uitvoeren van de pilotboring       | : 0.20 | dag(en) |
| - Uitvoeren van ruimgang             | : 0.20 | dag(en) |
| - Intrekken van de mantelbuis        | : 0.20 | dag(en) |
| - Afvoer en opruimen werkterrein(en) | : 0.20 | dag(en) |

De startdatum wordt bepaald in overleg met de opdrachtgever. Hierbij dient rekening gehouden te worden met eventuele vergunningen en toestemmingen.

De boorwerkzaamheden mogen pas aanvangen na het verkrijgen van alle goedkeuringen/toestemmingen.

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

**Nevenvestiging**  
Tjalk 43  
2411 NZ Bodegraven

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

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

## 5. Realisatie werkzaamheden

### 5.1 Voorstel in te zetten boormaterieel

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

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

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

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

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

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

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

| Boormachine                                                                         | Nanodrill 5060           |                        |
|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|------------------------|
|  | Rig-klasse               | Mini-rig               |
|                                                                                     | Merk:                    | Kormee                 |
|                                                                                     | Afmetingen               | 1.7 x 0.52 x 1.1 meter |
|                                                                                     | Vermogen                 | 30 kW                  |
|                                                                                     | Gewicht                  | 594 kg                 |
|                                                                                     | Hydraulisch vermogen     | 60-90L/min - 220bar    |
|                                                                                     | Max. druk- en trekkracht | 6000 kg                |
|                                                                                     | Max. koppel              | 750 Nm                 |
|                                                                                     | Max. toerental           | 200 rpm                |

Figuur 6 Boormachine

## 5.2 Inrichten werkterrein

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

Ter plaatse van het intredepunt dient ervan uitgegaan te worden dat er een werkterrein benodigd is van 50/150m<sup>2</sup> voor het opstellen van het benodigde materieel. Dit gaat naast de boor-rig om pompen, mix-units, aggregaten, voorraadcontainers, schaft- en materiaalvoorzieningen en opstelruimte voor transportmaterieel, vacuümwagen en andere vervoersmiddelen.

Ter plaatse van het uittredepunt dient rekening gehouden te worden met een werkterrein van minimaal 10/50m<sup>2</sup> voor het opstellen van het benodigde materieel. Dit gaat om o.a. opslag voor transportmaterieel, vacuümwagen en andere vervoersmiddelen.

## 5.3 Graven in- en uittredepunt

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

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

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

## 5.4 Controle werkwater

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

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

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

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

Bij gebruik van werkwater vanuit het 'oppervlaktewater' zal tevens een watermonster genomen moeten worden om eventuele verontreinigingen uit te sluiten. Indien er

verontreinigingen aanwezig zijn in het gebruikte werkwater kunnen deze een verontreiniging veroorzaken op de locatie van de Nanodrill boring. De civiele aannemer is verantwoordelijk voor het controleren op verontreinigingen in het gebruikte werkwater.

### 5.5 Pilotboring

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

Tijdens de pilot is er nog geen verbinding met het uitredepunt. Daarom zal de boerspoei terugkomen naar het intredepunt. De terugontvangen boerspoei wordt daarbij opgevangen in het intredegat.

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

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

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

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

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

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

**Nevenvestiging**  
Tjalk 43  
2411 NZ Bodegraven

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

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

## 5.6 In te zetten meetsysteem

Momenteel wordt er doorgaans het volgende type meetsysteem toegepast voor de pilotboring van een Nanodrill boring.

### 1. Walk-over meetsysteem

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

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

De specificaties van dit meetsysteem zijn opgenomen in Bijlage 4

## 5.7 Afwijkingen

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

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

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

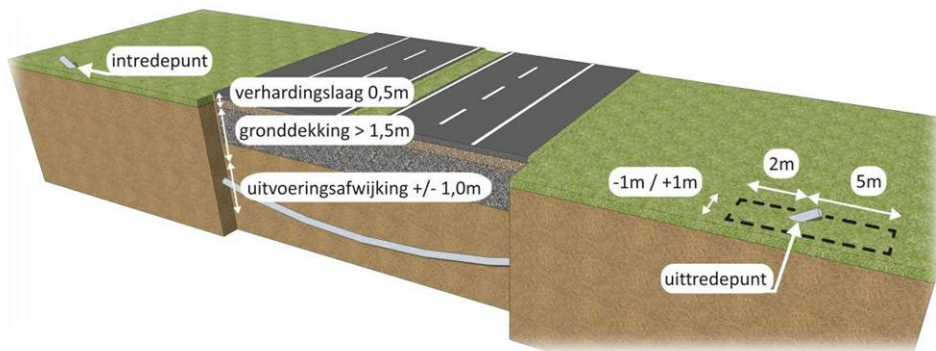
Indien het boortracé niet meer richting het geplande tracé kan worden gecorrigeerd dient de boring tot voor de afwijking teruggetrokken te worden en zal een nieuwe poging moeten worden gedaan om het geplande tracé aan te houden. Wanneer de boring buiten de 'maximale toegestane afwijking' treedt zal door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

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

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

Tabel 5 Maximale afwijking pilotboring (volgens NEN 3650)

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



**Figuur 7 Afwijkingen conform Richtlijn boortechnieken 2019-RWS**

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

### 5.8 Afkoppelen boorkop

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

### 5.9 Ruimfase(n)

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

De buitendiameter van de in te trekken mantelbuis bedraagt ca. 63mm

Conform de Richtlijn Boortechniek 2019 mag de ruimerdiameter maximaal 1,3 maal de leidingdiameter bedragen (bundelboring). Voor deze boring kan een zogenaamde Fly-cutter worden toegepast met een diameter van ca. 85mm.



**Figuur 8 Voorbeeld Fly-cutter**

**TE BOREN BUIS:**  
**1xØ110mm PE100 SDR11**

**Ruimgat Ø150**



**Figuur 9 In te trekken mantelbuis**

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

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

Tijdens de ruimfase worden de volgende parameters geregistreerd per stang:

- ❖ Stangnummer/lengte: [m]
- ❖ Begin- en stoptijd: [uur:min]
- ❖ Duur: [min:sec]
- ❖ Debiet bentoniet: [l/min]
- ❖ Druk aan de rig: [bar]
- ❖ Torsie: [kNm]
- ❖ Trekkracht: [ton]
- ❖ Returns: hoeveelheid en positie
- ❖ Viscositeit [sec]
- ❖ Soortelijk gewicht [kg/M3]
- ❖ Cuttings in/ Cuttings uit [ - ]
- ❖ Eventuele toevoegingen [soort – kg/M3]
- ❖ Eventuele opmerkingen

### 5.10 Intrekfase Nanodrill boring

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

Tijdens de intrekfase worden de volgende parameters geregistreerd:

- ❖ Stangnummer/lengte: [m]
- ❖ Begin- en stoptijd: [uur:min]
- ❖ Duur: [min:sec]
- ❖ Debiet bentoniet: [l/min]
- ❖ Druk aan de rig: [bar]
- ❖ Torsie: [kNm]
- ❖ Trekkracht: [ton]
- ❖ Returns: hoeveelheid en positie
- ❖ Viscositeit [sec]
- ❖ Soortelijk gewicht [kg/M3]
- ❖ Cuttings in/ Cuttings uit [ - ]
- ❖ Eventuele toevoegingen [soort – kg/M3]
- ❖ Eventuele opmerkingen

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

**Nevenvestiging**  
Tjalk 43  
2411 NZ Bodegraven

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

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

### 5.11 Boorvloeistof

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

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

In bijlage 5 is een voorbeeld toegevoegd voor de toepassing en eigenschappen van boorspoeling. De boorvloeistof dient over de navolgende functie te beschikken:

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

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

### 5.12 Aanlevering registratie

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

### 5.13 Vrijkomende grond / boorspoeling

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

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

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

**Nevenvestiging**  
Tjalk 43  
2411 NZ Bodegraven

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

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

## 6. Grond en grondwater

### 6.1 Geotechnisch onderzoek

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

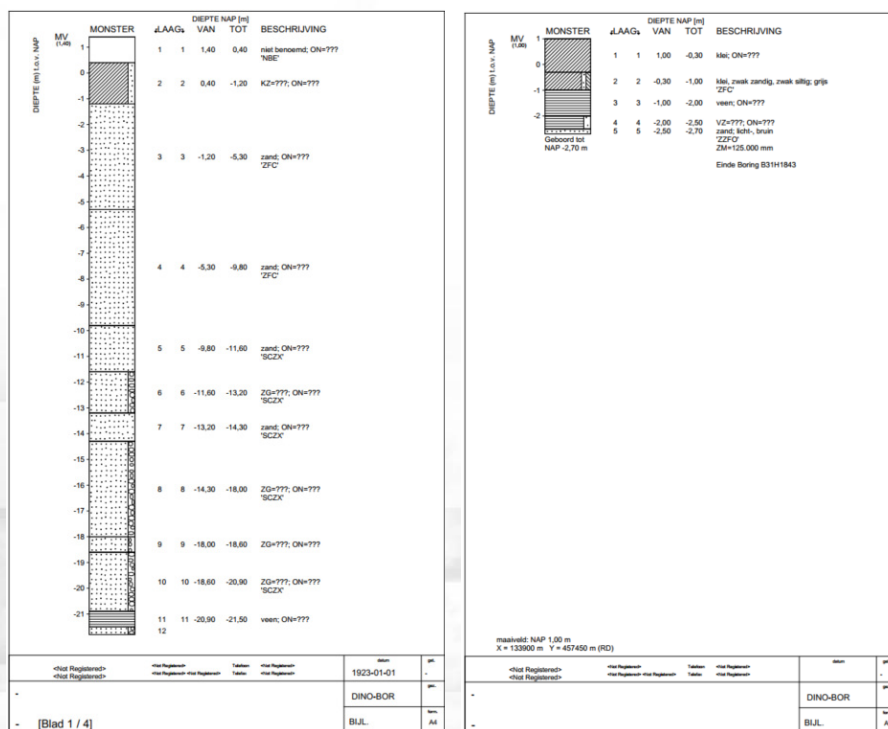
Voor deze Nanodrill boring is zijn gegevens gebruikt vanuit de online-databases van het TNO. De resultaten van deze onderzoeken zijn opgenomen als Bijlage 2.

Deze geotechnische informatie is als input gebruikt voor de sterkte- en mud-druk berekeningen welke middels het programma Sigma 2022 pipeline zijn vervaardigd.

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

### 6.2 Beschrijving grondgesteldheid

Onderstaande interpretatie van de sondering is afkomstig uit het Dinoloket.



Figuur 10 Bodemopbouw (sonderingen B31H0305, B31H1843)

Op basis van de beschikbare grondonderzoeken kan worden aangenomen dat de boring zich in de bovengrond voornamelijk bevindt in een pakket van afwisselende matige kleilagen. De vloerbuis bevindt zich in een matige kleilaag.

### 6.3 Grondwaterstanden

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

| Omschrijving                      | +/- N.A.P./Maaiveld | Waarde |
|-----------------------------------|---------------------|--------|
| GWS nabij intredepunt (freatisch) | -NAP                | -0.45m |
| GWS nabij uitredepunt (freatisch) | -NAP                | -0.45m |
|                                   |                     |        |

Tabel 6 Grondwaterstanden (indicatief)

Ter controle is tevens de isohypsenkaart geraadpleegd van [www.grondwatertools.nl](http://www.grondwatertools.nl) met betrekking tot de stijghoogten in LHM laag 2, dat is de laag van kreftenheye. Een uitsnede van deze kaart is weergegeven in figuur 14. Hieruit is af te lezen dat de stijghoogte in de eerste zandlaag ligt tussen de -0.20 en -0.18m NAP. Aangezien de hoogste stijghoogte maatgevend is in de berekening is uitgegaan van een stijghoogte van -0.18 NAP.



Figuur 11 Uitsnede isohypsenkaart Grondwatertools

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

#### 6.4 Beschouwing kwelproblematiek

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

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

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

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

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

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

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

Het uitvoeren van een kwelwegberekening heeft in deze situatie geen toegevoegde waarde omdat kwel vrijwel te allen tijde zal optreden na het uitzakken van de boorspoeling (bentoniet) in het boorgat. Wel is het aan te bevelen een 'evenwicht-berekening' te maken voor de waterdruk vanuit het watervoerende pakket en de 'bentonietdruk' tijdens de boorfasen. Als er dermate veel druk aanwezig is vanuit het watervoerende pakket kan het zelfs zijn dat er reeds kwel optreedt gedurende de uitvoering van de Nanodrill boring waarbij de boorspoeling uit het boorgat gedrukt zou kunnen worden.

Indien er maatregelen noodzakelijk zijn kan overwogen worden om kleikisten en kwelschermen aan te brengen maar deze maatregelen zijn vaak maar weinig effectief. Een alternatief is het aanbrengen van een groutkoffer (over een gedeelte van de boorlijn) ofwel het geheel opvullen/intrekken van de Nanodrill boring met Drill-Grout.

Bij deze Nanodrill boring hebben we niet te maken met een van voorgenoemde kwelsituaties.

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

**Nevenvestiging**  
Tjalk 43  
2411 NZ Bodegraven

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

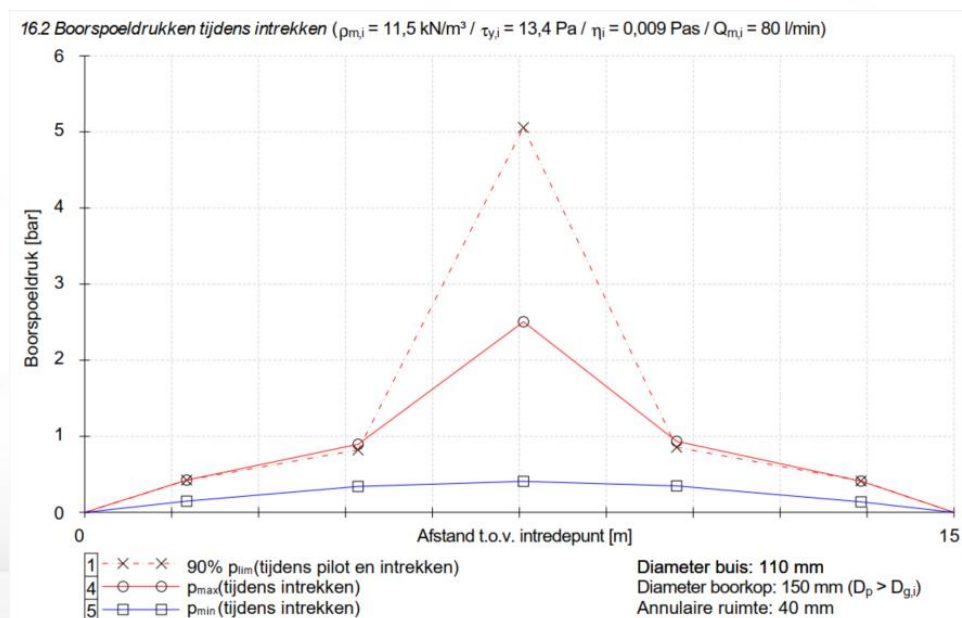
**KvK** 70156689  
**BTW** NL858166173B01  
**IBAN** NL42INGB0006956686

## 7. Berekeningsresultaten

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

### 7.1 Boorspoeldrukken

Het ontwerp van de Nanodrill boring is getoetst door middel van de uitvoering van een mud-druk berekening. Onderstaande figuur 14 geeft de verwachtingswaarde weer voor de boorspoeldrukken gedurende de realisatie van de pilotboring.



Figuur 12 boorspoeldrukken tijdens pilotboring

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

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

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

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

## 7.2 Opbouw berekening

Het ontwerp van de Nanodrill boring is getoetst door middel van de uitvoering van een sterkteberekening. In de Sigma berekening worden de volgende onderdelen getoetst:

- ❖ Totaal krachten in de verschillende stadia
- ❖ Totalisatie van de spanningen in het boorgat tijdens de trekoperatie
- ❖ Optredende spanningen in omtreksrichting van de leiding
- ❖ Optredende spanningen in langsrichting van de leiding
- ❖ Berekening van de optredende en toelaatbare deflectie

## 7.3 Berekening benodigde trekkracht

Onderstaande tabel geeft de verwachting weer van de verschillende trekkrachten welke tijdens de uitvoering van deze Nanodrill boring verwacht worden.

### 5.7 Karakteristieke waarden van de benodigde trekkrachten in fase II

Wanneer geen totaalfactor wordt toegepast ( $f = 1$ ), gelden de volgende karakteristieke waarden voor de trekkrachten.

| Trekkracht $T_{tot}$ tijdens verschillende stadia [N] | $T_1$ [N] | $T_2$ [N] | $T_{3a}$ [N] | $\Sigma T_{3b}$ [N] | $\Sigma T_{3c}$ [N] | $T_{tot}$ [N] | $T_{tot}$ [ton] |
|-------------------------------------------------------|-----------|-----------|--------------|---------------------|---------------------|---------------|-----------------|
| Na intrekken van D                                    | 122       | 54        | -            | -                   | -                   | <b>176</b>    | <b>0,02</b>     |
| Na intrekken van C                                    | 69        | -         | 249          | 1.553               | 286                 | <b>2.158</b>  | <b>0,22</b>     |
| Na intrekken van B                                    | 16        | -         | 444          | 3.106               | 832                 | <b>4.399</b>  | <b>0,44</b>     |
| Na intrekken van A                                    | 0         | 503       | -            | 3.106               | 832                 | <b>4.442</b>  | <b>0,44</b>     |

De maximale karakteristieke waarde voor de benodigde trekkracht bedraagt **4.442 N** ( $\approx 0,44$  ton).

Volgens het voorschrift van de Drilling Contractors Association (DCA - Europe) wordt een boormachine voorgeschreven met een trekkracht 2 tot 3 keer deze maximale waarde.

**Tabel 7 Trekkrachten in verschillende stadia**

Bij deze trekkrachtberekening is rekening gehouden met een onzekerheidsfactor van 1,4. Er is geen rekening gehouden met andere (model)onzekerheidsfactoren voor het opstellen van de trekkrachtberekening. Het wel-/niet afvullen van de mantelbuis/leiding is ter keuze aannemer en moet op haalbaarheid worden getoetst. De aannemer dient rekening te houden met alle factoren welke van invloed kunnen zijn op de benodigde trekkracht en hier de inzet van zijn materieel (o.a. dodemansbed, verankering en keuze boor-rig) op af te stemmen. Volgens de voorschriften van de Drilling Contractors Association (DCA-Europe) wordt een boormachine voorgeschreven met een trekkracht van 2 tot 3 keer de maximaal berekende waarde.

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

**Nevenvestiging**  
Tjalk 43  
2411 NZ Bodegraven

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

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

#### 7.4 Berekening spanningen tijdens de trekoperatie

De totalisatie van de spanningen in het boorgat tijdens de trekoperatie zijn berekend in paragraaf 5.8 van de sterkteberekening welke is toegevoegd in bijlage 3.

5.10 Totalisatie van de spanningen in het boorgat tijdens de trekoperatie

| Spanningen $\sigma_a$ tijdens verschillende stadia [N/mm <sup>2</sup> ] | $T_{tot}$ [N] | $\sigma_t$ [N/mm <sup>2</sup> ] | $\sigma_b$ [N/mm <sup>2</sup> ] | $\sigma_a$ [N/mm <sup>2</sup> ] |
|-------------------------------------------------------------------------|---------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|
| Na intrekken van D                                                      | 247           | 0,08                            | -                               | <b>0,08</b>                     |
| Na intrekken van C                                                      | 3.021         | 0,96                            | 11,12                           | <b>8,19</b>                     |
| Na intrekken van B                                                      | 6.158         | 1,96                            | 11,12                           | <b>9,19</b>                     |
| Na intrekken van A                                                      | 6.218         | 1,98                            | -                               | <b>1,98</b>                     |

Rechte delen:  $\sigma_a = \frac{T_{tot}}{A} = \frac{T_{tot}}{3.141,59} = \sigma_t$

Gebogen delen:  $\sigma_a = \alpha_\sigma \cdot \sigma_b + \sigma_t = 0,65 \cdot \sigma_b + \sigma_t$

Toelaatbare spanning:  $\sigma_{kd} = MRS = 10,00 \text{ N/mm}^2$

$\sigma_a \leq \sigma_{kd} \rightarrow 9,19 \leq 10,00 \rightarrow \text{Voldoet}$

Tabel 8 Spanningen tijdens trekoperatie

Uit de uitkomst van de berekening blijkt dat deze binnen de gestelde eis van 10,0 N/mm<sup>2</sup> blijft en de mantelbuis voldoende sterk is tijdens het intrekproces

#### 7.5 Berekening spanningen in de omtreksrichting

De spanningen in de omtreksrichting ten gevolge van de bovenbelasting worden berekend in paragraaf 9.1 van de sterkteberekening welke is toegevoegd in bijlage 3. Tabel 9 geeft inzicht in de te verwachten spanningen.

12.1 Optredende spanningen in omtreksrichting van de leiding

| Locatie | $\sigma_q$ [N/mm <sup>2</sup> ] | $\sigma_{qr}$ [N/mm <sup>2</sup> ] | $\alpha_\sigma$ [-] | $\sigma_{y2}$ [N/mm <sup>2</sup> ] |
|---------|---------------------------------|------------------------------------|---------------------|------------------------------------|
| 1       | 1,27                            | 0,35                               | 0,65                | <b>1,06</b>                        |
| 2       | 1,14                            | 0,35                               | 0,65                | <b>0,97</b>                        |
| 3       | 2,01                            | 2,27                               | 0,65                | <b>2,78</b>                        |
| 4       | 1,16                            | 0,35                               | 0,65                | <b>0,98</b>                        |
| 5       | 1,29                            | -                                  | 0,65                | <b>0,84</b>                        |

Rechte delen:  $\sigma_{y2} = \alpha_\sigma \cdot \sigma_q$

Bochten:  $\sigma_{y2} = \alpha_\sigma \cdot (\sigma_q + \sigma_{qr})$

Toelaatbare spanning:  $\sigma_{td} = \bar{\sigma}_t = 8,00 \text{ N/mm}^2$

$\sigma_{y2} \leq \sigma_{td} \rightarrow 2,78 \leq 8,00 \rightarrow \text{Voldoet}$

Tabel 9 Optredende spanningen in de omtreksrichting van de leiding.

De te verwachten spanningen in de omtreksrichting blijven binnen de gestelde grens van 8,00 N/mm<sup>2</sup> en voldoet.

## 7.6 Berekening spanningen in de langsrichting

De spanning in de langsrichting ten gevolge van de inwendige druk worden in paragraaf 9.2 van de sterkteberekening in bijlage 3 berekend. Tabel 10 geeft de verwachte spanningen weer in de rechte delen en de bochten in de langsrichting.

12.2 Optredende spanningen in langsrichting van de leiding

| Locatie | $\sigma_{pl}$ [N/mm <sup>2</sup> ] | $\sigma_{ax}$ [N/mm <sup>2</sup> ] | $\sigma_b$ [N/mm <sup>2</sup> ] | $\alpha_\sigma$ [-] | $\sigma_x$ [N/mm <sup>2</sup> ] |
|---------|------------------------------------|------------------------------------|---------------------------------|---------------------|---------------------------------|
| 1       | 0,00                               | 0,00                               | 11,12                           | 0,65                | <b>7,23</b>                     |
| 2       | 0,00                               | 0,00                               | 11,12                           | 0,65                | <b>7,23</b>                     |
| 3       | 0,00                               | 0,00                               | 11,12                           | 0,65                | <b>7,23</b>                     |
| 4       | 0,00                               | 0,00                               | 11,12                           | 0,65                | <b>7,23</b>                     |
| 5       | 0,00                               | 0,00                               | -                               | -                   | <b>0,00</b>                     |

Rechte delen:  $\sigma_x = \sigma_{ax}$

Bochten:  $\sigma_x = \sigma_{ax} + \alpha_\sigma \cdot \sigma_b$

Toelaatbare spanning:  $\sigma_{td} = \sigma_t = 8,00$  N/mm<sup>2</sup>

$\sigma_{y2} \leq \sigma_{td} \rightarrow 7,23 \leq 8,00 \rightarrow$  Voldoet

Tabel 10 Optredende spanningen in de langsrichting van de leiding.

Uit deze berekening komt naar voren dat de spanningen binnen de gestelde norm van 8,00 N/mm<sup>2</sup> blijft. Hiermee is aangetoond dat de spanningen in de langsrichting voldoen.

## 7.7 Berekening van optredende en toelaatbare deflectie

De maximale deflectie op de buis bedraagt 0.20mm (0.35% x Do) voor de 63mm. De maximaal toelaatbare deflectie bedraagt 4.58mm. De optredende maximale deflectie is dus toelaatbaar. Tabel 11 geeft de berekende vervorming aan van de mantelbuis aan tussen de rechte en gebogen delen.

13. Berekening van de optredende en toelaatbare deflectie

| Locatie | $Q_n$ [N/mm <sup>1</sup> ] | $Q_v$ [N/mm <sup>1</sup> ] | $Q_r$ [N/mm <sup>1</sup> ] | $\delta_Y$ [mm] | $\delta_Y/D_g$ [%] |
|---------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|-----------------|--------------------|
| 1       | 2,20                       | 4,70                       | 1,28                       | <b>0,59</b>     | 0,59               |
| 2       | 4,18                       | 2,02                       | 1,28                       | <b>0,68</b>     | 0,68               |
| 3       | 6,61                       | 1,67                       | 8,27                       | <b>1,45</b>     | 1,45               |
| 4       | 4,34                       | 1,93                       | 1,28                       | <b>0,69</b>     | 0,69               |
| 5       | 2,14                       | 4,86                       | -                          | <b>0,59</b>     | 0,59               |

$$\delta_Y = \frac{(0,089 \cdot Q - 0,095 \cdot Q_{nh} + 0,048 \cdot Q_r) \cdot r_g^3}{E' \cdot I_w}$$

$$\delta_Y = \frac{(0,089 \cdot (Q_n + \frac{1}{2} \cdot Q_v) - 0,095 \cdot (1 - \sin \varphi) \cdot (Q_n + \frac{1}{2} \cdot Q_v) + 0,048 \cdot Q_r) \cdot 50,00^3}{350 \cdot 83,33}$$

Toelaatbare deflectie:  $\delta_{Y,max} = 8,00\% \cdot D_g = 0,08 \cdot 100,00 = 8,00$  mm

$\delta_Y \leq \delta_{Y,max} \rightarrow 1,45 \leq 8,00 \rightarrow$  Voldoet

Tabel 11 Berekening van optredende en toelaatbare deflectie

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

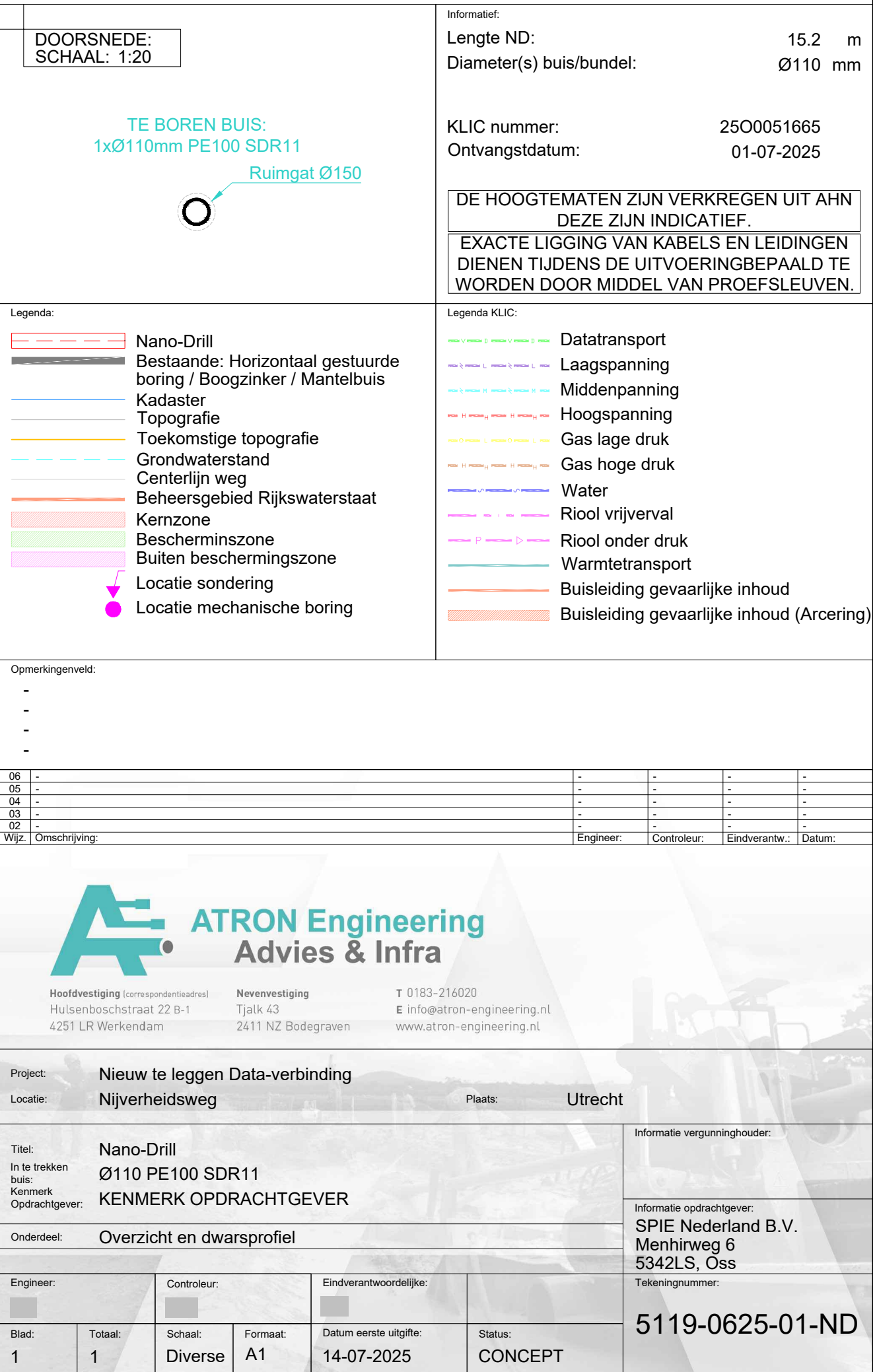
## Bijlage 1 Ontwerptekening Nanodrill boring

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

**Nevenvestiging**  
Tjalk 43  
2411 NZ Bodegraven

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

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



## Bijlage 2 Grondonderzoek

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

**Nevenvestiging**  
Tjalk 43  
2411 NZ Bodegraven

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

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

# Locatie grondonderzoek

1x Ø110 PE100 SDR11

## Legenda

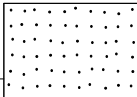
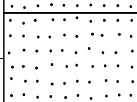
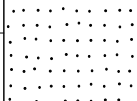
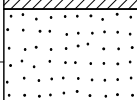
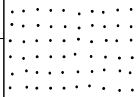
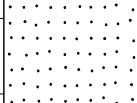
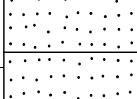
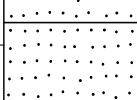
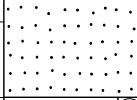
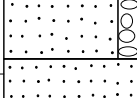
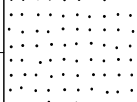
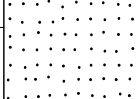
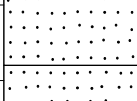
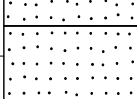
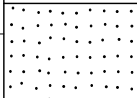
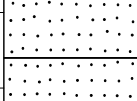
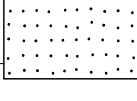
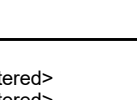
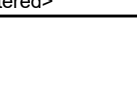
-  ATRON-Boorlijn-Center
-  Grondonderzoeken

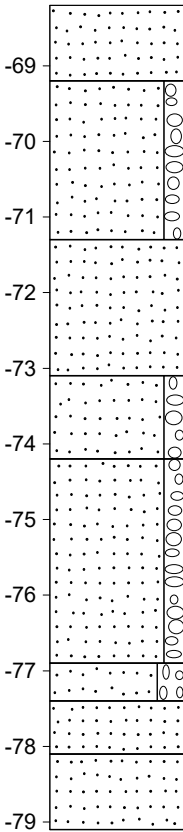
Google Earth

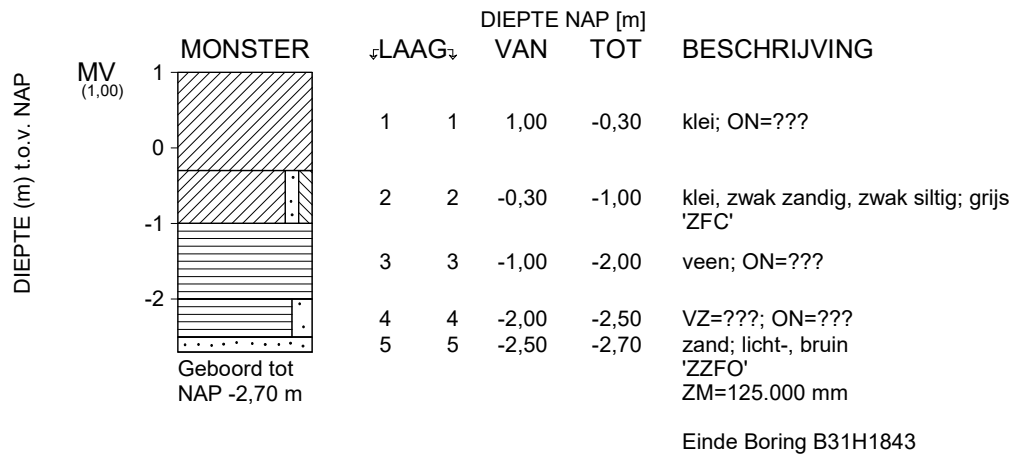


|                                      |              | DIEPTE NAP [m]                                        |                     | BESCHRIJVING                         |                               |
|--------------------------------------|--------------|-------------------------------------------------------|---------------------|--------------------------------------|-------------------------------|
|                                      |              | ↓LAAG↓                                                | VAN                 |                                      |                               |
| DIEPTE (m) t.o.v. NAP                | MV<br>(1,40) | MONSTER                                               |                     |                                      |                               |
|                                      | 1            | 1                                                     | 1,40                | 0,40                                 | niet benoemd; ON=???<br>'NBE' |
|                                      | 0            | 2                                                     | 0,40                | -1,20                                | KZ=???; ON=???                |
|                                      | -1           |                                                       |                     |                                      |                               |
|                                      | -2           |                                                       |                     |                                      |                               |
|                                      | -3           | 3                                                     | -1,20               | -5,30                                | zand; ON=???<br>'ZFC'         |
|                                      | -4           |                                                       |                     |                                      |                               |
|                                      | -5           |                                                       |                     |                                      |                               |
|                                      | -6           |                                                       |                     |                                      |                               |
|                                      | -7           |                                                       |                     |                                      |                               |
|                                      | -8           | 4                                                     | -5,30               | -9,80                                | zand; ON=???<br>'ZFC'         |
|                                      | -9           |                                                       |                     |                                      |                               |
|                                      | -10          |                                                       |                     |                                      |                               |
|                                      | -11          | 5                                                     | -9,80               | -11,60                               | zand; ON=???<br>'SCZX'        |
|                                      | -12          |                                                       |                     |                                      |                               |
|                                      | -13          | 6                                                     | -11,60              | -13,20                               | ZG=???; ON=???<br>'SCZX'      |
|                                      | -14          |                                                       |                     |                                      |                               |
|                                      | -15          |                                                       |                     |                                      |                               |
|                                      | -16          | 8                                                     | -14,30              | -18,00                               | ZG=???; ON=???<br>'SCZX'      |
|                                      | -17          |                                                       |                     |                                      |                               |
|                                      | -18          | 9                                                     | -18,00              | -18,60                               | ZG=???; ON=???                |
|                                      | -19          |                                                       |                     |                                      |                               |
|                                      | -20          | 10                                                    | -18,60              | -20,90                               | ZG=???; ON=???<br>'SCZX'      |
|                                      | -21          |                                                       |                     |                                      |                               |
|                                      |              | 11                                                    | -20,90              | -21,50                               | veen; ON=???                  |
|                                      |              | 12                                                    |                     |                                      |                               |
| <Not Registered><br><Not Registered> |              | <Not Registered><br><Not Registered> <Not Registered> | Telefoon<br>Telefax | <Not Registered><br><Not Registered> | datum<br>1923-01-01           |
| -                                    |              |                                                       |                     |                                      | get.<br>-                     |
|                                      |              |                                                       |                     |                                      | gez.<br>DINO-BOR              |
| - [Blad 1 / 4]                       |              |                                                       |                     |                                      | form.<br>BIJL. A4             |

| DIEPTE (m) t.o.v. NAP                | MONSTER | DIEPTE NAP [m]                                        |                     | BESCHRIJVING                         |
|--------------------------------------|---------|-------------------------------------------------------|---------------------|--------------------------------------|
|                                      |         | ↓LAAG↓                                                | VAN TOT             |                                      |
| -22                                  |         | 12                                                    | 12 -21,50 -23,50    | ZG2=???; ON=???<br>'ZFC'             |
| -23                                  |         |                                                       |                     |                                      |
| -24                                  |         | 13                                                    | 13 -23,50 -24,40    | ZG2=???; ON=???<br>'SCZX'            |
| -25                                  |         |                                                       |                     |                                      |
| -26                                  |         | 14                                                    | 14 -24,40 -25,50    | zand; ON=???<br>'ZFC'                |
| -27                                  |         |                                                       |                     |                                      |
| -28                                  |         | 15                                                    | 15 -25,50 -26,90    | zand; ON=???<br>'ZFC'                |
| -29                                  |         |                                                       |                     |                                      |
| -30                                  |         | 16                                                    | 16 -26,90 -28,60    | zand; ON=???<br>'ZFC'                |
| -31                                  |         |                                                       |                     |                                      |
| -32                                  |         | 17                                                    | 17 -28,60 -32,90    | zand; ON=???<br>'ZFC'                |
| -33                                  |         |                                                       |                     |                                      |
| -34                                  |         | 18                                                    | 18 -32,90 -34,60    | zand; ON=???<br>'SCZX'               |
| -35                                  |         |                                                       |                     |                                      |
| -36                                  |         | 19                                                    | 19 -34,60 -36,60    | zand; ON=???<br>'ZFC'                |
| -37                                  |         |                                                       |                     |                                      |
| -38                                  |         | 20                                                    | 20 -36,60 -37,40    | LZ=???; grijs                        |
| -39                                  |         |                                                       |                     |                                      |
| -40                                  |         | 21                                                    | 21 -37,40 -37,80    | leem; grijs                          |
| -41                                  |         |                                                       |                     |                                      |
| -42                                  |         | 22                                                    | 22 -37,80 -38,40    | leem; ON=???<br>'ZFC'                |
| -43                                  |         |                                                       |                     |                                      |
| -44                                  |         | 23                                                    | 23 -38,40 -39,00    | leem; grijs                          |
| -45                                  |         |                                                       |                     |                                      |
|                                      |         | 24                                                    | 24 -39,00 -39,20    | veen; ON=???<br>'ZFC'                |
|                                      |         |                                                       |                     |                                      |
|                                      |         | 25                                                    | 25 -39,20 -41,00    | leem; ON=???<br>'ZFC'                |
|                                      |         |                                                       |                     |                                      |
|                                      |         | 26                                                    | 26 -41,00 -41,80    | LZ=???; grijs                        |
|                                      |         |                                                       |                     |                                      |
|                                      |         | 27                                                    | 27 -41,80 -44,20    | zand, zwak siltig; ON=???<br>'ZFC'   |
|                                      |         |                                                       |                     |                                      |
|                                      |         | 28                                                    |                     |                                      |
| <Not Registered><br><Not Registered> |         | <Not Registered><br><Not Registered> <Not Registered> | Telefoon<br>Telefax | <Not Registered><br><Not Registered> |
|                                      |         |                                                       | datum               | get.                                 |
|                                      |         |                                                       | 1923-01-01          | -                                    |
|                                      |         |                                                       | DINO-BOR            | gez.                                 |
|                                      |         |                                                       | BIJL.               | form.                                |
| - [Blad 2 / 4]                       |         |                                                       |                     | A4                                   |

| DIEPTE (m) t.o.v. NAP                | MONSTER                                                                             | DIEPTE NAP [m]                                        |     |                     | BESCHRIJVING                         |                     |             |
|--------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|-----|---------------------|--------------------------------------|---------------------|-------------|
|                                      |                                                                                     | ↓LAAG↓                                                | VAN | TOT                 |                                      |                     |             |
| -46                                  |    | 28                                                    | 28  | -44,20 -46,40       | zand; ON=???<br>'ZFC'                |                     |             |
| -47                                  |    |                                                       |     |                     |                                      |                     |             |
| -48                                  |    | 29                                                    | 29  | -46,40 -49,40       | zand; ON=???<br>'ZFC'                |                     |             |
| -49                                  |    |                                                       |     |                     |                                      |                     |             |
| -50                                  |    | 30                                                    | 30  | -49,40 -50,30       | klei; grijs                          |                     |             |
| -51                                  |    |                                                       |     |                     |                                      |                     |             |
| -52                                  |    |                                                       |     |                     |                                      |                     |             |
| -53                                  |    | 31                                                    | 31  | -50,30 -54,80       | zand; ON=???<br>'ZFC'                |                     |             |
| -54                                  |   |                                                       |     |                     |                                      |                     |             |
| -55                                  |  | 32                                                    | 32  | -54,80 -55,70       | zand; ON=???<br>'SCZX'               |                     |             |
| -56                                  |  |                                                       |     |                     |                                      |                     |             |
| -57                                  |  | 33                                                    | 33  | -55,70 -58,00       | zand; ON=???<br>'SCZX'               |                     |             |
| -58                                  |  | 34                                                    | 34  | -58,00 -58,80       | ZG2=???; ON=???<br>'SCZX'            |                     |             |
| -59                                  |  |                                                       |     |                     |                                      |                     |             |
| -60                                  |  |                                                       |     |                     |                                      |                     |             |
| -61                                  |  | 35                                                    | 35  | -58,80 -62,80       | zand; ON=???<br>'ZFC'                |                     |             |
| -62                                  |  |                                                       |     |                     |                                      |                     |             |
| -63                                  |  | 36                                                    | 36  | -62,80 -63,60       | zand; ON=???<br>'SCZX'               |                     |             |
| -64                                  |  | 37                                                    | 37  | -63,60 -64,60       | zand; ON=???<br>'SCZX'               |                     |             |
| -65                                  |  |                                                       |     |                     |                                      |                     |             |
| -66                                  |  | 38                                                    | 38  | -64,60 -66,60       | zand; ON=???<br>'ZFC'                |                     |             |
| -67                                  |  |                                                       |     |                     |                                      |                     |             |
| -68                                  |  | 39                                                    | 39  | -66,60 -69,20       | zand; ON=???<br>'SCZX'               |                     |             |
| <Not Registered><br><Not Registered> |                                                                                     | <Not Registered><br><Not Registered> <Not Registered> |     | Telefoon<br>Telefax | <Not Registered><br><Not Registered> | datum<br>1923-01-01 | get.<br>-   |
| -                                    |                                                                                     |                                                       |     |                     |                                      | DINO-BOR            | gez.        |
| - [Blad 3 / 4]                       |                                                                                     |                                                       |     |                     |                                      | BIJL.               | form.<br>A4 |

|                                                        | MONSTER                                                                           | DIEPTE NAP [m]                                        |                     | BESCHRIJVING                         |
|--------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|---------------------|--------------------------------------|
|                                                        |                                                                                   | ↓LAAG↓                                                | VAN TOT             |                                      |
| DIEPTE (m) t.o.v. NAP                                  |  | 39                                                    | 39 -66,60 -69,20    | zand; ON=???<br>'SCZX'               |
|                                                        |                                                                                   | 40                                                    | 40 -69,20 -71,30    | ZG2=???; ON=???<br>'SCZX'            |
|                                                        |                                                                                   | 41                                                    | 41 -71,30 -73,10    | zand; ON=???<br>'SCZX'               |
|                                                        |                                                                                   | 42                                                    | 42 -73,10 -74,20    | ZG=???; ON=???<br>'SCZX'             |
|                                                        |                                                                                   | 43                                                    | 43 -74,20 -76,90    | ZG=???; ON=???<br>'SCZX'             |
|                                                        |                                                                                   | 44                                                    | 44 -76,90 -77,40    | ZG3=???; ON=???<br>'SCZX'            |
|                                                        |                                                                                   | 45                                                    | 45 -77,40 -78,10    | zand; ON=???<br>'SCZX'               |
|                                                        |                                                                                   | 46                                                    | 46 -78,10 -79,10    | zand; ON=???<br>'ZFC'                |
|                                                        | Geboord tot<br>NAP -79,10 m                                                       |                                                       |                     |                                      |
|                                                        |                                                                                   |                                                       |                     | Einde Boring B31H0305                |
| maaiveld: NAP 1,40 m<br>X = 133920 m Y = 457560 m (RD) |                                                                                   |                                                       |                     |                                      |
| <Not Registered><br><Not Registered>                   |                                                                                   | <Not Registered><br><Not Registered> <Not Registered> | Telefoon<br>Telefax | <Not Registered><br><Not Registered> |
|                                                        |                                                                                   |                                                       | datum               | get.                                 |
|                                                        |                                                                                   |                                                       | 1923-01-01          | -                                    |
|                                                        |                                                                                   |                                                       | DINO-BOR            | gez.                                 |
|                                                        |                                                                                   |                                                       | BIJL.               | form.                                |
| - [Blad 4 / 4]                                         |                                                                                   |                                                       |                     | A4                                   |



maaiveld: NAP 1,00 m  
X = 133900 m Y = 457450 m (RD)

|   |   |   |   |   |          |       |
|---|---|---|---|---|----------|-------|
| - | - | - | - | - | datum    | get.  |
|   |   |   |   |   | DINO-BOR | gez.  |
| - | - | - | - | - | BIJL.    | form. |
|   |   |   |   |   |          | A4    |

**Bijlage 3 Resultaten sterkteberekening (Sigma 2025)**

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

**Nevenvestiging**  
Tjalk 43  
2411 NZ Bodegraven

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

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

Algemene gegevens

Naam van het project : 5119-0625-01

Projectonderdeel : Sterkteberekening 5119-0625-01 Ø110 PE100 SDR11

Materiaalgegevens

Materiaalsoort: PE

Kwaliteit: PE 100 SDR 11

Lange-duur treksterkte MRS = 10 N/mm<sup>2</sup>

Materiaalfactor  $\gamma_M$  = 1,25 -

Toelaatbare langeduur spanning  $\bar{\sigma}_t$  = 8,00 N/mm<sup>2</sup>

Elasticiteitsmodulus korte duur E = 975 N/mm<sup>2</sup>

Elasticiteitsmodulus lange duur E' = 350 N/mm<sup>2</sup>

Lineaire uitzettingscoëfficiënt  $\alpha_g$  = 16,0·10<sup>-5</sup> mm/(mm·K)

Alfa Tangentieel / Alfa Axiaal  $\alpha_\sigma$  = 0,65 -

Soortelijk gewicht buis  $\rho_L$  = 9,55 kN/m<sup>3</sup>

Toelaatbare deflectie  $\delta$  = 8,00 %

Leidinggegevens

Uitwendige middellijn D<sub>e</sub> = 110,00 mm

Wanddikte d<sub>n</sub> = 10 mm

Procesgegevens

Soort leiding (Vloeistof / Gas / Drukloos) = Drukloos

Uitvoeringsaspecten, tracé boring, in- en uittredehoeken

Totale lengte L = 15,19 m

Totale horizontale lengte L<sub>hor</sub> = 13,02 m

Straal maaiveld/rollenbaan R<sub>r</sub> = 100,00 m

Intredehoek (bij boorstelling)  $\alpha_1$  = 45,00 / 100 ° / %

Uittredehoek (bij rollenbaan)  $\alpha_2$  = 44,93 / 99,76 ° / %

Belastinghoek  $\alpha$  = 180 °

Ondersteuningshoek  $\beta$  = 120 °

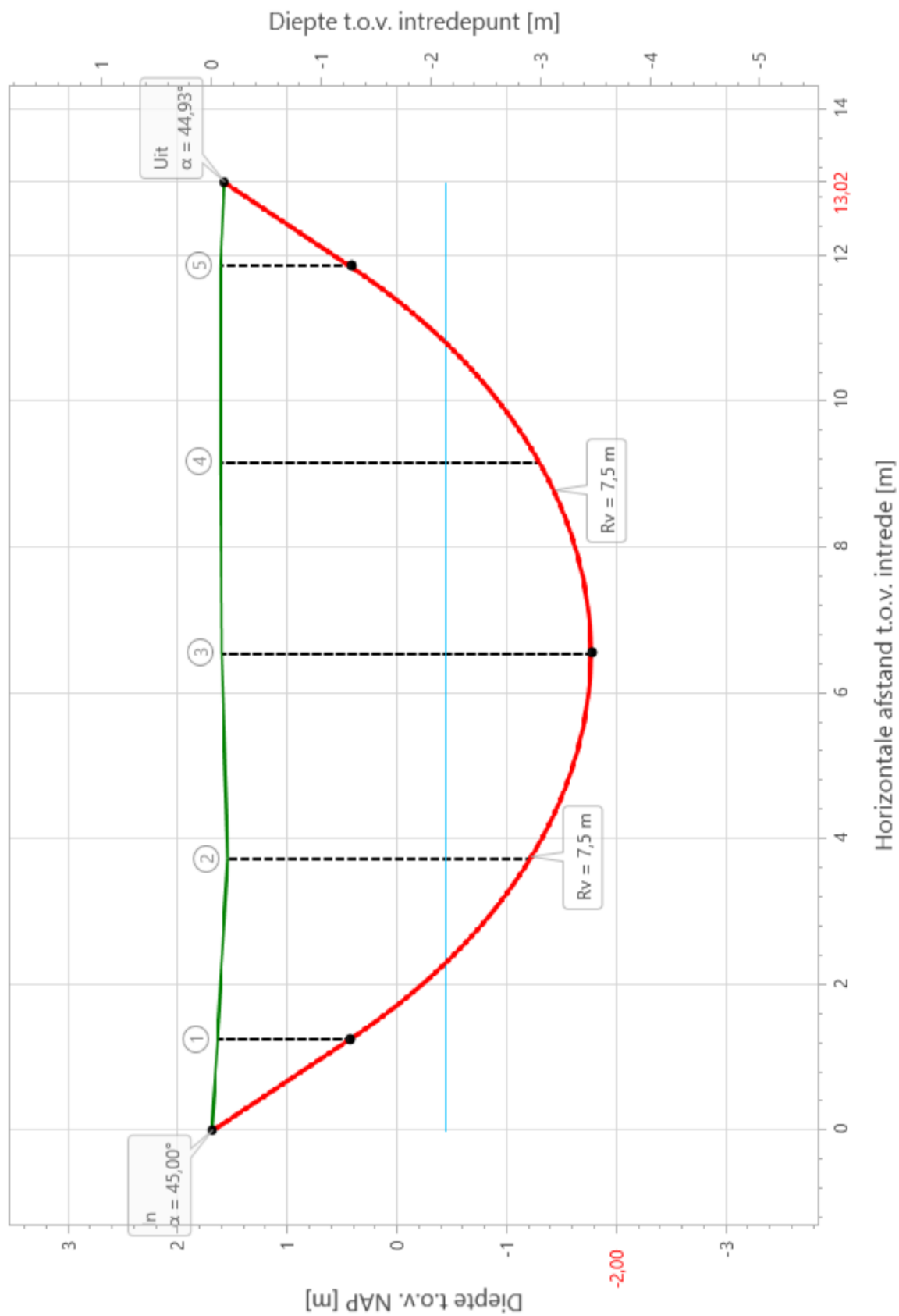
Horizontale steundrukhoek  $\gamma$  = 120 °

MV intrede t.o.v. NAP MV<sub>in</sub> = 1,69 m

MV uittrede t.o.v. NAP MV<sub>uit</sub> = 1,58 m

| Beschrijving | Lengte langs buis [m] | Horizontale lengte [m] | Cummulatieve lengte langs buis [m] | Cummulatieve horizontale lengte [m] | Verticale straal [m] |
|--------------|-----------------------|------------------------|------------------------------------|-------------------------------------|----------------------|
| A            | 1,78                  | 1,26                   | 1,78                               | 1,26                                | -                    |
| B            | 5,89                  | 5,30                   | 7,67                               | 6,56                                | 7,50                 |
| C            | 5,88                  | 5,30                   | 13,55                              | 11,86                               | 7,50                 |
| D            | 1,64                  | 1,16                   | 15,19                              | 13,02                               | -                    |

| Sterkteberekening van een horizontaal gestuurde boring conform NEN 3650/3651:2020 |                                |                                      |                                        |                          | Sigma 2025 1.1 ©                               |                                                |                               |
|-----------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|--------------------------------------|----------------------------------------|--------------------------|------------------------------------------------|------------------------------------------------|-------------------------------|
| <b>Uitvoeringsaspecten</b>                                                        |                                |                                      |                                        |                          |                                                |                                                |                               |
| Diameter boorstang                                                                |                                | $D_b$                                | = 30                                   | mm                       |                                                |                                                |                               |
| <i>Tijdens pilot</i>                                                              |                                |                                      |                                        |                          |                                                |                                                |                               |
| Diameter boorkop/boorgat                                                          |                                | $D_p$                                | = 150                                  | mm                       |                                                |                                                |                               |
| Soortelijk gewicht boorvloeistof                                                  |                                | $\rho_{m,p}$                         | = 11,5                                 | $\text{kN/m}^3$          |                                                |                                                |                               |
| Zwichtspanning boorvloeistof                                                      |                                | $\tau_{y,p}$                         | = 13,4                                 | Pa                       |                                                |                                                |                               |
| Plastische viscositeit boorvloeistof                                              |                                | $\eta_p$                             | = 0,009                                | $\text{Pa}\cdot\text{s}$ |                                                |                                                |                               |
| Debiet boorvloeistof                                                              |                                | $Q_{m,p}$                            | = 40                                   | $\text{l/min}$           |                                                |                                                |                               |
| <i>Tijdens intrekken</i>                                                          |                                |                                      |                                        |                          |                                                |                                                |                               |
| Gecombineerd ruimen/intrekken                                                     |                                |                                      |                                        |                          |                                                |                                                |                               |
| Diameter ruimer/boorgat                                                           |                                | $D_{g,i}$                            | = 150                                  | mm                       |                                                |                                                |                               |
| Soortelijk gewicht boorvloeistof                                                  |                                | $\rho_{m,i}$                         | = 11,5                                 | $\text{kN/m}^3$          |                                                |                                                |                               |
| Zwichtspanning boorvloeistof                                                      |                                | $\tau_{y,i}$                         | = 13,4                                 | Pa                       |                                                |                                                |                               |
| Plastische viscositeit boorvloeistof                                              |                                | $\eta_i$                             | = 0,009                                | $\text{Pa}\cdot\text{s}$ |                                                |                                                |                               |
| Debiet boorvloeistof                                                              |                                | $Q_{m,i}$                            | = 80                                   | $\text{l/min}$           |                                                |                                                |                               |
| Leiding wordt niet verzwaard t.p.v. rollenbaan                                    |                                |                                      |                                        |                          |                                                |                                                |                               |
| Leiding wordt niet verzwaard t.p.v. boorgang                                      |                                |                                      |                                        |                          |                                                |                                                |                               |
| <b>Onzekerheids- en wrijvingsfactoren</b>                                         |                                |                                      |                                        |                          |                                                |                                                |                               |
| Totaalfactor bij normale boring                                                   |                                | $f$                                  | = 1,4                                  |                          |                                                |                                                |                               |
| Belastingfactor, bovengronds                                                      |                                | $f_{k,b}$                            | = 1,1                                  |                          |                                                |                                                |                               |
| Belastingfactor, ondergronds                                                      |                                | $f_{k,o}$                            | = 1,4                                  |                          |                                                |                                                |                               |
| Onzekerheidsfactor straal, ondergronds                                            |                                | $f_{r,o}$                            | = 0,9                                  |                          |                                                |                                                |                               |
| Wrijvingscoëff. zonder rollenbaan                                                 |                                | $f_1$                                | = 0,3                                  |                          |                                                |                                                |                               |
| Wrijving tussen leiding/boorvloeistof                                             |                                | $f_2$                                | = 0,00005                              | $\text{N/mm}^2$          |                                                |                                                |                               |
| Wrijving tussen leiding/boorgangwand                                              |                                | $f_3$                                | = 0,2                                  |                          |                                                |                                                |                               |
| Partiële factor grondbelasting                                                    |                                | $\gamma$                             | = 1,1                                  |                          |                                                |                                                |                               |
| <b>Grondmechanische gegevens en verkeersbelasting</b>                             |                                |                                      |                                        |                          |                                                |                                                |                               |
| Locatie                                                                           | Afstand t.o.v. intredepunt [m] | Dekking t.o.v. maaiveld [m]          | G.W.S. t.o.v. maaiveld [m]             | Grondsoort               | Volumiek gewicht droge grond $[\text{kN/m}^3]$ | Volumiek gewicht natte grond $[\text{kN/m}^3]$ | Wrijvingshoek grond $[\circ]$ |
| 1                                                                                 | 1,78                           | 1,21                                 | -                                      | Klei                     | 15,00                                          | -                                              | 22,50                         |
| 2                                                                                 | 4,78                           | 2,77                                 | 2,00                                   | Klei                     | 15,00                                          | 15,00                                          | 22,50                         |
| 3                                                                                 | 7,67                           | 3,37                                 | 2,05                                   | Zand                     | 19,00                                          | 21,00                                          | 32,50                         |
| 4                                                                                 | 10,35                          | 2,91                                 | 2,06                                   | Klei                     | 15,00                                          | 15,00                                          | 22,50                         |
| 5                                                                                 | 13,57                          | 1,18                                 | -                                      | Klei                     | 15,00                                          | -                                              | 22,50                         |
| Locatie                                                                           | Hor. steundruk                 | Effectieve cohesie $[\text{kN/m}^2]$ | E-modulus ondergrond $[\text{MN/m}^2]$ | Verkeersbelasting        |                                                |                                                |                               |
| 1                                                                                 | ✓                              | 0,00                                 | 1,50                                   | Grafiek I                |                                                |                                                |                               |
| 2                                                                                 | ✓                              | 0,00                                 | 1,50                                   | Grafiek I                |                                                |                                                |                               |
| 3                                                                                 | ✓                              | 0,00                                 | 50,00                                  | Grafiek I                |                                                |                                                |                               |
| 4                                                                                 | ✓                              | 0,00                                 | 1,50                                   | Grafiek I                |                                                |                                                |                               |
| 5                                                                                 | ✓                              | 0,00                                 | 1,50                                   | Grafiek I                |                                                |                                                |                               |
|                                                                                   |                                |                                      |                                        |                          | 23-07-2025 09:43:55                            |                                                |                               |



\* Niet op schaal

| 2. Eigenschappen van de leiding |                                      |                |                                  |  |
|---------------------------------|--------------------------------------|----------------|----------------------------------|--|
| Inwendige middellijn            | $D_i = D_e - 2 \cdot d_n$            | = 90,00        | mm                               |  |
| Gemiddelde middellijn           | $D_g = (D_e + D_i)/2$                | = 100,00       | mm                               |  |
| Uitwendige middellijn+bekleding | $D_o = D_e + 2 \cdot e$              | = 110,00       | mm                               |  |
| Uitwendige straal               | $r_e = D_e / 2$                      | = 55,00        | mm                               |  |
| Inwendige straal                | $r_i = D_i / 2$                      | = 45,00        | mm                               |  |
| Gemiddelde straal               | $r_g = (r_e + r_i) / 2$              | = 50,00        | mm                               |  |
| Traagheidsmoment buis           | $I_b = (D_e^4 - D_i^4) \cdot \pi/64$ | = 3.966.260,73 | mm <sup>4</sup>                  |  |
| Weerstandsmoment buis           | $W_b = I_b / r_e$                    | = 72.113,83    | mm <sup>3</sup>                  |  |
| Wandtraagheidsmoment            | $I_w = d_n^3 / 12$                   | = 83,33        | mm <sup>4</sup> /mm <sup>1</sup> |  |
| Wandweerstandsmoment            | $W_w = d_n^2 / 6$                    | = 16,67        | mm <sup>3</sup> /mm <sup>1</sup> |  |
| Oppervlakte leiding             | $A = \pi \cdot (D_e^2 - D_i^2) / 4$  | = 3.141,59     | mm <sup>2</sup>                  |  |
| Gewicht leiding                 | $g = \rho_L \cdot A$                 | = 0,0300       | N/mm <sup>1</sup>                |  |

| 3. Berekening van het gewicht van de leiding tijdens het intrekken van de leiding |                                       |                            |                           |                            |
|-----------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------|----------------------------|---------------------------|----------------------------|
|                                                                                   | <i>Leiding op rollenbaan/maaiveld</i> |                            | <i>Leiding in boorgat</i> |                            |
| Gewicht mediumleiding                                                             | $g$                                   | = 0,0300 N/mm <sup>1</sup> | $g$                       | = 0,0300 N/mm <sup>1</sup> |
| Gewicht vulling                                                                   | $g_{vul}$                             | = N.v.t. +                 | $g_{vul}$                 | = N.v.t. +                 |
| Totaal gewicht                                                                    | $g_{rol}$                             | = 0,0300 N/mm <sup>1</sup> | $g_{gat}$                 | = 0,0300 N/mm <sup>1</sup> |

| 4. Berekening van de trekkrachten en spanningen bovengronds         |       |                                 |                               |  |
|---------------------------------------------------------------------|-------|---------------------------------|-------------------------------|--|
| 4.1 Berekening van de benodigde trekkrachten op rollenbaan/maaiveld |       |                                 |                               |  |
| Trekkracht T <sub>1</sub> tijdens verschillende stadia [N]          | L [m] | T <sub>1</sub> [N]<br>(f = 1,4) | T <sub>1</sub> [N]<br>(f = 1) |  |
| Starten met trekken                                                 | 15,19 | <b>191</b>                      | <b>137</b>                    |  |
| Na intrekken van D                                                  | 13,55 | <b>171</b>                      | <b>122</b>                    |  |
| Na intrekken van C                                                  | 7,67  | <b>97</b>                       | <b>69</b>                     |  |
| Na intrekken van B                                                  | 1,78  | <b>22</b>                       | <b>16</b>                     |  |

$T_1 = f \cdot L \cdot g_{rol} \cdot f_1 = f \cdot L \cdot 0,0300 \cdot 0,3$

|                                                                                           |                                 |                                 |  |  |
|-------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|--|--|
| 4.2 Berekening van de optredende spanningen t.g.v. de trekkrachten op rollenbaan/maaiveld |                                 |                                 |  |  |
| Spanningen $\sigma_t$ tijdens verschillende stadia [N/mm <sup>2</sup> ]                   | T <sub>1</sub> [N]<br>(f = 1,4) | $\sigma_t$ [N/mm <sup>2</sup> ] |  |  |
| Starten met trekken                                                                       | 191                             | <b>0,06</b>                     |  |  |
| Na intrekken van D                                                                        | 171                             | <b>0,05</b>                     |  |  |
| Na intrekken van C                                                                        | 97                              | <b>0,03</b>                     |  |  |
| Na intrekken van B                                                                        | 22                              | <b>0,01</b>                     |  |  |

|                                                                                                                                   |  |  |  |                     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|--|--|---------------------|
| $\sigma_t = \frac{T_1}{A} = \frac{T_1}{3.141,59}$                                                                                 |  |  |  |                     |
| <div> <div>1.1.0.0/02-2025/24-15496-1</div> <div>© Adviesbureau Schrijvers b.v.   info@schrijvers.nl   schrijvers.nl</div> </div> |  |  |  |                     |
|                                                                                                                                   |  |  |  | 23-07-2025 09:43:55 |

**4.3 Berekening van de optredende spanning t.g.v. kromming van de leiding op rollenbaan/maaiveld**

$$M_b = f_{k,b} \cdot E \cdot \frac{I_b}{R_r}$$

$$M_b = 1,1 \cdot 975 \cdot \frac{3.966.261}{100.000} = 42.538,15 \text{ Nmm}$$

$$\sigma_b = \frac{M_b}{W_b}$$

$$\sigma_b = \frac{42.538,15}{72.114} = \mathbf{0,59 \text{ N/mm}^2}$$

**4.4 Totalisatie van de optredende spanningen op rollenbaan/maaiveld**

| Spanningen $\sigma_a$ tijdens verschillende stadia [N/mm <sup>2</sup> ] | $\sigma_t$ [N/mm <sup>2</sup> ] | $\sigma_a$ [N/mm <sup>2</sup> ] |
|-------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|
| Starten met trekken                                                     | 0,06                            | <b>0,44</b>                     |
| Na intrekken van D                                                      | 0,05                            | <b>0,44</b>                     |
| Na intrekken van C                                                      | 0,03                            | <b>0,41</b>                     |
| Na intrekken van B                                                      | 0,01                            | <b>0,39</b>                     |

$$\sigma_a = \alpha_{\sigma} \cdot \sigma_b + \sigma_t = 0,65 \cdot 0,59 + \sigma_t$$

Toelaatbare spanning:  $\sigma_{kd} = MRS = \mathbf{10,00 \text{ N/mm}^2}$

$$\sigma_a \leq \sigma_{kd} \rightarrow 0,44 \leq 10,00 \rightarrow \text{Voldoet}$$

**5. Berekening van de optredende spanningen tijdens het intrekken van de leiding in het boorgat****5.1 Berekening van de vereiste trekkracht  $T_2$  en  $T_{3a}$  in verband met wrijving tussen leiding en boorvloeistof/boorgangwand**

Tijdens het intrekken van de leiding in het boorgat treedt er wrijving op tussen de leiding en boorvloeistof.

100% van de omtrek van de leiding komt in aanraking met bentoniet.

Hieruit volgt:  $D_{e,omtrek} = 345,58 \text{ mm}^1$

Gewicht van de leiding (+vulling) in het boorgat  $g_{gat} = 0,0300 \text{ N/mm}^1$

Gelet op het gewicht van de boorvloeistof:  $g_{opw} = \rho_{m,i} \cdot D_e^2 \cdot \pi/4 = 11,5 \cdot 110,00^2 \cdot \pi/4 = 0,109 \text{ N/mm}^1$

Gelet hierop is  $g_{eff} = |g_{gat} - g_{opw}| = 0,0793 \text{ N/mm}^1$

| Trekkracht $T_2$ en $T_{3a}$ tijdens verschillende stadia [N] | $L_2 / L_b$ [m] | $T_2$ [N]<br>( $f = 1,4$ ) | $T_{3a}$ [N]<br>( $f = 1,4$ ) | $T_2$ [N]<br>( $f = 1$ ) | $T_{3a}$ [N]<br>( $f = 1$ ) |
|---------------------------------------------------------------|-----------------|----------------------------|-------------------------------|--------------------------|-----------------------------|
| Na intrekken van D                                            | 15,19           | <b>76</b>                  | -                             | <b>54</b>                | -                           |
| Na intrekken van C                                            | 13,55           | -                          | <b>349</b>                    | -                        | <b>249</b>                  |
| Na intrekken van B                                            | 7,67            | -                          | <b>622</b>                    | -                        | <b>444</b>                  |
| Na intrekken van A                                            | 1,78            | <b>705</b>                 | -                             | <b>503</b>               | -                           |

Rechte delen:  $T_2 = f \cdot L_2 \cdot (D_{e,omtr} \cdot f_2 + g_{eff} \cdot f_3) = f \cdot L_2 \cdot (345,58 \cdot 0,00005 + 0,0793 \cdot 0,2)$

Gebogen delen:  $T_{3a} = f \cdot L_b \cdot (D_{e,omtr} \cdot f_2 + g_{eff} \cdot f_3) = f \cdot L_b \cdot (345,58 \cdot 0,00005 + 0,0793 \cdot 0,2)$

**5.2 Berekening van de stijfheidsverhouding grond/leiding  $I$  en beddingsconstanten in de bochten  $k_v$** 

| Leidingdeel<br>(Doorsnede) | $E_{100}$<br>[N/mm <sup>2</sup> ] | $q_n$ [kN/m <sup>2</sup> ] | $E_{100,norm}$<br>[N/mm <sup>2</sup> ] | $\nu$ [-] | $I$ [mm] | $m$ [-] | $\lambda$ [mm <sup>-1</sup> ] | $k_v$ [N/mm <sup>3</sup> ] |
|----------------------------|-----------------------------------|----------------------------|----------------------------------------|-----------|----------|---------|-------------------------------|----------------------------|
| C (3)                      | 50,00                             | 60,09                      | 38,76                                  | 0,3163    | 469,5    | 0,85    | <b>0,00669</b>                | <b>0,28201</b>             |
| C (4)                      | 1,50                              | 39,49                      | 0,71                                   | 0,3817    | 1.194,2  | 0,70    | <b>0,00263</b>                | <b>0,00674</b>             |
| B (1)                      | 1,50                              | 19,97                      | 0,41                                   | 0,3817    | 1.194,2  | 0,70    | <b>0,00263</b>                | <b>0,00674</b>             |
| B (2)                      | 1,50                              | 37,97                      | 0,69                                   | 0,3817    | 1.194,2  | 0,70    | <b>0,00263</b>                | <b>0,00674</b>             |
| B (3)                      | 50,00                             | 60,09                      | 38,76                                  | 0,3163    | 469,5    | 0,85    | <b>0,00669</b>                | <b>0,28201</b>             |

$E_{100,norm} = E_{100} \cdot (q_n/100)^{0,5}$  (Zand/Leem/Grind) of  $E_{100,norm} = E_{100} \cdot (q_n/100)^{0,8}$  (Veen/Klei)

$$K = 1 - \sin(\varphi) \quad \nu = \frac{K}{1 + K}$$

$$I = \frac{\pi}{\lambda} \quad A = I \cdot b \quad b = \beta \cdot r_e = 120^\circ \cdot 55 = 115,19 \text{ mm}$$

$$\lambda = \sqrt[4]{\frac{D_o \cdot k_v}{4 \cdot E \cdot I_b}}$$

$$k_v = \frac{E_{100,norm}}{m \cdot (1 - \nu^2) \cdot \sqrt{A}} \quad (\text{m volgens tabel C.5 NEN3650-1 C.4.3.3c})$$

5.3 Berekening van de vereiste trekkracht  $T_{3b}$  in verband met wrijving door grondreactie in de bochten

| Leidingdeel (Doorsnede) | $R_v$ [m] | $q_r$ [N/mm <sup>2</sup> ] | $Q_r$ [N/mm <sup>1</sup> ] | $T_{3b}$ [N]<br>( $f = 1,4$ ) | $T_{3b}$ [N]<br>( $f = 1$ ) |
|-------------------------|-----------|----------------------------|----------------------------|-------------------------------|-----------------------------|
| C (3)                   | 7,50      | 0,075                      | 8,27                       | <b>2.175</b>                  | <b>1.553</b>                |
| C (4)                   | 7,50      | 0,012                      | 1,28                       | 855                           | 611                         |
| B (1)                   | 7,50      | 0,012                      | 1,28                       | 855                           | 611                         |
| B (2)                   | 7,50      | 0,012                      | 1,28                       | 855                           | 611                         |
| B (3)                   | 7,50      | 0,075                      | 8,27                       | <b>2.175</b>                  | <b>1.553</b>                |

$$q_r = e^{(-\pi/4)} \cdot \sin(\pi/4) \cdot \frac{\lambda^2 \cdot E \cdot l_b}{D_o \cdot f_{r,0} \cdot R} = 0,322 \cdot \frac{\lambda^2 \cdot 975 \cdot 3.966.260,73}{110 \cdot 0,9 \cdot R}$$

$$Q_r = q_r \cdot D_o = q_r \cdot 110$$

$$T_{3b} = f \cdot 4 \cdot \frac{q_r}{2} \cdot D_o \cdot \frac{\pi}{\lambda} \cdot f_3 = f \cdot 4 \cdot \frac{q_r}{2} \cdot 110 \cdot \frac{\pi}{\lambda} \cdot 0,2$$

5.4 Trekkraft  $T_{bocht}$  tijdens verschillende stadia

| Trekkraft $T_{bocht}$ tijdens verschillende stadia [N] | $T_1$ [N]<br>( $f = 1$ ) | $T_2 / T_{3a}$ [N]<br>( $f = 1$ ) | $T_{3b,max}$ [N]<br>( $f = 1$ ) | $\Sigma T_{3b}$ [N]<br>( $f = 1$ ) | $T_{bocht}$ [N] |
|--------------------------------------------------------|--------------------------|-----------------------------------|---------------------------------|------------------------------------|-----------------|
| C                                                      | 69                       | 249                               | 1.553                           | 1.553                              | <b>1.872</b>    |
| B                                                      | 16                       | 444                               | 1.553                           | 3.106                              | <b>3.567</b>    |

$$T_{bocht} = T_1 + T_2 + T_{3a} + \Sigma T_{3b}$$

5.5 Berekening van de wrijving door bochtkracht  $T_{3c}$ 

| Trekkraft $T_{3c}$ tijdens verschillende stadia [N] | $\alpha$ [°] | $T_{bocht}$ [N] | $T_{3c}$ [N]<br>( $f = 1,4$ ) | $T_{3c}$ [N]<br>( $f = 1$ ) |
|-----------------------------------------------------|--------------|-----------------|-------------------------------|-----------------------------|
| C                                                   | 22,48        | 1.872           | <b>401</b>                    | <b>286</b>                  |
| B                                                   | 22,49        | 3.567           | <b>764</b>                    | <b>546</b>                  |

$$T_{3c} = f \cdot L_B \cdot g_t \cdot f_3$$

$$L_B = 2 \cdot R \cdot 2\pi \cdot \frac{\alpha}{360}$$

$$g_t = \frac{2 \cdot T_{bocht} \cdot \sin(\alpha)}{L_B}$$

$$T_{3c} = f \cdot 2 \cdot T_{bocht} \cdot \sin(\alpha) \cdot f_3 = f \cdot 2 \cdot T_{bocht} \cdot \sin(\alpha) \cdot 0,2$$

**5.6 Totalisatie van de trekkrachten in fase II**

Wanneer een totaalfactor van  $f=1,4$  wordt toegepast gelden de volgende waarden voor de trekkrachten.

| Trekkracht $T_{\text{tot}}$ tijdens verschillende stadia [N] | $T_1$ [N] | $T_2$ [N] | $T_{3a}$ [N] | $\Sigma T_{3b}$ [N] | $\Sigma T_{3c}$ [N] | $T_{\text{tot}}$ [N] | $T_{\text{tot}}$ [ton] |
|--------------------------------------------------------------|-----------|-----------|--------------|---------------------|---------------------|----------------------|------------------------|
| Na intrekken van D                                           | 171       | 76        | -            | -                   | -                   | <b>247</b>           | <b>0,02</b>            |
| Na intrekken van C                                           | 97        | -         | 349          | 2.175               | 401                 | <b>3.021</b>         | <b>0,30</b>            |
| Na intrekken van B                                           | 22        | -         | 622          | 4.349               | 1.165               | <b>6.158</b>         | <b>0,62</b>            |
| Na intrekken van A                                           | 0         | 705       | -            | 4.349               | 1.165               | <b>6.218</b>         | <b>0,62</b>            |

$$T_{\text{tot}} = T_1 + T_2 + T_{3a} + \Sigma T_{3b} + \Sigma T_{3c}$$

**5.7 Karakteristieke waarden van de benodigde trekkrachten in fase II**

Wanneer geen totaalfactor wordt toegepast ( $f = 1$ ), gelden de volgende karakteristieke waarden voor de trekkrachten.

| Trekkracht $T_{\text{tot}}$ tijdens verschillende stadia [N] | $T_1$ [N] | $T_2$ [N] | $T_{3a}$ [N] | $\Sigma T_{3b}$ [N] | $\Sigma T_{3c}$ [N] | $T_{\text{tot}}$ [N] | $T_{\text{tot}}$ [ton] |
|--------------------------------------------------------------|-----------|-----------|--------------|---------------------|---------------------|----------------------|------------------------|
| Na intrekken van D                                           | 122       | 54        | -            | -                   | -                   | <b>176</b>           | <b>0,02</b>            |
| Na intrekken van C                                           | 69        | -         | 249          | 1.553               | 286                 | <b>2.158</b>         | <b>0,22</b>            |
| Na intrekken van B                                           | 16        | -         | 444          | 3.106               | 832                 | <b>4.399</b>         | <b>0,44</b>            |
| Na intrekken van A                                           | 0         | 503       | -            | 3.106               | 832                 | <b>4.442</b>         | <b>0,44</b>            |

De maximale karakteristieke waarde voor de benodigde trekkracht bedraagt **4.442 N (> 0,44 ton)**.

Volgens het voorschrift van de Drilling Contractors Association (DCA - Europe) wordt een boormachine voorgeschreven met een trekkracht 2 tot 3 keer deze maximale waarde.

**5.8 Berekening van de optredende spanningen t.g.v. de trekkrachten in fase II**

| Spanningen $\sigma_t$ tijdens verschillende stadia [N/mm <sup>2</sup> ] | $T_{\text{tot}}$ [N] | $\sigma_t$ [N/mm <sup>2</sup> ] |
|-------------------------------------------------------------------------|----------------------|---------------------------------|
| Na intrekken van D                                                      | 247                  | <b>0,08</b>                     |
| Na intrekken van C                                                      | 3.021                | <b>0,96</b>                     |
| Na intrekken van B                                                      | 6.158                | <b>1,96</b>                     |
| Na intrekken van A                                                      | 6.218                | <b>1,98</b>                     |

$$\sigma_t = \frac{T_{\text{tot}}}{A} = \frac{T_{\text{tot}}}{3.141,59}$$

## 5.9 Optredende spanningen t.g.v. kromming van de leiding in het boorgat

| Trekkkracht $T_{3c}$ tijdens verschillende stadia [N] | R [m] | $M_b$ [Nmm] | $\sigma_b$ [N/mm <sup>2</sup> ] |
|-------------------------------------------------------|-------|-------------|---------------------------------|
| C                                                     | 7,50  | 802.066,06  | <b>11,12</b>                    |
| B                                                     | 7,50  | 802.066,06  | <b>11,12</b>                    |

$$M_b = f_{k,0} \cdot E \cdot \frac{I_b}{f_{r,0} \cdot R} = 1,4 \cdot 975 \cdot \frac{3.966.260,73}{0,9 \cdot R}$$

$$\sigma_b = \frac{M_b}{W_b} = \frac{M_b}{72.113,83}$$

## 5.10 Totalisatie van de spanningen in het boorgat tijdens de trekoperatie

| Spanningen $\sigma_a$ tijdens verschillende stadia [N/mm <sup>2</sup> ] | $T_{tot}$ [N] | $\sigma_t$ [N/mm <sup>2</sup> ] | $\sigma_b$ [N/mm <sup>2</sup> ] | $\sigma_a$ [N/mm <sup>2</sup> ] |
|-------------------------------------------------------------------------|---------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|
| Na intrekken van D                                                      | 247           | 0,08                            | -                               | <b>0,08</b>                     |
| Na intrekken van C                                                      | 3.021         | 0,96                            | 11,12                           | <b>8,19</b>                     |
| Na intrekken van B                                                      | 6.158         | 1,96                            | 11,12                           | <b>9,19</b>                     |
| Na intrekken van A                                                      | 6.218         | 1,98                            | -                               | <b>1,98</b>                     |

$$\text{Rechte delen: } \sigma_a = \frac{T_{tot}}{A} = \frac{T_{tot}}{3.141,59} = \sigma_t$$

$$\text{Gebogen delen: } \sigma_a = \alpha_{\sigma} \cdot \sigma_b + \sigma_t = 0,65 \cdot \sigma_b + \sigma_t$$

$$\text{Toelaatbare spanning: } \sigma_{kd} = MRS = \mathbf{10,00 \text{ N/mm}^2}$$

$$\sigma_a \leq \sigma_{kd} \rightarrow 9,19 \leq 10,00 \rightarrow \text{Voldoet}$$

6. Fase III: Berekening van de optredende spanningen tijdens de gebruiksfase

6.1 Berekening van de spanningen  $s_p$  en  $s_{pl}$  t.g.v. inwendige druk

Leiding is drukloos:

$\sigma_p = 0,00 \text{ N/mm}^2$

6.2 Berekening reroundingfactor  $f_{rr}$

Leiding is drukloos:

$f_{rr} = 1,00$

6.3 Berekening van de neutrale grondbelasting  $Q_n$

| Locatie | Dekking t.o.v. maaiveld [m] | G.W.S. t.o.v. maaiveld [m] | Grondsoort | $q_{\text{droog}}$ [kN/m <sup>2</sup> ] | $q_{\text{nat}}$ [kN/m <sup>2</sup> ] | $q_n$ [kN/m <sup>2</sup> ] | $Q_n$ [N/mm <sup>1</sup> ] |
|---------|-----------------------------|----------------------------|------------|-----------------------------------------|---------------------------------------|----------------------------|----------------------------|
| 1       | 1,21                        | -                          | Klei       | -                                       | -                                     | 19,97                      | 2,20                       |
| 2       | 2,77                        | 2,00                       | Klei       | 33,00                                   | 4,97                                  | 37,97                      | 4,18                       |
| 3       | 3,37                        | 2,05                       | Zand       | 42,85                                   | 17,25                                 | 60,09                      | 6,61                       |
| 4       | 2,91                        | 2,06                       | Klei       | 33,99                                   | 5,50                                  | 39,49                      | 4,34                       |
| 5       | 1,18                        | -                          | Klei       | -                                       | -                                     | 19,41                      | 2,14                       |

$$q_{\text{droog}} = \gamma \cdot \gamma_d \cdot H_d$$

$$q_{\text{nat}} = \gamma \cdot \gamma_n \cdot H_n - \gamma_w \cdot H_w$$

$$q_n = \gamma \cdot \gamma_d \cdot H_d + \gamma \cdot \gamma_n \cdot H_n - \gamma_w \cdot H_w$$

$$Q_n = q_n \cdot D_o = (1,1 \cdot \gamma_d \cdot H_d + 1,1 \cdot \gamma_n \cdot H_n - \gamma_w \cdot H_w) \cdot 110$$

6.4 Berekening van de verkeersbelasting  $Q_v$

| Locatie | Dekking t.o.v. maaiveld [m] | Verkeersbelasting | $q_v$ [kN/m <sup>2</sup> ] | $Q_v$ [N/mm <sup>1</sup> ] |
|---------|-----------------------------|-------------------|----------------------------|----------------------------|
| 1       | 1,21                        | Grafiek I         | 42,72                      | 4,70                       |
| 2       | 2,77                        | Grafiek I         | 18,38                      | 2,02                       |
| 3       | 3,37                        | Grafiek I         | 15,20                      | 1,67                       |
| 4       | 2,91                        | Grafiek I         | 17,52                      | 1,93                       |
| 5       | 1,18                        | Grafiek I         | 44,18                      | 4,86                       |

$$Q_v = q_v \cdot D_o = q_v \cdot 110$$

7. Momenten en spanningen t.g.v. bovenbelastingen

| Locatie | Hor. steundruk | $Q_n$ [N/mm <sup>1</sup> ] | $Q_v$ [N/mm <sup>1</sup> ] | $Q_{\text{boven}}$ [N/mm <sup>1</sup> ] | $M_q$ [Nmm]          | $\sigma_q$ [N/mm <sup>2</sup> ] |
|---------|----------------|----------------------------|----------------------------|-----------------------------------------|----------------------|---------------------------------|
| 1       | ✓              | 2,20                       | 4,70                       | 6,90                                    | 21,22 <sup>(1)</sup> | <b>1,27</b>                     |
| 2       | ✓              | 4,18                       | 2,02                       | 6,20                                    | 19,08 <sup>(1)</sup> | <b>1,14</b>                     |
| 3       | ✓              | 6,61                       | 1,67                       | 8,28                                    | 33,42 <sup>(1)</sup> | <b>2,01</b>                     |
| 4       | ✓              | 4,34                       | 1,93                       | 6,27                                    | 19,30 <sup>(1)</sup> | <b>1,16</b>                     |
| 5       | ✓              | 2,14                       | 4,86                       | 7,00                                    | 21,53 <sup>(1)</sup> | <b>1,29</b>                     |

Indien horizontale steundruk:  $M_q = K_b \cdot (Q_n + Q_v) \cdot r_g - K_b \cdot (1 - \sin \varphi) \cdot \sin(1/2 \cdot \gamma) \cdot (Q_n + Q_v) \cdot r_g$  (1)  
 $M_q = 0,138 \cdot (Q_n + Q_v) \cdot 50,00 - 0,143 \cdot (1 - \sin \varphi) \cdot \sin(1/2 \cdot 120) \cdot (Q_n + Q_v) \cdot 50,00$

$$\sigma_q = f_{rr} \cdot \frac{M_q}{W_w} = 1,00 \cdot \frac{M_q}{16,67}$$

**8. Optredende spanning  $s_{qr}$  tgv. grondreactie in de bochten**

| Locatie | R [m] | $q_r$ [N/mm <sup>2</sup> ] | $\sigma_{qr}$ [N/mm <sup>2</sup> ] |
|---------|-------|----------------------------|------------------------------------|
| 1       | 7,50  | 0,012                      | 0,35                               |
| 2       | 7,50  | 0,012                      | 0,35                               |
| 3       | 7,50  | 0,075                      | 2,27                               |
| 4       | 7,50  | 0,012                      | 0,35                               |

$$\sigma_{qr} = K_{b,ind} \cdot q_r \cdot D_o \cdot \frac{r_u}{W_w} = 0,083 \cdot q_r \cdot 110 \cdot \frac{55,00}{16,67}$$

**9. Berekening van de spanning  $s_{ax}$  t.g.v. temperatuurverschil**

Leiding is drukloos

$$\sigma_{ax} = 0 \text{ N/mm}^2$$

**10. Toetsing op minimale ringstijfheid  $S_N$** 

$$S_N = E \cdot \frac{I_w}{D_g^3}$$

$$S_N = 975 \cdot \frac{83,33}{100^3} = 0,0812 \text{ N/mm}^2 = \mathbf{81,25 \text{ kN/m}^2}$$

Minimaal vereiste ringstijfheid = **2 kN/m<sup>2</sup>****11. Toetsing op implosie (bedrijfsfase): berekening van de alzijdige overdruk**Veiligheidsfactor  $\gamma$  voor langdurige onderdruk:  $\gamma = 3$ 

$$p_o = \frac{1}{\gamma \cdot (1 - \nu^2)} \cdot \frac{24 \cdot E \cdot I_w}{D_g^3}$$

$$p_{o,lang} = \frac{1}{3 \cdot (1 - 0,4^2)} \cdot \frac{24 \cdot 350,00 \cdot 83,33}{100,00^3} = 0,28 \text{ N/mm}^2$$

Conclusie: Kans op implosie bij **27,78 m** grondwater boven de leiding

| Locatie | Dekking<br>t.o.v.<br>maaiveld<br>H [m] | G.W.S. t.o.v.<br>maaiveld<br>GWS [m] | Grondwater<br>boven de<br>leiding<br>H <sub>n</sub> [m] |
|---------|----------------------------------------|--------------------------------------|---------------------------------------------------------|
| 1       | 1,21                                   | 2,09                                 | <b>0,00</b>                                             |
| 2       | 2,77                                   | 2,00                                 | <b>0,77</b>                                             |
| 3       | 3,37                                   | 2,05                                 | <b>1,32</b>                                             |
| 4       | 2,91                                   | 2,06                                 | <b>0,85</b>                                             |
| 5       | 1,18                                   | 2,06                                 | <b>0,00</b>                                             |

$$H_n < p_{o,lang} \rightarrow 1,32 < 27,78 \rightarrow \text{Voldoet}$$

**12. Berekening van het totaal aan optredende spanningen***12.1 Optredende spanningen in omtreksrichting van de leiding*

| Locatie | $\sigma_q$ [N/mm <sup>2</sup> ] | $\sigma_{qr}$ [N/mm <sup>2</sup> ] | $\alpha_\sigma$ [-] | $\sigma_{y2}$ [N/mm <sup>2</sup> ] |
|---------|---------------------------------|------------------------------------|---------------------|------------------------------------|
| 1       | 1,27                            | 0,35                               | 0,65                | <b>1,06</b>                        |
| 2       | 1,14                            | 0,35                               | 0,65                | <b>0,97</b>                        |
| 3       | 2,01                            | 2,27                               | 0,65                | <b>2,78</b>                        |
| 4       | 1,16                            | 0,35                               | 0,65                | <b>0,98</b>                        |
| 5       | 1,29                            | -                                  | 0,65                | <b>0,84</b>                        |

Rechte delen:  $\sigma_{y2} = \alpha_\sigma \cdot \sigma_q$ Bochten:  $\sigma_{y2} = \alpha_\sigma \cdot (\sigma_q + \sigma_{qr})$ Toelaatbare spanning:  $\sigma_{ld} = \bar{\sigma}_t = \mathbf{8,00}$  N/mm<sup>2</sup> $\sigma_{y2} \leq \sigma_{ld} \rightarrow 2,78 \leq 8,00 \rightarrow$  Voldoet*12.2 Optredende spanningen in langsrichting van de leiding*

| Locatie | $\sigma_{pl}$ [N/mm <sup>2</sup> ] | $\sigma_{ax}$ [N/mm <sup>2</sup> ] | $\sigma_b$ [N/mm <sup>2</sup> ] | $\alpha_\sigma$ [-] | $\sigma_x$ [N/mm <sup>2</sup> ] |
|---------|------------------------------------|------------------------------------|---------------------------------|---------------------|---------------------------------|
| 1       | 0,00                               | 0,00                               | 11,12                           | 0,65                | <b>7,23</b>                     |
| 2       | 0,00                               | 0,00                               | 11,12                           | 0,65                | <b>7,23</b>                     |
| 3       | 0,00                               | 0,00                               | 11,12                           | 0,65                | <b>7,23</b>                     |
| 4       | 0,00                               | 0,00                               | 11,12                           | 0,65                | <b>7,23</b>                     |
| 5       | 0,00                               | 0,00                               | -                               | -                   | <b>0,00</b>                     |

Rechte delen:  $\sigma_x = \sigma_{ax}$ Bochten:  $\sigma_x = \sigma_{ax} + \alpha_\sigma \cdot \sigma_b$ Toelaatbare spanning:  $\sigma_{ld} = \bar{\sigma}_t = \mathbf{8,00}$  N/mm<sup>2</sup> $\sigma_{y2} \leq \sigma_{ld} \rightarrow 7,23 \leq 8,00 \rightarrow$  Voldoet**13. Berekening van de optredende en toelaatbare deflectie**

| Locatie | $Q_n$ [N/mm <sup>1</sup> ] | $Q_v$ [N/mm <sup>1</sup> ] | $Q_r$ [N/mm <sup>1</sup> ] | $\delta_y$ [mm] | $\delta_y/D_g$ [%] |
|---------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|-----------------|--------------------|
| 1       | 2,20                       | 4,70                       | 1,28                       | <b>0,59</b>     | 0,59               |
| 2       | 4,18                       | 2,02                       | 1,28                       | <b>0,68</b>     | 0,68               |
| 3       | 6,61                       | 1,67                       | 8,27                       | <b>1,45</b>     | 1,45               |
| 4       | 4,34                       | 1,93                       | 1,28                       | <b>0,69</b>     | 0,69               |
| 5       | 2,14                       | 4,86                       | -                          | <b>0,59</b>     | 0,59               |

$$\delta_y = \frac{(0,089 \cdot Q - 0,095 \cdot Q_{n,h} + 0,048 \cdot Q_r) \cdot r_g^3}{E' \cdot I_w}$$

$$\delta_y = \frac{(0,089 \cdot (Q_n + \frac{1}{2} \cdot Q_v) - 0,095 \cdot (1 - \sin \varphi) \cdot (Q_n + \frac{1}{2} \cdot Q_v) + 0,048 \cdot Q_r) \cdot 50,00^3}{350 \cdot 83,33}$$

Toelaatbare deflectie:  $\delta_{y,max} = 8,00\% \cdot D_g = 0,08 \cdot 100,00 = \mathbf{8,00}$  mm $\delta_y \leq \delta_{y,max} \rightarrow 1,45 \leq 8,00 \rightarrow$  Voldoet

**14. Berekening van de boorspoeldrukken**

| Locatie | H [m] | $\sigma_{\text{vert}}$<br>[kN/m <sup>2</sup> ] | $\sigma_{\text{hor}}$<br>[kN/m <sup>2</sup> ] | $\sigma_o'$<br>[kN/m <sup>2</sup> ] | $p'_f$<br>[kN/m <sup>2</sup> ] | $E_{100,\text{norm}}$<br>[MN/m <sup>2</sup> ] |
|---------|-------|------------------------------------------------|-----------------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------|-----------------------------------------------|
| 1       | 1,21  | 16,50                                          | 10,19                                         | 13,34                               | 18,45                          | 0,41                                          |
| 2       | 2,77  | 30,05                                          | 18,55                                         | 24,30                               | 33,60                          | 0,69                                          |
| 3       | 3,37  | 47,38                                          | 21,92                                         | 34,65                               | 53,27                          | 38,76                                         |
| 4       | 2,91  | 31,17                                          | 19,24                                         | 25,20                               | 34,85                          | 0,71                                          |
| 5       | 1,18  | 16,04                                          | 9,90                                          | 12,97                               | 17,94                          | 0,40                                          |

$$\sigma_{\text{vert}} = \frac{\gamma_d}{\gamma} \cdot H_d + \frac{\gamma_n}{\gamma} \cdot H_n - \gamma_w \cdot H_w$$

$$\sigma_{\text{hor}} = \sigma_{\text{vert}} \cdot (1 - \sin(\varphi))$$

$$\sigma_o' = \frac{\sigma_{\text{vert}} + \sigma_{\text{hor}}}{2}$$

$$p'_f = \sigma_o' \cdot (1 + \sin(\varphi)) + c \cdot \cos(\varphi)$$

$$E_{100,\text{norm}} = E_{100} \cdot (q_n/100)^m \quad (\text{Zand/Leem/Grind} \rightarrow m = 0,5; \text{Veen/Klei} \rightarrow m = 0,8)$$

| Locatie | G<br>[MN/m <sup>2</sup> ] | Q<br>[-] | u<br>[N/mm <sup>2</sup> ] | v<br>[-] | $p_{\text{lim}}$<br>[N/mm <sup>2</sup> ] | 90% $p_{\text{lim}}$<br>[bar] <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">1</span> |
|---------|---------------------------|----------|---------------------------|----------|------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1       | 0,15                      | 0,034    | 0,0000                    | 0,3817   | 0,05                                     | <b>0,42</b>                                                                                 |
| 2       | 0,25                      | 0,037    | 0,0077                    | 0,3817   | 0,09                                     | <b>0,82</b>                                                                                 |
| 3       | 14,72                     | 0,0013   | 0,0132                    | 0,3163   | 0,56                                     | <b>5,06</b>                                                                                 |
| 4       | 0,26                      | 0,037    | 0,0085                    | 0,3817   | 0,10                                     | <b>0,86</b>                                                                                 |
| 5       | 0,15                      | 0,034    | 0,0000                    | 0,3817   | 0,05                                     | <b>0,41</b>                                                                                 |

$$G = \frac{E_{100,\text{norm}}}{2 \cdot (1 + v)}$$

$$Q = \frac{\sigma_o' \cdot \sin(\varphi) + c \cdot \cos(\varphi)}{G}$$

$$u = \gamma_w \cdot H_n$$

$$K = 1 - \sin(\varphi)$$

$$v = \frac{K}{1 + K}$$

$$p_{\text{lim}} = (p'_f + c \cdot \cot(\varphi)) \cdot Q^{\frac{-\sin \varphi}{1 + \sin \varphi}} - c \cdot \cot(\varphi) + u$$

**14.1 Tijdens pilot**

| Locatie | $R_{p,\text{max}}$<br>[m] | $R_{p,\text{min}}$<br>[m] | $\Delta h_{\text{in}}$<br>[m] | $p_{\text{max}}$<br>[N/mm <sup>2</sup> ] | $p_{\text{max}}$<br>[bar] <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">2</span> | $p_{\text{min}}$<br>[N/mm <sup>2</sup> ] | $p_{\text{min}}$<br>[bar] <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">3</span> |
|---------|---------------------------|---------------------------|-------------------------------|------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|
| 1       | 0,61                      | 0,05                      | 1,26                          | 0,04                                     | <b>0,42</b>                                                                             | 0,01                                     | <b>0,15</b>                                                                             |
| 2       | 1,38                      | 0,05                      | 2,91                          | 0,09                                     | <b>0,89</b>                                                                             | 0,03                                     | <b>0,34</b>                                                                             |
| 3       | 0,67                      | 0,03                      | 3,46                          | 0,25                                     | <b>2,51</b>                                                                             | 0,04                                     | <b>0,41</b>                                                                             |
| 4       | 1,45                      | 0,05                      | 2,99                          | 0,09                                     | <b>0,93</b>                                                                             | 0,04                                     | <b>0,35</b>                                                                             |
| 5       | 0,59                      | 0,06                      | 1,26                          | 0,04                                     | <b>0,41</b>                                                                             | 0,02                                     | <b>0,16</b>                                                                             |

$$R_{p,max} = \frac{H}{2}, R_{p,max,zand} = \sqrt{\frac{R_o^2}{Q} \cdot 2 \cdot \varepsilon_{g,max}} \text{ of } \frac{H}{2}$$

$$R_o = \frac{D_p}{2} = \frac{150}{2} = 75 \text{ mm}$$

$$p_{max} = (p'_f + c \cdot \cot(\varphi)) \cdot \left( \frac{R_o^2}{R_{p,max}} + Q \right)^{\frac{-\sin \varphi}{1 + \sin \varphi}} - c \cdot \cot(\varphi) + u$$

$$v_{m,p} = \frac{Q_{m,p}}{A_p} = \frac{40}{1/4 \cdot \pi \cdot (D_p^2 - D_b^2)} = \frac{40}{1/4 \cdot \pi \cdot (150^2 - 30^2)} = 0,039 \text{ m/s}$$

$$p_{min} = \left( \frac{14580 \cdot \eta_p \cdot v_{m,p}}{(D_p - D_b)^2} + \frac{\tau_{y,p}}{(D_p - D_b)} \right) \cdot L + p_{m,p} \cdot \Delta h_{in} = \left( \frac{14580 \cdot 0,009 \cdot 0,039}{(150 - 30)^2} + \frac{13,4}{(150 - 30)} \right) \cdot L + 11,5 \cdot \Delta h_{in}$$

$$R_{p,min} = R_o / \sqrt{\frac{p'_f + c \cdot \cot(\varphi)}{p_{min} + u + c \cdot \cot(\varphi)}^{(1 + \sin(\varphi)) \cdot \csc(\varphi)}} - Q$$

#### 14.2 Tijdens intrekken

| Locatie | $R_{p,max}$<br>[m] | $R_{p,min}$<br>[m] | $\Delta h_{uit}$<br>[m] | $p_{max}$<br>[N/mm <sup>2</sup> ] | $p_{max}$<br>[bar] <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">4</span> | $p_{min}$<br>[N/mm <sup>2</sup> ] | $p_{min}$<br>[bar] <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">5</span> |
|---------|--------------------|--------------------|-------------------------|-----------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------|
| 5       | 0,59               | 0,05               | 1,15                    | 0,04                              | <b>0,41</b>                                                                      | 0,01 <sup>(1)</sup>               | <b>0,14</b>                                                                      |
| 4       | 1,45               | 0,05               | 2,88                    | 0,09                              | <b>0,93</b>                                                                      | 0,03 <sup>(1)</sup>               | <b>0,35</b>                                                                      |
| 3       | 0,67               | 0,03               | 3,35                    | 0,25                              | <b>2,51</b>                                                                      | 0,04 <sup>(2)</sup>               | <b>0,41</b>                                                                      |
| 2       | 1,38               | 0,05               | 2,80                    | 0,09                              | <b>0,89</b>                                                                      | 0,03 <sup>(2)</sup>               | <b>0,34</b>                                                                      |
| 1       | 0,61               | 0,05               | 1,15                    | 0,04                              | <b>0,42</b>                                                                      | 0,01 <sup>(2)</sup>               | <b>0,15</b>                                                                      |

$$R_o = \frac{D_{g,i}}{2} = \frac{150}{2} = 75 \text{ mm}$$

$$v_{m,i,uit} = \frac{Q_{m,i}}{A_i} = \frac{80}{1/4 \cdot \pi \cdot (D_p^2 - D_o^2)} = \frac{80}{1/4 \cdot \pi \cdot (150^2 - 110^2)} = 0,163 \text{ m/s}$$

$$v_{m,i,in} = \frac{Q_{m,i}}{A_i} = \frac{80}{1/4 \cdot \pi \cdot (D_{g,i}^2 - D_b^2)} = \frac{80}{1/4 \cdot \pi \cdot (150^2 - 30^2)} = 0,079 \text{ m/s}$$

$$p_{min,uit} = \left( \frac{14580 \cdot \eta_i \cdot v_{m,i,uit}}{(D_p - D_o)^2} + \frac{\tau_{y,i}}{(D_p - D_o)} \right) \cdot (L_{tot} - L) + \rho_{m,i} \cdot \Delta h_{uit}$$

$$p_{min,uit} = \left( \frac{14580 \cdot 0,009 \cdot 0,163}{(150 - 110)^2} + \frac{13,4}{(150 - 110)} \right) \cdot (15,19 - L) + 11,5 \cdot \Delta h_{uit} \quad (1)$$

$$p_{min,in} = \left( \frac{14580 \cdot \eta_i \cdot v_{m,i,in}}{(D_p - D_b)^2} + \frac{\tau_{y,i}}{(D_p - D_b)} \right) \cdot L + \rho_{m,i} \cdot \Delta h_{in}$$

$$p_{min,in} = \left( \frac{14580 \cdot 0,009 \cdot 0,079}{(406,4 - 30)^2} + \frac{13,4}{(406,4 - 30)} \right) \cdot L + 11,5 \cdot \Delta h_{in} \quad (2)$$

### 15. Toetsing op implosie tijdens intrekken leiding(en)

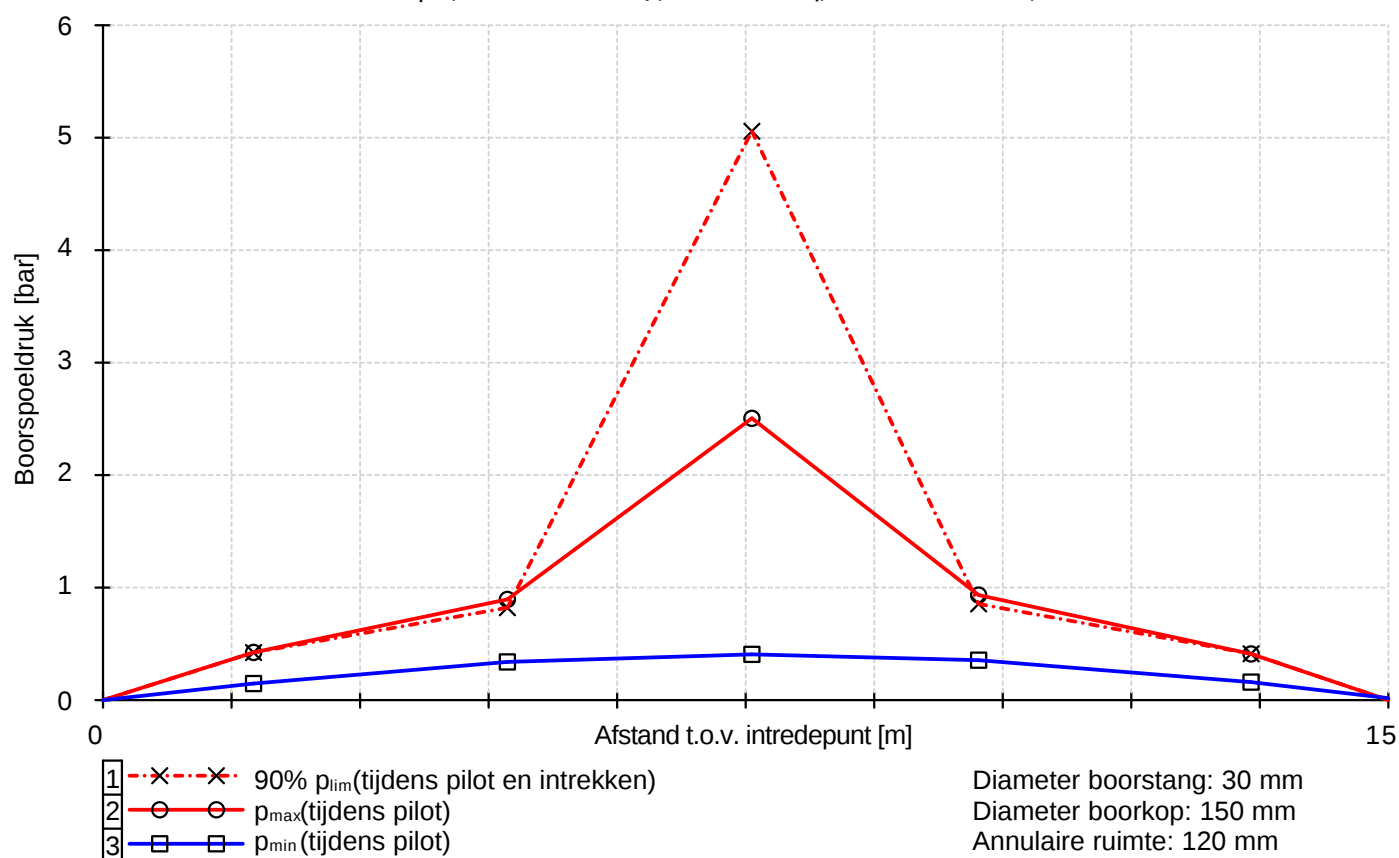
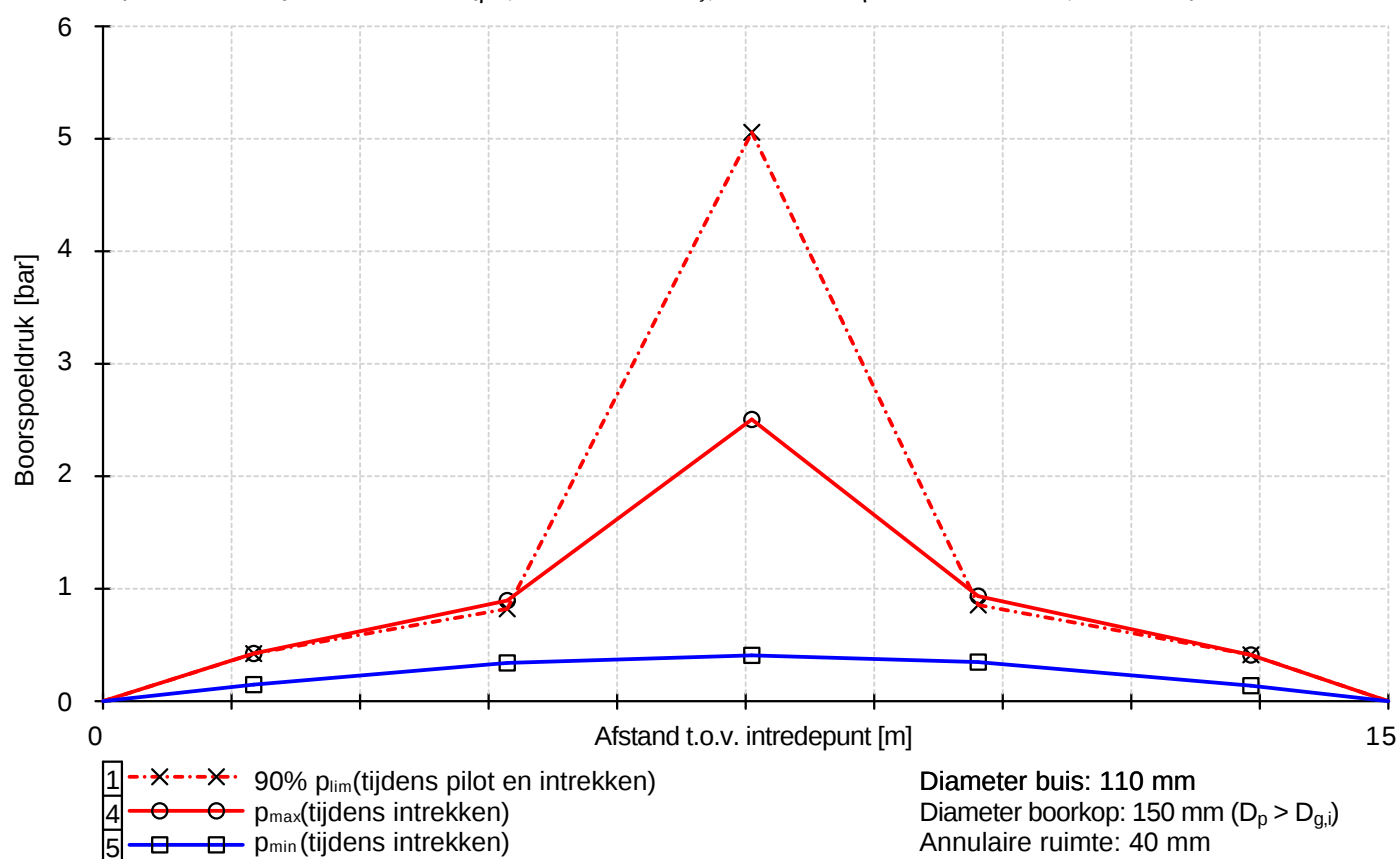
| Locatie | $p_{min}$<br>[N/mm <sup>2</sup> ] | $p_{o,kort}$<br>[N/mm <sup>2</sup> ] |
|---------|-----------------------------------|--------------------------------------|
| 5       | 0,01                              | 1,55                                 |
| 4       | 0,03                              | 1,55                                 |
| 3       | 0,04                              | 1,55                                 |
| 2       | 0,03                              | 1,55                                 |
| 1       | 0,01                              | 1,55                                 |

Veiligheidsfactor  $\gamma$  voor kortdurende onderdruk:  $\gamma = 1,5$

$$p_o = \frac{1}{\gamma \cdot (1 - \nu^2)} \cdot \frac{24 \cdot E_{tan} \cdot l_w}{D_g^3}$$

$$p_{o,kort} = \frac{1}{1,5 \cdot (1 - 0,4^2)} \cdot \frac{24 \cdot 975,00 \cdot 83,33}{100,00^3} = 1,55 \text{ N/mm}^2$$

$$p_{min} \leq p_{o,kort} \rightarrow 0,04 \leq 1,55 \rightarrow \text{Voldoet}$$

16.1 Boorspoeldrukken tijdens pilot ( $\rho_{m,p} = 11,5 \text{ kN/m}^3$  /  $\tau_{y,p} = 13,4 \text{ Pa}$  /  $\eta_p = 0,009 \text{ Pas}$  /  $Q_{m,p} = 40 \text{ l/min}$ )16.2 Boorspoeldrukken tijdens intrekken ( $\rho_{m,i} = 11,5 \text{ kN/m}^3$  /  $\tau_{y,i} = 13,4 \text{ Pa}$  /  $\eta_i = 0,009 \text{ Pas}$  /  $Q_{m,i} = 80 \text{ l/min}$ )

## Bijlage 4 Beschrijving meetsysteem

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

**Nevenvestiging**  
Tjalk 43  
2411 NZ Bodegraven

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

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

HDD LOCATING SYSTEMS

# Sense

IT MAKES SENSE

Russian Multi-Frequency  
Locating Systems  
for Horizontal-Directional Drilling

New Vision





## We create Russian multi-frequency location systems for horizontal directional drilling

— Russia, Ulyanovsk —



A. Tareev

**SENSE** – one of the world leaders on location systems market for horizontal directional drilling. The company produces both azimuth and wireless systems. The SENSE Development Center is located in Russia, in Ulyanovsk.

SENSE company was founded in 1993 by Alexey Tareev and specialized in the development of touchpads for foreign computer manufacturers equipment, including for Logitech.

SENSE is the holder of several patents, registered in Russia, China, India and USA.

After 1996, according to foreign policy reasons, SENSE management began searching for new niches for development. After market analysis, choice was made in favor of developing locating systems for horizontal directional drilling.

Among the reasons is the lack of high-tech Russian-made equipment and lack of service centers in Russia for foreign systems with growing demand for domestic market.

Thirty years we bring to the industry professionalism through innovation, training, accompaniment and support.

## Single Frequency Locating System SNS 1t New Vision

Wireless locating systems for horizontal directional drilling are essentially a compass for the operator of a drilling or puncturing rig. Locating systems allow position and angle tracking tilt of the drill in all directions underground. Precisely according to the the locating system data, the locator guy directs the drilling machine operator. The receiver of the location system for HDD uses electromagnetic field created by the sonde antenna to determine the position of the drill head in space. Information from the receiver via radio channel it is sent to a backup device at the drilling rig operator.

Telemetry  
Station (TS)

Hardware and software complex is intended for duplicating information from receiver to displays devices under control Android operating system version 4.4 and higher

Receiver  
SNS 1t NV



Minisonde SNS MSt2

MSt2 Sonde adapter

Wrist repeater  
(option)

When laying communications using a trenchless method, a puncture rig can work from a well or narrow pit, where there is no possibility to place a full-fledged repeater of the locating system. This compact device intended for acceptance by the Installation Operator telemetry when it is in cramped conditions.

### SNS 1t New Vision

- 1 frequency — 12kHz (SNS1 protocol);
- 1 operating screen;
- Sleep and non sleep sonde modes;
- Roll position correction;
- Depth up to 9,99 m;
- Internal battery (up to 50 hours) — lifetime warranty;
- Angle accuracy — 0,1%;
- 12 roll positions.

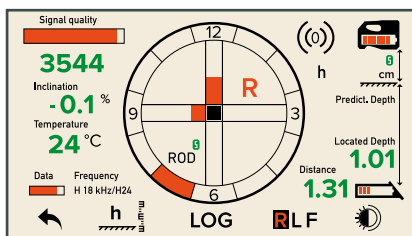
## Multi-Frequency Locating Systems SNS 2t / 7t / 8t New Vision



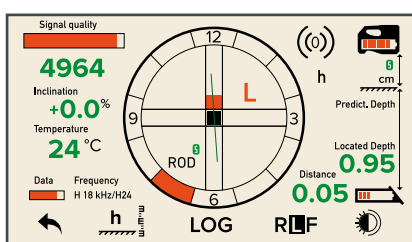
### Data sheet

1. 2 (12, 30 kHz) or 7 (2, 8, 12, 18, 24, 30, 41 kHz) frequencies;
2. Internal power supply (up to 50 hours) – lifetime warranty;
3. Oled display;
4. Energy safe mode;
5. Locating screen ClockFace view: Cross ⊕/Ball and depth/distance;
6. Noise test with predicted depth according to the type of sonde;
7. Programming the sonde modes: frequency/power mode/sleep mode ⊕;
8. Permanent real-time displaying all locating information ⊕;
9. Visual and sound sonde heating indication;
10. Predicted depth to drill on-target in auto mode ⊕;
11. Ultrasonic sensor for correction altitude position;
12. Roll position correction;
13. One-step calibration with memory;
14. Calibration test;
15. Depth correction by two heights;
16. 4 telemetry channels, up to 450 meters;
17. Wireless telemetry antenna up to 2 km\* (option);
18. DataLog;
19. User password and password on date;
20. Diagnostics;
21. Active and passive trace seek (for SNS 8t);
22. 3+ power modes;
23. Up to 45 meters depth;
24. 24 roll positions;
25. Angle accuracy 0.1%;
26. Distance accuracy: 0 – 5%;
27. One-step programming of frequencies/power modes/sleep mode ⊕;
28. Switching to any frequency during the drilling;
29. Programmed Modes underground switching;
30. Self-diagnostics and diagnostics of battery and sonde housing;
31. All types of batteries, up to 20V.

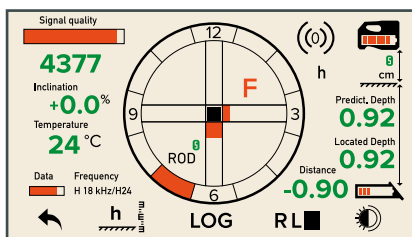
## Advantage of SNS Receiver Location Screen is Constant Displaying of All Needed Information



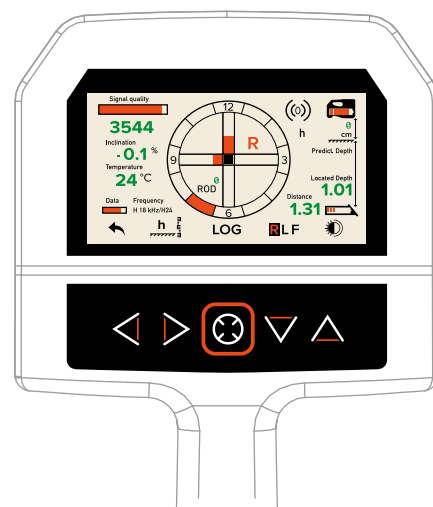
- Quality of sonde signal;
- Power of sonde signal;
- Sonde angle;
- Sonde temperature;
- Sonde power;
- Sonde frequency.



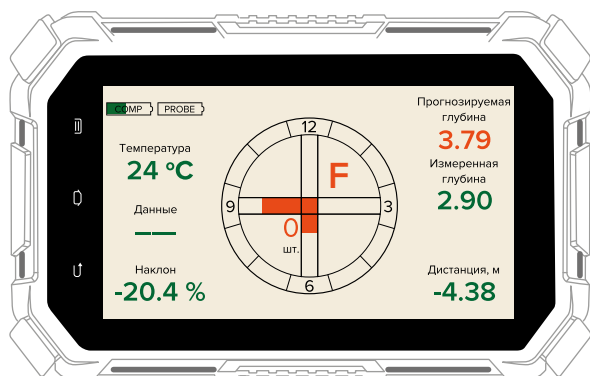
- No. of telemetry channel;
- Receiver battery level;
- Distance to surface;
- Predicted depth (in the vicinity of the front point);
- Current depth;
- Horizontal distance to the sonde;
- Sonde battery level.



- Back to menu;
- Correction distance to surface;
- Record the shot (datalog);
- Switching locating points;
- Day/night mode.



## Main Information From the Receiver Transfers to the Repeater, Including Directions to Location Points



- Sonde angle;
- Sonde battery level;
- Sonde temperature;
- Repeater power;
- Telemetry status;
- Predicted depth (in the vicinity of the front point);
- Current depth;
- Horizontal distance to the sonde.

## SNS t-series Sondes



| ## | Name       | Dimensions       | Power Level        | Depth, m |
|----|------------|------------------|--------------------|----------|
| 1  | SNS st/100 | Ø 43, L 550 mm   | 6x18650, up to 25V | 100 m    |
| 2  | SNS st/A   | Ø 32, L 480 mm   | 2C, up to 10V      | 70 m     |
| 3  | SNS st/EA  | Ø 32, L 580 mm   | 4C, up to 10V      | 70 m     |
| 4  | SNS st/C   | Ø 32, L 480 mm   | cable, up to 24V   | 50 m     |
| 5  | SNS st     | Ø 32, L 380 mm   | 2C, up to 10V      | 45 m     |
| 6  | SNS st/E   | Ø 32, L 480 mm   | 4C, up to 10V      | 45 m     |
| 7  | SNS MKt1   | Ø 15, L 222 mm   | AAA, up to 5V      | 10 m     |
| 8  | SNS MKt2   | Ø 22, L 205 mm   | AA, up to 5V       | 10 m     |
| 9  | SNS MKt3   | Ø 25,4, L 205 mm | AA, up to 5V       | 10 m     |
| 10 | SNS MSt2   | Ø 22, L 205 mm   | AA, up to 5V       | 10 m     |
| 11 | SNS Pt     | Ø 15, L 205 mm   | AAA, up to 5V      | 30 m     |
| 12 | SNS MKt DW | Ø 19, L 270 mm   | AA, до 5V          | 10 m     |

**Adapters for Sondes** for DitchWitch (DW) and TractoTechnik (TT) Sonde housings.

## Sense Lithium Battery



### ER261020M – high capacity battery

*Lithium Battery*

3.6V, 2C Type

Nominal capacity 13000mAh

Max. constant current 1800mA



### ER26500M\* – increased range by 25%

*Lithium Battery*

3.6V, C Type

Nominal capacity 6500mAh

Max. constant current 1500mA

*\*only for SNS Sonde (!)*

## Telemetry Options

### Repeater SNS Monitor

The repeater is designed for duplication information from the location system receiver. Telemetry range up to 500 meters in a straight line visibility. Also transmits telemetry data via Wi-Fi to any Android device and installed SNS Vision App.



### Relay – increase your range

Additional outside wireless antenna that increases telemetry between Receiver and Repeater. Each Relay increases distance of transferring signal by 500 meters. Relay also helps to keep telemetry when there is no direct vision between Receiver and Repeater.



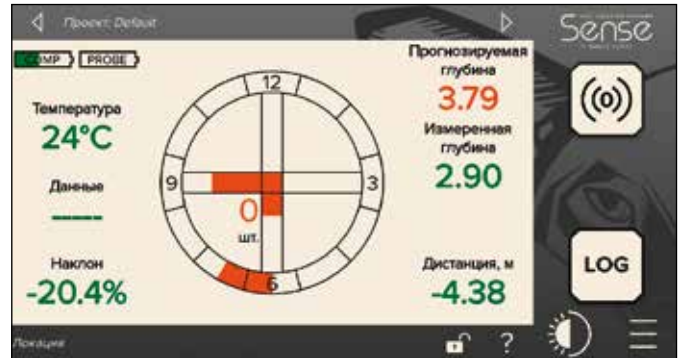
### Telemetry Station (TS)

Hardware and software complex is intended for duplicating information from receiver to displays devices under control Android operating system version 4.4 and higher.



## SNS Vision App

The SNS Vision App is installed to any device running by OS Android. It allows you to create project and maintaining drilling records, with receiving telemetry from the System Receiver using a Telemetry station or SNS Repeater. SNS Vision App is fully compatible with DrillSite software.



### Telemetry:

1. Sonde temperature;
2. Angle (% ,  $\angle^\circ$ );
3. Locating line, clockface position, locating points, # of shot;
4. Visual and sound sonde heating indication;
5. Predicted depth (only at front (F) point);
6. Permanent real-time displaying all needed locating information @;
7. Current depth;
8. Horizontal distance Receiver Sonde.



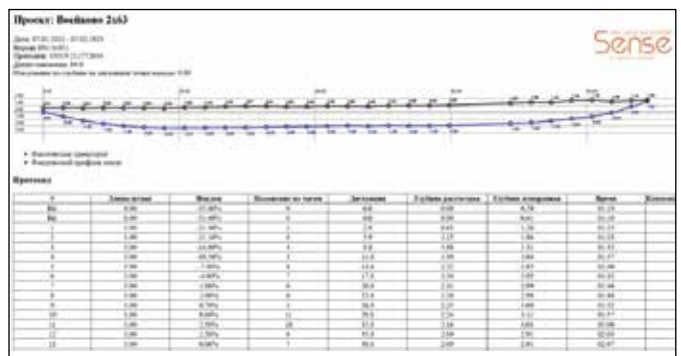
### Graphic editor:

- Surface profile;
- Project trajectory;
- Obstacles;
- Actual drilling trajectory;
- Actual surface profile;
- Double window view.



### Main Menu:

- Import and creating of drilling project. Real-time project managing @;
- Operations with project;
- Project export;
- Drilling reports;
- Possibility to add comments;
- GPS coordinates with connection to Google Maps.



# Azimuthal Cable Navigating System SNS 100

This system was built to control HDD process with big depth and length.

Working principle is based on measuring of gravity and magnetic field of the Earth using special sensors in the probe. All data goes by cable to the Interface module of the system for decoding. From module data goes to PC where it is calculating to define depth, probe position, angle etc.

Final information is assembling to convenient table and goes to Control Panel of drill master.



## Data sheet

- Transmitter azimuth range with accuracy better than  $0,1^\circ$ ;
- Horizontal inclination angle measurement –  $0,1^\circ$ ;
- Drilling instrument position measurement –  $0,1^\circ$ ;
- Transmitter power supply measurement –  $0,5\text{ V}$ ;
- Transmitter temperature measurement –  $0,5\text{ }^\circ\text{C}$ ;
- Refreshing data speed –  $800\text{ ms}$ ;
- Clarification of the transmitter position with current frame;
- AC Power supply  $220\text{V-}50\text{Hz}$  or DC –  $12\text{B}$ ;
- Working temperature range from  $-20$  to  $+50\text{ }^\circ\text{C}$ ;

The calculation of the location of the drilling instrument under the ground determines relatively constant magnetic field produced by the current frame, or a permanent magnet.

Non-magnetic drilling instrument is required.

## HDD Inclinator

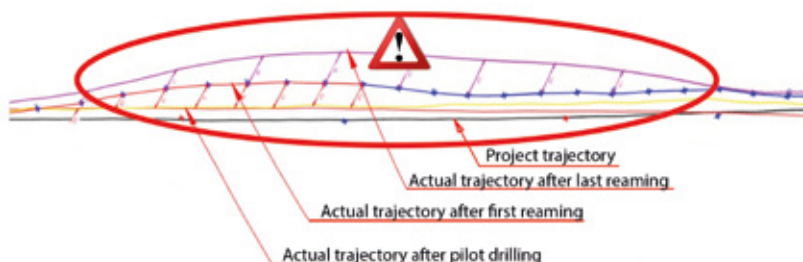
Inclinometer SNS A100 is intended to control zenith angles of borehole bottom during reaming process in horizontal directional drilling constructing by fixing angles of rods line according of horizon using special algorithm. In general User sees angles, trajectory of borehole bottom after reaming and changes in that trajectory after multiple reamings.

Feature of the Inclinator SNS A100 is its autonomous work up 4 days in record mode and simple way of installing between drilling rods in flow sub in 30-50 meters after reamer to let it lie down on the borehole bottom. This positioning allows fix angles of the trajectory. Time of each reamer stage increases on only several minutes needed for install/uninstall flow sub and for Inclinator angle calibration.



### Creating actual profile in Inclinator's software

| Designed data                |                                    | Data from Inclinator |          |            |          |           |                              |
|------------------------------|------------------------------------|----------------------|----------|------------|----------|-----------|------------------------------|
| Distance from start point, m | Zenith angle of drill path, degree | Date                 | Time     | Angle, deg | Rot, deg | Temp., °C | Distance from start point, m |
| 300                          | 180                                | 01.08.2020           | 10:10:58 | 182.14     | 279      | 21        | 300                          |
| 301                          | 180                                | 01.08.2020           | 10:11:12 | 182.56     | 185      | 21        | 301                          |
| 302                          | 180                                | 01.08.2020           | 10:11:42 | 185.61     | 175      | 21        | 302                          |
| 303                          | 180                                | 01.08.2020           | 10:12:38 | 185.78     | 245      | 20        | 303                          |
| 304                          | 180                                | 01.08.2020           | 10:13:47 | 187.23     | 265      | 20        | 304                          |
| 305                          | 180                                | 01.08.2020           | 10:14:52 | 190.02     | 90       | 20        | 305                          |
| 306                          | 180                                | 01.08.2020           | 10:15:33 | 190.12     | 65       | 20        | 306                          |
| 307                          | 180                                | 01.08.2020           | 10:17:03 | 192.33     | 78       | 20        | 307                          |
| 308                          | 180                                | 01.08.2020           | 10:18:18 | 192.47     | 118      | 20        | 308                          |
| 309                          | 180                                | 01.08.2020           | 10:19:44 | 191.12     | 54       | 20        | 309                          |
| 310                          | 180                                | 01.08.2020           | 10:20:25 | 190.49     | 201      | 20        | 310                          |
| 311                          | 180                                | 01.08.2020           | 10:21:16 | 189.2      | 220      | 20        | 311                          |
| 312                          | 180                                | 01.08.2020           | 10:22:08 | 187.28     | 237      | 20.5      | 312                          |
| 313                          | 180                                | 01.08.2020           | 10:22:56 | 185.43     | 302      | 21        | 313                          |



## Underwater Module



The SNS underwater module is a unique development of the SENSE company, which is an additional equipment of the SNS 2t / 7t NV locating system.

The underwater module is a cable remote 3D antenna designed to determine the location of the drilling tool when drilling wells using the HDD method under the seabed.

The shape of the underwater module is made in the form of a weight, has a waterproof body and handle for moving. It can sink to the bottom under its own weight, or easily move in the water with the help of diver. Has seats for attaching a submersible device.

### Data sheet

- channel depth up to 50m;
- equipped with a level indicator;
- operating time – continuously via cable.

### Underwater Module Kit

- underwater module – 1 pc.;
- cable – 50 m;
- case – 1 pc.



2745480, 2679468, 2723927, 119240, 2698373, 173105, 2771433  
2020612130, 2018615278  
US 11,048,009 B2, IN202127003479, CN112771242



702318, 735373

**EAЭС: RU Д-РУ.АЖ49.В.13178/20**

**EAЭС: RU Д-РУ.НВ27.В.15123/20**



2019.05-SENSE-SNS8t-EU  
2019.05-SENSE-WifiRBox-EU  
2019.05-SENSE-Underwater Antenna-EU  
2019.05-SENSE-SNSst/E-EU  
2019.05-SENSE-SNSst/C-EU  
2019.05-SENSE-SNS MKt2-EU  
2019.05-SENSE-SNS7t-EU  
2019.05-SENSE-SNS 4M-EU  
2019.05-SENSE-SNS2t-EU  
2019.05-SENSE-SNS1t-EU  
2019.05-SENSE-SNS100,SNS PROn-EU  
2019.05-SENSE-SNS MKt1-EU  
2019.05-SENSE-SNSst/A-EU

Oktyabr'skaya str., bld. 22/14, Russia, 432028

+7 (8422) 45-72-00, +7 (985) 222-40-75

[info@sense-hdd.com](mailto:info@sense-hdd.com)

[www.sense-hdd.com](http://www.sense-hdd.com)

[www.sense-hdd.de](http://www.sense-hdd.de)

**Bijlage 5 Beschrijving boorvloeistof**

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

**Nevenvestiging**  
Tjalk 43  
2411 NZ Bodegraven

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

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



# Product Datablad

# CEBOGEL® OCMA

## Constructie

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

| Typische Eigenschappen                        |                            |                                |
|-----------------------------------------------|----------------------------|--------------------------------|
| Parameter                                     | Test methode / Conform     | Eis                            |
| Vochtgehalte                                  | DIN 18121-1                | ≤ 13%                          |
| Korrelgrootte                                 | Passeert 125 µm droge zeef | ≥ 95% < 125 µm                 |
| Soortelijk gewicht                            | -                          | ≈ 2300 kg/m <sup>3</sup>       |
| Stortgewicht                                  | -                          | ≈ 900 kg/m <sup>3</sup>        |
| Yield Point (6,4%)                            | Fann Viscometer            | ≥ 18 lbs / 100 ft <sup>2</sup> |
| Vrij water (6,4%)                             | -                          | 0%                             |
| 7,5 min. Filtraatwaterverlies, 24 uur. (6,4%) | API Filter Pers            | ≤ 10 ml                        |

### Mengen & aanmaken

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

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

### **Aanbevolen gebruik**

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

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

### **Certificering & Accreditatie**

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



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

**Versie; 01-2021**

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

Cebo Holland BV  
Westerduinweg 1  
NL-1976 BV IJmuiden  
Nederland

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

