

**IX Wind**

## Inhoud

1. Indiendingsformulier
2. Toelichting
3. Gespreksverslag
4. NOTD2 HDD berekening 160





## Aanvraag Wbr beschikking

### Ten behoeve van

Vraagt u de vergunning voor uzelf aan? Nee

Gemachtigde is: \* Bedrijf

Aanvrager is: Bedrijf

### Gegevens Gemachtigde

Bedrijfsnaam	Independent eXperts B.V.		
Achternaam contactpersoon *	Linde	Dhr.	
Voorletter(s)	T.A.	Voornaam	Tom
		Tussenvoegsel	van der
KVK / BIN	56684703	Vestigingsnummer	000026210053
Adres	Lammermarkt	Nummer	102
		Toevoeging	
Postcode / Plaats	2312CW	Leiden	Land
			Nederland
Postbusnummer			
Postcode / Plaats			Land
			Nederland
E-mail	tom@ixwind.com		
Telefoonnummer	0682833037	Faxnummer	
kenmerk gemachtigde			

### Gegevens Aanvrager

Bedrijfsnaam	SwifterwinT B.V.		
Achternaam contactpersoon *	Clerck	Dhr.	
Voorletter(s)	S.	Voornaam	
		Tussenvoegsel	de
KVK / BIN	68996772		
Adres	Rivierduinweg	Nummer	4
		Toevoeging	
Postcode / Plaats	8255 PK	Swifterbant	Land
			Nederland
Postbusnummer			
Postcode / Plaats			Land
			Nederland
E-mail	secretariaat@swifterwintbv.nl		
Telefoonnummer	06-22262539	Faxnummer	

### Doel waarvoor de aanvraag geldt

Selecteer het doel waarvoor deze aanvraag geldt.

Kabels / leidingen / wegkruisingen (incl. mantelbuizen)

### Tevens eigenaar / eigendom

Zijn de percelen waar u werkzaamheden wilt uitvoeren eigendom van de aanvrager?

Nee

Zijn de percelen eigendom van De Staat (zoals Rijkswaterstaat of RVOB (Rijksvastgoed- en Ontwikkelingsbedrijf))? Ja

### Waarom? (doel / belang)

Wat wilt u gaan doen / maken en waarvoor dient het? (maximaal 8 regels gebruiken)

Het aanleggen van mantelbuizen onder de A6 middels een gestuurde boring. In totaal dienen er vier mantelbuizen met een diameter van 160mm te worden aangebracht. De mantelbuizen dienen voor de bekabeling voor een windpark.

Motivering van de aanvraag (maximaal 7 regels gebruiken)

De boring is benodigd om de bekabeling van het naastgelegen windpark te realiseren.

Betreft het aangevraagde werk een uitbreiding / wijziging van een bestaande situatie?

Nee

Is er reeds eerder een Wbr vergunning verstrekt?

Nee

### Hoe? (uitvoeringswijze)

Hoe zullen de werkzaamheden worden uitgevoerd? (maximaal 7 regels gebruiken)

In totaal dienen er vier mantelbuizen met een diameter van 160 mm te worden aangebracht. Deze worden in één bundel middels een horizontaal gestuurde boring gerealiseerd en dat betekent voor deze boring vier mantelbuizen met een diameter van 160 mm worden gerealiseerd. Voor deze bundel geldt een omhullende diameter van circa Ø400 mm. Zowel de in- en uittredehoek van de horizontaal gestuurde boring zijn gesteld op 15 graden. De boring zal een minimale dekking van 2,90m hebben.

### Waar? Locatiegegevens / kadastrale gegevens / situatie tekening

Adresgegevens van de locatie

Gemeente

Postcode

Betreft

Naam

Naam loswal / kade / steiger

Kilometrering

Zijde

Kadastrale gegevens bekend bij gemeente . . . , sectie . . . , nummer . . .

X-coördinaat

Y-coördinaat

### Wanneer + periode (instandhouding)

Wat is de gewenste aanvangsdatum van de werkzaamheden?

Is het resultaat van de werkzaamheden van tijdelijke of permanente aard? Permanent

### Kostprijs / raming van de werkzaamheden (leges)

Wat is de kostprijs of raming van de kosten (exclusief BTW) van het aangevraagde werk?

> EUR 2400,-

heeft u een afwijkend adres voor de factuur?

Nee

### Bijlagen

Tracégegevens (route - positielijst - diepteligging)

Betreft de aanvraag een (vaar)wegkruising van een gestuurde boring?

Ja

Bijlage(n) gestuurde boring / persing conform richtlijn boortechniek versie januari 2004

59723810\_4047752\_108791-18-013.884-notd-HDD-berekening\_160-compressed.pdf

Situatietekening (algemeen)

59723810\_4047753\_Wegkruising\_Zuid.JPG

Kadastrale gegevens (algemeen)

Specificatie van gewenste wijzigingen en bijbehorende vergunning(en) (datum en nummer)

Overige relevante bijlage

Overige relevante bijlage

Overige relevante bijlage

Overige relevante bijlage

Overige relevante bijlage



Ik verklaar hierbij deze **aanvraag** naar waarheid te hebben ingevuld.





### Windplanblauw kabelkruisingen A6

<b>Error! Reference source not found.</b> Status	Gecontroleerd
Auteur(s)	18 september 2018
Gecontroleerd door	Tom van der Linde
Aan	Tamara Adriaanse/ Ivana Pieters
Cc	Rijkswaterstaat
	Dhr. Mokhtar Boujemaoui
<b>Onderwerp</b>	<b>Toelichting vergunningaanvraag</b>

#### Windplanblauw

Windplanblauw (samenwerking Nuon en Swifterwint) is voornemens om in 2020 61 nieuwe windturbines te bouwen in noordwest Flevoland, waarvan er 24 in het IJsselmeer komt te staan. De layout van het windpark is weergegeven in onderstaande figuur.



#### Rijksinpassingsplan en vergunningen

Windplanblauw valt onder de Rijkstcoördinatieregling (RCR). Voor het windpark is fase 1 van de RCR in procedure gegaan: door het Ministerie van EZK is in juni 2018 reeds een Ontwerp Rijksinpassingsplan (RIP) ter inzage gelegd en begin oktober 2018 wordt het definitieve Rijksinpassingsplan vastgesteld. Rijkswaterstaat en



## Memo

Waterschap Zuiderzeeland zijn betrokken bij de totstandkoming hiervan. Voor de bouw en exploitatie van de nieuwe windturbines zijn omgevingsvergunningen aangevraagd bij de gemeente Dronten, watervergunningen bij Rijkswaterstaat (voor het IJsselmeerdeel) en een vergunning in het kader van Wet natuurbescherming bij de provincie. Voor de verdere ontwikkeling van het windpark zijn meerdere andere (uitvoeringstechnische) vergunningen benodigd, welke voor een deel in fase 2 van de RCR zullen worden aangevraagd.

Een van de vergunningaanvragen uit fase 2 betreft de 2 kabelkruisingen onder de A6. Deze kruisingen zijn weergegeven in figuur 1.

### **Vergunningaanvraag**

De vergunningaanvraag betreft de aanleg van mantelbuizen onder de A6 middels een gestuurde boring. Bij de noordelijke kruising worden de mantelbuizen doorgetrokken onder de IJsselmeerdijk. Hiervoor wordt een separate vergunning aangevraagd bij het Waterschap Zuiderzeeland.

### **Vergunning op hoofdlijnen**

De details van Windplanblauw zijn nog niet bekend. Zo is ondermeer nog niet bekend welk type turbine met welk vermogen er precies geplaatst gaat worden. Hierdoor is ook nog niet precies bekend welk type kabels er benodigd zijn. Ook zullen veel uitvoeringsgerelateerd vragen pas in 2020 in detail beantwoord kunnen worden, wanneer de aannemers geselecteerd zijn.

Omwillen van de in de vorige paragraaf omschreven procedurele redenen dient de vergunning voor de kabelkruisingen al begin september 2018 aangevraagd te worden. Dit betekent dat niet alle details van de kabelkruisingen bekend zijn. Hierover is overleg gevoegd met de bevoegde gezagen. Een gespreksverslag is ter informatie meegestuurd bij de aanvraag. Afsproken is dat de vergunningaanvragen voldoende technische details moeten bevatten die voor het bevoegd gezag benodigd zijn om de aanvraag te kunnen toetsen. Met technisch adviseur Witteveen & Bos is afgestemd welke details minimaal benodigd zijn. De aannemer maakt in een later stadium een definitief boorplan, dat uiterlijk acht weken voor start van de werkzaamheden wordt ingediend bij het bevoegd gezag.

De technische documenten welke zijn meegestuurd met de aanvraag zijn in de voorfase op hoofdlijnen reeds beoordeeld door het bevoegd gezag en akkoord bevonden.







### Gespreksverslag Dijkkruising

**Error! Reference source not found.**Status Gecontroleerd  
Datum woensdag 15 augustus 2018

Auteur(s) Ivana Pieters  
Gecontroleerd door Tom van der Linde, Tamara Adriaanse  
Vrijgegeven door nvt

---

**Datum** 05-07-2018  
**Tijd** 14.00 uur  
**Locatie** Rijkswaterstaat, Lelystad

---

#### Aanwezig:

Namens Windplanblauw: Ivana Pieters, Tamara Adriaanse, Tom van der Linde en Bram van der Linde  
Namens Waterschap: Janine Steenbergen, Jan Boezeman  
Namens Rijkswaterstaat: Cees Pabbruwee, Mike van der Velde, Mokhtar Boujemaoui

#### Inleiding

##### *Achtergrond*

Windplanblauw (samenwerking Nuon en Swifterwint) is voornemens om in 2020 61 nieuwe windturbines te bouwen in noordwest Flevoland. Een deel van de turbines komt in het IJsselmeer te staan. Voor het Windpark is door het ministerie van EZ reeds een Ontwerp Rijksinpassingsplan vastgesteld. Rijkswaterstaat en Waterschap Zuiderzeeland zijn betrokken bij de totstandkoming hiervan. Tevens zijn voor de windturbines omgevingsvergunningen aangevraagd bij de gemeente Dronten (onshore) en watervergunningen bij Rijkswaterstaat (offshore). Voor de verdere ontwikkeling van het windpark zijn meerdere andere (uitvoeringstechnische) vergunningen benodigd welke in een later stadium worden aangevraagd.





## Memo

Enkele van deze vergunningen zijn in overleg met RVO NL aangemete als “kritisch” v vanwege hun technische complexiteit. Om procedurele redenen worden deze vergunningen tezamen met het RIP onder de Rijkscoördinatieregeling gebracht. Dit brengt met zich mee dat deze vergunningen in september 2018 aangevraagd moeten worden. Als kritisch zijn (onder meer) aangemerkt:

- Kruisingen (2x) parkbekabeling met de A6 (bevoegd gezag: Rijkswaterstaat)
- Kruising parkbekabeling met de IJsselmeerdijk (bevoegd gezag: ZZL)
- Kruising parkbekabeling met de vaargeul Molenrak (bevoegd gezag: Rijkswaterstaat)

### *Doel overleg*

Doel van dit overleg is om met Rijkswaterstaat en Zuiderzeeland de volgende onderwerpen te bespreken:

- Scope van de werkzaamheden
- Aan te vragen vergunningen en bevoegd gezag
- Inhoud van de aanvragen

### **Scope van de werkzaamheden**

Voor de kruisingen met de A6 en de IJsselmeerdijk wordt middels een HDD boring een matelbuis aangelegd. Voor de kruising met het Molenrak zijn er twee varianten mogelijk: een HDD boring of het infrezen van de kabel in de bodem. Zie hiervoor bijgevoegde presentatie.

### **Aan te vragen vergunningen en bevoegd gezag**

Voor het uitvoeren van de werkzaamheden zijn de volgende vergunningen benodigd:

Onderdeel	Vergunning	Bevoegd gezag
Kabelkruisingen A6	WBR vergunning	Rijkswaterstaat
Kabelkruising Molerak	Watervergunning	Rijkswaterstaat
Kabelkruising IJsselmeerdijk	Watervergunning	ZZL

Bij de kabelkruising van de IJsselmeerdijk ligt het uittredepunt van de boring in het beheersgebied van Rijkswaterstaat. Waterschap Zuiderzeeland zal hierbij optreden als coördinerend bevoegd gezag en Rijkswaterstaat om advies vragen.

Voor de overige delen van het kabeltrace gelden algemene regels, hier hoeft nog geen vergunning voor aangevraagd te worden.

### **Inhoud van de aanvragen**





## Memo

De vergunningaanvragen zullen voldoende technische details bevatten die voor het bevoegd gezag benodigd zijn om de aanvraag te kunnen toetsen.

Echter, gezien het stadium waar de ontwikkeling van Windplanblauw zich momenteel in bevindt, zijn nog niet alle uitvoeringsdetails bekend en benodigde onderzoeken gereed. Technisch adviseur Witteveen & Bos heeft daarom een document opgesteld (zie bijlage 2) waarin met kleur is aangegeven welke zaken worden uitgewerkt bij de vergunningaanvraag en welke informatie later wordt aangeleverd. Belangrijkste onderdeel hiervan is het grondonderzoek dat later uitgevoerd zal worden. Bij de vergunningaanvraag wordt daarom concreet aangegeven welk grondonderzoek wanneer uitgevoerd wordt. Tevens wordt een concept boorplan opgesteld dat aantoont dat de werkzaamheden realistisch en uitvoerbaar zijn, de aannemer maakt in een later stadium een definitief boorplan.

De aanwezige bevoegde gezagen hebben aangegeven in principe akkoord te gaan met de voorgestelde werkwijze, zonder daarbij concrete toezeggingen te doen.

In de vergunningaanvraag zal een toelichting worden opgenomen waarin Windplanblauw deze werkwijze motiveert. Daarbij zal er een verwijzing worden gemaakt naar dit gespreksverslag.

### **Proces**

De vergunningen worden medio september ingediend. Het is de intentie om halverweg augustus concepten te bespreken. Een concrete planning hieraangaande volgt.





## NOTITIE

---

Onderwerp HDD-berekening Ø160 PE SDR11  
Project Aanleg mantelbuizen ten behoeftte van Windpark Blauw, kruising A6  
Opdrachtgever Projectorganisatie Windplan Blauw  
Projectcode 108791  
Status Definitief  
Datum 12 september 2018  
Referentie 108791/18-013.884  
Auteur(s) ing. B. van der Linde

Gecontroleerd door ing. C. Huis  
Goedgekeurd door J.A. Zoete MSc  
Paraaf



Bijlage(n) Tekening 108791/1002, Kruising A6 Windplan Blauw, Horizontaal gestuurde boring  
HDPE Ø160 mm SDR11, Bovenaanzicht en langsprofiel  
Berekening HDD (drukloos)  
Toegepast grondonderzoek  
Aanvullend grondonderzoek

Aan Projectorganisatie Windplan Blauw J. Boukes, I. Pieters  
Kopie

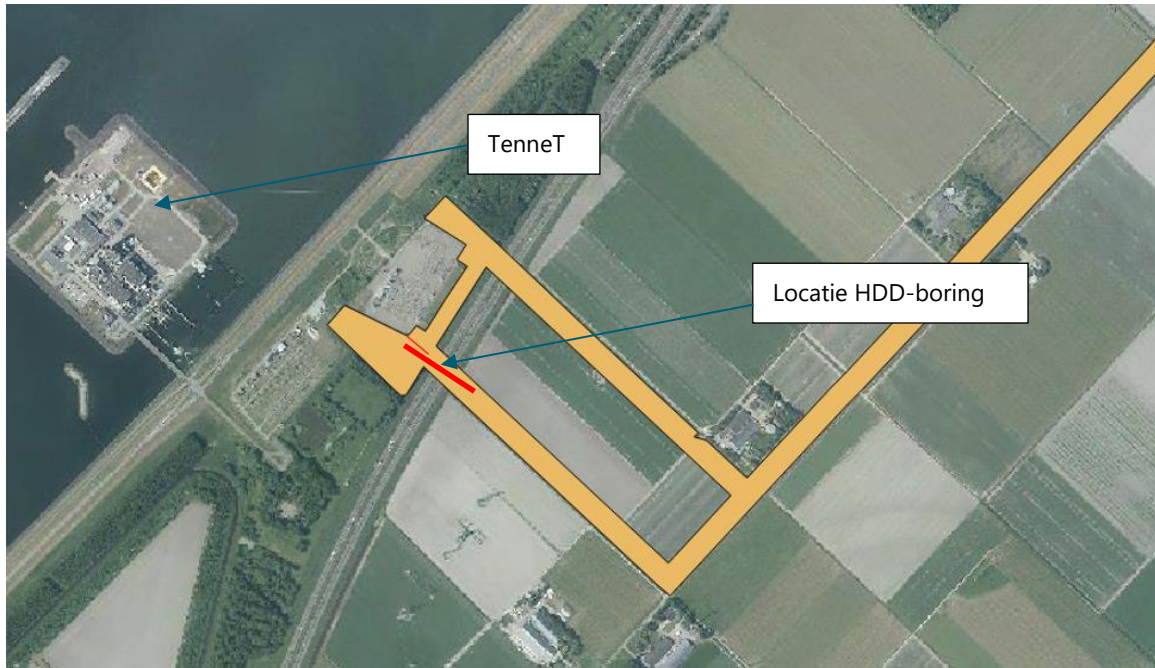
---

## 1 INLEIDING

Voor Windplan Blauw wordt voor de ontwikkeling van nieuwe windturbines de benodigde elektrische infrastructuur aangelegd. Zo dient middels een horizontaal gestuurde boring een kruising met de A6 te worden gemaakt om bij het station van TenneT te kunnen aansluiten.

In afbeelding 1.1 is een indicatie van de locatie van de voorgenomen horizontaal gestuurde boring weergegeven.

Afbeelding 1.1 Locatie HDD-kruising A6



Deze notitie beschrijft het ontwerp van de mantelbuizen voor het aanleggen van de benodigde kabels. In totaal dienen er vier mantelbuizen met een diameter van  $\text{\O}160$  mm te worden aangebracht. Deze worden in één bundel middels een horizontaal gestuurde boring gerealiseerd en dat betekent voor deze boring vier mantelbuizen met een diameter van  $\text{\O}160$  mm worden gerealiseerd. Zie [ref. 11] voor de weergave van het tracé van de gestuurde boring.

Zowel het in- als uittredepunt van de gestuurde boring liggen buiten de beschermingszone van de IJsselmeerdijk. In [ref. 11] is de uiterste grens van de IJsselmeerdijk weergegeven en is te herleiden dat het ontwerp van de gestuurde boring hier circa 80 m uitblijft.

Met het bevoegde gezag is in overleg op 5 juli 2018 besloten om op basis van de beschikbare gegevens/uitgangspunten het vergunningentraject op te starten.

## 2 GEGEVENS EN UITGANGSPUNTEN

### 2.1 Referenties

De volgende referenties/gegevens zijn voor deze notitie gebruikt:

- 1 geotechnisch onderzoek IJsselmeerdijk ten hoogte van dijkpaal 17,6 t/m 35,1 te Lelystad, documentnummer 02P010102-RG-01, d.d. 13 november 2017;
- 2 grondgegevens dinoloket;
- 3 NEN3650-1: eisen voor buisleidingsystemen-deel 1:algemene eisen, juni 2012;
- 4 NEN3650-3: eisen voor buisleidingsystemen-deel 3: aanvullende eisen voor leidingen van kunststof, juni 2012;
- 5 NEN3651: aanvullende eisen voor buisleidingen in of nabij belangrijke waterstaatwerken, juni 2012;
- 6 NEN9997-1+C1 (nl): geotechnisch ontwerp van constructies-deel 1: algemene regels, april 2012;
- 7 richtlijnen boortechnieken, ISBN 90-369-5542-4, DWW-2003-047, Rijkswaterstaat, dienst weg- en waterbouwkunde, d.d. januari 2004;
- 8 legger IJsselmeerdijk HMP 25,40 - 26,10 kaartblad ZBB-13, ZBB- - /33C002, d.d. 27 juli 2015;

- 9 dwarsprofielen legger IJsselmeerdijk, ZBB- - /08C009 blad 4, d.d. 27 juli 2015;  
10 leggertabel waterschap Zuiderzeeland, W-A-AL-001, versie C d.d. 21 september 2017;  
11 tekening 108791/1002, Kruising A6 Windplan Blauw, HDD-boring HDPE Ø160 mm SDR11, bovenaanzicht en langsprofiel;

## 2.2 Uitgangspunten

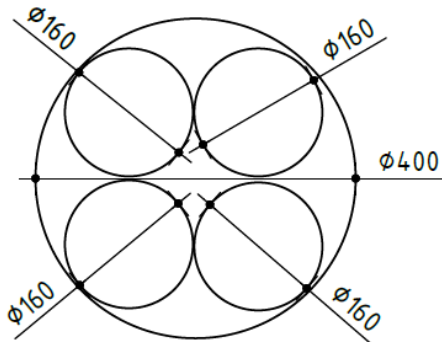
### 2.2.1 Leidingmateriaal

De eigenschappen van de leiding zijn:

- leidingmateriaal	PE 100;
- diameter	Ø160 mm (uitwendig);
- wanddikte	14,6 mm (SDR 11);
- lange duur treksterkte	10,0 N/mm <sup>2</sup> ;
- materiaalfactor	1,25;
- elasticiteitsmodulus korte duur	975 N/mm <sup>2</sup> ;
- elasticiteitsmodulus lange duur	350 N/mm <sup>2</sup> ;
- uitzettingscoëfficiënt	0,00016;
- toelaatbare deflectie	8 %.

Bij deze gestuurde boring worden vier mantelbuizen Ø160 mm ingetrokken. Voor deze bundel geldt een omhullende diameter van circa Ø400 mm. Zie afbeelding 2.1 voor het principe van vier mantelbuizen.

Afbeelding 2.1 Samenstel van mantelbuizen bij HDD-boring



### 2.2.2 Druk in de leiding

Dit is niet van toepassing omdat het een mantelbuis betreft voor de aanleg van kabels.

### 2.2.3 Intrede- en uittredehoek

Zowel de in- en uittredehoek van de horizontaal gestuurde boring zijn gesteld op 15 graden, deze hoek is voor vrijwel elk materieel haalbaar.

## 2.2.4 Grondopbouw

Voor de fase in dit project is beperkt grondonderzoek beschikbaar betreffende het ontwerp van de gestuurde boring. In bijlage IV is een situatieschets met het voorstel van aanvullend grondonderzoek opgenomen.

De huidige berekeningen zijn op basis van [ref. 1] en [ref. 2] en deze gegevens zijn opgenomen in bijlage III. In tabel 2.1 is de maatgevende grondopbouw weergegeven. De gehanteerde eigenschappen voor de verschillende grondsoorten komen voort uit tabel B.1 van [ref. 3].

Tabel 2.1 Maatgevende bodemopbouw

Bodemlaag	b.k. laag [m NAP]	Y [kN/m <sup>3</sup> ]	Y <sub>sat</sub> [kN/m <sup>3</sup> ]	Wrijvingshoek [ ° ]
zand, los	-4,5	17,0	19,0	30,0
klei, matig	-6,0	17,0	17,0	17,5
zand, matig	-10,5	17,0	19,0	30,0
klei, matig	-17,5	17,0	17,0	17,5
zand, schoon, vast	-19,5	19,0	21,0	30,0

In de modellering is rekening gehouden met het middelen van het soortelijk gewicht in relatie tot de bodemopbouw en diepte van de boring.

## 2.2.5 Grondwaterstand

De grondwaterstand (GWS) is gelijk gehouden aan het oppervlaktewaterpeil in de Visvijvertocht. Volgens [ref. 10] is de Visvijvertocht in de legger opgenomen als een droge tocht. Als aanname wordt de GWS aangehouden op 1 m-mv is circa NAP -5,50 m.

De grondwaterstand dient in het aanvullend grondonderzoek nader te worden onderzocht.

In bijlage IV is een situatieschets met het voorstel van aanvullend grondonderzoek opgenomen.

## 2.2.6 Stijghoogte (eerste watervoerend pakket)

Bij het realiseren van een horizontaal gestuurde boring is er een risico op het doorkruisen van een watervoerend pakket, waardoor kwel kan ontstaan. Als beheersmaatregel is het mogelijk om een kwelscherm/kleikist of het injecteren van drillgrout toe te passen. Daarmee wordt dit risico ondervangen.

## 2.2.7 Oppervlaktewater

Langs het traject van de horizontaal gestuurde boring is geen oppervlaktewater aanwezig.



## 2.2.8 Diepteligging leiding

Voor het kruisen van het waterstaatswerk de A6 is het vereist dat de horizontaal gestuurde boring een minimale diepte heeft ter plaatse van de kruising van dit waterstaatswerk [ref. 3].

Uit [ref. 3] hoofdstuk G.4.2 volgt de minimale diepteligging van een horizontaal gestuurde boring ten opzichte van stroomwegen (A6). In dit geval is dat  $6 \times D_0$  (met een minimum van 1,5 m) en komt neer op  $6 \times 0,400 = 2,40$  m ten opzichte van de (on)gebonden (steen)funderingslaag. Indien deze laag onbekend is wordt deze op 0,5 m aangehouden. Dat betekent ter plaatse van de A6 dat de horizontaal gestuurde boring een minimale dekking van 2,90 m dient te hebben.

Uit [ref. 11] valt af te leiden dat de horizontaal gestuurde boring ter plaatse van de A6 een dekking van circa 22 m heeft. Daarmee voldoet de ligging van de horizontaal gestuurde boring aan de gestelde eisen.

## 2.2.9 Bochtstralen

Voor het bepalen van de minimale boogstralen van de horizontaal gestuurde boring kunnen een aantal maatgevende factoren spelen, zie tabel 2.2.

Tabel 2.2 Boogstralen per onderdeel

Factoren	Beschrijving	Boogstraal [m]
bekabeling door de mantelbuis (product)	kabeltype niet gespecificeerd	2,9
materiaal en diameter van de mantelbuis	toepassing Ø160 mm HDPE-mantelbuis	16,0
in te zetten materieel/boorstang	diameter stalen boorstang Ø73 mm <sup>1</sup>	73,0
bodemgesteldheid	niet relevant voor kunststof buizen	-

In het ontwerp van het tracé van de horizontaal gestuurde boring is een boogstraal van 150 m aangehouden. Hiermee wordt voldaan aan de minimale toepasbare boogstralen.

### 2.2.10 Boorgat

Conform [ref. 7] dient het boorgat 1,3 tot 1,5 maal groter te zijn dan de productleiding (mantelbuis Ø160 mm). Het boorgat is in de berekening gehouden op Ø224 mm en is een factor 1,4 ten opzichte van de productleiding voor de berekening van de weerstanden in het boorgat.

Voor het realiseren van de gebundelde boring van vier mantelbuizen is de omhullende diameter Ø400 mm en hiervoor geldt ook conform [ref. 7] dat de factor tussen de 1,3 en 1,5 dient te liggen.

### 2.2.11 Zettingen

Door het realiseren van de horizontaal gestuurde boring kan op maaiveld niveau ter plaatse van de horizontaal gestuurde boring een zogenoemde zettingstrog zichtbaar worden. In hoofdstuk 4 wordt nader ingegaan op de verwachte omvang ter plaatse van de A6.

<sup>1</sup> Referentie [www.forward-benelux.nl](http://www.forward-benelux.nl).

## 2.2.12 Verkeersbelasting

De verkeersbelastingen zijn volgens [ref. 3] figuur C.17 in de berekening opgenomen.

Hierbij is ter plaatse van de A6 grafiek I van toepassing. In de bermen/grasland is 0,5 grafiek II toegepast in het kader dat hier onderhoudsvoertuigen kunnen komen. Ter plaatse van de Visvijvertocht en greppel langs de A6 is geen verkeersbelasting meegenomen.

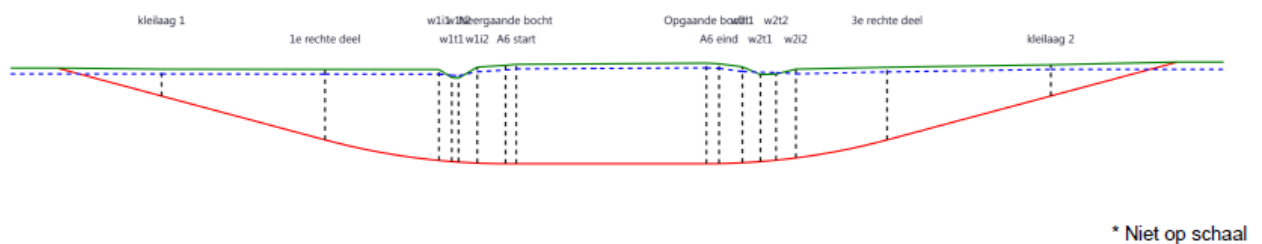
## 2.2.13 Importantiefactor

Conform [ref. 5] hoofdstuk 5 hoeft er bij een horizontaal gestuurde boring geen importantiefactor in rekening te worden gebracht.

## 2.2.14 Berekeningsmethode

Voor de leidingsterkteberekeningen en bepaling van de boorspoeldrukken is gebruik gemaakt van het programma Sigma 2018, v. 1.5. In afbeelding 2.2 is schematische weergave model weergegeven.

Afbeelding 2.2 Schematische weergave



Voor het tracé van de gestuurde boring, zie [ref. 11], hierin zijn de uitgangspunten zoals hierboven benoemd weergegeven.

## 3 BEREKENINGSRISULTATEN

De berekeningsresultaten die worden getoetst/bepaald:

- toetsing op implosie;
- toetsing op spanningen (gebruiksfase);
- toetsing op deflectie (gebruiksfase);
- toetsing op de spanningen die optreden tijdens het intrekken (uitvoeringsfase);
- benodigde trekkracht voor het intrekken van de productleiding;
- minimaal benodigde en maximaal toelaatbare boorspoeldruk (blow-out).

Tabel 3.1 Resultaten gebruikssituatie drukloos

Wanddikte [mm]	Omtrekspanning [N/mm <sup>2</sup> ]	Langsspanning [N/mm <sup>2</sup> ]	Deflectie [%/mm]	Resultaat [-]
14,6	3,81 < 8,00	0,53 < 8,00	1,15 < 8,00	voldoet

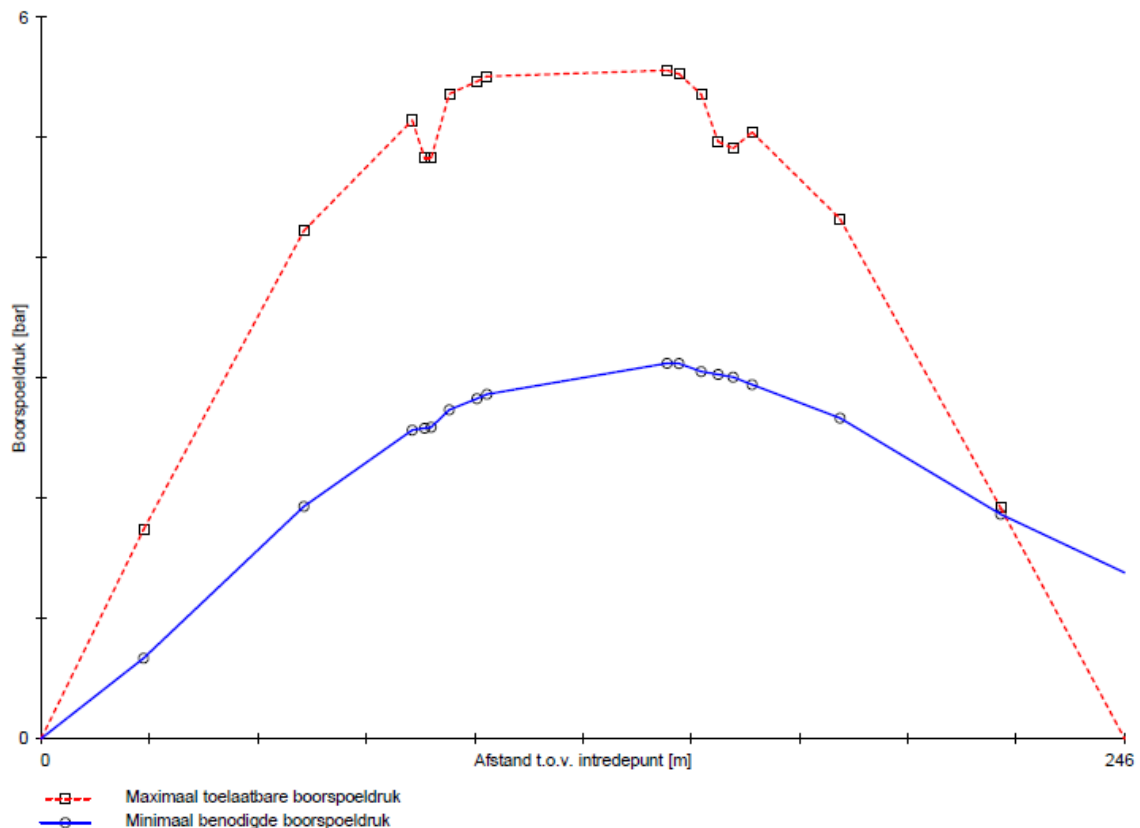
Implosie van de mantelbuis kan optreden indien er 28,12 m grondwater boven de leiding aanwezig is. Gezien de diepteligging van de mantelbuizen op NAP -25,00 m en het maaiveld op NAP -3,00 m is de falen op implosie niet aan de orde. Zie ook [ref. 11] voor het tracé van de mantelbuizen.

Tabel 3.2 Resultaten tijdens trekproces voor vier mantelbuizen van Ø160 mm

Fase	T <sub>tot</sub> [N] <sup>1</sup>	Spanning [N/mm <sup>2</sup> ]	Resultaat [-]
starten met trekken	35,60	1,33 < 10,00	voldoet
na 1 <sup>e</sup> deel intrekken	56,64	2,65 < 10,00	voldoet
na 2 <sup>e</sup> deel intrekken	72,88	2,73 < 10,00	voldoet
na 3 <sup>e</sup> deel intrekken	96,96	4,16 < 10,00	voldoet
na 4 <sup>e</sup> deel intrekken	119,40	4,48 < 10,00	voldoet

Tijdens het realiseren van het boorgat dient deze stabiel te worden gehouden door een boorspoeldruk in het boorgat. In afbeelding 3.1 zijn de berekende en de maximaal toelaatbare boorspoeldrukken weergegeven voor het realiseren van de maatgevende pilotboring.

Afbeelding 3.1 Boorspoeldrukken pilotboring



<sup>1</sup> Weergegeven trekkrachten zijn reeds met een factor 4 vanuit de berekeningen vermenigvuldigd in verband met de bundelboring.

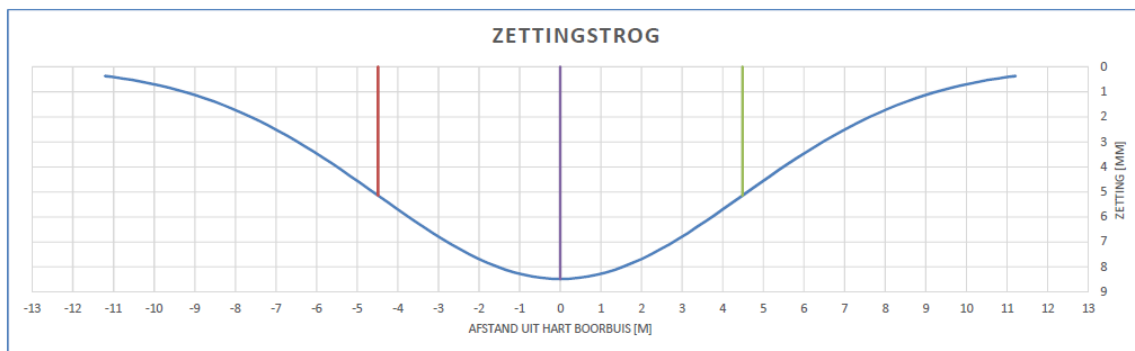
Zoals af te lezen uit afbeelding 3.1 overschrijden de benodigde boorvloestofdrukken nabij het uittredepunt de maximale waarden. Hierbij bestaat de kans op een mud-uitbraak over de laatste 50 m van de gestuurde boring. Om dit risico te beheersen dient tijdens de pilotboring de voortgangssnelheid te worden aangepast, hierdoor wordt de benodigde boorvloestofdruk verlaagd. Bij de ruimfasen is dit risico niet meer aanwezig, omdat er een open verbinding is met het uittredepunt.

## 4 AANDACHTSPUNTEN/RISICO'S

### 4.1 Zettingen

Bij het uitvoeren van een gestuurde boring is in het boorgat een boorspoeling aanwezig, die na het proces van de boring begint met ontmenging. Op maaiveld is er een kans dat op de lijn van de gestuurde boring een zogenoemde zettingstrog kan ontstaan. Bij de uitgangspunten van de omhullende diameter van Ø400 mm met het hart van de mantelbuizenbundel op NAP -25,00 m en een boorgat van Ø520 mm en het maaiveld op NAP -3,20 m is de eventuele maximale zetting berekend op circa 9 mm. In afbeelding 4.1 is het verloop van de zettingstrog ten opzichte van het hart van de mantelbuis weergegeven.

Afbeelding 4.1 Verloop zettingstrog



Door het boorgat na het intrekken te injecteren met een uithardende drillgrout, kunnen zettingen ter plaatse van de A6 en de waterkering worden voorkomen.

### 4.2 Kwelweg

Door het realiseren van de mantelbuizen kunnen er kwelwegen ontstaan. Deze zijn te onderscheiden:

- 1 in een kwelweg vanuit een watervoerende laag of;
- 2 een kwelweg vanuit buitendijks vrij water onder de waterkering door naar het binnendijks maaiveld.

Voor type kwel volgens principe 1 kan kwel vanuit een watervoerende laag worden voorkomen door het toepassen van een kleikist ter plaatse van het intredepunt.

Het type 2 kwelweg is niet van toepassing.

Geadviseerd wordt om ter plaatse van het in- en uittredepunt een kwelscherm/kleikist op te nemen, conform [ref. 5] paragraaf 8.1.7.2.

### 4.3 Trekrachten

De maximale trekkracht voor het inbrengen van de mantelbuis is berekend op circa  $4 \times 30 = 120$  kN. Hierbij is het uitgangspunt dat de mantelbuizen niet gevuld zijn met water. Door de mantelbuizen tijdens het trekproces te vullen met water kan de trekkracht worden gereduceerd tot circa  $4 \times 17 = 68$  kN. Het is aan de uitvoerende partij om een keuze in wijze van uitvoering te maken. Dit is mede bepalend voor de inzet van zijn materieel.

### 4.4 Mantelbuizen

In totaal worden vier mantelbuizen voor de bekabeling van Windplan Blauw naar station van TenneT gerealiseerd.

In totaal wordt er één gestuurde boring uitgevoerd. Waarbij de gestuurde boring bestaat uit vier mantelbuizen  $\varnothing 160$  mm.

### 4.5 Onderzoek

Er dient te worden onderzocht of ter plaatse van de in- en uitredepunten randvoorwaarden aanwezig zijn in het kader van ecologie, archeologie en NGE (Niet Gesprongen Explosieven).

Bij het aanvullend grondonderzoek wordt de zout/zuurgraad van het grondwater bepaald. De aannemer dient in zijn boorplan de samenstelling van de boorvloeistof hier op af te stemmen.

## 5 CONCLUSIE EN AANBEVELINGEN

Het realiseren van mantelbuizen HDPE  $\varnothing 160$  SDR11 volgens de methode van de HDD-techniek is toepasbaar. Zowel de optredende spanningen tijdens het intrekproces als tijdens de gebruiksfase en de deflectie blijven binnen de toegestane waarden.

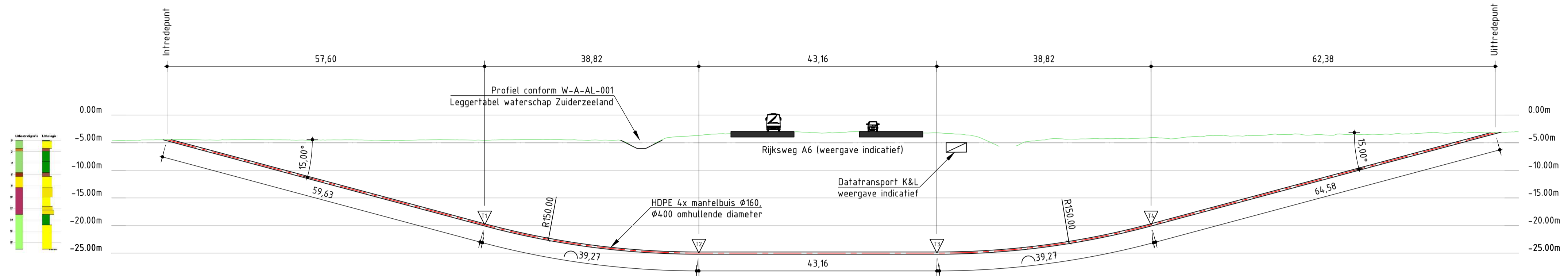
Het is noodzakelijk om aanvullend grondonderzoek te verrichten conform opgave in bijlage IV. Aan de hand van dit aanvullend grondonderzoek kan worden getoetst of de berekening nog stand houdt.

Dit aanvullend grondonderzoek is met name van belang om de risico's op een blow-out of het voorkomen van een kwelweg goed te kunnen beoordelen.

Voor uitvoeringsaspecten wordt verwezen naar [ref. 7]. De aannemer werkt dit in zijn boorplan nader uit.

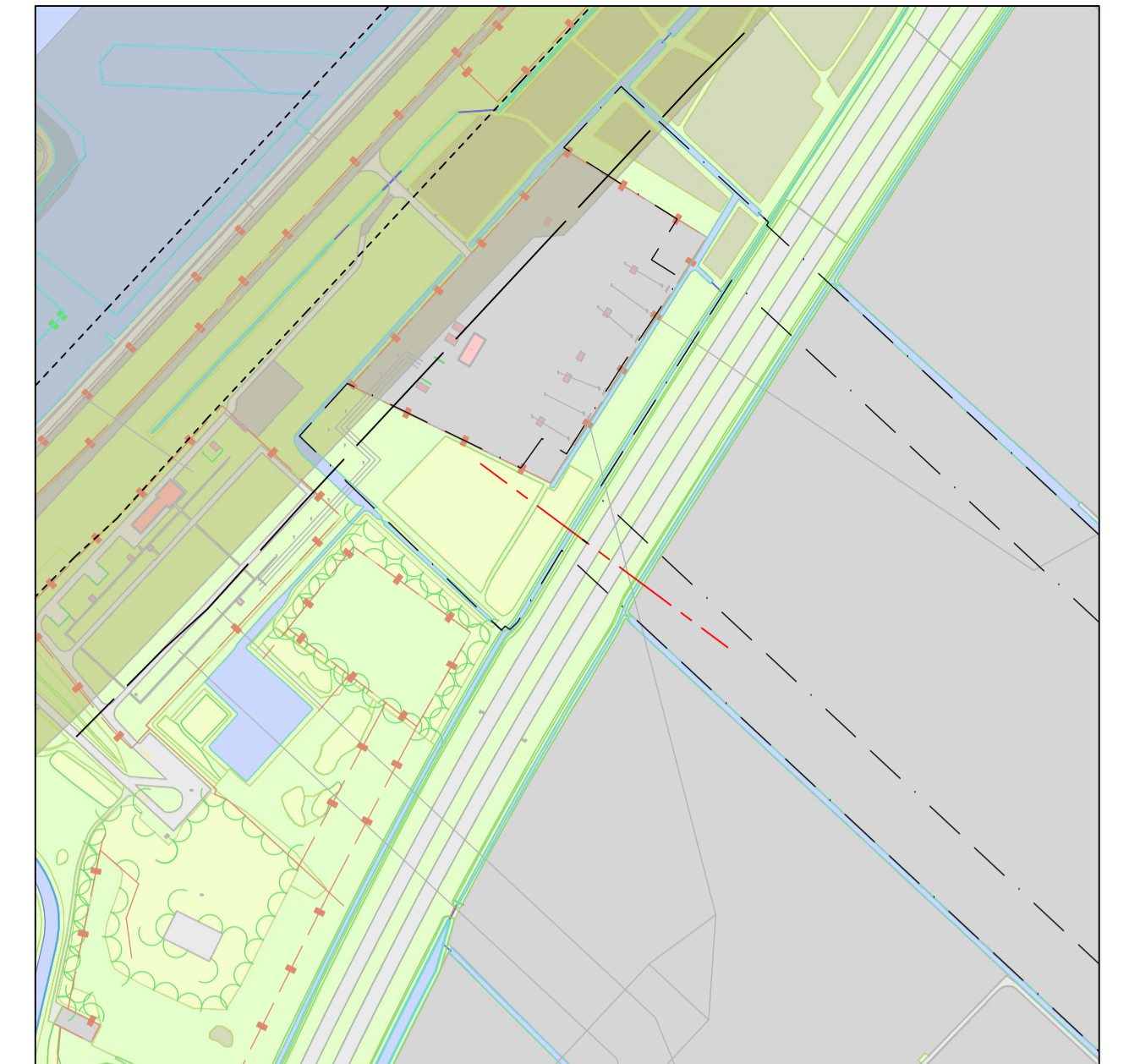
BIJLAGE: TEKENING 108791/1002, KRUISING A6 WINDPLAN BLAUW, HORIZONTAAL  
GESTUURDE BORING HDPE Ø160 MM SDR11, BOVENAANZICHT EN LANGSPROFIEL



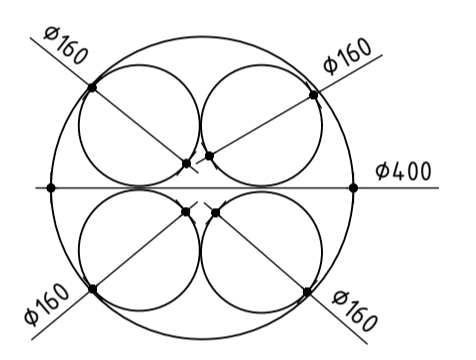


Afstand vanaf intrdepunt	0,00	10,00	20,00	30,00	40,00	50,00	60,00	70,00	80,00	90,00	100,00	110,00	120,00	130,00	140,00	150,00	160,00	170,00	180,00	190,00	200,00	210,00	220,00	230,00	240,00	
Hartlijn boring (NAP)	-4,455	-4,471	-4,485	-4,497	-4,504	-4,508	-4,509	-4,507	-4,504	-4,500	-4,495	-4,489	-4,482	-4,474	-4,465	-4,454	-4,441	-4,427	-4,412	-4,396	-4,379	-4,361	-4,342	-4,322	-4,301	-4,279
Maaiveld hoogte (NAP)	-4,455	-4,471	-4,485	-4,497	-4,504	-4,508	-4,509	-4,507	-4,504	-4,500	-4,495	-4,489	-4,482	-4,474	-4,465	-4,454	-4,441	-4,427	-4,412	-4,396	-4,379	-4,361	-4,342	-4,322	-4,301	-4,279

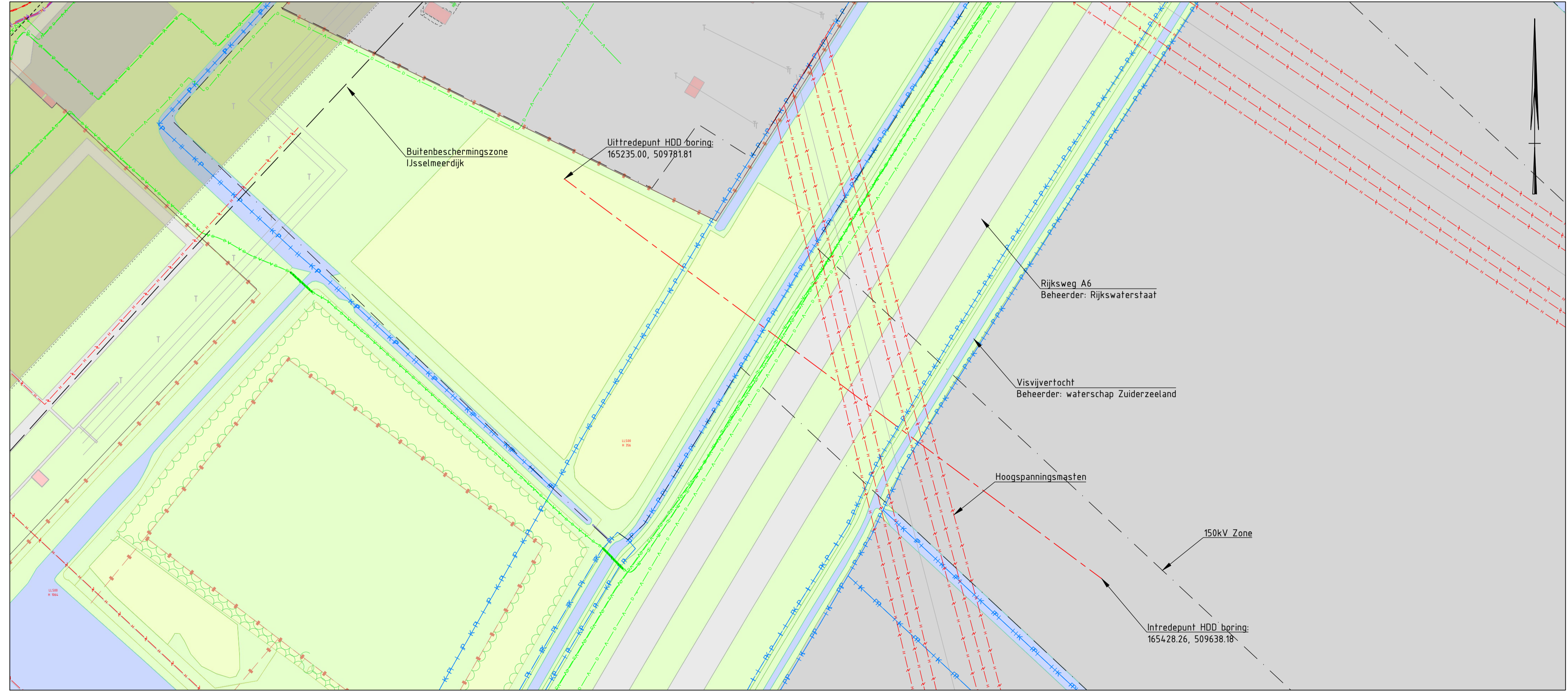
**Lengteprofiel**  
Schaal 1:500



**Overzicht**  
Schaal 1:5000



Boring bestaat uit 4 mantelbuizen HDPE Ø160mm, omhullende diameter bedraagt circa 400mm



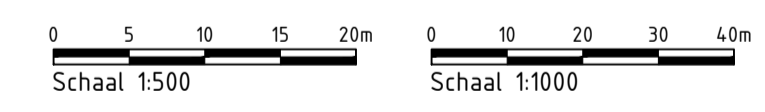
**Bovenaanzicht**  
Schaal 1:1000

**Opmerkingen:**

- Afmetingen in meters, tenzij anders aangegeven
- Hoogtematen in meters NAP
- Bestaand maaiveld op basis van AHN3
- Profiel Kamperhoektocht op basis van W-A-AL-001, versie D d.d. 21-09-2017, leggertabel waterschap Zuiderzeeland
- Geodetisch coördinatensysteem: Rijksdriehoekskoördinaten (RD stelsel)
- Uitgangspunten boring: intrdehoek 15°, radius 150m, uitredehoek 15°
- Uitwendige lastrillen van de mantelbuizen verwijderen. Conform NEN3650-1 G.4.9

**Legenda:**

- Data transport
- Hoogspanning kabel
- Perceelgrens
- 150kV zone
- Hartlijn boring
- Bestaand maaiveld (AHN3)
- Waterpeil
- NAP



Wijz.	Getekend	Datum	Omschrijving
A			
B			
C			

Opdrachtgever  
**SwifterwinT B.V.**  
Project  
**Kruising A6 HDD2**  
Onderdeel  
**HDD boring HDPE 400mm**  
**Bovenaanzicht en langsprofiel**

Status	Definitief	Getekend Gecontroleerd Goedgekeurd	V. Sazonov B. van der Linde J.A. Zoete
Datum	11-09-2018		
Schaal	Schaal	Projectcode	Tekeningnummer
<b>A1</b>	<b>1:500 / 1:1000</b>	<b>108791</b>	<b>1002</b>
			Bladnummer
			<b>1/1</b>





## BIJLAGE: BEREKENING HDD (DRUKLOOS)



Sterkteberekening van een horizontaal gestuurde boring conform NEN 3650/3651:2012		Sigma 2018 1.5 ©	
<b>Algemene gegevens</b>			
Naam van het project	: Aanleg mantelbuis HDD A6		
Projectonderdeel	: PE160 SDR11 drukloos bundel		
<b>Materiaalgegevens</b>			
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	$\alpha_g = 16,0 \cdot 10^{-5}$		mm/(mm·K)
Alfa Tangentiëel / Alfa Axiaal	$\alpha_\sigma = 0,65$		-
Soortelijk gewicht buis	$\rho_L = 9,55$		kN/m <sup>3</sup>
Toelaatbare deflectie	$\delta = 8$		%
<b>Leidinggegevens</b>			
Uitwendige middellijn	D <sub>e</sub> = 160,00		mm
Wanddikte	d <sub>n</sub> = 14,6		mm
<b>Procesgegevens</b>			
Soort leiding (Vloeistof / Gas / Drukloos)	= Drukloos		
<b>Uitvoeringsaspecten, tracé boring, in- en uittredehoeken, onzekerheids- en wrijvingsfactoren</b>			
Percentage omtrek in aanraking met bentoniet		= 100	%
Soortelijk gewicht boorvloeistof	$\rho_m = 11,5$		kN/m <sup>3</sup>
Zwichtspanning boorvloeistof	$\tau_y = 15$		Pa
Leiding wordt niet verzwaard t.p.v. rollenbaan			
Leiding wordt niet verzwaard t.p.v. boorgang			
Diameter ruimer ivm boorspoeldruk	D <sub>g</sub> = 224		mm
Diameter boorstang	D <sub>b</sub> = 73		mm
Totale lengte	L = 245,91		m
Lengte 1e rechte deel	L <sub>1</sub> = 59,63		m
Lengte neergaande bocht	L <sub>2</sub> = 39,27		m
Lengte 2e rechte deel	L <sub>3</sub> = 43,16		m
Lengte opgaande bocht	L <sub>4</sub> = 39,27		m
Lengte 3e rechte deel	L <sub>5</sub> = 64,58		m
Straal maaiveld/rollenbaan	R <sub>r</sub> = 75,00		m
Straal neergaande bocht	R <sub>1</sub> = 150,00		m
Straal opgaande bocht	R <sub>2</sub> = 150,00		m
Intrede-hoek (bij boorstelling)	$\alpha_1 = 15,00 / 26,79$		° / %
Uittrede-hoek (bij rollenbaan)	$\alpha_2 = 15,00 / 26,79$		° / %
Belastinghoek	$\alpha = 30$		°
Ondersteuningshoek	$\beta = 30$		°
Horizontale steundrukhoek	$\gamma = 120$		°
Geen grondmechanisch onderzoek uitgevoerd	$\gamma = 1,1$		
Totaalfactor bij boring met bundels	f = 1,8		
Belastingfactor, bovengronds	f <sub>k,b</sub> = 1,1		
Belastingfactor, ondergronds	f <sub>k,o</sub> = 1,4		
Onzekerheidsfactor straal, ondergronds	f <sub>r,o</sub> = 0,9		
Wrijvingscoëff. met rollenbaan	f <sub>1</sub> = 0,1		
Wrijving tussen leiding/boorvloeistof	f <sub>2</sub> = 0,00005		N/mm <sup>2</sup>
Wrijving tussen leiding/boorgangwand	f <sub>3</sub> = 0,2		
		08-08-2018 11:54:28	

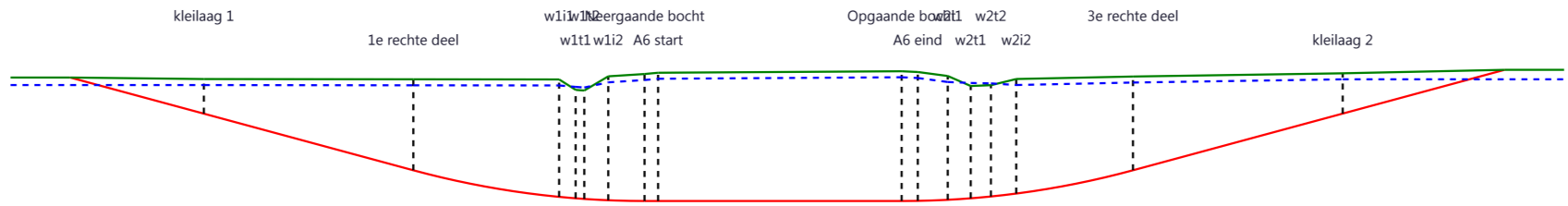
**Grondmechanische gegevens en verkeersbelasting**

Locatie	Afstand t.o.v. intredepunt [m]	Dekking t.o.v. maaiveld [m]	G.W.S. t.o.v. maaiveld [m]	Grond- soort	Volumiek gewicht droge grond [kN/m <sup>3</sup> ]	Volumiek gewicht natte grond [kN/m <sup>3</sup> ]	Wrijvings- hoek grond [°]
kleilaag 1	23,23	5,76	1,00	Klei	17,00	17,00	17,50
1e rechte deel	59,63	15,14	1,00	Zand	17,00	18,00	30,00
w1i1	84,22	19,54	1,00	Zand	17,00	18,00	30,00
w1t1	87,04	18,04	-0,50	Zand	17,00	18,00	30,00
w1t2	88,51	18,04	-0,50	Zand	17,00	18,00	30,00
w1i2	92,62	20,62	1,00	Zand	17,00	18,00	30,00
Neergaande bocht	98,90	21,13	1,00	Zand	17,00	18,00	30,00
A6 start	101,17	21,34	1,00	Zand	17,00	18,00	30,00
Opgaande bocht	142,06	21,59	1,00	Zand	17,00	18,00	30,00
A6 eind	144,76	21,44	1,00	Zand	17,00	18,00	30,00
w2i1	149,80	20,60	1,00	Zand	17,00	18,00	30,00
w2t1	153,66	18,69	-0,50	Zand	17,00	18,00	30,00
w2t2	157,07	18,52	-0,30	Zand	17,00	18,00	30,00
w2i2	161,35	19,06	1,00	Zand	17,00	18,00	30,00
3e rechte deel	181,33	15,60	1,00	Zand	17,00	18,00	30,00
kleilaag 2	217,79	6,70	1,00	Klei	17,00	17,00	17,50

Locatie	Gereduceerde grondbelasting	Dekking holocene grondmassief [m]	Dekking pleistoceen grondmassief [m]	Gewicht nat, pleistoceen [kN/m <sup>3</sup> ]
kleilaag 1	Geen	-	-	-
1e rechte deel	Gelaagd	14,64	0,50	20,00
w1i1	Gelaagd	16,54	3,00	20,00
w1t1	Gelaagd	15,04	3,00	20,00
w1t2	Gelaagd	15,04	3,00	20,00
w1i2	Gelaagd	17,62	3,00	20,00
Neergaande bocht	Gelaagd	17,13	4,00	20,00
A6 start	Gelaagd	16,34	5,00	20,00
Opgaande bocht	Gelaagd	17,59	4,00	20,00
A6 eind	Gelaagd	17,44	4,00	20,00
w2i1	Gelaagd	17,60	3,00	20,00
w2t1	Gelaagd	15,69	3,00	20,00
w2t2	Gelaagd	15,52	3,00	20,00
w2i2	Gelaagd	16,06	3,00	20,00
3e rechte deel	Gelaagd	15,10	0,50	20,00
kleilaag 2	Geen	-	-	-

Locatie	Gemiddelde verticale beddingconstante [N/mm <sup>3</sup> ]	Effectieve cohesie [kN/m <sup>2</sup> ]	E-modulus ondergrond [MN/m <sup>2</sup> ]	Verkeersbelasting
kleilaag 1	-	5,00	2,00	Grafiek ½ x II
1e rechte deel	-	0,00	15,00	Grafiek ½ x II
w1i1	0,0840	0,00	15,00	Geen
w1t1	0,0840	0,00	15,00	Geen
w1t2	0,0840	0,00	15,00	Geen
w1i2	0,0840	0,00	15,00	Geen
Neergaande bocht	0,0840	0,00	15,00	Grafiek ½ x II
A6 start	-	0,00	15,00	Grafiek I
Opgaande bocht	0,0840	0,00	15,00	Grafiek I
A6 eind	0,0840	0,00	15,00	Grafiek I
w2i1	0,0840	0,00	15,00	Geen
w2t1	0,0840	0,00	15,00	Geen
w2t2	0,0840	0,00	15,00	Geen
w2i2	0,0840	0,00	15,00	Geen
3e rechte deel	-	0,00	15,00	Grafiek ½ x II
kleilaag 2	-	5,00	2,00	Grafiek ½ x II

- 4 -



\* Niet op schaal

**2. Eigenschappen van de leiding**

Inwendige middellijn	$D_i = D_e - 2 \cdot d_n$	= 130,80	mm
Gemiddelde middellijn	$D_g = (D_e + D_i)/2$	= 145,40	mm
Uitwendige middellijn+bekleding	$D_o = D_e + 2 \cdot e$	= 160,00	mm
Uitwendige straal	$r_e = D_e / 2$	= 80,00	mm
Inwendige straal	$r_i = D_i / 2$	= 65,40	mm
Gemiddelde straal	$r_g = (r_e + r_i) / 2$	= 72,70	mm
Traagheidsmoment buis	$I_b = (D_e^4 - D_i^4) \cdot \pi/64$	= 17.801.758,07	mm <sup>4</sup>
Weerstandsmoment buis	$W_b = I_b / r_e$	= 222.521,98	mm <sup>3</sup>
Wandtraagheidsmoment	$I_w = d_n^3 / 12$	= 259,34	mm <sup>4</sup> /mm <sup>1</sup>
Wandweerstandsmoment	$W_w = d_n^2 / 6$	= 35,53	mm <sup>3</sup> /mm <sup>1</sup>
Oppervlakte leiding	$A = \pi \cdot (D_e^2 - D_i^2) / 4$	= 6.669,10	mm <sup>2</sup>
Gewicht leiding	$g = \rho_L \cdot A$	= 0,0637	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	$g = 0,0637 \text{ N/mm}^1$	$g = 0,0637 \text{ N/mm}^1$
Gewicht vulling	$g_{vul} = \text{N.v.t.} +$	$g_{vul} = \text{N.v.t.} +$
Totaal gewicht	$g_{rol} = 0,0637 \text{ N/mm}^1$	$g_{gat} = 0,0637 \text{ N/mm}^1$

**4. Berekening van de trekkrachten en spanningen bovengronds***4.1 Berekening van de benodigde trekkrachten op rollenbaan/maaiveld*

Trekkraft $T_1$ tijdens verschillende stadia [N]	L [m]	$T_1$ [N]
Starten met trekken	245,91	<b>2.819</b>
Na 1 <sup>e</sup> deel intrekken	181,33	<b>2.079</b>
Na 2 <sup>e</sup> deel intrekken	142,06	<b>1.629</b>
Na 3 <sup>e</sup> deel intrekken	98,90	<b>1.134</b>
Na 4 <sup>e</sup> deel intrekken	59,63	<b>684</b>

$$T_1 = f \cdot L \cdot g_{rol} \cdot f_1 = 1,8 \cdot L \cdot 0,0637 \cdot 0,1$$

*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> ]	$T_1$ [N]	$\sigma_t$ [N/mm <sup>2</sup> ]
Starten met trekken	2.819	<b>0,42</b>
Na 1 <sup>e</sup> deel intrekken	2.079	<b>0,31</b>
Na 2 <sup>e</sup> deel intrekken	1.629	<b>0,24</b>
Na 3 <sup>e</sup> deel intrekken	1.134	<b>0,17</b>
Na 4 <sup>e</sup> deel intrekken	684	<b>0,10</b>

$$\sigma_t = \frac{T_1}{A} = \frac{T_1}{6.669,10}$$

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

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

$$M_b = 1,1 \cdot 975 \cdot \frac{17.801.758}{75.000} = 254.565,14 \text{ Nmm}$$

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

$$\sigma_b = \frac{254.565,14}{222.522} = 1,14 \text{ N/mm}^2$$

## 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	0,42	<b>1,17</b>
Na 1 <sup>e</sup> deel intrekken	0,31	<b>1,06</b>
Na 2 <sup>e</sup> deel intrekken	0,24	<b>0,99</b>
Na 3 <sup>e</sup> deel intrekken	0,17	<b>0,91</b>
Na 4 <sup>e</sup> deel intrekken	0,10	<b>0,85</b>

$$\sigma_a = \alpha_{\sigma} \cdot \sigma_b + \sigma_t = 0,65 \cdot 1,14 + \sigma_t$$

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

**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:  $D_{e,omtrek} = 502,65 \text{ mm}^1$

Gewicht van de leiding (+vulling) in het boorgat  $g_{gat} = 0,0637 \text{ N/mm}^1$

Gelet op het gewicht van de boorvloeistof:  $g_{opw} = \rho_m \cdot D_e^2 \cdot \pi/4 = 11,5 \cdot 160,00^2 \cdot \pi/4 = 0,231 \text{ N/mm}^1$

Gelet hierop is  $g_{eff} = |g_{gat} - g_{opw}| = 0,168 \text{ N/mm}^1$

Trekkracht $T_2$ en $T_{3a}$ tijdens verschillende stadia [N]	L [m]	$T_2$ [N]	$T_{3a}$ [N]
1 <sup>e</sup> deel intrekken	64,58	<b>6.816</b>	-
2 <sup>e</sup> deel intrekken	103,85	-	<b>10.961</b>
3 <sup>e</sup> deel intrekken	147,01	<b>15.517</b>	-
4 <sup>e</sup> deel intrekken	186,28	-	<b>19.662</b>
Geheel ingetrokken	245,91	<b>25.956</b>	-

Rechte delen:  $T_2 = f \cdot L \cdot (D_{e,omtr} \cdot f_2 + g_{eff} \cdot f_3) = 1,8 \cdot L \cdot (502,65 \cdot 0,00005 + 0,168 \cdot 0,2)$

Gebogen delen:  $T_{3a} = f \cdot L_B \cdot (D_{e,omtr} \cdot f_2 + g_{eff} \cdot f_3) = 1,8 \cdot L \cdot (502,65 \cdot 0,00005 + 0,168 \cdot 0,2)$

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

Locatie	$\lambda$ [mm <sup>-1</sup> ]	R [m]	$Q_r$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$T_{3b}$ [N]
w1i1	0,0037	150	0,0036	<b>349</b>
w1t1	0,0037	150	0,0036	<b>349</b>
w1t2	0,0037	150	0,0036	<b>349</b>
w1i2	0,0037	150	0,0036	<b>349</b>
Neergaande bocht	0,0037	150	0,0036	<b>349</b>
Opgaande bocht	0,0037	150	0,0036	<b>349</b>
A6 eind	0,0037	150	0,0036	<b>349</b>
w2i1	0,0037	150	0,0036	<b>349</b>
w2t1	0,0037	150	0,0036	<b>349</b>
w2t2	0,0037	150	0,0036	<b>349</b>
w2i2	0,0037	150	0,0036	<b>349</b>

$$\lambda = \sqrt[4]{\frac{D_o \cdot k_{v,gem}}{4 \cdot E \cdot I_b}}$$

$$Q_r = \frac{0,322 \cdot \lambda^2 \cdot E \cdot I_b}{D_o \cdot 0,9 \cdot R}$$

$$T_{3b} = f \cdot 4 \cdot \frac{Q_r}{2} \cdot D_o \cdot \frac{\pi}{\lambda} \cdot f_3 = 1,8 \cdot 4 \cdot \frac{Q_r}{2} \cdot 160 \cdot \frac{\pi}{\lambda} \cdot 0,2$$

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

Trekkraft $T_{\text{bocht}}$ tijdens verschillende stadia [N]	$T_1$ [N]	$T_{3a}$ [N]	$T_{3b,\text{neer}}$ [N]	$T_{3b,\text{op}}$ [N]	$T_{\text{bocht}}$ [N]
Neergaande bocht	1.629	10.961	349	-	<b>12.939</b>
Opgaande bocht	684	19.662	349	349	<b>21.044</b>

Neergaande bocht:  $T_{\text{bocht}} = T_1 + T_{3a,\text{neer}} + T_{3b,\text{neer,max}}$

Opgaande bocht:  $T_{\text{bocht}} = T_1 + T_{3a,\text{neer}} + T_{3b,\text{neer,max}} + T_{3a,\text{op}} + T_{3b,\text{op,max}}$

Trekkraft $T_{3c}$ tijdens verschillende stadia [N]	$\alpha$ [°]	$T_{\text{bocht}}$ [N]	$T_{3c}$ [N]
Neergaande bocht	7,50	12.939	<b>1.216</b>
Opgaande bocht	7,50	21.044	<b>1.978</b>

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

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

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

$$\rightarrow T_{3c} = f \cdot 2 \cdot T_{\text{bocht}} \cdot \sin(\alpha) \cdot f_3 = 1,8 \cdot 2 \cdot T_{\text{bocht}} \cdot \sin(\alpha) \cdot 0,2$$

## 5.5 Totalisatie van de trekkraften in fase II

Trekkraft $T_{\text{tot}}$ tijdens verschillende stadia [N]	$T_1$ [N]	$T_2 / T_{3a}$ [N]	$T_{3b,\text{neer}}$ [N]	$T_{3c,\text{neer}}$ [N]	$T_{3b,\text{op}}$ [N]	$T_{3c,\text{op}}$ [N]	$T_{\text{tot}}$ [N]
1 <sup>e</sup> deel intrekken	2.079	6.816	-	-	-	-	<b>8.895</b>
2 <sup>e</sup> deel intrekken	1.629	10.961	349	1.216	-	-	<b>14.155</b>
3 <sup>e</sup> deel intrekken	1.134	15.517	349	1.216	-	-	<b>18.216</b>
4 <sup>e</sup> deel intrekken	684	19.662	349	1.216	349	1.978	<b>24.238</b>
Geheel intrekken	0	25.956	349	1.216	349	1.978	<b>29.848</b>

$$T_{\text{tot}} = T_1 + T_2 + T_{3a} + T_{3b,\text{neer,max}} + T_{3c,\text{neer}} + T_{3b,\text{op,max}} + T_{3c,\text{op}}$$

## 5.6 Berekening van de optredende spanningen t.g.v. de trekkraften 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> ]
1 <sup>e</sup> deel intrekken	8.895	<b>1,33</b>
2 <sup>e</sup> deel intrekken	14.155	<b>2,12</b>
3 <sup>e</sup> deel intrekken	18.216	<b>2,73</b>
4 <sup>e</sup> deel intrekken	24.238	<b>3,63</b>
Geheel intrekken	29.848	<b>4,48</b>

$$\sigma_t = \frac{T_{\text{tot}}}{A} = \frac{T_{\text{tot}}}{6.669,10}$$



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

## 5.7.1 Neergaande bocht

$$M_b = f_{k,o} \cdot E \cdot \frac{I_b}{f_{r,o} \cdot R}$$

$$M_b = 1,4 \cdot 975 \cdot \frac{17.801.758,07}{0,9 \cdot 150.000} = 179.995,55 \text{ Nmm}$$

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

$$\sigma_b = \frac{179.995,55}{222.521,98} = \mathbf{0,81 \text{ N/mm}^2}$$

## 5.7.2 Opgaande bocht

$$M_b = f_{k,o} \cdot E \cdot \frac{I_b}{0,9 \cdot R}$$

$$M_b = 1,4 \cdot 975 \cdot \frac{17.801.758,07}{0,9 \cdot 150.000} = 179.995,55 \text{ Nmm}$$

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

$$\sigma_b = \frac{179.995,55}{222.521,98} = \mathbf{0,81 \text{ N/mm}^2}$$

## 5.8 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> ]
Starten met trekken	8.895	1,33	-	<b>1,33</b>
Na 1 <sup>e</sup> deel intrekken	14.155	2,12	0,81	<b>2,65</b>
Na 2 <sup>e</sup> deel intrekken	18.216	2,73	-	<b>2,73</b>
Na 3 <sup>e</sup> deel intrekken	24.238	3,63	0,81	<b>4,16</b>
Na 4 <sup>e</sup> deel intrekken	29.848	4,48	-	<b>4,48</b>

$$\text{Rechte delen: } \sigma_a = \frac{T_{tot}}{A} = \frac{T_{tot}}{6.669,10} = \sigma_t$$

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

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

**6. Fase III: Berekening van de optredende spanningen tijdens de gebruiksfase***6.1 Berekening van de spanningen  $\sigma_p$  en  $\sigma_{pl}$  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	h [m]	GWS [m]	$h_h$ [m]	$h_p$ [m]	$\gamma'$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\gamma'_h$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\gamma'_p$ [kN/m <sup>3</sup> ]
kleilaag 1	5,76	1,00	-	-	10,44	-	-
1e rechte deel	15,14	1,00	14,64	0,50	10,39	10,33	12,00
w1i1	19,54	1,00	16,54	3,00	10,26	9,94	12,00
w1t1	18,04	-0,50	15,04	3,00	9,80	9,36	12,00
w1t2	18,04	-0,50	15,04	3,00	9,80	9,36	12,00
w1i2	20,62	1,00	17,62	3,00	10,23	9,93	12,00
Neergaande bocht	21,13	1,00	17,13	4,00	10,22	9,81	12,00
A6 start	21,34	1,00	16,34	5,00	10,22	9,67	12,00
Opgaande bocht	21,59	1,00	17,59	4,00	10,21	9,81	12,00
A6 eind	21,44	1,00	17,44	4,00	10,22	9,81	12,00
w2i1	20,60	1,00	17,60	3,00	10,23	9,93	12,00
w2t1	18,69	-0,50	15,69	3,00	9,80	9,38	12,00
w2t2	18,52	-0,30	15,52	3,00	9,80	9,37	12,00
w2i2	19,06	1,00	16,06	3,00	10,27	9,94	12,00
3e rechte deel	15,60	1,00	15,10	0,50	10,37	10,32	12,00
kleilaag 2	6,70	1,00	-	-	10,19	-	-

$$\gamma' = \frac{\gamma \cdot \gamma_d \cdot H_d + \gamma \cdot \gamma_n \cdot H_n - \gamma_w \cdot H_w}{h}$$

$$\gamma'_p = \gamma \cdot \gamma_{n,p} - \gamma_w$$

$$\gamma'_h = \frac{\gamma' \cdot h - \gamma'_p \cdot h_p}{h_h}$$

Locatie	Gereduceerde grondbelasting	$8 \cdot B_1$ [m]	$Q_n$ [N/mm <sup>1</sup> ]	$Q_{n,r}$ [N/mm <sup>1</sup> ]
kleilaag 1	Geen	-	9,62	-
1e rechte deel	Gelaagd	0,98	25,16	8,04 <sup>(1)</sup>
w1i1	Gelaagd	0,98	32,06	0,84 <sup>(1)</sup>
w1t1	Gelaagd	0,98	28,29	0,84 <sup>(1)</sup>
w1t2	Gelaagd	0,98	28,29	0,84 <sup>(1)</sup>
w1i2	Gelaagd	0,98	33,76	0,84 <sup>(1)</sup>
Neergaande bocht	Gelaagd	0,98	34,56	0,82 <sup>(1)</sup>
A6 start	Gelaagd	0,98	34,89	0,82 <sup>(1)</sup>
Opgaande bocht	Gelaagd	0,98	35,28	0,82 <sup>(1)</sup>
A6 eind	Gelaagd	0,98	35,04	0,82 <sup>(1)</sup>
w2i1	Gelaagd	0,98	33,72	0,84 <sup>(1)</sup>
w2t1	Gelaagd	0,98	29,31	0,84 <sup>(1)</sup>
w2t2	Gelaagd	0,98	29,04	0,84 <sup>(1)</sup>
w2i2	Gelaagd	0,98	31,31	0,84 <sup>(1)</sup>
3e rechte deel	Gelaagd	0,98	25,88	8,26 <sup>(1)</sup>
kleilaag 2	Geen	-	10,93	-

$$B_1 = \frac{1}{2} \cdot D_o + D_o \cdot \tan(45^\circ - \frac{1}{2} \cdot \varphi) \geq R$$

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

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

Indien gereduceerde grondbelasting volgens berekeningswijze 'Gelaagd': ( $h_p \geq 8 \cdot B_1$ ):

$$\sigma_c = \gamma'_h \cdot h_h$$

$$Q_{n,r} = \frac{B_1 \cdot \gamma'_p}{K \cdot \tan(\varphi)} \cdot \left(1 - e^{-\frac{K \cdot h_p \cdot \tan \varphi}{B_1}}\right) \cdot D_o + \sigma_c \cdot D_o \cdot e^{-\frac{K \cdot h_p \cdot \tan \varphi}{B_1}} \quad (1)$$

6.4 Berekening van de verkeersbelasting  $Q_v$ 

Locatie	Dekking t.o.v. maaiveld [m]	Verkeers- belasting	$q_v$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$Q_v$ [N/mm <sup>1</sup> ]
kleilaag 1	5,76	Grafiek ½ x II	1,69	0,27
1e rechte deel	15,14	Grafiek ½ x II	0,45	0,07
w1i1	19,54	Geen	0,00	0,00
w1t1	18,04	Geen	0,00	0,00
w1t2	18,04	Geen	0,00	0,00
w1i2	20,62	Geen	0,00	0,00
Neergaande bocht	21,13	Grafiek ½ x II	0,26	0,04
A6 start	21,34	Grafiek I	1,17	0,19
Opgaande bocht	21,59	Grafiek I	1,14	0,18
A6 eind	21,44	Grafiek I	1,16	0,18
w2i1	20,60	Geen	0,00	0,00
w2t1	18,69	Geen	0,00	0,00
w2t2	18,52	Geen	0,00	0,00
w2i2	19,06	Geen	0,00	0,00
3e rechte deel	15,60	Grafiek ½ x II	0,43	0,07
kleilaag 2	6,70	Grafiek ½ x II	1,40	0,22

$$Q_v = q_v \cdot D_o = q_v \cdot 160$$

## 6.5 Momenten en spanningen t.g.v. bovenbelastingen

Locatie	$Q_n$ [N/mm <sup>1</sup> ]	$Q_{n,r}$ [N/mm <sup>1</sup> ]	$Q_v$ [N/mm <sup>1</sup> ]	$Q_{boven}$ [N/mm <sup>1</sup> ]	$M_q$ [Nmm]	$\sigma_q$ [N/mm <sup>2</sup> ]
kleilaag 1	9,62	-	0,27	9,89	184,76 <sup>(1)</sup>	<b>5,20</b>
1e rechte deel	25,16	8,04	0,07	8,11	151,60 <sup>(2)</sup>	<b>4,27</b>
w1i1	32,06	0,84	0,00	0,84	15,68 <sup>(2)</sup>	<b>0,44</b>
w1t1	28,29	0,84	0,00	0,84	15,62 <sup>(2)</sup>	<b>0,44</b>
w1t2	28,29	0,84	0,00	0,84	15,62 <sup>(2)</sup>	<b>0,44</b>
w1i2	33,76	0,84	0,00	0,84	15,71 <sup>(2)</sup>	<b>0,44</b>
Neergaande bocht	34,56	0,82	0,04	0,86	16,09 <sup>(2)</sup>	<b>0,45</b>
A6 start	34,89	0,82	0,19	1,00	18,76 <sup>(2)</sup>	<b>0,53</b>
Opgaande bocht	35,28	0,82	0,18	1,00	18,72 <sup>(2)</sup>	<b>0,53</b>
A6 eind	35,04	0,82	0,18	1,00	18,76 <sup>(2)</sup>	<b>0,53</b>
w2i1	33,72	0,84	0,00	0,84	15,71 <sup>(2)</sup>	<b>0,44</b>
w2t1	29,31	0,84	0,00	0,84	15,64 <sup>(2)</sup>	<b>0,44</b>
w2t2	29,04	0,84	0,00	0,84	15,63 <sup>(2)</sup>	<b>0,44</b>
w2i2	31,31	0,84	0,00	0,84	15,67 <sup>(2)</sup>	<b>0,44</b>
3e rechte deel	25,88	8,26	0,07	8,33	155,70 <sup>(2)</sup>	<b>4,38</b>
kleilaag 2	10,93	-	0,22	11,15	208,35 <sup>(1)</sup>	<b>5,86</b>

$$M_q = K_b \cdot (Q_n + Q_v) \cdot r_g = 0,257 \cdot (Q_n + Q_v) \cdot 72,70 \quad (1)$$

$$M_q = K_b \cdot (Q_{n,r} + Q_v) \cdot r_g = 0,257 \cdot (Q_{n,r} + Q_v) \cdot 72,70 \quad (2)$$

$$\sigma_q = f_{rr} \cdot \frac{M_q}{W_w} = 1,00 \cdot \frac{M_q}{35,53}$$

6.6 Optredende spanning  $\sigma_{qr}$  t.g.v. grondreactie in de bochten

Locatie	R [m]	$Q_r$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\sigma_{qr}$ [N/mm <sup>2</sup> ]
w1i1	150	0,0036	0,23
w1t1	150	0,0036	0,23
w1t2	150	0,0036	0,23
w1i2	150	0,0036	0,23
Neergaande bocht	150	0,0036	0,23
Opgaande bocht	150	0,0036	0,23
A6 eind	150	0,0036	0,23
w2i1	150	0,0036	0,23
w2t1	150	0,0036	0,23
w2t2	150	0,0036	0,23
w2i2	150	0,0036	0,23

$$\sigma_{qr} = K_{b,ind} \cdot Q_r \cdot D_o \cdot \frac{r_u}{W_w} = 0,179 \cdot Q_r \cdot 160 \cdot \frac{80,00}{35,53}$$

6.7 Berekening van de spanning  $\sigma_{ax}$  t.g.v. temperatuurverschil

Leiding is drukloos

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

7. Toetsing op minimale ringstijfheid  $S_N$ 

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

$$S_N = 975 \cdot \frac{259,34}{145,4^3} = 0,0823 \text{ N/mm}^2 = \mathbf{82,26 \text{ kN/m}^2}$$

Minimaal vereiste ringstijfheid = 2 kN/m<sup>2</sup>

## 8. Toetsing op implosie: berekening van de alzijdige overdruk

Veiligheidsfactor  $\gamma$  voor langdurige onderdruk:  $\gamma = 3$

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

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

$$p_{o,kort} = \frac{1}{1,5 \cdot (1 - 0,4^2)} \cdot \frac{24 \cdot 975,00 \cdot 259,34}{145,40^3} = 1,57 \text{ N/mm}^2$$

$$p_{o,lang} = \frac{1}{3 \cdot (1 - 0,4^2)} \cdot \frac{24 \cdot 350,00 \cdot 259,34}{145,40^3} = 0,28 \text{ N/mm}^2$$

Conclusie: Kans op implosie bij **28,12** m grondwater boven de leiding

**9. Berekening van het totaal aan optredende spanningen***9.1 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> ]
kleilaag 1	5,20	-	0,65	<b>3,38</b>
1e rechte deel	4,27	-	0,65	<b>2,77</b>
w1i1	0,44	0,23	0,65	<b>0,44</b>
w1t1	0,44	0,23	0,65	<b>0,44</b>
w1t2	0,44	0,23	0,65	<b>0,44</b>
w1i2	0,44	0,23	0,65	<b>0,44</b>
Neergaande bocht	0,45	0,23	0,65	<b>0,45</b>
A6 start	0,53	-	0,65	<b>0,34</b>
Opgaande bocht	0,53	0,23	0,65	<b>0,49</b>
A6 eind	0,53	0,23	0,65	<b>0,49</b>
w2i1	0,44	0,23	0,65	<b>0,44</b>
w2t1	0,44	0,23	0,65	<b>0,44</b>
w2t2	0,44	0,23	0,65	<b>0,44</b>
w2i2	0,44	0,23	0,65	<b>0,44</b>
3e rechte deel	4,38	-	0,65	<b>2,85</b>
kleilaag 2	5,86	-	0,65	<b>3,81</b>

Rechte delen:  $\sigma_{y2} = \alpha_\sigma \cdot \sigma_q$ Bochten:  $\sigma_{y2} = \alpha_\sigma \cdot (\sigma_q + \sigma_{qr})$ Toelaatbare spanning:  $\sigma_{ld} = \bar{\sigma}_t = 8,00$  N/mm<sup>2</sup>*9.2 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> ]
kleilaag 1	0,00	0,00	-	-	<b>0,00</b>
1e rechte deel	0,00	0,00	-	-	<b>0,00</b>
w1i1	0,00	0,00	0,81	0,65	<b>0,53</b>
w1t1	0,00	0,00	0,81	0,65	<b>0,53</b>
w1t2	0,00	0,00	0,81	0,65	<b>0,53</b>
w1i2	0,00	0,00	0,81	0,65	<b>0,53</b>
Neergaande bocht	0,00	0,00	0,81	0,65	<b>0,53</b>
A6 start	0,00	0,00	-	-	<b>0,00</b>
Opgaande bocht	0,00	0,00	0,81	0,65	<b>0,53</b>
A6 eind	0,00	0,00	0,81	0,65	<b>0,53</b>
w2i1	0,00	0,00	0,81	0,65	<b>0,53</b>
w2t1	0,00	0,00	0,81	0,65	<b>0,53</b>
w2t2	0,00	0,00	0,81	0,65	<b>0,53</b>
w2i2	0,00	0,00	0,81	0,65	<b>0,53</b>
3e rechte deel	0,00	0,00	-	-	<b>0,00</b>
kleilaag 2	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:  $\sigma_{ld} = \bar{\sigma}_t = 8,00$  N/mm<sup>2</sup>

**10. Berekening van de optredende en toelaatbare deflectie**

Locatie	Q <sub>n</sub> [N/mm <sup>1</sup> ]	Q <sub>n,r</sub> [N/mm <sup>1</sup> ]	Q <sub>v</sub> [N/mm <sup>1</sup> ]	Q <sub>r</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]	δ <sub>Y</sub> [mm]	δ <sub>Y</sub> /D <sub>g</sub> [%]
kleilaag 1	9,62	-	0,27	-	<b>1,30<sup>(1)</sup></b>	0,89
1e rechte deel	25,16	8,04	0,07	-	<b>2,11<sup>(2)</sup></b>	1,12
w1i1	32,06	0,84	0,00	0,0036	<b>0,22<sup>(2)</sup></b>	0,12
w1t1	28,29	0,84	0,00	0,0036	<b>0,22<sup>(2)</sup></b>	0,12
w1t2	28,29	0,84	0,00	0,0036	<b>0,22<sup>(2)</sup></b>	0,12
w1i2	33,76	0,84	0,00	0,0036	<b>0,22<sup>(2)</sup></b>	0,12
Neergaande bocht	34,56	0,82	0,04	0,0036	<b>0,22<sup>(2)</sup></b>	0,12
A6 start	34,89	0,82	0,19	-	<b>0,26<sup>(2)</sup></b>	0,14
Opgaande bocht	35,28	0,82	0,18	0,0036	<b>0,26<sup>(2)</sup></b>	0,14
A6 eind	35,04	0,82	0,18	0,0036	<b>0,26<sup>(2)</sup></b>	0,14
w2i1	33,72	0,84	0,00	0,0036	<b>0,22<sup>(2)</sup></b>	0,12
w2t1	29,31	0,84	0,00	0,0036	<b>0,22<sup>(2)</sup></b>	0,12
w2t2	29,04	0,84	0,00	0,0036	<b>0,22<sup>(2)</sup></b>	0,12
w2i2	31,31	0,84	0,00	0,0036	<b>0,22<sup>(2)</sup></b>	0,12
3e rechte deel	25,88	8,26	0,07	-	<b>2,16<sup>(2)</sup></b>	1,15
kleilaag 2	10,93	-	0,22	-	<b>1,46<sup>(1)</sup></b>	1,01

$$\delta_Y = \frac{(0,089 \cdot Q - 0,083 \cdot Q_{n,h} + 0,048 \cdot Q_r) \cdot r_g^3}{E' \cdot I_w} \quad (1)$$

$$\delta_Y = \frac{(0,089 \cdot (Q_n + Q_v) - 0,083 \cdot (1 - \sin \varphi) \cdot (Q_n + Q_v) + 0,048 \cdot Q_r) \cdot 72,70^3}{350 \cdot 259,34}$$

$$\delta_Y = \frac{(0,089 \cdot Q - 0,083 \cdot Q_{h,r} + 0,048 \cdot Q_r) \cdot r_g^3}{E' \cdot I_w} \quad (2)$$

$$\delta_Y = \frac{(0,089 \cdot (Q_{n,r} + Q_v) - 0,083 \cdot (1 - \sin \varphi) / (1 + \sin \varphi) \cdot (Q_{n,r} + Q_v) + 0,048 \cdot Q_r) \cdot 72,70^3}{350 \cdot 259,34}$$

Toelaatbare deflectie = 8% · D<sub>g</sub> = 0,08 · 145,40 = **11,63 mm**

Sterkteberekening van een horizontaal gestuurde boring conform NEN 3650/3651:2012		Sigma 2018 1.5 ©	
<b>Algemene gegevens</b>			
Naam van het project	: Aanleg mantelbuis HDD A6		
Projectonderdeel	: PE160 SDR11 drukloos bundel - pilot		
<b>Materiaalgegevens</b>			
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	$\alpha_g = 16,0 \cdot 10^{-5}$		mm/(mm·K)
Alfa Tangentiëel / Alfa Axiaal	$\alpha_\sigma = 0,65$		-
Soortelijk gewicht buis	$\rho_L = 9,55$		kN/m <sup>3</sup>
Toelaatbare deflectie	$\delta = 8$		%
<b>Leidinggegevens</b>			
Uitwendige middellijn	D <sub>e</sub> = 160,00		mm
Wanddikte	d <sub>n</sub> = 14,6		mm
<b>Procesgegevens</b>			
Soort leiding (Vloeistof / Gas / Drukloos)	= Drukloos		
<b>Uitvoeringsaspecten, tracé boring, in- en uitreidehoeken, onzekerheids- en wrijvingsfactoren</b>			
Percentage omtrek in aanraking met bentoniet		= 100	%
Soortelijk gewicht boorvloeistof	$\rho_m = 11,5$		kN/m <sup>3</sup>
Zwichtspanning boorvloeistof	$\tau_y = 15$		Pa
Leiding wordt niet verzwaard t.p.v. rollenbaan			
Leiding wordt niet verzwaard t.p.v. boorgang			
Diameter ruimer ivm boorspoeldruk	D <sub>g</sub> = 180		mm
Diameter boorstang	D <sub>b</sub> = 73		mm
Totale lengte	L = 245,91		m
Lengte 1e rechte deel	L <sub>1</sub> = 59,63		m
Lengte neergaande bocht	L <sub>2</sub> = 39,27		m
Lengte 2e rechte deel	L <sub>3</sub> = 43,16		m
Lengte opgaande bocht	L <sub>4</sub> = 39,27		m
Lengte 3e rechte deel	L <sub>5</sub> = 64,58		m
Straal maaiveld/rollenbaan	R <sub>r</sub> = 75,00		m
Straal neergaande bocht	R <sub>1</sub> = 150,00		m
Straal opgaande bocht	R <sub>2</sub> = 150,00		m
Intrede-hoek (bij boorstelling)	$\alpha_1 = 15,00 / 26,79$		° / %
Uitrede-hoek (bij rollenbaan)	$\alpha_2 = 15,00 / 26,79$		° / %
Belastinghoek	$\alpha = 30$		°
Ondersteuningshoek	$\beta = 30$		°
Horizontale steundrukhoek	$\gamma = 120$		°
Geen grondmechanisch onderzoek uitgevoerd	$\gamma = 1,1$		
Totaalfactor bij boring met bundels	f = 1,8		
Belastingfactor, bovengronds	f <sub>k,b</sub> = 1,1		
Belastingfactor, ondergronds	f <sub>k,o</sub> = 1,4		
Onzekerheidsfactor straal, ondergronds	f <sub>r,o</sub> = 0,9		
Wrijvingscoëff. met rollenbaan	f <sub>1</sub> = 0,1		
Wrijving tussen leiding/boorvloeistof	f <sub>2</sub> = 0,00005		N/mm <sup>2</sup>
Wrijving tussen leiding/boorgangwand	f <sub>3</sub> = 0,2		
		08-08-2018 11:55:25	



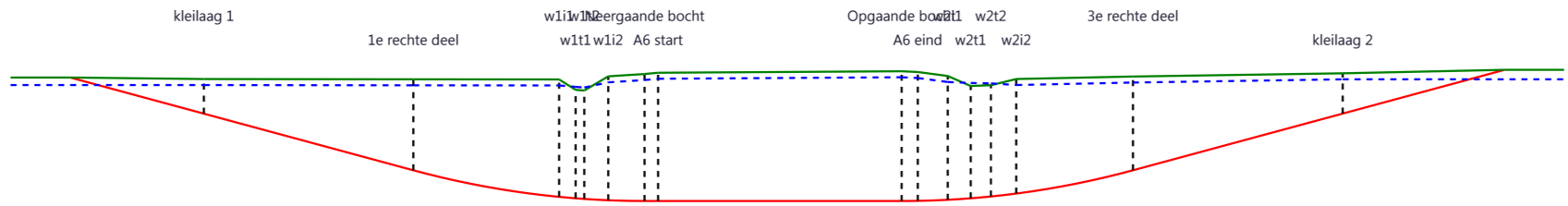
**Grondmechanische gegevens en verkeersbelasting**

Locatie	Afstand t.o.v. intredepunt [m]	Dekking t.o.v. maaiveld [m]	G.W.S. t.o.v. maaiveld [m]	Grond- soort	Volumiek gewicht droge grond [kN/m <sup>3</sup> ]	Volumiek gewicht natte grond [kN/m <sup>3</sup> ]	Wrijvings- hoek grond [°]
kleilaag 1	23,23	5,76	1,00	Klei	17,00	17,00	17,50
1e rechte deel	59,63	15,14	1,00	Zand	17,00	18,00	30,00
w1i1	84,22	19,54	1,00	Zand	17,00	18,00	30,00
w1t1	87,04	18,04	-0,50	Zand	17,00	18,00	30,00
w1t2	88,51	18,04	-0,50	Zand	17,00	18,00	30,00
w1i2	92,62	20,62	1,00	Zand	17,00	18,00	30,00
Neergaande bocht	98,90	21,13	1,00	Zand	17,00	18,00	30,00
A6 start	101,17	21,34	1,00	Zand	17,00	18,00	30,00
Opgaande bocht	142,06	21,59	1,00	Zand	17,00	18,00	30,00
A6 eind	144,76	21,44	1,00	Zand	17,00	18,00	30,00
w2i1	149,80	20,60	1,00	Zand	17,00	18,00	30,00
w2t1	153,66	18,69	-0,50	Zand	17,00	18,00	30,00
w2t2	157,07	18,52	-0,30	Zand	17,00	18,00	30,00
w2i2	161,35	19,06	1,00	Zand	17,00	18,00	30,00
3e rechte deel	181,33	15,60	1,00	Zand	17,00	18,00	30,00
kleilaag 2	217,79	6,70	1,00	Klei	17,00	17,00	17,50

Locatie	Gereduceerde grondbelasting	Dekking holocene grondmassief [m]	Dekking pleistoceen grondmassief [m]	Gewicht nat, pleistoceen [kN/m <sup>3</sup> ]
kleilaag 1	Geen	-	-	-
1e rechte deel	Gelaagd	14,64	0,50	20,00
w1i1	Gelaagd	16,54	3,00	20,00
w1t1	Gelaagd	15,04	3,00	20,00
w1t2	Gelaagd	15,04	3,00	20,00
w1i2	Gelaagd	17,62	3,00	20,00
Neergaande bocht	Gelaagd	17,13	4,00	20,00
A6 start	Gelaagd	16,34	5,00	20,00
Opgaande bocht	Gelaagd	17,59	4,00	20,00
A6 eind	Gelaagd	17,44	4,00	20,00
w2i1	Gelaagd	17,60	3,00	20,00
w2t1	Gelaagd	15,69	3,00	20,00
w2t2	Gelaagd	15,52	3,00	20,00
w2i2	Gelaagd	16,06	3,00	20,00
3e rechte deel	Gelaagd	15,10	0,50	20,00
kleilaag 2	Geen	-	-	-

Locatie	Gemiddelde verticale beddingconstante [N/mm <sup>3</sup> ]	Effectieve cohesie [kN/m <sup>2</sup> ]	E-modulus ondergrond [MN/m <sup>2</sup> ]	Verkeersbelasting
kleilaag 1	-	5,00	2,00	Grafiek ½ x II
1e rechte deel	-	0,00	15,00	Grafiek ½ x II
w1i1	0,0840	0,00	15,00	Geen
w1t1	0,0840	0,00	15,00	Geen
w1t2	0,0840	0,00	15,00	Geen
w1i2	0,0840	0,00	15,00	Geen
Neergaande bocht	0,0840	0,00	15,00	Grafiek ½ x II
A6 start	-	0,00	15,00	Grafiek I
Opgaande bocht	0,0840	0,00	15,00	Grafiek I
A6 eind	0,0840	0,00	15,00	Grafiek I
w2i1	0,0840	0,00	15,00	Geen
w2t1	0,0840	0,00	15,00	Geen
w2t2	0,0840	0,00	15,00	Geen
w2i2	0,0840	0,00	15,00	Geen
3e rechte deel	-	0,00	15,00	Grafiek ½ x II
kleilaag 2	-	5,00	2,00	Grafiek ½ x II

- 4 -



\* Niet op schaal

**2. Berekening van de boorspoeldrukken tijdens de trekfase**

Locatie	H [m]	$\sigma_{\text{vert}}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$\sigma_{\text{hor}}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$\sigma_o'$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$p_f'$ [kN/m <sup>2</sup> ]	G [MN/m <sup>2</sup> ]
kleilaag 1	5,76	41,42	28,96	35,19	50,54	0,71
1e rechte deel	15,14	105,44	52,72	79,08	118,62	5,77
w1i1	19,54	133,44	66,72	100,08	150,12	5,77
w1t1	18,04	114,80	57,40	86,10	129,15	5,77
w1t2	18,04	114,80	57,40	86,10	129,15	5,77
w1i2	20,62	140,31	70,15	105,23	157,85	5,77
Neergaande bocht	21,13	143,55	71,78	107,67	161,50	5,77
A6 start	21,34	144,89	72,45	108,67	163,00	5,77
Opgaande bocht	21,59	146,48	73,24	109,86	164,79	5,77
A6 eind	21,44	145,53	72,76	109,15	163,72	5,77
w2i1	20,60	140,18	70,09	105,14	157,70	5,77
w2t1	18,69	118,94	59,47	89,20	133,80	5,77
w2t2	18,52	117,85	58,93	88,39	132,59	5,77
w2i2	19,06	130,38	65,19	97,79	146,68	5,77
3e rechte deel	15,60	108,36	54,18	81,27	121,91	5,77
kleilaag 2	6,70	46,55	32,55	39,55	56,21	0,71

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

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

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

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

$$G = \frac{E_{100}}{2 \cdot (1 + \nu)}$$

Locatie	Q [-]	R <sub>p,max</sub> [m]	u [N/mm <sup>2</sup> ]	p <sub>st</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]	Δ <sub>p</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]	p <sub>lim</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]
kleilaag 1	0,021	2,88	0,0476	0,05370	0,01	0,19
1e rechte deel	0,0069	0,34	0,1414	0,1595	0,03	0,77
w1i1	0,0087	0,31	0,1854	0,2092	0,05	0,92
w1t1	0,0075	0,33	0,1854	0,2092	0,05	0,85
w1t2	0,0075	0,33	0,1854	0,2092	0,05	0,85
w1i2	0,0091	0,30	0,1962	0,2213	0,05	0,95
Neergaande bocht	0,0093	0,29	0,2013	0,2271	0,06	0,97
A6 start	0,0094	0,29	0,2034	0,2295	0,06	0,98
Opgaande bocht	0,0095	0,29	0,2059	0,2323	0,08	0,98
A6 eind	0,0095	0,29	0,2044	0,2306	0,08	0,98
w2i1	0,0091	0,30	0,1960	0,2211	0,08	0,95
w2t1	0,0077	0,32	0,1919	0,2165	0,09	0,87
w2t2	0,0077	0,33	0,1882	0,2123	0,09	0,86
w2i2	0,0085	0,31	0,1806	0,2037	0,09	0,90
3e rechte deel	0,0070	0,34	0,1460	0,1647	0,10	0,78
kleilaag 2	0,023	3,35	0,0570	0,06430	0,12	0,21

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

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

$$u = \gamma_w \cdot H_n$$

$$p_{st} = \rho_m \cdot g \cdot h_z$$

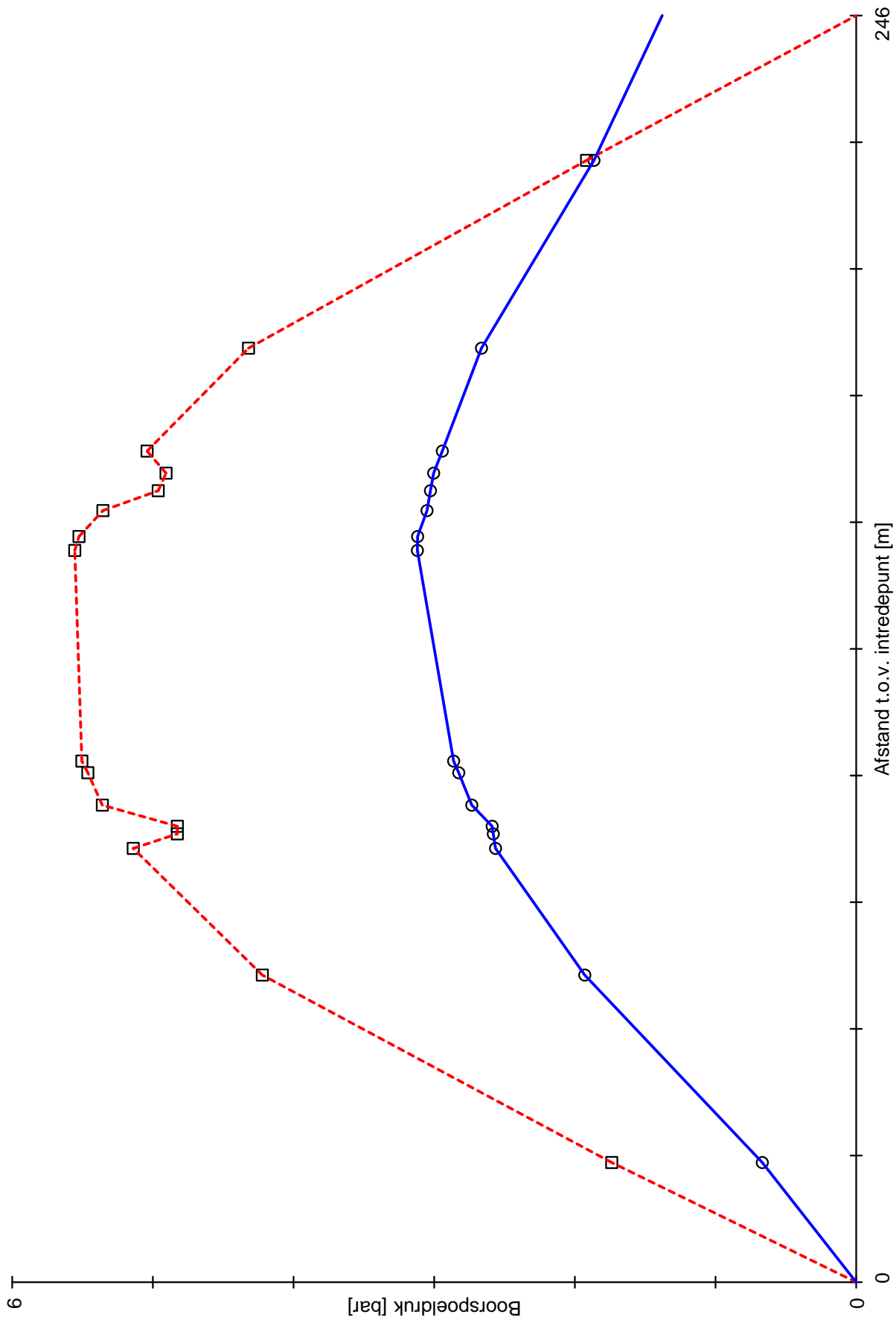
$$\Delta_p = 4 \cdot \frac{\tau_y}{D_g - D_b} \cdot L$$

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

Locatie	$p_{\max}$ [kPa]	90% $p_{lim}$ [kPa]	$p_{min}$ [kPa]	$p_{\max}$ [bar]	90% $p_{lim}$ [bar]	$p_{min}$ [bar]
kleilaag 1	191,43	<b>173,77</b>	<b>66,73</b>	1,91	<b>1,74</b>	<b>0,67</b>
1e rechte deel	<b>422,19</b>	689,28	<b>192,96</b>	<b>4,22</b>	6,89	<b>1,93</b>
w1i1	<b>513,92</b>	824,43	<b>256,39</b>	<b>5,14</b>	8,24	<b>2,56</b>
w1t1	<b>482,57</b>	761,68	<b>257,97</b>	<b>4,83</b>	7,62	<b>2,58</b>
w1t2	<b>482,57</b>	761,68	<b>258,79</b>	<b>4,83</b>	7,62	<b>2,59</b>
w1i2	<b>535,91</b>	856,54	<b>273,28</b>	<b>5,36</b>	8,57	<b>2,73</b>
Neergaande bocht	<b>546,23</b>	871,57	<b>282,55</b>	<b>5,46</b>	8,72	<b>2,83</b>
A6 start	<b>550,47</b>	877,74	<b>286,20</b>	<b>5,50</b>	8,78	<b>2,86</b>
Opgaande bocht	<b>555,50</b>	885,07	<b>311,95</b>	<b>5,56</b>	8,85	<b>3,12</b>
A6 eind	<b>552,48</b>	880,67	<b>311,77</b>	<b>5,52</b>	8,81	<b>3,12</b>
w2i1	<b>535,50</b>	855,95	<b>305,12</b>	<b>5,36</b>	8,56	<b>3,05</b>
w2t1	<b>496,17</b>	781,73	<b>302,66</b>	<b>4,96</b>	7,82	<b>3,03</b>
w2t2	<b>490,62</b>	774,70	<b>300,39</b>	<b>4,91</b>	7,75	<b>3,00</b>
w2i2	<b>504,09</b>	810,03	<b>294,22</b>	<b>5,04</b>	8,10	<b>2,94</b>
3e rechte deel	<b>431,96</b>	703,77	<b>266,39</b>	<b>4,32</b>	7,04	<b>2,66</b>
kleilaag 2	211,75	<b>191,66</b>	<b>186,43</b>	2,12	<b>1,92</b>	<b>1,86</b>

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

$$p_{\min} = p_{st} + \Delta p$$



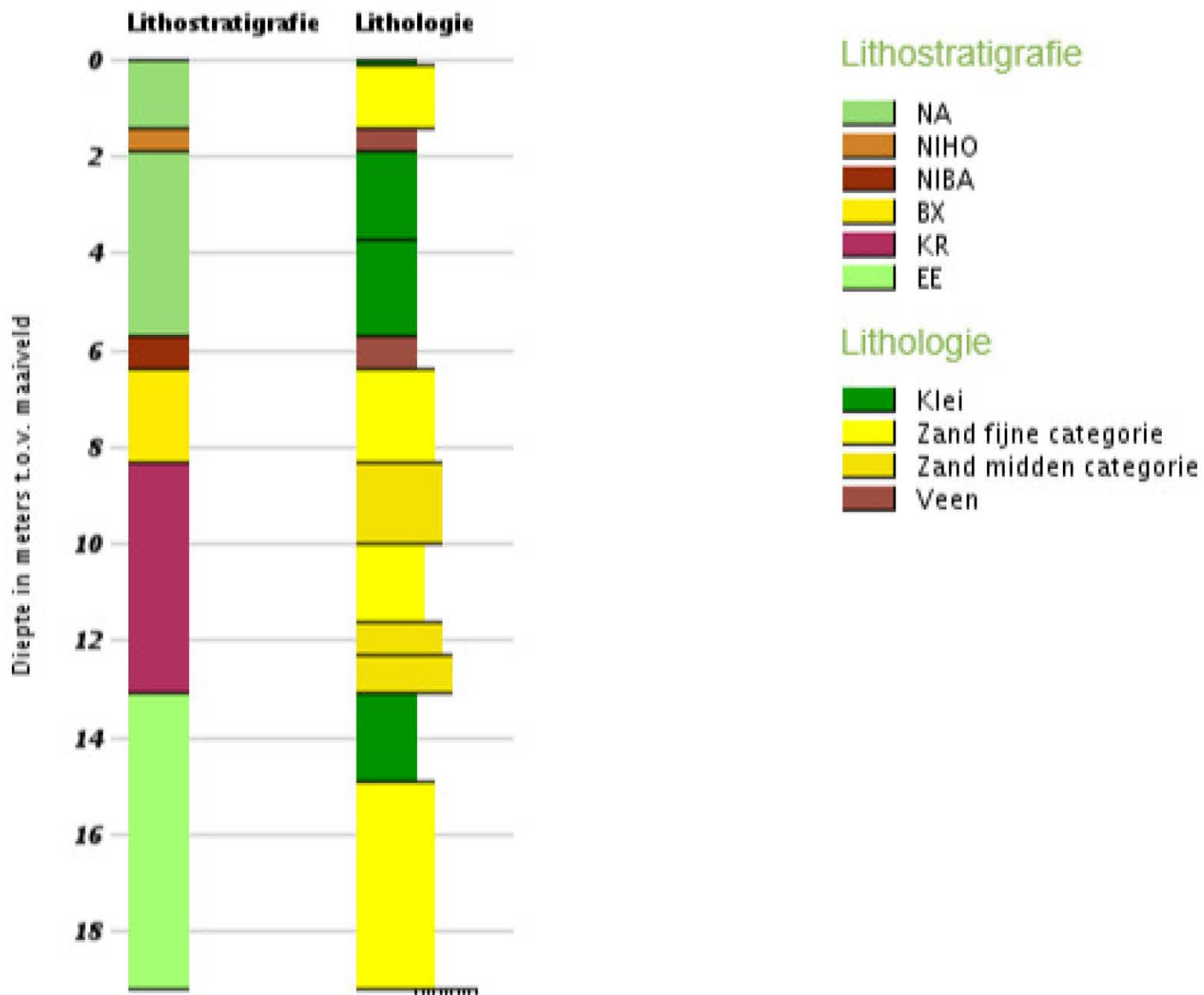


## BIJLAGE: TOEGEPAST GRONDONDERZOEK



# Boormonsterprofiel

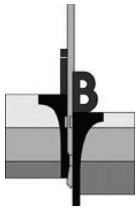
Identificatie: B20G0098  
Coördinaten: 165000, 509250 (RD)  
Maaiveld: -4.50 m t.o.v. NAP  
Dieptetraject t.o.v. Maaiveld: 0.00 m - 19.20 m





**INPIJN-BLOKPOEL**  
**ingenieursbureau**

**Geotechniek - Milieutechniek**



## Geotechnisch onderzoek IJsselmeerdijk thv dijkpaal 17.6 t/m 35.1 te Lelystad

**Betreft** Resultaten geotechnisch onderzoek

**Opdrachtnummer** 02P010102

**Documentnummer** 02P010102-RG-01

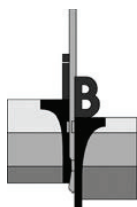
**Opdrachtgever** Waterschap Zuiderzeeland  
Postbus 229  
8200 AE LELYSTAD

**Opgesteld door** : F.W.A. van Heerebeek  
**Gezien** : J.W.M.J. Duitsman  
**Status** : Definitief  
**Codering** : RG

Paraaf :

Paraaf :

**Datum rapport** : 13 november 2017



Opdracht : 02P010102  
Document : 02P010102-01  
Project : Geotechnisch onderzoek IJsselmeerdijk thv dijkpaal 17.6 t/m 35.1 te Lelystad

---

## INHOUDSOPGAVE

<b>1. INLEIDING</b> .....	<b>1</b>
<b>2. ONDERZOEK</b> .....	<b>1</b>
2.1 SONDERINGEN.....	1
2.2 INMETING EN WATERPASSING .....	2

### BIJLAGEN:

- A) Situatietekening
- B) Waterpasstaat
- C) Sondeergrafieken klasse 1
- D) Sondeergrafieken klasse 2
- E) Toetsing toepassingsklasse
- F) Verklaring codering

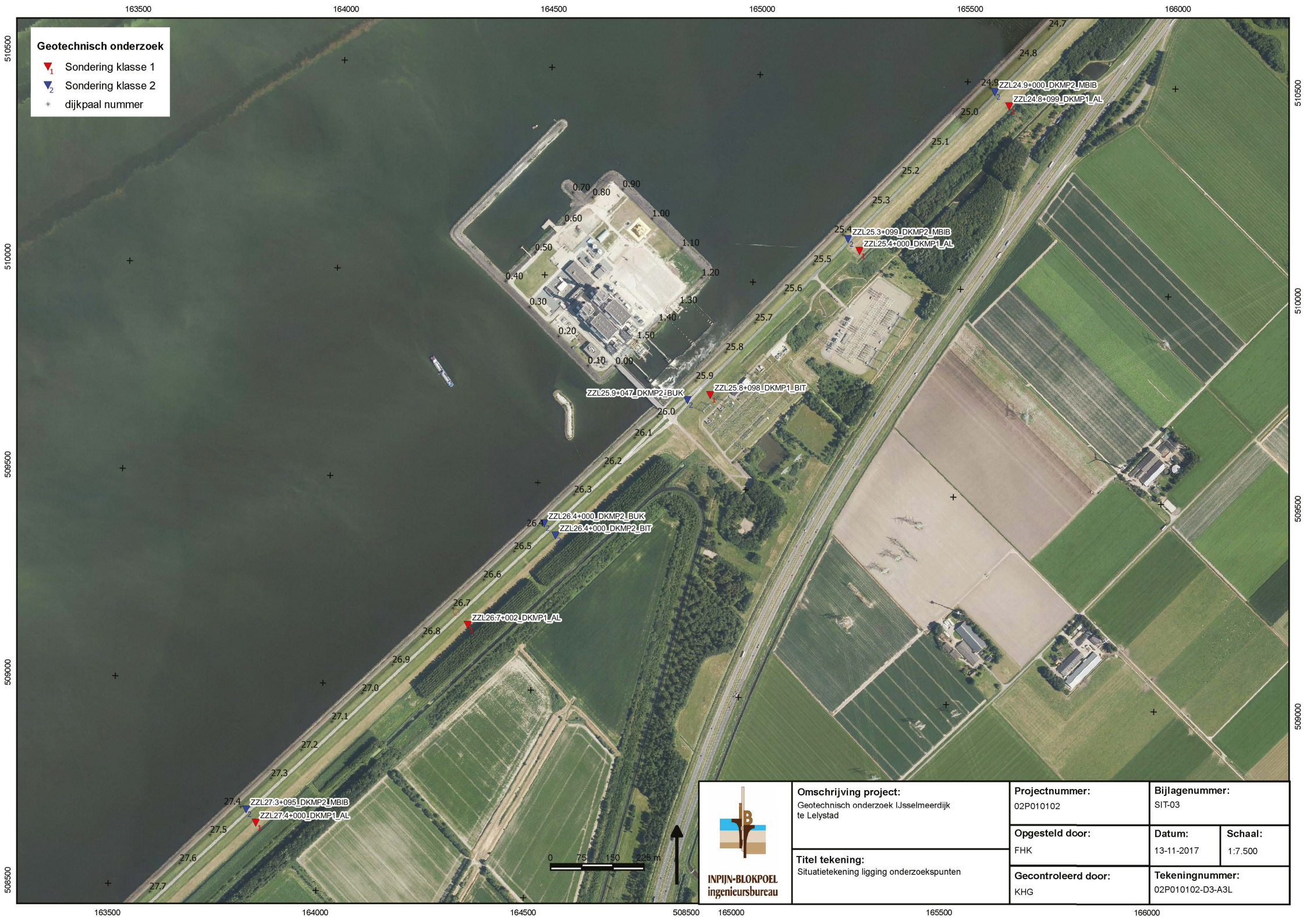
### VERZENDLIJST

1 x Waterschap Zuiderzeeland te LELYSTAD t.a.v. David-Jan Smeenge  
[d.smeenge@zuiderdeeland.nl](mailto:d.smeenge@zuiderdeeland.nl)



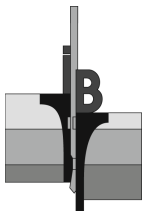
**Geotechnisch onderzoek**

- ▼<sub>1</sub> Sondering klasse 1
- ▼<sub>2</sub> Sondering klasse 2
- \* dijkpaal nummer

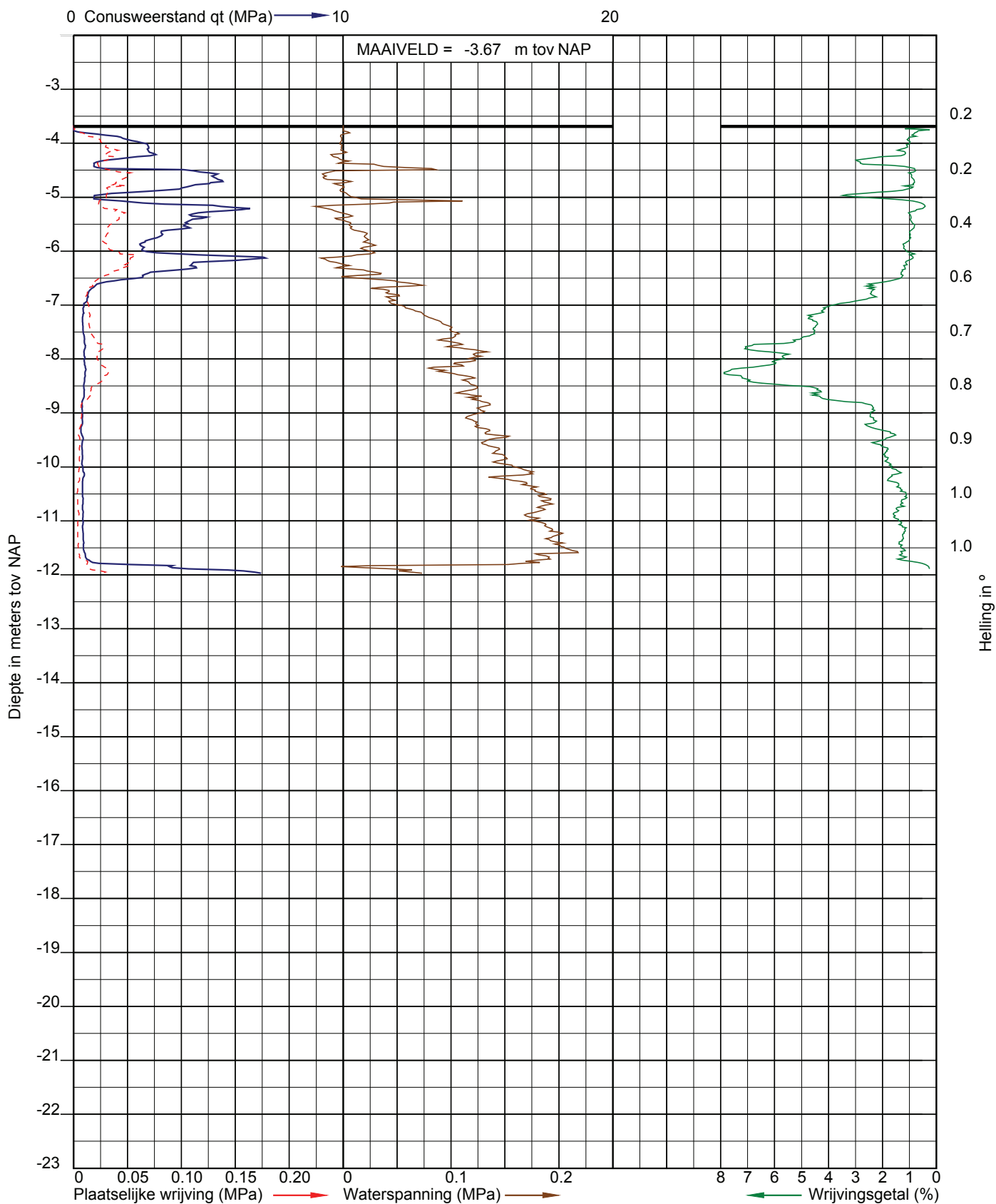


 <b>INPIJN-BLOKPOEL</b> ingenieursbureau	<b>Omschrijving project:</b> Geotechnisch onderzoek IJsselmeerdijk te Lelystad		<b>Projectnummer:</b> 02P010102		<b>Bijlagennummer:</b> SIT-03	
	<b>Titel tekening:</b> Situatietekening ligging onderzoekspunten		<b>Opgesteld door:</b> FHK		<b>Datum:</b> 13-11-2017	
			<b>Gecontroleerd door:</b> KHG		<b>Schaal:</b> 1:7.500	
				<b>Tekeningnummer:</b> 02P010102-D3-A3L		





Opdracht: 02P010102  
Project: Geotechnisch onderzoek IJsselmeerdijk thv dijkpaal 17.6 t/m 35.1 te Lelystad



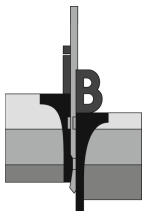
Sondering volgens NEN-EN-ISO 22476-1  
Sondeerklasse 1  
Conusnummer 001231

Uitvoerder: EDN  
Datum: 3-10-2017  
GWS (m-mv): 0.85

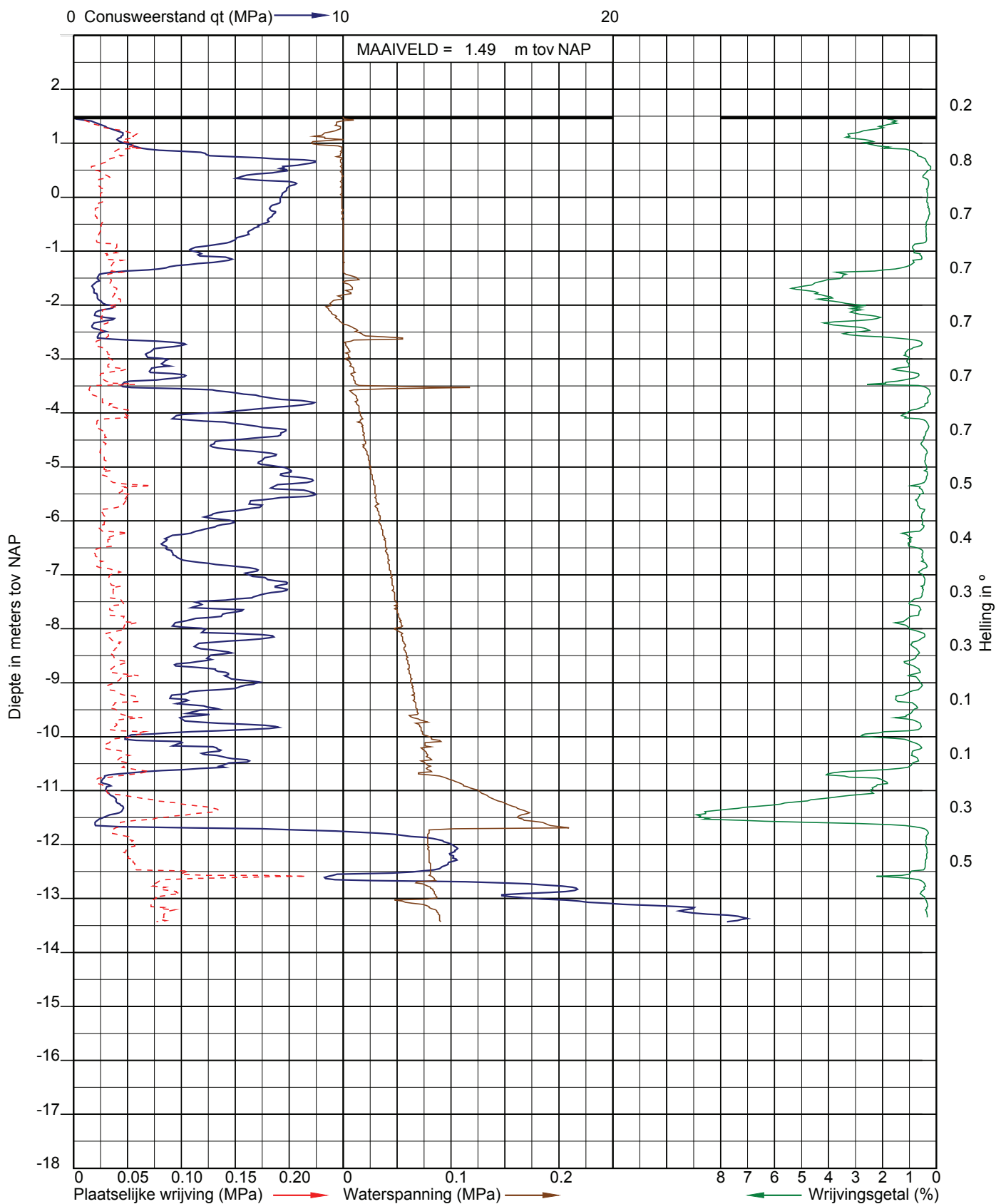
X: 165254,097  
Y: 510084,370

Sondering: ZZL25.4+000\_DKMP1\_AL





Opdracht: 02P010102  
Project: Geotechnisch onderzoek IJsselmeerdijk thv dijkpaal 17.6 t/m 35.1 te Lelystad

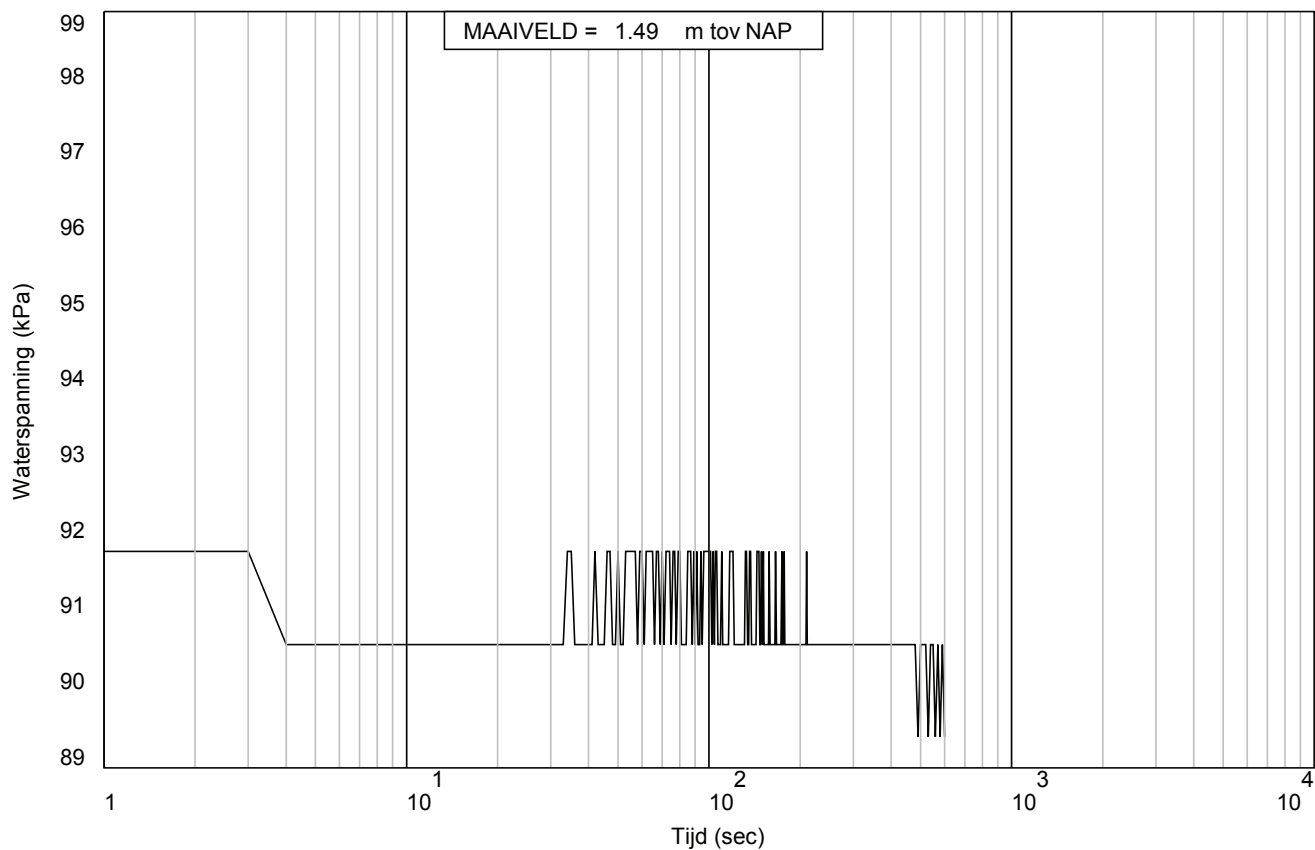
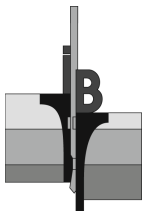


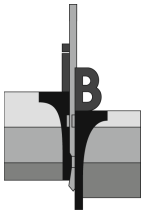
Sondering volgens NEN-EN-ISO 22476-1  
Sondeerklasse 2  
Conusnummer 060021

Uitvoerder: EDN  
Datum: 10-10-2017  
X: 165225,5  
Y: 510111,6

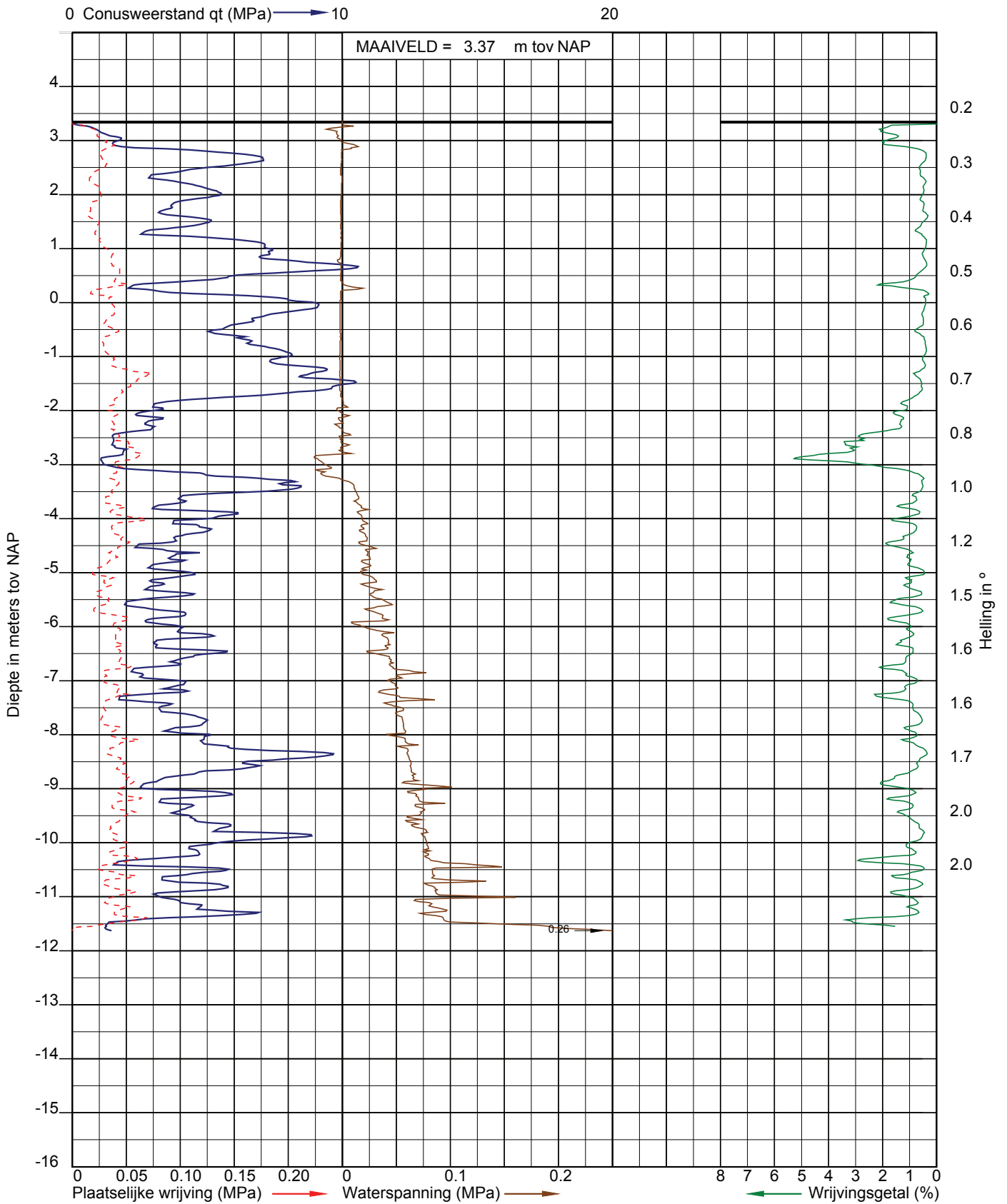
Sondering: ZZL25.3+099\_DKMP2\_MBIB







Opdracht: 02P010102  
Project: Geotechnisch onderzoek IJsselmeerdijk thv dijkpaal 17.6 t/m 35.1 te Lelystad

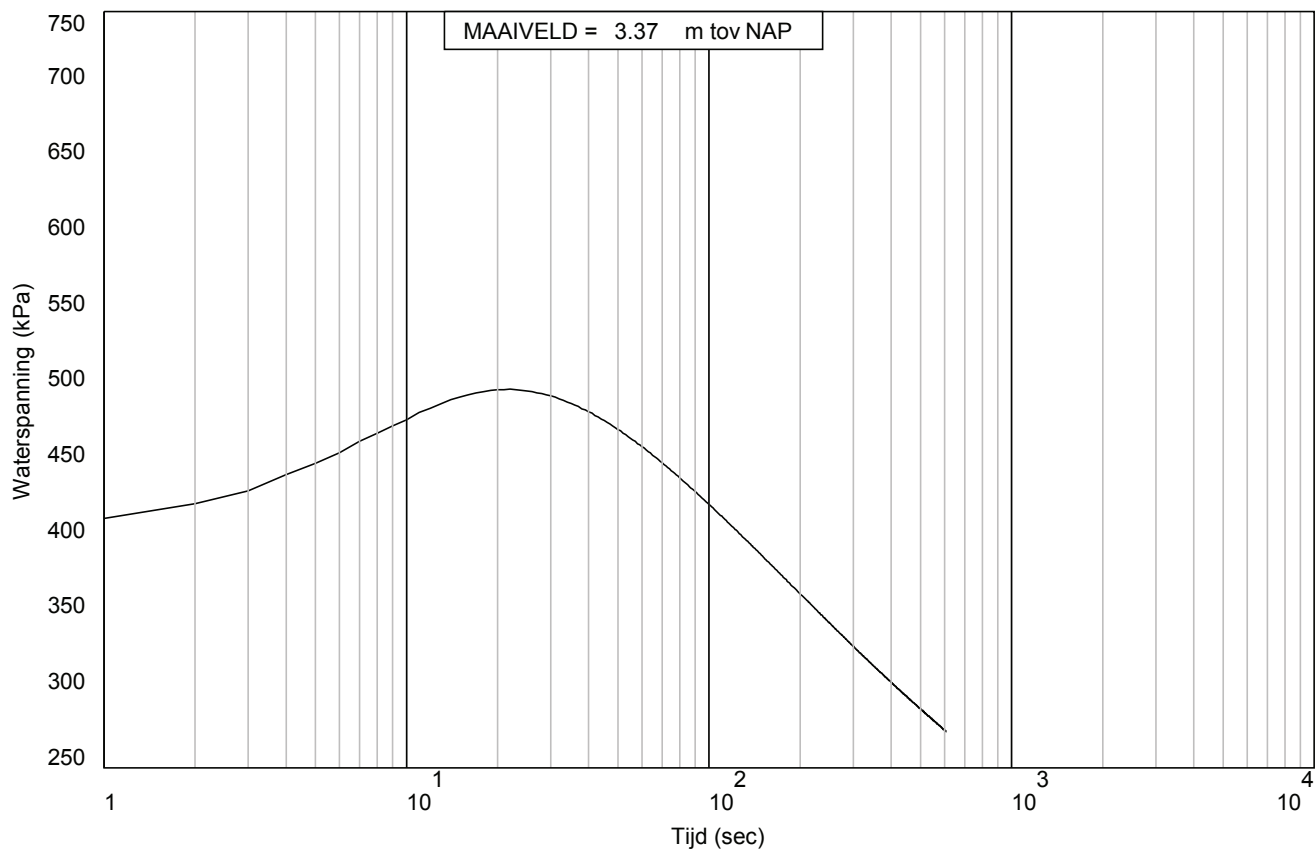
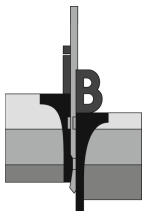


Sondering volgens NEN-EN-ISO 22476-1  
Sondeerklasse 2  
Conusnummer 60057

Uitvoerder: S29  
Datum: 3-10-2017  
GWS (m-mv): 5.40

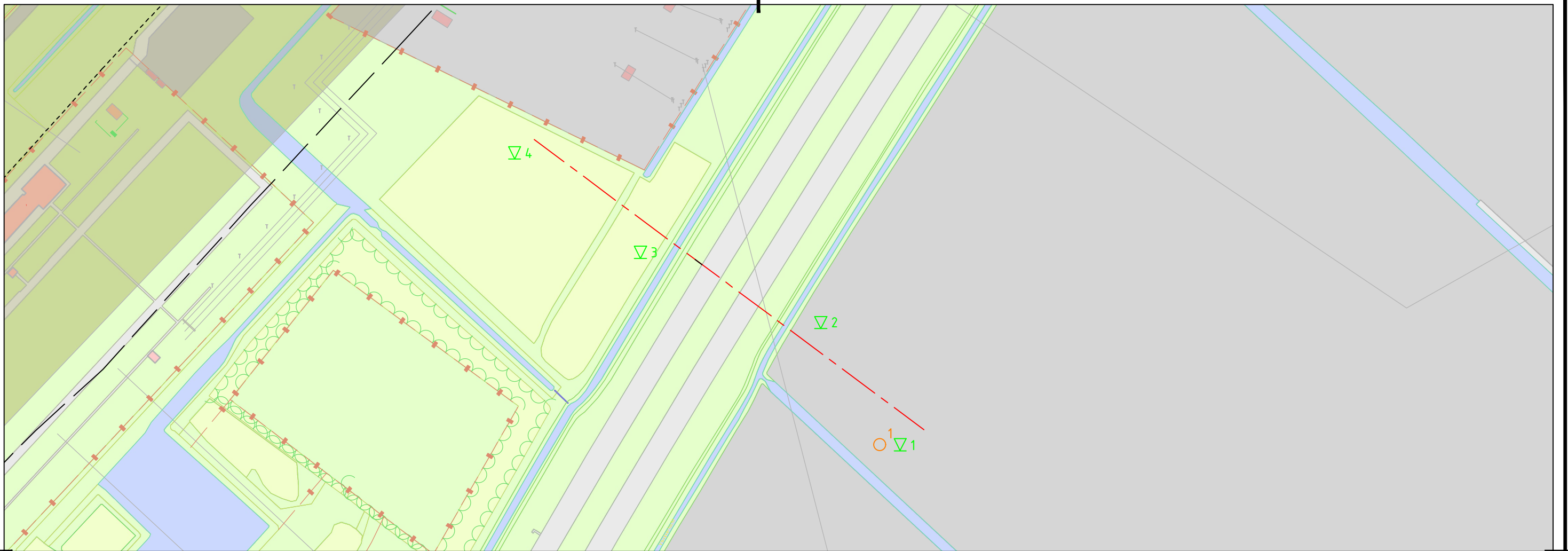
X: 164852,576  
Y: 509710,552

Sondering: ZZL25.9+047\_DKMP2\_BUK



# IV

## BIJLAGE: AANVULLEND GRONDONDERZOEK



▽<sup>1</sup> Sondring met kleef,  
diepte minstens tot pleistocene zandlaag,  
1 sondring met waterspanningsmeter

○<sup>1</sup> Boring inclusief peilbuis,  
bepaling zout/zuurgraad grondwater

TABEL UIT TE VOEREN SONDERINGEN/BORINGEN

Nummer	X,Y-coördinaat
1	165416.478, 509630.778
2	165377.166, 509691.273
3	165287.777, 509726.066
4	165225.361, 509775.278
Boring 1	165406.422, 509630.738

0 20 40 60 80m  
Schaal 1:2000

**Witteveen + Bos**

Wijz.	Getekend	Datum	Omschrijving
A			
B			
C			

Opdrachtgever  
**SwifterwinT B.V.**  
Project  
**Kruising A6  
HDD2**  
Onderdeel  
**HDD boring HDPE 400mm  
Locatie aanvullend grondonderzoek**

Status	<b>Definitief</b>	Getekend	V. Sazonov		
Datum	<b>11-09-2018</b>	Gecontroleerd Goedgekeurd	B. van der Linde J.A. Zoete		
Schaal	Schaal	Projectcode	Tekeningnummer	Bladnummer	
<b>A3</b>	<b>1:2000</b>	<b>108791</b>	<b>9002</b>	<b>1/1</b>	

Witteveen+Bos Raadgevende ingenieurs B.V.  
Van Twickelstraat 2 | Postbus 233 | 7400 AE Deventer | +31 (0)570 69 79 11 | www.witteveenbos.com | KvK 38020751