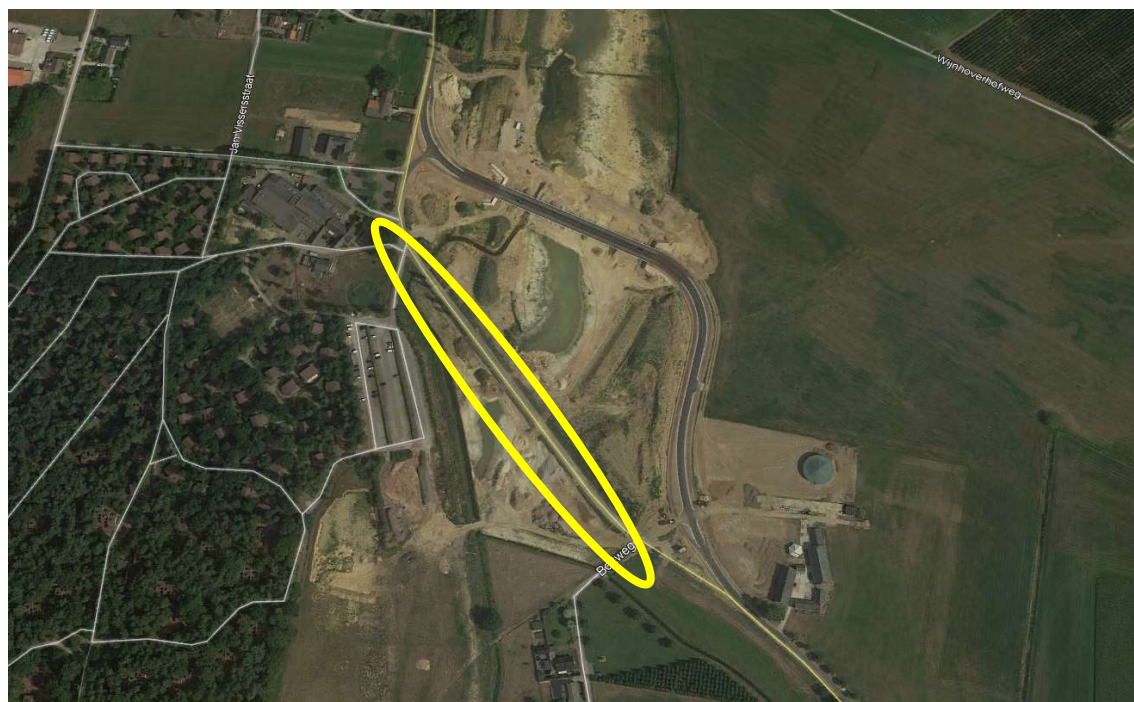


Boorplan Ooijenseweg te Blitterswijck Ontwerpfase



Opgesteld door: VHW Engineering BV
Victorialaan 15
5213 JG 's-Hertogenbosch

Datum	08-05-2020
Opdrachtgever	Enexis De heer E. Tielen
Projectnummer	2020-003-002
Documentnummer	2020-003-002-RAP-KL-01
Status	Definitief
Versie	1.0
Auteur	M. Tubée
Verificatie	H. Van Wijlen
Autorisatie	H. van Helvoirt

Inhoudsopgave

1. INLEIDING	3
2. WERKOMSCHRIJVING	4
2.1 Algemeen	4
2.2 Locatie, omvang en indeling werkterrein	6
2.3 Geotechnisch onderzoek	7
2.4 Stappenplan uitvoering	7
2.5 Bestaande kabels en leidingen	7
2.6 Tijdschema	8
2.7 Personeelsbezetting	8
2.8 In te zetten boormaterieel	8
2.9 Kwaliteit en keuring bouwmaterialen	9
3. BOORTECHNISCHE WIJZE VAN UITVOEREN	9
3.1 Werkwijze van uitvoeren	9
3.2 Kwaliteitsregistratie van de boring	10
4. CONCLUSIE OP BEREKENINGEN	11
4.1 Samenvatting sterkte- en muddrukberekeningen	11
BIJLAGE 1: BOORTEKENINGEN	12
BIJLAGE 2: LUCHTFOTO'S	13
BIJLAGE 3: GRONDMECHANISCH ONDERZOEK	14
BIJLAGE 4: ORIËNTATIEMELDING WION	15
BIJLAGE 5: STERKTE- EN MUDDRUKBEREKENINGEN	16
BIJLAGE 6: VOORBEELD TYPE BOORRIG	17
BIJLAGE 7A: V&G-GEVAREN VOORTVLOEIEND UIT DE OMGEVING VAN DE BOUWLOCATIE	18
BIJLAGE 7B: V&G-GEVAREN VOORTVLOEIEND UIT HET ONTWERP	19
BIJLAGE 8: DRILL-SHEET	20

1. Inleiding

Waterschap Limburg zorgt in Provincie Limburg o.a. voor veilige dijken, schoon water en voldoende water. Waterschap Limburg werkt sinds 2012 aan het versterken en aanleggen van dijken langs De Maas, van het noordelijk puntje Mook tot aan de meest zuidelijke plaats Eijsden. In totaal gaat het om 30 dijkversterkingsprojecten; 15 projecten vanuit het Hoogwaterbeschermingsprogramma en 15 projecten vanuit Dijkversterkingen Maaswerken.

Brug Ooijen zorgt ervoor dat de omliggende dorpen bereikbaar blijven als de Oude Maasarm bij hoogwater weer mee gaat stromen. De brug is ongeveer 200 meter lang en biedt straks prachtig uitzicht over de Oude Maasarm en hoogwatergeul Ooijen. Hierdoor komt de huidige Ooijenseweg te vervallen. Kabels en leidingen die in de bermen liggen van de weg dienen verlegd te worden middels een gestuurde boring met een lengte van ca. 315meter.

Het boorplan is gebaseerd op de volgende informatie:

- Boortekening Enexis: 2020-003-002-TEK-HDD1-v1.0a, d.d. 06-05-2020;
- Boortekening Lomitel/Ziggo: 2020-003-002-TEK-HDD1-v1.0b, d.d. 06-05-2020;
- Oriëntatie graafmelding WION met nummer Levering_200035160_1, 09-04-2020;
- Sonderingen en boringen Ooijenseweg aangeleverd door Mooder Maas.
 - 1216-0011-210_HPT32_000
 - 1216-0011-210_HPT31_000
 - BBL15_1
 - HB-2014-135
- Voor de berekening is gebruik gemaakt van de volgende normeringen en richtlijnen:
 - NEN 6740; Geotechniek: Basiseisen en belastingen
 - NEN 3650-3; Eisen voor buisleiding systemen: kunststof
 - NEN 3651; Aanvullende eisen voor leidingen in kruisingen met belangrijke waterstaatswerken

2. Werkomschrijving

2.1 Algemeen

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

Een gestuurde boring bestaat uit 3 fasen, te weten:

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

Tijdens fase 1 en 2 wordt er gebruik gemaakt van 'normale' boorspoeling (OCMA of tunnelgel). De boorspoeling is een water bentonietmengsel waar eventueel toeslagstoffen / 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. Fase 3, het intrekken van de mantelbuis dient te uitgevoerd te worden met een uithardende boorvloeistof die de annulaire ruimte opvult.

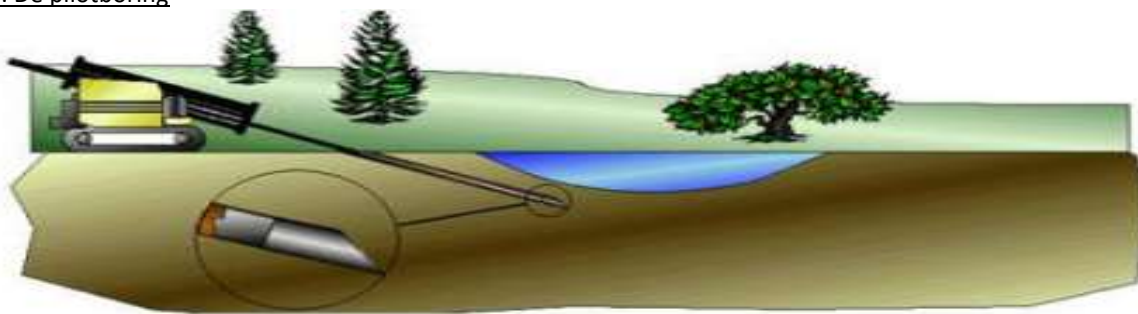
De voornaamste functies van de boorspoeling zijn:

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

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

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

Fase 1: De pilotboring



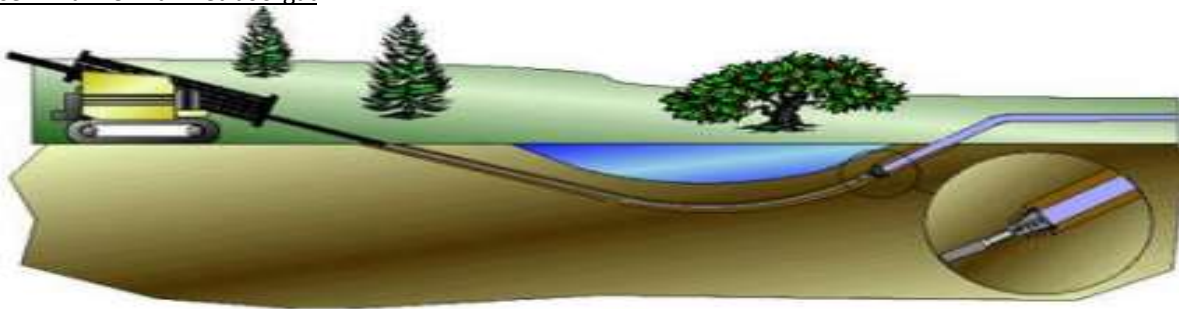
Aan de voorkant van de boorstreng is een boorkop aangebracht. De boorspoeling wordt via de boorstreng naar de boorkop gepompt en wordt samen met de losgewoelde grond langs de buitenzijde van de boorstreng door de boortunnel afgevoerd. Over het eerste gedeelte van de boorstreng kan eventueel een casing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

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

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

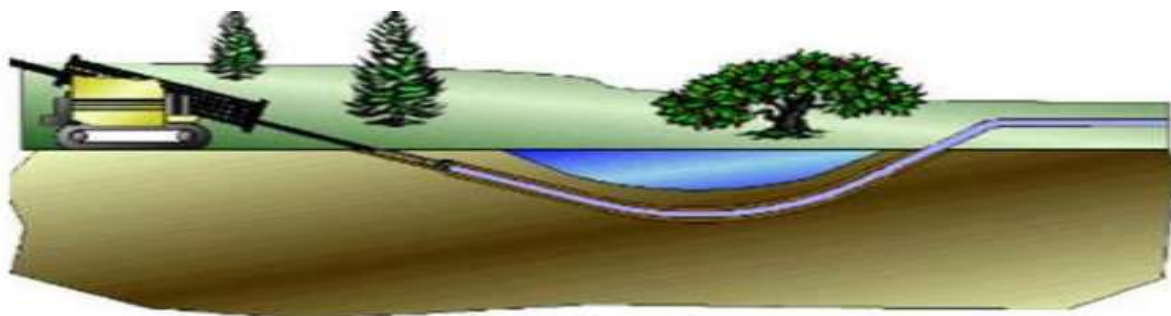
De driedimensionale plaatsbepaling van de boring wordt tijdens deze eerste fase verkregen door de geregistreerde coördinaten tijdens de pilotboring. De locatie van de boring, de eisen van de opdrachtgever, de eisen en wensen van de vergunningverlener, het te kruisen obstakel, storende externe invloeden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

Fase 2: Ruimen van het boorgat



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

Fase 3: Intrekken mantelbuis:



Tijdens de laatste fase van het boorproces wordt de productleiding of mantelbuis (eventueel meerdere productleidingen of mantelbuizen in een bundel) samen met een trekkop achter een ruimer gekoppeld en in het geruimde boorgat getrokken. Het boorgat blijft tijdens de intrekoperatie geheel gevuld met de boorspoeling. De boorgatdiameter dient tussen de 30% en 50% groter te zijn dan de diameter van de productleiding of mantelbuis (eventueel gebundeld). Ten behoeve van het inbrengen van de productleiding of mantelbuis wordt tussen de ruimer en de productleiding een swivel (wartellager) gemonteerd zodat geen rotatie van de productleiding of mantelbuis kan optreden. Nadat de productleiding(en) of mantelbuis /-buizen 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.

2.2 Locatie, omvang en indeling werkterrein

De aannemer die de boring uit zal voeren dient in zijn plan van aanpak / werkplan aan te geven wat de minimaal benodigde omvang is van het werkterrein. Onderstaand wordt de informatie verstrekt om te komen tot een juiste en acceptabele indeling van het werkterrein (rig-site en pipe-site):

- De locatie van de boring is weergegeven in boortekening 2020-003-002-TEK-HDD1-v1.0a en boortekening 2020-003-002-TEK-HDD1-v1.0b, zie hiervoor bijlage 1 en de luchtfoto's in bijlage 2;
- De aannemer kan eventueel samen met de opdrachtgever of andere belanghebbenden een bezoek brengen aan de locatie;
- In overleg met de opdrachtgever wordt bepaald of een nul-situatie onderzoek van de locatie wenselijk is;
- De omvang van het werkterrein hangt nauw samen met de lokaal beschikbare ruimte, de grootte van de uit te voeren boring en het in te zetten materieel;
- De indeling van het werkterrein zal worden aangepast aan de plaatselijke omstandigheden;
- Afhankelijk van eventueel gestelde eisen en het in te zetten materieel, de staat en functie van het maaiveld dient een werkweg aangelegd te worden voor transport van het boorequipement en de benodigde materialen.

2.3 Geotechnisch onderzoek

Voorafgaand aan de uitvoering van de gestuurde boring dient er lokale geotechnische informatie te worden verzameld. Hiertoe is de databank van Dinoloket geraadpleegd. Uit deze databank zijn 2 sonderingen en zijn twee grondboringen geselecteerd. De locaties van de grondonderzoeken inclusief de sondeergrafieken en boorstaten zijn opgenomen in bijlage 3. De sondeergrafieken en -locaties zijn ook aangegeven op de boortekening.

De gegevens verkregen van de grondboringen geven een consistent beeld van de bodemopbouw aan weerszijden van de waterkering. Derhalve is geen aanvullend grondonderzoek uitgevoerd.

De geotechnische informatie wordt als input gebruikt in de sterkte- en/of muddrukberoeeningen. Zonder goedkeuring van deze berekeningen, door opdrachtgever en/of vergunningverlenende instantie, mag niet gestart worden met de werkzaamheden.

2.4 Stappenplan uitvoering

Onderstaand worden de handelingen aangegeven om te komen tot een goede uitvoering:

- De aannemer bestudeert voor aanvang van de werkzaamheden het boorplan, inclusief het ontwerp, de reeds aanwezige informatie over bestaande kabels en leidingen, de bodemgesteldheid en de eventuele vergunningen / toestemmingen;
Let op! De aannemer die de boringen uit zal voeren is verplicht een graafmelding te doen en deze te analyseren (zie ook § 2.5);
- De aannemer overlegt aan de hand van de hiervoor genoemde informatie met betrokken instanties en/of kabel en leidingeigenaren over zijn plan van aanpak / werkplan;
- De werkzaamheden worden uitgevoerd conform het afgestemde plan van aanpak / werkplan;
- Tijdens en na de werkzaamheden worden de bevindingen en/of wijzigingen schriftelijk vastgelegd door de aannemer;
- De aannemer verwerkt de bevindingen en/of wijzigingen op tekening aan de hand van revisiegegevens afkomstig van de surveyor;
- De opdrachtgever en de betrokken instanties worden door de aannemer op de hoogte gehouden van eventuele bevindingen en/of wijzigingen;

2.5 Bestaande kabels en leidingen

Voor uitvoering wordt door de aannemer een graafmelding gedaan om de ligging van de ondergrondse infrastructuur in kaart te brengen. Ook zal er voor aanvang van de werkzaamheden met de belanghebbende kabel en leidingeigenaren contact worden opgenomen. Indien noodzakelijk kunnen voor aanvang van de gestuurde boring proefsleuven gegraven worden.

De graafmelding moet tijdens de uitvoering op het werk aanwezig zijn.

Er dienen diverse K&L gekruist te worden. Nabij in- en uittrede dienen deze K&L opgezocht en/of beschermd te worden.

2.6 Tijdschema

De tijdsduur van de werkzaamheden is sterk afhankelijk van het in te zetten boormaterieel. De aannemer die de boorwerkzaamheden uit zal voeren dient in zijn plan van aanpak / werkplan aan te geven hoe zijn tijdschema eruit ziet.

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 op het boorplan.

De werktijden worden aangepast aan de werkzaamheden die technisch achtereenvolgens uitgevoerd dienen te worden. Werktijden dienen vooraf door de aannemer aangegeven te worden in zijn plan van aanpak / werkplan. Bepaling van werktijden zal altijd in goed overleg met alle betrokkenen plaatsvinden.

2.7 Personeelsbezetting

Het boormaterieel zal bediend worden door gekwalificeerd personeel dat tenminste bestaat uit een boormeester, een serveyor en een boorassistent. Afhankelijk van de omvang van de boring kan het noodzakelijk zijn meer medewerkers in te zetten. De aannemer die de boorwerkzaamheden uit zal voeren dient in zijn plan van aanpak / werkplan aan te geven hoe zijn personeelsbezetting eruit ziet.

2.8 In te zetten boormaterieel

In bijlage 6 is een representatief boorstelling en de daarbij behorende technische specificaties opgenomen. De aannemer die de boringen uit zal voeren dient in zijn plan van aanpak / werkplan aan te geven van welk type machine hij gebruik zal maken met de daarbij behorende specificaties. De berekeningen en het boorontwerp dienen door de aannemer gecontroleerd te worden. Indien nodig wordt het in te zetten materieel aangepast op de berekeningen en het boorontwerp of worden de berekeningen en het boorontwerp aangepast op het in te zetten materieel.

- Walk-over meetsysteem

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

Naast het 'Walk-over' meetsysteem kan gebruik gemaakt worden van een draadmeetsysteem om nauwkeurig de boorlijn te kunnen volgen en registreren.

2.9 Kwaliteit en keuring bouwmaterialen

Buizen

De in te trekken (mantel)buizen (HDPE100 Ø110 sdr11 en HDPE100 Ø63 sdr11) worden door de opdrachtgever of opdrachtnemer besteld en op het werk geleverd.

De buis wordt in lengtes en/of op haspel geleverd, indien noodzakelijk dienen er enkele lengtes aan vast gelast te worden door middel van spiegellassen. Het aan elkaar verbinden van de buizen dient te gebeuren met gekwalificeerd personeel en gecertificeerd materiaal. De inwendige rillen dienen verwijderd te worden.

Boorvloeistof

De boorvloeistof zal samengesteld worden uit met water vermengde bentoniet. Indien noodzakelijk kan de samenstelling hiervan verder aangepast worden aan de lokale bodemopbouw. Uitgangspunt hierbij is dat er een boorspoeling wordt verkregen die voldoende steun geeft aan het boorgat in de plaatselijke grond. Indien toeslagstoffen toegepast worden dient dit tijdig aan de opdrachtgever gemeld te worden.

De aannemer die de boorwerkzaamheden uit zal voeren dient de mantelbuis in te trekken met drillgrout of vergelijkbaar product. Dit is een (zware) boorspoeling welke uithard en dus voor goede afdichting zorgt van de boortunnel teneinde kwel of piping te voorkomen.

3. Boortechnische wijze van uitvoeren

3.1 Werkwijze van uitvoeren

Onderstaand is een opsomming van activiteiten die zullen plaatsvinden, deze zijn:

- Bestuderen projectgegevens zoals: tekeningen, berekeningen, V&G-plan, vergunningen en voorschriften;
- Indien noodzakelijk of vereist wordt er verkeersmaatregelen geplaatst volgens de CROW richtlijnen;
- Aanvoer materieel;
- Kick-off meeting (bespreken van o.a. de veiligheidsaspecten en risico's);
- Inrichten werkterrein (rig-site en pipe-site) en mobilisatie boorequipment;
- Eventueel lokaliseren bestaande kabels en leidingen en ontgraven intrede- en uittredepunt;
- Graafwerkzaamheden uitvoeren conform CROW-500;
- Eventueel aanbrengen/toepassen van beschermende maatregelen (ter beoordeling uitvoerende partij);
- Uitvoeren pilotboring;
- Gereed leggen/ opstellen van de in te trekken mantelbuis. De werkzaamheden voor het samenstellen van de buizen worden tijdens of voorafgaand aan de boorwerkzaamheden uitgevoerd;
- Intrekken mantelbuis van de vanaf maaiveld en/of haspel. Bij intrekken mantelbuizen dient gebruik gemaakt te worden van Drillgrout of een vergelijkbaar product;
- Aanbrengen kleikist en kwelscherm conform NEN3650/3651.
- Demobilisatie boorequipment en afvoer van materieel, op gelijke wijze als de aanvoer;
- Opruimen werkterrein.

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

- Aflezing van de boorparameters zoals, trekkracht en torque door de analoge meters op de rig;
- Registratie van de meetgegevens op een drillsheet (of vergelijkbaar document, zie bijlage 8);
- Mixen van de boorspoeling met water van voldoende kwaliteit;
- Opvang uitkomende boorspoeling bij intrede- en uittredepunt in de in- en uittredegangen, eventueel kunnen vloeistofdichte bakken geplaatst worden voor opvang en / of buffering van de boorspoeling. De aannemer die de werkzaamheden uit zal voeren dient dit aan te geven in zijn werkplan / plan van aanpak;
- Leegzuigen van de boorgaten en / of vloeistofdichte bakken met vloeistofdichte zuigwagens;
- Afvoeren overgebleven / overtollige boorspoeling naar een erkend verwerker.

V&G plan

De werkzaamheden met betrekking tot het uitvoeren van de horizontaal gestuurde boring zullen worden uitgevoerd volgens de richtlijnen van de aannemer. De veiligheids- en gezondheidsgevaaren voortvloeiend uit de omgeving van de bouwlocatie en de veiligheids- en gezondheidsgevaaren voortvloeiend uit het ontwerp zijn opgenomen in bijlage 7. De uiteindelijke project specifieke risico's , maatregelen en voorzieningen dienen door de uitvoerende partij aangegeven te worden.

De V&G coördinator is verantwoordelijk voor de naleving van de regels vastgesteld in het kwaliteits-, arbo- en milieu (KAM) zorgsysteem. De V&G coördinator binnen het project is verantwoordelijk voor het vaststellen van de specifieke KAM maatregelen voor dit project en het beschikbaar stellen van de vereiste beschermingsmiddelen.

De aannemer die de boorwerkzaamheden uit zal voeren is verantwoordelijk voor een juiste uitvoering en toezicht op de voorgeschreven V&G maatregelen op de werklocatie. Tevens is hij verplicht afwijkingen en gevaarlijke situaties te melden bij de V&G coördinator en in overleg passende maatregelen te nemen en deze te registreren.

3.2 Kwaliteitsregistratie van de boring

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

- trekkracht aan de boorinstallatie (ton);
- druk boorvloeistof aan de pomp (bar);
- debiet vloeistof (ltr/min);
- eventueel vindt registratie van de locatie en de hoogteligging (RD coördinaten t.o.v NAP) plaats.

Deze meetgegevens worden opgenomen in een "drill-sheet" (of vergelijkbaar document) en door het boorbedrijf gearchiveerd. Een voorbeeld van een drill-sheet is opgenomen in bijlage 8. De meetgegevens van de survey (overzicht van meetinformatie) worden samen met de veldmetingen verwerkt tot de vereiste revisie gegevens.

4. Conclusie op berekeningen

De bijgevoegde sterkte- en muddrukberkeningen zijn uitgevoerd op basis van de NEN3650 en de NEN3651 m.b.v. programmatuur Sigma versie 2018 – 1.0. De resultaten van de sterkte- en muddrukberkeningen zijn opgenomen in bijlage 5.

De HDD boring is berekend in overeenstemming met de NEN 3650 en NEN 3651.

De resultaten van de sterkte- en muddrukberkeningen alsmede de hiervoor gebruikte grondgegevens dienen door de uitvoerende partij gecontroleerd te worden. De keuze voor het in te zetten materieel is ter beoordeling van- en de verantwoordelijkheid van de uitvoerende partij.

HDD-BORING (4x HDPE100 Ø110 sdr11 + 1x HDPE100 Ø63 sdr11)

4.1 Samenvatting sterkte- en muddrukberkeningen

Spanningen in omtreksrichting van de leiding

	Toegestane spanning	Maximaal optredende spanning
HDPE100 Ø110 sdr11 (drukloos)	8,00 N/mm ²	5,99 N/mm ²
HDPE100 RC Ø110 sdr11 (druk)	8,00 N/mm ²	3,94 N/mm ²
HDPE100 Ø63 sdr11	8,00 N/mm ²	5,81 N/mm ²

Spanningen in langsrichting van de leiding

	Toegestane spanning	Maximaal optredende spanning
HDPE100 Ø110 sdr11 (drukloos)	8,00 N/mm ²	0,32 N/mm ²
HDPE100 RC Ø110 sdr11 (druk)	8,00 N/mm ²	4,30 N/mm ²
HDPE100 Ø63 sdr11	8,00 N/mm ²	0,18 N/mm ²

Spanningen in boorgat tijdens intrekoperatie

	Toegestane spanning	Maximaal optredende spanning
HDPE100 Ø110 sdr11 (drukloos)	10,00 N/mm ²	6,89 N/mm ²
HDPE100 RC Ø110 sdr11 (druk)	10,00 N/mm ²	6,89 N/mm ²
HDPE100 Ø63 sdr11	10,00 N/mm ²	9,21 N/mm ²

Deflectie

	Toegestane deflectie	Maximaal optredende deflectie
HDPE100 Ø110 sdr11 (drukloos)	8,00 mm	3,31 mm
HDPE100 RC Ø110 sdr11 (druk)	8,00 mm	3,31 mm
HDPE100 Ø63 sdr11	4,58 mm	1,82 mm

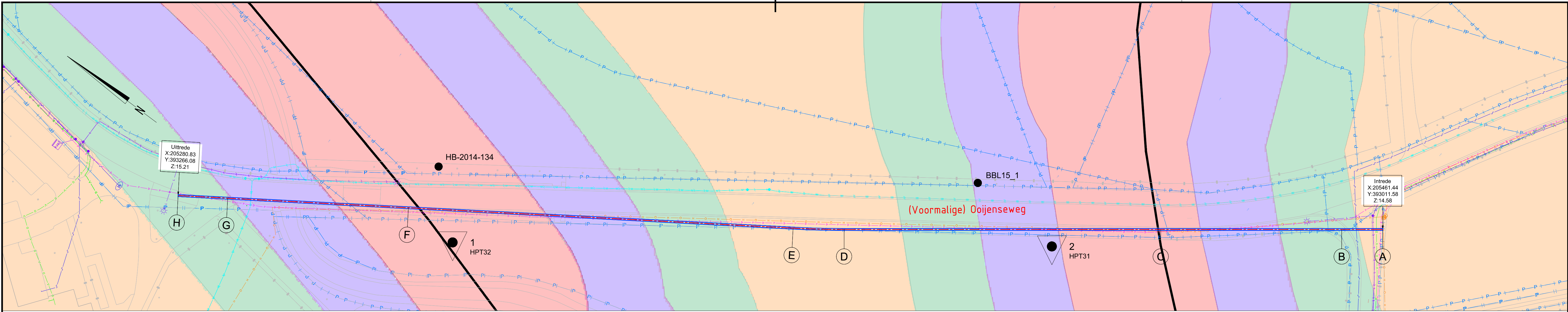
Benodigde trekkracht op de mantelbuis

	Toegestane trekkracht*	Maximale berekende trekkracht
HDPE100 Ø110 sdr11 (drukloos)	31,41 kN	21,24 kN
HDPE100 RC Ø110 sdr11 (druk)	31,41 kN	21,24 kN
HDPE100 Ø63 sdr11	10,43 kN	9,60 kN

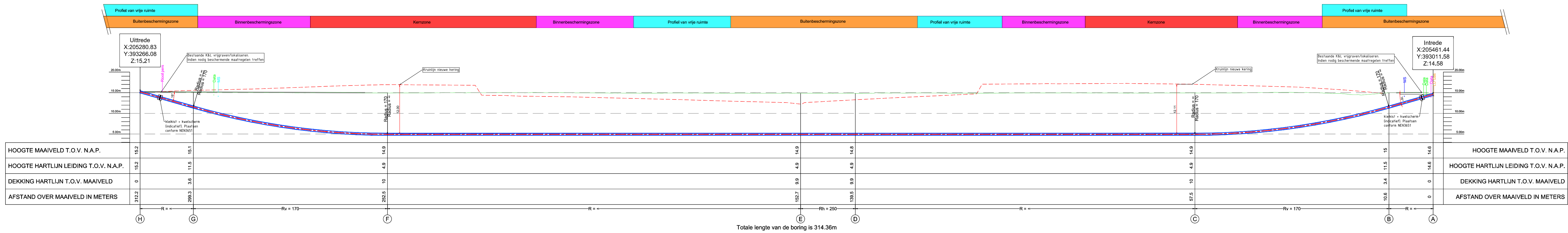
*Toegestane trekkrachten volgens technische documentatie PipeLife.

Bijlage 1: Boortekeningen

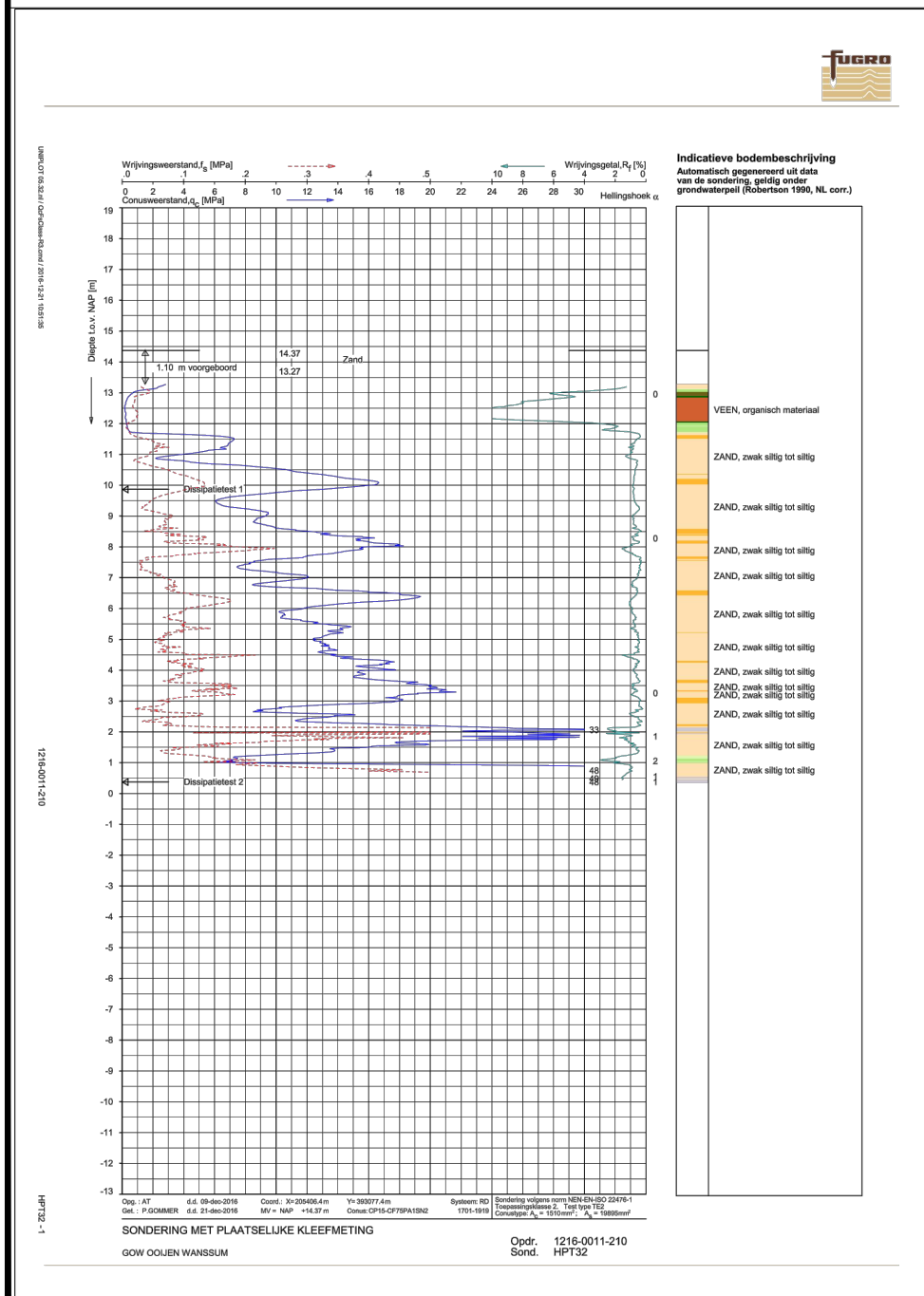
- Boortekening Enexis: 2020-003-002-TEK-HDD1-v1.0a, d.d. 06-05-2020;
- Boortekening Lomitel/Ziggo: 2020-003-002-TEK-HDD1-v1.0b, d.d. 06-05-2020;



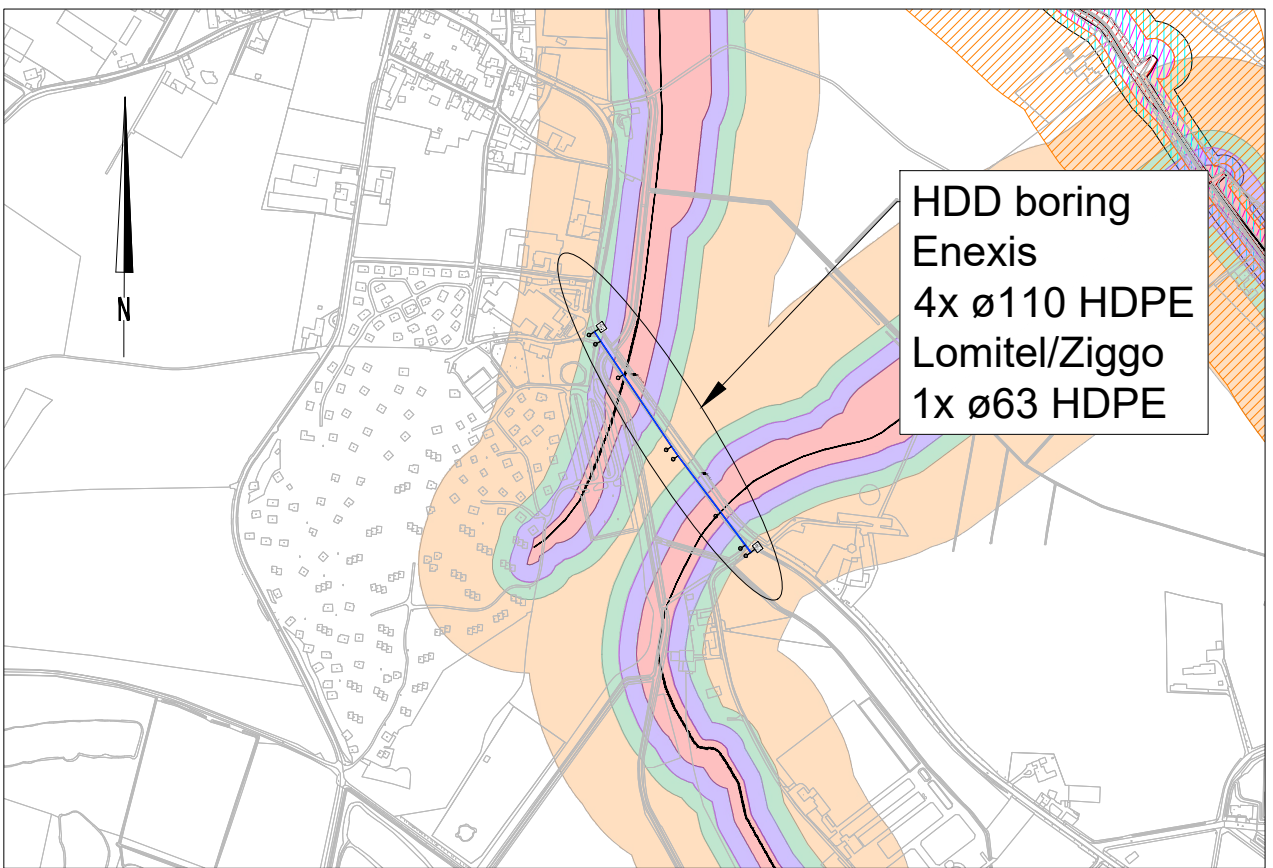
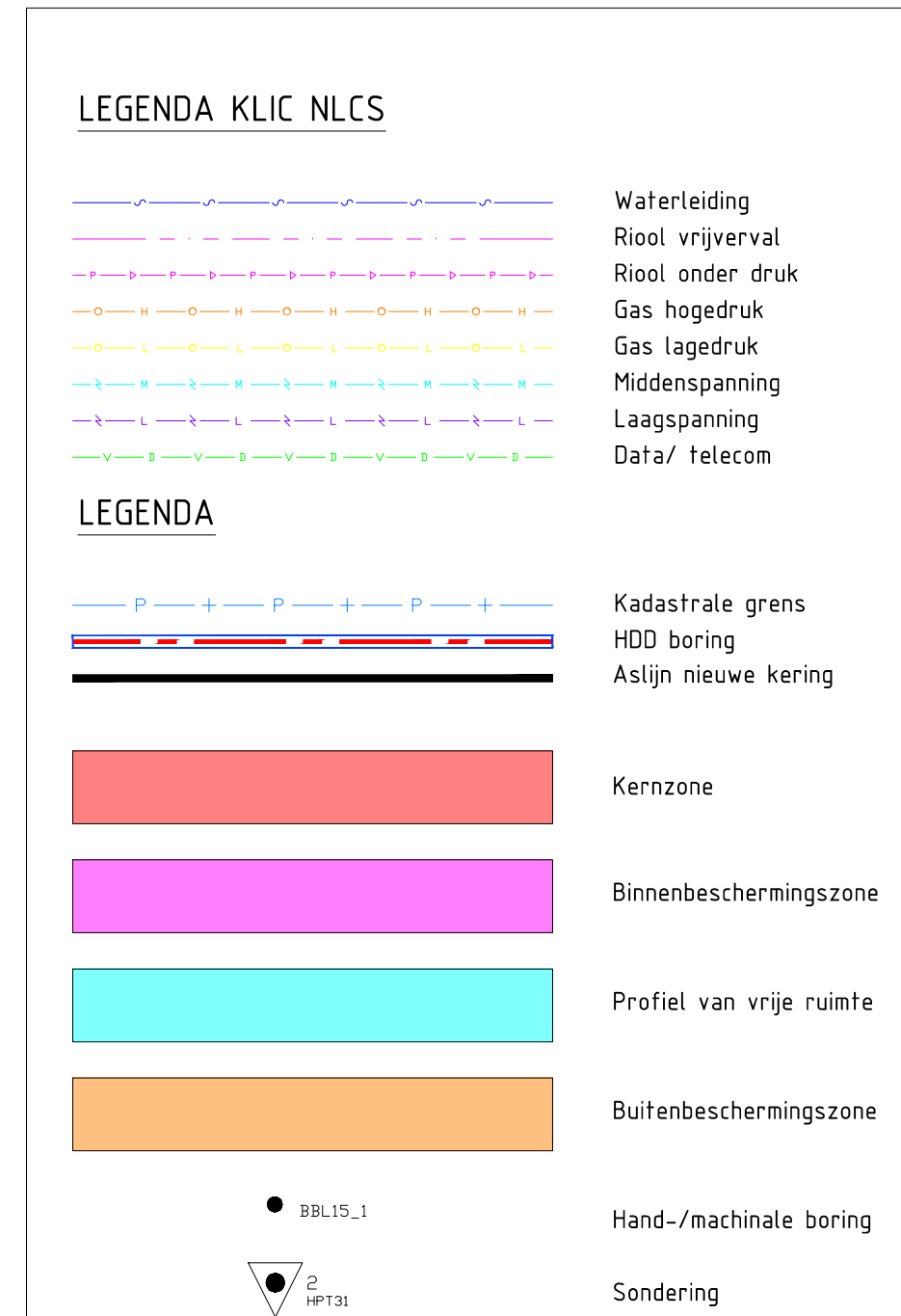
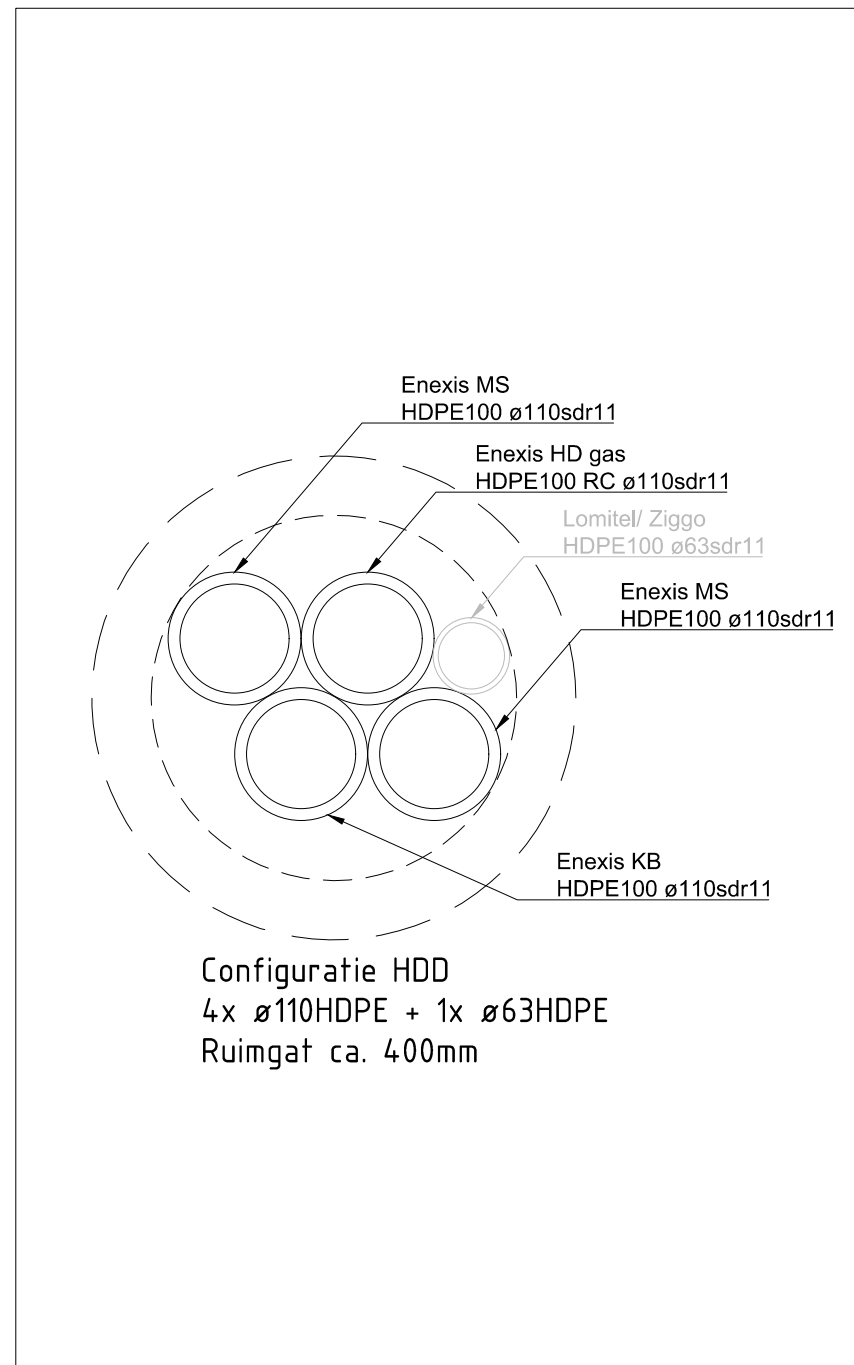
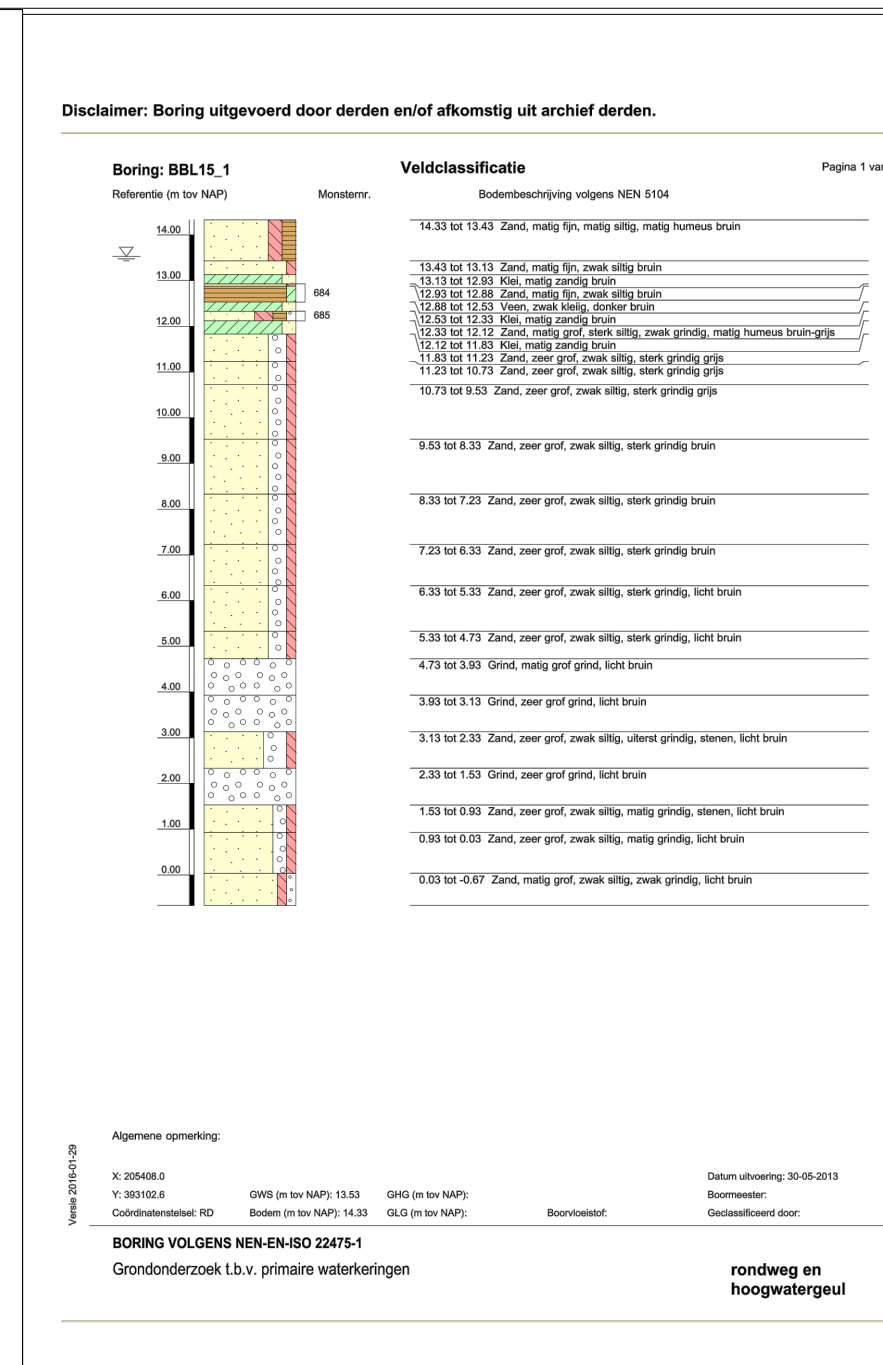
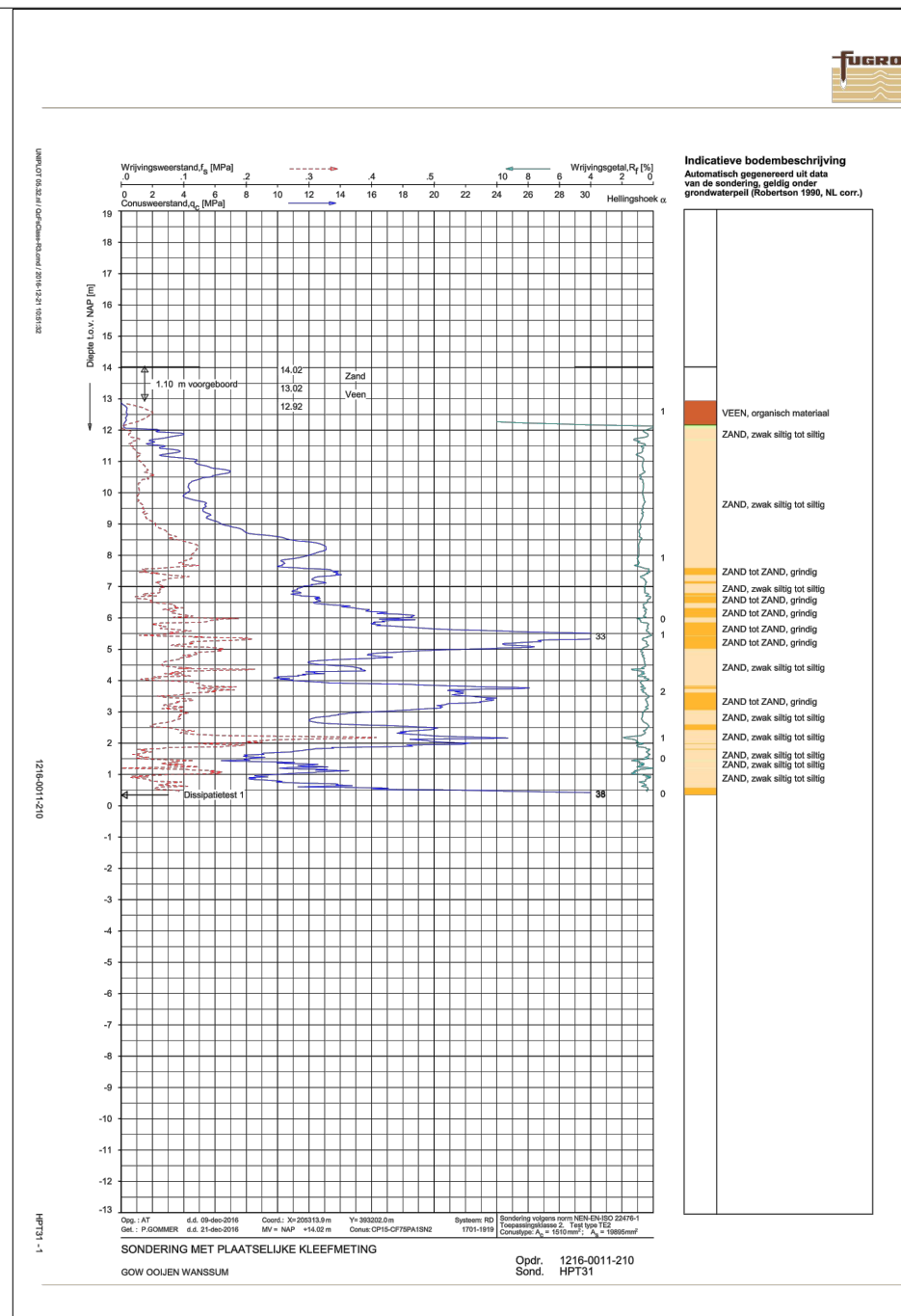
Bovenaanzicht HDD
Schaal 1:500



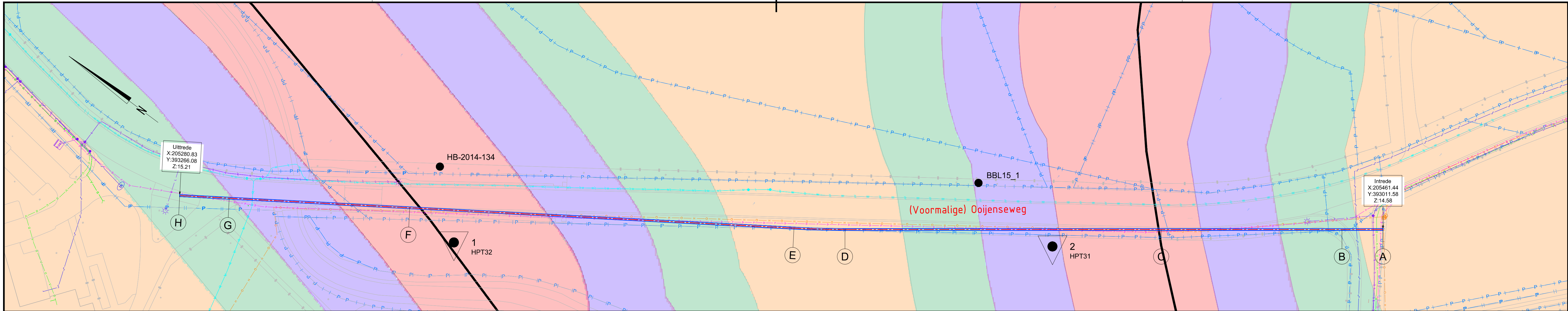
Dwarsprofiel HDD
Schaal 1:500



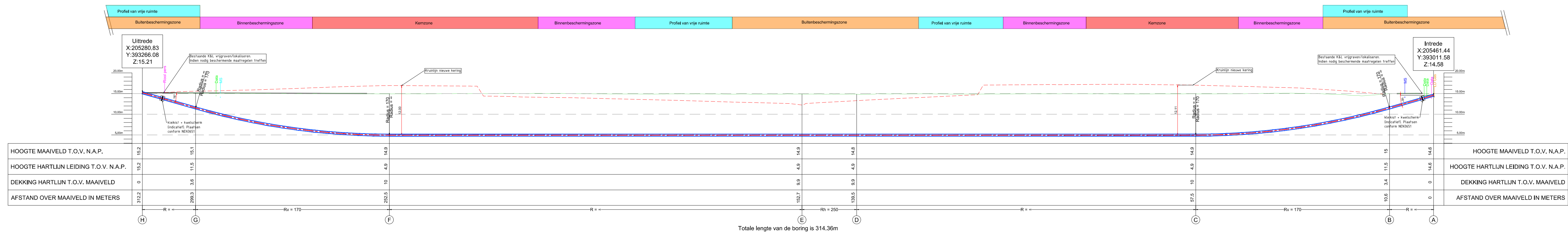
Sondeergratieken



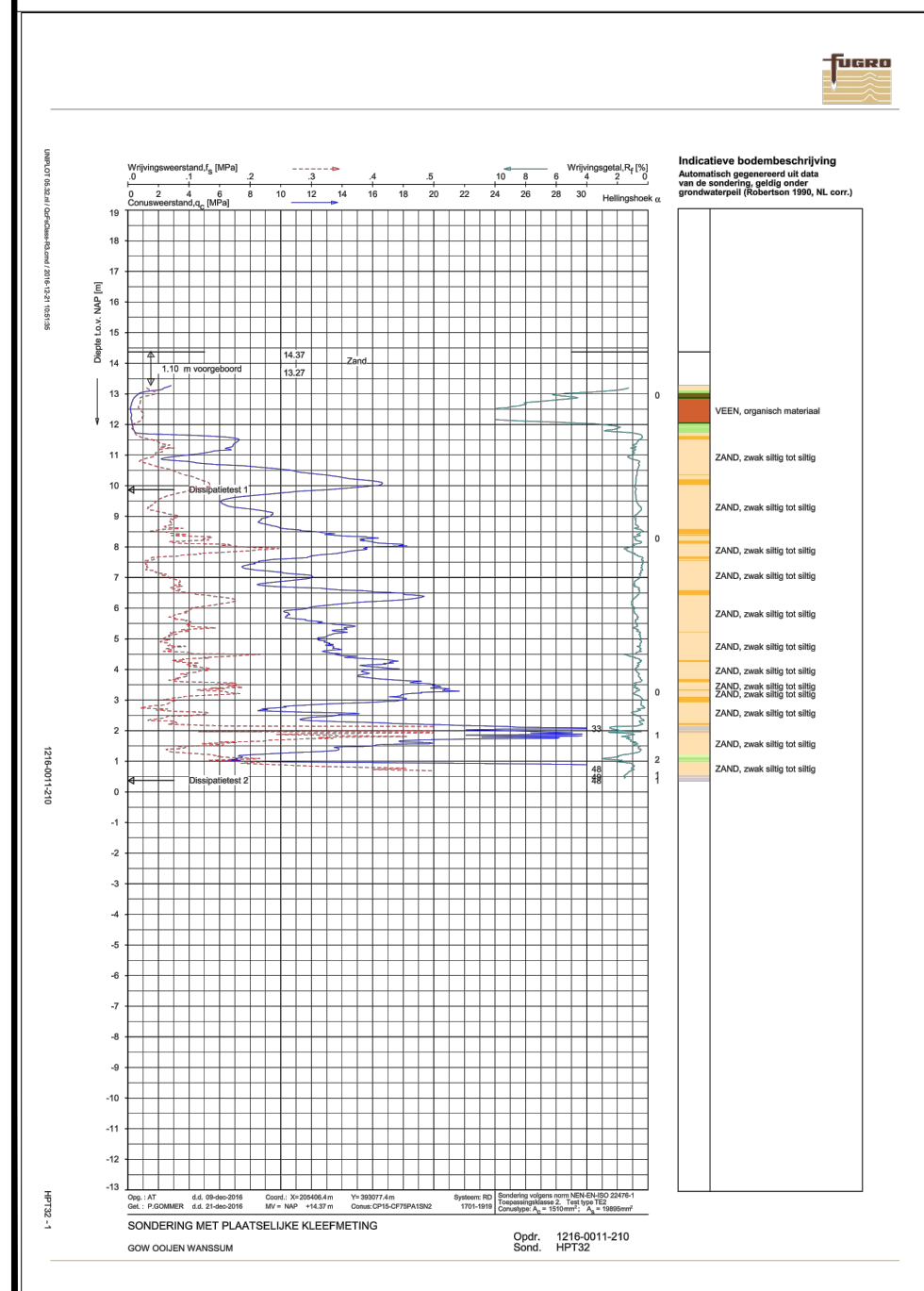
001	06-05-2020	Definitief t.b.v. vergunningaanvraag	MaTu	HvH
Versie	Datum	Wijziging	Get.	Gez.
In opdracht van:				
Enexis Heierkerweg 3 5928RM, Venlo				
Vervraagd door:				
VHW Engineering BV Focus op ondergrondse kabels en leidingen				
VHW Engineering BV Heiltheuvelweg 11 5222 AV 's-Hertogenbosch				
Project:				
Dijkovergang Blitterswijk Ooijenseweg				
Omschrijving:				
Gestuurde boring 4x HDPE100 ø110sdr11 (Enexis) 1x HDPE100 ø63 sdr11 (Lomitel/Ziggo)				
Schaal: divers				
Formaat: A1				
Datum: 30-04-2020				
Projectnr: 2020-003-002				
Status:				
Definitief				
Tekeningnr:				
2020-003-002-TEK-HDD1a-v1.0				



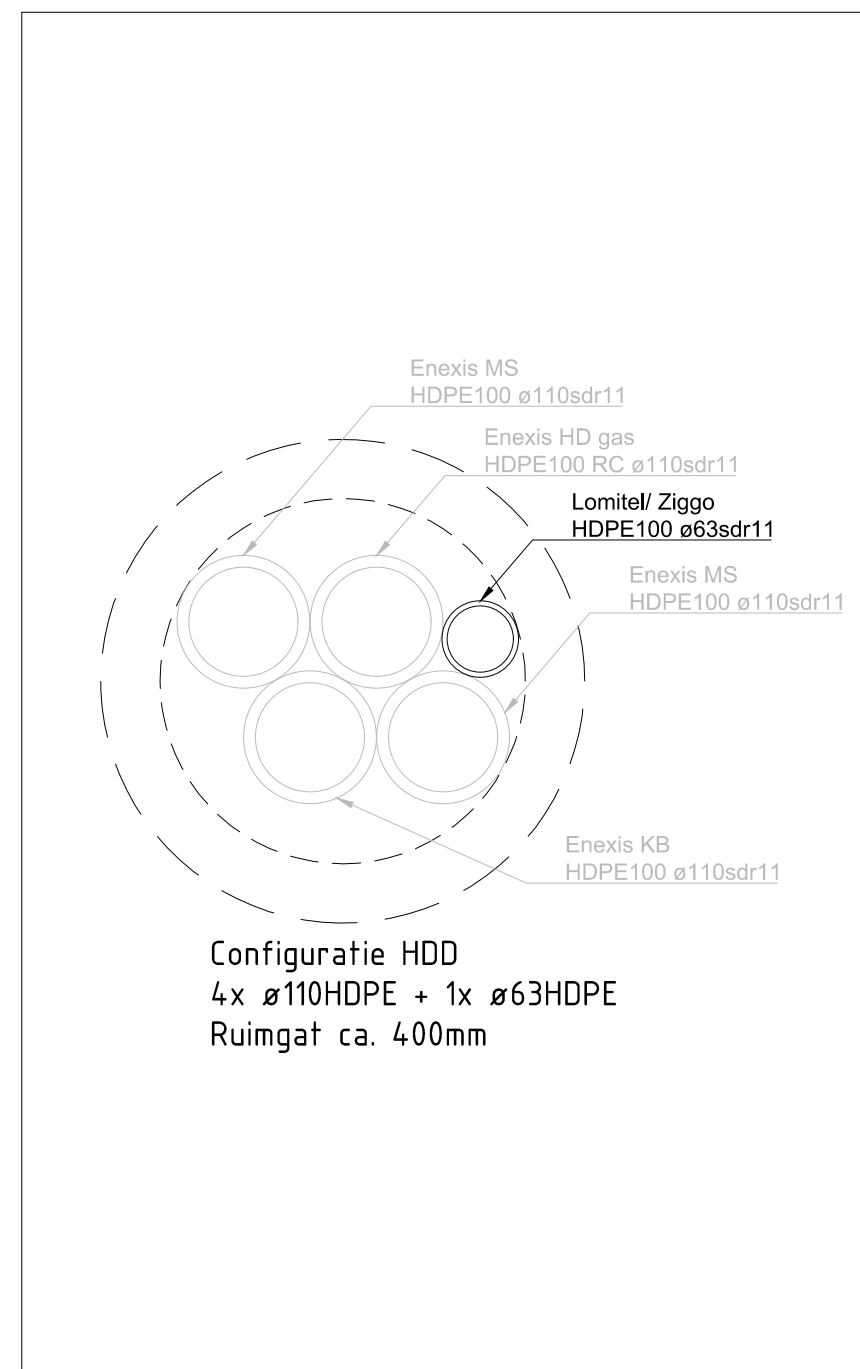
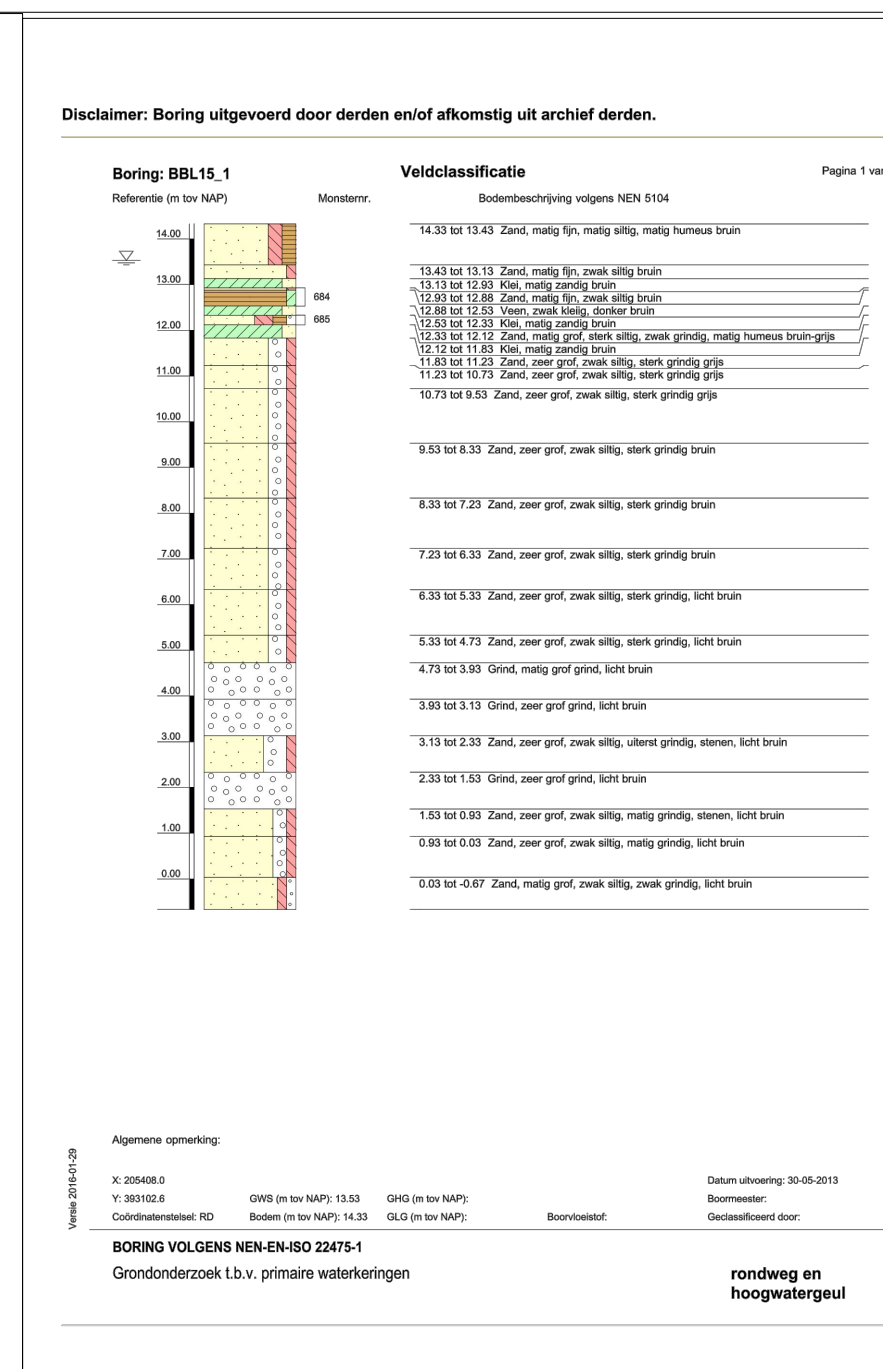
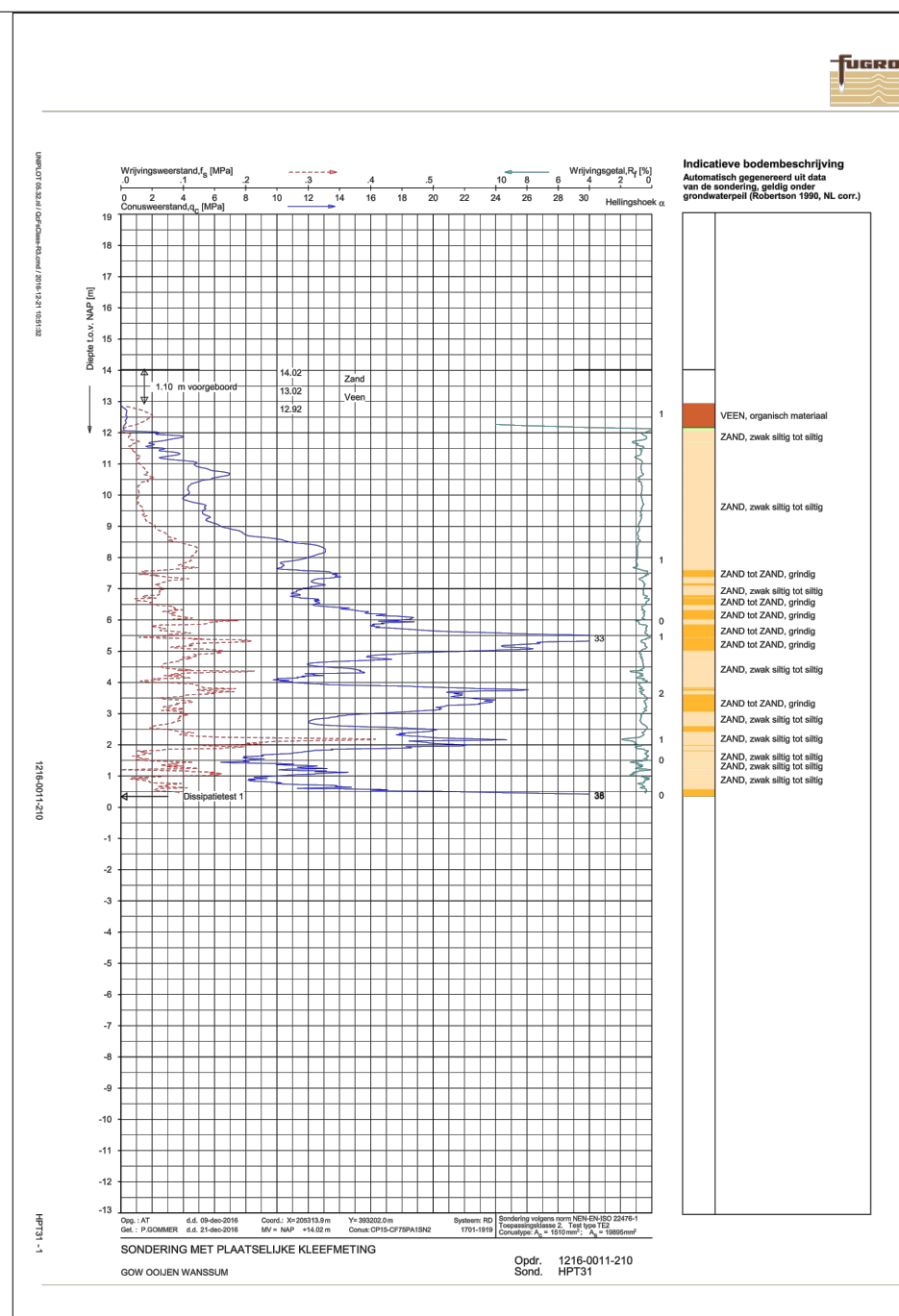
Bovenaanzicht HDD
Schaal 1:500



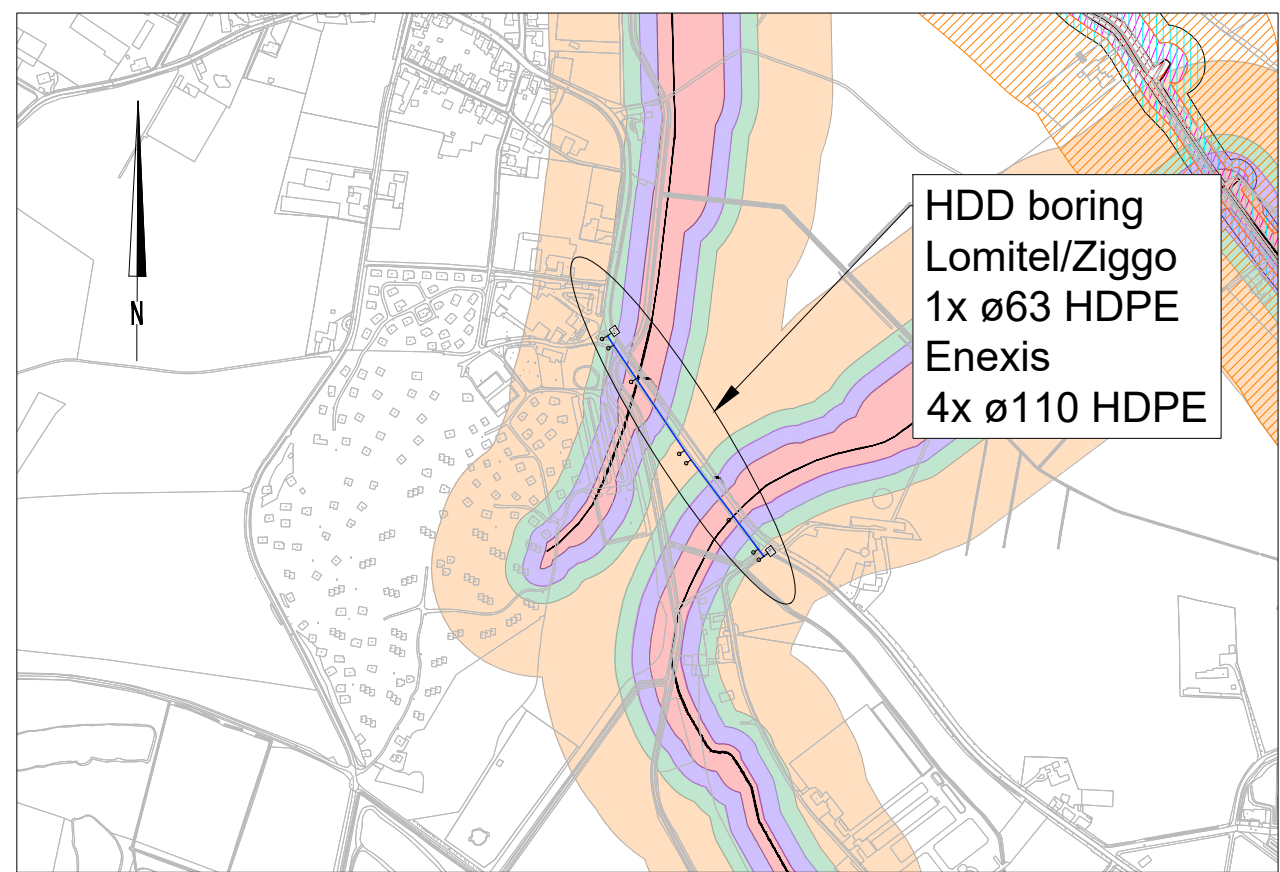
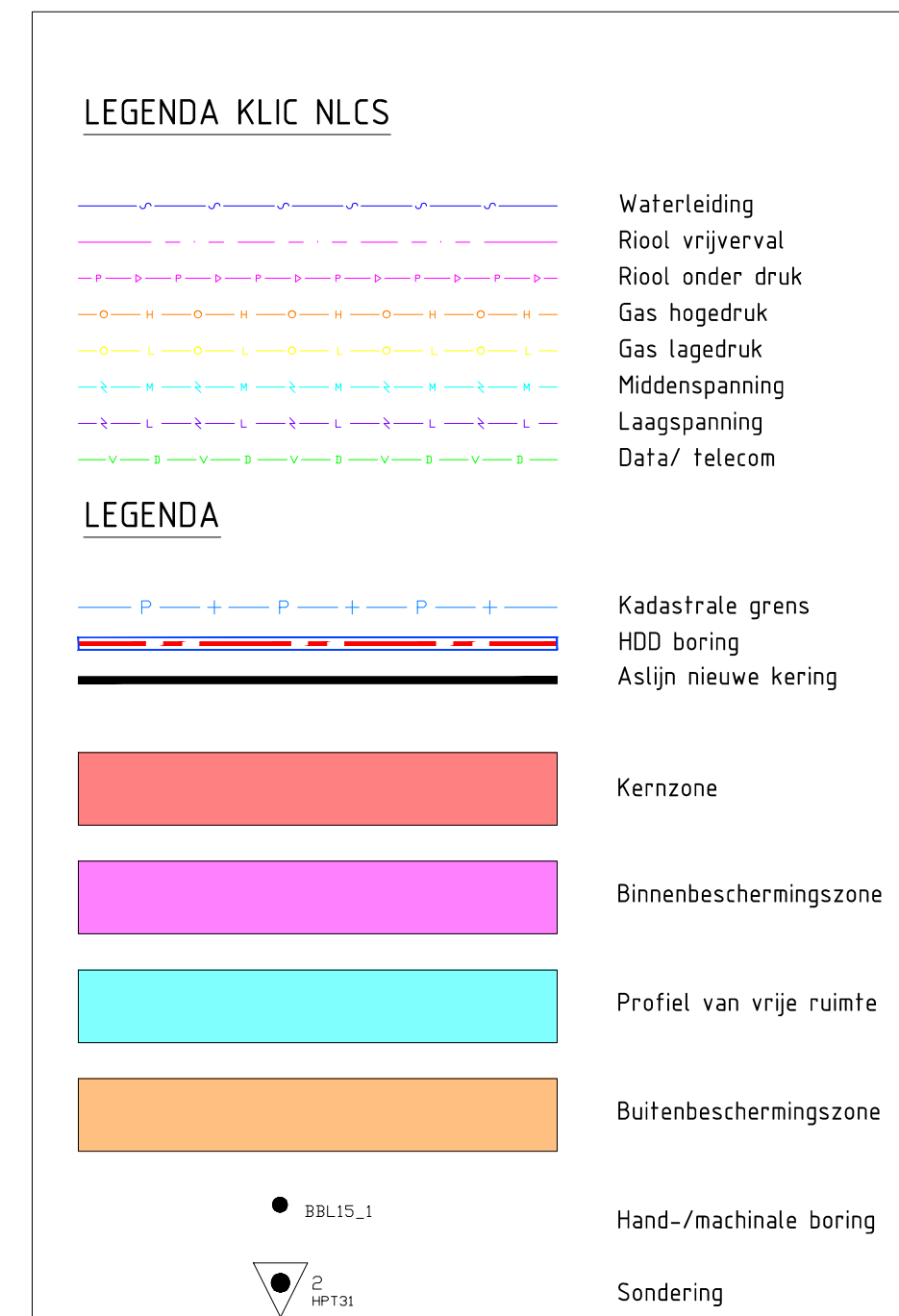
Dwarsprofiel HDD
Schaal 1:500



Sondeergratieken



COORDINATENLIST			
	X	Y	Z(NAP)
A	205461.44	393011.58	14.58
B	205465.04	393000.08	11.53
C	205426.85	393067.52	4.94
D	205377.25	393123.02	4.94
E	205369.88	393153.70	4.94
F	205314.19	393216.54	4.94
G	205298.01	393255.41	11.53
H	205280.83	393266.08	15.21

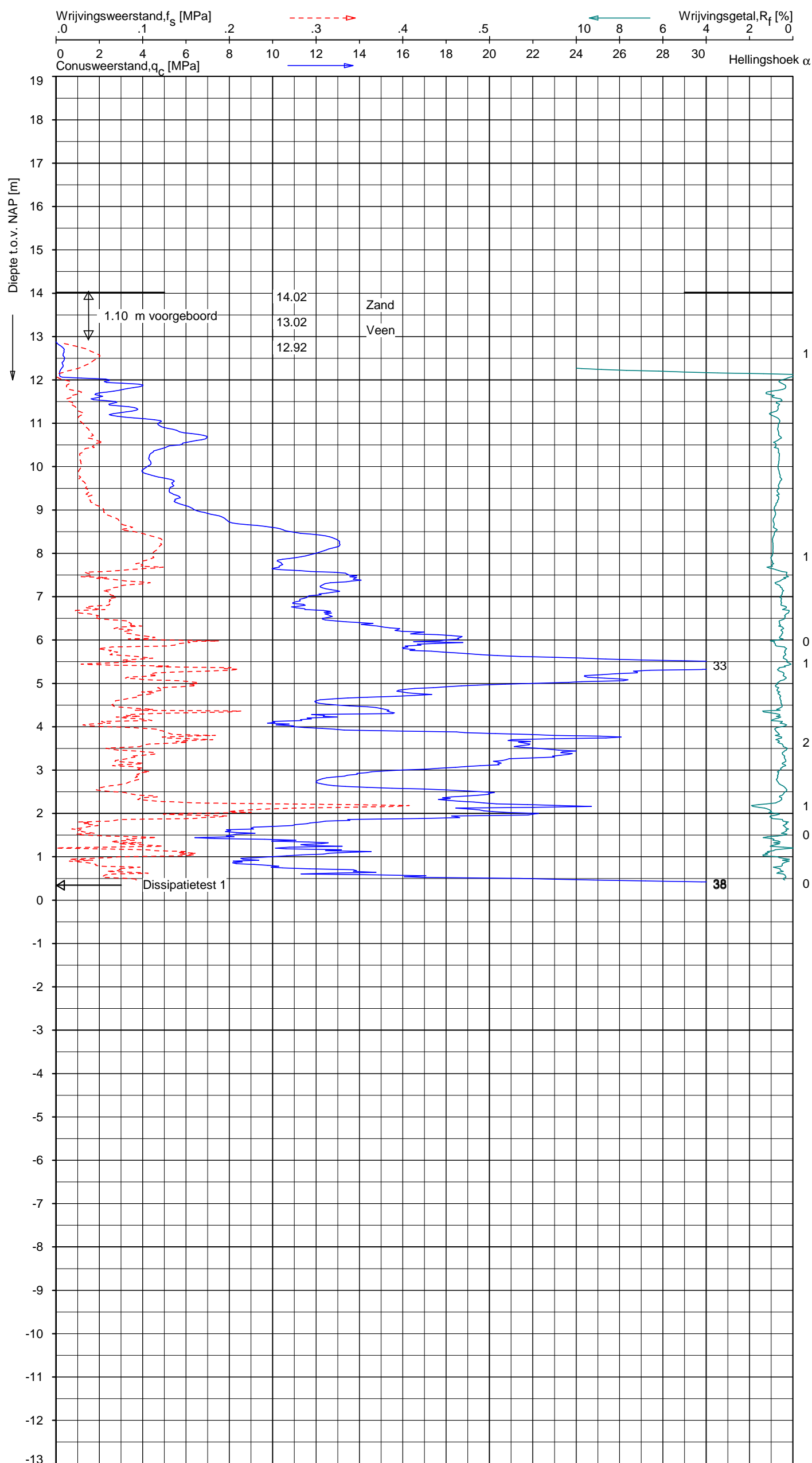


001	06-05-2020	Definitief t.b.v. vergunningaanvraag	MaTu	HvH
Versie	Datum	Wijziging	Get.	Gez.
In opdracht van: Lomitel / Ziggo				
Vervaardigd door: VHW Engineering BV				
Focus op ondergrondse kabels en leidingen				
VHW Engineering BV Heiltheuvelweg 11 5222 AV 's-Hertogenbosch				
www.vhwengineering.nl info@vhwengineering.nl				
Project: Dijkovergang Blitterswijk Ooijenseweg				
Omschrijving: Gestuurde boring 1x HDPE100 ø63 sdr11 (Lomitel/Ziggo) 4x HDPE100 ø110sdr11 (Enexis)				
Schaal: divers Formaat: A1 Datum: 2020-03-02 Projectnr: 2020-003-002 Status: Definitief Tekeningnr: 2020-003-002-TEK-HDD1b-v1.0				

Bijlage 2: Luchtfoto's

Bijlage 3: Grondmechanisch onderzoek

- Sonderingen en boringen Dinoloket
 - 1216-0011-210_HPT32_000
 - 1216-0011-210_HPT31_000
 - BBL15_1
 - HB-2014-135



Indicatieve bodembeschrijving
Automatisch gegenereerd uit data
van de sondering, geldig onder
grondwaterpeil (Robertson 1990, NL corr.)



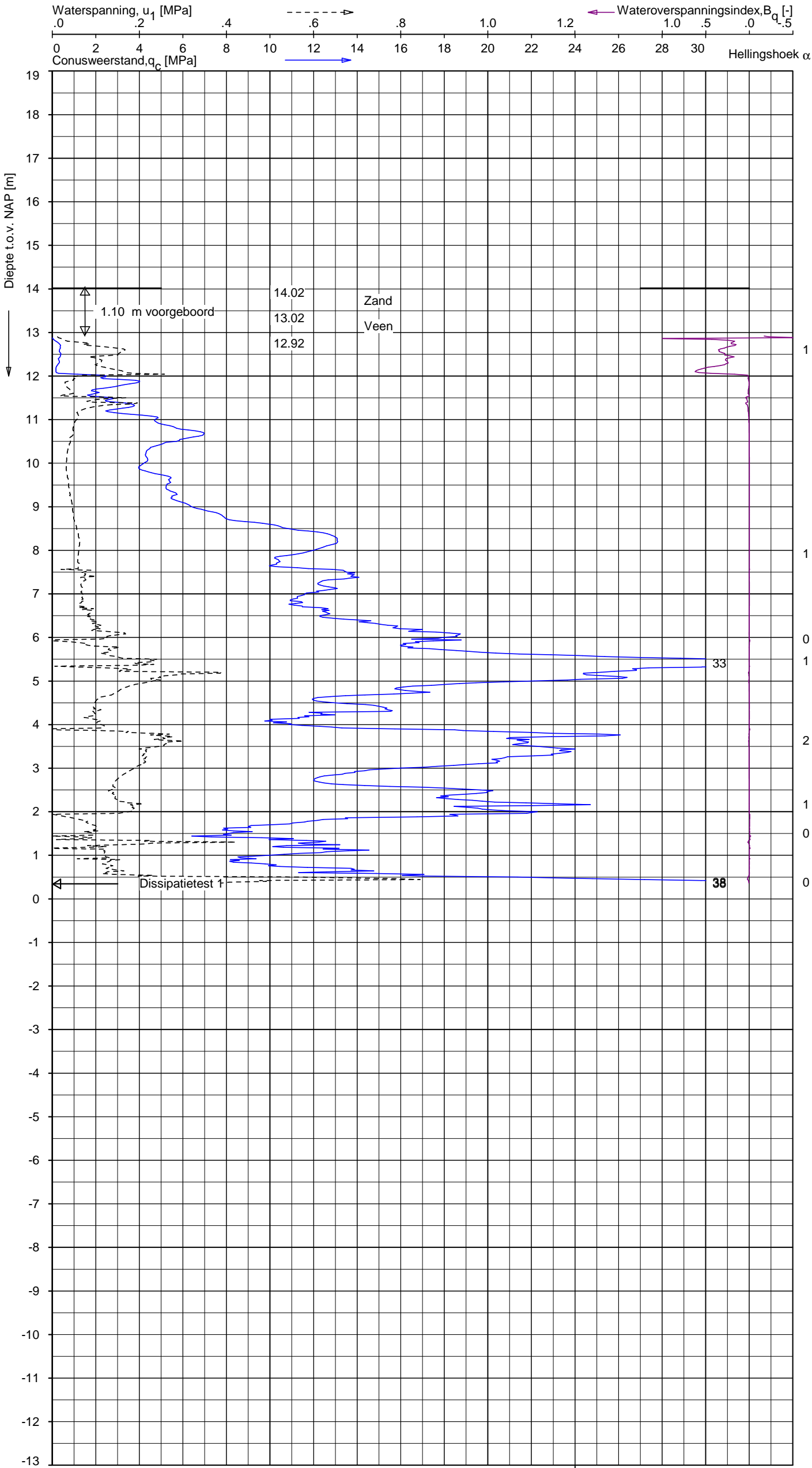
Opg.: AT d.d. 09-dec-2016 Coord.: X=205313.9m Y= 393202.0m Systeem: RD Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1
Get.: P.GOMMER d.d. 21-dec-2016 MV = NAP +14.02 m Conus: CP15-CF75PA1SN2 1701-1919 Toepassingsklasse 2. Test type TE2
Conustype: $A_c = 1510 \text{ mm}^2$; $A_s = 19895 \text{ mm}^2$

SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING

GOW OOIJEN WANSSUM

Opdr. 1216-0011-210
Sond. HPT31

Indicatieve bodembeschrijving
Automatisch gegenereerd uit data
van de sondering, geldig onder
grondwaterpeil (Robertson 1990, NL corr.)

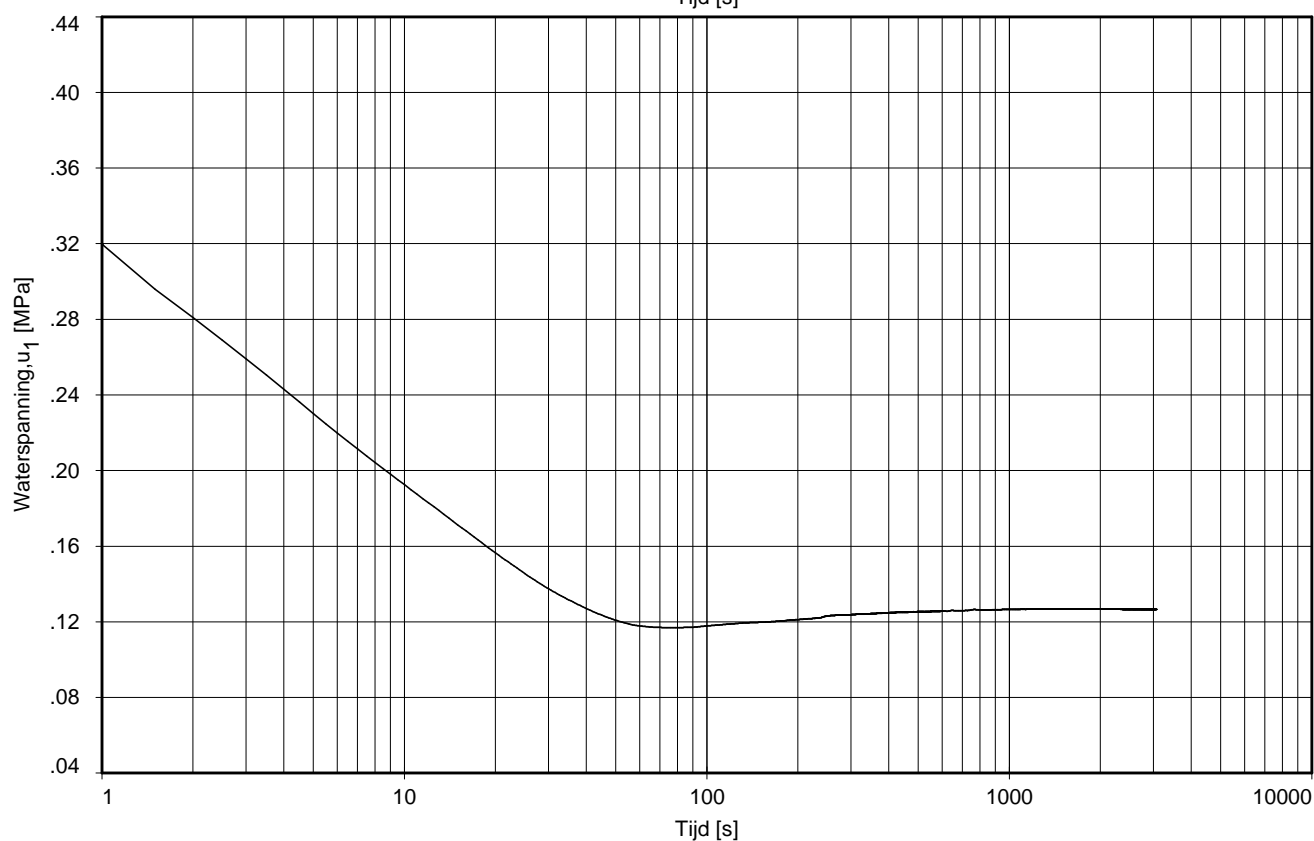
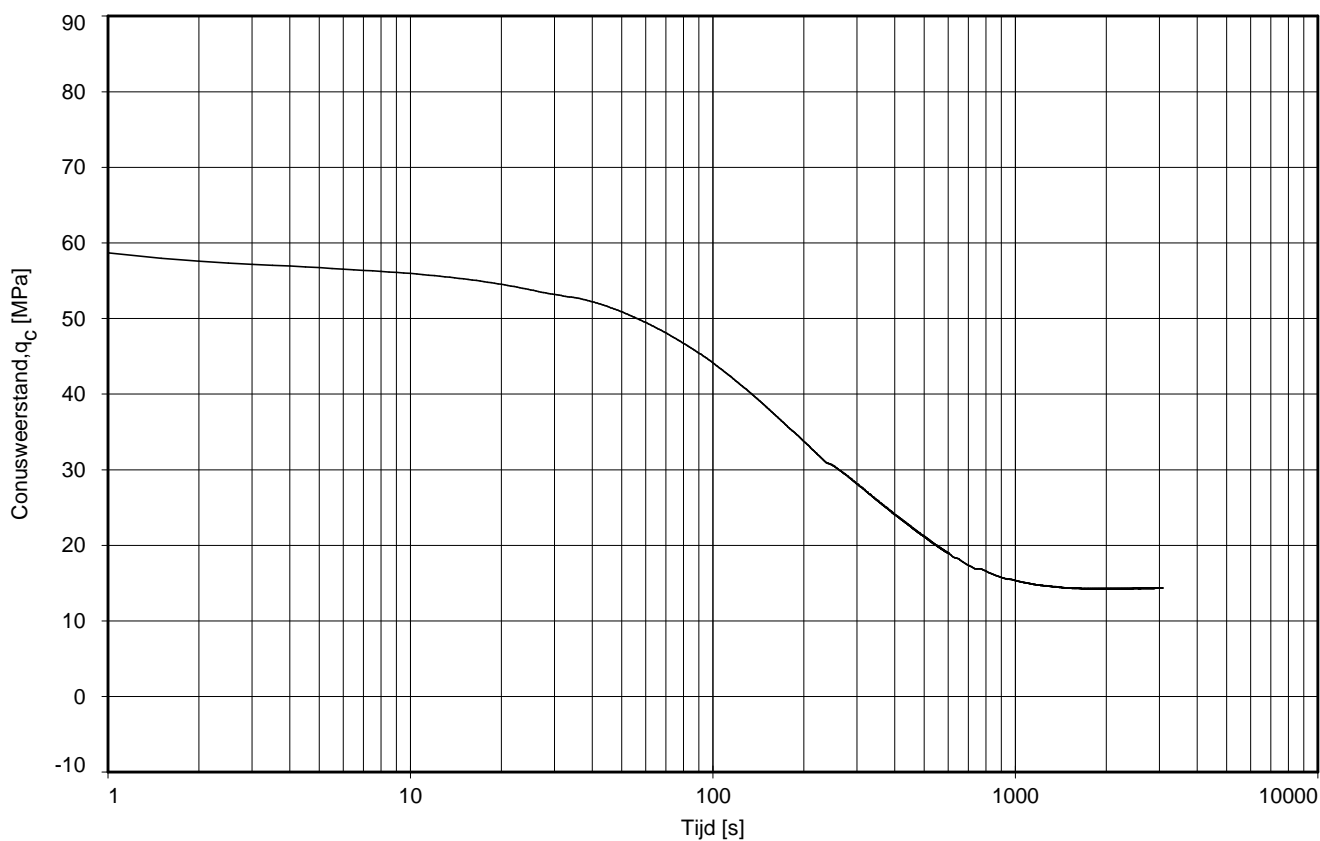


Opg.: AT d.d. 09-dec-2016 Coord.: X=205313.9m Y= 393202.0m Systeem: RD Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1
Get.: P.GOMMER d.d. 21-dec-2016 MV = NAP +14.02 m Conus: CP15-CF75PA1SN2 1701-1919 Toepassingsklasse 2. Test type TE2
Conustype: A_C = 1510 mm²; A_S = 19895 mm²

SONDERING MET WATERSPANNINGSMETING

GOW OOIJEN WANSSUM

Opdr. 1216-0011-210
Sond. HPT31

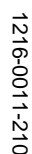


Dissipatietest nummer	:	1				
Dissipatietest diepte	:	NAP	0.33	m	MV = NAP	+14.02m
Waterspanning begin dissipatietest	:		0.351	MPa	Opg. :	AT d.d. 09-dec-2016
Waterspanning einde dissipatietest	:		0.126	MPa	Get. :	P.GOMMER d.d. 21-dec-2016

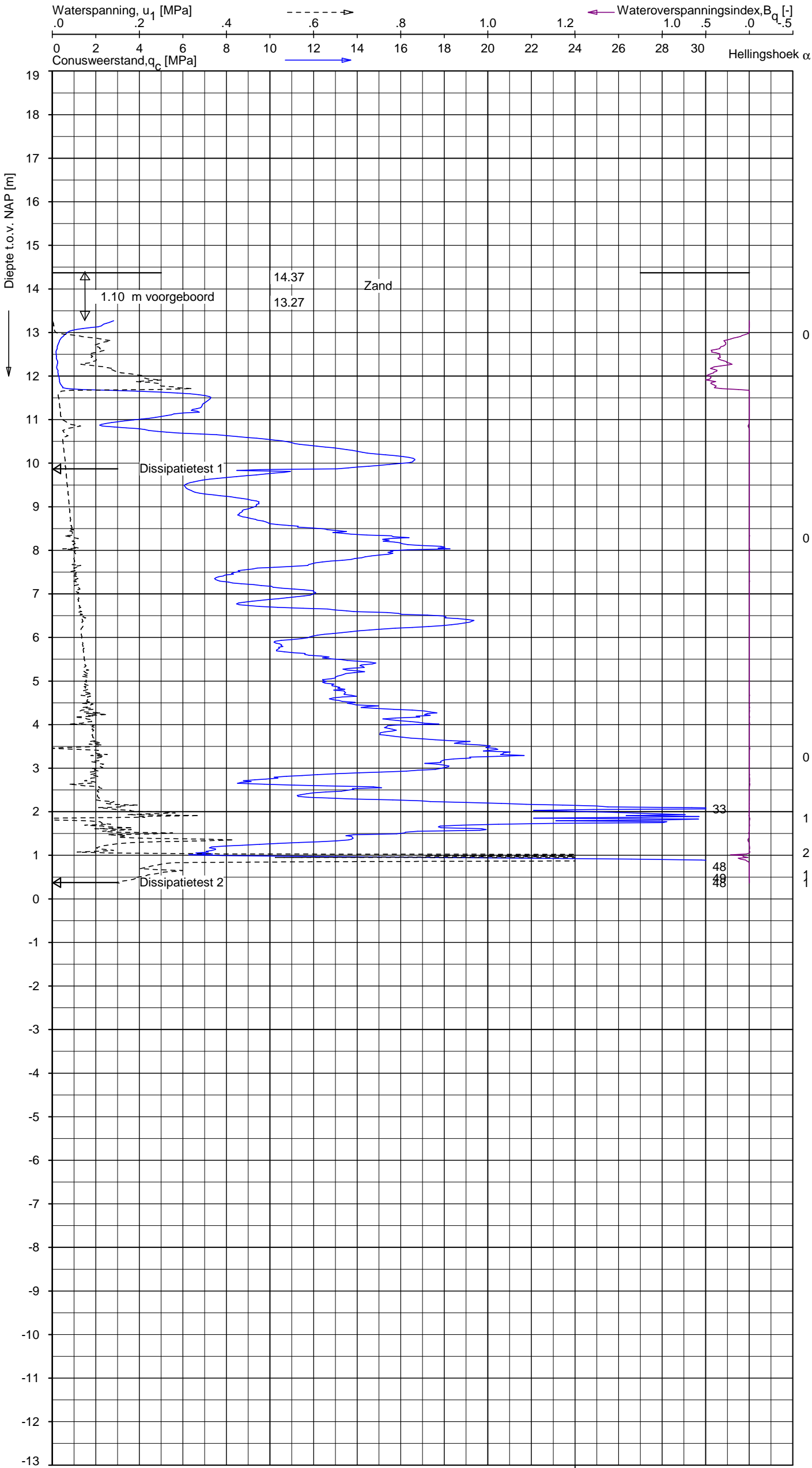
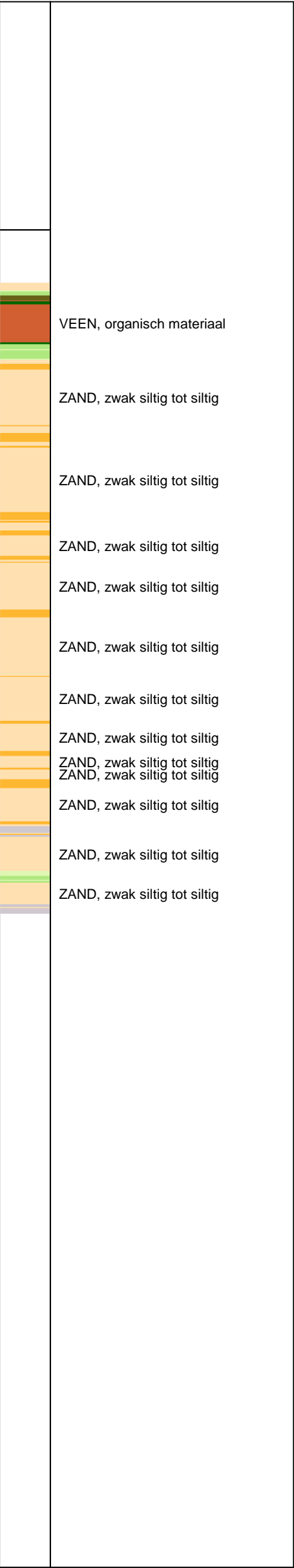
DISSIPATIE TEST

GOW OOIJEN WANSSUM

Opdr. 1216-0011-210
Sond. HPT31

[illegible]

Indicatieve bodembeschrijving
Automatisch gegenereerd uit data
van de sondering, geldig onder
grondwaterpeil (Robertson 1990, NL corr.)

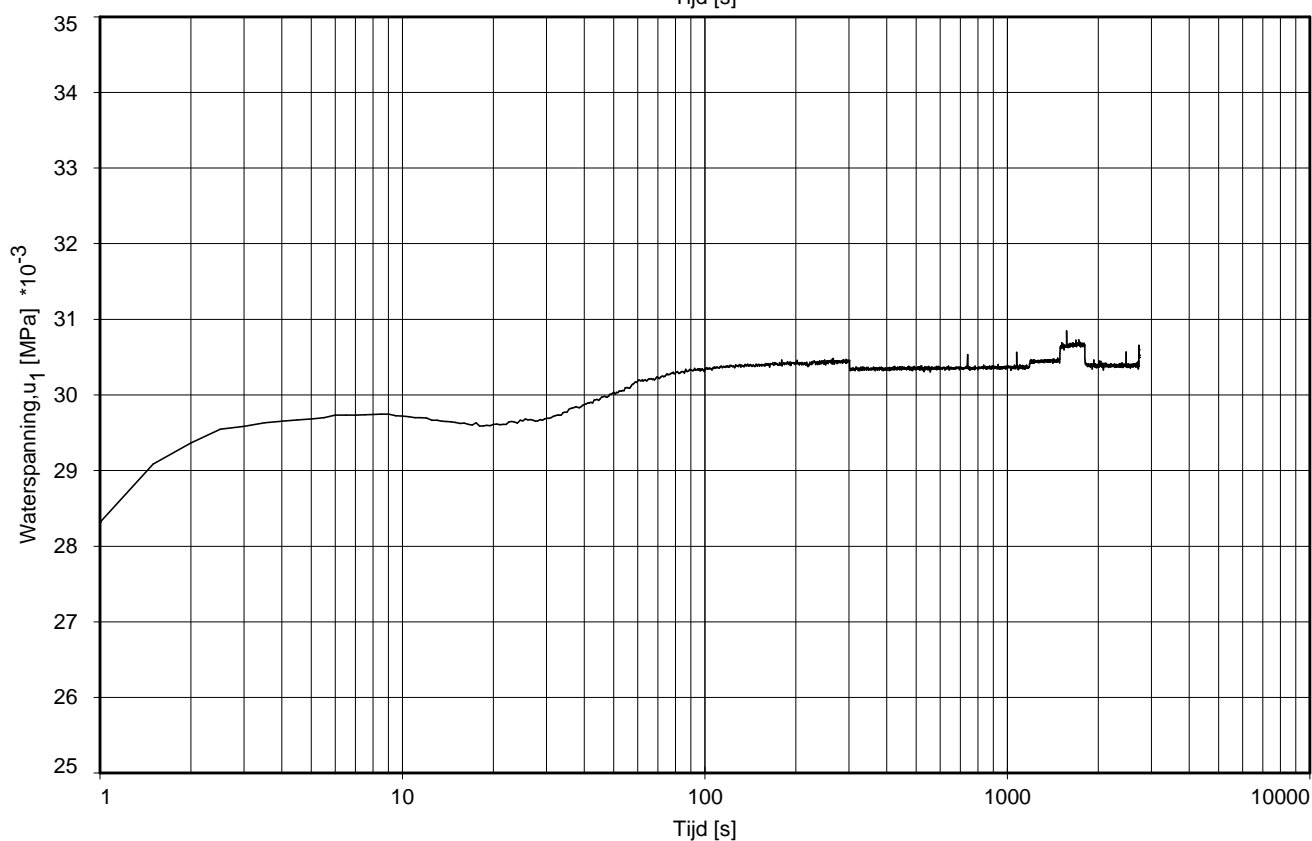
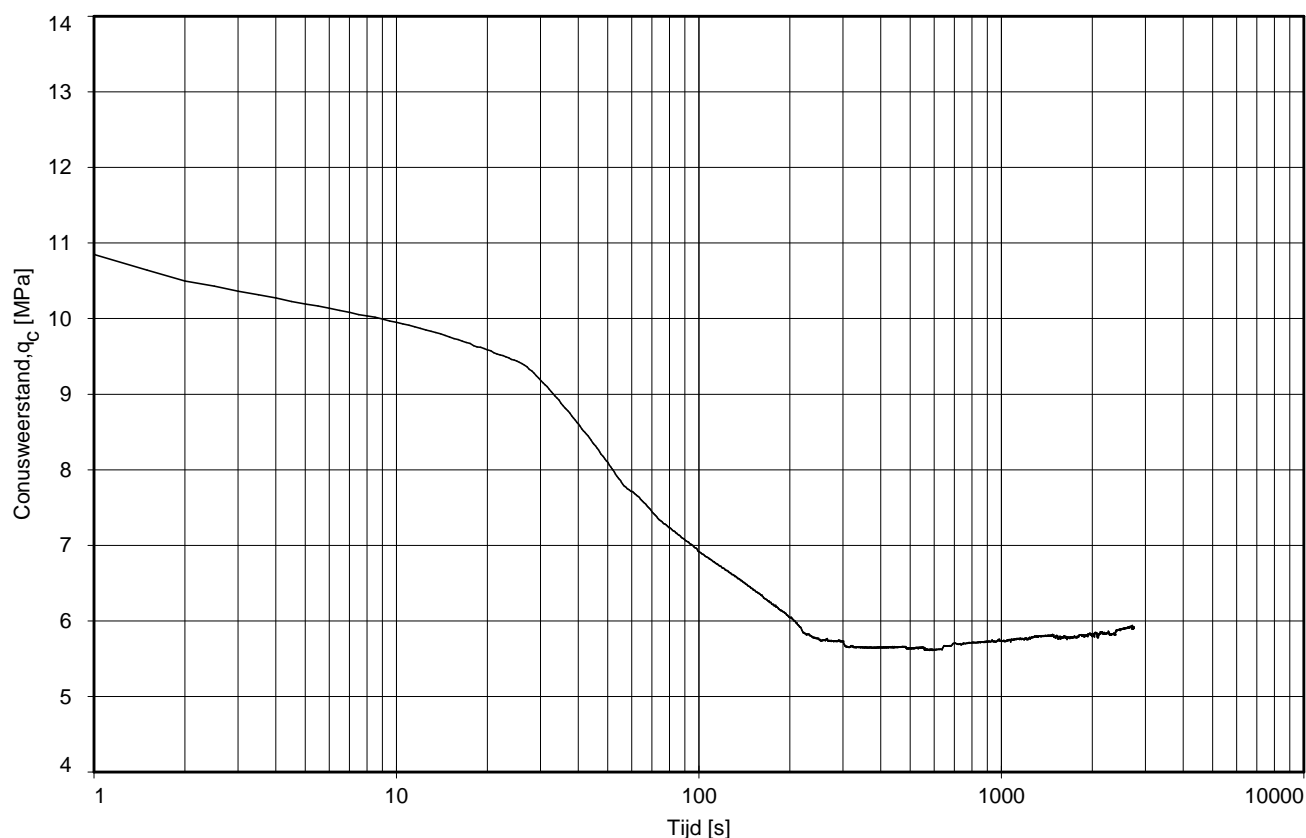


Opg.: AT d.d. 09-dec-2016 Coord.: X=205406.4 m Y= 393077.4 m Systeem: RD Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1
Get.: P.GOMMER d.d. 21-dec-2016 MV = NAP +14.37 m Conus: CP15-CF75PA1SN2 1701-1919 Toepassingsklasse 2. Test type TE2
Conustype: $A_c = 1510 \text{ mm}^2$; $A_s = 19895 \text{ mm}^2$

SONDERING MET WATERSPANNINGSMETING

GOW OOIJEN WANSSUM

Opdr. 1216-0011-210
Sond. HPT32

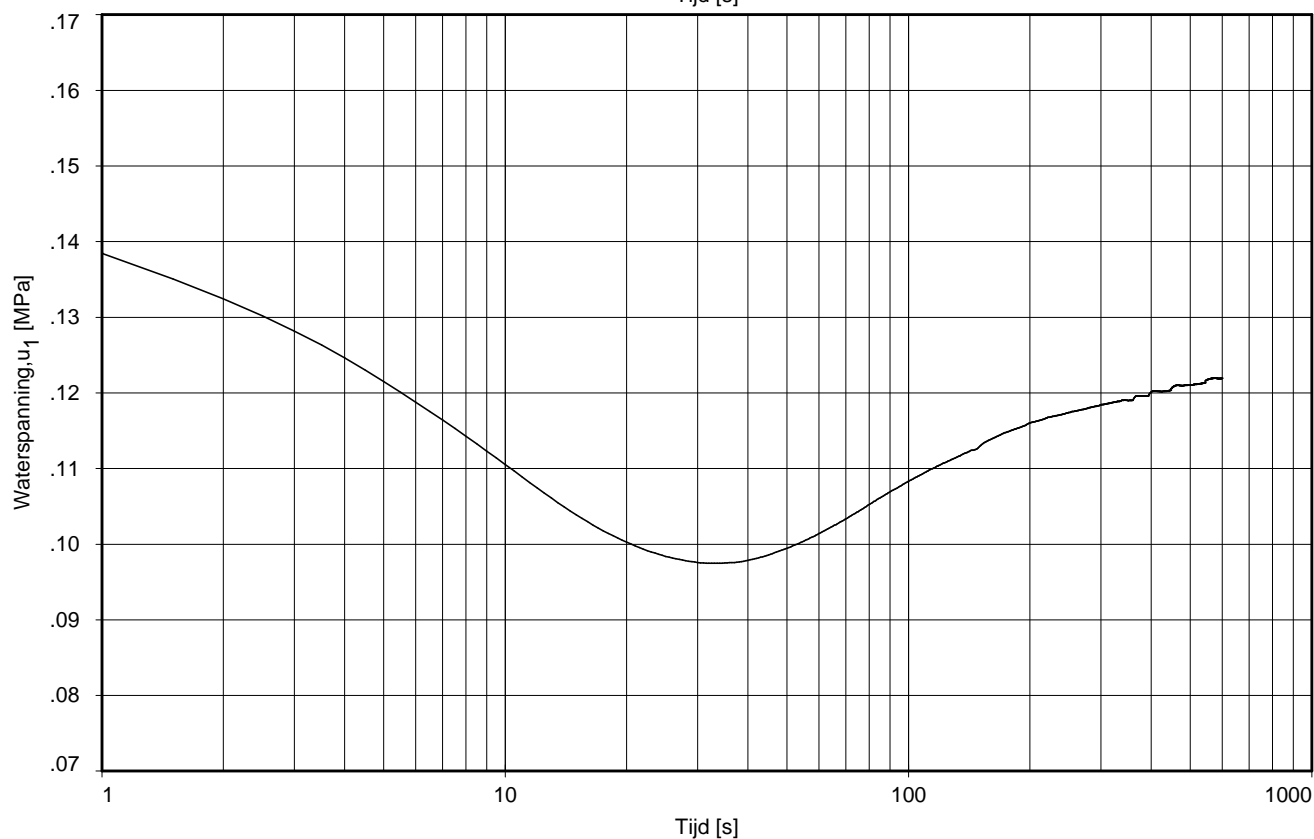
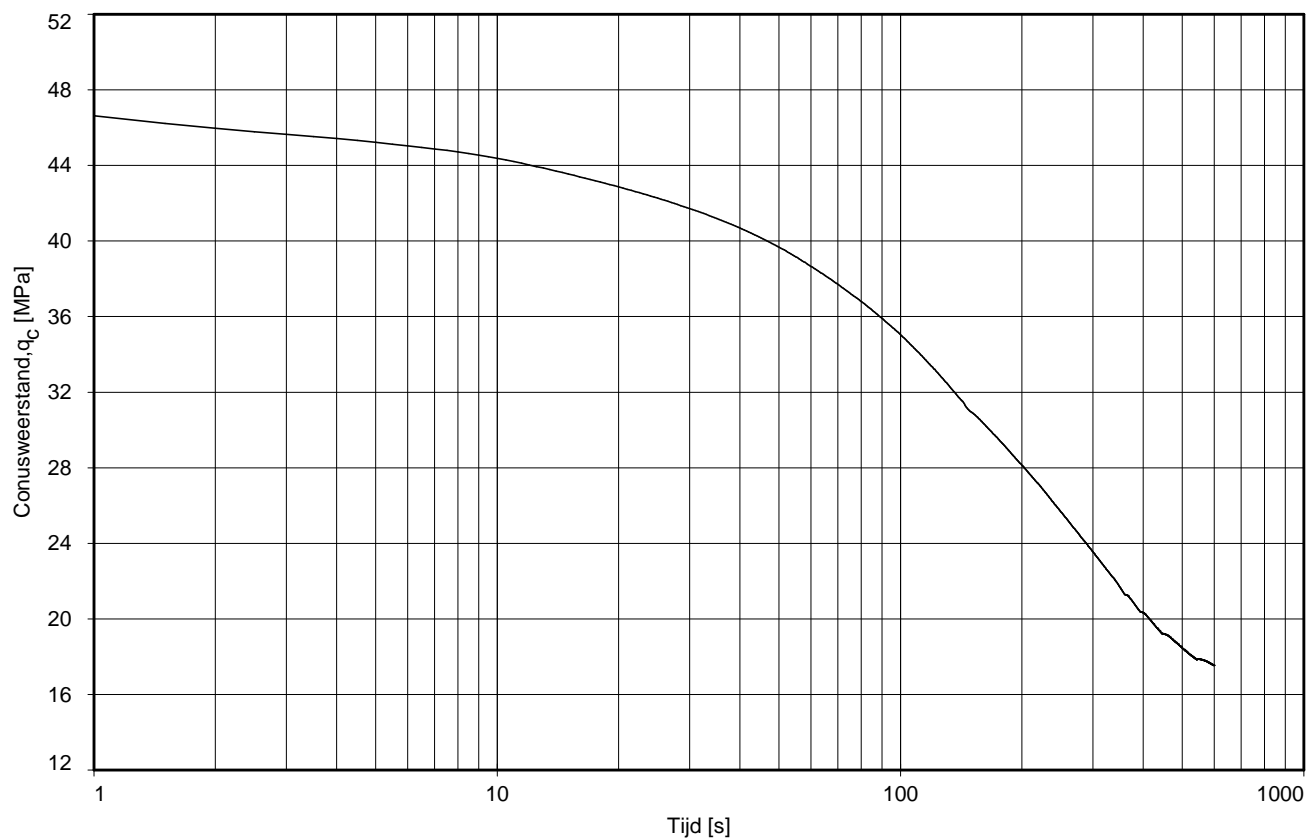


Dissipatietest nummer	:	1					
Dissipatietest diepte	:	NAP	9.85	m		MV = NAP	+14.37m
Waterspanning begin dissipatietest	:		0.031	MPa		Opg. :	AT d.d. 09-dec-2016
Waterspanning einde dissipatietest	:		0.031	MPa		Get. :	P.GOMMER d.d. 21-dec-2016

DISSIPATIE TEST

GOW OOIJEN WANSSUM

Opdr. 1216-0011-210
Sond. HPT32



Dissipatietest nummer	: 2				
Dissipatietest diepte	: NAP	0.36	m	MV = NAP	+14.37m
Waterspanning begin dissipatietest	: 0.150	MPa		Opg. :	AT d.d. 09-dec-2016
Waterspanning einde dissipatietest	: 0.122	MPa		Get. :	P.GOMMER d.d. 21-dec-2016

DISSIPATIETEST

GOW OOIJEN WANSSUM

Opdr. 1216-0011-210
Sond. HPT32

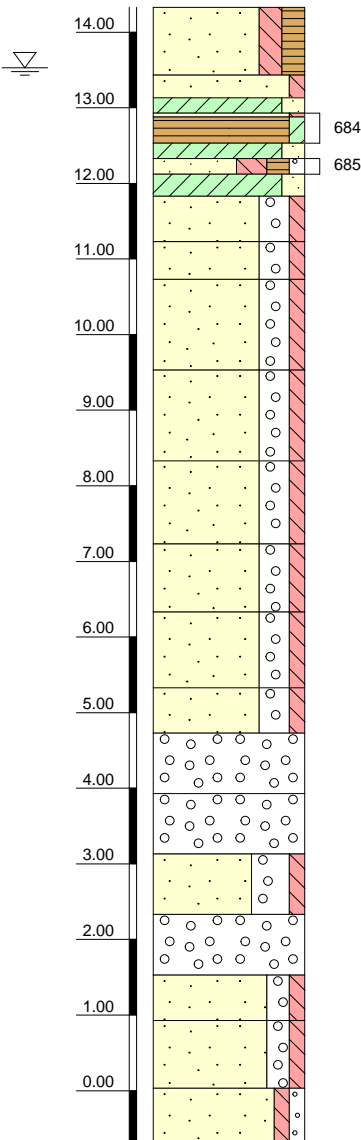
Boring: BBL15_1

Veldclassificatie

Referentie (m tov NAP)

Monsternr.

Bodembeschrijving volgens NEN 5104



14.33 tot 13.43	Zand, matig fijn, matig siltig, matig humeus bruin
13.43 tot 13.13	Zand, matig fijn, zwak siltig bruin
13.13 tot 12.93	Klei, matig zandig bruin
12.93 tot 12.88	Zand, matig fijn, zwak siltig bruin
12.88 tot 12.53	Veen, zwak kleilig, donker bruin
12.53 tot 12.33	Klei, matig zandig bruin
12.33 tot 12.12	Zand, matig grof, sterk siltig, zwak grindig, matig humeus bruin-grijs
12.12 tot 11.83	Klei, matig zandig bruin
11.83 tot 11.23	Zand, zeer grof, zwak siltig, sterk grindig grijs
11.23 tot 10.73	Zand, zeer grof, zwak siltig, sterk grindig grijs
10.73 tot 9.53	Zand, zeer grof, zwak siltig, sterk grindig grijs
9.53 tot 8.33	Zand, zeer grof, zwak siltig, sterk grindig bruin
8.33 tot 7.23	Zand, zeer grof, zwak siltig, sterk grindig bruin
7.23 tot 6.33	Zand, zeer grof, zwak siltig, sterk grindig bruin
6.33 tot 5.33	Zand, zeer grof, zwak siltig, sterk grindig, licht bruin
5.33 tot 4.73	Zand, zeer grof, zwak siltig, sterk grindig, licht bruin
4.73 tot 3.93	Grind, matig grof grind, licht bruin
3.93 tot 3.13	Grind, zeer grof grind, licht bruin
3.13 tot 2.33	Zand, zeer grof, zwak siltig, uiterst grindig, stenen, licht bruin
2.33 tot 1.53	Grind, zeer grof grind, licht bruin
1.53 tot 0.93	Zand, zeer grof, zwak siltig, matig grindig, stenen, licht bruin
0.93 tot 0.03	Zand, zeer grof, zwak siltig, matig grindig, licht bruin
0.03 tot -0.67	Zand, matig grof, zwak siltig, zwak grindig, licht bruin

Algemene opmerking:

X: 205408.0

Y: 393102.6

Coördinatenstelsel: RD

GWS (m tov NAP): 13.53

Bodem (m tov NAP): 14.33

GHG (m tov NAP):

GLG (m tov NAP):

Boorvloeistof:

Datum uitvoering: 30-05-2013

Boormeester:

Geclassificeerd door:

BORING VOLGENS NEN-EN-ISO 22475-1

Grondonderzoek t.b.v. primaire waterkeringen

rondweg en
hoogwatergeul

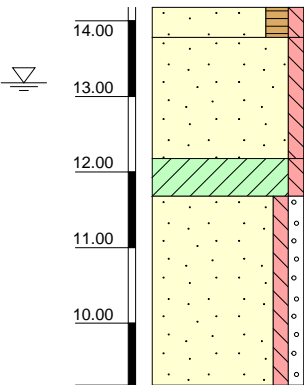
Boring: HB-2014-135

Veldclassificatie

Referentie (m tov NAP)

Monsternr.

Bodembeschrijving volgens NEN 5104



14.18 tot 13.78	Zand, zwak siltig, humeus bruin
13.78 tot 12.18	Zand, matig fijn, zwak siltig rood-bruin
12.18 tot 11.68	Klei, zwak siltig grijs-bruin
11.68 tot 9.18	Zand, matig grof, zwak siltig, zwak grindig grijs

Algemene opmerking:

X: 205327.4

Y: 393216.7

Coördinatenstelsel: RD

GWS (m tov NAP): 13.18

Bodem (m tov NAP): 14.18

GHG (m tov NAP):

GLG (m tov NAP):

Boorvloeistof:

Datum uitvoering: 15-12-2014

Boormeester:

Geclassificeerd door:

BORING VOLGENS NEN-EN-ISO 22475-1

Onderzoek t.b.v. GOW - A074

Bijlage 4: Oriëntatiemelding WION



Datum
09-04-2020 09:18

Onderwerp
**Ontvangstbevestiging Oriëntatieverzoek
200035160**

Blad
1 van 3

Geachte heer, mevrouw,

Het Kadaster heeft een Oriëntatieverzoek ontvangen.

Het meldnummer van de KLIC-melding is: **200035160**

Het ordernummer van de KLIC-melding is: **9811620529/10**

De referentie van de KLIC-melding is: **2020-003**

Hieronder treft u de gegevens aan van de melding en het overzicht, per thema, van beheerders met een belang in het opgegeven gebied. Het is mogelijk dat netbeheerders meerdere thema's in beheer hebben.

Uit de brief die u ontvangt bij de levering, kunt u opmaken voor welke thema's deze netbeheerders informatie hebben geleverd en of er een Eis Voorzorgsmaatregel van toepassing is waarvoor u contact met de netbeheerder dient op te nemen.

Let op: met een Oriëntatieverzoek kunt u in een vroeg stadium inzicht krijgen in de ligging van kabels en leidingen. Met een Oriëntatieverzoek mag u echter geen graafwerkzaamheden verrichten.

Gegevens aanvrager

Naam	Tube
E-mailadres	mtube@vhwengineering.nl
Relatienummer	605534
Bedrijf	VHW Engineering B.V.
Adres	Victorialaan 15-Locatie C
Postcode / Plaats	5213JG, 'S-HERTOGENBOSCH
Land	Nederland
Telefoon	(06) 30 77 26 00
Datum aanvraag	09-04-2020 09:18

Aard graafwerkzaamheden Persing/boring

Oriëntatiegebied

RD-coördinaten	[(205183,393328), (205184,392958), (205562,392953), (205560,393329), (205183,393328)]
Dichtstbijzijnd adres	Ooijenseweg 14-196, 5863AM Blitterswijk

Overzicht van beheerders met een belang in het opgegeven gebied:



Datum
09-04-2020 09:18

Onderwerp
Ontvangstbevestiging Oriëntatieverzoek
200035160

Blad
2 van 3

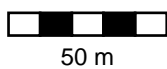
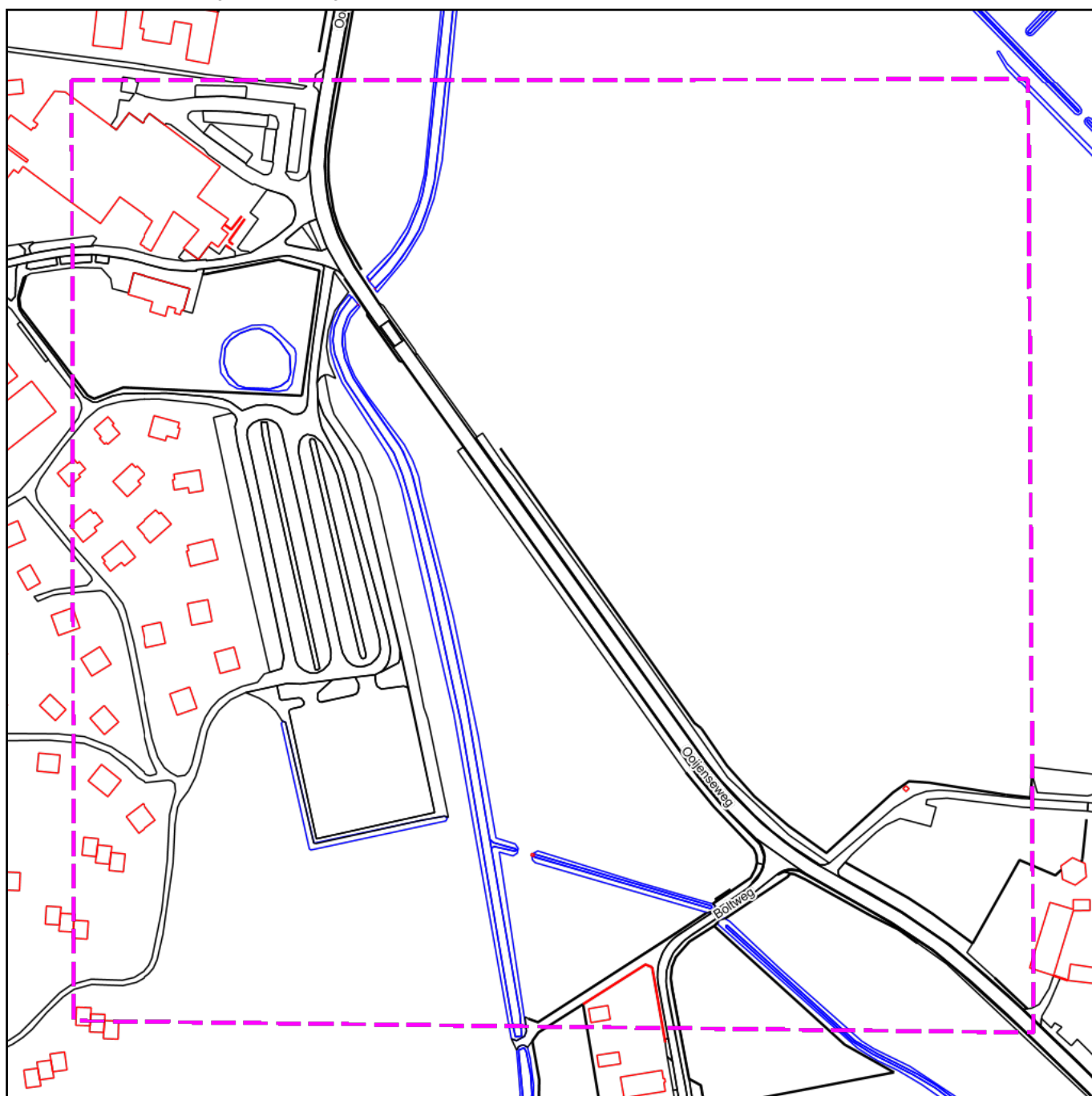
Beheerder	Contactpersoon	E-mail	Tel	Fax	Thema
Enexis Netbeheer B.V.	KLICINFO	klicinfo@enexis.nl	0888577271		gas hoge druk gas lage druk laagspanning middenspanning
Gemeente Venray	Jan Raedts	jan.raedts@venray.nl	(0478) 52 33 33		riool onder druk riool vrijverval datatransport laagspanning wees overig
Waterschapsbedrijf Limburg p/a	J. Bohlen, WML	Klicinfo@wml.nl	0438808200		riool onder druk riool vrijverval
Cif p/a NKM Network Services B.V.	Kappers	klic.algemeen@nkm.nl	0318531594		datatransport laagspanning warmte
KPN B.V.	Klic	orderintakeplan@kpn.com	(030) 255 33 34		datatransport
NV Waterleidingmaatschappij Limburg	Orientatie	KLICWIBON@WML.nl	0438808671		datatransport laagspanning water
Reggefiber Operator B.V.	Reggefiber ttH B.V.	klic-reggefiber@kpn.com	088-0063767		datatransport
Spitters Electrotechniek B.V.	van Aerle	wion-klic@spitters.nl	0402580830		datatransport
Ziggo B.V.	Network Inventory Management	klic@vodafoneziggo.com	088-7174401		datatransport

Wij vertrouwen erop u hiermee voldoende te hebben geïnformeerd.

Met vriendelijke groet,

Kadaster Klantcontactcenter
klic@kadaster.nl
(0800) 00 80

Grafische weergave van het gebied:

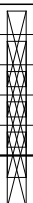






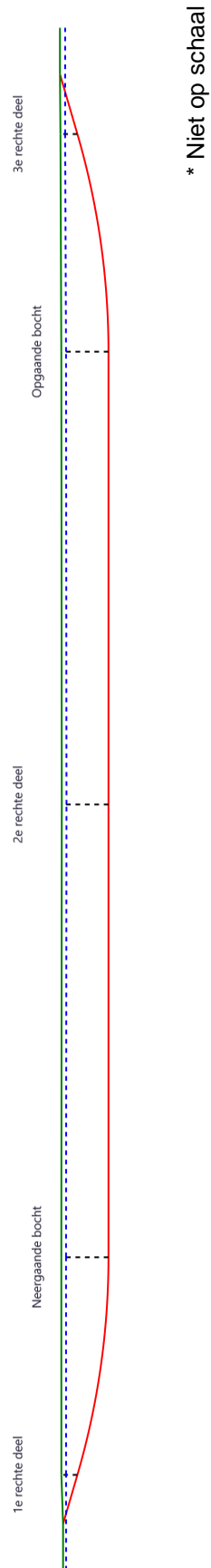
Bijlage 5: Sterkte- en muddrukberekeningen

Sterkteberekening van een horizontaal gestuurde boring conform NEN 3650/3651:2012		Sigma 2018 1.5 ©	
Algemene gegevens			
Naam van het project : Enexis - Lomitel/Ziggo Ooijenseweg Blitterswijck			
Projectonderdeel : Enexis 4x HDPE ø110sdr11 (drukloos)			
Materiaalgegevens			
Materiaalsoort:	PE		
Kwaliteit:	PE 100 SDR 11		
Lange-duur treksterkte	MRS	= 10	N/mm²
Materiaalfactor	γ_M	= 1,25	-
Toelaatbare langeduur spanning	$\bar{\sigma}_t$	= 8,00	N/mm²
Elasticiteitsmodulus korte duur	E	= 975	N/mm²
Elasticiteitsmodulus lange duur	E'	= 350	N/mm²
Lineaire uitzettingscoëfficiënt	α_g	= 16,0·10 ⁻⁵	mm/(mm·K)
Alfa Tangentiëel / Alfa Axiaal	α_σ	= 0,65	-
Soortelijk gewicht buis	ρ_L	= 9,55	kN/m³
Toelaatbare deflectie	δ	= 8	%
Leidinggegevens			
Uitwendige middellijn	D _e	= 110,00	mm
Wanddikte	d _n	= 10	mm
Procesgegevens			
Soort leiding (Vloeistof / Gas / Drukloos)		= Drukloos	
Uitvoeringsaspecten, tracé boring, in- en uittredehoeken, onzekerheids- en wrijvingsfactoren			
Percentage omtrek in aanraking met bentoniet		= 100	%
Soortelijk gewicht boorvloeistof	ρ_m	= 11,5	kN/m³
Zwichtspanning boorvloeistof	τ_y	= 15	Pa
Leiding wordt niet verzwaaard t.p.v. rollenbaan			
Leiding wordt niet verzwaaard t.p.v. boorgang			
Diameter ruimer ivm boorspoeldruk	D _g	= 400	mm
Diameter boorstang	D _b	= 73	mm
Totale lengte	L	= 314,39	m
Lengte 1e rechte deel	L ₁	= 11,03	m
Lengte neergaande bocht	L ₂	= 47,47	m
Lengte 2e rechte deel	L ₃	= 195,00	m
Lengte opgaande bocht	L ₄	= 47,47	m
Lengte 3e rechte deel	L ₅	= 13,42	m
Straal maaiveld/rollenbaan	R _r	= 50,00	m
Straal neergaande bocht	R ₁	= 170,00	m
Straal opgaande bocht	R ₂	= 170,00	m
Intrede-hoek (bij boorstelling)	α_1	= 16,00 / 28,67	° / %
Uittrede-hoek (bij rollenbaan)	α_2	= 16,00 / 28,67	° / %
Belastinghoek	α	= 30	°
Ondersteuningshoek	β	= 30	°
Horizontale steundrukhoek	γ	= 120	°
Geen grondmechanisch onderzoek uitgevoerd	γ	= 1,1	
Totaalfactor bij boring met bundels	f	= 1,8	
Belastingfactor, bovengronds	f _{k,b}	= 1,1	
Belastingfactor, ondergronds	f _{k,o}	= 1,4	
Onzekerheidsfactor straal, ondergronds	f _{r,o}	= 0,9	
Wrijvingscoëff. met rollenbaan	f ₁	= 0,1	
Wrijving tussen leiding/boorvloeistof	f ₂	= 0,00005	N/mm²
Wrijving tussen leiding/boorgangwand	f ₃	= 0,2	
Enexis			
		07-05-2020 15:28:55	

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/m³]	Volumiek gewicht natte grond [kN/m³]	Wrijvings- hoek grond [°]
1e rechte deel	11,03	3,40	1,00	Zand	19,00	21,00	32,50
Neergaande bocht	58,50	10,00	1,00	Zand	19,00	21,00	32,50
2e rechte deel	156,00	9,90	1,00	Zand	19,00	21,00	32,50
Opgaande bocht	253,50	10,00	1,00	Zand	19,00	21,00	32,50
3e rechte deel	300,97	3,60	1,00	Zand	19,00	21,00	32,50

Locatie	Gereduceerde grondbelasting	Hor. steun- druk	Gemiddelde verticale beddingconstante [N/mm³]	Effectieve cohesie [kN/m²]	E-modulus ondergrond [MN/m²]	Verkeersbelasting
1e rechte deel	Geen		-	0,00	35,00	Geen
Neergaande bocht	Geen		0,0320	0,00	35,00	Geen
2e rechte deel	Geen		-	0,00	35,00	Geen
Opgaande bocht	Geen		0,0320	0,00	35,00	Geen
3e rechte deel	Geen		-	0,00	35,00	Grafiek I



Sterkteberekening van een horizontaal gestuurde boring conform NEN 3650/3651:2012

Sigma 2018 1.5 ©

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 ⁴
Weerstandsmoment buis	$W_b = I_b / r_e$	= 72.113,83	mm ³
Wandtraagheidsmoment	$I_w = d_n^3 / 12$	= 83,33	mm ⁴ /mm ¹
Wandweerstandsmoment	$W_w = d_n^2 / 6$	= 16,67	mm ³ /mm ¹
Oppervlakte leiding	$A = \pi \cdot (D_e^2 - D_i^2) / 4$	= 3.141,59	mm ²
Gewicht leiding	$g = \rho_L \cdot A$	= 0,0300	N/mm ¹

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	$g = 0,0300 \text{ N/mm}^1$	$g = 0,0300 \text{ N/mm}^1$
Gewicht vulling	$g_{vul} = \text{N.v.t.} +$	$g_{vul} = \text{N.v.t.} +$
Totaal gewicht	$g_{rol} = 0,0300 \text{ N/mm}^1$	$g_{gat} = 0,0300 \text{ N/mm}^1$

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

Trekkracht T_1 tijdens verschillende stadia [N]	L [m]	T_1 [N]
Starten met trekken	314,39	1.698
Na 1 ^e deel intrekken	300,97	1.625
Na 2 ^e deel intrekken	253,50	1.369
Na 3 ^e deel intrekken	58,50	316
Na 4 ^e deel intrekken	11,03	60

$$T_1 = f \cdot L \cdot g_{rol} \cdot f_1 = 1,8 \cdot L \cdot 0,0300 \cdot 0,1$$

4.2 Berekening van de optredende spanningen t.g.v. de trekkrachten op rollenbaan/maaiveld

Spanningen σ_t tijdens verschillende stadia [N/mm ²]	T_1 [N]	σ_t [N/mm ²]
Starten met trekken	1.698	0,54
Na 1 ^e deel intrekken	1.625	0,52
Na 2 ^e deel intrekken	1.369	0,44
Na 3 ^e deel intrekken	316	0,10
Na 4 ^e deel intrekken	60	0,02

$$\sigma_t = \frac{T_1}{A} = \frac{T_1}{3.141,59}$$

Sterkteberekening van een horizontaal gestuurde boring conform NEN 3650/3651:2012

Sigma 2018 1.5 ©

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

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

$$M_b = 1,1 \cdot 975 \cdot \frac{3.966.261}{50.000} = 85.076,29 \text{ Nmm}$$

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

$$\sigma_b = \frac{85.076,29}{72.114} = \mathbf{1,18 \text{ N/mm}^2}$$

4.4 Totalisatie van de optredende spanningen op rollenbaan/maaiveld

Spanningen σ_a tijdens verschillende stadia [N/mm ²]	σ_t [N/mm ²]	σ_a [N/mm ²]
Starten met trekken	0,54	1,31
Na 1 ^e deel intrekken	0,52	1,28
Na 2 ^e deel intrekken	0,44	1,20
Na 3 ^e deel intrekken	0,10	0,87
Na 4 ^e deel intrekken	0,02	0,79

$$\sigma_a = \alpha_{\sigma} \cdot \sigma_b + \sigma_t = 0,65 \cdot 1,18 + \sigma_t$$

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

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

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

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

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 [m]	T_2 [N]	T_{3a} [N]
1 ^e deel intrekken	13,42	800	-
2 ^e deel intrekken	60,89	-	3.632
3 ^e deel intrekken	255,89	15.262	-
4 ^e deel intrekken	303,36	-	18.094
Geheel ingetrokken	314,39	18.752	-

Rechte delen: $T_2 = f \cdot L \cdot (D_{e,omtr} \cdot f_2 + g_{eff} \cdot f_3) = 1,8 \cdot L \cdot (345,58 \cdot 0,00005 + 0,0793 \cdot 0,2)$

Gebogen delen: $T_{3a} = f \cdot L_B \cdot (D_{e,omtr} \cdot f_2 + g_{eff} \cdot f_3) = 1,8 \cdot L \cdot (345,58 \cdot 0,00005 + 0,0793 \cdot 0,2)$

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

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

$$\lambda = \sqrt[4]{\frac{110,00 \cdot 0,0320}{4 \cdot 975 \cdot 3.966.260,73}} = 0,0039 \text{ mm}^{-1}$$

$$Q_{r1} = \frac{0,322 \cdot \lambda^2 \cdot E \cdot I_b}{D_o \cdot f_{r,o} \cdot R}$$

$$Q_{r1} = \frac{0,322 \cdot 0,0039^2 \cdot 975 \cdot 3.966.260,73}{110,00 \cdot 0,9 \cdot 170.000} = 0,0011 \text{ N/mm}^2$$

$$T_{3b} = f \cdot 4 \cdot \frac{Q_{r1}}{2} \cdot D_o \cdot \frac{\pi}{\lambda} \cdot f_3$$

$$T_{3b} = 1,8 \cdot 4 \cdot \frac{0,0011}{2} \cdot 110,00 \cdot \frac{\pi}{0,0039} \cdot 0,2 = \mathbf{71,50 \text{ N}}$$

5.3.2 Opgaande bocht

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

$$\lambda = \sqrt[4]{\frac{110,00 \cdot 0,0320}{4 \cdot 975 \cdot 3.966.260,73}} = 0,0039 \text{ mm}^{-1}$$

$$Q_{r2} = \frac{0,322 \cdot \lambda^2 \cdot E \cdot I_b}{D_o \cdot f_{r,o} \cdot R}$$

$$Q_{r2} = \frac{0,322 \cdot 0,0039^2 \cdot 975 \cdot 3.966.260,73}{110,00 \cdot 0,9 \cdot 170.000} = 0,0011 \text{ N/mm}^2$$

$$T_{3b} = f \cdot 4 \cdot \frac{Q_{r2}}{2} \cdot D_o \cdot \frac{\pi}{\lambda} \cdot f_3$$

$$T_{3b} = 1,8 \cdot 4 \cdot \frac{0,0011}{2} \cdot 110,00 \cdot \frac{\pi}{0,0039} \cdot 0,2 = \mathbf{71,50 \text{ N}}$$

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

Trekkraft T_{bocht} tijdens verschillende stadia [N]	T_1 [N]	T_{3a} [N]	$T_{3b, \text{neer}}$ [N]	$T_{3b, \text{op}}$ [N]	T_{bocht} [N]
Neergaande bocht	1.369	3.632	72	-	5.072
Opgaande bocht	60	18.094	72	72	18.296

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

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

Trekkraft T_{3c} tijdens verschillende stadia [N]	α [°]	T_{bocht} [N]	T_{3c} [N]
Neergaande bocht	8,00	5.072	508
Opgaande bocht	8,00	18.296	1.833

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

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

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

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

5.5 Totalisatie van de trekkkrachten in fase II

Trekkraft T_{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_{tot} [N]
1 ^e deel intrekken	1.625	800	-	-	-	-	2.426
2 ^e deel intrekken	1.369	3.632	72	508	-	-	5.581
3 ^e deel intrekken	316	15.262	72	508	-	-	16.158
4 ^e deel intrekken	60	18.094	72	508	72	1.833	20.638
Geheel intrekken	0	18.752	72	508	72	1.833	21.236

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

Sterkteberekening van een horizontaal gestuurde boring conform NEN 3650/3651:2012

Sigma 2018 1.5 ©

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

Spanningen σ_t tijdens verschillende stadia [N/mm ²]	T_{tot} [N]	σ_t [N/mm ²]
1 ^e deel intrekken	2.426	0,77
2 ^e deel intrekken	5.581	1,78
3 ^e deel intrekken	16.158	5,14
4 ^e deel intrekken	20.638	6,57
Geheel intrekken	21.236	6,76

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

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

5.7.1 Neergaande bocht

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

$$M_b = 1,4 \cdot 975 \cdot \frac{3.966.260,73}{0,9 \cdot 170.000} = 35.385,27 \text{ Nmm}$$

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

$$\sigma_b = \frac{35.385,27}{72.113,83} = \mathbf{0,49 \text{ N/mm}^2}$$

5.7.2 Opgaande bocht

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

$$M_b = 1,4 \cdot 975 \cdot \frac{3.966.260,73}{0,9 \cdot 170.000} = 35.385,27 \text{ Nmm}$$

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

$$\sigma_b = \frac{35.385,27}{72.113,83} = \mathbf{0,49 \text{ N/mm}^2}$$

5.8 Totalisatie van de spanningen in het boorgat tijdens de trekoperatie

Spanningen σ_a tijdens verschillende stadia [N/mm ²]	T_{tot} [N]	σ_t [N/mm ²]	σ_b [N/mm ²]	σ_a [N/mm ²]
Starten met trekken	2.426	0,77	-	0,77
Na 1 ^e deel intrekken	5.581	1,78	0,49	2,10
Na 2 ^e deel intrekken	16.158	5,14	-	5,14
Na 3 ^e deel intrekken	20.638	6,57	0,49	6,89
Na 4 ^e deel intrekken	21.236	6,76	-	6,76

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

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

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

Sterkteberekening van een horizontaal gestuurde boring conform NEN 3650/3651:2012

Sigma 2018 1.5 ©

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]	Grond- soort	q_{droog} [kN/m ²]	q_{nat} [kN/m ²]	q_{totaal} [kN/m ²]	Q_n [N/mm ¹]
1e rechte deel	3,40	1,00	Zand	20,90	55,44	76,34	5,76
Neergaande bocht	10,00	1,00	Zand	20,90	207,90	228,80	15,27
2e rechte deel	9,90	1,00	Zand	20,90	205,59	226,49	15,12
Opgaande bocht	10,00	1,00	Zand	20,90	207,90	228,80	15,27
3e rechte deel	3,60	1,00	Zand	20,90	60,06	80,96	6,05






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

6.4 Berekening van de verkeersbelasting Q_v

Locatie	Dekking t.o.v. maaiveld [m]	Verkeers- belasting	q_v [kN/m ²]	Q_v [N/mm ¹]
1e rechte deel	3,40	Geen	0,00	0,00
Neergaande bocht	10,00	Geen	0,00	0,00
2e rechte deel	9,90	Geen	0,00	0,00
Opgaande bocht	10,00	Geen	0,00	0,00
3e rechte deel	3,60	Grafiek I	14,24	1,57

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

6.5 Momenten en spanningen t.g.v. bovenbelastingen

Locatie	Hor. steundruk	Q_n [N/mm ¹]	Q_v [N/mm ¹]	Q_{boven} [N/mm ¹]	M_q [Nmm]	σ_q [N/mm ²]
1e rechte deel		5,76	0,00	5,76	57,49 ⁽¹⁾	3,45
Neergaande bocht		15,27	0,00	15,27	152,45 ⁽¹⁾	9,15
2e rechte deel		15,12	0,00	15,12	151,01 ⁽¹⁾	9,06
Opgaande bocht		15,27	0,00	15,27	152,45 ⁽¹⁾	9,15
3e rechte deel		6,05	1,57	7,61	76,00 ⁽¹⁾	4,56

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)

$$M_q = 0,257 \cdot (Q_n + Q_v) \cdot 50,00 - 0,143 \cdot (1 - \sin \varphi) \cdot \sin(1/2 \cdot 120) \cdot (Q_n + Q_v) \cdot 50,00$$

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

Sterkteberekening van een horizontaal gestuurde boring conform NEN 3650/3651:2012

Sigma 2018 1.5 ©

6.6 Optredende spanning s_{qr} tgv. grondreactie in de bochten

6.6.1 Neergaande bocht

$$\sigma_{qr} = K_{b,ind} \cdot Q_{r1} \cdot D_o \cdot \frac{r_u}{W_w}$$

$$\sigma_{qr} = 0,179 \cdot 0,0011 \cdot 110,00 \cdot \frac{55,00}{16,67} = \mathbf{0,07 \text{ N/mm}^2}$$

6.6.2 Opgaande bocht

$$\sigma_{qr} = K_{b,ind} \cdot Q_{r2} \cdot D_o \cdot \frac{r_u}{W_w}$$

$$\sigma_{qr} = 0,179 \cdot 0,0011 \cdot 110,00 \cdot \frac{55,00}{16,67} = \mathbf{0,07 \text{ N/mm}^2}$$

6.7 Berekening van de spanning s_{ax} t.g.v. temperatuurverschil

Leiding is drukloos

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

7. Toetsing op minimale ringstijfheid S_N

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

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

Minimaal vereiste ringstijfheid = **2 kN/m²**

8. Toetsing op implosie: berekening van de alzijdige overdruk

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

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

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

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

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

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

9. Berekening van het totaal aan optredende spanningen

9.1 Optredende spanningen in omtreksrichting van de leiding

Locatie	σ_q [N/mm ²]	σ_{qr} [N/mm ²]	α_σ [-]	σ_{y2} [N/mm ²]
1e rechte deel	3,45	-	0,65	2,24
Neergaande bocht	9,15	0,073	0,65	5,99
2e rechte deel	9,06	-	0,65	5,89
Opgaande bocht	9,15	0,073	0,65	5,99
3e rechte deel	4,56	-	0,65	2,96

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

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

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

9.2 Optredende spanningen in langsrichting van de leiding

Locatie	σ_{pl} [N/mm ²]	σ_{ax} [N/mm ²]	σ_b [N/mm ²]	α_σ [-]	σ_x [N/mm ²]
1e rechte deel	0,00	0,00	-	-	0,00
Neergaande bocht	0,00	0,00	0,49	0,65	0,32
2e rechte deel	0,00	0,00	-	-	0,00
Opgaande bocht	0,00	0,00	0,49	0,65	0,32
3e rechte deel	0,00	0,00	-	-	0,00

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

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

Toelaatbare spanning: $\sigma_{ld} = \sigma_t = \mathbf{8,00}$ N/mm²

10. Berekening van de optredende en toelaatbare deflectie

Locatie	Q_n [N/mm ¹]	Q_v [N/mm ¹]	Q_r [N/mm ²]	δ_Y [mm]	δ_Y/D_g [%]
1e rechte deel	5,76	0,00	-	1,25	1,25
Neergaande bocht	15,27	0,00	0,0011	3,31	3,31
2e rechte deel	15,12	0,00	-	3,28	3,28
Opgaande bocht	15,27	0,00	0,0011	3,31	3,31
3e rechte deel	6,05	1,57	-	1,65	1,65

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

$$\delta_Y = \frac{(0,089 \cdot (Q_n + Q_v) - 0,083 \cdot (1 - \sin \varphi) \cdot (Q_n + Q_v) + 0,048 \cdot Q_r) \cdot 50,00^3}{350 \cdot 83,33}$$

Toelaatbare deflectie = $8\% \cdot D_g = 0,08 \cdot 100,00 = \mathbf{8,00}$ mm

11. Berekening van de boorspoeldrukken tijdens de trekfase

Locatie	H [m]	σ_{vert} [kN/m ²]	σ_{hor} [kN/m ²]	σ_o' [kN/m ²]	p_f' [kN/m ²]	G [MN/m ²]
1e rechte deel	3,40	39,09	18,09	28,59	43,95	13,46
Neergaande bocht	10,00	99,09	45,85	72,47	111,41	13,46
2e rechte deel	9,90	98,18	45,43	71,81	110,39	13,46
Opgaande bocht	10,00	99,09	45,85	72,47	111,41	13,46
3e rechte deel	3,60	40,91	18,93	29,92	45,99	13,46

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

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

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

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

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

Locatie	Q [-]	$R_{p,\text{max}}$ [m]	u [N/mm ²]	p_{st} [N/mm ²]	Δp [N/mm ²]	p_{lim} [N/mm ²]
1e rechte deel	0,0011	1,70	0,0240	0,02708	0,00	0,49
Neergaande bocht	0,0029	1,18	0,0900	0,1015	0,01	0,95
2e rechte deel	0,0029	1,18	0,0890	0,1004	0,03	0,94
Opgaande bocht	0,0029	1,18	0,0900	0,1015	0,05	0,95
3e rechte deel	0,0012	1,80	0,0260	0,02933	0,06	0,51

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

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

$$u = \gamma_w \cdot H_n$$

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

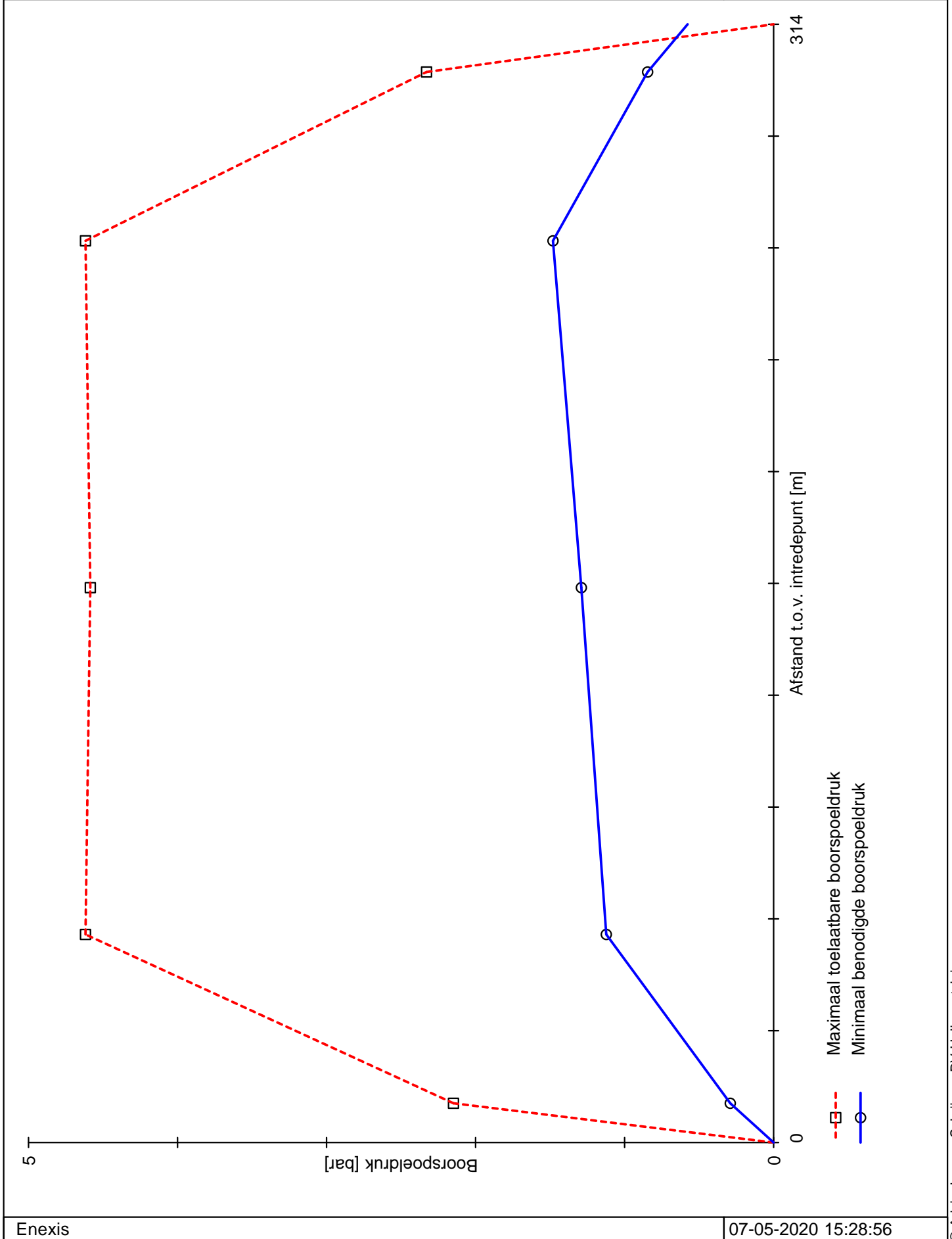
$$\Delta p = 4 \cdot \frac{\tau_y}{D_g - D_b} \cdot L$$

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

Locatie	p_{max} [kPa]	90% p_{lim} [kPa]	p_{min} [kPa]	p_{max} [bar]	90% p_{lim} [bar]	p_{min} [bar]
1e rechte deel	214,82	443,97	29,10	2,15	4,44	0,29
Neergaande bocht	461,75	854,51	112,27	4,62	8,55	1,12
2e rechte deel	458,52	848,98	129,03	4,59	8,49	1,29
Opgaande bocht	461,75	854,51	148,05	4,62	8,55	1,48
3e rechte deel	232,88	458,45	84,56	2,33	4,58	0,85

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

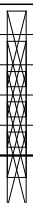




$$p_{\text{min}} = p_{\text{st}} + \Delta p$$

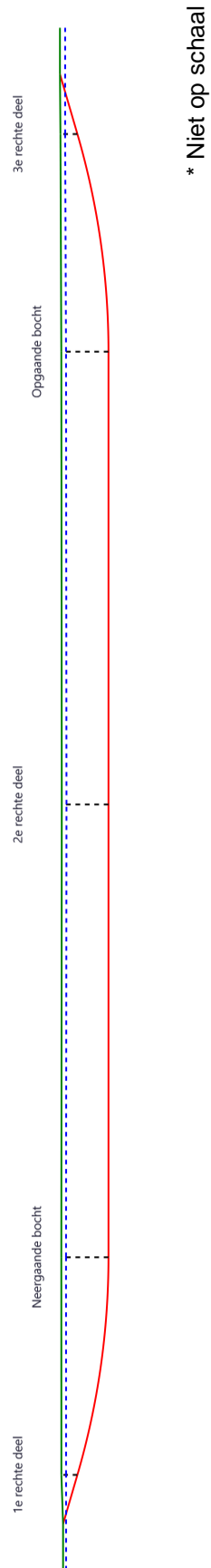


Sterkteberekening van een horizontaal gestuurde boring conform NEN 3650/3651:2012		Sigma 2018 1.5 ©	
Algemene gegevens			
Naam van het project : Enexis - Lomitel/Ziggo Ooijenseweg Blitterswijck			
Projectonderdeel : Enexis 4x HDPE ø110sdr11 (drukloos)			
Materiaalgegevens			
Materiaalsoort:	PE		
Kwaliteit:	PE 100 SDR 11		
Lange-duur treksterkte	MRS	= 10	N/mm²
Materiaalfactor	γ _M	= 1,25	-
Toelaatbare langeduur spanning	σ _t	= 8,00	N/mm²
Elasticiteitsmodulus korte duur	E	= 975	N/mm²
Elasticiteitsmodulus lange duur	E'	= 350	N/mm²
Lineaire uitzettingscoëfficiënt	α _g	= 16,0·10 ⁻⁵	mm/(mm·K)
Alfa Tangentiëel / Alfa Axiaal	α _σ	= 0,65	-
Soortelijk gewicht buis	ρ _L	= 9,55	kN/m³
Toelaatbare deflectie	δ	= 8	%
Leidinggegevens			
Uitwendige middellijn	D _e	= 110,00	mm
Wanddikte	d _n	= 10	mm
Procesgegevens			
Soort leiding (Vloeistof / Gas / Drukloos)		= Gas	
Ontwerpdruk	p _d	= 1,2	N/mm²
Temperatuurverschil	Δt	= 10,0	°
Uitvoeringsaspecten, tracé boring, in- en uittredehoeken, onzekerheids- en wrijvingsfactoren			
Percentage omtrek in aanraking met bentoniet		= 100	%
Soortelijk gewicht boorvloeistof	ρ _m	= 11,5	kN/m³
Zwichtspanning boorvloeistof	τ _y	= 15	Pa
Leiding wordt niet verzwaard t.p.v. rollenbaan			
Leiding wordt niet verzwaard t.p.v. boorgang			
Diameter ruimer ivm boorspoeldruk	D _g	= 400	mm
Diameter boorstang	D _b	= 73	mm
Totale lengte	L	= 314,39	m
Lengte 1e rechte deel	L ₁	= 11,03	m
Lengte neergaande bocht	L ₂	= 47,47	m
Lengte 2e rechte deel	L ₃	= 195,00	m
Lengte opgaande bocht	L ₄	= 47,47	m
Lengte 3e rechte deel	L ₅	= 13,42	m
Straal maaiveld/rollenbaan	R _r	= 50,00	m
Straal neergaande bocht	R ₁	= 170,00	m
Straal opgaande bocht	R ₂	= 170,00	m
Intrede-hoek (bij boorstelling)	α ₁	= 16,00 / 28,67	° / %
Uittrede-hoek (bij rollenbaan)	α ₂	= 16,00 / 28,67	° / %
Belastinghoek	α	= 30	°
Ondersteuningshoek	β	= 30	°
Horizontale steundrukhoek	γ	= 120	°
Geen grondmechanisch onderzoek uitgevoerd	γ	= 1,1	
Totaalfactor bij boring met bundels	f	= 1,8	
Belastingfactor, bovengronds	f _{k,b}	= 1,1	
Belastingfactor, ondergronds	f _{k,o}	= 1,4	
Onzekerheidsfactor straal, ondergronds	f _{r,o}	= 0,9	
Wrijvingscoëff. met rollenbaan	f ₁	= 0,1	
Wrijving tussen leiding/boorvloeistof	f ₂	= 0,00005	N/mm²
Wrijving tussen leiding/boorgangwand	f ₃	= 0,2	
Enexis			
		07-05-2020 15:30:21	

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/m³]	Volumiek gewicht natte grond [kN/m³]	Wrijvings- hoek grond [°]
1e rechte deel	11,03	3,40	1,00	Zand	19,00	21,00	32,50
Neergaande bocht	58,50	10,00	1,00	Zand	19,00	21,00	32,50
2e rechte deel	156,00	9,90	1,00	Zand	19,00	21,00	32,50
Opgaande bocht	253,50	10,00	1,00	Zand	19,00	21,00	32,50
3e rechte deel	300,97	3,60	1,00	Zand	19,00	21,00	32,50

Locatie	Gereduceerde grondbelasting	Hor. steun- druk	Gemiddelde verticale beddingconstante [N/mm³]	Effectieve cohesie [kN/m²]	E-modulus ondergrond [MN/m²]	Verkeersbelasting
1e rechte deel	Geen		-	0,00	35,00	Geen
Neergaande bocht	Geen		0,0320	0,00	35,00	Geen
2e rechte deel	Geen		-	0,00	35,00	Geen
Opgaande bocht	Geen		0,0320	0,00	35,00	Geen
3e rechte deel	Geen		-	0,00	35,00	Grafiek I



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 ⁴
Weerstandsmoment buis	$W_b = I_b / r_e$	= 72.113,83	mm ³
Wandtraagheidsmoment	$I_w = d_n^3 / 12$	= 83,33	mm ⁴ /mm ¹
Wandweerstandsmoment	$W_w = d_n^2 / 6$	= 16,67	mm ³ /mm ¹
Oppervlakte leiding	$A = \pi \cdot (D_e^2 - D_i^2) / 4$	= 3.141,59	mm ²
Gewicht leiding	$g = \rho_L \cdot A$	= 0,0300	N/mm ¹

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	$g = 0,0300 \text{ N/mm}^1$	$g = 0,0300 \text{ N/mm}^1$
Gewicht vulling	$g_{vul} = \text{N.v.t.} +$	$g_{vul} = \text{N.v.t.} +$
Totaal gewicht	$g_{rol} = 0,0300 \text{ N/mm}^1$	$g_{gat} = 0,0300 \text{ N/mm}^1$

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

Trekkracht T_1 tijdens verschillende stadia [N]	L [m]	T_1 [N]
Starten met trekken	314,39	1.698
Na 1 ^e deel intrekken	300,97	1.625
Na 2 ^e deel intrekken	253,50	1.369
Na 3 ^e deel intrekken	58,50	316
Na 4 ^e deel intrekken	11,03	60

$$T_1 = f \cdot L \cdot g_{rol} \cdot f_1 = 1,8 \cdot L \cdot 0,0300 \cdot 0,1$$

4.2 Berekening van de optredende spanningen t.g.v. de trekkrachten op rollenbaan/maaiveld

Spanningen σ_t tijdens verschillende stadia [N/mm ²]	T_1 [N]	σ_t [N/mm ²]
Starten met trekken	1.698	0,54
Na 1 ^e deel intrekken	1.625	0,52
Na 2 ^e deel intrekken	1.369	0,44
Na 3 ^e deel intrekken	316	0,10
Na 4 ^e deel intrekken	60	0,02

$$\sigma_t = \frac{T_1}{A} = \frac{T_1}{3.141,59}$$

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

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

$$M_b = 1,1 \cdot 975 \cdot \frac{3.966.261}{50.000} = 85.076,29 \text{ Nmm}$$

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

$$\sigma_b = \frac{85.076,29}{72.114} = \mathbf{1,18 \text{ N/mm}^2}$$

4.4 Totalisatie van de optredende spanningen op rollenbaan/maaiveld

Spanningen σ_a tijdens verschillende stadia [N/mm ²]	σ_t [N/mm ²]	σ_a [N/mm ²]
Starten met trekken	0,54	1,31
Na 1 ^e deel intrekken	0,52	1,28
Na 2 ^e deel intrekken	0,44	1,20
Na 3 ^e deel intrekken	0,10	0,87
Na 4 ^e deel intrekken	0,02	0,79

$$\sigma_a = \alpha_{\sigma} \cdot \sigma_b + \sigma_t = 0,65 \cdot 1,18 + \sigma_t$$

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

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

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

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

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 [m]	T_2 [N]	T_{3a} [N]
1 ^e deel intrekken	13,42	800	-
2 ^e deel intrekken	60,89	-	3.632
3 ^e deel intrekken	255,89	15.262	-
4 ^e deel intrekken	303,36	-	18.094
Geheel ingetrokken	314,39	18.752	-

Rechte delen: $T_2 = f \cdot L \cdot (D_{e,omtr} \cdot f_2 + g_{eff} \cdot f_3) = 1,8 \cdot L \cdot (345,58 \cdot 0,00005 + 0,0793 \cdot 0,2)$

Gebogen delen: $T_{3a} = f \cdot L_B \cdot (D_{e,omtr} \cdot f_2 + g_{eff} \cdot f_3) = 1,8 \cdot L \cdot (345,58 \cdot 0,00005 + 0,0793 \cdot 0,2)$

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

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

$$\lambda = \sqrt[4]{\frac{110,00 \cdot 0,0320}{4 \cdot 975 \cdot 3.966.260,73}} = 0,0039 \text{ mm}^{-1}$$

$$Q_{r1} = \frac{0,322 \cdot \lambda^2 \cdot E \cdot I_b}{D_o \cdot f_{r,o} \cdot R}$$

$$Q_{r1} = \frac{0,322 \cdot 0,0039^2 \cdot 975 \cdot 3.966.260,73}{110,00 \cdot 0,9 \cdot 170.000} = 0,0011 \text{ N/mm}^2$$

$$T_{3b} = f \cdot 4 \cdot \frac{Q_{r1}}{2} \cdot D_o \cdot \frac{\pi}{\lambda} \cdot f_3$$

$$T_{3b} = 1,8 \cdot 4 \cdot \frac{0,0011}{2} \cdot 110,00 \cdot \frac{\pi}{0,0039} \cdot 0,2 = \mathbf{71,50 \text{ N}}$$

5.3.2 Opgaande bocht

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

$$\lambda = \sqrt[4]{\frac{110,00 \cdot 0,0320}{4 \cdot 975 \cdot 3.966.260,73}} = 0,0039 \text{ mm}^{-1}$$

$$Q_{r2} = \frac{0,322 \cdot \lambda^2 \cdot E \cdot I_b}{D_o \cdot f_{r,o} \cdot R}$$

$$Q_{r2} = \frac{0,322 \cdot 0,0039^2 \cdot 975 \cdot 3.966.260,73}{110,00 \cdot 0,9 \cdot 170.000} = 0,0011 \text{ N/mm}^2$$

$$T_{3b} = f \cdot 4 \cdot \frac{Q_{r2}}{2} \cdot D_o \cdot \frac{\pi}{\lambda} \cdot f_3$$

$$T_{3b} = 1,8 \cdot 4 \cdot \frac{0,0011}{2} \cdot 110,00 \cdot \frac{\pi}{0,0039} \cdot 0,2 = \mathbf{71,50 \text{ N}}$$

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

Trekkraft T_{bocht} tijdens verschillende stadia [N]	T_1 [N]	T_{3a} [N]	$T_{3b, neer}$ [N]	$T_{3b, op}$ [N]	T_{bocht} [N]
Neergaande bocht	1.369	3.632	72	-	5.072
Opgaande bocht	60	18.094	72	72	18.296

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

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

Trekkraft T_{3c} tijdens verschillende stadia [N]	α [°]	T_{bocht} [N]	T_{3c} [N]
Neergaande bocht	8,00	5.072	508
Opgaande bocht	8,00	18.296	1.833

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

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

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

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

5.5 Totalisatie van de trekkkrachten in fase II

Trekkraft T_{tot} tijdens verschillende stadia [N]	T_1 [N]	T_2 / T_{3a} [N]	$T_{3b, neer}$ [N]	$T_{3c, neer}$ [N]	$T_{3b, op}$ [N]	$T_{3c, op}$ [N]	T_{tot} [N]
1 ^e deel intrekken	1.625	800	-	-	-	-	2.426
2 ^e deel intrekken	1.369	3.632	72	508	-	-	5.581
3 ^e deel intrekken	316	15.262	72	508	-	-	16.158
4 ^e deel intrekken	60	18.094	72	508	72	1.833	20.638
Geheel intrekken	0	18.752	72	508	72	1.833	21.236

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

Sterkteberekening van een horizontaal gestuurde boring conform NEN 3650/3651:2012

Sigma 2018 1.5 ©

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

Spanningen σ_t tijdens verschillende stadia [N/mm ²]	T_{tot} [N]	σ_t [N/mm ²]
1 ^e deel intrekken	2.426	0,77
2 ^e deel intrekken	5.581	1,78
3 ^e deel intrekken	16.158	5,14
4 ^e deel intrekken	20.638	6,57
Geheel intrekken	21.236	6,76

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

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

5.7.1 Neergaande bocht

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

$$M_b = 1,4 \cdot 975 \cdot \frac{3.966.260,73}{0,9 \cdot 170.000} = 35.385,27 \text{ Nmm}$$

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

$$\sigma_b = \frac{35.385,27}{72.113,83} = \mathbf{0,49 \text{ N/mm}^2}$$

5.7.2 Opgaande bocht

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

$$M_b = 1,4 \cdot 975 \cdot \frac{3.966.260,73}{0,9 \cdot 170.000} = 35.385,27 \text{ Nmm}$$

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

$$\sigma_b = \frac{35.385,27}{72.113,83} = \mathbf{0,49 \text{ N/mm}^2}$$

5.8 Totalisatie van de spanningen in het boorgat tijdens de trekoperatie

Spanningen σ_a tijdens verschillende stadia [N/mm ²]	T_{tot} [N]	σ_t [N/mm ²]	σ_b [N/mm ²]	σ_a [N/mm ²]
Starten met trekken	2.426	0,77	-	0,77
Na 1 ^e deel intrekken	5.581	1,78	0,49	2,10
Na 2 ^e deel intrekken	16.158	5,14	-	5,14
Na 3 ^e deel intrekken	20.638	6,57	0,49	6,89
Na 4 ^e deel intrekken	21.236	6,76	-	6,76

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

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

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

Sterkteberekening van een horizontaal gestuurde boring conform NEN 3650/3651:2012

Sigma 2018 1.5 ©

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

$$D_g/d_n = 100,00/10,00 = 10,00 \rightarrow D_g/d_n \leq 20 \rightarrow \text{Dikwandige leiding}$$

$$\sigma_p = \frac{r_e^2 + r_i^2}{r_e^2 - r_i^2} \cdot p_d$$

$$\sigma_p = \frac{55,00^2 + 45,00^2}{55,00^2 - 45,00^2} \cdot 1,2 = 6,06 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{y1} = \sigma_p = 6,06 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{pl} = \nu \cdot \sigma_p = 0,4 \cdot 6,06 = 2,42 \text{ N/mm}^2$$

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

6.2 Berekening reroundingfactor f_{rr}

$$f_{rr} = 1 / \left(1 + \frac{2 \cdot p_d \cdot r_g^3 \cdot k_y}{E \cdot I_w} \right)$$

$$f_{rr} = 1 / \left(1 + \frac{2 \cdot 1,2 \cdot 50^3 \cdot 0,143}{975 \cdot 83,33} \right) = 0,65$$

6.3 Berekening van de neutrale grondbelasting Q_n

Locatie	Dekking t.o.v. maaiveld [m]	G.W.S. t.o.v. maaiveld [m]	Grond- soort	q_{droog} [kN/m ²]	q_{nat} [kN/m ²]	q_{totaal} [kN/m ²]	Q_n [N/mm ¹]
1e rechte deel	3,40	1,00	Zand	20,90	55,44	76,34	5,76
Neergaande bocht	10,00	1,00	Zand	20,90	207,90	228,80	15,27
2e rechte deel	9,90	1,00	Zand	20,90	205,59	226,49	15,12
Opgaande bocht	10,00	1,00	Zand	20,90	207,90	228,80	15,27
3e rechte deel	3,60	1,00	Zand	20,90	60,06	80,96	6,05

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

6.4 Berekening van de verkeersbelasting Q_v


Locatie	Dekking t.o.v. maaiveld [m]	Verkeers- belasting	q_v [kN/m ²]	Q_v [N/mm ¹]
1e rechte deel	3,40	Geen	0,00	0,00
Neergaande bocht	10,00	Geen	0,00	0,00
2e rechte deel	9,90	Geen	0,00	0,00
Opgaande bocht	10,00	Geen	0,00	0,00
3e rechte deel	3,60	Grafiek I	14,24	1,57

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

Sterkteberekening van een horizontaal gestuurde boring conform NEN 3650/3651:2012

Sigma 2018 1.5 ©

6.5 Momenten en spanningen t.g.v. bovenbelastingen

Locatie	Hor. steun- druk	Q_n [N/mm ¹]	Q_v [N/mm ¹]	Q_{boven} [N/mm ¹]	M_q [Nmm]	σ_q [N/mm ²]
1e rechte deel		5,76	0,00	5,76	57,49 ⁽¹⁾	2,26
Neergaande bocht		15,27	0,00	15,27	152,45 ⁽¹⁾	5,99
2e rechte deel		15,12	0,00	15,12	151,01 ⁽¹⁾	5,93
Opgaande bocht		15,27	0,00	15,27	152,45 ⁽¹⁾	5,99
3e rechte deel		6,05	1,57	7,61	76,00 ⁽¹⁾	2,98

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)

$$M_q = 0,257 \cdot (Q_n + Q_v) \cdot 50,00 - 0,143 \cdot (1 - \sin \varphi) \cdot \sin(1/2 \cdot 120) \cdot (Q_n + Q_v) \cdot 50,00$$

$$\sigma_q = f_{rr} \cdot \frac{M_q}{W_w} = 0,65 \cdot \frac{M_q}{16,67}$$

6.6 Optredende spanning σ_{qr} tgv. grondreactie in de bochten

6.6.1 Neergaande bocht

$$\sigma_{qr} = K_{b,ind} \cdot Q_{r1} \cdot D_o \cdot \frac{r_u}{W_w}$$

$$\sigma_{qr} = 0,179 \cdot 0,0011 \cdot 110,00 \cdot \frac{55,00}{16,67} = \mathbf{0,07 \text{ N/mm}^2}$$

6.6.2 Opgaande bocht

$$\sigma_{qr} = K_{b,ind} \cdot Q_{r2} \cdot D_o \cdot \frac{r_u}{W_w}$$

$$\sigma_{qr} = 0,179 \cdot 0,0011 \cdot 110,00 \cdot \frac{55,00}{16,67} = \mathbf{0,07 \text{ N/mm}^2}$$

6.7 Berekening van de spanning σ_{ax} t.g.v. temperatuurverschil

$$\sigma_{ax} = \Delta t \cdot \alpha_g \cdot E$$

$$\sigma_{ax} = 10,0 \cdot 0,00016 \cdot 975 = \mathbf{1,56 \text{ N/mm}^2}$$

7. Toetsing op minimale ringstijfheid S_N

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

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

Minimaal vereiste ringstijfheid = **2 kN/m²**

8. Toetsing op implosie: berekening van de alzijdige overdruk

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

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

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

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

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

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

9. Berekening van het totaal aan optredende spanningen
9.1 Optredende spanningen in omtreksrichting van de leiding

Locatie	σ_q [N/mm ²]	σ_{qr} [N/mm ²]	α_σ [-]	σ_{y2} [N/mm ²]
1e rechte deel	2,26	-	0,65	1,47
Neergaande bocht	5,99	0,073	0,65	3,94
2e rechte deel	5,93	-	0,65	3,85
Opgaande bocht	5,99	0,073	0,65	3,94
3e rechte deel	2,98	-	0,65	1,94

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/mm²

9.2 Optredende spanningen in langsrichting van de leiding

Locatie	σ_{pl} [N/mm ²]	σ_{ax} [N/mm ²]	σ_b [N/mm ²]	α_σ [-]	σ_x [N/mm ²]
1e rechte deel	2,42	1,56	-	-	3,98
Neergaande bocht	2,42	1,56	0,49	0,65	4,30
2e rechte deel	2,42	1,56	-	-	3,98
Opgaande bocht	2,42	1,56	0,49	0,65	4,30
3e rechte deel	2,42	1,56	-	-	3,98

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

Bochten: $\sigma_x = \sigma_{pl} + \alpha_A \cdot \sigma_b + \sigma_{ax}$

Toelaatbare spanning: $\sigma_{ld} = \bar{\sigma}_t = \mathbf{8,00}$ N/mm²

10. Berekening van de optredende en toelaatbare deflectie

Locatie	Q_n [N/mm ¹]	Q_v [N/mm ¹]	Q_r [N/mm ²]	δ_Y [mm]	δ_Y/D_g [%]
1e rechte deel	5,76	0,00	-	1,25	1,25
Neergaande bocht	15,27	0,00	0,0011	3,31	3,31
2e rechte deel	15,12	0,00	-	3,28	3,28
Opgaande bocht	15,27	0,00	0,0011	3,31	3,31
3e rechte deel	6,05	1,57	-	1,65	1,65

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

$$\delta_Y = \frac{(0,089 \cdot (Q_n + Q_v) - 0,083 \cdot (1 - \sin \varphi) \cdot (Q_n + Q_v) + 0,048 \cdot Q_r) \cdot 50,00^3}{350 \cdot 83,33}$$

Toelaatbare deflectie = 8% · D_g = 0,08 · 100,00 = **8,00** mm

11. Berekening van de boorspoeldrukken tijdens de trekfase

Locatie	H [m]	σ_{vert} [kN/m ²]	σ_{hor} [kN/m ²]	σ_o' [kN/m ²]	p_f' [kN/m ²]	G [MN/m ²]
1e rechte deel	3,40	39,09	18,09	28,59	43,95	13,46
Neergaande bocht	10,00	99,09	45,85	72,47	111,41	13,46
2e rechte deel	9,90	98,18	45,43	71,81	110,39	13,46
Opgaande bocht	10,00	99,09	45,85	72,47	111,41	13,46
3e rechte deel	3,60	40,91	18,93	29,92	45,99	13,46

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

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

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

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

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

Locatie	Q [-]	$R_{p,\text{max}}$ [m]	u [N/mm ²]	p_{st} [N/mm ²]	Δp [N/mm ²]	p_{lim} [N/mm ²]
1e rechte deel	0,0011	1,70	0,0240	0,02708	0,00	0,49
Neergaande bocht	0,0029	1,18	0,0900	0,1015	0,01	0,95
2e rechte deel	0,0029	1,18	0,0890	0,1004	0,03	0,94
Opgaande bocht	0,0029	1,18	0,0900	0,1015	0,05	0,95
3e rechte deel	0,0012	1,80	0,0260	0,02933	0,06	0,51

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

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

$$u = \gamma_w \cdot H_n$$

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

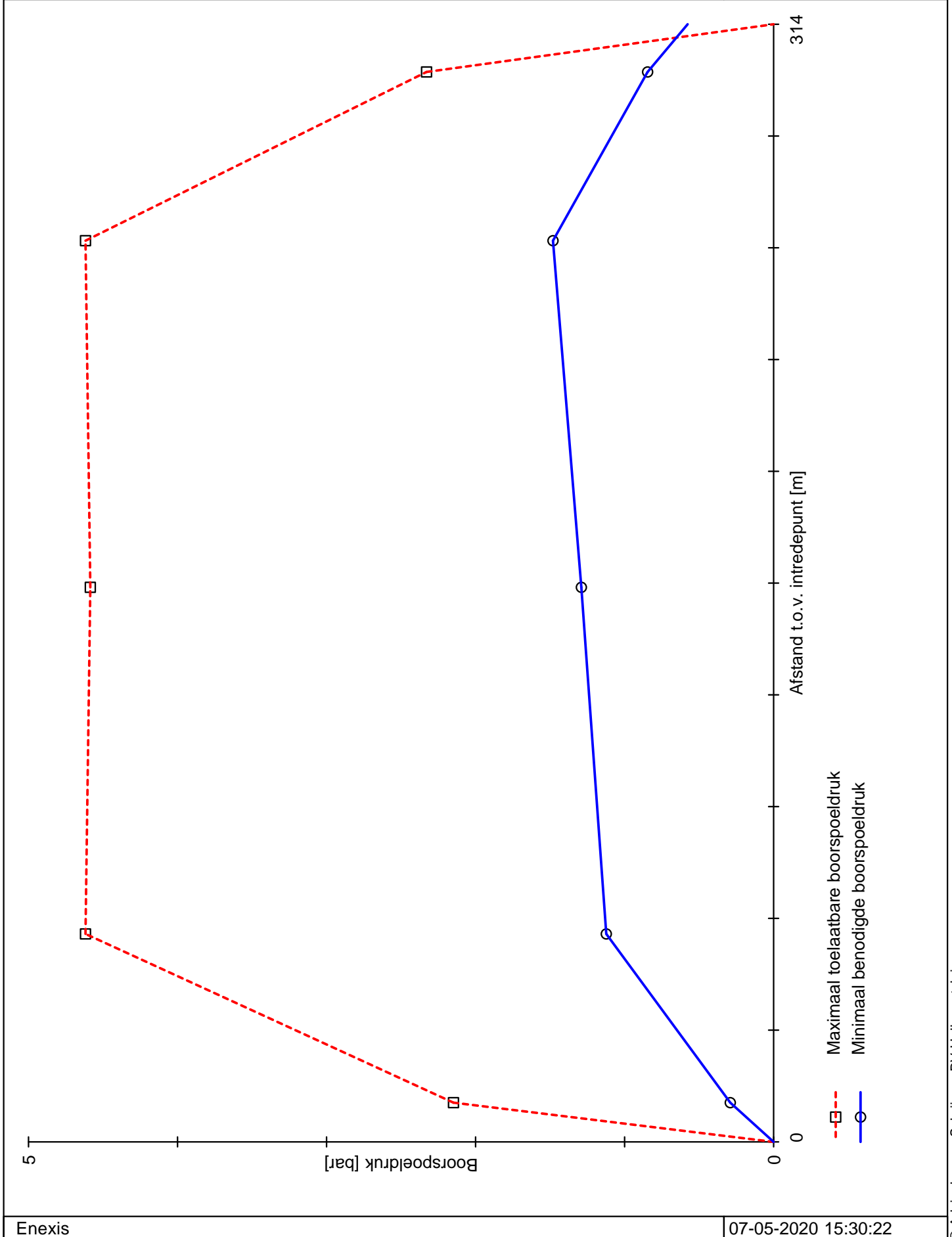
$$\Delta p = 4 \cdot \frac{\tau_y}{D_g - D_b} \cdot L$$

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

Locatie	p_{max} [kPa]	90% p_{lim} [kPa]	p_{min} [kPa]	p_{max} [bar]	90% p_{lim} [bar]	p_{min} [bar]
1e rechte deel	214,82	443,97	29,10	2,15	4,44	0,29
Neergaande bocht	461,75	854,51	112,27	4,62	8,55	1,12
2e rechte deel	458,52	848,98	129,03	4,59	8,49	1,29
Opgaande bocht	461,75	854,51	148,05	4,62	8,55	1,48
3e rechte deel	232,88	458,45	84,56	2,33	4,58	0,85

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

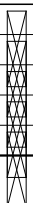




$$p_{\text{min}} = p_{\text{st}} + \Delta p$$

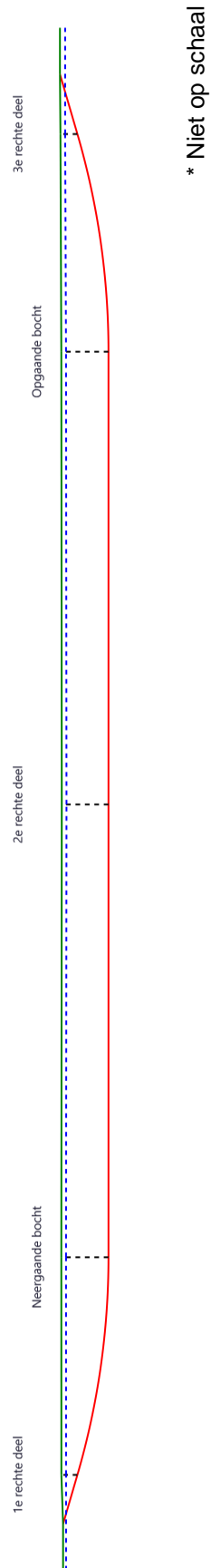


Sterkteberekening van een horizontaal gestuurde boring conform NEN 3650/3651:2012		Sigma 2018 1.5 ©	
Algemene gegevens			
Naam van het project : Enexis - Lomitel/Ziggo Ooijenseweg Blitterswijk			
Projectonderdeel : Lomitel/Ziggo 1x HDPE ø63sdr11 (drukloos)			
Materiaalgegevens			
Materiaalsoort:	PE		
Kwaliteit:	PE 100 SDR 11		
Lange-duur treksterkte	MRS	= 10	N/mm²
Materiaalfactor	γ _M	= 1,25	-
Toelaatbare langeduur spanning	σ _t	= 8,00	N/mm²
Elasticiteitsmodulus korte duur	E	= 975	N/mm²
Elasticiteitsmodulus lange duur	E'	= 350	N/mm²
Lineaire uitzettingscoëfficiënt	α _g	= 16,0·10 ⁻⁵	mm/(mm·K)
Alfa Tangentiëel / Alfa Axiaal	α _σ	= 0,65	-
Soortelijk gewicht buis	ρ _L	= 9,55	kN/m³
Toelaatbare deflectie	δ	= 8	%
Leidinggegevens			
Uitwendige middellijn	D _e	= 63,00	mm
Wanddikte	d _n	= 5,8	mm
Procesgegevens			
Soort leiding (Vloeistof / Gas / Drukloos)		= Drukloos	
Uitvoeringsaspecten, tracé boring, in- en uittredehoeken, onzekerheids- en wrijvingsfactoren			
Percentage omtrek in aanraking met bentoniet		= 100	%
Soortelijk gewicht boorvloeistof	ρ _m	= 11,5	kN/m³
Zwichtspanning boorvloeistof	τ _y	= 15	Pa
Leiding wordt niet verzwaaard t.p.v. rollenbaan			
Leiding wordt niet verzwaaard t.p.v. boorgang			
Diameter ruimer ivm boorspoeldruk	D _g	= 400	mm
Diameter boorstang	D _b	= 73	mm
Totale lengte	L	= 314,39	m
Lengte 1e rechte deel	L ₁	= 11,03	m
Lengte neergaande bocht	L ₂	= 47,47	m
Lengte 2e rechte deel	L ₃	= 195,00	m
Lengte opgaande bocht	L ₄	= 47,47	m
Lengte 3e rechte deel	L ₅	= 13,42	m
Straal maaiveld/rollenbaan	R _r	= 50,00	m
Straal neergaande bocht	R ₁	= 170,00	m
Straal opgaande bocht	R ₂	= 170,00	m
Intrede-hoek (bij boorstelling)	α ₁	= 16,00 / 28,67	° / %
Uittrede-hoek (bij rollenbaan)	α ₂	= 16,00 / 28,67	° / %
Belastinghoek	α	= 30	°
Ondersteuningshoek	β	= 30	°
Horizontale steundrukhoek	γ	= 120	°
Geen grondmechanisch onderzoek uitgevoerd	γ	= 1,1	
Totaalfactor bij boring met bundels	f	= 1,8	
Belastingfactor, bovengronds	f _{k,b}	= 1,1	
Belastingfactor, ondergronds	f _{k,o}	= 1,4	
Onzekerheidsfactor straal, ondergronds	f _{r,o}	= 0,9	
Wrijvingscoëff. met rollenbaan	f ₁	= 0,1	
Wrijving tussen leiding/boorvloeistof	f ₂	= 0,00005	N/mm²
Wrijving tussen leiding/boorgangwand	f ₃	= 0,2	
Lomitel/ Ziggo			
			08-05-2020 12:02:41

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/m³]	Volumiek gewicht natte grond [kN/m³]	Wrijvings- hoek grond [°]
1e rechte deel	11,03	3,40	1,00	Zand	19,00	21,00	32,50
Neergaande bocht	58,50	10,00	1,00	Zand	19,00	21,00	32,50
2e rechte deel	156,00	9,90	1,00	Zand	19,00	21,00	32,50
Opgaande bocht	253,50	10,00	1,00	Zand	19,00	21,00	32,50
3e rechte deel	300,97	3,60	1,00	Zand	19,00	21,00	32,50

Locatie	Gereduceerde grondbelasting	Hor. steun- druk	Gemiddelde verticale beddingconstante [N/mm³]	Effectieve cohesie [kN/m²]	E-modulus ondergrond [MN/m²]	Verkeersbelasting
1e rechte deel	Geen		-	0,00	35,00	Geen
Neergaande bocht	Geen		0,0320	0,00	35,00	Geen
2e rechte deel	Geen		-	0,00	35,00	Geen
Opgaande bocht	Geen		0,0320	0,00	35,00	Geen
3e rechte deel	Geen		-	0,00	35,00	Grafiek I



2. Eigenschappen van de leiding

Inwendige middellijn	$D_i = D_e - 2 \cdot d_n$	= 51,40	mm
Gemiddelde middellijn	$D_g = (D_e + D_i)/2$	= 57,20	mm
Uitwendige middellijn+bekleding	$D_o = D_e + 2 \cdot e$	= 63,00	mm
Uitwendige straal	$r_e = D_e / 2$	= 31,50	mm
Inwendige straal	$r_i = D_i / 2$	= 25,70	mm
Gemiddelde straal	$r_g = (r_e + r_i) / 2$	= 28,60	mm
Traagheidsmoment buis	$I_b = (D_e^4 - D_i^4) \cdot \pi / 64$	= 430.644,04	mm ⁴
Weerstandsmoment buis	$W_b = I_b / r_e$	= 13.671,24	mm ³
Wandtraagheidsmoment	$I_w = d_n^3 / 12$	= 16,26	mm ⁴ /mm ¹
Wandweerstandsmoment	$W_w = d_n^2 / 6$	= 5,61	mm ³ /mm ¹
Oppervlakte leiding	$A = \pi \cdot (D_e^2 - D_i^2) / 4$	= 1.042,25	mm ²
Gewicht leiding	$g = \rho_L \cdot A$	= 0,0100	N/mm ¹

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	$g = 0,0100 \text{ N/mm}^1$	$g = 0,0100 \text{ N/mm}^1$
Gewicht vulling	$g_{vul} = \text{N.v.t.} +$	$g_{vul} = \text{N.v.t.} +$
Totaal gewicht	$g_{rol} = 0,0100 \text{ N/mm}^1$	$g_{gat} = 0,0100 \text{ N/mm}^1$

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

Trekkracht T_1 tijdens verschillende stadia [N]	L [m]	T_1 [N]
Starten met trekken	314,39	563
Na 1 ^e deel intrekken	300,97	539
Na 2 ^e deel intrekken	253,50	454
Na 3 ^e deel intrekken	58,50	105
Na 4 ^e deel intrekken	11,03	20

$$T_1 = f \cdot L \cdot g_{rol} \cdot f_1 = 1,8 \cdot L \cdot 0,0100 \cdot 0,1$$

4.2 Berekening van de optredende spanningen t.g.v. de trekkrachten op rollenbaan/maaiveld

Spanningen σ_t tijdens verschillende stadia [N/mm ²]	T_1 [N]	σ_t [N/mm ²]
Starten met trekken	563	0,54
Na 1 ^e deel intrekken	539	0,52
Na 2 ^e deel intrekken	454	0,44
Na 3 ^e deel intrekken	105	0,10
Na 4 ^e deel intrekken	20	0,02

$$\sigma_t = \frac{T_1}{A} = \frac{T_1}{1.042,25}$$

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

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

$$M_b = 1,1 \cdot 975 \cdot \frac{430.644}{50.000} = 9.237,31 \text{ Nmm}$$

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

$$\sigma_b = \frac{9.237,31}{13.671} = \mathbf{0,68 \text{ N/mm}^2}$$

4.4 Totalisatie van de optredende spanningen op rollenbaan/maaiveld

Spanningen σ_a tijdens verschillende stadia [N/mm ²]	σ_t [N/mm ²]	σ_a [N/mm ²]
Starten met trekken	0,54	0,98
Na 1 ^e deel intrekken	0,52	0,96
Na 2 ^e deel intrekken	0,44	0,87
Na 3 ^e deel intrekken	0,10	0,54
Na 4 ^e deel intrekken	0,02	0,46

$$\sigma_a = \alpha_{\sigma} \cdot \sigma_b + \sigma_t = 0,65 \cdot 0,68 + \sigma_t$$

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

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: $D_{e,omtrek} = 197,92 \text{ mm}^1$

Gewicht van de leiding (+vulling) in het boorgat $g_{gat} = 0,00995 \text{ N/mm}^1$

Gelet op het gewicht van de boorvloeistof: $g_{opw} = \rho_m \cdot D_e^2 \cdot \pi/4 = 11,5 \cdot 63,00^2 \cdot \pi/4 = 0,0358 \text{ N/mm}^1$

Gelet hierop is $g_{eff} = |g_{gat} - g_{opw}| = 0,0259 \text{ N/mm}^1$

Trekkracht T_2 en T_{3a} tijdens verschillende stadia [N]	L [m]	T_2 [N]	T_{3a} [N]
1 ^e deel intrekken	13,42	364	-
2 ^e deel intrekken	60,89	-	1.652
3 ^e deel intrekken	255,89	6.944	-
4 ^e deel intrekken	303,36	-	8.232
Geheel ingetrokken	314,39	8.531	-

Rechte delen: $T_2 = f \cdot L \cdot (D_{e,omtr} \cdot f_2 + g_{eff} \cdot f_3) = 1,8 \cdot L \cdot (197,92 \cdot 0,00005 + 0,0259 \cdot 0,2)$

Gebogen delen: $T_{3a} = f \cdot L_B \cdot (D_{e,omtr} \cdot f_2 + g_{eff} \cdot f_3) = 1,8 \cdot L \cdot (197,92 \cdot 0,00005 + 0,0259 \cdot 0,2)$

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

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

$$\lambda = \sqrt[4]{\frac{63,00 \cdot 0,0320}{4 \cdot 975 \cdot 430.644,04}} = 0,0059 \text{ mm}^{-1}$$

$$Q_{r1} = \frac{0,322 \cdot \lambda^2 \cdot E \cdot I_b}{D_o \cdot f_{r,o} \cdot R}$$

$$Q_{r1} = \frac{0,322 \cdot 0,0059^2 \cdot 975 \cdot 430.644,04}{63,00 \cdot 0,9 \cdot 170.000} = 0,0005 \text{ N/mm}^2$$

$$T_{3b} = f \cdot 4 \cdot \frac{Q_{r1}}{2} \cdot D_o \cdot \frac{\pi}{\lambda} \cdot f_3$$

$$T_{3b} = 1,8 \cdot 4 \cdot \frac{0,0005}{2} \cdot 63,00 \cdot \frac{\pi}{0,0059} \cdot 0,2 = \mathbf{11,77 \text{ N}}$$

5.3.2 Opgaande bocht

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

$$\lambda = \sqrt[4]{\frac{63,00 \cdot 0,0320}{4 \cdot 975 \cdot 430.644,04}} = 0,0059 \text{ mm}^{-1}$$

$$Q_{r2} = \frac{0,322 \cdot \lambda^2 \cdot E \cdot I_b}{D_o \cdot f_{r,o} \cdot R}$$

$$Q_{r2} = \frac{0,322 \cdot 0,0059^2 \cdot 975 \cdot 430.644,04}{63,00 \cdot 0,9 \cdot 170.000} = 0,0005 \text{ N/mm}^2$$

$$T_{3b} = f \cdot 4 \cdot \frac{Q_{r2}}{2} \cdot D_o \cdot \frac{\pi}{\lambda} \cdot f_3$$

$$T_{3b} = 1,8 \cdot 4 \cdot \frac{0,0005}{2} \cdot 63,00 \cdot \frac{\pi}{0,0059} \cdot 0,2 = 11,77 \text{ N}$$

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

Trekkraft T_{bocht} tijdens verschillende stadia [N]	T_1 [N]	T_{3a} [N]	$T_{3b,neer}$ [N]	$T_{3b,op}$ [N]	T_{bocht} [N]
Neergaande bocht	454	1.652	12	-	2.118
Opgaande bocht	20	8.232	12	12	8.275

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

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

Trekkraft T_{3c} tijdens verschillende stadia [N]	α [°]	T_{bocht} [N]	T_{3c} [N]
Neergaande bocht	8,00	2.118	212
Opgaande bocht	8,00	8.275	829

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

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

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

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

5.5 Totalisatie van de trekkkrachten in fase II

Trekkraft T_{tot} tijdens verschillende stadia [N]	T_1 [N]	T_2 / T_{3a} [N]	$T_{3b,neer}$ [N]	$T_{3c,neer}$ [N]	$T_{3b,op}$ [N]	$T_{3c,op}$ [N]	T_{tot} [N]
1 ^e deel intrekken	539	364	-	-	-	-	903
2 ^e deel intrekken	454	1.652	12	212	-	-	2.330
3 ^e deel intrekken	105	6.944	12	212	-	-	7.272
4 ^e deel intrekken	20	8.232	12	212	12	829	9.316
Geheel intrekken	0	8.531	12	212	12	829	9.596

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

Sterkteberekening van een horizontaal gestuurde boring conform NEN 3650/3651:2012

Sigma 2018 1.5 ©

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

Spanningen σ_t tijdens verschillende stadia [N/mm ²]	T_{tot} [N]	σ_t [N/mm ²]
1 ^e deel intrekken	903	0,87
2 ^e deel intrekken	2.330	2,24
3 ^e deel intrekken	7.272	6,98
4 ^e deel intrekken	9.316	8,94
Geheel intrekken	9.596	9,21

$$\sigma_t = \frac{T_{tot}}{A} = \frac{T_{tot}}{1.042,25}$$

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

5.7.1 Neergaande bocht

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

$$M_b = 1,4 \cdot 975 \cdot \frac{430.644,04}{0,9 \cdot 170.000} = 3.842,02 \text{ Nmm}$$

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

$$\sigma_b = \frac{3.842,02}{13.671,24} = \mathbf{0,28 \text{ N/mm}^2}$$

5.7.2 Opgaande bocht

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

$$M_b = 1,4 \cdot 975 \cdot \frac{430.644,04}{0,9 \cdot 170.000} = 3.842,02 \text{ Nmm}$$

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

$$\sigma_b = \frac{3.842,02}{13.671,24} = \mathbf{0,28 \text{ N/mm}^2}$$

5.8 Totalisatie van de spanningen in het boorgat tijdens de trekoperatie

Spanningen σ_a tijdens verschillende stadia [N/mm ²]	T_{tot} [N]	σ_t [N/mm ²]	σ_b [N/mm ²]	σ_a [N/mm ²]
Starten met trekken	903	0,87	-	0,87
Na 1 ^e deel intrekken	2.330	2,24	0,28	2,42
Na 2 ^e deel intrekken	7.272	6,98	-	6,98
Na 3 ^e deel intrekken	9.316	8,94	0,28	9,12
Na 4 ^e deel intrekken	9.596	9,21	-	9,21

$$\text{Rechte delen: } \sigma_a = \frac{T_{tot}}{A} = \frac{T_{tot}}{1.042,25} = \sigma_t$$

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

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

Sterkteberekening van een horizontaal gestuurde boring conform NEN 3650/3651:2012

Sigma 2018 1.5 ©

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]	Grond- soort	q_{droog} [kN/m ²]	q_{nat} [kN/m ²]	q_{totaal} [kN/m ²]	Q_n [N/mm ¹]
1e rechte deel	3,40	1,00	Zand	20,90	55,44	76,34	3,30
Neergaande bocht	10,00	1,00	Zand	20,90	207,90	228,80	8,74
2e rechte deel	9,90	1,00	Zand	20,90	205,59	226,49	8,66
Opgaande bocht	10,00	1,00	Zand	20,90	207,90	228,80	8,74
3e rechte deel	3,60	1,00	Zand	20,90	60,06	80,96	3,46






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

6.4 Berekening van de verkeersbelasting Q_v

Locatie	Dekking t.o.v. maaiveld [m]	Verkeers- belasting	q_v [kN/m ²]	Q_v [N/mm ¹]
1e rechte deel	3,40	Geen	0,00	0,00
Neergaande bocht	10,00	Geen	0,00	0,00
2e rechte deel	9,90	Geen	0,00	0,00
Opgaande bocht	10,00	Geen	0,00	0,00
3e rechte deel	3,60	Grafiek I	14,24	0,90

$$Q_v = q_v \cdot D_o = q_v \cdot 63$$

6.5 Momenten en spanningen t.g.v. bovenbelastingen

Locatie	Hor. steundruk	Q_n [N/mm ¹]	Q_v [N/mm ¹]	Q_{boven} [N/mm ¹]	M_q [Nmm]	σ_q [N/mm ²]
1e rechte deel		3,30	0,00	3,30	18,83 ⁽¹⁾	3,36
Neergaande bocht		8,74	0,00	8,74	49,94 ⁽¹⁾	8,91
2e rechte deel		8,66	0,00	8,66	49,47 ⁽¹⁾	8,82
Opgaande bocht		8,74	0,00	8,74	49,94 ⁽¹⁾	8,91
3e rechte deel		3,46	0,90	4,36	24,90 ⁽¹⁾	4,44

$$\text{Indien horizontale steundruk: } M_q = K_b \cdot (Q_n + Q_v) \cdot r_g - K_b \cdot (1 - \sin \varphi) \cdot \sin(1/2 \cdot \gamma) \cdot (Q_n + Q_v) \cdot r_g \quad (1)$$

$$M_q = 0,257 \cdot (Q_n + Q_v) \cdot 28,60 - 0,143 \cdot (1 - \sin \varphi) \cdot \sin(1/2 \cdot 120) \cdot (Q_n + Q_v) \cdot 28,60$$

$$\sigma_q = f_{rr} \cdot \frac{M_q}{W_w} = 1,00 \cdot \frac{M_q}{5,61}$$

Sterkteberekening van een horizontaal gestuurde boring conform NEN 3650/3651:2012

Sigma 2018 1.5 ©

6.6 Optredende spanning s_{qr} tgv. grondreactie in de bochten

6.6.1 Neergaande bocht

$$\sigma_{qr} = K_{b,ind} \cdot Q_{r1} \cdot D_o \cdot \frac{r_u}{W_w}$$

$$\sigma_{qr} = 0,179 \cdot 0,0005 \cdot 63,00 \cdot \frac{31,50}{5,61} = \mathbf{0,03 \text{ N/mm}^2}$$

6.6.2 Opgaande bocht

$$\sigma_{qr} = K_{b,ind} \cdot Q_{r2} \cdot D_o \cdot \frac{r_u}{W_w}$$

$$\sigma_{qr} = 0,179 \cdot 0,0005 \cdot 63,00 \cdot \frac{31,50}{5,61} = \mathbf{0,03 \text{ N/mm}^2}$$

6.7 Berekening van de spanning s_{ax} t.g.v. temperatuurverschil

Leiding is drukloos

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

7. Toetsing op minimale ringstijfheid S_N

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

$$S_N = 975 \cdot \frac{16,26}{57,2^3} = 0,0847 \text{ N/mm}^2 = \mathbf{84,71 \text{ kN/m}^2}$$

Minimaal vereiste ringstijfheid = **2 kN/m²**

8. Toetsing op implosie: berekening van de alzijdige overdruk

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

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

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

$$p_{o,kort} = \frac{1}{1,5 \cdot (1 - 0,4^2)} \cdot \frac{24 \cdot 975,00 \cdot 16,26}{57,20^3} = 1,61 \text{ N/mm}^2$$

$$p_{o,lang} = \frac{1}{3 \cdot (1 - 0,4^2)} \cdot \frac{24 \cdot 350,00 \cdot 16,26}{57,20^3} = 0,29 \text{ N/mm}^2$$

Conclusie: Kans op implosie bij **28,96 m** grondwater boven de leiding

9. Berekening van het totaal aan optredende spanningen

9.1 Optredende spanningen in omtreksrichting van de leiding

Locatie	σ_q [N/mm ²]	σ_{qr} [N/mm ²]	α_σ [-]	σ_{y2} [N/mm ²]
1e rechte deel	3,36	-	0,65	2,18
Neergaande bocht	8,91	0,031	0,65	5,81
2e rechte deel	8,82	-	0,65	5,74
Opgaande bocht	8,91	0,031	0,65	5,81
3e rechte deel	4,44	-	0,65	2,89

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

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

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

9.2 Optredende spanningen in langsrichting van de leiding

Locatie	σ_{pl} [N/mm ²]	σ_{ax} [N/mm ²]	σ_b [N/mm ²]	α_σ [-]	σ_x [N/mm ²]
1e rechte deel	0,00	0,00	-	-	0,00
Neergaande bocht	0,00	0,00	0,28	0,65	0,18
2e rechte deel	0,00	0,00	-	-	0,00
Opgaande bocht	0,00	0,00	0,28	0,65	0,18
3e rechte deel	0,00	0,00	-	-	0,00

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/mm²

10. Berekening van de optredende en toelaatbare deflectie

Locatie	Q_n [N/mm ¹]	Q_v [N/mm ¹]	Q_r [N/mm ²]	δ_Y [mm]	δ_Y/D_g [%]
1e rechte deel	3,30	0,00	-	0,69	1,20
Neergaande bocht	8,74	0,00	0,00049	1,82	3,18
2e rechte deel	8,66	0,00	-	1,80	3,15
Opgaande bocht	8,74	0,00	0,00049	1,82	3,18
3e rechte deel	3,46	0,90	-	0,91	1,59

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

$$\delta_Y = \frac{(0,089 \cdot (Q_n + Q_v) - 0,083 \cdot (1 - \sin \varphi) \cdot (Q_n + Q_v) + 0,048 \cdot Q_r) \cdot 28,60^3}{350 \cdot 16,26}$$

Toelaatbare deflectie = $8\% \cdot D_g = 0,08 \cdot 57,20 = \mathbf{4,58}$ mm

11. Berekening van de boorspoeldrukken tijdens de trekfase

Locatie	H [m]	σ_{vert} [kN/m ²]	σ_{hor} [kN/m ²]	σ_o' [kN/m ²]	p_f' [kN/m ²]	G [MN/m ²]
1e rechte deel	3,40	39,09	18,09	28,59	43,95	13,46
Neergaande bocht	10,00	99,09	45,85	72,47	111,41	13,46
2e rechte deel	9,90	98,18	45,43	71,81	110,39	13,46
Opgaande bocht	10,00	99,09	45,85	72,47	111,41	13,46
3e rechte deel	3,60	40,91	18,93	29,92	45,99	13,46

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

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

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

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

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

Locatie	Q [-]	$R_{p,\text{max}}$ [m]	u [N/mm ²]	p_{st} [N/mm ²]	Δp [N/mm ²]	p_{lim} [N/mm ²]
1e rechte deel	0,0011	1,70	0,0240	0,02708	0,00	0,49
Neergaande bocht	0,0029	1,18	0,0900	0,1015	0,01	0,95
2e rechte deel	0,0029	1,18	0,0890	0,1004	0,03	0,94
Opgaande bocht	0,0029	1,18	0,0900	0,1015	0,05	0,95
3e rechte deel	0,0012	1,80	0,0260	0,02933	0,06	0,51

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

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

$$u = \gamma_w \cdot H_n$$

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

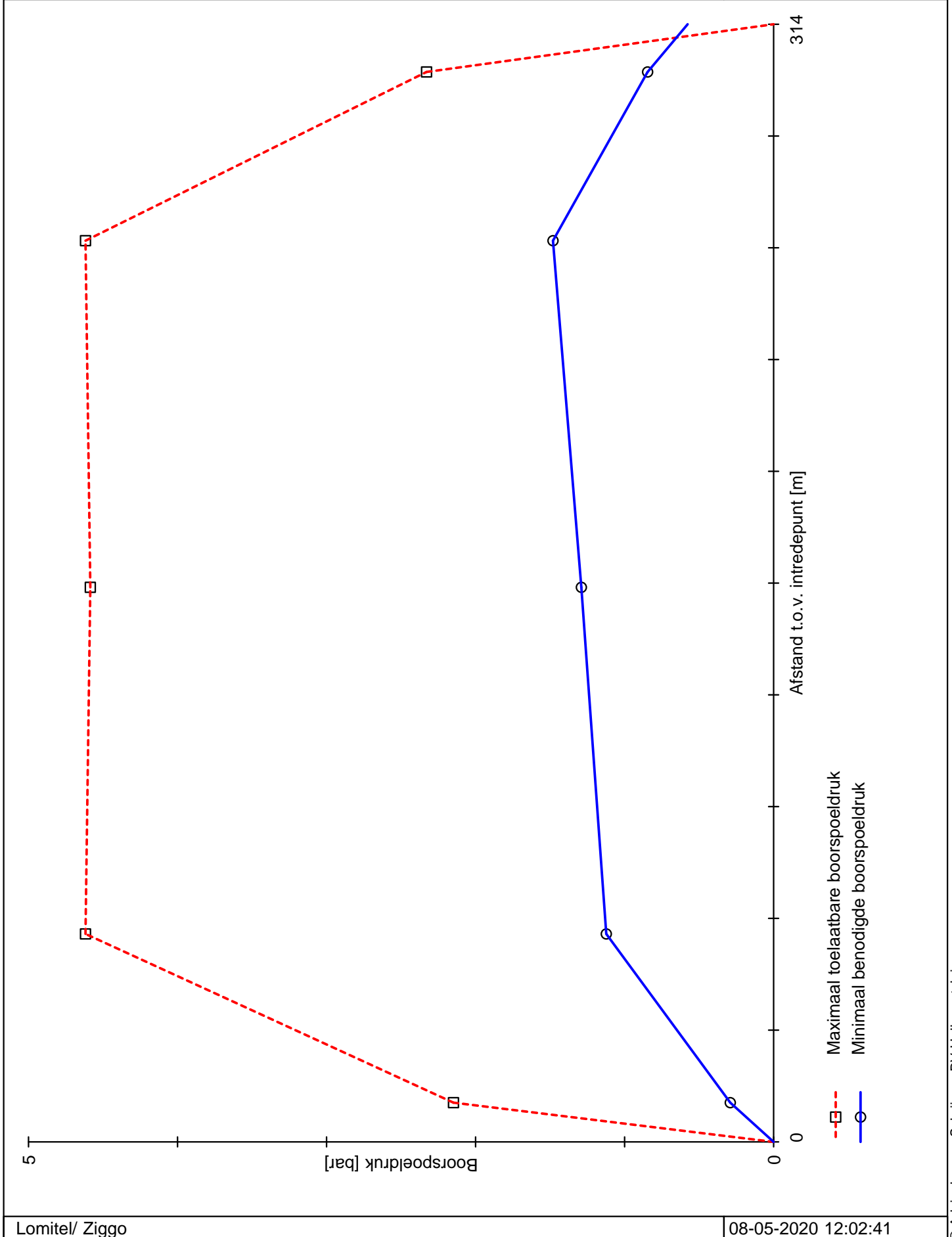
$$\Delta p = 4 \cdot \frac{\tau_y}{D_g - D_b} \cdot L$$

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

Locatie	p_{max} [kPa]	90% p_{lim} [kPa]	p_{min} [kPa]	p_{max} [bar]	90% p_{lim} [bar]	p_{min} [bar]
1e rechte deel	214,82	443,97	29,10	2,15	4,44	0,29
Neergaande bocht	461,75	854,51	112,27	4,62	8,55	1,12
2e rechte deel	458,52	848,98	129,03	4,59	8,49	1,29
Opgaande bocht	461,75	854,51	148,05	4,62	8,55	1,48
3e rechte deel	232,88	458,45	84,56	2,33	4,58	0,85

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

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



Bijlage 6: Voorbeeld type boorrig

JT40 DIRECTIONAL DRILL

OPERATION	U.S.	METRIC
Spindle speed, max	225 rpm	
Spindle torque, max	5,500 ft·lb	7460 N·m
Carriage thrust travel speed	180 fpm	55 m/min
Carriage pullback travel speed	180 fpm	55 m/min
Thrust force	40,000 lb	178 kN
Pullback force	40,000 lb	178 kN
Bore diameter	4.5 in	114 mm
Backreamer diameter	Soil dependent	
Ground travel speed		
Forward/reverse	3.0 mph	4.8 km/h

POWER (TIER 3)	U.S.	METRIC
Engine	Cummins QSB4.5	
Fuel	Diesel	
Cooling medium	Liquid	
Injection	Direct	
Aspiration	Turbocharged & charge air cooled	
Number of cylinders	4	
Displacement	275 in ³	4.5 L
Bore	4.21 in	107 mm
Stroke	4.88 in	124 mm
Manufacturer's gross power rating	148 hp	110 kW
Rated speed	2,300 rpm	
Emissions compliance	EPA Tier 3	Stage IIIA

POWER (TIER 4)	U.S.	METRIC
Engine	Cummins QSB4.5	
Fuel	Diesel	
Cooling medium	Liquid	
Injection	Direct	
Aspiration	Turbocharged & charge air cooled	
Number of cylinders	4	
Displacement	275 in ³	4.5 L
Bore	4.21 in	107 mm
Stroke	4.88 in	124 mm
Manufacturer's gross power rating	160 hp	119 kW
Rated speed	2,300 rpm	
Emissions compliance	EPA Tier 4	EU Stage IV

DIMENSIONS	U.S.	METRIC
Length	290 in	7.37 m
Width, w/open station	89 in	2.26 m
Width, w/cab	93 in	2.36 m
Height	97 in	2.46 m
Operating mass	20,500 lb	9300 kg
Entry angle	20-29%	
Angle of approach	17°	
Angle of departure	17°	

WEIGHT CONFIGURATION	U.S.	METRIC
Cab option	690 lb	310 kg
Standard anchor option	750 lb	340 kg
HD anchor option	1,290 lb	590 kg
Deduct Tier 3 engine option	165 lb	70 kg

DRILLING FLUID SYSTEM	U.S.	METRIC
Pressure, max	1,000 psi	69 bar
Flow, max	70 gpm	265 l/min

FLUID CAPACITIES	U.S.	METRIC
Hydraulic reservoir	17 gal	64 L
Fuel tank	56 gal	212 L
Engine lubrication oil, w/filter	13.7 qt	13 L
Engine cooling system	24 qt	22.7 L
Antifreeze tank	8 gal	30 L
Diesel exhaust fluid tank	3.6 gal	13.6 L

POWER PIPE® HD	U.S.	METRIC
Length of drill pipe, nominal	180 in	4.57 m
Diameter of drill pipe, tool joint end	3.13 in	80 mm
Diameter of drill pipe	2.81 in	71 mm
Bend radius, min	146 ft	45 m
Weight of drill pipe, lined	150 lb	68 kg
Weight of drill pipe and large box (40 pipe)	7,140 lb	3240 kg
Weight of drill pipe and small box (20 pipe)	3,797 lb	1720 kg

HIWS1 PIPE	U.S.	METRIC
Length of drill pipe, nominal	180 in	4.57 m
Diameter of drill pipe, tool joint end	3.10 in	79 mm
Diameter of drill pipe	2.63 in	67 mm
Bend radius, min	145 ft	44 m
Weight of drill pipe	165 lb	75 kg
Weight of drill pipe and large box (35 pipe)	6,915 lb	3140 kg
Weight of drill pipe and small box (15 pipe)	3,287 lb	1490 kg

BATTERY	
SAE reserve capacity rating	195 min
SAE cold crank rating @ 0°F (-18°C)	950 amps

NOISE LEVEL	
Operator sound pressure per ISO 6396	< or = 85 dBA
Operator sound pressure per ISO 6396, w/cab	< or = 73 dBA
Exterior sound power per ISO 6395	< or = 103 dBA
Specifications are general and subject to change without notice. If exact measurements are required, equipment should be weighed and measured. Due to selected options, delivered equipment may not necessarily match that shown.	

Bijlage 7a: V&G-gevaren voortvloeiend uit de omgeving van de bouwlocatie

Veiligheids- en gezondheidsgevaaren voortvloeiend uit de omgeving van de bouwlocatie

Omgevingsfactor	Activiteit	Arbo-Risico	Risico-oorzaak	Suggesties
Verkeerswegen	Alle	Lichamelijk letsel door aanrijding of botsing	Aanrijding, aanwezigheid van obstakels	Weg afsluiten voor doorgaand verkeer. Omleidingroutes en waarschuwingtekens aanbrengen voor verkeer. Lokaal gebonden verkeersmaatregelen treffen. Veiligheidsvesten.
Omwonenden, bezoekers, passanten en onbevoegden (inclusief (brom)fietzers)	Alle	Lichamelijk letsel door aanrijding, val, botsing, obstakels o.i.d.	Aanrijding, bouwverkeer, obstakels, sleuven, gaten, vallende voorwerpen	Alternatieve wandel- en fietsroutes. Afzetten of beschermen werklocaties / -stroken. Beveiliging inzetten. Verkeersmaatregelen treffen. (Brom)fietzers af laten stappen.
Kabels en leidingen van derden	Werkzaamheden nabij bestaande kabels en leidingen	Verstikking/ bedwelming, verdrinking, letsel door explosie, brand en elektrocutie	Beschadiging en/of breken van bestaande kabels en leidingen	Vrij laten schakelen kabels. Drukloos maken leidingen. Bestaande kabels en leidingen uit laten zetten. Proefsleuven maken. Kick-off meeting met betrokken kabel- en leidingeigenaren. Houden aan regels en voorschriften van betrokken kabel- en leidingeigenaren.
Sleuven / gaten	Graven en aanvullen sleuven en gaten Werken in de sleuf	Bedelving / verstikking	Inzakken sleuf of gat na graven	Opvolgen voorschriften van ISZW en "veilig werken in en om putten en sleuven" uitgegeven door de Veiligheids Informatiegroep "Bouw".
Bodemverontreinigingen	Graafwerkzaamheden en bemalingen	Vergiftiging / bedwelming	Blootstelling aan toxische stoffen	Stoppen werkzaamheden. Saneren. Ander tracé. Zuiveren bemalingswater. PBM's beschikbaar stellen.
Werken in de nabijheid van olieopslagtanks	Hot-work	Lichamelijk letsel door brand of explosie	Hot-work	Vergunning van het betreffende bedrijf. V&G overleg.
Kruisen watergang	Werkzaamheden nabij water	Verdrinking	Opkomend water, kwelwater, doorbreken dam / waterkering	Aanvullende maatregelen beheerder (HHS / WS) opvolgen. Weersverwachting. Pompen water. Zo nodig PBM's.
Grondwaterbeschermings-gebied	Werken met verontreinigende stoffen	Vergiftiging drinkwatervoorziening	Morsen	Volgen provinciale milieuverordening.
Overige				

Risico's en beheersmaatregelen door aannemer in te vullen

Bijlage 7b: V&G-gevaren voortvloeiend uit het ontwerp

Veiligheids- en gezondheidsgevaaren voortvloeiend uit het ontwerp

Bouwfase	Activiteit	Arbo-Risico	Risico-oorzaak	Suggesties
Grondwerk	Graven en aanvullen sleuven en gaten	Bedelving	Inzakken sleuf of gat na graven	Opvolgen "Veilig werken in en om putten en sleuven" uitgegeven door veiligheids Informatiegroep "Bouw". Werkinstructie Ladders. Persoonlijke beschermingsmiddelen.
Boorwerk	HDD boorwerkzaamheden	Lichamelijk letsel, elektrocutie	Draaiende delen Beschadiging kabels en leidingen machines en apparatuur Bezwijken boorstangen	Keuring materieel en apparatuur. Voorlichting en instructie V&G. Persoonlijke beschermingsmiddelen. Gekwalificeerd personeel.
Hijswerk	Werken met kranen en andere hijswerktuigen	Vallende voorwerpen	Geraakt worden door vallende voorwerpen	Opvolgen voorschriften in publicatie AI 17. Dragen van veiligheidshelm en veiligheidsschoenen.
Overig				

Risico's en beheersmaatregelen door aannemer in te vullen

Bijlage 8: Drill-Sheet

Drill-Sheet

Datum	O.D. Pilot	Projectlocatie
-------	------------	----------------

Stang (nr)	Afstand (m)	Start/stop (tijd)	Push kN	Pull (cm/min of kN)	Torque (Nm)	Muddruk (bar)	Mudflow (l/min)	Inclination (mm/m)	Azimut (graden)
---------------	----------------	----------------------	------------	------------------------	----------------	------------------	--------------------	-----------------------	--------------------



www.vhwengineering.nl

[illegible]