



Werkplan Gestuurde Boring Sprang-Capelle, Winterdijk

Uitbreiding van het Laagspanningsnet Enexis

Hoofdaannemer



Vergunninghouder:



Opdrachtnummer: 3D22V149

Auteur:

Gestuurde**B**oring**T**ekening.nl

0	04-feb-2023	Vergunningsaanvraag		
Revisie	Datum	Omschrijving	Voorbereid	Goedgekeurd

Inhoud

1.	Inleiding.....	4
2.	Vorbereiding	5
2.1.	De locatie	5
2.2.	Historie	5
2.3.	Bodemverontreiniging	6
2.4.	Infrastructuur	7
2.5.	Geotechnische gegevens ondergrond	8
2.6.	Overige omgevingsfactoren	8
3.	Ontwerp van de gestuurde boring	9
3.1.	Intredepunt	9
3.2.	Uittredepunt.....	9
3.3.	Het boorprofiel	9
3.4.	Metingen en registraties	10
3.4.1	Het boorkop volgsysteem	10
3.4.2	Vorbereiding Bentoniet	10
3.4.3	Boorspoelparameters	10
3.4.4	Rijksdriehoekcoördinaten	10
4.	Sterkte- Intrek- en Boorspoeldrukbereningen	11
4.1.	Sterktebereningen	11
4.2.	Berekening benodigde intrekkracht.....	11
4.3.	Boorspoeldrukbereningen	11
5.	Kwel	12
5.1.	Oorzaak	12
5.2.	Risico's en maatregelen.....	12
5.3.	Maatregelen op dit project	12
6.	Uitvoering.....	13
6.1	In te zetten boormachine	13
6.2	Personeel	13
6.3	Tijdsplanning	13
6.4	Inspectie na intrekken	14
	Bijlage A: Tekening van de gestuurde boring	15
	Bijlage B: Bereeningen	17
	Bijlage C: Geotechnische bodemgegevens.....	34
	Bijlage D: Procesbeschrijving techniek van gestuurd boren	37
	Bijlage E: De boormachine	40
	Bijlage F: Het boorkop-volgsysteem	42

Bijlage G: Bentoniet.....	43
---------------------------	----

1. Inleiding

Ter uitbreiding van het Laagspanningsnet van Enexis met een 3x25A naar een locatie langs de Zuidelijke dijk van het Zuiderafwateringskanaal, moet een waterkruising aangelegd worden vanaf het perceel achter de Winterdijk nummer 26.

Vergunninghouder voor de aanleg en het aansluiten van de nieuwe leiding is Enexis Netbeheer.

3D-Drilling voert de gestuurde boring uit in opdracht van BAM Energie & Water B.V. Regiovestiging Zuidoost.

In opdracht van 3D-Drilling heeft GestuurdeBoringTekening.nl dit werkplan opgesteld.

2. Voorbereiding

Alvorens te starten met het ontwerpen van de gestuurde boring, worden diverse omgevingsfactoren in kaart gebracht:

2.1. De locatie

Het Zuiderafwateringskanaal is gelegen parallel aan en tussen de Winterdijk en de Kruisvaart te Sprang-Capelle. In de brede sloot tussen de percelen achter de Winterdijk nummer 24 en 26 ligt een gemaal met een Laagspanning aansluiting die geschikt is om te verlengen naar de locatie ten Zuiden van het Zuiderafwateringskanaal.

Bij het onderkruisen van het Zuiderafwateringskanaal, worden

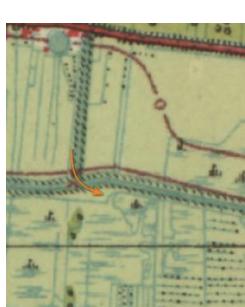


2.2. Historie

Via topotijdreis.nl is nagegaan of op de locatie wegen of bouwwerken gelegen hebben, om in een vroeg stadium te bepalen of er kans is oude fundaties tegen te komen, die een aanpassing van het beoogde tracé tot gevolg kunnen hebben.



Omstreeks 1880



Omstreeks 1955



Omstreeks 1975

Conclusie: Topotijdreis laat over het gehele tracé van de boring alleen polderlandschap zien. Vanaf 1907 wordt het Zuiderafwateringskanaal weergegeven. Vanuit de historie is geen aanleiding om te verwachten bij de uitvoering van de boring funderingsresten tegen te komen.

2.3. Bodemverontreiniging

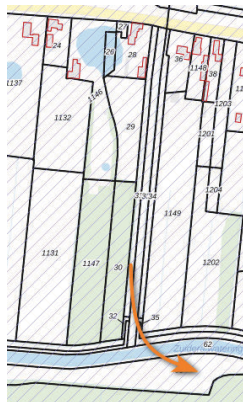
Via bodemloket.nl en via het bodemloket van Omgevingsrapportage is gecontroleerd of tijdens uitvoering rekening gehouden dient te worden met bodemverontreiniging en aanvullende voorschriften die daarbij horen. Eventueel kan het tracé zo bepaald worden dat bodemverontreiniging wordt ontweken.

Conclusie:

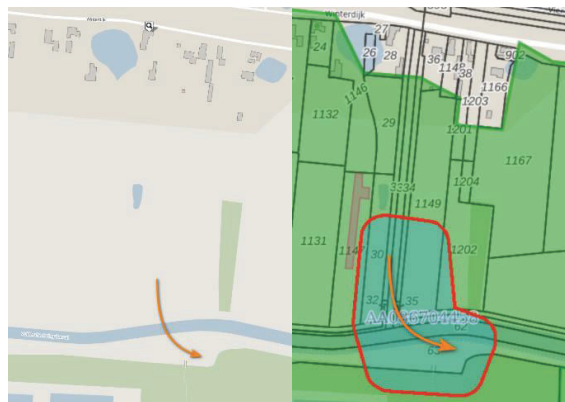
Bodemloket.nl vermeldt geen gegevens over het gehele tracé, alleen een verwijzing naar Omgevingsrapportage.

Omgevingsrapportage vermeldt asbestsanering op nabij gelegen percelen van Winterdijk 26 en 37. Deze liggen echter op ruime afstand tot de locatie van het boortracé. Omgevingsrapportage vermeldt geen gegevens over het gehele tracé of in de directe nabijheid van 25 m..

Wanneer er geen gegevens op de kaart staan kunnen we niet met zekerheid zeggen dat de ondergrond schoon is. Andersom wijzen historische bedrijfsactiviteiten op de kaart niet op bodemverontreiniging. Om daar duidelijkheid in te krijgen moet de bodem verder onderzocht worden. Om te beoordelen of de reeds onderzochte groene locaties een risico vormen voor uitvoering dient een bodemdeskundige veiligheidskundige geraadpleegd te worden.



Bodemloket.nl



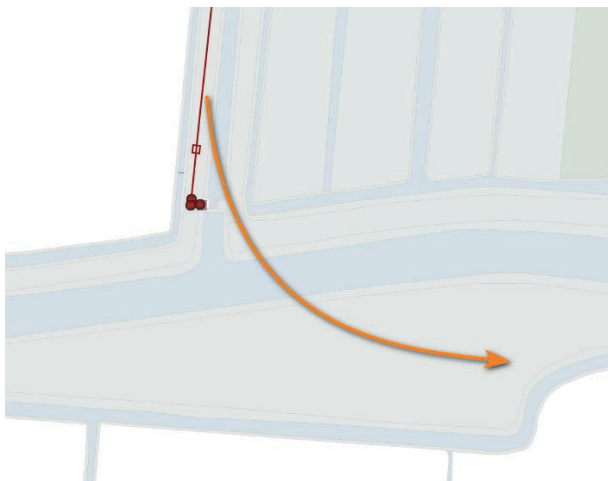
noord-brabant.omgevingsrapportage.nl

2.4. Infrastructuur

Aanwezige Kabels en Leidingen in de ondergrond: Middels KLIC oriëntatiemelding via kadaster.nl zijn de bestaande Kabels en Leidingen in kaart gebracht en is het tracé van de boring zodanig ontworpen dat de kans op schade door graafwerkzaamheden, het boren of het ruimen tot een minimum beperkt worden. Zie voor het ontwerp van de gestuurde boring [bijlage A](#).

Aanlegvoorschriften: De diverse grondeigenaren, Kabels en Leidingbeheerders, Waterschappen, Provincies en Rijkswaterstaat hebben voorschriften opgesteld waaraan moet worden voldaan bij werkzaamheden in de buurt van hun assets. Deze voorschriften zijn in kaart gebracht en in het ontwerp van het boortracé, de tekening en/of de berekening verwerkt.

Zoals te zien in onderstaand screenshot van de KLIC viewer, ligt een Laagspanning nabij het intredepunt. Dit is de kabel waar op aangesloten gaat worden om de nieuwe aansluiting te maken. Bij het graven van het boorgat zal de Laagspanning eerst opgezocht worden om schade te voorkomen.

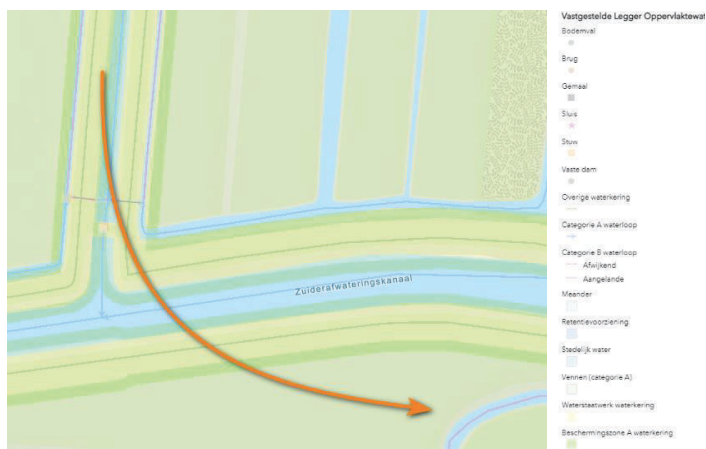


Screenshot van de KLIC

Verder heeft de boring zijn intredepunt in de waterkering van een categorie B waterloop tussen percelen van Winterdijk 24 en 26, parallel aan de waterloop. Vervolgens wordt deze waterloop onderkruist, voorlangs een stuw. Vervolgens wordt het Zuiderafwateringskanaal onderkruist. Dit is een categorie A waterloop.

Beide keringen van deze categorie A waterloop worden onderkruist op een diepte groter 10 meter onder de kruin.

De boring ligt op ruim voldoende diepte onder de bodem van de beide waterlopen.



Categorie A en B waterlopen en beschermingszone A waterkeringen geoportaal.brabantsedelta.nl

2.5. Geotechnische gegevens ondergrond

Geotechnische gegevens van de ondergrond worden gebruikt als invoer voor de benodigde Sterkte-, intrek- en boorspoeldrukberekeningen.

In verband met de beperkte lengte en diepte van deze boring is gezocht naar bestaand bodemonderzoek in de omgeving via Dinoloket. Voor de locatie zijn meerdere eerder uitgevoerde sonderingen gevonden, welke tot grotere diepte dan de boring de ondergrond bepaald hebben. De voorkeur is dat een sondering >5 meter onder diepste punt van de boring gemaakt zijn. De Westelijke sondering voldoet hier niet aan (slechts 1,5 m dieper dan de boring), maar gezien beiden in dit bereik alleen zand laten zien, wordt de Oostelijke sondering toch ook als acceptabel beoordeeld. Beide sonderingen liggen binnen voldoende afstand van het boortracé liggen om representatief te zijn voor de te verwachten grondeigenschappen in het tracé. De gegevens zijn te vinden in [bijlage C](#).

De Westelijke sondering laat wat bovenin wat leem zien en daaronder een veenlaag tussen NAP -1 en -2, waar het intredepunt op NAP ligt. Onder de veenlaag zit zand.

De Oostelijke sondering laat alleen zand zien.

Er zijn geen belangrijke overgangen in ondergrond die bepalend zijn voor het ontwerp van deze gestuurde boring.

Zand is een uitstekende ondergrond voor de succesvolle uitvoering van deze gestuurde boring.

2.6. Overige omgevingsfactoren

Het intredepunt is goed bereikbaar en biedt voldoende ruimte voor het opstellen van de boormachine, andere benodigde apparatuur zoals een vrachtwagen, bentoniet mixopstelling, en eventueel een tankwagen. Bij het gekozen uittredepunt is ook voldoende ruimte aanwezig voor het uitleggen van de mantelbuis.

Bij voorkeur wordt oppervlakte water gebruikt voor het aanleggen van de benodigde bentoniet, dit kan worden betrokken uit de waterloop.

Tot slot zal overtollig Bentoniet worden afgevoerd naar een verwerkingsbedrijf na het afronden van de werkzaamheden.

3. Ontwerp van de gestuurde boring

De locatie voor de gestuurde boring is vooraf bepaald door de opdrachtgever; vanuit de omgevingsfactoren zijn geen redenen gevonden hiervan af te wijken.

De boorricting is gekozen om de betere bereikbaarheid vanaf het perceel van Winterdijk 26 en om zo dicht mogelijk bij de bestaande Laagspanning de boring in te kunnen steken.

Specificaties van de aan te leggen buis:

Afmeting: Mantelbuis Ø110 SDR11 (wanddikte 10 mm)
Materiaal: PE100
Medium: geen (mantelbuis voor 3x25A Laagspanningskabels)
Ontwerpdruk: drukloos

3.1. Intredepunt

Het weiland biedt voldoende ruimte voor de boormachine en overig materieel.



Intredepunt in het weiland tussen nr 24 en nr 26

3.2. Uittredepunt

Bij het uittredepunt kan de in te trekken buis in het weiland uitgelegd worden. De K&L, inclusief het persriool langs de Broekermeerdijk worden op ruime diepte onderkruist. Bij het uittredepunt liggen geen K&L.



Uittredepunt in het weiland vanaf de Hogevaart

3.3. Het boorprofiel

In het ontwerp van de boring zijn de boorlijn, het maaiveld volgens AHN3 en de kabels en leidingen volgens de KLIC melding weergegeven in bovenaanzicht en in lengteprofiel.

Zie [bijlage A](#) voor de tekening in .pdf.

3.4. Metingen en registraties

Om de boring volgens ontwerp uit te voeren, worden tijdens uitvoering diverse metingen gemonitord en geregistreerd.

3.4.1 Het boorkop volgsysteem

De diepte, rotatie, hellingshoek en richting van de boorkop worden tijdens het uitvoeren van de pilotboring continue gemonitord met een meetsysteem en teruggekoppeld naar de boormeester. Deze informatie gebruikt de boormeester om bij te sturen indien nodig en wordt genoteerd en/of opgeslagen voor latere verwerking in de As-Built tekening van de boring.

Tevens worden de temperatuur van de boorkop en de batterijstatus gemonitord.

Voor deze korte boring, waar de gehele boorlijn bereikbaar is via het maaiveld, is een walk-over meetsysteem het meest geschikt.

Gegevens van het boorkop volgsysteem zijn terug te vinden in [bijlage F](#).

3.4.2 Voorbereiding Bentoniet

Voor het aanmaken van bentoniet wordt gebruik gemaakt van oppervlaktewater. Dit wordt gecontroleerd op onderstaande parameters. Indien nodig wordt met toevoegmiddelen (polymeren) de parameter aangepast, of water van elders betrokken met een tankwagen:

Zuurtegraad, ofwel PH waarde tussen 7 en 9,5

Hardheid, ofwel CA < 100 ppm

Geleidbaarheid, ofwel CI < 1000 μ S

De datasheet van de te gebruiken bentoniet zijn terug te vinden in [bijlage G](#).

3.4.3 Boorspoelparameters

Metingen van de boorspoeldruk en boorspoeldebiet worden ingesteld en afgelezen op de boormachine. Deze worden handmatig geregistreerd tijdens de uitvoering.

3.4.4 Rijksdriehoekcoördinaten

Na uitvoering van de boring worden in- en uittredepunten en eventueel tussenliggende punten – welke tijdens de pilotfase met spuitbus op het maaiveld gemarkeerd zijn – met GPS meetstok ingemeten voor verwerking in As-Built tekening. Indien met een gyroscoop gemeten wordt, kan via dit systeem ook de afgelegde boorgang geregistreerd worden en verwerkt worden in As-Built tekening.

4. Sterkte- Intrek- en Boorspoeldrukberekeningen

De berekeningen aan het ontwerp van deze gestuurde boring zijn conform NEN 3650 en NEN 3651 en zijn gemaakt met behulp van het pakket Sigma 2022 1.3 van Adviesbureau Schrijvers. De volledige berekeningen zijn te vinden in [bijlage B](#).

Voor de geotechnische gegevens van de ondergrond is uitgegaan van twee sonderingen aan beide zijden van de gestuurde boring welke terug te vinden zijn in [bijlage C](#).

4.1. Sterkteberekeningen

Om aan te tonen dat de gekozen mantelbuis (1x Ø110 PE100 SDR11) sterk genoeg is om tijdens de aanleg fase ingetrokken te worden en sterk genoeg is om optredende druk van grond- en verkeersbelasting tijdens de gebruiksfase te weerstaan, zijn de benodigde sterkte berekeningen gemaakt.

In par. 5.8 is de maximaal optredende spanning tijdens de intrekfase van 3,65 N/mm² berekend. Toelaatbaar is 10 N/mm²

Conclusie: De buis voldoet voor de intrekfase.

In par. 6 t/m 10 is de buis gecontroleerd op optredende spanningen en deflectie in de gebruiksfase.

Conclusie: De buis voldoet voor de gebruiksfase.

4.2. Berekening benodigde intrekkkracht

De benodigde kracht om de HPE buis in te trekken is in par. 5.5 berekend op 5.411 N (+/-0,6 ton) per buis.

4.3. Boorspoeldrukberekeningen

Er zijn boorspoeldrukberekeningen gemaakt van pilot-, ruim- en intrekfase van de boring.

De boorspoeldrukberekeningen zijn te vinden in par. 11 van de berekeningen.

Conclusie: Slechts op de laatste meters van de boring komt de boorspoeldruk boven de toelaatbare druk uit en zal de boormeester de druk moeten bijstellen om blow-out te voorkomen. Dit is gebruikelijk en behoort tot de standaard aandachtspunten van de geoefende boormeester.

5. Kwel

Bij werkzaamheden in de (onder)grond in de buurt van waterkeringen en laaggelegen gronden, dient rekening te worden gehouden met de kans op kwelwater.

5.1. Oorzaak

Tijdens het boorproces wordt grond verwijderd en wordt de oversnijding tussen het boorgat en de aangebrachte buis opgevuld door de boorspoeling. De grondspanning rondom het boorgat zal hierdoor veranderen. Nadat de gestuurde boring gereed is, wordt er een nieuw spanningsevenwicht gevormd tussen de achtergebleven boorspoeling en de grond er omheen. Dit gebeurt doordat het water langzaam uit de boorspoeling wordt geperst. Daarnaast kan met name in situaties met relatief zout grondwater de bentoniet na verloop van tijd gaan uitvlokken, waardoor zelfs holle ruimten in het boorgat ontstaan. Door het veranderen van grondspanning of het ontstaan van holle ruimten kan grondwater (kwel) gaan stromen. Een kwelstroom kan optreden bij een waterstandsverschil tussen het in- en uittredepunt. Daarbij moeten niet alleen het open waterpeil, polderpeilen en de freatische grondwaterstand worden beschouwd, maar ook de stijghoogte (potentiaal) van het diepe grondwater.

5.2. Risico's en maatregelen

Het onverwachts ontstaan van kwel zorgt voor overlast en kan bovendien de werking van waterkeringen negatief beïnvloeden. In geval van twijfel kan er met een kwelwegberekening worden getoetst of er een kans is op kwel. Vanwege de geringe kosten en het risico van kwel adviseren wij in geval van twijfel altijd een kwelscherm met een kleikist te plaatsen. Hierdoor wordt een kwelstroom geblokkeerd indien deze onverwachts toch ontstaat.

5.3. Maatregelen op dit project

Er is een minimaal hoogteverschil tussen in- en uittredepunt van < 0.5 m. Bovendien ligt het grondwaterpeil in het uittredepunt niet lager dan het oppervlakte water van de Zuiderafwateringsvaart.

Er is hier geen sprake van een kwetsbaar kwelgebied.

Conclusie: Er zijn geen aanvullende maatregelen nodig om kwel te voorkomen.

6. Uitvoering

6.1 In te zetten boormachine

De Certificatieregeling Kabelinfrastructuur en Buizenlegbedrijven (CKB) kent een onderverdeling van boormachines in 3 processen:

- S-A: Kleine gestuurde boringen (maximaal 12 ton),
- S-B: Grote gestuurde boringen (van 12 tot 80 ton),
- S-C: Zeer grote gestuurde boringen (meer dan 80 ton).

De CKB-regeling geeft aan dat er onder bepaalde omstandigheden aanleiding kan zijn om van de indeling af te wijken. Voorbeelden hiervan zijn:

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

Dit project is conform de CKB-regeling gecategoriseerd als een kleine gestuurde boring, welke uitgevoerd kan worden met een kleine boormachine (proces S-A). Op dit project is er geen aanleiding om van de CKB regeling af te wijken.

In verband met onvoorziene omstandigheden wordt geadviseerd een ruime marge te nemen op berekende trekkracht welke nodig is om de buis of bundel in te trekken.

Rekening houdend met een veiligheidsfactor van 2 is de capaciteit van 11T van de voorgestelde boormachine ruim voldoende. Gegevens van de boormachine zijn te vinden in [bijlage E](#).

6.2 Personeel

De boorploeg voor uitvoering van deze boring zal bestaan uit:

- | | |
|--------------------------|---|
| 1 Boormeester/voorman: | Algehele leiding over het project, bediening van de boormachine zorg voor een goede uitvoering van de pilotboring en de maatvoering |
| 1 Assistent Boormeester: | Verzorgen van de boorspoeling en de metingen tijdens de pilotfase |
| 1 á 2 medewerkers: | Mengen van de Bentoniet, koppelen en invoeren van de leiding, afvoeren van de Bentoniet |

6.3 Tijdsplanning

De planning van de werkzaamheden ziet er als volgt uit:

Dag 1:

Graven boorgaten: 1,5 uur

(dit kan eventueel op dag 2, maar om verrassingen te voorkomen adviseren wij dit vooraf te doen en te beoordelen of voldoende ruimte vrij is tussen bestaande K&L voor de ruimer)

Dag 2:

Aanvoer materieel, opstellen:	1 uur
KLIC melding controleren:	0,5 uur
Pilotboring:	4 uur
Ruimgang:	nvt
Centreren en intrekken van de buis:	2 uur

Werklocatie herstellen:	0,5 uur
Materieel afvoeren:	0,5 uur

Bij dit project is er voor de voortgangssnelheid van de pilotboring en intrexfasen de volgende inschatting gemaakt:

- Voortgangssnelheid bij de pilotboring: ca. 30 à 40 m/uur.
- Voortgangssnelheid bij de ruim- en intrexfase: ca. 50 à 80 m/uur.

Noot: Deze snelheden zijn afhankelijk van het type grond waarin geboord wordt en het aantal in te trekken buizen of diameter van de buis.

6.4 Inspectie na intrekken

Direct na het afronden van de intrexfase dient de polyetheen leiding bij het intredepunt van de pilotboring (het uittredepunt voor de ingetrokken leiding) het vrijgekomen stuk leiding geïnspecteerd te worden. De getrokken leiding moet voldoen aan de in NEN7244-2 gestelde eisen.

Bijlage A: Tekening van de gestuurde boring

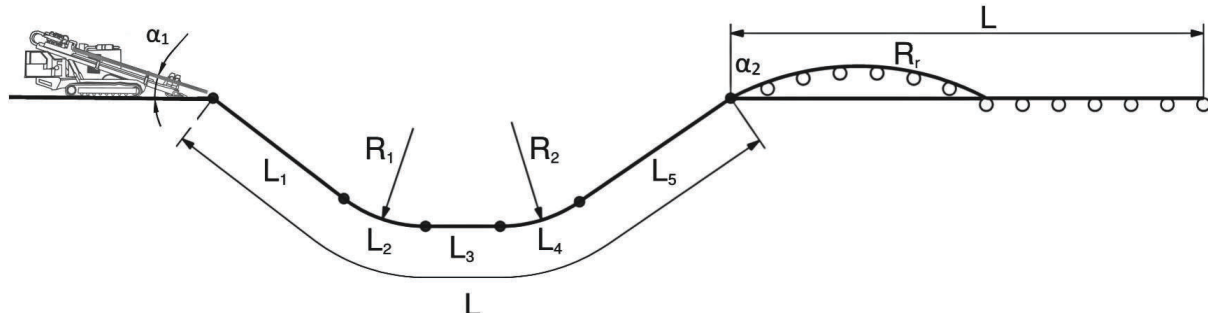
Zie volgende pagina

Bijlage B: Berekeningen

Zie volgende pagina's:

- 16 pagina's Sigma Sterkte-, Intrek- en boorspoeldruk berekeningen boring 1 (pagina's 18 t/m 33)

Sterkteberekening van een horizontaal gestuurde boring conform NEN 3650/3651:2020		Sigma 2022 1.3 ©	
Algemene gegevens			
Naam van het project : Uitbreiding Laagspanningsnet Enexis			
Projectonderdeel : Gestuurde boring Zuiderafwateringskanaal			
Materiaalgegevens			
Materiaalsoort:	PE		
Kwaliteit:	PE 100 SDR 11		
Lange-duur treksterkte	MRS	= 10	N/mm ²
Materiaalfactor	γ _M	= 1,25	-
Toelaatbare langeduur spanning	σ̄ _t	= 8,00	N/mm ²
Elasticiteitsmodulus korte duur	E	= 975	N/mm ²
Elasticiteitsmodulus lange duur	E'	= 350	N/mm ²
Lineaire uitzettingscoëfficiënt	α _g	= 16,0·10 ⁻⁵	mm/(mm·K)
Alfa Tangentieel / Alfa Axiaal	α _σ	= 0,65	-
Soortelijk gewicht buis	ρ _L	= 9,55	kN/m ³
Toelaatbare deflectie	δ	= 8,00	%
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			
Totale lengte	L	= 136,52	m
Lengte 1e rechte deel	L ₁	= 29,24	m
Lengte neergaande bocht	L ₂	= 10,99	m
Lengte 2e rechte deel	L ₃	= 60,85	m
Lengte opgaande bocht	L ₄	= 13,44	m
Lengte 3e rechte deel	L ₅	= 22,00	m
Straal maaiveld/rollenbaan	R _r	= 30,00	m
Straal neergaande bocht	R ₁	= 35,00	m
Straal opgaande bocht	R ₂	= 35,00	m
Intrede-hoek (bij boorstelling)	α ₁	= 18,00 / 32,49	° / %
Uittrede-hoek (bij rollenbaan)	α ₂	= 22,00 / 40,4	° / %
Belastinghoek	α	= 180	°
Ondersteuningshoek	β	= 120	°
Horizontale steundrukhoek	γ	= 120	°
Grondmechanisch onderzoek uitgevoerd	γ	= 1,1	

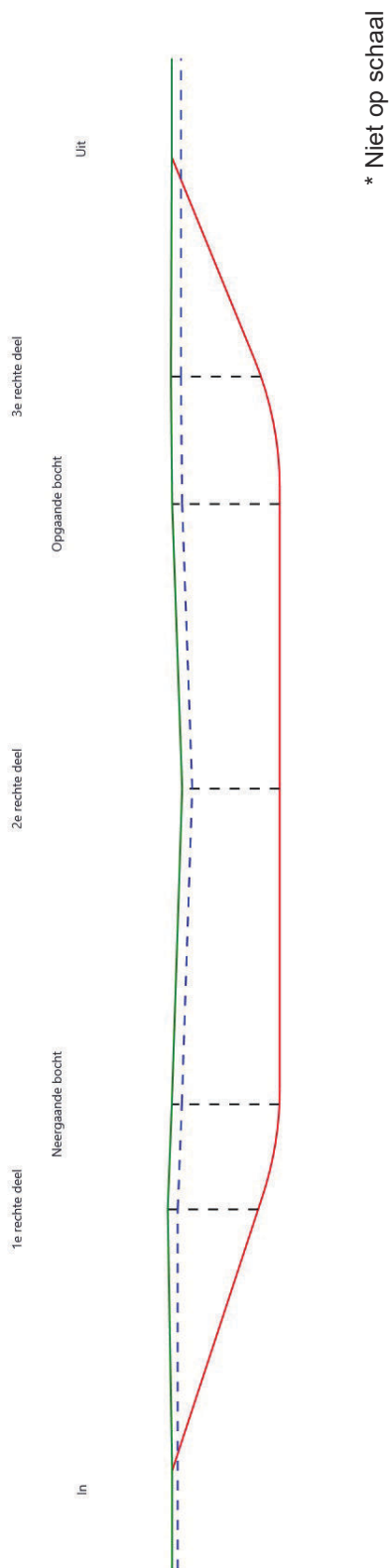


3D22V149 Sprang-Capelle, Winterdijk

04-02-2023 16:09:39

Sterkteberekening van een horizontaal gestuurde boring conform NEN 3650/3651:2020				Sigma 2022 1.3 ©			
Uitvoeringsaspecten							
Diameter boorstang	D_b	= 60	mm				
Tijdens pilot							
Diameter boorkop/boorgat	D_p	= 110	mm				
Soortelijk gewicht boorvloeistof	$\rho_{m,p}$	= 11,5	kN/m ³				
Zwichtspanning boorvloeistof	$\tau_{y,p}$	= 13,4	Pa				
Plastische viscositeit boorvloeistof	η_p	= 0,009	Pa·s				
Debiet boorvloeistof	$Q_{m,p}$	= 200	l/min				
Tijdens intrekken							
Gecombineerd ruimen/intrekken							
Diameter ruimer/boorgat	$D_{g,i}$	= 165	mm				
Soortelijk gewicht boorvloeistof	$\rho_{m,i}$	= 11,5	kN/m ³				
Zwichtspanning boorvloeistof	$\tau_{y,i}$	= 13,4	Pa				
Plastische viscositeit boorvloeistof	η_i	= 0,009	Pa·s				
Debiet boorvloeistof	$Q_{m,i}$	= 200	l/min				
Leiding wordt niet verzwaard t.p.v. rollenbaan							
Leiding wordt niet verzwaard t.p.v. boorgang							
Onzekeerheids- en wrijvingsfactoren							
Totaalfactor bij normale boring	f	= 1,4					
Belastingfactor, bovengronds	$f_{k,b}$	= 1,1					
Belastingfactor, ondergronds	$f_{k,o}$	= 1,4					
Onzekeerheidsfactor straal, ondergronds	$f_{r,o}$	= 0,9					
Wrijvingscoëff. zonder rollenbaan	f_1	= 0,3					
Wrijving tussen leiding/boorvloeistof	f_2	= 0,00005	N/mm ²				
Wrijving tussen leiding/boorgangwand	f_3	= 0,2					
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]	Grondsoort	Volumiek gewicht droge grond [kN/m ³]	Volumiek gewicht natte grond [kN/m ³]	Wrijvingshoek grond [°]
1e rechte deel	27,81	9,04	1,00	Zand	12,94	19,58	35,00
Neergaande bocht	38,63	10,75	1,00	Zand	12,94	19,83	35,00
2e rechte deel	70,655	9,75	1,00	Zand	20,00	21,00	35,00
Opgaande bocht	99,48	10,75	1,00	Zand	18,44	21,00	35,00
3e rechte deel	112,59	9,00	1,00	Zand	18,44	21,00	35,00
Locatie	Gemiddelde verticale beddingconstante [N/mm ³]	Effectieve cohesie [kN/m ²]	E-modulus ondergrond [MN/m ²]	Verkeersbelasting			
1e rechte deel	-	0,00	75,00	Grafiek ½ x II			
Neergaande bocht	0,0450	0,00	75,00	Grafiek ½ x II			
2e rechte deel	-	0,00	75,00	Grafiek ½ x II			
Opgaande bocht	-	0,00	75,00	Grafiek ½ x II			
3e rechte deel	0,0450	0,00	75,00	Grafiek ½ x II			
3D22V149 Sprang-Capelle, Winterdijk					04-02-2023 16:09:39		

Locatie	Gereduceerde grondbelasting	Sondering
1e rechte deel	Geen	CPT98935
Neergaande bocht	Geen	CPT98935
2e rechte deel	Geen	CPT28794
Opgaande bocht	Geen	CPT28794
3e rechte deel	Geen	CPT28794



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	136,52	1.720
Na intrekken van L_5	114,52	1.443
Na intrekken van $L_5 + L_4$	101,08	1.274
Na intrekken van $L_5 + L_4 + L_3$	40,23	507
Na intrekken van $L_5 + L_4 + L_3 + L_2$	29,24	368

$$T_1 = f \cdot L \cdot g_{rol} \cdot f_1 = 1,4 \cdot L \cdot 0,0300 \cdot 0,3$$

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	1.720	0,55
Na intrekken van L_5	1.443	0,46
Na intrekken van $L_5 + L_4$	1.274	0,41
Na intrekken van $L_5 + L_4 + L_3$	507	0,16
Na intrekken van $L_5 + L_4 + L_3 + L_2$	368	0,12

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

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

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

$$M_b = 1,1 \cdot 975 \cdot \frac{3.966.261}{30.000} = 141.793,82 \text{ Nmm}$$

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

$$\sigma_b = \frac{141.793,82}{72.114} = \mathbf{1,97 \text{ N/mm}^2}$$

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	0,55	1,83
Na intrekken van L_5	0,46	1,74
Na intrekken van $L_5 + L_4$	0,41	1,68
Na intrekken van $L_5 + L_4 + L_3$	0,16	1,44
Na intrekken van $L_5 + L_4 + L_3 + L_2$	0,12	1,40

$$\sigma_a = \alpha_{\sigma} \cdot \sigma_b + \sigma_t = 0,65 \cdot 1,97 + \sigma_t$$

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

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

Trekkracht T_2 en T_{3a} tijdens verschillende stadia [N]	L [m]	T_2 [N]	T_{3a} [N]
Na intrekken van L_5	22,00	1.021	-
Na intrekken van $L_5 + L_4$	35,44	-	1.644
Na intrekken van $L_5 + L_4 + L_3$	96,29	4.467	-
Na intrekken van $L_5 + L_4 + L_3 + L_2$	107,28	-	4.977
Geheel ingetrokken	136,52	6.333	-

Rechte delen: $T_2 = f \cdot L \cdot (D_{e,omtr} \cdot f_2 + g_{eff} \cdot f_3) = 1,4 \cdot L \cdot (345,58 \cdot 0,00005 + 0,0793 \cdot 0,2)$

Gebogen delen: $T_{3a} = f \cdot L_B \cdot (D_{e,omtr} \cdot f_2 + g_{eff} \cdot f_3) = 1,4 \cdot L \cdot (345,58 \cdot 0,00005 + 0,0793 \cdot 0,2)$

5.2 Berekening van de vereiste trekkracht T_{3b} in verband met wrijving door grondreactie in de bochten**5.2.1 Neergaande bocht**

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

$$\lambda = \sqrt[4]{\frac{110,00 \cdot 0,0450}{4 \cdot 975 \cdot 3.966.260,73}} = 0,0042 \text{ mm}^{-1}$$

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

$$Q_{r1} = \frac{0,322 \cdot 0,0042^2 \cdot 975 \cdot 3.966.260,73}{110,00 \cdot 0,9 \cdot 35.000} = 0,0064 \text{ N/mm}^2$$

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

$$T_{3b} = 1,4 \cdot 4 \cdot \frac{0,0064}{2} \cdot 110,00 \cdot \frac{\pi}{0,0042} \cdot 0,2 = \mathbf{294,14 \text{ N}}$$

5.2.2 Opgaande bocht

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

$$\lambda = \sqrt[4]{\frac{110,00 \cdot 0,0450}{4 \cdot 975 \cdot 3.966.260,73}} = 0,0042 \text{ mm}^{-1}$$

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

$$Q_{r2} = \frac{0,322 \cdot 0,0042^2 \cdot 975 \cdot 3.966.260,73}{110,00 \cdot 0,9 \cdot 35.000} = 0,0064 \text{ N/mm}^2$$

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

$$T_{3b} = 1,4 \cdot 4 \cdot \frac{0,0064}{2} \cdot 110,00 \cdot \frac{\pi}{0,0042} \cdot 0,2 = \mathbf{294,14 \text{ N}}$$

5.3 Berekening van de wrijving door bochtcracht T_{3c}

Trekkraft T_{bocht} tijdens verschillende stadia [N]	T_1 [N] ($f = 1$)	T_2 / T_{3a} [N] ($f = 1$)	$T_{3b,neer}$ [N] ($f = 1$)	$T_{3b,op}$ [N] ($f = 1$)	T_{bocht} [N]
Neergaande bocht	910	1.174	210	-	2.294
Opgaande bocht	263	3.555	210	210	4.238

Neergaande bocht: $T_{bocht} = T_1 + T_2 + T_{3a,neer} + T_{3b,neer,max}$ Opgaande bocht: $T_{bocht} = T_1 + T_2 + T_{3a,neer} + T_{3b,neer,max} + T_{3a,op} + T_{3b,op,max}$

Trekkraft T_{3c} tijdens verschillende stadia [N]	α [°]	T_{bocht} [N]	T_{3c} [N]
Neergaande bocht	9,00	2.294	201
Opgaande bocht	11,00	4.238	371

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

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

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

$$\rightarrow T_{3c} = f \cdot 2 \cdot T_{bocht} \cdot \sin(\alpha) \cdot f_3 = 1,4 \cdot 2 \cdot T_{bocht} \cdot \sin(\alpha) \cdot 0,2$$

5.4 Totalisatie van de trekkraften 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]
Na intrekken van L_5	1.443	1.021	-	-	-	-	2.464
Na intrekken van $L_5 + L_4$	1.274	1.644	294	201	-	-	3.413
Na intrekken van $L_5 + L_4 + L_3$	507	4.467	294	201	-	-	5.469
Na intrekken van $L_5 + L_4 + L_3 + L_2$	368	4.977	294	201	294	371	6.587
Geheel ingetrokken	0	6.333	294	201	294	371	7.575

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

Sterkteberekening van een horizontaal gestuurde boring conform NEN 3650/3651:2020

Sigma 2022 1.3 ©

5.5 Karakteristieke waarden van de benodigde trekkrachten in fase II

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

Trekkracht T_{tot} tijdens verschillende stadia [N]	T_1 [N]	T_2 / 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]
Na intrekken van L_5	1.031	729	-	-	-	-	1.760
Na intrekken van $L_5 + L_4$	910	1.174	210	144	-	-	2.438
Na intrekken van $L_5 + L_4 + L_3$	362	3.191	210	144	-	-	3.906
Na intrekken van $L_5 + L_4 + L_3 + L_2$	263	3.555	210	144	210	265	4.705
Geheel ingetrokken	0	4.524	210	144	210	265	5.411

De maximale karakteristieke waarde voor de benodigde trekkracht bedraagt **5.411 N ($\approx 0,6$ ton)**.

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

5.6 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]
Na intrekken van L_5	2.464	0,78
Na intrekken van $L_5 + L_4$	3.413	1,09
Na intrekken van $L_5 + L_4 + L_3$	5.469	1,74
Na intrekken van $L_5 + L_4 + L_3 + L_2$	6.587	2,10
Geheel ingetrokken	7.575	2,41

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

5.7 Optredende spanningen t.g.v. kromming van de leiding in het boorgat5.7.1 Neergaande bocht

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

$$M_b = 1,4 \cdot 975 \cdot \frac{3.966.260,73}{0,9 \cdot 35.000} = 171.871,30 \text{ Nmm}$$

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

$$\sigma_b = \frac{171.871,30}{72.113,83} = \mathbf{2,38 \text{ N/mm}^2}$$

5.7.2 Opgaande bocht

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

$$M_b = 1,4 \cdot 975 \cdot \frac{3.966.260,73}{0,9 \cdot 35.000} = 171.871,30 \text{ Nmm}$$

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

$$\sigma_b = \frac{171.871,30}{72.113,83} = \mathbf{2,38 \text{ N/mm}^2}$$

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]
Na intrekken van L_5	2.464	0,78	-	0,78
Na intrekken van $L_5 + L_4$	3.413	1,09	2,38	2,64
Na intrekken van $L_5 + L_4 + L_3$	5.469	1,74	-	1,74
Na intrekken van $L_5 + L_4 + L_3 + L_2$	6.587	2,10	2,38	3,65
Geheel ingetrokken	7.575	2,41	-	2,41

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

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

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

6. Fase III: Berekening van de optredende spanningen tijdens de gebruiksfase**6.1 Berekening van de spanningen σ_p en σ_{pl} t.g.v. inwendige druk**

Leiding is drukloos:

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

6.2 Berekening reroundingfactor f_{rr}

Leiding is drukloos:

$$f_{rr} = 1,00$$

6.3 Berekening van de neutrale grondbelasting Q_n

Locatie	Dekking t.o.v. maaiveld [m]	G.W.S. t.o.v. maaiveld [m]	Grondsoort	q_{droog} [kN/m ²]	q_{nat} [kN/m ²]	q_n [kN/m ²]	Q_n [N/mm ¹]
1e rechte deel	9,04	1,00	Zand	14,23	92,77	107,00	11,77
Neergaande bocht	10,75	1,00	Zand	14,23	115,18	129,41	14,24
2e rechte deel	9,75	1,00	Zand	22,00	114,63	136,63	15,03
Opgaande bocht	10,75	1,00	Zand	20,28	127,73	148,01	16,28
3e rechte deel	9,00	1,00	Zand	20,28	104,80	125,08	13,76

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

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

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

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

6.4 Berekening van de verkeersbelasting Q_v

Locatie	Dekking t.o.v. maaiveld [m]	Verkeersbelasting	q_v [kN/m ²]	Q_v [N/mm ¹]
1e rechte deel	9,04	Grafiek ½ x II	0,96	0,11
Neergaande bocht	10,75	Grafiek ½ x II	0,76	0,08
2e rechte deel	9,75	Grafiek ½ x II	0,87	0,10
Opgaande bocht	10,75	Grafiek ½ x II	0,76	0,08
3e rechte deel	9,00	Grafiek ½ x II	0,96	0,11

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

6.5 Momenten en spanningen t.g.v. bovenbelastingen

Locatie	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	11,77	0,11	11,88	81,94	4,92
Neergaande bocht	14,24	0,08	14,32	98,80	5,93
2e rechte deel	15,03	0,10	15,12	104,36	6,26
Opgaande bocht	16,28	0,08	16,36	112,91	6,77
3e rechte deel	13,76	0,11	13,87	95,67	5,74

$$M_q = K_b \cdot (Q_n + Q_v) \cdot r_g = 0,138 \cdot (Q_n + Q_v) \cdot 50,00$$

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

Sterkteberekening van een horizontaal gestuurde boring conform NEN 3650/3651:2020

Sigma 2022 1.3 ©

6.6 Optredende spanning σ_{qr} tgv. grondreactie in de bochten**6.6.1 Neergaande bocht**

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

$$\sigma_{qr} = 0,083 \cdot 0,0064 \cdot 110,00 \cdot \frac{55,00}{16,67} = \mathbf{0,19 \text{ N/mm}^2}$$

6.6.2 Opgaande bocht

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

$$\sigma_{qr} = 0,083 \cdot 0,0064 \cdot 110,00 \cdot \frac{55,00}{16,67} = \mathbf{0,19 \text{ N/mm}^2}$$

6.7 Berekening van de spanning σ_{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	4,92	-	0,65	3,20
Neergaande bocht	5,93	0,19	0,65	3,98
2e rechte deel	6,26	-	0,65	4,07
Opgaande bocht	6,77	-	0,65	4,40
3e rechte deel	5,74	0,19	0,65	3,86

Rechte delen: $\sigma_{y2} = \alpha_\sigma \cdot \sigma_q$ Bochten: $\sigma_{y2} = \alpha_\sigma \cdot (\sigma_q + \sigma_{qr})$ Toelaatbare spanning: $\sigma_{td} = \sigma_t = \mathbf{8,00 \text{ N/mm}^2}$

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	2,38	0,65	1,55
2e rechte deel	0,00	0,00	-	-	0,00
Opgaande bocht	0,00	0,00	-	-	0,00
3e rechte deel	0,00	0,00	2,38	0,65	1,55

Rechte delen: $\sigma_x = \sigma_{ax}$ Bochten: $\sigma_x = \sigma_{ax} + \alpha_\sigma \cdot \sigma_b$ Toelaatbare spanning: $\sigma_{td} = \sigma_t = \mathbf{8,00}$ 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	11,77	0,11	-	2,46	2,46
Neergaande bocht	14,24	0,08	0,0064	2,97	2,97
2e rechte deel	15,03	0,10	-	3,13	3,13
Opgaande bocht	16,28	0,08	-	3,39	3,39
3e rechte deel	13,76	0,11	0,0064	2,87	2,87

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

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

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

11. Berekening van de boorspoeldrukken

Locatie	H [m]	σ_{vert} [kN/m ²]	σ_{hor} [kN/m ²]	σ_o' [kN/m ²]	p'_f [kN/m ²]	E_{100} [MN/m ²]
1e rechte deel	9,04	74,48	31,76	53,12	83,58	77,58
Neergaande bocht	10,75	90,03	38,39	64,21	101,04	85,32
2e rechte deel	9,75	97,73	41,67	69,70	109,68	87,67
Opgaande bocht	10,75	105,40	44,95	75,17	118,29	91,24
3e rechte deel	9,00	89,49	38,16	63,83	100,44	83,88

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

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

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

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

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

Locatie	G [MN/m ²]	Q [-]	u [N/mm ²]	v [-]	p_{lim} [N/mm ²]	90% p_{lim} [bar] 1
1e rechte deel	40,08	0,00076	0,0804	0,2989	1,23	11,03
Neergaande bocht	44,08	0,00084	0,0975	0,2989	1,44	12,92
2e rechte deel	45,29	0,00088	0,0875	0,2989	1,51	13,60
Opgaande bocht	47,14	0,00091	0,0975	0,2989	1,61	14,52
3e rechte deel	43,34	0,00084	0,0800	0,2989	1,40	12,64

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

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

$$u = \gamma_w \cdot H_n$$

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

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

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

11.1 Tijdens pilot

Locatie	R _{p,max} [m]	Δh _{in} [m]	p _{max} [N/mm ²]	p _{max} [bar] 2	p _{min} [N/mm ²]	p _{min} [bar] 3
1e rechte deel	0,63	8,59	0,56	5,58	0,11	1,07
Neergaande bocht	0,60	10,72	0,66	6,56	0,13	1,35
2e rechte deel	0,59	10,75	0,68	6,82	0,14	1,44
Opgaande bocht	0,58	10,75	0,73	7,30	0,15	1,53
3e rechte deel	0,60	8,87	0,63	6,33	0,14	1,35

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

$$R_o = \frac{D_p}{2} = \frac{110}{2} = 55 \text{ mm}$$

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

$$v_{m,p} = \frac{Q_{m,p}}{A_p} = \frac{200}{1/4 \cdot \pi \cdot (D_p^2 - D_b^2)} = \frac{200}{1/4 \cdot \pi \cdot (110^2 - 60^2)} = 0,499 \text{ m/s}$$

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

11.2 Tijdens intrekken

Locatie	R _{p,max} [m]	Δh _{uit} [m]	p _{max} [N/mm ²]	p _{max} [bar] 4	p _{min} [N/mm ²]	p _{min} [bar] 5
3e rechte deel	0,90	8,91	0,63	6,33	0,11 ⁽¹⁾	1,09
Opgaande bocht	0,86	10,79	0,73	7,30	0,13 ⁽¹⁾	1,34
2e rechte deel	0,88	10,79	0,68	6,82	0,14 ⁽¹⁾	1,41
Neergaande bocht	0,90	10,76	0,66	6,56	0,14 ⁽²⁾	1,44
1e rechte deel	0,95	8,63	0,56	5,58	0,11 ⁽²⁾	1,14

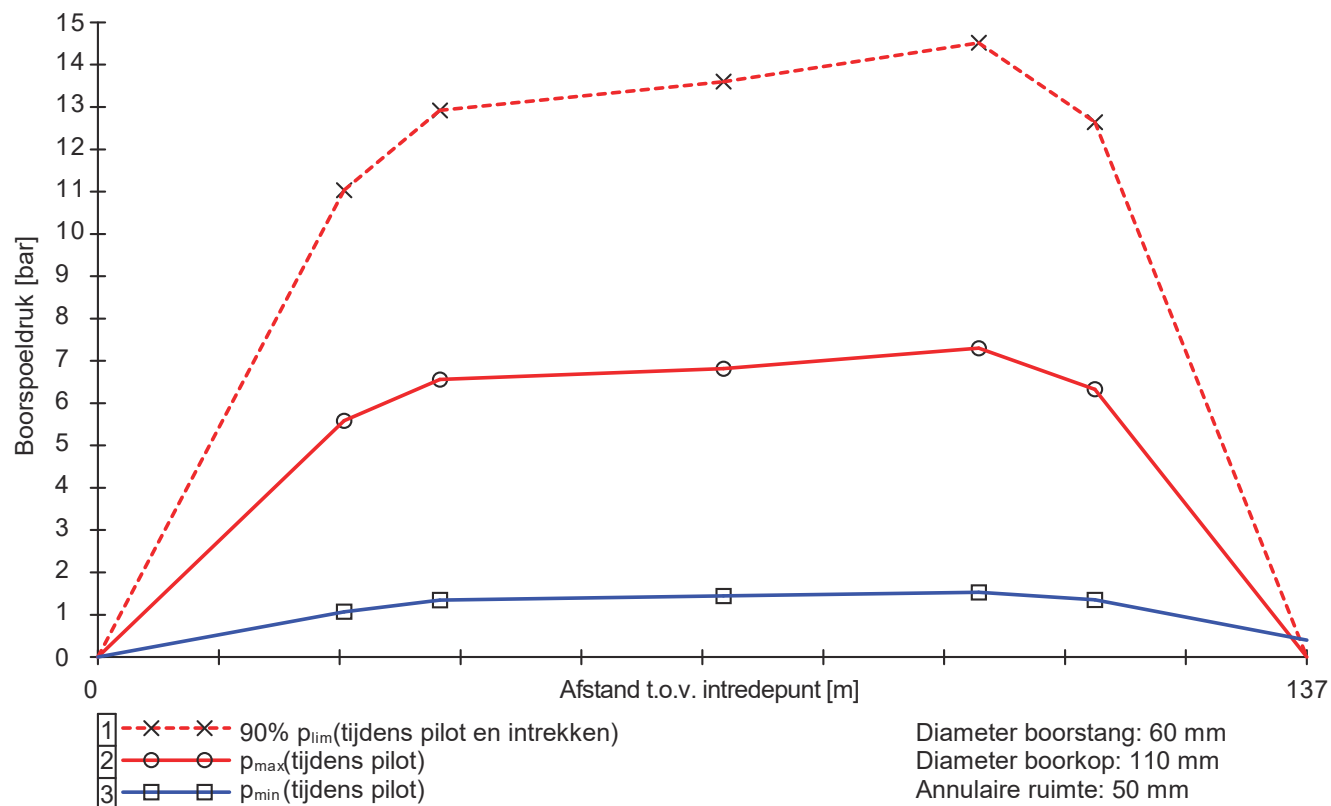
$$R_o = \frac{D_{g,i}}{2} = \frac{165}{2} = 82,5 \text{ mm}$$

$$v_{m,i,uit} = \frac{Q_{m,i}}{A_i} = \frac{200}{1/4 \cdot \pi \cdot (D_{g,i}^2 - D_o^2)} = \frac{200}{1/4 \cdot \pi \cdot (165^2 - 110^2)} = 0,281 \text{ m/s}$$

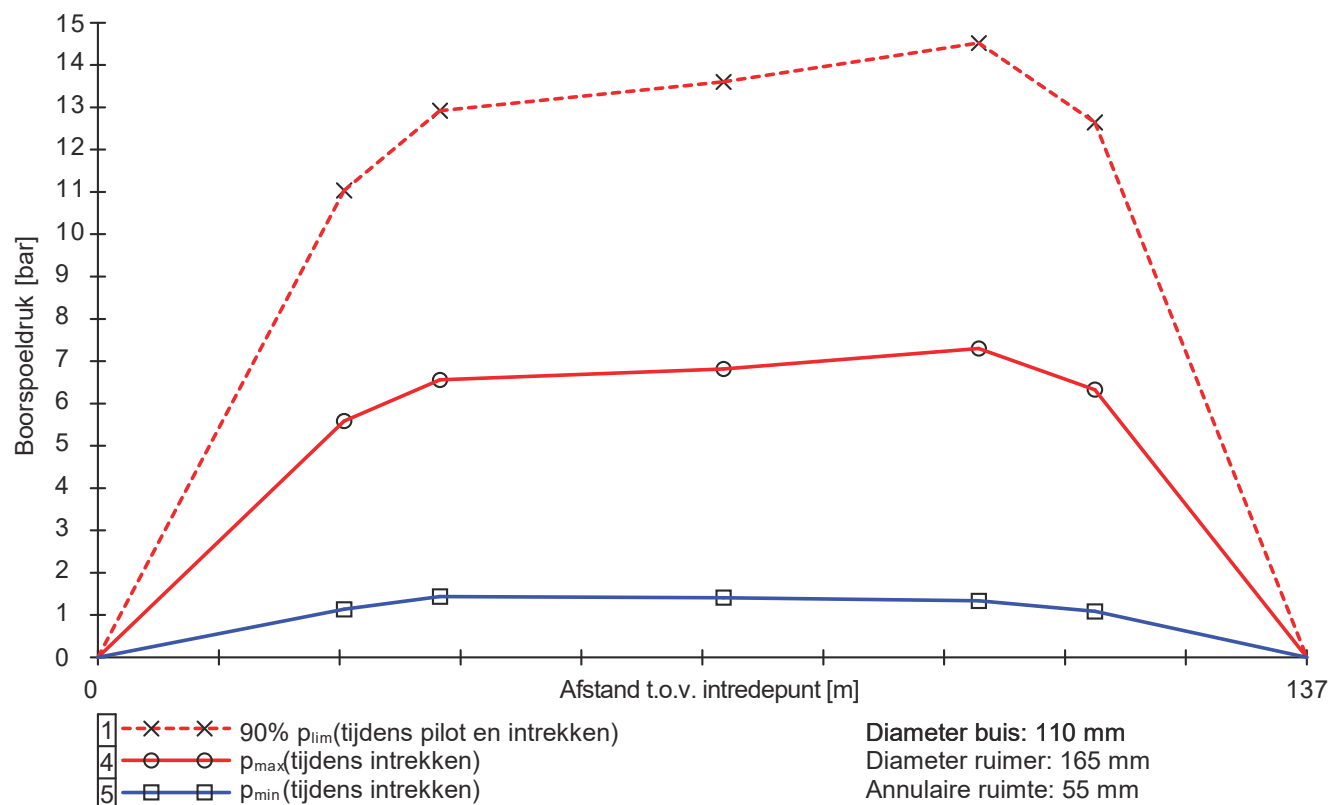
$$p_{min,uit} = \left(\frac{14580 \cdot \eta_i \cdot v_{m,i,uit}}{(D_{g,i} - D_o)^2} + \frac{\tau_{y,i}}{D_{g,i} - D_o} \right) \cdot (L_{tot} - L) + \rho_{m,i} \cdot \Delta h_{uit} \quad (1)$$

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

11.3 Boorspoeldrukken tijdens pilot



11.4 Boorspoeldrukken tijdens intrekken



Bijlage C: Geotechnische bodemgegevens

In onderstaande kaart de indicatieve locatie van de gebruikte sonderingen en van de gestuurde boring.

Daarachter de grafieken van de sonderingen CPT0000098935 en CPT0000028794

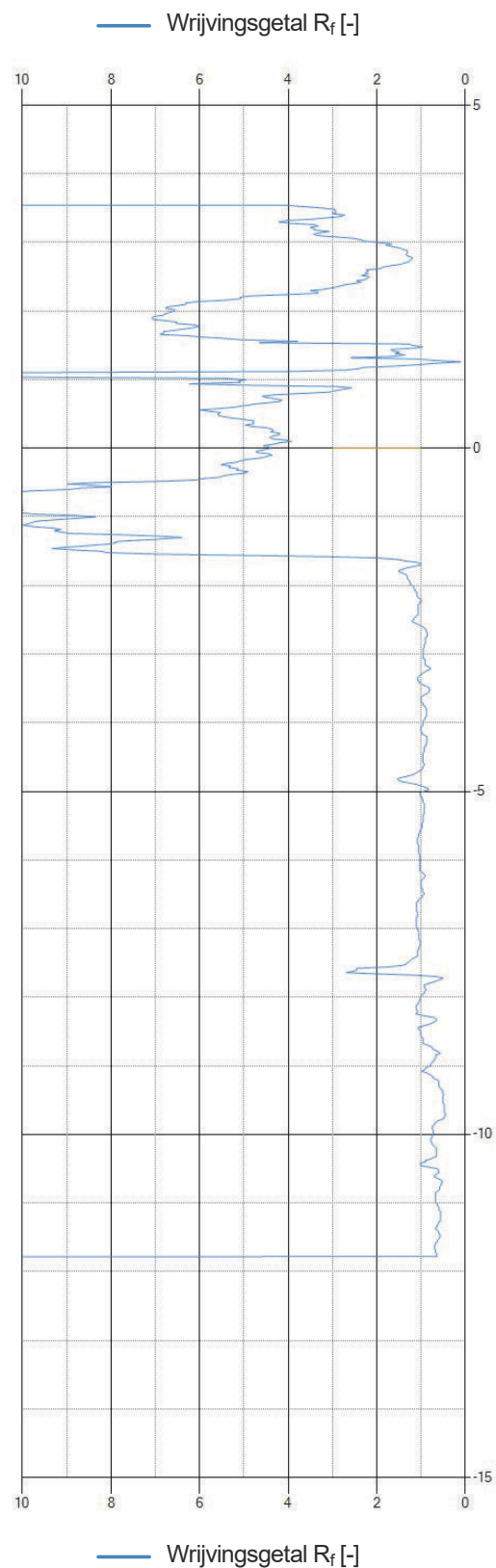
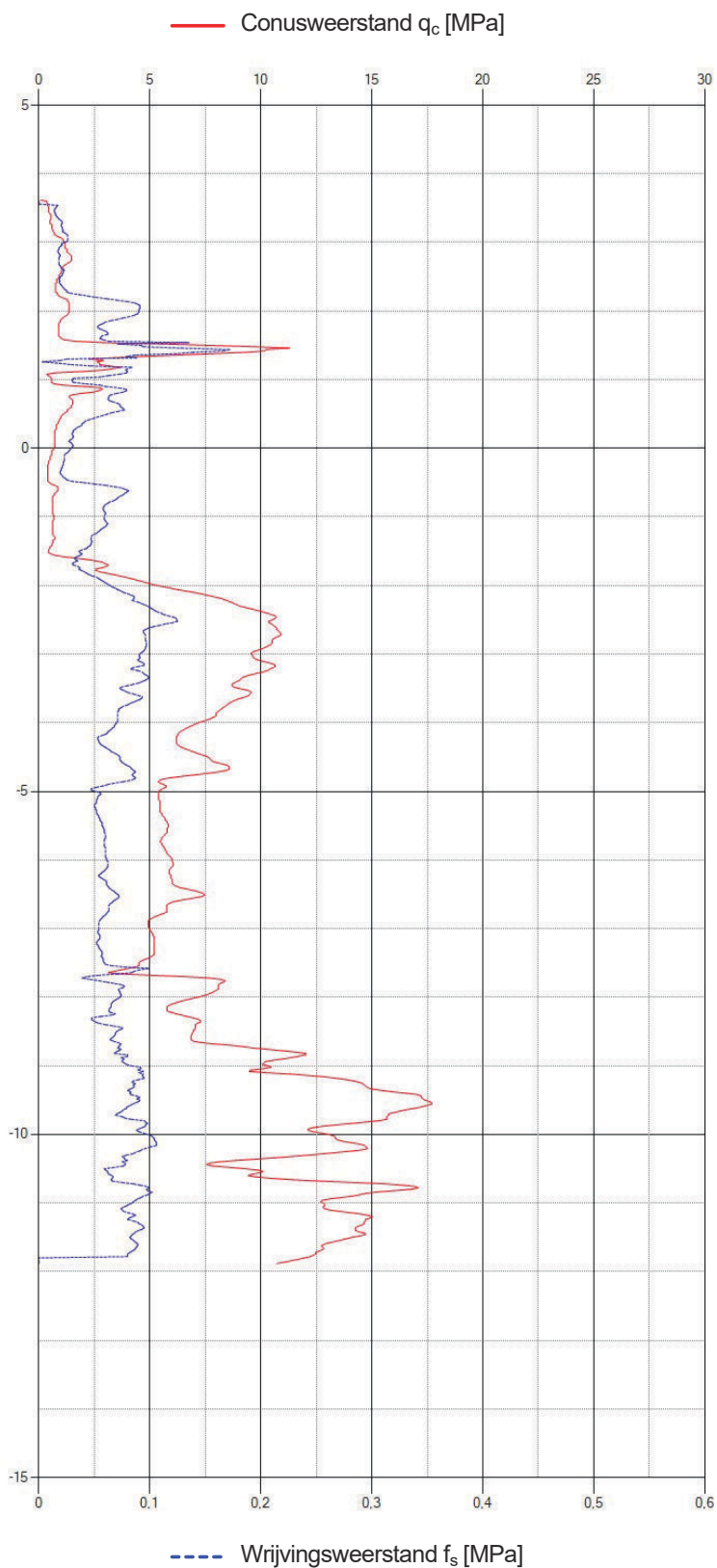


1: Bron: *Dinoloket.nl*

CPT000000098935

Naam van het project : Uitbreiding Laagspanningsnet Enexis

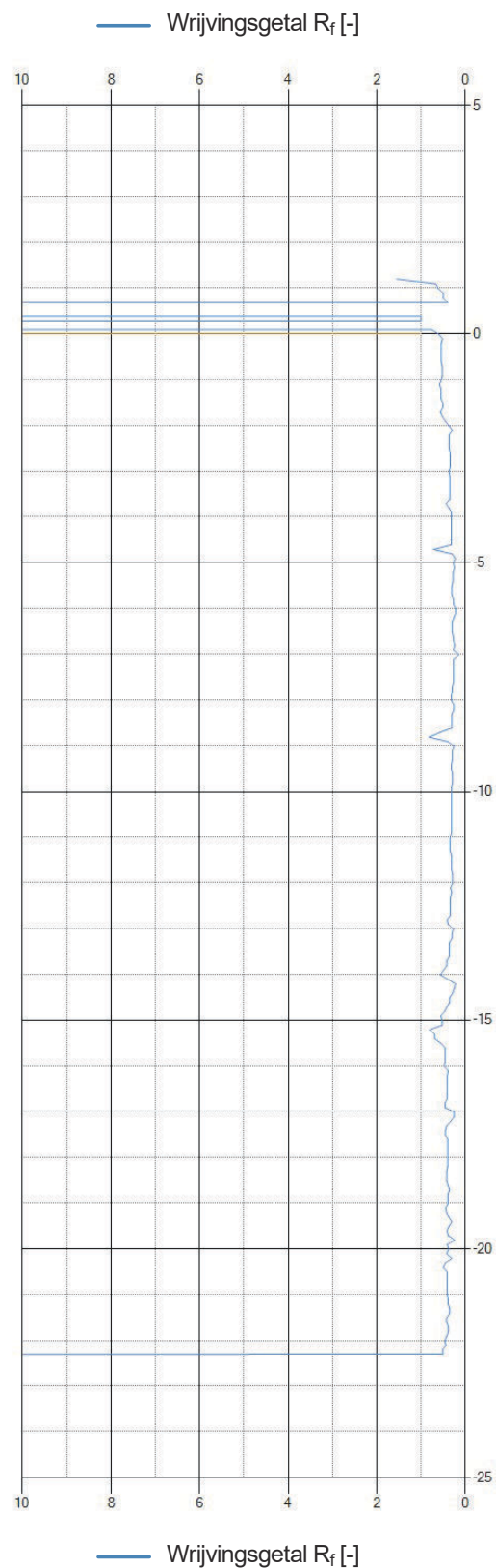
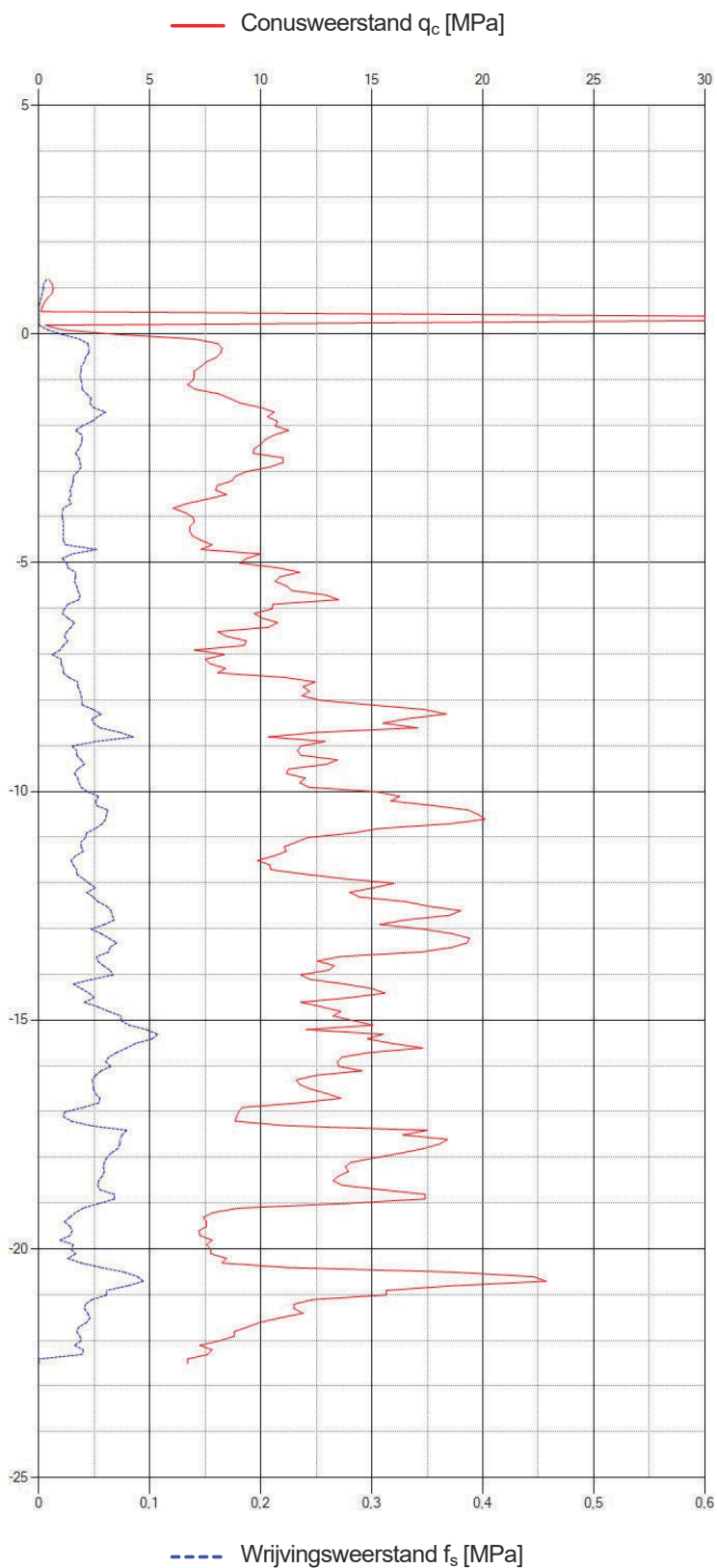
Projectonderdeel : Gestuurde boring Zuiderafwateringskanaal



CPT000000028794

Naam van het project : Uitbreiding Laagspanningsnet Enexis

Projectonderdeel : Gestuurde boring Zuiderafwateringskanaal



Bijlage D: Procesbeschrijving techniek van gestuurd boren

Bij een horizontaal gestuurde boring (HDD) is het niet nodig om sleuven te graven. De nieuwe leidingen worden onder de grond doorgetrokken, vanaf een intredepunt tot aan het uittredepunt en wordt daarom een sleufloze techniek genoemd. Horizontaal boren wordt in tegenstelling tot andere sleufloze technieken vanaf het maaiveld uitgevoerd.

De techniek is van oorsprong gebruikt in de olie-industrie, maar vanaf de jaren '70 werd het ook steeds meer ingezet om pijpleidingen onder rivieren, kanalen en grote wegen door te laten gaan. Vanaf de jaren '90 wordt de techniek van gestuurd boren, ofwel Horizontal Directional Drilling (HDD) niet alleen meer voor aardgas- en aardolieleidingen gebruikt, maar ook ingezet bij de aanleg van waterleidingen, telecommunicatiekabels en elektriciteitskabels.

Een gestuurde boring wordt met name toegepast om wegen en watergangen te kruisen. In eerste instantie om asfalt te sparen, of om complexe zinkers met damwandconstructies te vermijden. Steeds vaker wordt een gestuurde boring ook gekozen om verkeersmaatregelen te voorkomen, om graven bij boomwortels te voorkomen, om bodemverontreiniging, of ook wel om niet ontplofte explosieven te mijden.

Overlast

Gestuurd boren levert veel minder overlast op voor de omgeving omdat er geen sleuven gegraven hoeven te worden. Toch levert het wel enige hinder op.

Bij het intredepunt wordt een gat gegraven voor de boorkop. Verder staan hier de boormachine met een installatie om bentoniet aan te maken, rekken met boorstangen, een afzuigwagen, een vrachtwagen en eventueel een hijskraan. Er is voor de omgeving enige hinder.

Bij het uittredepunt wordt het uittredegat gegraven en afgezet. Hier staan ook de afzuigwagen, de ruimer, de leiding of mantelbuis en eventueel een kraan.

Op de route zelf is weinig te merken van de boring. De boorkop gaat diep genoeg onder de grond door om geen schade te veroorzaken aan bomen en wegen.

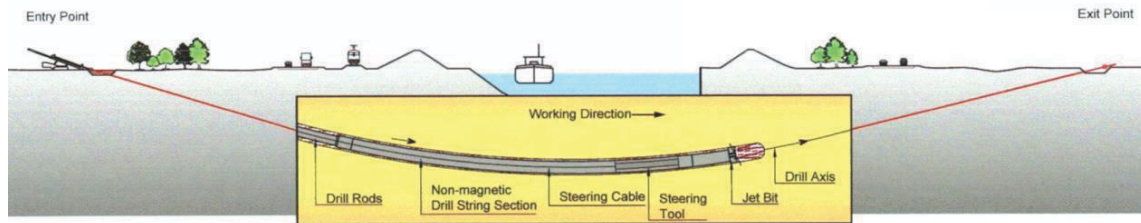
Drie fases

Een horizontaal gestuurde boring bestaat in principe uit drie fases: Eerst wordt de pilotboring uitgevoerd, dan wordt het boorgat verruimd en tot slot wordt de nieuwe leiding in het geboorde gat ingetrokken. Bij kleinere diameters worden de tweede en de derde fase ook wel gecombineerd uitgevoerd.

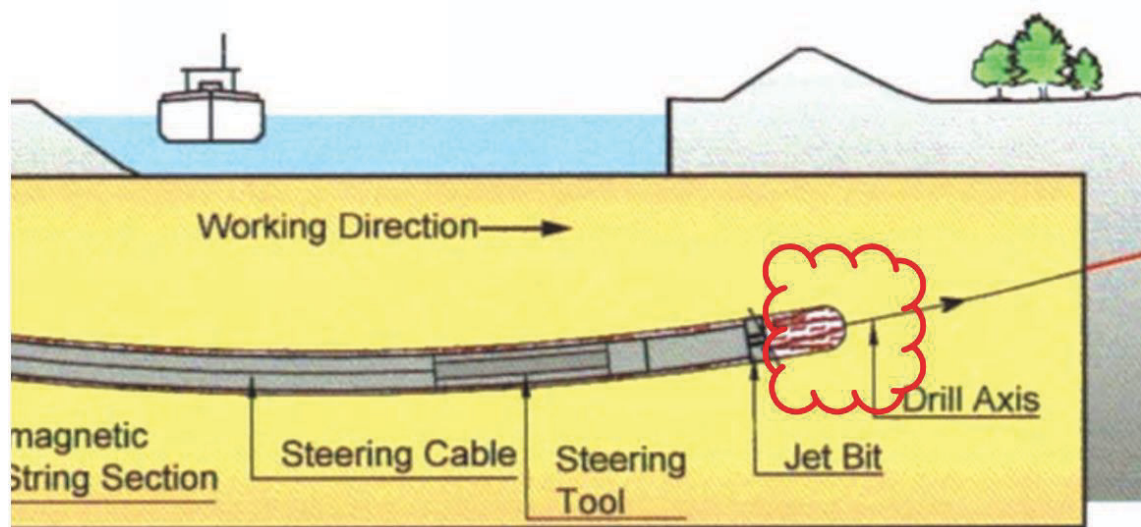
Fase 1: Pilotboring.

Het belangrijkste apparaat dat gebruikt wordt, is de boormachine of boorstelling, die een boorstang van enkele meters de grond indrukt. Vervolgens wordt de volgende boorstang hierachter aangekoppeld en wordt de streng verder de grond in gedrukt. Dit proces wordt herhaald totdat het geplande uittredepunt volgens een vooraf bepaald tracé is bereikt. Het bepalen van de positie en bijsturen van het boorstreng gebeurt met de boorkop. Door deze in een geplande positie te roteren zet deze zich af tegen de grond en dwingt zichzelf hierdoor in een nieuwe richting. In de boorkop is een zender gemonteerd waarmee o.a. de positie en hellingshoek kunnen worden doorgegeven. Met

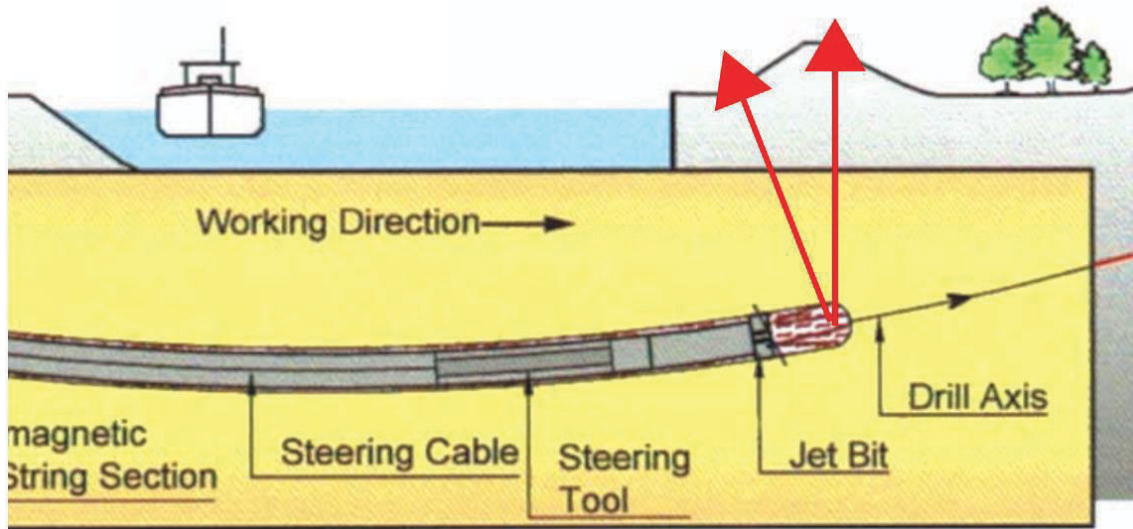
deze gegevens is het mogelijk de huidige positie van de boorkop te bepalen en een nieuwe positie te plannen. Doordat de boorkop voorop de eerste boorstang is gemonteerd volgen de gekoppelde boorstangen in een streng de boorkop. Wanneer de boorkop het geplande uittredepunt heeft bereikt, is pilotboring gereed.



Om het boren soepeler te laten verlopen en om het geboorde gat in stand te houden, wordt boorvloeistof vanaf de boormachine - via de boorstang - bij de boorkop onder hoge druk de grond ingespoten. Bentoniet is een natuurlijke klei substantie die het water absorbeert en zo een smerende vloeistof wordt. De boorvloeistof houdt het boorgat open en voert tegelijkertijd overtollige aarde af.



De 'muddruk' is de druk waarmee de boorvloeistof bij de machine ingespoten wordt en kan geregeld worden. Met een hogere muddruk kan sneller geboord worden, maar resulteert ook in een hogere kans op muduitbraak (blowout) naar het oppervlak en kan schade aan de omgeving veroorzaken.



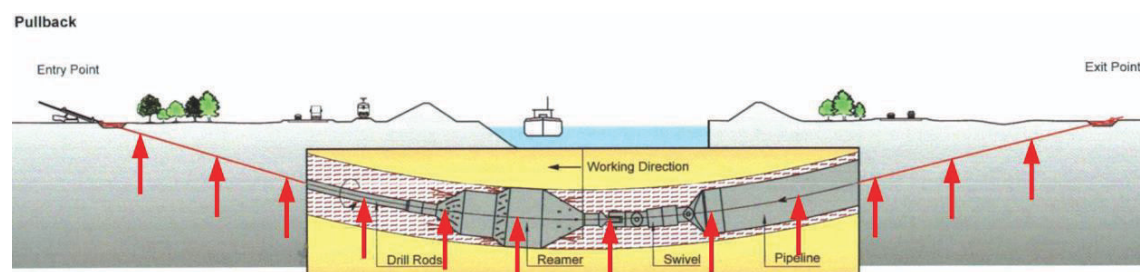
Fase 2: Het ruimen van het boorgat

Na de eerste boring is het gat meestal nog niet ruim genoeg. Om de diameter van het boorgat groter te maken, wordt op het uiteinde van de boorstang een 'ruimer' gemonteerd. De ruimer wordt met een draaiende beweging door het boorgat teruggetrokken tot aan het intredepunt. Tijdens dit terugtrekken wordt het boorgat verder gevuld met bentoniet om te voorkomen dat het gat instort.

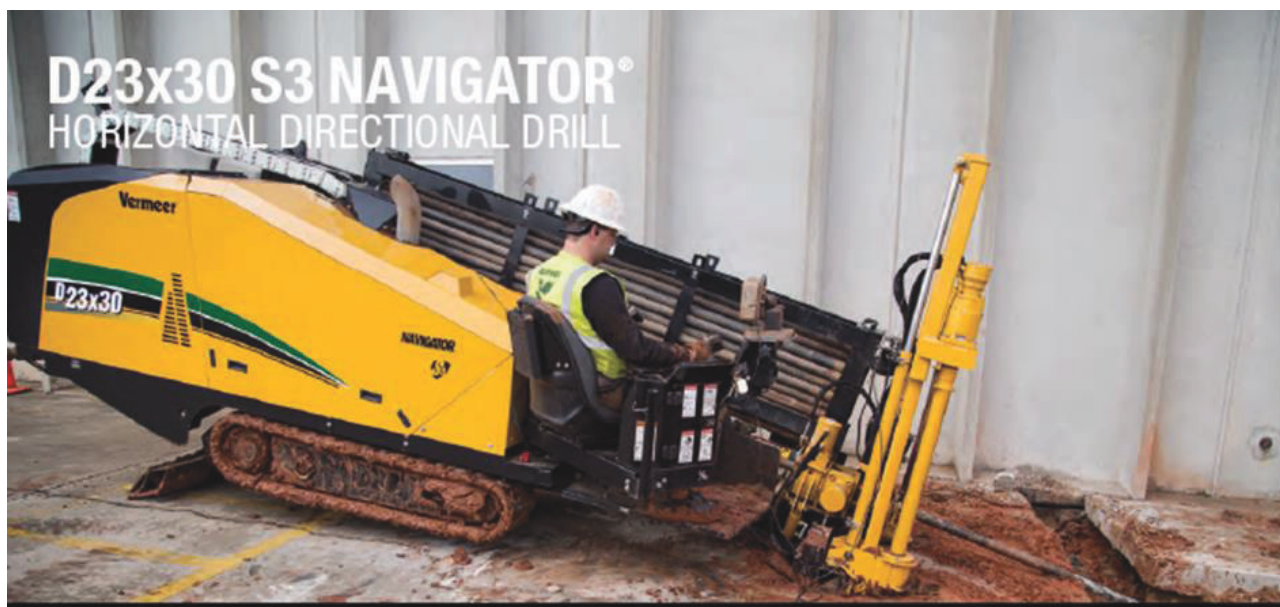
Fase 3: Het trekken van de nieuwe leiding

Is het gat ruim genoeg geworden, dan kan de nieuwe leiding erdoorheen worden getrokken. Hiervoor wordt bij het uittredepunt de nieuwe leiding samen met een trekkop achter de ruimer gekoppeld en door het boorgat getrokken. De nieuwe leiding ligt hiervoor al in zijn geheel uitgelegd klaar. Bij buizen van grote diameters zijn hijskranen nodig om de leiding in een bepaalde boog in de lucht te houden. Daardoor kan de leiding gemakkelijk ondergronds gebracht worden. Als de leiding door de boortunnel is getrokken, is de boring voltooid.

In onderstaande afbeelding worden het ruimen en het intrekken van de leiding (fases 2 en 3) gecombineerd uitgevoerd.



Bijlage E: De boormachine



THE NEW QUIET. With a 99 dB(A) guaranteed sound power level and an operator ear rating of 78.7 dB(A), the D23x30 S3 makes a quiet working environment possible, creating less neighborhood disturbance and enabling easier communication among the crew.



COMPACT YET POWERFUL. The D23x30 S3 features a short, narrow design, while its 100 hp (75 kW) Deutz engine offers the power operators need when working in tough ground conditions.



MAXIMIZE PRODUCTIVITY. With 24,000 lb (106.8 kN) of thrust/pullback and 3000 ft-lb (4067.5 Nm) of rotational torque, the D23x30 S3 offers a sizeable increase in power over its predecessor, the D20x22 Series II — helping to maximize machine and jobsite productivity.



NEED FOR SPEED. With a carriage speed of 206 ft/min (62.8 m/min) and a rotational speed of 219 rpm, the D23x30 S3 helps contractors install more linear feet per day, maximizing jobsite productivity and efficiency.



GET TO WORK FASTER. The D23x30 S3 can track up to 3.3 mph (5.3 km/h) helping operators get into position for their next shot more quickly, while making it easier to climb slopes and make sharp turns.



COMMON CONTROLS. To assist in operator efficiency and training, the D23x30 S3 features the dual joysticks and common control platform found up and down the Navigator drill lineup. The system design uses less wiring and fewer fuses for greater reliability.

D23x30 S3 NAVIGATOR® HORIZONTAL DIRECTIONAL DRILL

GENERAL WEIGHTS AND DIMENSIONS

Min transport length: 17.4' (5.3 m)

Min transport width: 52.5" (133.4 cm)

Min transport height: 75" (190.5 cm)

Weight: 14,080 lb (6386.6 kg)

ENGINE OPTION ONE

Make and model: Deutz TCD3.6L4

Fuel type: Ultra low sulfur diesel

Max engine rpm: 2000 rpm

Gross horsepower: 100 hp (75 kW)

Displacement: 220 cu in (3.6 L)

Cooling method: Liquid

Aspiration: Turbo

EPA certification family: Tier 4 Final (EU Stage IV)

ENGINE OPTION TWO

Make and model: Deutz TCD3.6L4

Fuel type: Diesel <2000 ppm sulfur content

Max engine rpm: 2000 rpm

Gross horsepower: 100 hp (75 kW)

Displacement: 220 cu in (3.6 L)

Cooling method: Liquid

Aspiration: Turbo

EPA certification family: Tier 3 (EU Stage IIIB)

OPERATIONAL

Thrust/Pullback: 24,000 lb (106.8 kN)

Max carriage speed at max engine rpm: 206 ft/min (62.8 m/min)

Max spindle torque [low at max engine rpm - 2.06" (5.2 cm) drill rod]: 2600 ft-lb (3525.1 Nm)

Max spindle torque [low at max engine rpm - 2.375" (6 cm) drill rod]: 3000 ft-lb (4067.5 Nm)

Max spindle speed at max engine rpm: 219 rpm

Min bore diameter: 4" (10.2 cm)

Max ground drive speed at max engine rpm (fwd): 3.3 mph (5.3 km/h)

Noise level at operator's ear: 78.7 dB(A)

Drill rack angle: 12-18° (21.3-32.5°)

FLUID CAPACITIES

Fuel tank: 35 gal (132.3 L)

Antifreeze tank capacity: 2.5 gal (9.45 L)

Onboard optional water tank: 25 gal (94.5 L)

DRILLING FLUID SYSTEM

Max flow: 35 gpm (132.3 L/min)

Max pressure: 1300 psi (89.6 bar)

FEATURES

Breakout system: Standard hydraulic vise

Drilling lights: Optional

Flow indicator: Standard

Stakedown system: Standard

Strike alert: Standard

Remote lockout: Standard

DRILL PIPE OPTION ONE

Type: Firestick® drill rod

Length: 10' (3 m)

Rod diameter: 2.06" (5.2 cm)

Weight: 62 lb (28.1 kg)

Bend radius: 101.9' (31.3 m)

Onboard capacity: 480' (146.3 m)

DRILL PIPE OPTION TWO

Type: Firestick drill rod

Length: 10' (3 m)

Rod diameter: 2.375" (6 cm)

Weight: 73 lb (33.1 kg)

Bend radius: 108.2' (33 m)

Onboard capacity: 400' (121.9 m)

Vermeer Corporation reserves the right to make changes in engineering, design and specifications, add improvements, or discontinue manufacturing at any time without notice or obligation. Equipment shown is for illustrative purposes only and may display optional accessories or components. Please contact your local Vermeer dealer for more information on machine specifications. Vermeer, the Vermeer logo, Equipped to Do More, Firestick and Navigator are trademarks of Vermeer Manufacturing Company in the U.S. and/or other countries. © 2015 Vermeer Corporation. All Rights Reserved. Printed in the U.S.A. Please recycle.



Bijlage F: Het boorkop-volgsysteem



Underground Magnetics

MAG 8

Echo 110	10 Frequencies	4kHz ~ 31kHz
Battery Type	18650 B2 x 3	Rechargeable Lithium
Battery Life	18650 B2	120 hrs - Normal Mode 30 hrs - High Power Mode
Depth Range	295 Feet (90 Meters)	- Normal Mode 360 Feet (110 Meters) - High Power Mode
Dimensions	1.42 in x 24 in (3.6 cm x 60.5 cm)	

Echo 90	10 Frequencies	4kHz ~ 31kHz
Battery Type	18650 B2 x 2	Rechargeable Lithium
Battery Life	18650 B2	80 hrs - Normal Mode 20 hrs - High Power Mode
Depth Range	230 Feet (70 Meters)	- Normal Mode 295 Feet (90 Meters) - High Power Mode
Dimensions	1.42 in x 18 in (3.6 cm x 45.5 cm)	

Echo 50	10 Frequencies	4kHz ~ 31kHz
Battery Type	18650 x 1	Rechargeable Lithium
Battery Life	261020 x 1	Lithium (Super Cell)
Battery Life	18650 (3.7v)	20 Hrs Normal Mode 5 hrs High Power Mode
	261020 (3.7v)	60 hrs Normal Power Mode 15 hrs High Power Mode
Depth Range	130 Feet (40 Meters)	- Normal Mode 160 Feet (50 Meters) - High Power Mode
Dimensions	1.25 in x 15 in (3.2 cm x 38 cm)	

Echo 50

Echo 90

Echo 110

Mag 8 Receiver Specifications

Mag 8 Display Specifications

Model Number.....	Mag 8
Frequencies.....	4,7,10,12,16,19,22,25,28,31 kHz
Power Source.....	Lithium-ion Battery Pack
Battery Life.....	Up to 50 hours
Graphic Display.....	LCD
Telemetry Channels.....	4
Telemetry Range.....	Up to 1800 ft (550 Meters)
Operating Temperature.....	-4 F to 140 F (-20 to 60 C)
Accuracy.....	+/- 5% absolute
Weight.....	6.5 lbs (2.9 kg)

Model Number.....	Mag D8
Power Source.....	Lithium-ion Battery Pack
Battery Life.....	Up to 50 hours
Graphic Display.....	LCD
Telemetry Channels.....	4
Telemetry Range.....	Up to 1800 ft (550 Meters)
Operating Temperature.....	-4 F to 140 F (-20 to 60 C)
Mounting.....	Magnetic base

Bijlage G: Bentoniet



Product Data Sheet



Beschrijving & Eigenschappen

Cebogel OCMA is een speciaal geselecteerde, natrium geactiveerde bentoniet. Cebogel OCMA voldoet aan de OCMA specificaties zoals vastgesteld voor oliebooringen, wordt geleverd met het KIWA Water merk certificaat en is getest voor Duitsland door het "Hygiene-Institut des Ruhrgebiets".

Cebogel OCMA is een allround boorbentoniet. Cebogel OCMA heeft een laag filtraatwaterverlies, is goed te recycleren en heeft daardoor een goede prijs-kwaliteitsverhouding.

Restrictie voor gebruik in Nederland: Mag niet gebruikt worden binnen de 60-dagen zone. Indien gewerkt wordt binnen deze zone, adviseren wij Cebogel CE te gebruiken.

Typische eigenschappen

Parameter	Test methode / Conform	Eisen	Typische eigenschap
Korrelgrootte	Door 150 µm droge zeef	Min. 98% < 150 micron	99%
Vochtgehalte	DIN 18121-1	Max. 13%	11%
Soortelijk gewicht			≈ 2300 kg/m ³
Stort gewicht			≈ 800 kg/m ³
API Filtraatwaterverlies	API 13A, sectie 11	≤ 16 ml (30 min)	15 ml

Typische eigenschappen 6,4% Cebogel OCMA suspensie

Dichtheid	Fann Mud Balance	1,035 g/ml
Viscositeit	Fann Marsh Funnel	48 sec.
Yield Point	Fann Viscometer	18 lbs/100 ft ²
Waterafscheiding		0%
Vloeigrens kogelnummer	Ball Harp	3 kogels – 10 N/m ²
Filtraatwaterverlies	Fann API Filter Press	≤ 10 ml



Aanbevolen gebruik

De eigenschappen van Cebogel OCMA worden het best benut als het aanmaakwater een geleidbaarheid heeft van < 1000 µS/cm, een pH tussen 7.5 - 10 en hardheid van < 100 ppm.

Langzaam en gelijkmatig toevoegen aan een hoog circulatie mixer. Blijf de slurry rond circuleren totdat de bentoniet volledig is gedispergeerd. Aanbevolen wordt de suspensie minimaal 4 uur te laten rijpen.

Cebogel OCMA is verkrijgbaar in 25 kg zakken, in big bags en in bulk.

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

Datum : 10.10.2019
Document nummer : 105601NL

Contact us for more information

Cebo Holland BV
Westerduinweg 1
NL-1976 BV IJmuiden
The Netherlands

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



SLOT PAGINA