



Boorplan gestuurde boring

Gemaal en Keermiddel Kromme Rijn

Documentcode : GKR_115

Status : Definitief

Datum : 17-01-2026

Versie : 1.0



DURA VERMEER

Waarmaken van ambities

Opgesteld: [Redacted]	Gecontroleerd: [Redacted]	Geautoriseerd: [Redacted]
Projectrol:	Projectrol: Technisch Manager	Projectrol: Project Manager
Paraaf:	Paraaf:	Paraaf:
Datum:	Datum:	Datum:



Wijzigingen

Versie	Omschrijving wijzigingen
0.1	Eerste uitgave
1.0	Definitief, toetscommentaar verwerkt

Projectgegevens:

Projectnaam : Gemaal en Keermiddel Kromme Rijn (GKR)

Projectnummer DV : 50-242012

Projectnummer HDSR : 402502

Contactgegevens Opdrachtnemer

Dura Vermeer Infra Regionale Projecten BV
regio Midden

Hertogswetering 157
3542 AS Utrecht



Kantoor Projectlocatie (niet zijnde de bouwplaats)

2^{de} Daalsedijk 8
3551 EJ Utrecht

Contactgegevens Opdrachtgever

Hoogheemraadschap De Stichtse Rijnlanden

Poldermolen 2
3994 DD Houten





DATUM: 27-01-2026

VERSIE: 2

DOCUMENTNAAM: 2500405 WMO HDD01 & 02

PROJECT REFEEENTIE: 2500405

OPDRACHTGEVER: Hoogheemraadschap de Stichtse Rijnlanden

Inudatiekanaal 6, Wijk bij Duurstede

HDD 01 & 02

Werkmethodeomschrijving



Van Leeuwen
Sleufloze Technieken



Van Leeuwen Sleufloze Technieken

Ampereweg 17, 3442 AB Woerden (NL) - T +31 (0) 348 44 14 99 - www.vlst.com



Project: 2500405E Wijk bij Duurstede, Gemaal

Documentnaam: 2500405 WMO HDD01 & 02

Datum eerste uitgave: 06-01-2026

Opdrachtgever: Hoogheemraadschap de Stichtse Rijnlanden
Poldermolen 2
3994DD Houten

Vergunninghouder: Hoogheemraadschap de Stichtse Rijnlanden
Poldermolen 2
3994DD Houten

	Naam	Instantie	Paraaf
Auteur		Van Leeuwen Sleufloze Technieken	
Interne Controle		Van Leeuwen Sleufloze Technieken	
Autorisatie Projectleiding		Van Leeuwen Sleufloze Technieken	
Goedkeuring Opdrachtgever		Hoogheemraadschap de Stichtse Rijnlanden	

Versie	Wijziging	Opsteller	Controle	Datum
02				
03				
04				
05				

INHOUDSOPGAVE

1	INLEIDING	3
2	UITGANGSPUNTEN EN ONTVANGEN DOCUMENTEN	4
2.1	Normen en eisen	4
2.2	Gebruikte documenten	5
2.3	Toe te passen materiaal	5
3	BESCHRIJVING SITUATIE HDD	6
3.1	Vergunningverlener(s)	6
3.2	Kabels & leidingen	7
3.3	Beschrijving in- en uittrede	7
3.4	Bodemverontreiniging	8
3.5	Bodemopbouw	9
3.6	Grondwaterstand	9
3.7	kwel & piping	11
4	BESCHRIJVING WERKMETHODE	12
4.1	Uitvoering	12
4.1.1	Inrichten werkterrein	12
4.1.2	Pilot	12
4.1.3	Ruimen	12
4.1.4	Buis intrek	12
4.1.5	Buis afwerken	13
4.1.6	Revisie	13
4.2	Boorvloeistof	13
4.3	Geplande werktijd	14
5	IN TE ZETTEN MATERIEEL	15
5.1	Uitvoeringsparameters boormachine	15
5.2	Plaatsbepaling	16
5.3	Afwijkingstoleranties	17
6	BEREKENINGEN	18
6.1	Boorspoeldrukken	18
6.2	Trekkracht	19
7	PERSONEEL, ORGANISATIE EN COMMUNICATIE	20
7.1	Personeel en taken	20
7.2	Wijze van registreren en rapporteren	21
7.3	Certificering	22
8	RISICOANALYSE	23
9	CONCLUSIE	24
	BIJLAGEN	

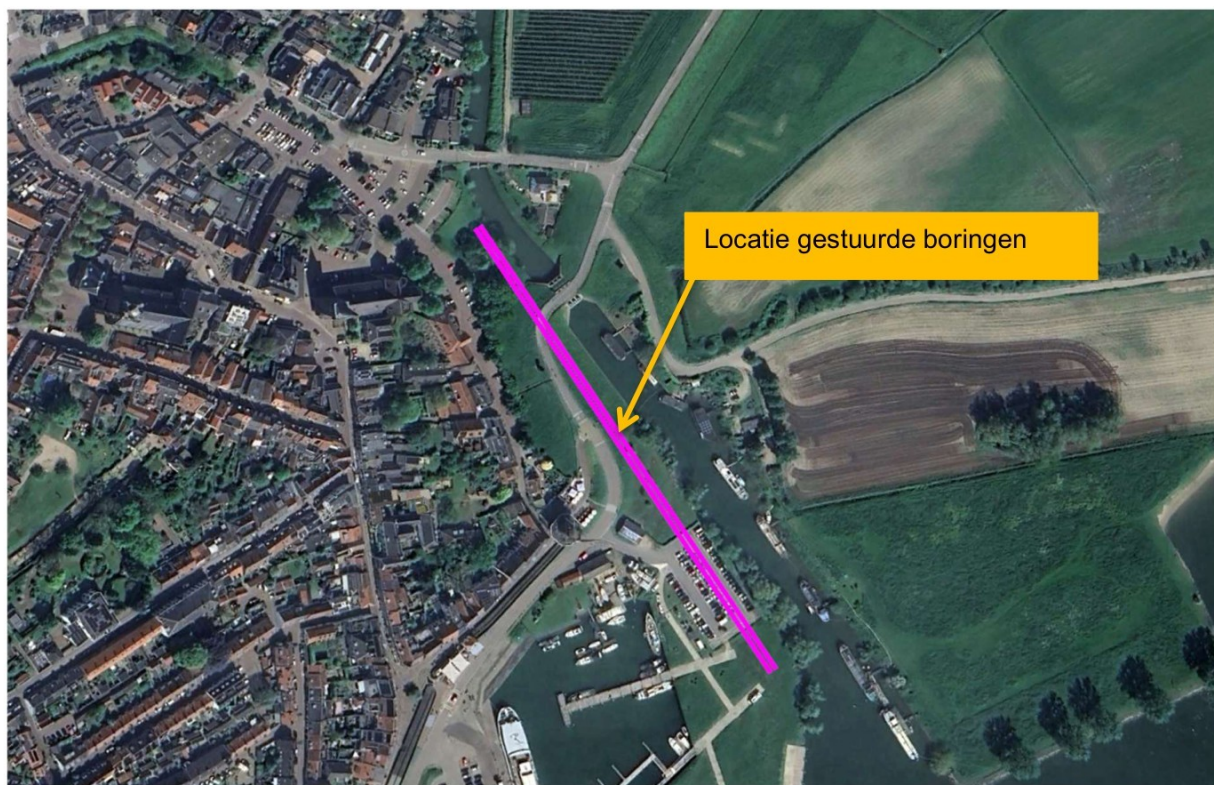
1 INLEIDING

Voor het aansluiten van een nieuw gemaal nabij het Inundatie Kanaal in Wijk bij Duurstede dienen meerdere kabels aangelegd te worden. Het kabeltracé kruist hierbij een primaire waterkering inclusief enkele kabels en leidingen. Deze kruising wordt gerealiseerd door middel van twee horizontaal gestuurde boringen (HDD).

Voor het aanvragen van de vergunning bij het Hoogheemraadschap de Stichtse Rijnlanden (HDSR) en Rijkswaterstaat is een werkmethodeomschrijving (boorplan) nodig. In opdracht van het HDSR heeft Van Leeuwen Sleufloze Technieken (VLST) deze werkmethodeomschrijving gemaakt.

In deze werkmethodeomschrijving wordt toegelicht welke stappen nodig zijn om de boring uit te kunnen voeren. Door middel van berekeningen en de ontwerptekening wordt de uitvoerbaarheid onderbouwt.

Hieronder is een overzicht van de boorlocatie weergegeven.



Figuur 1: Situatieoverzicht

2 UITGANGSPUNTEN EN ONTVANGEN DOCUMENTEN

De werkmethodeomschrijving en tekening zijn opgesteld aan de hand van de wettelijke eisen en normen conform tabel 1. De geldende eisen zijn verwerkt in deze werkmethodeomschrijving en tekening. Verdere toelichting van de eisen van de vergunningsverleners staan beschreven in hoofdstuk 3. De, voor de uitvoering benodigde, toestemmingen en vergunningen zijn in het bezit van de hoofdaannemer en indien gewenst beschikbaar op locatie.

2.1 NORMEN EN EISEN

De voor het werk te hanteren normen en eisen staan vermeld in tabel 1.

Tabel 1: Normen en Eisen.

Ref.	Doc.nr.	Uitgave	Titel
a	Eurocode 7	2012	Geotechnisch ontwerp
b	NEN 3650	2020	Eisen voor buisleidingsystemen.
c	NEN 3651	2020	Aanvullende eisen voor leidingen in kruisingen met belangrijke waterstaatswerken.
d	NPR 3659	2006	Ondergrondse pijpleidingen - Grondslagen voor de sterkteberekening.
e	Juni 2019- v1.0	2019	Richtlijn Boortechnieken
f		2025	Leggers van HDSR

2.2 GEBRUIKTE DOCUMENTEN

Naast de normen en eisen als genoemd in tabel 1 zijn de gebruikte documenten zoals in tabel 2 gebruikt voor het opstellen van de werkmethodeomschrijving en tekening.

Tabel 2: Gebruikte Documenten.

Nr.	Titel	Uitgever	Kenmerk	Versie	Datum	Status
1	012539-TLP-22874	HDSR	G.012539	4.0	20-12-2024	Definitief
2	C000015_TR_CT_TE_1401_Kabeltrace (2)	Durvermeer	TR000015	0.2	14-10-2025	Voorlopig
3	Kopie van Kopie van Kabellijst V2_An_m_WK Vulgraad	Duravermeer	-	2	27-10-2025	-
4	Geotechnisch Sondeer onderzoek	Dino Loket	CPT000000219513 & CPT000000219515	-	15-05-2023	Uitgevoerd
5	Rapport D2025-686V1	Diseo	D2025-686V1	1.0	18-12-2025	-
6	Rapport D2025-687V1	Diseo	D2025-686V1	2.0	18-12-2025	-
7	Hydraulische randvoorwaarden Gemaal en Keermiddel Kromm	Duravermeer/ HDSR	GKR_006	2.0	11-07-2025	Definitief

2.3 TOE TE PASSEN MATERIAAL

In tabel 3 zijn de eigenschappen verwerkt van het toe te passen buismateriaal voor de omhullende mantelbuizen per HDD. Na het intrekken van de omhullende mantelbuizen trekt de hoofdaannemer de kleinere diameter mantelbuizen in.

Tabel 3: eigenschappen materiaal.

Omschrijving	Eenheid	HDD01	HDD02
Techniek	[-]	HDD	HDD
Soort buis	[-]	Omhullende mantelbuis	Omhullende mantelbuis
Aantal buizen	[-]	1	1
Buisdiameter	[mm]	400	500
Wanddikte in mm	[mm]	36,4	45,5
Materiaal	[-]	HDPE	HDPE
Materiaal kwaliteit	[-]	PE100	PE100
Wanddikte verhouding	[-]	SDR11	SDR11
Lengte boring	[m]	313,26	313,27

3 BESCHRIJVING SITUATIE HDD

Het boortracé kruist de primaire waterkering van de Nederrijn ter plaatsen van het Inundatie Kanaal in Wijk bij Duurstede. Hierbij wordt van buitendijks naar binnendijks geboord. Hiervoor dient vergunning te worden aangevraagd bij HDSR en Rijkswaterstaat. De omgeving van het boortracé is van tevoren geschouwd door een medewerker van VLST. Bij het kadaster is een oriëntatiemelding opgevraagd (25O0148348). Uit dit vooronderzoek blijkt dat rekening gehouden moet worden met onderstaande punten.

In verband met het uitlegtracé en de locatie van de boringen zal buiten de nachtvorstperiode, gesloten dijenperiode/hoogwaterperiode gewerkt moeten worden. Dit moet met HDSR worden afgestemd.

Daarnaast wordt het haventerrein bij het intredepunt ook voor evenementen gebruikt, hier moet in de planning ook rekening mee worden gehouden.

3.1 VERGUNNINGVERLENER(S)

Hoogheemraadschap de Stichtse Rijnlanden (HDSR)

De primaire kering langs de Nederrijn is in het beheer van HDSR. De te realiseren gestuurde boringen zullen de kering parallel aan het Inundatie Kanaal kruisen. Door de locatie van het te realiseren gemaal (buitendijks) en het aansluitpunt (binnendijks) kunnen de boringen niet aan alle eisen voldoen.

De boringen zullen namelijk de kering niet haaks kruisen. Dit is op deze locatie niet mogelijk door de bebouwing in de directe omgeving en de ligging ten opzichte van de kering.

De boringen zullen ook niet overal op 10 m diepte liggen ter hoogte van de kernzone. Dit komt door een gebrek aan ruimte achter de kernzone, het uittredepunt is daarom zo ver mogelijk naar achteren gelegd.

De varianten studie om het beste boortracé te bepalen is eerder gedeelde met HDSR en is geen onderdeel van de werkmethode omschrijving.

Rijkswaterstaat

Uit ons vooronderzoek is gebleken dat de watergang de Nederrijn in het beheer is van Rijkswaterstaat. De boringen kruisen de watergang niet. Echter ligt het intredepunt en een deel van de boring wel binnen het beheer gebied. De aansluitende kering is in het beheer van HDSR, hierdoor zijn vanuit de Richtlijnen Boortechnieken (Juni 2019-v1.0) geen aanvullende eisen naast het aanleveren van een boorplan inclusief berekeningen.

3.2 KABELS & LEIDINGEN

Tijdens de uitvoering wordt ter plaatse van het in-/uittredepunt alle kabels en leidingen vrij gegraven en, indien noodzakelijk, worden extra beschermingsmaatregelen getroffen.

Uit de opgevraagde Klic-melding 25O0148348 is gebleken dat één eisvoorzorgsmaatregelen van toepassing is:

- **N.V. Nederlandse Gasunie West, buisleiding gevaarlijke inhoud:**

- De te realiseren gestuurde boring de buisleiding gevaarlijke inhoud niet. Vanuit de eisvoorzorgsmaatregel blijkt dat de minimale onderlinge afstand 5,00 meter dient te zijn.
- De boring voldoet aan deze eis.

Voor uitvoering zal nog een graafmelding worden gedaan. De Gasunie leiding zal hier buiten vallen, en vergt daarom geen aanvullende acties.

3.3 BESCHRIJVING IN- EN UITTREDE

Het intredepunt van beide boringen is gepland in het grasveld naast de parkeerplaats en het Inundatie Kanaal. Ter plaatse is voldoende ruimte beschikbaar voor het graven van een mudpit van ca. 30 m³. Om het materieel en materiaal op te kunnen stellen dient het veld van rijplaten te worden voorzien. Het veld is te bereiken via de parkeerplaats, hier zal vrachtverkeer langs komen. Gezien deze situatie is het noodzakelijk om extra verkeersmaatregelen te treffen conform de CROW 96B.

Deze locatie ligt buitendijks.



Figuur 2: Overzicht huidige situatie intredepunt

Het uittredepunt is gepland in het grasveld van het Walplantsoen. Ter plaatse is voldoende ruimte beschikbaar voor het graven van een mudpit van ca. 30 m³. Om het materiaal en materieel op te kunnen stellen dient het grasveld van rijplaten te worden voorzien. Tevens dient de eerste twee rijen van de parkeervakken achter het uittredepunt afgezet te worden om de buizen op te slaan en te lassen. Gezien deze situatie is het noodzakelijk om extra verkeersmaatregelen te treffen conform de CROW 96B.



Figuur 3: Overzicht huidige situatie uittredepunt

De buizen kunnen na het lassen worden uitgelegd in het water in het verlengde van het uittredepunt. Hierbij zullen de buizen door de open sluis heen worden gelegd en vervolgens begeleid vanaf het water. Zie de tekening in Bijlage A voor een schets van het uitlegtracé.

3.4 BODEMVERONTREINIGING

Uit het bodemonderzoek blijkt dat ter plaatse van het intredepunt de verontreiniging zich gemiddeld bevindt over een laagdikte van circa 0,85 m. Deze verontreiniging is daardoor alleen relevant bij het ontgraven van de mudpit. Voor de overige boorwerkzaamheden worden geen beperkingen verwacht.

Binnen dit gebied voert de hoofdaannemer ook werkzaamheden uit. Zij stellen hiervoor een V&G-plan op en laten aanvullend bodemonderzoek uitvoeren. Indien uit dit vervolgonderzoek blijkt dat de verontreiniging zich beperkt tot de bovengrond zal voor de uitvoering worden afgestemd wie het graafwerk zal verrichten volgens de veiligheidsregels.

De cuttings en boorvloeistof returns moeten beproefd worden. Mocht dit vervuild zijn wordt dit naar een erkend verwerker afgevoerd.

3.5 BODEMOPBOUW

Aan de hand van het grondonderzoek zijn de grondparameters bepaald op basis van de NEN9997, tabel 2.b; representatieve waarden voor de grondeigenschappen. Het gebruikte grondonderzoek is toegevoegd in bijlage B.

- De bovenste lagen van de grond variëren, de sonderingen laten voor de eerste 2 meter een verschillende grondslag zien. Dit varieert tussen zand en veen. Het zand is waarschijnlijk aangevoerd door de rivier.
- Op een diepte van ca. 4m NAP tot 2m -NAP is een matig gepakte zandlaag aanwezig.
- Van 2m – NAP tot aan 3m -NAP bevindt zich een dunne kleilaag.
- Vanaf een diepte van 3m -NAP tot aan 14m -NAP bevindt zich de pleistocene zandlaag.

De boring bevindt zich in de pleistocene zandlaag.

Bij het bodemonderzoek is in de toplaag puin aangetroffen. Voor het plaatsen van het dodemansbed zal van te voren een proefsleuf gegraven moeten worden.

3.6 GRONDWATERSTAND

De grondwaterstand is afkomstig van Grondwatertools.nl. Zie bijlage B voor de gegevens van de peilbuis. Het grondwaterniveau is op deze locatie zeer afhankelijk van het waterpeil in de Nederrijn. De grondwaterstand en de waterstand in de Nederrijn liggen gemiddeld ca. 2 meter onder het maaiveld niveau van het in- en uittredepunt. Echter kan dit sterk variëren door het jaar heen.

Tabel 4: Grondwaterstand.

Grondwaterstand	
Gemiddelde freatische grondwaterstand	2,99 m +NAP
Grondwaterstand Pleistocene zandlaag	2,86 m +NAP

Als de waterstand hoger of lager is op het moment van uitvoering zal dit niet direct voor problemen zorgen. Dit wordt pas een probleem als de (grond)waterstand hoger dan 0,3m onder maaiveld (5,7m NAP) komt, op dit niveau wordt het terrein bij het intredepunt onwerkbaar. Als het hoger is dan 6m NAP overstroomt het maaiveld.

In het DKR_006 Hydraulische randvoorwaarde rapport is in bijlage 5 en 6 een statistische tabel weergegeven in welke maanden de waterstanden in de Nederrijn de 5m NAP en 6m NAP grens overschrijden. Aan de hand van deze gegevens blijkt dat de zomermaanden de geschikte periode is voor uitvoering. Zie onderstaande tabellen. De uitvoeringsperiode hangt daarnaast ook van de gesloten dijken periode en de evenementen op het terrein.

De waterstanden moeten voor en tijdens de uitvoering goed worden gemonitord om calamiteiten te voorkomen.

Maand	Gemiddeld aantal dagen per jaar > NAP +5,0 m
Jan	4
Feb	4
ma	3
Apr	1
Mei	0*
Jun	0*
Jul	0*
Aug	0**
Sep	0**
Okt	0*
Nov	1
dec	3

* Afgerond gemiddeld 0 dagen per jaar. Dit betekent niet dat de kans op een waterstand > NAP +4,0 m 0% bedraagt in deze maanden.

** In de maanden augustus en september is het in de gebruikte waterstandsdata nog nooit voorgekomen dat de waterstand > NAP +5,0 m is.

Tabel 5: Waterstanden tabel Nederrijn uit bijlage 5 van DKR_006 Hydraulische randvoorwaarde rapport

Maand	Gemiddeld aantal dagen per jaar > NAP +6,0 m
Jan	2
Feb	1
ma	1
Apr	0*
Mei	0*
Jun	0*
Jul	0*
Aug	0**
Sep	0**
Okt	0*
Nov	0*
dec	1

* Afgerond gemiddeld 0 dagen per jaar. Dit betekent niet dat de kans op een waterstand > NAP +6,0 m 0% bedraagt in deze maanden.

** In de maanden augustus en september is het in de gebruikte waterstandsdata nog nooit voorgekomen dat de waterstand > NAP +6,0 m is.

Tabel 6: Waterstanden tabel Nederrijn uit bijlage 6 van DKR_006 Hydraulische randvoorwaarde rapport

3.7 KWEL & PIPING

De grondwaterstand in het eerste de pleistocene zandlaag is lager dan de freatische grondwaterstand. Hieruit analyseren wij dat geen verticale kwelstroming naar de oppervlakte verwacht wordt vanuit deze grondlaag.

Omdat de boring verbinding maakt tussen het buitendijkse en binnendijkse gebied is er een risico dat bij hoogwater wel water door de boorgang gaat stromen met als gevolg piping. Om waterstromen en piping te voorkomen zullen twee maatregelen worden genomen zoals afgesproken met HDSR.

- De boringen zullen worden ingetrokken met drillgrout om het boorgat weer af te dichten.
- Bij zowel het in als uittrede zal een kwelscherm worden geplaatst. (zie bijlage I voor afmetingen)

(Na het intrekken en afwerken van de omhullende mantelbuis zoals hierboven is beschreven zullen derden kleiner mantelbuizen intrekken en de buizen afdichten.)

4 BESCHRIJVING WERKMETHODE

Het principe van een gestuurde boring is uit te leggen in meerdere stappen. In eerste instantie wordt een pilotboring langs de geplande lijn geboord van de ene naar de andere zijde van het te kruisen object. Na het afronden van de pilotboring zal de ruim- en intrekoperatie starten waarmee de buis in het geboorde gat wordt getrokken. Deze techniek kan onder en boven het grondwaterniveau worden toegepast.

4.1 UITVOERING

4.1.1 INRICHTEN WERKTERREIN

Het uitvoeren van de HDD wordt gedaan met de 50-tons machine, waarvoor een werkterrein van 2000 m² nodig is. Het boormaterieel voeren wij aan met vrachtwagens. De hoofdaannemer zorgt dat het werkterrein van de projectlocatie bereikbaar is. Aan zowel de in- als de uittredezijde dienen de mudpits gegraven te worden. Bij het uittredepunt is een werkterrein van ca 1200m² nodig om het materiaal en materieel op te stellen. De buis wordt verder in het water uitgelegd.

4.1.2 PILOT

Vanaf het intredepunt maakt de boorkop door drukken en rotatie een pilotboring. Door de boorstangen en de boorkop wordt de boorspoeling gepompt die de grond voor de boorkop lossput en weggevoerd. Na het inbrengen van de lengte boorstangen, worden de meetgegevens verzameld. Het monitoren van deze boring wordt uitgevoerd met de Gyro Steering Tool, wat betekent dat alle gegevens digitaal worden gemonitord. Zie paragraaf 5.3 voor verdere toelichting. Gedurende de monitoring kunnen afwijkingen worden geconstateerd, indien dit het geval is wordt in overleg tussen de boormeester en surveyor een correctie gemaakt. Nadat de pilotboring succesvol is uitgevoerd, wordt de volgende fase in gang gezet.

4.1.3 RUIMEN

Na het afronden van de pilotboring bepaald de boormeester hoeveel ruimfases hij verwacht. Tijdens het ruimen wordt het boorgat op een gewenste diameter gebracht van 1,3x de diameter van de buis voordat deze worden ingetrokken.

4.1.4 BUIS INTREK

Na het ruimen van de boorgang zal de buis worden ingetrokken. De buis is voor het intrekken, in het verlengde van het uittredepunt opgesteld. De buis wordt gekoppeld met een trekkop, swivel en een ruimer aan de boorstangen. Vervolgens wordt de leiding in één ononderbroken operatie, door de boormachine naar het intredepunt getrokken. Tijdens het intrekken wordt de buis, begeleid vanuit het water en met een mobiele kraan. De buis wordt ingetrokken met Drillgrout.

4.1.5 BUIS AFWERKEN

Na het intrekken van de omhullende mantelbuizen worden deze afgewerkt.

Onder het maaiveld zal dit worden gedaan met een kwelscherm + groutkoffer (zie bijlage I voor afmetingen kwelscherm en groutkoffer). Het gebruiken van een groutkoffer heeft hier de voorkeur ten opzichte van een kleikist. De reden hiervoor is omdat de boring wordt ingetrokken met drillgrout en dit aansluit op de groutkoffer, wat voor een beter waterdicht geheel zorgt dan een kleikist. Omdat het grout bij aanbrengen vloeibaarder is dan klei zal dit ook voor een betere hechting zorgen met de zandige ondergrond.

Na het intrekken van de buis wordt de buis op ca. 30cm boven maaiveld afgezaagd. Hierna zullen de buizen tijdelijk waterdicht worden afgewerkt in verband met mogelijk hoogstaand water. De kleinere mantelbuizen zullen op een later moment worden ingetrokken en worden afgewerkt door derden.

Voordat de buis onder het maaiveld gelegd kan worden moet het Drillgrout mengsel in het boorgat voldoende uitgehard zijn, dit duurt ca. 28 dagen (zie bijlage B). Dit zal worden gedaan door derden.

4.1.6 REVISIE

Na afloop van de werkzaamheden worden de revisiegegevens ter beschikking gesteld aan de tekenaar. Ondertussen wordt het materieel gedemonteerd en gedemobiliseerd.

4.2 BOORVLOEISTOF

Bij de boring wordt gebruik gemaakt van Bentoniet HV waarvan de eigenschappen zijn terug te vinden in bijlage F. Bij de boorkop wordt de losgespoten grond (cuttings) gemengd met de boorvloeistof. Vanuit de mudpit wordt de boorvloeistof naar de recycle-unit verpompt. De recycle-unit verwijdert de cuttings uit de boorvloeistof. De boorvloeistof (mud) die vrijkomt uit de recycle wordt tijdelijk opgeslagen in mudbasins waarna wij de schone boorvloeistof hergebruiken op het project. Niet vervuilde boorspoeling die op een bepaald moment overtollig is, wordt afgevoerd naar depot voor hergebruik.

Bij de intrekoperatie wordt Drillgrout gebruikt. Het Drillgrout wordt door de nozzles van de barrel voor de buis uit worden gespoten. Door het zware gewicht van Drillgrout, de barrel en de buis zal alle bentoniet het boorgat uit worden gedreven. De Drillgrout hard vervolgens uit, met als resultaat een volledig afgedicht boorgat. De volledige specificaties zijn terug te vinden in bijlage F.

4.3 GEPLANDE WERKTijd

De geplande werktijd is bepaald in overeenstemming met de ingeschatte voortgangssnelheid per fase. Bij een gestuurde boring moeten de onderstaande fasen als opvolgend worden uitgevoerd. Het aanvoeren, lassen (en eventueel beproeven) van de buizen, opstellen van de equipment en lokaliseren van de kabels en leidingen zullen voorafgaand aan de pilotfase worden gerealiseerd.

De planning is gebaseerd op de voortgangssnelheid van onderstaande fasen, deze bepalen het kritieke pad van de snelheid van de boring.

Voortgangssnelheid bij de pilotboring; ca. 25—50 m/uur

Voortgangssnelheid bij de ruimfase; ca. 30—50 m/uur

Voortgangssnelheid bij het intrekken; ca. 30—50 m/uur

Tabel 5: Planning

Werkplan en Planning		Werkdagen									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	HDD										
1	Aanvoer materieel, voorbereiden werklocatie	■	■								
2	Lokaliseren kabels en leidingen, lassen		■								
3	Machine opstellen t.b.v. HDD01			■							
4	Uitvoeren pilotboring HDD01				■						
5	Machine omzetten t.b.v. HDD02					■					
6	Uitvoeren pilotboring HDD02						■				
7	Ruimen HDD02							■			
8	Intrekken HDD02								■		
9	Ruimen HDD01									■	
10	Intrekken HDD01										■
11	Afvoer materieel										
12	Afwerken mantelbuizen onder maaiveld na uitharden van drillgrout -> 28 dagen na intrekken (dit wordt gedaan door derden)										

De planning kan afwijken in de praktijk, deze planning is een inschatting op basis van de uit te voeren werkzaamheden.

5 IN TE ZETTEN MATERIEEL

In onderstaande tabel is aangegeven welk materieel voor dit project gebruikt wordt. Op basis van de planning en de gevraagde trekkracht gebruiken wij de 50-tons boormachine. Door wijzigingen in beschikbaarheid of planning is het mogelijk dat de voorgestelde machine niet beschikbaar is. In dat geval maken wij gebruik van een machine die in ieder geval voldoet aan de eis voor minimale trekkracht. Voor de verdere specificaties van de boormachine zie bijlage D.

Tabel 6: Overzicht boorrig.

	Eenheid	
Boormachine	[-]	PD50/45
Maximale trekkracht	[ton]	50
Boorstangen	[-]	4½IF NC50 S135 x 5m
Boorkop	[-] [mm]	Bendsub + Rollercone 200
Ruimer fase ruimen	[-]	Flycutter
Ruimer fase intrekken	[-]	Barrel
Intrekvoorziening	[-]	Swivel
Meetsysteem		Gyro Steering Tool

5.1 UITVOERINGSPARAMETERS BOORMACHINE

Onderstaande tabel presenteert de maximale specificaties tijdens de verschillende fasen van de gestuurde boring. Naar inziens en ervaring van de boormeester en/of uitvoerder kan hiervan worden afgeweken.

Tabel 7: Specificaties boring per fase.

		Pilot	Ruimen	Intrekken
Boorkop / ruimer	[type]	Bendsub + Rollercone	FLC	Barrel
Diameter boorkop /ruimer	[mm]	200	HDD01: 470 HDD02: 600	HDD01: 400 HDD02: 500
Boorgat	[mm]	300	HDD01: 520 HDD02: 650	HDD01: 520 HDD02: 650
Nozzles ruimer	[mm]	afh. van boorkop	afh. van boorkop	afh. van boorkop
Aantal	[stuks]	1 à 3	1 à 3	1 à 3
Drukkracht / Trekkracht	[kN]	500	500	500
Koppel	[kNm]	< 45	< 45	< 45
Spoeling druk	[bar]	0—70	0—70	0—70
Debiet	[l/min]	0—1000	0—1000	0—1000

5.2 PLAATSBEPALING

De keuze van het meetsysteem is afhankelijk van diverse factoren. De belangrijkste zijn:

- De boormachine,
- De boorstangen,
- De toegankelijkheid van het terrein,
- De ontwerpdiepte van de boring,
- De aanwezigheid van verstorende bronnen,
- De door de vergunningverleners vereiste nauwkeurigheid,
- De door de opdrachtgever vereiste nauwkeurigheid.

Van Leeuwen Sleufloze Technieken B.V. zet voor dit project de Gyroscop Steering Tool in.

Het draadgebonden, gyroscopisch (optisch), meetsysteem is gekoppeld aan een computerprogramma en meet de drie hoeken (azimuth, pitch, roll) van de boorkop ten opzichte van het geografische Noorden. De meetsonde is direct achter de boorkop geplaatst. De meetdata en de gemeten hoeken worden van de meetsonde naar de computer gezonden. De signalen van de receiver worden door bijbehorende software verwerkt tot exacte geografische boorkopposities. De gemeten en berekende posities worden vergeleken met het vooraf in de software geladen gewenste traject van de boorkop. Afwijkingen van het gemeten traject, ten opzichte van het vooraf berekende traject, worden geregistreerd door de meetdeskundige. Op basis van deze afwijkingen worden in overleg instructie betreft links/ rechts sturen en op/ neer sturen op het machinistenscherm weergegeven. Verder worden de drie gemeten hoeken (azimuth, pitch en roll) in graden op het scherm weergegeven, samen met andere belangrijke waarden voor de boring.

Het gemeten en gewenste boortraject wordt opgeslagen en kunnen, op ieder gewenst moment, op het scherm worden weergegeven of worden afgedrukt.

Het meetsysteem is ongevoelig voor storingsbronnen van buitenaf. Nauwkeurigheden voor wat betreft:

Azimuth: 0,04° richting t.o.v. het geografische noorden
Pitch: 0,01° helling
Roll: 0,02° klokstand

Zie bijlage E voor de verdere technische specificaties.

5.3 AFWIJKINGSTOLERANTIES

Na uitvoering van het werk kan het zijn dat door eventuele afwijkingen correcties zijn gemaakt door de boormeester. Hierdoor kan de uitgevoerde boorlijn afwijken van de theoretische. Wij hanteren de maximaal toegelaten afwijkingen van de theoretische lijn, zoals omschreven in NEN 3650-1:2020 (tabel 8).

Tabel 8: Maximaal toegelaten afwijking van theoretische lijn van de boring zoals gespecificeerd door NEN 3650-1:2020 tabel F.1.

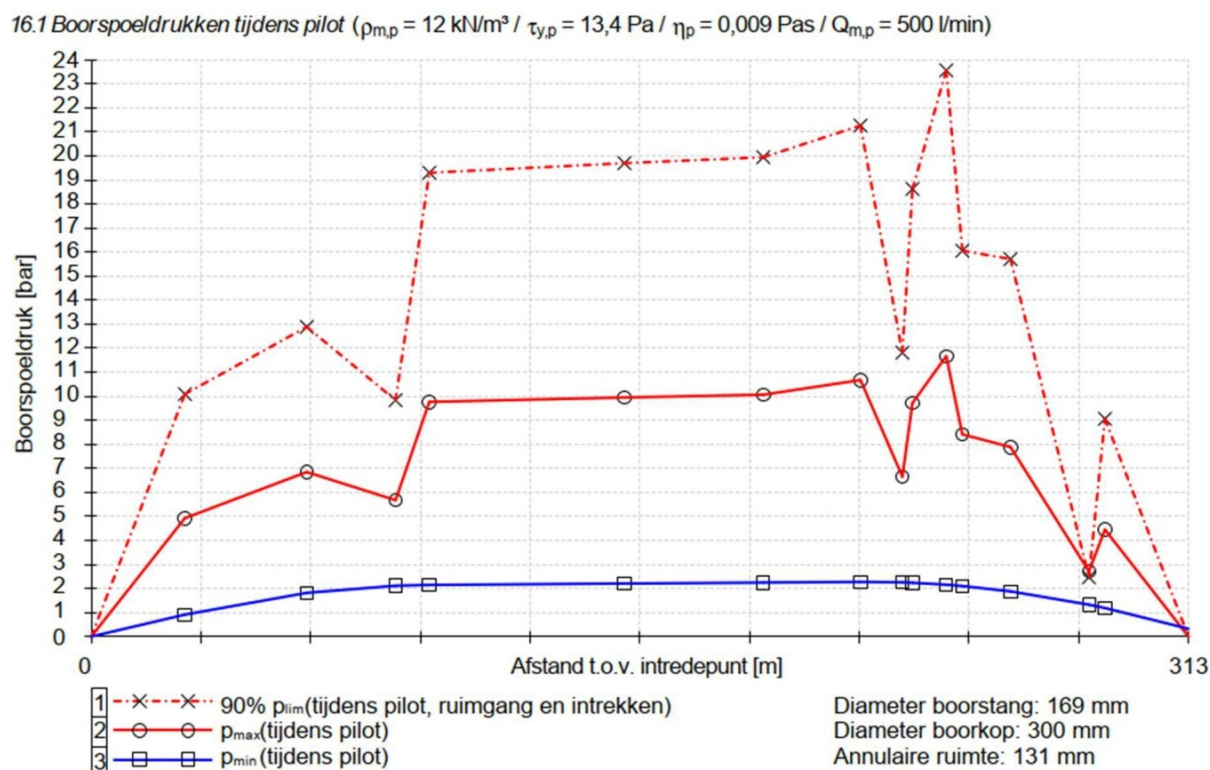
Richting	Maximale Uitvoeringsafwijking
Verticaal	+1/-1 m
Horizontaal:	
• In lengterichting t.p.v. uittredepunt	+5/-2 m
• In dwarsrichting t.p.v. uittredepunt	+1/-1 m
• In dwarsrichting tracé tussen in- en uittredepunt	+5/-5 m
Bochtstralen	<10%

6 BEREKENINGEN

De berekeningen zijn gerealiseerd met het programma Sigma van adviesbureau Schrijvers BV. De grondparameters voor de benodigde berekeningen zijn gebaseerd op bijgevoegde grondonderzoeken in bijlage B en afgeleid aan de hand van de NEN 9997, Tabel 2.b; Representatieve waarden voor de grondeigenschappen. Om de grondwaterstand in te schatten is gebruik gemaakt van peilbuisgegevens. Op basis van deze gegevens is de grondwaterstand bepaald op ca. 2,99 meter ten opzichte van NAP. De berekeningen zijn terug te vinden in bijlage C. Mocht op het moment van uitvoering de waterstand hoger zijn maar wel gelimiteerd tot 0,3m onder het maaiveld (5,7m NAP) zorgt dit niet voor problemen. Als de grondwaterstand hoger is dan 0,3m onder maaiveld wordt het werkterrein onwerkbaar.

6.1 BOORSPOELDRUKKEN

De resultaten van de berekeningen rondom de muddruk van de maatgevende pilotfase is in onderstaand figuur weergegeven, deze zijn voor HDD01 en HDD02 het zelfde. Voor de grafiek van de ruimfase en alle bijbehorende tabellen wordt verwezen naar Bijlage C. Tijdens de pilotfase boren wij van links naar rechts.



Figuur 4: Boorspoeldrukken Pilot (HDD01)

In bovenstaande afbeelding is te zien dat de boorspoeldruk over de laatste 10 meter groter is dan de toelaatbare boorspoeldruk. De boorspoeldrukken zullen hierdoor bij het benaderen van het uittrede een hoger risico voor een blow-out vormen. Ter beheersing van dit risico moeten de boorspoeldrukken en rotaties verlaagd worden.

6.2 TREKKRACHT

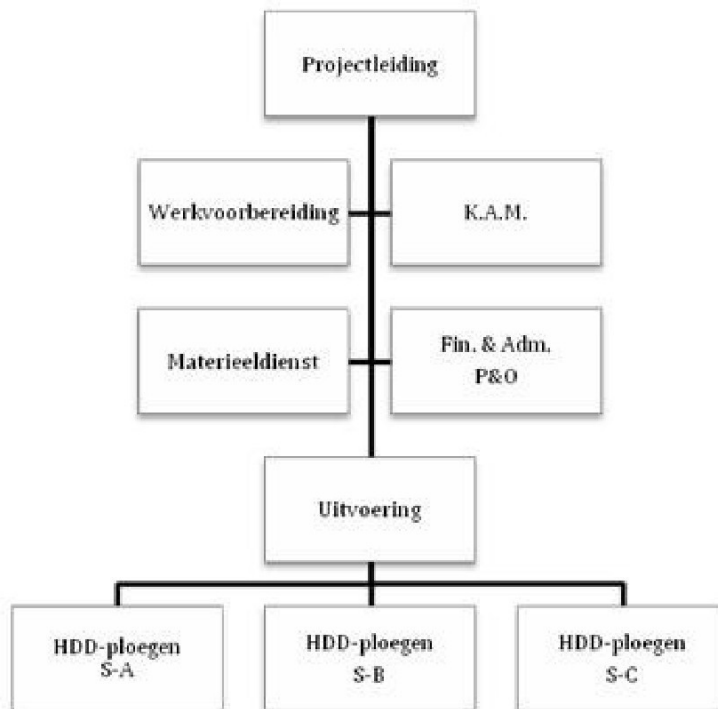
De te verwachten trekkracht is berekend met een onzekerheidsfactor van 1,4. Uit de berekeningen blijkt dat de boormachine minimaal 215,3kN (21,5 ton) aan trekkracht moet kunnen genereren om de 1xØ500 mm mantelbuis in te trekken (tabel 9).

Tabel 9: Resultaat trekkracht

	Berekende trekkracht incl. veiligheidsfactor	Toelaatbare trekkracht
HDD01:	141,8 kN / 14,2 ton	415,8 kN / 41,6 ton
HDD02:	215,3 kN / 21,5 ton	648,4 kN / 64,8 ton

De buizen zijn berekend op spanningen, deflectie en implosie. Uit de berekening blijkt dat de buizen met betrekking tot de optredende spanningen, deflectie en implosie voldoen en binnen de gestelde marges blijven.

7 PERSONEEL, ORGANISATIE EN COMMUNICATIE



Figuur 5: Organogram HDD ploegen VLST

7.1 PERSONEEL EN TAKEN

De werkzaamheden zullen worden uitgevoerd door ervaren personeel. De boormeester is een medewerker van Van Leeuwen Sleufloze Technieken B.V. met geruime ervaring in het vakgebied.

De metingen worden uitgevoerd met de Gyro Steering Tool door Browline B.V. Bij deze meetsystemen meet de surveyor elke boorstang vanaf de boorkop.

De personele bezetting tijdens de boorwerkzaamheden is als volgt ingedeeld (afhankelijk van de in te zetten rig):

Tabel 9: Personeelsinzet.

Functie	Aantal	Functieomschrijving
Projectleider	1 man	Algehele leiding Deels aanwezig
Uitvoerder	1 man	Deels aanwezig
Boormeester	1 man	Bediening boormachine Aanspreekpunt op de werkplek Bijhouden registraties en logboeken
Mudman	1 man	Vervaardigen boorspoeling Analyseren boorspoeling Hand- en spandiensten
Surveyor/ Boorassistent	1-2 man	Handling boorbuizen Hand- en spandiensten Metingen en registraties meetsysteem

7.2 WIJZE VAN REGISTEREN EN RAPPORTEREN

De uitvoerder en boormeesters houden logboeken, mud registraties en dagrapporten bij. Gegevens van de pilotboring worden verwerkt op een revisietekening en aan de opdrachtgever ter beschikking gesteld. De parameters worden afgelezen op analoge meters in de besturingscabine en, incl. eventuele opmerkingen, per stang geregistreerd in een logboek. Wij hanteren de volgende eenheden voor de bijgehouden parameters:

Tabel 10: Parametereenheden.

Parameters	Eenheid
Druk- / trekkracht rig	kN
Draaimoment	kNm
Muddruk	Bar
Mudflow	l/min
Lengte Boorstangen	m

Logboeken en dagrapporten zijn aanwezig on-site en inzichtelijk voor directie en opdrachtgever. In bijlage G is een voorbeeld weergegeven van de registratiesheets.

7.3 CERTIFICERING

De werkmethodeomschrijving is opgesteld in overeenstemming met het zorgsysteem van Van Leeuwen Sleufloze Technieken. Dit zorgsysteem is gecertificeerd conform:

Tabel 11: Certificeringen.

Norm	Versie & toelichting
NEN-EN-ISO	9001:2015 gecertificeerd
CKB	2023 (ST-A, ST-B, ST-C, ST-D)
VCA	2017/6.0
EP2019 ProRail	Cat. 8 Gestuurd boren Subcat. S-A, S-B, S-C Certificaathouder: Van Leeuwen Sleufloze Technieken B.V.
EP2019 ProRail	Cat. 9 Persingen Open frontboringen subcat. SD-A, SD-B, SD-C, SD-D Gesloten frontboringen subcat. SE-A, SE-B Certificaathouder: Aannemingsbedrijf Klarenbeek B.V.
DCA	2025 Drilling Contractors Association
VPL-T4	Veiligheidsladder trede 4, versie 4.0-2016 Safety Culture Ladder Original step 4

8 RISICOANALYSE

De algemene Risico-Inventarisatie en Evaluatie (RI&E) staan vermeld in bijlage H. Hieronder staan de project-specifieke risico's omschreven:

Tabel 12: Project-specifieke Risico-Inventarisatie.

Calamiteit	Gevolg	Kans	Beheersmaatregel
Kabels en leidingen liggen niet op de locatie conform de KLIC	Schade aan kabels en/of leidingen	Gering	• De kabels en leidingen opzoeken bij de in- en uittreden in de mudpit. • Indien nodig beschermende maatregelen treffen om schade te voorkomen
Hoge waterstand Nederrijn > 5,7m NAP	Overstromen/ onwerkbaar werkterrein bij het intredepunt	Matig	• Uitvoeringsperiod afstemmen op de hoogwaterperiode. • Op het moment van uitvoering de waterstanden monitoren.
Waterstroming/ Piping	Schade aan de waterkering en/of waterstroming naar het binnendijks gebied	Gering	• Kwelschermen toepassen • Intrekken met Drillgrout
Bodemverontreiniging	Verspreiding bodemverontreiniging of gevaar voor personeel	Matig	• Volgens veiligheidsregels werken

9 CONCLUSIE

Op basis van de gemaakte tekeningen, berekeningen en de verkregen informatie uit hoofdstukken 2 en 3 van het boorplan, komen wij tot de conclusie dat de boring voldoet aan de gestelde normen en eisen tenzij elders toegelicht.

De algemene aandachtspunten zijn:

- Het werkterrein bij zowel het intrede als het uittredepunt moet worden voorzien van rijplaten.
- Het intredepunt is te bereiken vanaf het naastgelegen parkeerterrein.
- De eerste twee rijen van de parkeervakken achter het uittredepunt moeten worden afgezet om de buizen te kunnen plaatsen en lassen.
- Om het uittredepunt te kunnen bereiken zal het hekje tijdelijk verwijderd moeten worden.
- In verband met het uitlegtracé en de locatie van de boringen zal buiten de nachtvorstperiode en de gesloten dijk periode/hoogwaterperiode gewerkt moeten worden. Dit moet met HDSR worden afgestemd. Daarnaast is het haventerrein (intrede) een evenementen terrein, hier moet in de planning rekening mee worden gehouden.

De uitvoeringstechnische aandachtspunten zijn:

- De boorspoeldrukken zullen bij het benaderen van het uittrede een hoger risico voor een blow-out vormen. Ter beheersing van dit risico zullen de boorspoeldrukken en rotaties verlaagd moeten worden.
- De berekende trekkracht voor HDD01 is 14,2 ton, de toelaatbare trekkracht is 41,6 ton.
- De berekende trekkracht voor HDD02 is 21,5 ton, de toelaatbare trekkracht is 64,8 ton.

De bodem specifieke aandachtspunten:

- Om waterstromen door het boorgat te voorkomen moeten twee maatregelen worden genomen.
 - Kwelschermen plaatsen bij in- en uittrede (zie bijlage I voor afmetingen).
 - Intrekken met Drillgrout.
- Bij het intredepunt is in de bovenste laag bodemverontreiniging aangetroffen. Dit heeft vooralsnog alleen invloed op het graven van de mudpit. Hier wordt nog aanvullend onderzoek voor gedaan door de hoofdaannemer, voor uitvoering afstemmen wie het graafwerk volgens de veiligheidsregels gaat verrichten.
- De cuttings en boorvloeistof returns moeten bedroefd worden, en indien vervuild worden afgevoerd naar een erkend verwerker.
- Bij het intredepunt is puin aangetroffen, proefsleuven graven voor het aanbrengen van het dodemansbed.
- De grondwaterstand ligt ca. 2 meter onder maaiveld niveau. De daadwerkelijk grondwaterstand is zeer afhankelijk van het waterniveau in de Nederrijn. Uit bijlage 5 en 6 uit het hydrostatische randvoorwaarde rapport blijkt dat de zomermaanden het meest geschikt zijn.
Voor en tijdens de uitvoering moet de waterstand goed worden gemonitord om calamiteiten te voorkomen.

BIJLAGEN

BIJLAGE A TEKENING

- 2500405-VT01 v5

BIJLAGE B GRONDONDERZOEKEN EN GRONDWATERSTAND

- CPT000000219513
- CPT000000219515

BIJLAGE C SIGMA BEREKENING

- 2500405-SB01
- 2500405-SB02

BIJLAGE D SPECIFICATIES MATERIEEL

- PD50/45 50 ton

BIJLAGE E SPECIFICATIES PLAATSBEPALINGSYSTEEM

- Gyro Steering Tool Working Procedure
- Brownline Methodeverklaring NL
- Brownline - specsheets - Drillguide GST 170 (27T-150T)

BIJLAGE F SPECIFICATIES BOORSPOELING

- Bentoniet - HV MSDS
- Product Info - Bentoniet - HV
- Drillgrout-S productinfo
- MSDS DBF Drillgrout - S NL

BIJLAGE G REGISTRATIESHEETS

- Dagrapport
- Logboek gestuurde boring
- Mud registratie

BIJLAGE H TECHNISCHE UITVOERINGSRISICO'S

BIJLAGE I KWELSCHERM + GROUTKOFFER

BIJLAGE A TEKENINGEN

Ontwerptekeningen

Algemeen plan en boorprofiel (bovenaanzicht en langsdoorsnede).

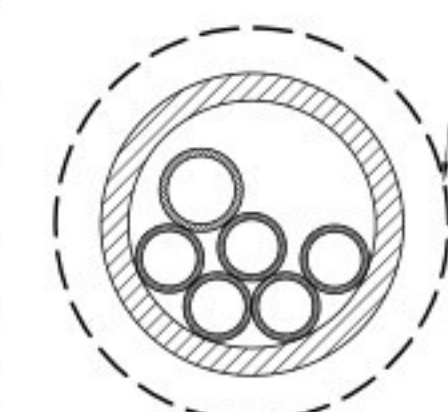
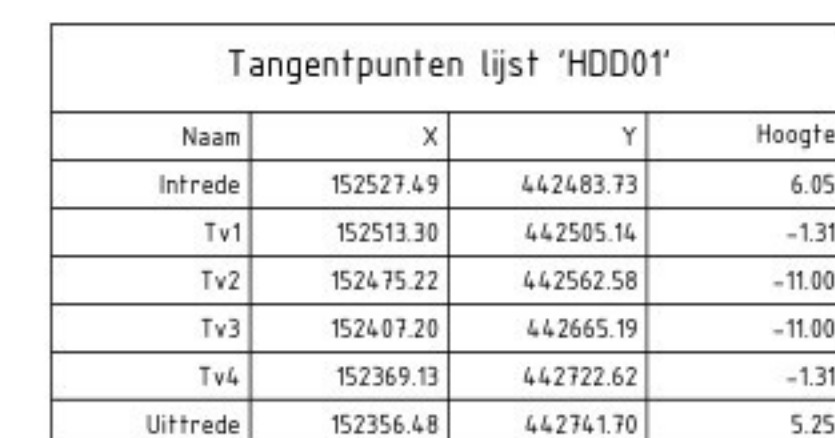
- 2500405-VT01 v5

Opstelling boorstelling

- 2500405-VT01 v5



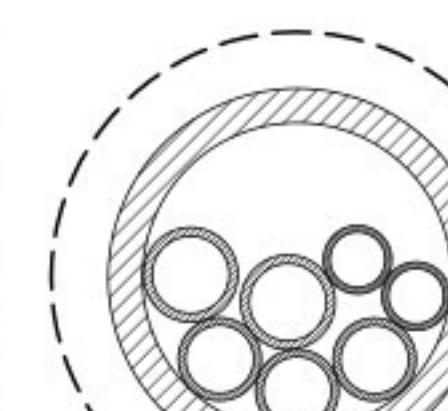
GECONTROLEERD DOOR ONDERSTAANDE	
R. SCHMITZ	
A. KOK	
J. VAN LEEUWEN	
Engineer: M. RIEKWEL	Datum:



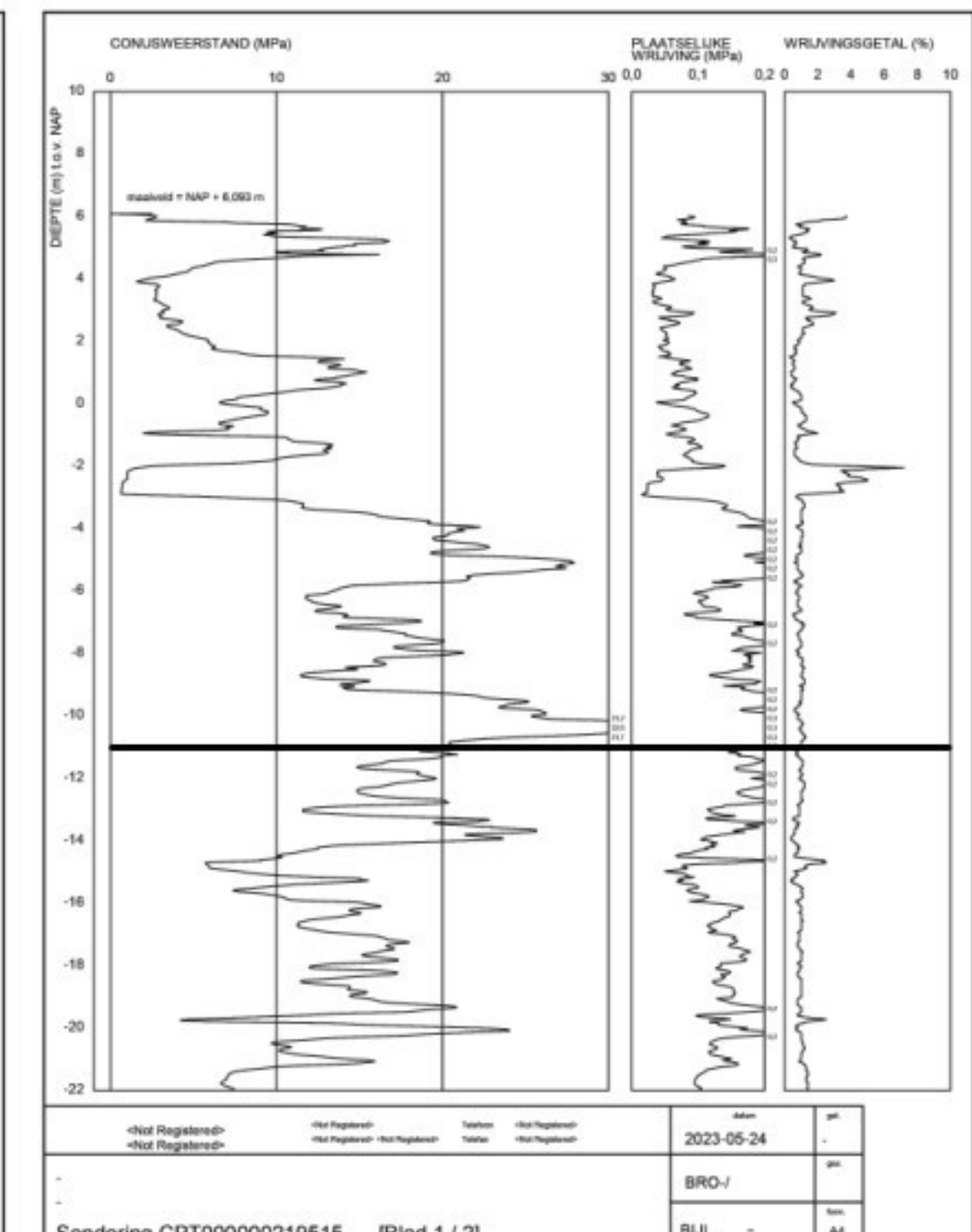
BOORGANG Ø520mm
1x BUIS HPE Ø400mm PE100 SDR11
INTREKKEN MET DRILLGROUT
MET IN DE MANTELBUIS: (VULLINGSGRAAD 49%)
5x BUIS HPE Ø90mm
5x BUIS HPE Ø110mm



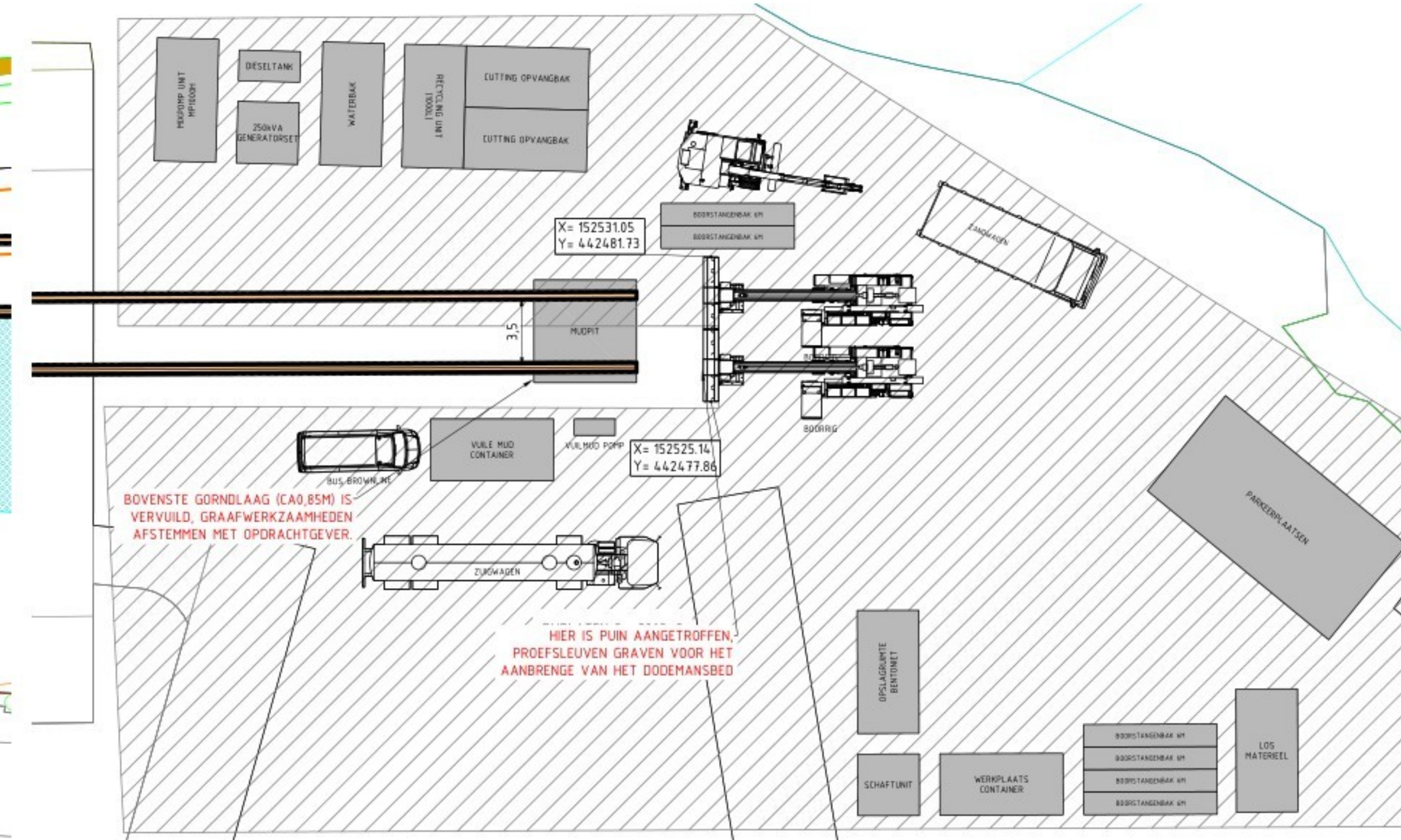
FOTO NR.1 D.D. 23-01-2025



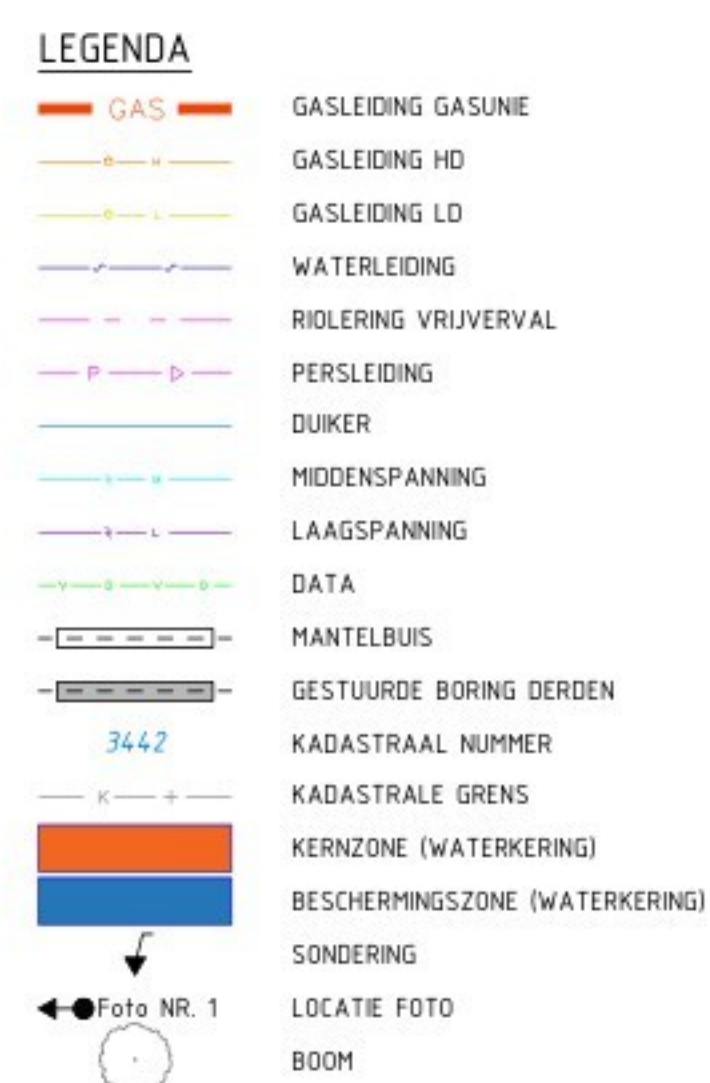
BOORGANG Ø650mm:
1x BUIS HPE Ø500mm PE100 SDR11
INTREKKEN MET DRILLGROUT
MET IN DE MANTELBUIS: (VULLINGSGRAD)
2x BUIS HPE Ø90mm (RESERVE)



SONDERING CPT00000021951



OPSTELTEKENING INTREDEZIJDE (INDICATIEF)
SCHAAL 1:200



INTEKKEN MET DRILLGROUT EN KWELSCHERMEN PLAATSEN.
BODENVERONTREINIGING BIJ INTREDPUNT, GRAAFWERKZAAMEHEDEN AFSTEMMEN MET OPDR.
DE LIGGING VAN DE BESTAANDE KABEL(S) EN LEIDING(EN) IS THEORETISCH EN INDICATIEF.
EXACTE LOCATIE MOET TER PLAATSE WORDEN GECONTROLEERD EN/OF VASTGESTELD.

IN-/UITTREDEPUNT ad h.v. WERKELIJKE SITUATIE KABELS & LEIDINGEN TE BEPALEN.
KABELS EN LEIDINGEN GEBASEERD OP KLIC-MELDING 2500148348 (14-10-2025).
DIEPTELIGGING KABELS EN LEIDINGEN ONBEKEND TENZIJ WEERGEGEVEN.
DWARSPROFIEL OP BASIS VAN AHN4-GEGEVENS.
ONDERGROND OP BASIS VAN PPOK

OPSTELTEKENING IS INDICATIEF, INDIEN GEWENST TER PLEKKE MET UITVOERING BESPREKEN.		
15-05-2025	JUSTE LENGTE EN BUDGETMERK IN HET TEKENINGSGEËT AANGEGEVEN DAT ER PUIN IS AANGETOEFEN BIJ HET INTREDEN	MDI
19-11-2025	NIJWE NABELUUST TOEGEPAST EN HEROP DE MANTELBUZEN AANGEPAST	MDI
30-11-2025	OPSTELLING UITBREIDING AANGEPAST AFD. DE SCHOUW. TALENTENPARK TOEGEVOED	MDI
29-10-2025	UITBREIDING VOORBEI DE BOMEN GELEED TOE VERMOEGELIJK VAN DE KEERZIDE VAN DE KERFING AFD. NIJWELSCHEPEN TOEGEVOED	MDI



**Van Leeuwen
Sleufloze Technieken**
Vijzelmolenlaan 11, 3447 GX Woerden www.vlst.com

Project	NIEUW TE LEGGEN TRACÉ TE WIJK BIJ DUURSTEDE HORIZONTAAL GESTUURDE BORING
Onderwerp	HDD01 LENGTE 313,26m, 1x ϕ 400mm SDR11 HDD02 LENGTE 313,27m, 1x ϕ 500mm SDR11 INUNDATIEKANAAL 6 TE WIJK BIJ DUURSTEDE

Opdrachtgever	DURA VERMEER	DURA VERMEER
Maatschappelijke naam		

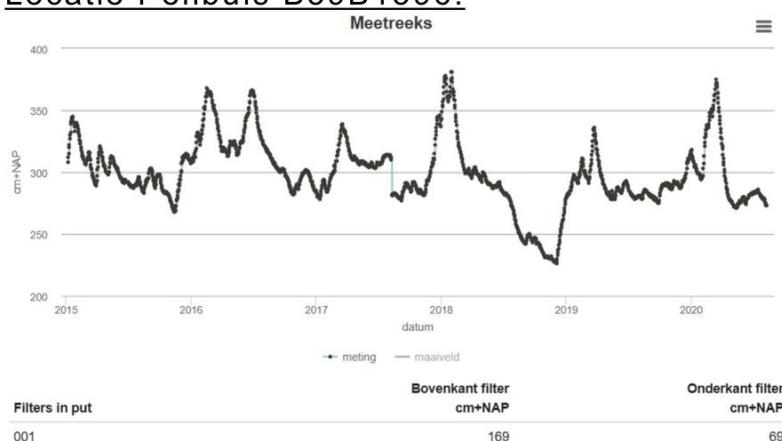
Vergleichsgröße	HDSR	
Projektleiter		

J. VAN LEEUWEN	
Kennmerk	
-	

BIJLAGE B GRONDONDERZOEKEN

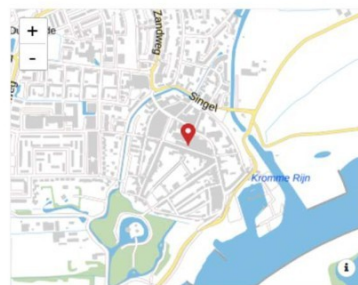
Onderdeel	Bron
Sonderingen	DinoLoket
Peilbuis	Grondwatertools

Locatie Peilbuis B39B1596:

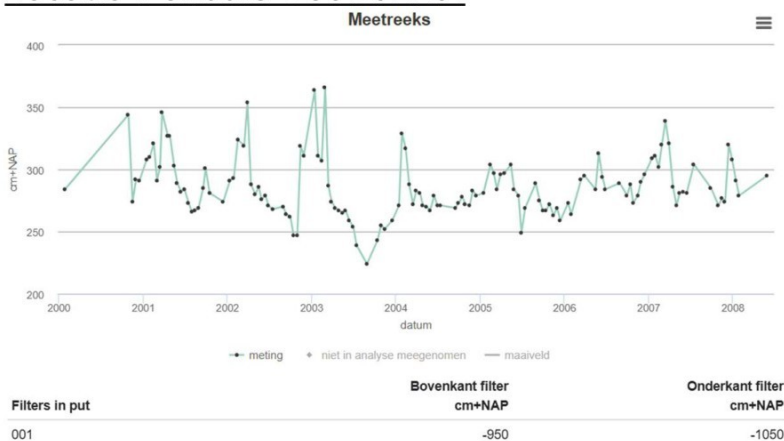


Eigenschappen meetreeks voor analyse periode

Startdatum analyse periode	07-01-2015
Einddatum analyse periode	09-08-2020
Aantal waarnemingen	2042
Gemiddelde	299
Standaard deviatie	27.0
Minimum	226
10-percentiel	275
50-percentiel (mediaan)	296
90-percentiel	337
Maximum	381

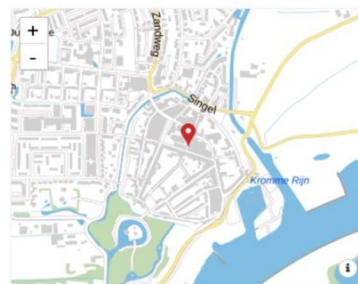


Locatie Peilbuis B39B0229:



Eigenschappen meetreeks voor analyse periode

Startdatum analyse periode	27-01-2000
Einddatum analyse periode	28-05-2008
Aantal waarnemingen	137
Gemiddelde	286
Standaard deviatie	24.1
Minimum	224
10-percentiel	264
50-percentiel (mediaan)	282
90-percentiel	319
Maximum	366



Waterstand Nederrijn:

Waterhoogte Oppervlaktewater

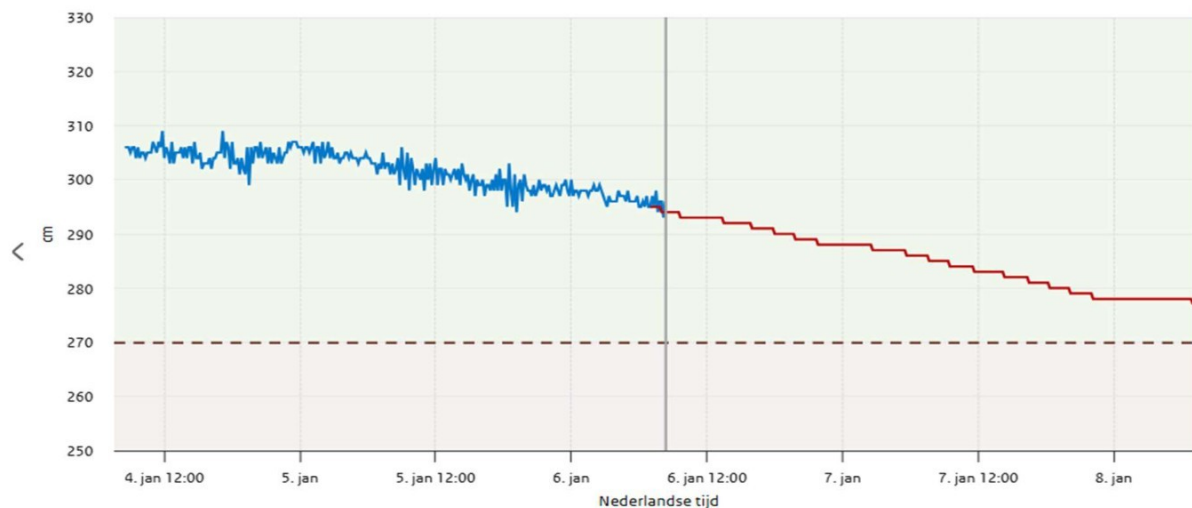
Amerongen beneden | Laatste meting: **296 cm** op 06-01-2026, 08:20

Grafiek

Tabel

2 dagen terug, 2 dagen vooruit

Verversen Opslaan Export/Delen



☐ Grenswaarden weergeven

Waterhoogte Oppervlaktewater t.o.v. Normaal Amsterdams Peil in cm

Waterhoogte verwacht Oppervlaktewater t.o.v. Normaal Amsterdams Peil in cm

Verlaagde waterstand (< 270cm)

Normaal (270 tot 450cm)

Licht verhoogd (>450cm)

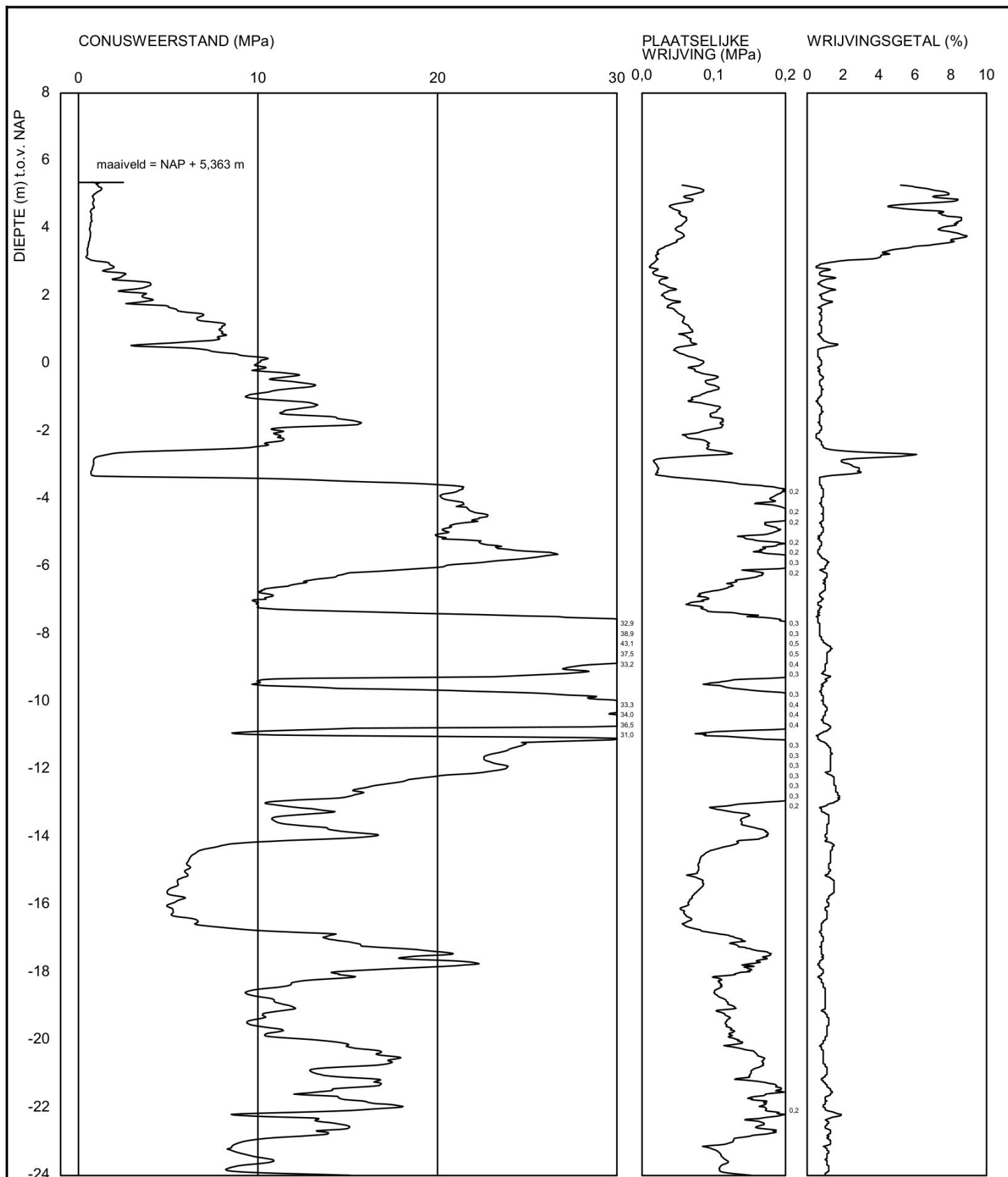
Verhoogde waterstand (> 545cm)

Hoogwater (> 705cm)

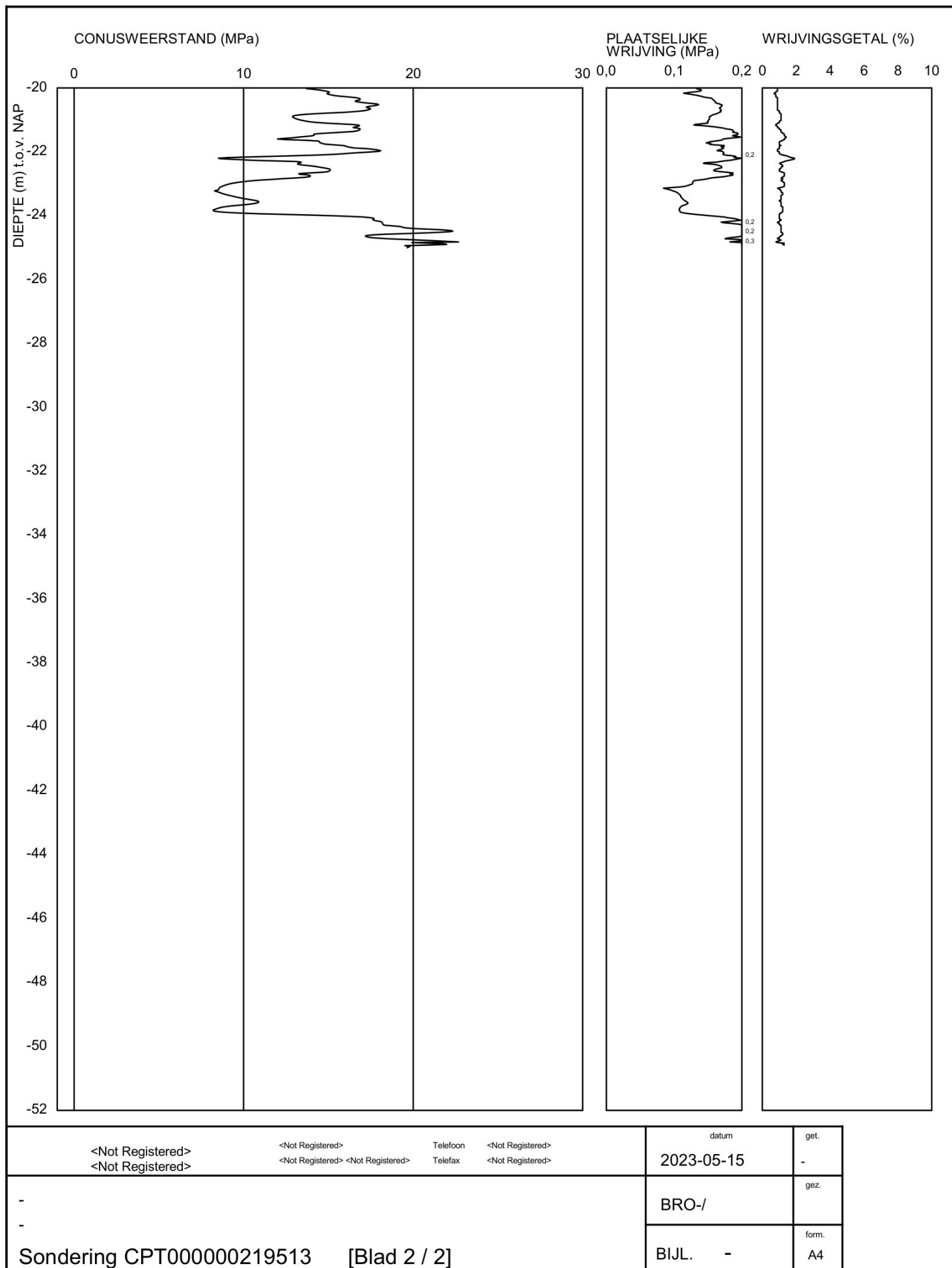
Extreem hoogwater (> 820cm)

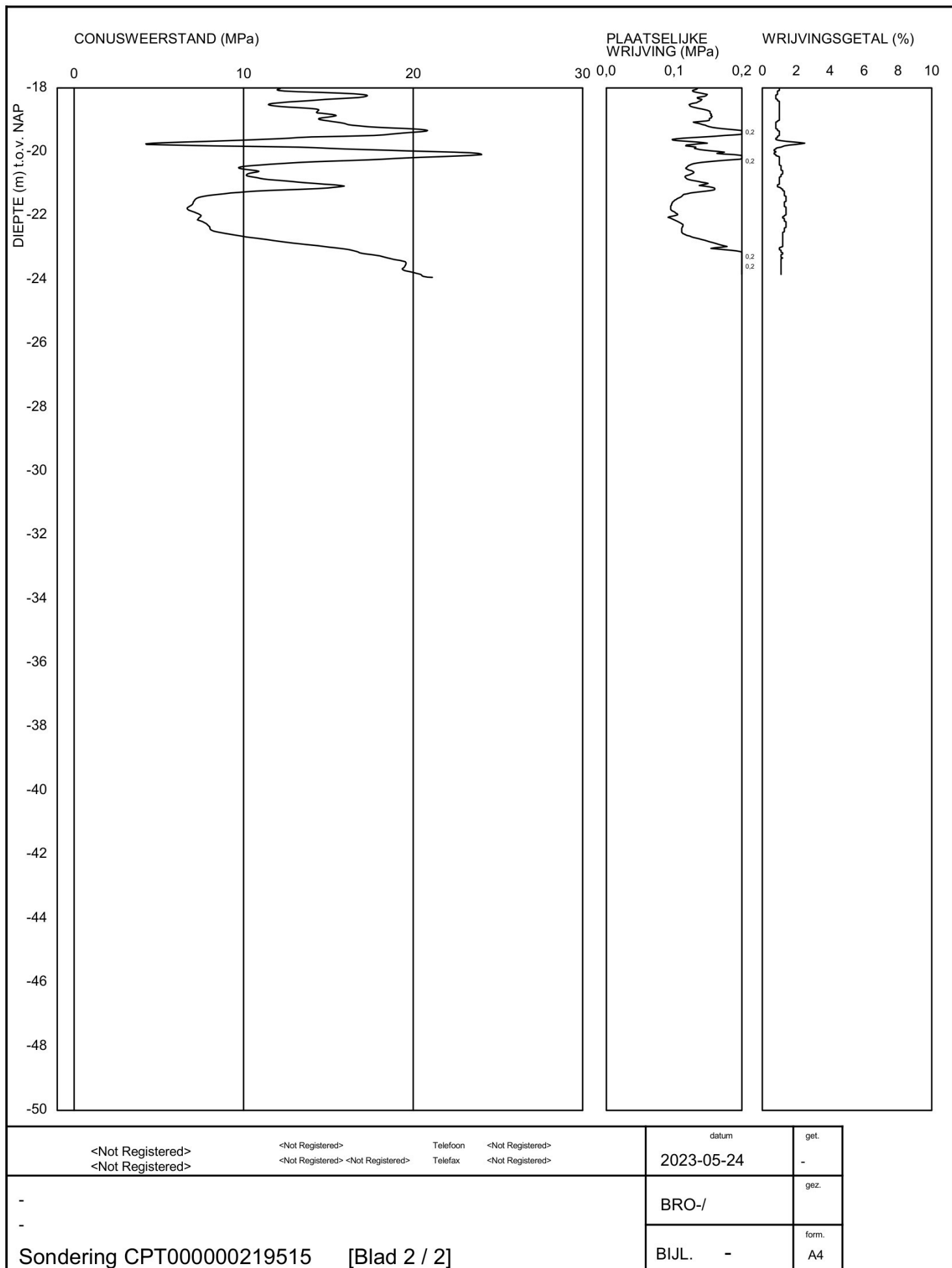
Locatie overzicht sonderingen:





<Not Registered> <Not Registered>		Telefoon Telefax	<Not Registered> <Not Registered>	datum 2023-05-15	get. -
- -				BRO-/	gez.
Sondering CPT000000219513 [Blad 1 / 2]				BIJL. -	form. A4





BIJLAGE C SIGMA BEREKENING

Ontwerpberekening

Toelaatbare kromtestraal

- HDPE 400: Toegestane straal 100xD (gelegd en onder druk) 40m¹ minimaal
- HDPE 500: Toegestane straal 100xD (gelegd en onder druk) 50m¹ minimaal
- Boorstangen: R= 150 m¹ minimaal (Gyro)

Minimaal benodigde en maximaal toelaatbare boorspoeldrukken

- 2500405-SB01
- 2500405-SB02

Trekkrachtberekening

- 2500405-SB01
- 2500405-SB02

Controle materiaalspanningen

- 2500405-SB01
- 2500405-SB02

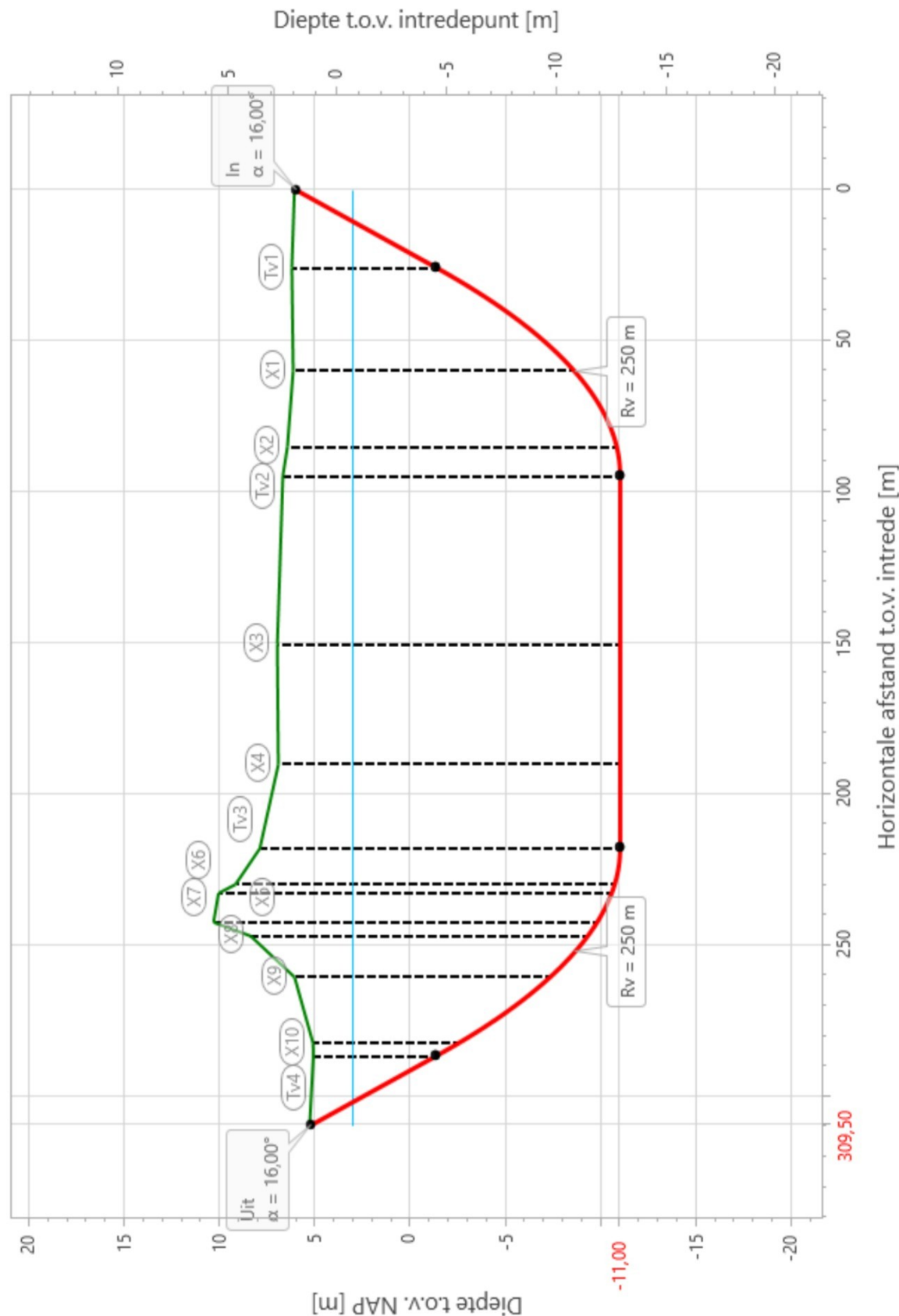
Controle opdrijven/zinken productleiding (ballasten)

- 2500405-SB01
- 2500405-SB02

Sterkteberekening van een horizontaal gestuurde boring conform NEN 3650/3651:2020		Sigma 2025 1.4 ©			
Algemene gegevens					
Naam van het project : 2500405E Wijk bij Duurstede, Gemaal Projectonderdeel : HDD01					
Materiaalgegevens					
Materiaalsoort:	PE				
Kwaliteit:	PE 100 SDR 11				
Gegarandeerde minimale treksterkte	MRS = 10		N/mm ²		
Materiaalfactor	γ_M = 1,25		-		
Toelaatbare lange duur zuivere trekspanning	$\bar{\sigma}_t$ = 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 = 400,00		mm		
Wanddikte	d _n = 36,4		mm		
Procesgegevens					
Soort leiding (Vloeistof / Gas / Drukloos)		= Drukloos			
Uitvoeringsaspecten, tracé boring, in- en uittredehoeken					
Totale lengte	L = 313,26		m		
Totale horizontale lengte	L _{hor} = 309,50		m		
Straal maaiveld/rollenbaan	R _r = 100,00		m		
Intredehoek (bij boorstelling)	α_1 = 16,00 / 28,67		° / %		
Uittredehoek (bij rollenbaan)	α_2 = 16,00 / 28,67		° / %		
Belastinghoek	α = 180		°		
Ondersteuningshoek	β = 120		°		
Horizontale steundrukhoek	γ = 120		°		
MV intrede t.o.v. NAP	MV _{in} = 6,05		m		
MV uittrede t.o.v. NAP	MV _{uit} = 5,25		m		
Beschrijving	Lengte langs buis [m]	Horizontale lengte [m]	Cummulatieve lengte langs buis [m]	Cummulatieve horizontale lengte [m]	Verticale straal [m]
Intrede-Tv1	26,72	25,68	26,72	25,68	-
Tv1-Tv2	69,81	68,91	96,53	94,59	250,00
Tv2-Tv3	123,11	123,11	219,64	217,70	-
Tv3-Tv4	69,81	68,91	289,45	286,61	250,00
Tv4-Uittrede	23,81	22,89	313,26	309,50	-

Sterkteberekening van een horizontaal gestuurde boring conform NEN 3650/3651:2020				Sigma 2025 1.4 ©			
Uitvoeringsaspecten							
Diameter boorstang	D_b	=	169	mm			
<i>Tijdens pilot</i>							
Diameter boorkop/boorgat	D_p	=	300	mm			
Soortelijk gewicht boorvloeistof	$\rho_{m,p}$	=	12	kN/m ³			
Zwichtspanning boorvloeistof	$\tau_{y,p}$	=	13,4	Pa			
Plastische viscositeit boorvloeistof	η_p	=	0,009	Pa·s			
Debiet boorvloeistof	$Q_{m,p}$	=	500	l/min			
<i>Tijdens ruimgang</i>							
Boorstangen koppelen tijden ruimen							
Diameter ruimer/boorgat	$D_{g,r}$	=	520	mm			
Soortelijk gewicht boorvloeistof	$\rho_{m,r}$	=	12	kN/m ³			
Zwichtspanning boorvloeistof	$\tau_{y,r}$	=	13,4	Pa			
Plastische viscositeit boorvloeistof	η_r	=	0,009	Pa·s			
Debiet boorvloeistof	$Q_{m,r}$	=	800	l/min			
<i>Tijdens intrekken</i>							
Soortelijk gewicht boorvloeistof	$\rho_{m,i}$	=	12	kN/m ³			
Zwichtspanning boorvloeistof	$\tau_{y,i}$	=	13,4	Pa			
Plastische viscositeit boorvloeistof	η_i	=	0,009	Pa·s			
Debiet boorvloeistof	$Q_{m,i}$	=	600	l/min			
Leiding wordt niet verzwaard t.p.v. rollenbaan							
Leiding wordt niet verzwaard t.p.v. boorgang							
Onzekerheids- en wrijvingsfactoren							
Totaalfactor bij normale boring	f	=	1,4				
Belastingfactor, bovengronds	$f_{k,b}$	=	1,1				
Belastingfactor, ondergronds	$f_{k,o}$	=	1,4				
Onzekerheidsfactor straal, ondergronds	$f_{r,o}$	=	0,9				
Wrijvingscoëff. met rollenbaan	f_1	=	0,1				
Wrijving tussen leiding/boorvloeistof	f_2	=	0,00005	N/mm ²			
Wrijving tussen leiding/boorgangwand	f_3	=	0,2				
Partiële factor grondbelasting	γ	=	1,1				
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 [°]
Tv1	26,72	7,49	3,19	Zand	14,52	20,75	35,00
X1	61,54	14,66	3,12	Zand	14,45	20,47	32,50
X2	86,87	17,22	3,42	Zand	14,76	20,43	30,00
Tv2	96,53	17,65	3,67	Zand	14,98	20,42	35,00
X3	152,23	17,94	3,95	Zand	15,20	20,42	35,00
X4	191,89	17,89	3,90	Zand	17,96	19,94	35,00
Tv3	219,64	18,86	4,87	Zand	17,97	19,94	35,00
X5	231,60	19,85	6,15	Zand	17,98	19,95	30,00
X6	234,50	20,59	7,04	Zand	17,98	19,96	32,50
X7	244,13	20,09	7,30	Zand	17,98	19,93	35,00
X8	248,72	17,65	5,35	Zand	17,97	19,92	32,50
X9	262,48	13,37	3,05	Zand	17,95	19,89	35,00
X10	284,88	7,60	2,08	Klei	17,81	19,80	17,50
Tv4	289,45	6,37	2,07	Zand	17,81	20,29	35,00
					05-01-2026 15:28:13		

Locatie	Hor. steundruk	Effectieve cohesie [kN/m ²]	E-modulus ondergrond [MN/m ²]	Verkeersbelasting	Sondering
Tv1	✓	0,00	75,00	Grafiek II	CPT219513
X1	✓	0,00	45,00	Grafiek II	CPT219513
X2	✓	0,00	15,00	Grafiek II	CPT219513
Tv2	✓	0,00	75,00	Grafiek II	CPT219513
X3	✓	0,00	75,00	Grafiek ½ x II	CPT219513
X4	✓	0,00	75,00	Grafiek ½ x II	CPT219515
Tv3	✓	0,00	75,00	Grafiek ½ x II	CPT219515
X5	✓	0,00	15,00	Grafiek ½ x II	CPT219515
X6	✓	0,00	45,00	Grafiek II	CPT219515
X7	✓	0,00	75,00	Grafiek II	CPT219515
X8	✓	0,00	45,00	Grafiek ½ x II	CPT219515
X9	✓	0,00	75,00	Grafiek ½ x II	CPT219515
X10	✓	5,00	2,00	Grafiek ½ x II	CPT219515
Tv4	✓	0,00	75,00	Grafiek ½ x II	CPT219515



* Niet op schaal

2. Eigenschappen van de leiding				
Inwendige middellijn	$D_i = D_e - 2 \cdot d_n$	= 327,20	mm	
Gemiddelde middellijn	$D_g = (D_e + D_i)/2$	= 363,60	mm	
Uitwendige middellijn+bekleding	$D_o = D_e + 2 \cdot e$	= 400,00	mm	
Uitwendige straal	$r_e = D_e / 2$	= 200,00	mm	
Inwendige straal	$r_i = D_i / 2$	= 163,60	mm	
Gemiddelde straal	$r_g = (r_e + r_i) / 2$	= 181,80	mm	
Traagheidsmoment buis	$I_b = (D_e^4 - D_i^4) \cdot \pi/64$	= 694.006.811,09	mm ⁴	
Weerstandsmoment buis	$W_b = I_b / r_e$	= 3.470.034,06	mm ³	
Wandtraagheidsmoment	$I_w = d_n^3 / 12$	= 4.019,05	mm ⁴ /mm ¹	
Wandweerstandsmoment	$W_w = d_n^2 / 6$	= 220,83	mm ³ /mm ¹	
Oppervlakte leiding	$A = \pi \cdot (D_e^2 - D_i^2) / 4$	= 41.579,10	mm ²	
Gewicht leiding	$g = \rho_L \cdot A$	= 0,3971	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	= 0,3971 N/mm ¹	g	= 0,3971 N/mm ¹
Gewicht vulling	g _{vul}	= N.v.t. +	g _{vul}	= N.v.t. +
Totaal gewicht	g _{rol}	= 0,3971 N/mm ¹	g _{gat}	= 0,3971 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] (f = 1,4)	T ₁ [N] (f = 1)	
Starten met trekken	313,26	17.415	12.439	
Na intrekken van Tv4-Uittrede	289,45	16.091	11.494	
Na intrekken van Tv3-Tv4	219,64	12.210	8.721	
Na intrekken van Tv2-Tv3	96,53	5.366	3.833	
Na intrekken van Tv1-Tv2	26,72	1.485	1.061	
$T_1 = f \cdot L \cdot g_{rol} \cdot f_1 = f \cdot L \cdot 0,3971 \cdot 0,1$				

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] (f = 1,4)	σ _t [N/mm ²]		
Starten met trekken	17.415	0,42		
Na intrekken van Tv4-Uittrede	16.091	0,39		
Na intrekken van Tv3-Tv4	12.210	0,29		
Na intrekken van Tv2-Tv3	5.366	0,13		
Na intrekken van Tv1-Tv2	1.485	0,04		

$\sigma_t = \frac{T_1}{A} = \frac{T_1}{41.579,10}$				
05-01-2026 15:28:14				

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

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

$$M_b = 1,1 \cdot 975 \cdot \frac{694.006.811}{100.000} = 7.443.223,05 \text{ Nmm}$$

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

$$\sigma_b = \frac{7.443.223,05}{3.470.034} = 2,15 \text{ N/mm}^2$$

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	0,42	1,81
Na intrekken van Tv4-Uittrede	0,39	1,78
Na intrekken van Tv3-Tv4	0,29	1,69
Na intrekken van Tv2-Tv3	0,13	1,52
Na intrekken van Tv1-Tv2	0,04	1,43

$$\sigma_a = \alpha_\sigma \cdot \sigma_b + \sigma_t = 0,65 \cdot 2,15 + \sigma_t$$

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

$$\sigma_a \leq \sigma_{kd} \rightarrow 1,81 \leq 10,00 \rightarrow \text{Voldoet}$$

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

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

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

Hieruit volgt: $D_{e,omtrek} = 1.256,64 \text{ mm}^1$

Gewicht van de leiding (+vulling) in het boorgat $g_{gat} = 0,397 \text{ N/mm}^1$

Gelet op het gewicht van de boorvloeistof: $g_{opw} = \rho_{m,i} \cdot D_e^2 \cdot \pi/4 = 12 \cdot 400,00^2 \cdot \pi/4 = 1,508 \text{ N/mm}^1$

Gelet hierop is $g_{eff} = |g_{gat} - g_{opw}| = 1,111 \text{ N/mm}^1$

Trekkracht T_2 en T_{3a} tijdens verschillende stadia [N]	L_2 / L_b [m]	T_2 [N] ($f = 1,4$)	T_{3a} [N] ($f = 1,4$)	T_2 [N] ($f = 1$)	T_{3a} [N] ($f = 1$)
Na intrekken van Tv4-Uittrede	313,26	9.501	-	6.787	-
Na intrekken van Tv3-Tv4	289,45	-	37.358	-	26.684
Na intrekken van Tv2-Tv3	219,64	86.479	-	61.771	-
Na intrekken van Tv1-Tv2	96,53	-	114.336	-	81.668
Na intrekken van Intrede-Tv1	26,72	124.996	-	89.283	-

Rechte delen: $T_2 = f \cdot L_2 \cdot (D_{e,omtr} \cdot f_2 + g_{eff} \cdot f_3) = f \cdot L_2 \cdot (1.256,64 \cdot 0,00005 + 1,111 \cdot 0,2)$

Gebogen delen: $T_{3a} = f \cdot L_b \cdot (D_{e,omtr} \cdot f_2 + g_{eff} \cdot f_3) = f \cdot L_b \cdot (1.256,64 \cdot 0,00005 + 1,111 \cdot 0,2)$

5.2 Berekening van de stijfheidsverhouding grond/leiding λ en beddingsconstanten in de bochten k_v

Leidingdeel (Doorsnede)	E_{100} [N/mm ²]	q_n [kN/m ²]	$E_{100,norm}$ [N/mm ²]	ν [-]	I [mm]	m [-]	λ [mm ⁻¹]	k_v [N/mm ³]
Tv3-Tv4 ..	75,00	263,17	121,67	0,2989	1.532,6	0,86	0,00205	0,11948
Tv3-Tv4 ..	15,00	285,35	25,34	0,3333	2.363,4	0,80	0,00133	0,02113
Tv3-Tv4 ..	45,00	301,25	78,10	0,3163	1.757,5	0,84	0,00179	0,06909
Tv3-Tv4 ..	75,00	296,90	129,23	0,2989	1.532,6	0,86	0,00205	0,11948
Tv3-Tv4 ..	45,00	252,22	71,47	0,3163	1.757,5	0,84	0,00179	0,06909
Tv3-Tv4 ..	75,00	182,83	101,41	0,2989	1.532,6	0,86	0,00205	0,11948
Tv3-Tv4 ..	2,00	105,79	2,09	0,4115	3.992,6	0,72	0,00079	0,00259
Tv3-Tv4 ..	75,00	93,47	72,51	0,2989	1.532,6	0,86	0,00205	0,11948
Tv1-Tv2 ..	75,00	106,13	77,27	0,2989	1.532,6	0,86	0,00205	0,11948
Tv1-Tv2 ..	45,00	194,09	62,69	0,3163	1.757,5	0,84	0,00179	0,06909
Tv1-Tv2 ..	15,00	227,73	22,64	0,3333	2.363,4	0,80	0,00133	0,02113
Tv1-Tv2 ..	75,00	234,71	114,90	0,2989	1.532,6	0,86	0,00205	0,11948

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

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

$$I = \frac{\pi}{\lambda} \quad A = I \cdot b \quad b = \beta \cdot r_e = 120^\circ \cdot 200 = 418,88 \text{ mm}$$

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

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

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

Leidingdeel (Doorsnede)	R_v [m]	q_r [N/mm ²]	Q_r [N/mm ¹]	T_{3b} [N] ($f = 1,4$)	T_{3b} [N] ($f = 1$)
Tv3-Tv4 (Tv3)	250,00	0,010	4,07	3.497	2.498
Tv3-Tv4 (X5)	250,00	0,0043	1,71	2.267	1.620
Tv3-Tv4 (X6)	250,00	0,0077	3,10	3.049	2.178
Tv3-Tv4 (X7)	250,00	0,010	4,07	3.497	2.498
Tv3-Tv4 (X8)	250,00	0,0077	3,10	3.049	2.178
Tv3-Tv4 (X9)	250,00	0,010	4,07	3.497	2.498
Tv3-Tv4 (X10)	250,00	0,0015	0,60	1.342	959
Tv3-Tv4 (Tv4)	250,00	0,010	4,07	3.497	2.498
Tv1-Tv2 (Tv1)	250,00	0,010	4,07	3.497	2.498
Tv1-Tv2 (X1)	250,00	0,0077	3,10	3.049	2.178
Tv1-Tv2 (X2)	250,00	0,0043	1,71	2.267	1.620
Tv1-Tv2 (Tv2)	250,00	0,010	4,07	3.497	2.498

$$q_r = e^{(-\pi/4)} \cdot \sin(\pi/4) \cdot \frac{\lambda^2 \cdot E \cdot I_b}{D_o \cdot f_{r,0} \cdot R} = 0,322 \cdot \frac{\lambda^2 \cdot 975 \cdot 694.006.811,09}{400 \cdot 0,9 \cdot R}$$

$$Q_r = q_r \cdot D_o = q_r \cdot 400$$

$$T_{3b} = f \cdot 4 \cdot \frac{Q_r}{2} \cdot D_o \cdot \frac{\pi}{\lambda} \cdot f_3 = f \cdot 4 \cdot \frac{Q_r}{2} \cdot 400 \cdot \frac{\pi}{\lambda} \cdot 0,2$$

5.4 Trekkracht T_{bocht} tijdens verschillende stadia

Trekkracht T_{bocht} tijdens verschillende stadia [N]	T_1 [N] ($f = 1$)	T_2 / T_{3a} [N] ($f = 1$)	$T_{3b,max}$ [N] ($f = 1$)	ΣT_{3b} [N] ($f = 1$)	T_{bocht} [N]
Tv3-Tv4	8.721	26.684	2.498	2.498	37.903
Tv1-Tv2	1.061	81.668	2.498	4.995	87.724

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

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

Trekkracht T_{3c} tijdens verschillende stadia [N]	α [°]	T_{bocht} [N]	T_{3c} [N] ($f = 1,4$)	T_{3c} [N] ($f = 1$)
Tv3-Tv4	8,00	37.903	2.954	2.110
Tv1-Tv2	8,00	87.724	6.837	4.884

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

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

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

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

5.6 Totalisatie van de trekkrachten in fase II

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

Trekkracht T_{tot} tijdens verschillende stadia [N]	T_1 [N]	T_2 [N]	T_{3a} [N]	ΣT_{3b} [N]	ΣT_{3c} [N]	T_{tot} [N]	T_{tot} [ton]
Na intrekken van Tv4-Uittrede	16.091	9.501	-	-	-	25.592	2,56
Na intrekken van Tv3-Tv4	12.210	-	37.358	3.497	2.954	56.018	5,60
Na intrekken van Tv2-Tv3	5.366	86.479	-	3.497	2.954	98.296	9,83
Na intrekken van Tv1-Tv2	1.485	-	114.336	6.993	9.791	132.605	13,26
Na intrekken van Intrede-Tv1	0	124.996	-	6.993	9.791	141.780	14,18

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

5.7 Karakteristieke waarden van de benodigde trekkrachten in fase II

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

Trekkracht T_{tot} tijdens verschillende stadia [N]	T_1 [N]	T_2 [N]	T_{3a} [N]	ΣT_{3b} [N]	ΣT_{3c} [N]	T_{tot} [N]	T_{tot} [ton]
Na intrekken van Tv4-Uittrede	11.494	6.787	-	-	-	18.280	1,83
Na intrekken van Tv3-Tv4	8.721	-	26.684	2.498	2.110	40.013	4,00
Na intrekken van Tv2-Tv3	3.833	61.771	-	2.498	2.110	70.212	7,02
Na intrekken van Tv1-Tv2	1.061	-	81.668	4.995	6.994	94.718	9,47
Na intrekken van Intrede-Tv1	0	89.283	-	4.995	6.994	101.272	10,13

De maximale karakteristieke waarde voor de benodigde trekkracht bedraagt **101.272 N ($\approx 10,13$ ton)**.

Volgens de richtlijnen van de Drilling Contractors Association (DCA-Europe) wordt een boormachine geadviseerd met een trekkracht van minimaal 2 tot 3 keer deze maximale waarde. De aannemers moet bij zijn keuze van de boormachine uiteraard ook uitgaan van o.a. zijn ervaringen met HDD's én zijn kennis van het gebied.

5.8 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 Tv4-Uittrede	25.592	0,62
Na intrekken van Tv3-Tv4	56.018	1,35
Na intrekken van Tv2-Tv3	98.296	2,36
Na intrekken van Tv1-Tv2	132.605	3,19
Na intrekken van Intrede-Tv1	141.780	3,41

$$\sigma_t = \frac{T_{tot}}{A} = \frac{T_{tot}}{41.579,10}$$

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

Trekkracht T_{3c} tijdens verschillende stadia [N]	R [m]	M_b [Nmm]	σ_b [N/mm ²]
Tv3-Tv4	250,00	4.210.307,99	1,21
Tv1-Tv2	250,00	4.210.307,99	1,21

$$M_b = f_{k,o} \cdot E \cdot \frac{I_b}{f_{r,o} \cdot R} = 1,4 \cdot 975 \cdot \frac{694.006.811,09}{0,9 \cdot R}$$

$$\sigma_b = \frac{M_b}{W_b} = \frac{M_b}{3.470.034,06}$$

5.10 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 Tv4-Uittrede	25.592	0,62	-	0,62
Na intrekken van Tv3-Tv4	56.018	1,35	1,21	2,14
Na intrekken van Tv2-Tv3	98.296	2,36	-	2,36
Na intrekken van Tv1-Tv2	132.605	3,19	1,21	3,98
Na intrekken van Intrede-Tv1	141.780	3,41	-	3,41

$$\text{Rechte delen: } \sigma_a = \frac{T_{tot}}{A} = \frac{T_{tot}}{41.579,10} = \sigma_t$$

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

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

$$\sigma_a \leq \sigma_{kd} \rightarrow 3,98 \leq 10,00 \rightarrow \text{Voldoet}$$

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]
Tv1	7,49	3,19	Zand	50,94	55,19	106,13	42,45
X1	14,66	3,12	Zand	49,61	144,48	194,09	77,64
X2	17,22	3,42	Zand	55,59	172,14	227,73	91,09
Tv2	17,65	3,67	Zand	60,40	174,32	234,71	93,89
X3	17,94	3,95	Zand	66,12	174,32	240,43	96,17
X4	17,89	3,90	Zand	77,07	166,93	244,00	97,60
Tv3	18,86	4,87	Zand	96,24	166,93	263,17	105,27
X5	19,85	6,15	Zand	121,69	163,67	285,35	114,14
X6	20,59	7,04	Zand	139,29	161,96	301,25	120,50
X7	20,09	7,30	Zand	144,42	152,48	296,90	118,76
X8	17,65	5,35	Zand	105,72	146,49	252,22	100,89
X9	13,37	3,05	Zand	60,18	122,66	182,83	73,13
X10	7,60	2,08	Klei	40,71	65,07	105,79	42,31
Tv4	6,37	2,07	Zand	40,46	53,01	93,47	37,39

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

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

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

$$Q_n = q_n \cdot D_o = (1,1 \cdot \gamma_d \cdot H_d + 1,1 \cdot \gamma_n \cdot H_n - \gamma_w \cdot H_w) \cdot 400$$

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]
Tv1	7,49	Grafiek II	2,44	0,98
X1	14,66	Grafiek II	0,95	0,38
X2	17,22	Grafiek II	0,74	0,29
Tv2	17,65	Grafiek II	0,71	0,28
X3	17,94	Grafiek ½ x II	0,34	0,14
X4	17,89	Grafiek ½ x II	0,35	0,14
Tv3	18,86	Grafiek ½ x II	0,32	0,13
X5	19,85	Grafiek ½ x II	0,29	0,12
X6	20,59	Grafiek II	0,54	0,22
X7	20,09	Grafiek II	0,57	0,23
X8	17,65	Grafiek ½ x II	0,35	0,14
X9	13,37	Grafiek ½ x II	0,55	0,22
X10	7,60	Grafiek ½ x II	1,20	0,48
Tv4	6,37	Grafiek ½ x II	1,49	0,60

$$Q_v = q_v \cdot D_o = q_v \cdot 400$$

7. 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]
Tv1	✓	42,45	0,98	43,43	672,63 ⁽¹⁾	3,05
X1	✓	77,64	0,38	78,02	1.144,59 ⁽¹⁾	5,18
X2	✓	91,09	0,29	91,39	1.263,97 ⁽¹⁾	5,72
Tv2	✓	93,89	0,28	94,17	1.458,46 ⁽¹⁾	6,60
X3	✓	96,17	0,14	96,31	1.491,63 ⁽¹⁾	6,75
X4	✓	97,60	0,14	97,74	1.513,73 ⁽¹⁾	6,85
Tv3	✓	105,27	0,13	105,39	1.632,30 ⁽¹⁾	7,39
X5	✓	114,14	0,12	114,26	1.580,32 ⁽¹⁾	7,16
X6	✓	120,50	0,22	120,72	1.771,04 ⁽¹⁾	8,02
X7	✓	118,76	0,23	118,99	1.842,85 ⁽¹⁾	8,35
X8	✓	100,89	0,14	101,03	1.482,19 ⁽¹⁾	6,71
X9	✓	73,13	0,22	73,35	1.136,08 ⁽¹⁾	5,14
X10	✓	42,31	0,48	42,79	399,88 ⁽¹⁾	1,81
Tv4	✓	37,39	0,60	37,99	588,31 ⁽¹⁾	2,66

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

$$M_q = 0,138 \cdot (Q_n + Q_v) \cdot 181,80 - 0,143 \cdot (1 - \sin \varphi) \cdot \sin(1/2 \cdot 120) \cdot (Q_n + Q_v) \cdot 181,80$$

$$\sigma_q = f_r \cdot \frac{M_q}{W_w} = 1,00 \cdot \frac{M_q}{220,83}$$

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

Locatie	R [m]	q_r [N/mm ²]	σ_{qr} [N/mm ²]
Tv1	250,00	0,010	0,31
X1	250,00	0,0077	0,23
X2	250,00	0,0043	0,13
Tv2	250,00	0,010	0,31
Tv3	250,00	0,010	0,31
X5	250,00	0,0043	0,13
X6	250,00	0,0077	0,23
X7	250,00	0,010	0,31
X8	250,00	0,0077	0,23
X9	250,00	0,010	0,31
X10	250,00	0,0015	0,045
Tv4	250,00	0,010	0,31

$$\sigma_{qr} = K_{b,ind} \cdot q_r \cdot D_o \cdot \frac{r_u}{W_w} = 0,083 \cdot q_r \cdot 400 \cdot \frac{200,00}{220,83}$$

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

Leiding is drukloos

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

10. Toetsing op minimale ringstijfheid S_N

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

$$S_N = 975 \cdot \frac{4.019,05}{363,6^3} = 0,0815 \text{ N/mm}^2 = \mathbf{81,52 \text{ kN/m}^2}$$

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

11. Toetsing op implosie (bedrijfsfase): berekening van de alzijdige overdruk

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

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

$$p_{o,lang} = \frac{1}{3 \cdot (1 - 0,4^2)} \cdot \frac{24 \cdot 350,00 \cdot 4.019,05}{363,60^3} = 0,28 \text{ N/mm}^2$$

Conclusie: Kans op implosie bij **27,87** m grondwater boven de leiding

Locatie	Dekking t.o.v. maaiveld H [m]	G.W.S. t.o.v. maaiveld GWS [m]	Grondwater boven de leiding H _n [m]
Tv1	7,49	3,19	4,30
X1	14,66	3,12	11,54
X2	17,22	3,42	13,80
Tv2	17,65	3,67	13,99
X3	17,94	3,95	13,99
X4	17,89	3,90	13,99
Tv3	18,86	4,87	13,99
X5	19,85	6,15	13,70
X6	20,59	7,04	13,55
X7	20,09	7,30	12,79
X8	17,65	5,35	12,30
X9	13,37	3,05	10,33
X10	7,60	2,08	5,52
Tv4	6,37	2,07	4,30

$H_n < p_{o,lang} \rightarrow 13,99 < 27,87 \rightarrow \text{Voldoet}$

12. Berekening van het totaal aan optredende spanningen*12.1 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]
Tv1	3,05	0,31	0,65	2,18
X1	5,18	0,23	0,65	3,52
X2	5,72	0,13	0,65	3,80
Tv2	6,60	0,31	0,65	4,49
X3	6,75	-	0,65	4,39
X4	6,85	-	0,65	4,46
Tv3	7,39	0,31	0,65	5,00
X5	7,16	0,13	0,65	4,74
X6	8,02	0,23	0,65	5,36
X7	8,35	0,31	0,65	5,62
X8	6,71	0,23	0,65	4,51
X9	5,14	0,31	0,65	3,54
X10	1,81	0,045	0,65	1,21
Tv4	2,66	0,31	0,65	1,93

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

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

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

$\sigma_{y2} \leq \sigma_{ld} \rightarrow 5,62 \leq 8,00 \rightarrow \text{Voldoet}$

12.2 Optredende spanningen in langsrichting van de leiding

Locatie	$\sigma_{pl} [\text{N/mm}^2]$	$\sigma_{ax} [\text{N/mm}^2]$	$\sigma_b [\text{N/mm}^2]$	$\alpha_{\sigma} [-]$	$\sigma_x [\text{N/mm}^2]$
Tv1	0,00	0,00	1,21	0,65	0,79
X1	0,00	0,00	1,21	0,65	0,79
X2	0,00	0,00	1,21	0,65	0,79
Tv2	0,00	0,00	1,21	0,65	0,79
X3	0,00	0,00	-	-	0,00
X4	0,00	0,00	-	-	0,00
Tv3	0,00	0,00	1,21	0,65	0,79
X5	0,00	0,00	1,21	0,65	0,79
X6	0,00	0,00	1,21	0,65	0,79
X7	0,00	0,00	1,21	0,65	0,79
X8	0,00	0,00	1,21	0,65	0,79
X9	0,00	0,00	1,21	0,65	0,79
X10	0,00	0,00	1,21	0,65	0,79
Tv4	0,00	0,00	1,21	0,65	0,79

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

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

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

$\sigma_x \leq \sigma_{ld} \rightarrow 0,79 \leq 8,00 \rightarrow \text{Voldoet}$

13. Berekening van de optredende en toelaatbare deflectie

Locatie	$Q_n [\text{N/mm}^1]$	$Q_v [\text{N/mm}^1]$	$Q_r [\text{N/mm}^1]$	$\delta_Y [\text{mm}]$	$\delta_Y/D_g [\%]$
Tv1	42,45	0,98	4,07	8,90	2,45
X1	77,64	0,38	3,10	14,98	4,12
X2	91,09	0,29	1,71	16,17	4,45
Tv2	93,89	0,28	4,07	19,48	5,36
X3	96,17	0,14	-	19,93	5,48
X4	97,60	0,14	-	20,23	5,56
Tv3	105,27	0,13	4,07	21,82	6,00
X5	114,14	0,12	1,71	20,25	5,57
X6	120,50	0,22	3,10	23,21	6,38
X7	118,76	0,23	4,07	24,62	6,77
X8	100,89	0,14	3,10	19,43	5,34
X9	73,13	0,22	4,07	15,17	4,17
X10	42,31	0,48	0,60	4,10	1,13
Tv4	37,39	0,60	4,07	7,81	2,15

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

$$\delta_Y = \frac{(0,089 \cdot (Q_n + \frac{1}{2} \cdot Q_v) - 0,095 \cdot (1 - \sin \varphi) \cdot (Q_n + \frac{1}{2} \cdot Q_v) + 0,048 \cdot Q_r) \cdot 181,80^3}{350 \cdot 4.019,05}$$

Toelaatbare deflectie: $\delta_{Y,max} = 8,00\% \cdot D_g = 0,08 \cdot 363,60 = \mathbf{29,09 \text{ mm}}$

$\delta_Y \leq \delta_{Y,max} \rightarrow 24,62 \leq 29,09 \rightarrow \text{Voldoet}$

14. 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]	$E_{100,\text{norm}}$ [MN/m ²]
Tv1	7,49	80,24	34,22	57,23	90,06	77,27
X1	14,66	140,37	64,95	102,66	157,82	62,69
X2	17,22	164,25	82,13	123,19	184,78	22,64
Tv2	17,65	169,70	72,37	121,03	190,46	114,90
X3	17,94	174,43	74,38	124,40	195,76	116,29
X4	17,89	177,38	75,64	126,51	199,07	117,15
Tv3	18,86	193,22	82,39	137,80	216,85	121,67
X5	19,85	212,05	106,02	159,04	238,56	25,34
X6	20,59	225,46	104,32	164,89	253,48	78,10
X7	20,09	223,18	95,17	159,17	250,47	129,23
X8	17,65	187,10	86,57	136,84	210,36	71,47
X9	13,37	133,18	56,79	94,99	149,47	101,41
X10	7,60	77,84	54,43	66,14	90,79	2,09
Tv4	6,37	69,78	29,76	49,77	78,31	72,51

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

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

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

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

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

Locatie	G [MN/m ²]	Q [-]	u [N/mm ²]	v [-]	p_{lim} [N/mm ²]	90% p_{lim} [bar] 1
Tv1	29,74	0,0011	0,0430	0,2989	1,12	10,08
X1	23,81	0,0023	0,1154	0,3163	1,43	12,88
X2	8,49	0,0073	0,1380	0,3333	1,09	9,83
Tv2	44,23	0,0016	0,1399	0,2989	2,14	19,30
X3	44,76	0,0016	0,1399	0,2989	2,19	19,70
X4	45,10	0,0016	0,1399	0,2989	2,22	19,94
Tv3	46,83	0,0017	0,1399	0,2989	2,36	21,26
X5	9,50	0,0084	0,1370	0,3333	1,31	11,81
X6	29,67	0,0030	0,1355	0,3163	2,07	18,62
X7	49,74	0,0018	0,1279	0,2989	2,62	23,56
X8	27,15	0,0027	0,1230	0,3163	1,78	16,05
X9	39,04	0,0014	0,1033	0,2989	1,74	15,70
X10	0,74	0,033	0,0552	0,4115	0,27	2,46
Tv4	27,91	0,0010	0,0430	0,2989	1,01	9,06

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

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

$$u = \gamma_w \cdot H_n$$

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

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

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

14.1 Tijdens pilot

Locatie	$R_{p, \text{max}}$ [m]	$R_{p, \text{min}}$ [m]	Δh_{in} [m]	p_{max} [N/mm ²]	p_{max} [bar] 2	p_{min} [N/mm ²]	p_{min} [bar] 3
Tv1	1,43	0,06	7,36	0,49	4,93	0,09	0,91
X1	0,99	0,04	14,60	0,68	6,85	0,18	1,82
X2	0,56	0,04	16,86	0,57	5,67	0,21	2,11
Tv2	1,20	0,04	17,05	0,98	9,76	0,21	2,15
X3	1,19	0,04	17,05	0,99	9,95	0,22	2,20
X4	1,18	0,05	17,05	1,01	10,06	0,22	2,24
Tv3	1,15	0,04	17,05	1,07	10,67	0,23	2,27
X5	0,52	0,03	16,76	0,67	6,65	0,23	2,25
X6	0,87	0,03	16,61	0,97	9,72	0,22	2,24
X7	1,11	0,04	15,85	1,17	11,67	0,22	2,15
X8	0,91	0,04	15,36	0,84	8,41	0,21	2,10
X9	1,27	0,07	13,39	0,79	7,88	0,19	1,88
X10	3,80	0,15	8,59	0,27	2,71	0,13	1,33
Tv4	1,48	0,14	7,36	0,45	4,45	0,12	1,18

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

$$R_o = \frac{D_p}{2} = \frac{300}{2} = 150 \text{ mm}$$

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

$$v_{m, p} = \frac{Q_{m, p}}{A_p} = \frac{500}{1/4 \cdot \pi \cdot (D_p^2 - D_b^2)} = \frac{500}{1/4 \cdot \pi \cdot (300^2 - 169^2)} = 0,173 \text{ m/s}$$

$$p_{\text{min}} = \left(\frac{14580 \cdot \eta_p \cdot v_{m, p}}{(D_p - D_b)^2} + \frac{\tau_{y, p}}{(D_p - D_b)} \right) \cdot L + p_{m, p} \cdot \Delta h_{\text{in}} = \left(\frac{14580 \cdot 0,009 \cdot 0,173}{(300 - 169)^2} + \frac{13,4}{(300 - 169)} \right) \cdot L + 12 \cdot \Delta h_{\text{in}}$$

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

14.2 Tijdens ruimgang

Locatie	$R_{p,max}$ [m]	$R_{p,min}$ [m]	Δh_{uit} [m]	ρ_{max} [N/mm ²]	p_{max} [bar] 4	p_{min} [N/mm ²]	p_{min} [bar] 5
Tv4	2,57	0,09	6,56	0,45	4,45	0,08 ⁽¹⁾	0,80
X10	3,80	0,06	7,78	0,27	2,67	0,09 ⁽¹⁾	0,94
X9	2,20	0,06	12,59	0,79	7,88	0,15 ⁽¹⁾	1,53
X8	1,58	0,04	14,56	0,84	8,41	0,18 ⁽¹⁾	1,77
X7	1,92	0,03	15,05	1,17	11,67	0,18 ⁽¹⁾	1,83
X6	1,50	0,03	15,81	0,97	9,72	0,19 ⁽¹⁾	1,93
X5	0,90	0,03	15,96	0,67	6,65	0,19 ⁽¹⁾	1,95
Tv3	2,00	0,04	16,25	1,07	10,67	0,20 ⁽¹⁾	1,99
X4	2,05	0,05	16,25	1,01	10,06	0,20 ⁽¹⁾	2,00
X3	2,06	0,05	16,25	0,99	9,95	0,20 ⁽¹⁾	2,01
Tv2	2,08	0,06	16,25	0,98	9,76	0,20 ⁽¹⁾	2,03
X2	0,97	0,05	16,06	0,57	5,67	0,20 ⁽¹⁾	2,01
X1	1,71	0,06	13,80	0,68	6,85	0,18 ⁽¹⁾	1,75
Tv1	2,47	0,11	6,56	0,49	4,93	0,09 ⁽¹⁾	0,90

$$R_o = \frac{D_{g,r}}{2} = \frac{520}{2} = 260 \text{ mm}$$

$$v_{m,r,uit} = \frac{Q_{m,r}}{A_r} = \frac{800}{1/4 \cdot \pi \cdot (D_{g,r}^2 - D_b^2)} = \frac{800}{1/4 \cdot \pi \cdot (520^2 - 169^2)} = 0,070 \text{ m/s}$$

$$v_{m,r,in} = \frac{Q_{m,r}}{A_p} = \frac{800}{1/4 \cdot \pi \cdot (D_p^2 - D_b^2)} = \frac{800}{1/4 \cdot \pi \cdot (300^2 - 169^2)} = 0,276 \text{ m/s}$$

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

$$p_{min,uit} = \left(\frac{14580 \cdot 0,009 \cdot 0,070}{(520 - 169)^2} + \frac{13,4}{(520 - 169)} \right) \cdot (313,26 - L) + 12 \cdot \Delta h_{uit} \quad (1)$$

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

$$p_{min,in} = \left(\frac{14580 \cdot 0,009 \cdot 0,276}{(300 - 169)^2} + \frac{13,4}{(300 - 169)} \right) \cdot L + 12 \cdot \Delta h_{in} \quad (2)$$

14.3 Tijdens intrekken

Locatie	$R_{p,max}$ [m]	$R_{p,min}$ [m]	Δh_{uit} [m]	ρ_{max} [N/mm ²]	p_{max} [bar] 6	p_{min} [N/mm ²]	p_{min} [bar] 7
Tv4	2,57	0,10	6,56	0,45	4,45	0,08 ⁽¹⁾	0,81
X10	3,80	0,07	7,78	0,27	2,67	0,10 ⁽¹⁾	0,97
X9	2,20	0,06	12,59	0,79	7,88	0,16 ⁽¹⁾	1,57
X8	1,58	0,04	14,56	0,84	8,41	0,18 ⁽¹⁾	1,82
X7	1,92	0,04	15,05	1,17	11,67	0,19 ⁽¹⁾	1,88
X6	1,50	0,04	15,81	0,97	9,72	0,20 ⁽¹⁾	1,99
X5	0,90	0,04	15,96	0,67	6,65	0,20 ⁽¹⁾	2,01
Tv3	2,00	0,05	16,25	1,07	10,67	0,21 ⁽¹⁾	2,06
X4	2,05	0,06	16,25	1,01	10,06	0,21 ⁽¹⁾	2,09
X3	2,06	0,06	16,25	0,99	9,95	0,21 ⁽²⁾	2,10
Tv2	2,08	0,06	16,25	0,98	9,76	0,21 ⁽²⁾	2,08
X2	0,97	0,06	16,06	0,57	5,67	0,21 ⁽²⁾	2,06
X1	1,71	0,07	13,80	0,68	6,85	0,18 ⁽²⁾	1,78
Tv1	2,47	0,10	6,56	0,49	4,93	0,09 ⁽²⁾	0,89

$$R_o = \frac{D_{g,r}}{2} = \frac{520}{2} = 260 \text{ mm}$$

$$v_{m,i,uit} = \frac{Q_{m,i}}{A_i} = \frac{600}{1/4 \cdot \pi \cdot (D_{g,r}^2 - D_o^2)} = \frac{600}{1/4 \cdot \pi \cdot (520^2 - 400^2)} = 0,115 \text{ m/s}$$

$$v_{m,i,in} = \frac{Q_{m,i}}{A_i} = \frac{600}{1/4 \cdot \pi \cdot (D_{g,r}^2 - D_b^2)} = \frac{600}{1/4 \cdot \pi \cdot (520^2 - 169^2)} = 0,053 \text{ m/s}$$

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

$$p_{min,uit} = \left(\frac{14580 \cdot 0,009 \cdot 0,115}{(520 - 400)^2} + \frac{13,4}{(520 - 400)} \right) \cdot (313,26 - L) + 12 \cdot \Delta h_{uit} \quad (1)$$

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

$$p_{min,in} = \left(\frac{14580 \cdot 0,009 \cdot 0,053}{(520 - 169)^2} + \frac{13,4}{(520 - 169)} \right) \cdot L + 12 \cdot \Delta h_{in} \quad (2)$$

15. Toetsing op implosie tijdens intrekken leiding(en)

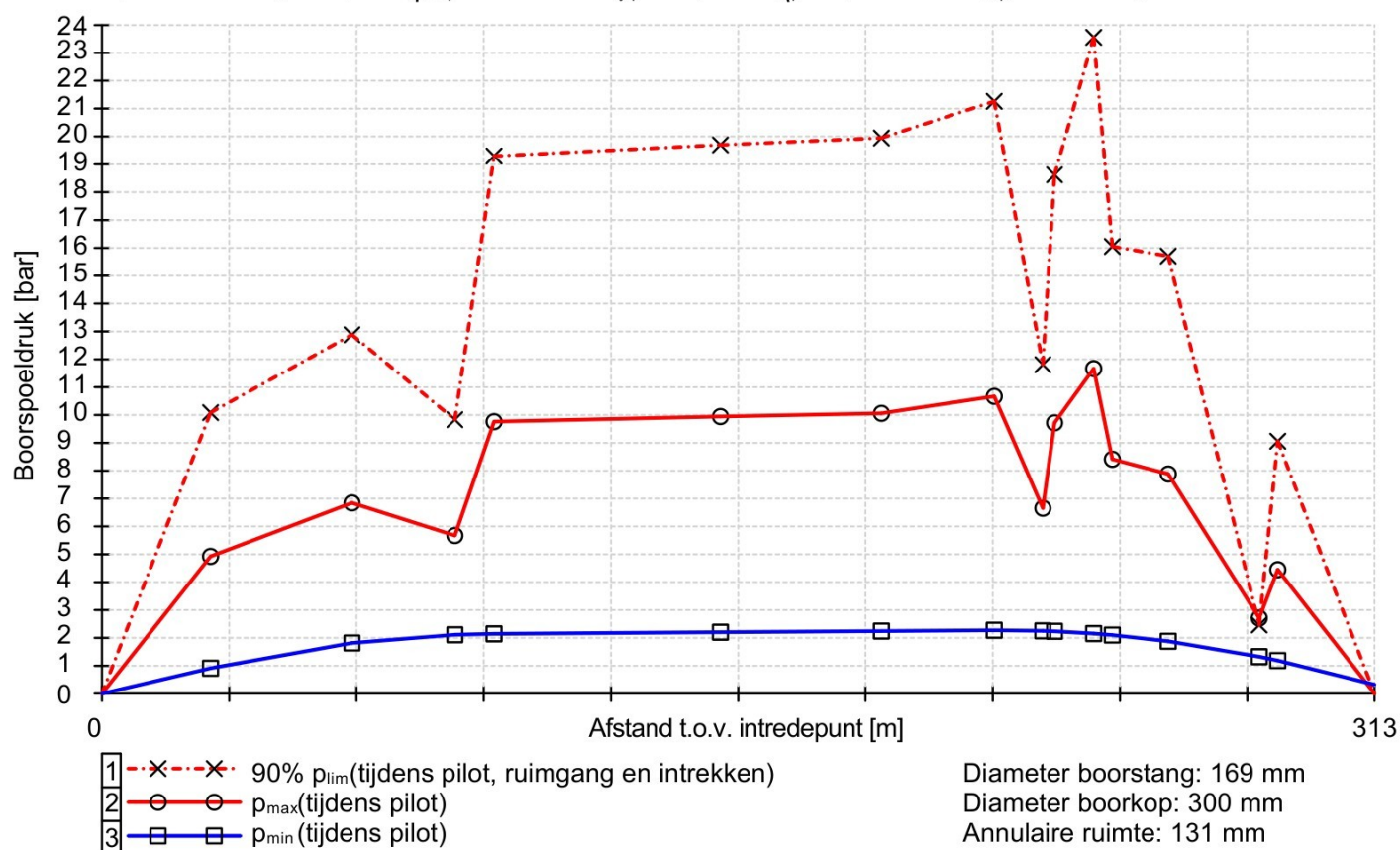
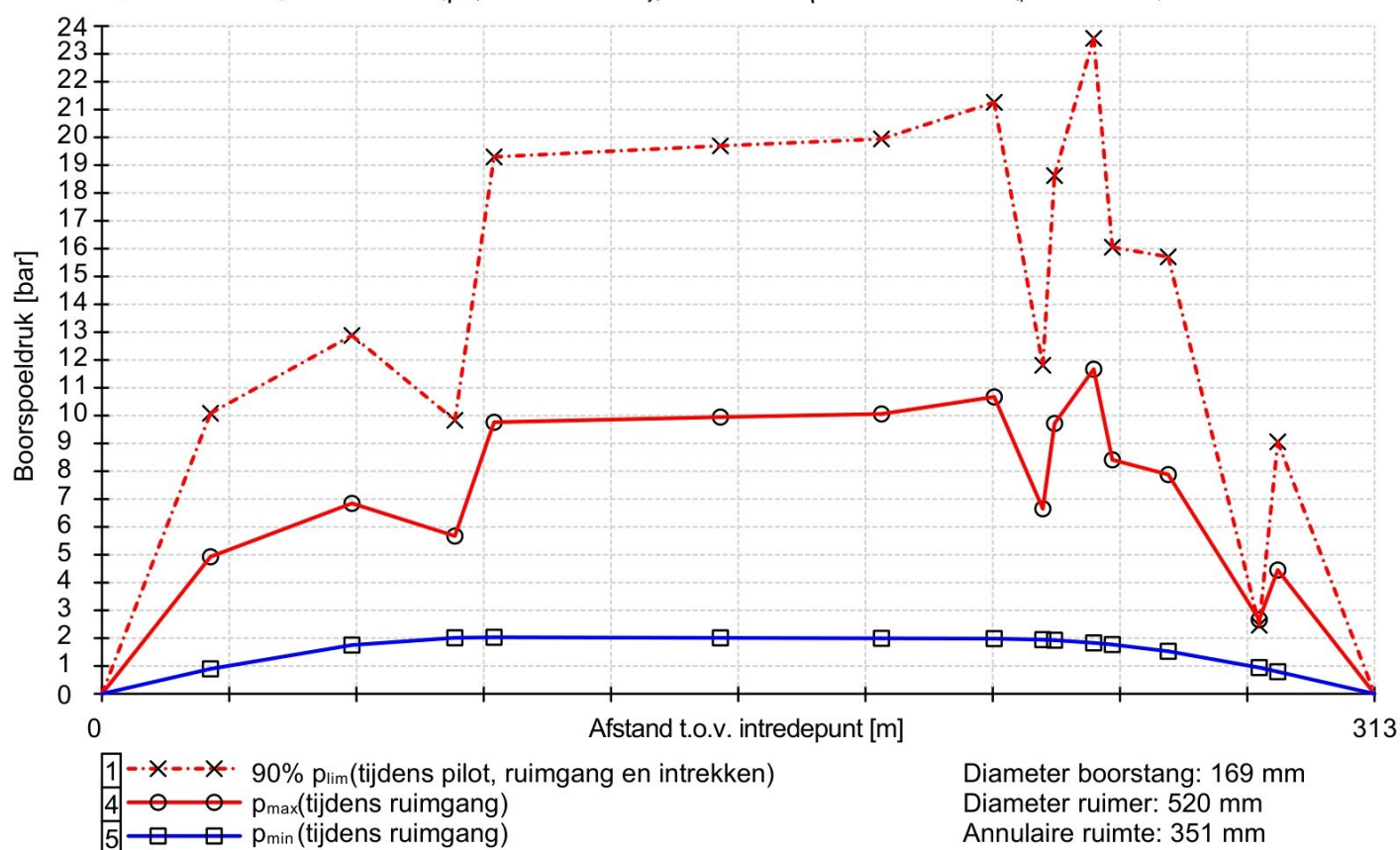
Locatie	p_{min} [N/mm ²]	$p_{o,kort}$ [N/mm ²]
Tv4	0,08	1,55
X10	0,10	1,55
X9	0,16	1,55
X8	0,18	1,55
X7	0,19	1,55
X6	0,20	1,55
X5	0,20	1,55
Tv3	0,21	1,55
X4	0,21	1,55
X3	0,21	1,55
Tv2	0,21	1,55
X2	0,21	1,55
X1	0,18	1,55
Tv1	0,09	1,55

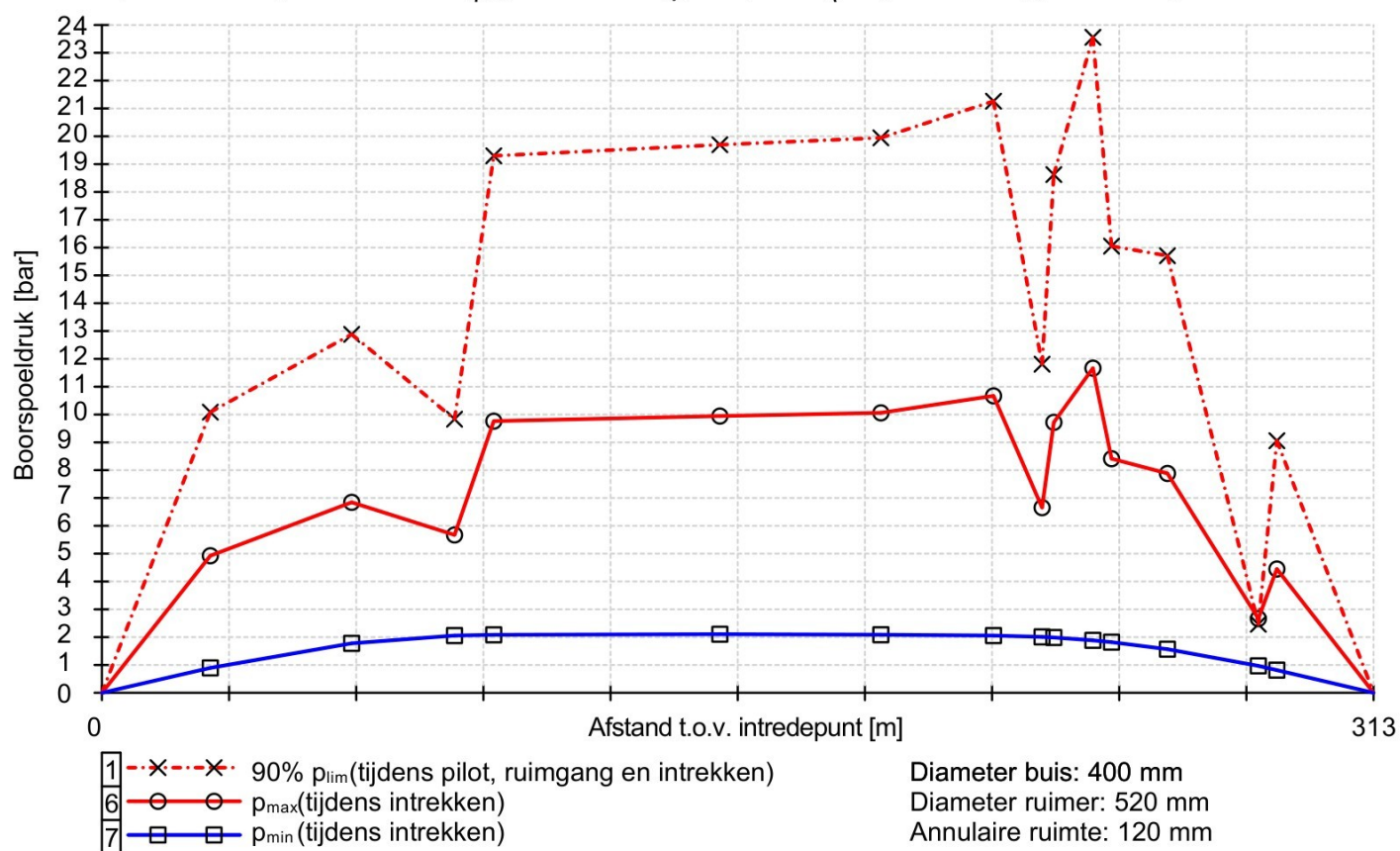
Veiligheidsfactor γ voor kortdurende onderdruk: $\gamma = 1,5$

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

$$p_{o,kort} = \frac{1}{1,5 \cdot (1 - 0,4^2)} \cdot \frac{24 \cdot 975,00 \cdot 4.019,05}{363,60^3} = 1,55 \text{ N/mm}^2$$

$$p_{min} \leq p_{o,kort} \rightarrow 0,21 \leq 1,55 \rightarrow \text{Voldoet}$$

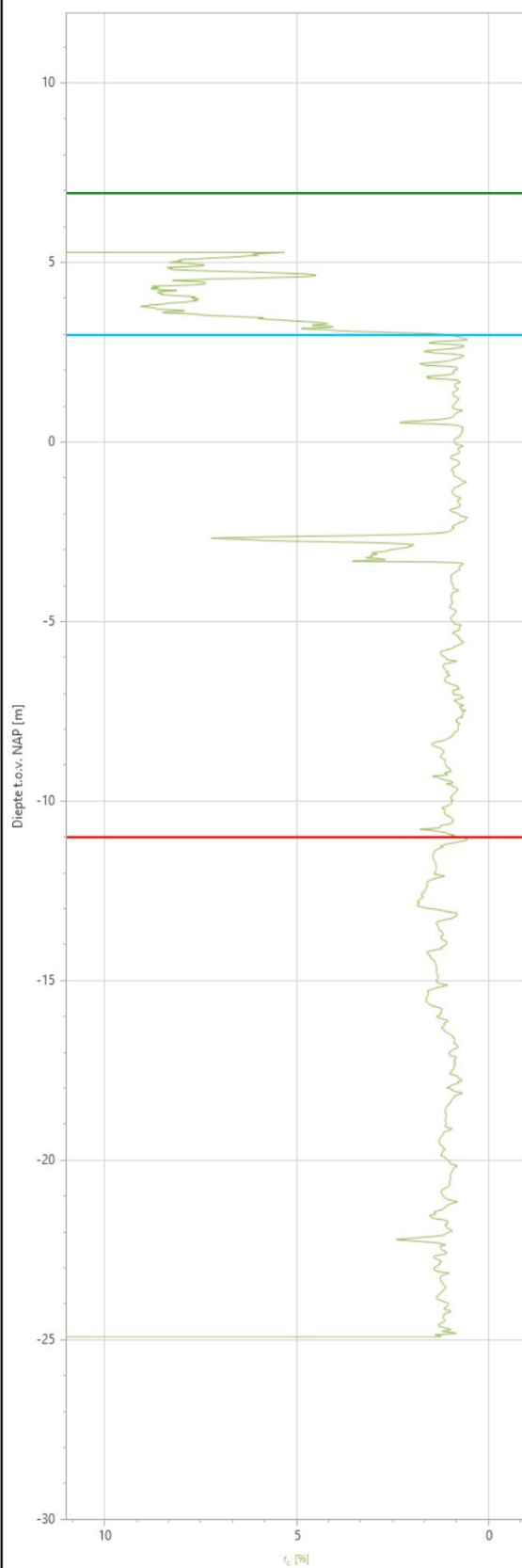
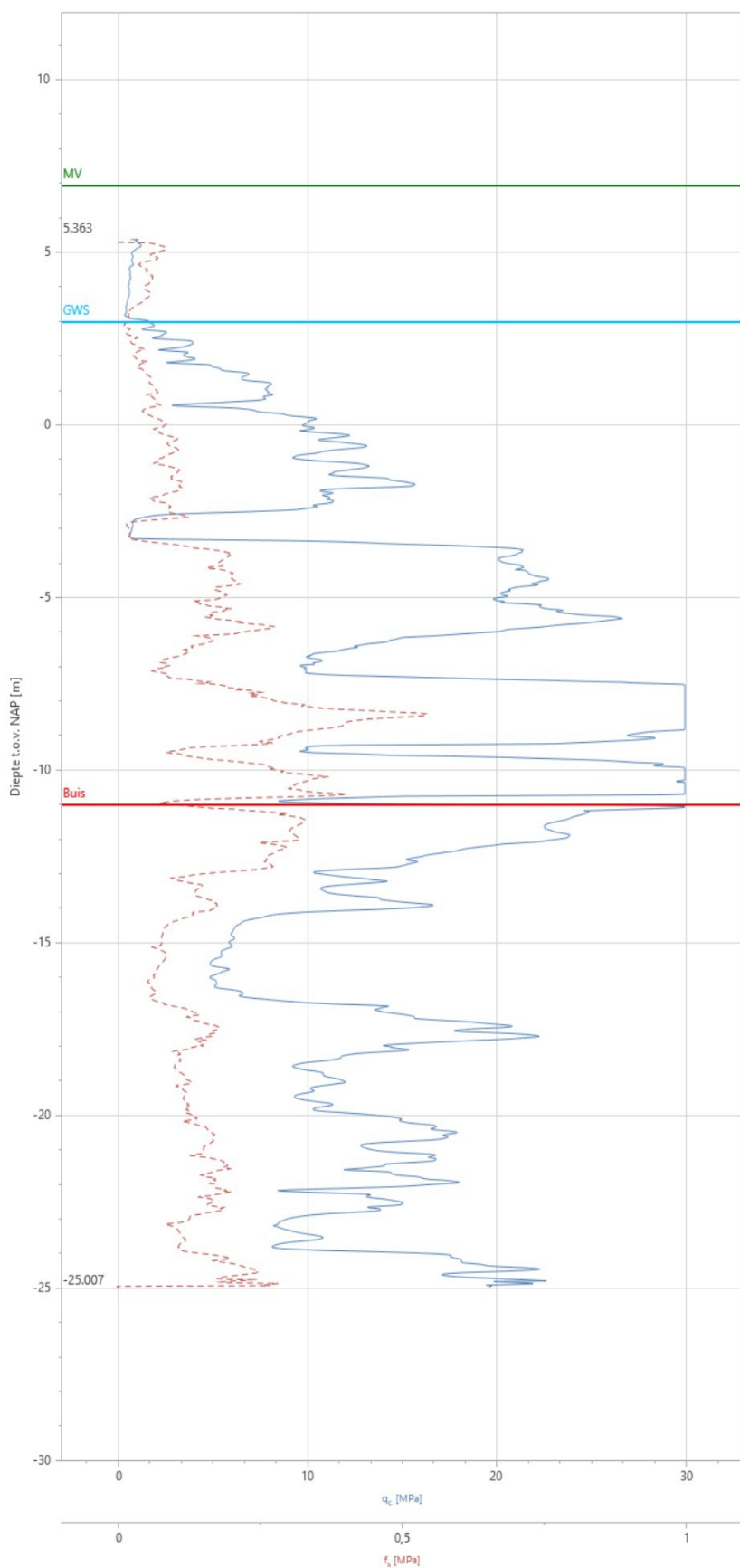
16.1 Boorspoeldrukken tijdens pilot ($\rho_{m,p} = 12 \text{ kN/m}^3$ / $\tau_{y,p} = 13,4 \text{ Pa}$ / $\eta_p = 0,009 \text{ Pas}$ / $Q_{m,p} = 500 \text{ l/min}$)16.2 Boorspoeldrukken tijdens ruimen ($\rho_{m,r} = 12 \text{ kN/m}^3$ / $\tau_{y,r} = 13,4 \text{ Pa}$ / $\eta_r = 0,009 \text{ Pas}$ / $Q_{m,p} = 800 \text{ l/min}$)

16.3 Boorspoeldrukken tijdens intrekken ($\rho_{m,i} = 12 \text{ kN/m}^3$ / $\tau_{y,i} = 13,4 \text{ Pa}$ / $\eta_i = 0,009 \text{ Pas}$ / $Q_{m,i} = 600 \text{ l/min}$)

CPT000000219513

Naam van het project : 2500405E Wijk bij Duurstede, Gemaal

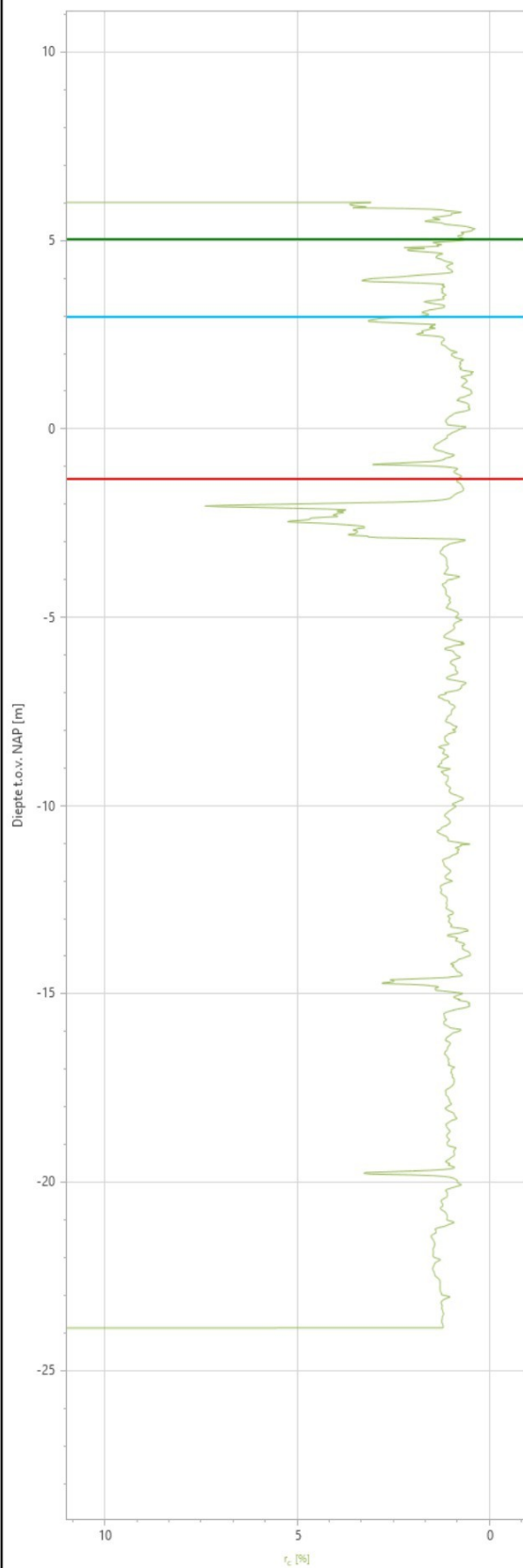
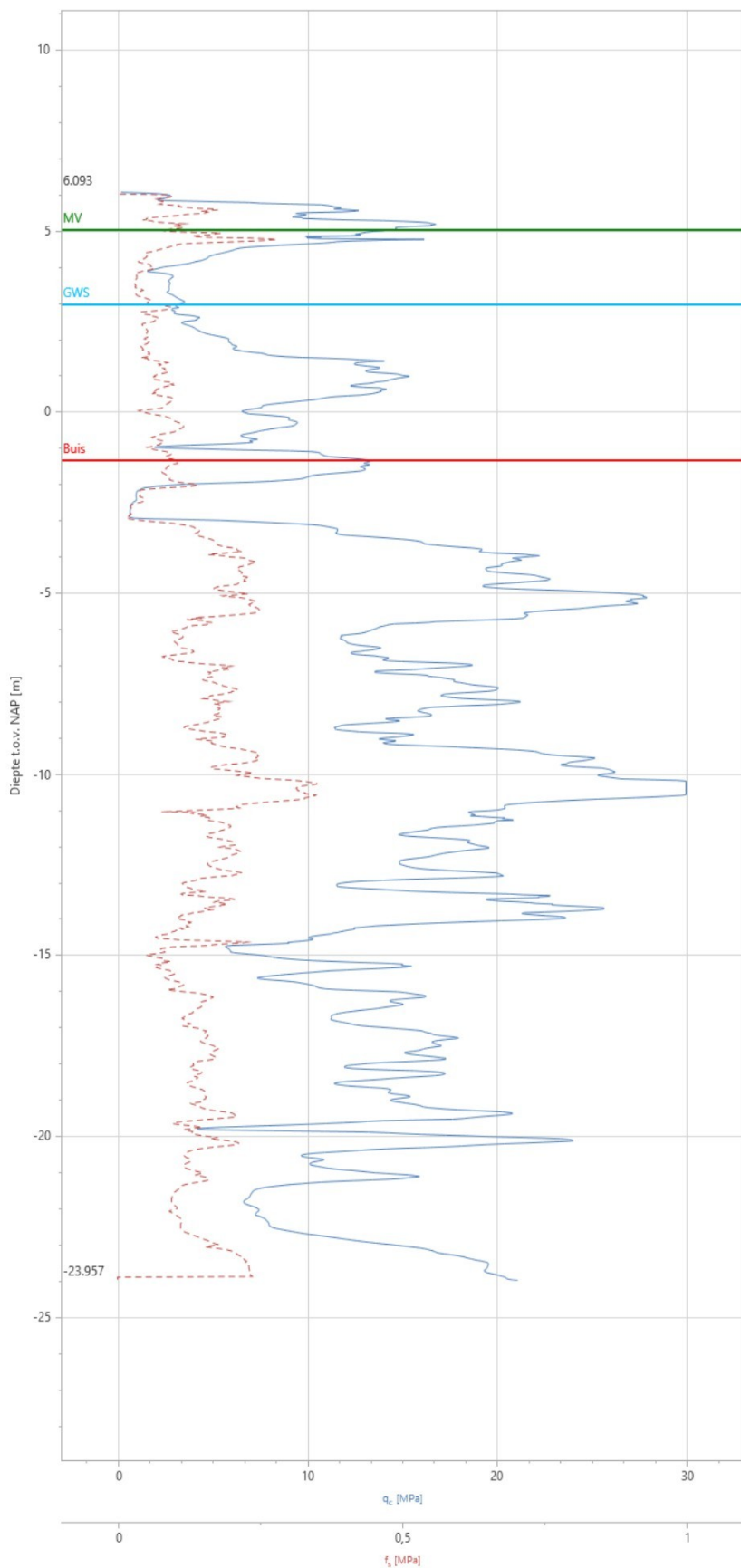
Projectonderdeel : HDD01



CPT000000219515

Naam van het project : 2500405E Wijk bij Duurstede, Gemaal

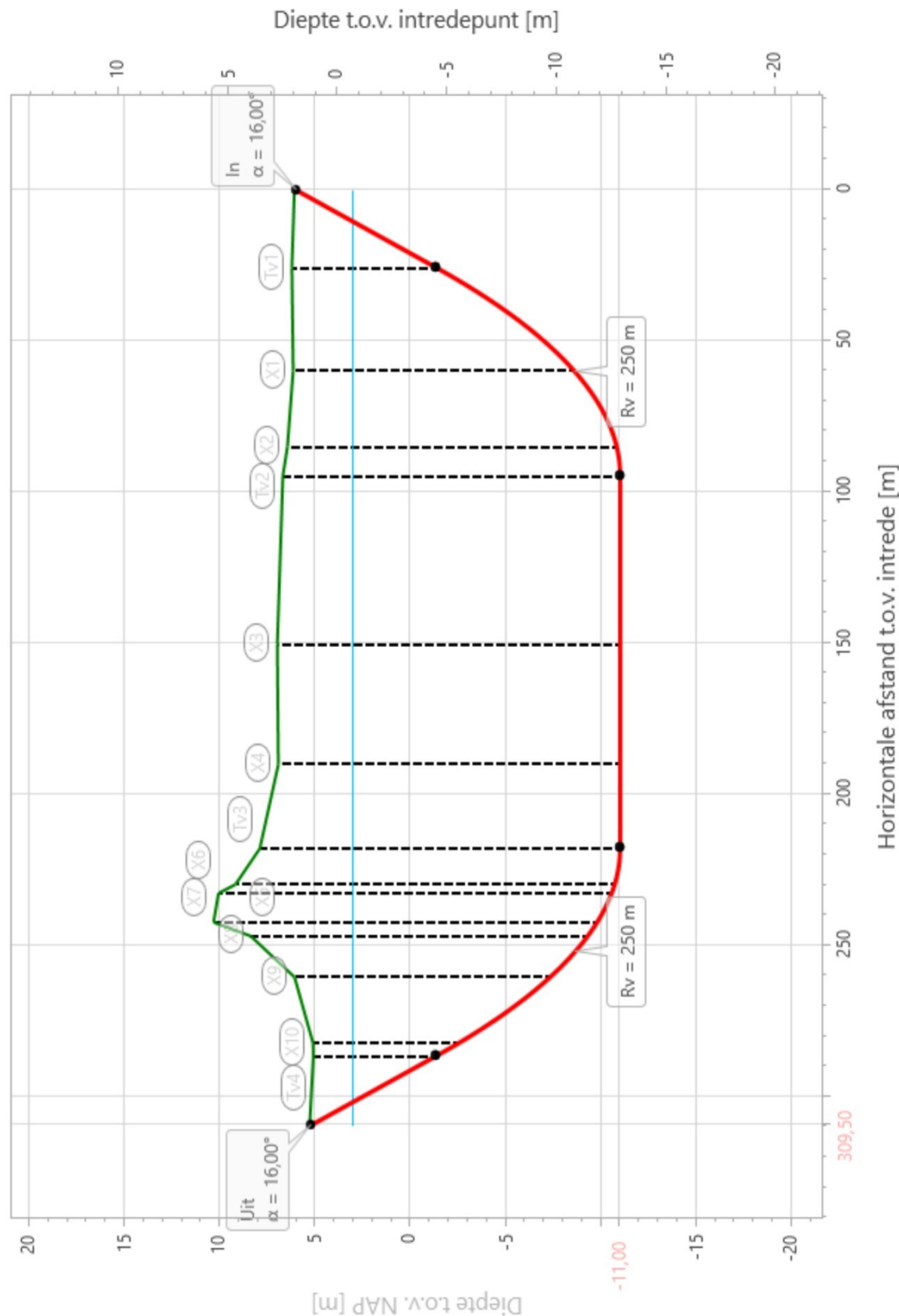
Projectonderdeel : HDD01



Sterkteberekening van een horizontaal gestuurde boring conform NEN 3650/3651:2020				Sigma 2025 1.4 ©	
Algemene gegevens					
Naam van het project : 2500405E Wijk bij Duurstede, Gemaal Projectonderdeel : HDD02					
Materiaalgegevens					
Materiaalsoort:		PE			
Kwaliteit:		PE 100 SDR 11			
Gegarandeerde minimale treksterkte		MRS	= 10	N/mm ²	
Materiaalfactor		γ_M	= 1,25	-	
Toelaatbare lange duur zuivere trekspanning		$\bar{\sigma}_t$	= 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	= 500,00	mm	
Wanddikte		d _n	= 45,5	mm	
Procesgegevens					
Soort leiding (Vloeistof / Gas / Drukloos)				= Drukloos	
Uitvoeringsaspecten, tracé boring, in- en uittredehoeken					
Totale lengte		L	= 313,26	m	
Totale horizontale lengte		L _{hor}	= 309,50	m	
Straal maaiveld/rollenbaan		R _r	= 100,00	m	
Intredehoek (bij boorstelling)		α_1	= 16,00 / 28,67	° / %	
Uittredehoek (bij rollenbaan)		α_2	= 16,00 / 28,67	° / %	
Belastinghoek		α	= 180	°	
Ondersteuningshoek		β	= 120	°	
Horizontale steundrukhoek		γ	= 120	°	
MV intrede t.o.v. NAP		MV _{in}	= 6,05	m	
MV uittrede t.o.v. NAP		MV _{uit}	= 5,25	m	
Beschrijving	Lengte langs buis [m]	Horizontale lengte [m]	Cummulatieve lengte langs buis [m]	Cummulatieve horizontale lengte [m]	Verticale straal [m]
Intrede-Tv1	26,72	25,68	26,72	25,68	-
Tv1-Tv2	69,81	68,91	96,53	94,59	250,00
Tv2-Tv3	123,11	123,11	219,64	217,70	-
Tv3-Tv4	69,81	68,91	289,45	286,61	250,00
Tv4-Uittrede	23,81	22,89	313,26	309,50	-

Sterkteberekening van een horizontaal gestuurde boring conform NEN 3650/3651:2020				Sigma 2025 1.4 ©			
Uitvoeringsaspecten							
Diameter boorstang	D_b	= 169	mm				
<i>Tijdens pilot</i>							
Diameter boorkop/boorgat	D_p	= 300	mm				
Soortelijk gewicht boorvloeistof	$\rho_{m,p}$	= 12	kN/m ³				
Zwichtspanning boorvloeistof	$\tau_{y,p}$	= 13,4	Pa				
Plastische viscositeit boorvloeistof	η_p	= 0,009	Pa·s				
Debiet boorvloeistof	$Q_{m,p}$	= 500	l/min				
<i>Tijdens ruimgang</i>							
Boorstangen koppelen tijden ruimen							
Diameter ruimer/boorgat	$D_{g,r}$	= 650	mm				
Soortelijk gewicht boorvloeistof	$\rho_{m,r}$	= 12	kN/m ³				
Zwichtspanning boorvloeistof	$\tau_{y,r}$	= 13,4	Pa				
Plastische viscositeit boorvloeistof	η_r	= 0,009	Pa·s				
Debiet boorvloeistof	$Q_{m,r}$	= 800	l/min				
<i>Tijdens intrekken</i>							
Soortelijk gewicht boorvloeistof	$\rho_{m,i}$	= 12	kN/m ³				
Zwichtspanning boorvloeistof	$\tau_{y,i}$	= 13,4	Pa				
Plastische viscositeit boorvloeistof	η_i	= 0,009	Pa·s				
Debiet boorvloeistof	$Q_{m,i}$	= 600	l/min				
Leiding wordt niet verzwaard t.p.v. rollenbaan							
Leiding wordt niet verzwaard t.p.v. boorgang							
Onzekerheids- en wrijvingsfactoren							
Totaalfactor bij normale boring	f	= 1,4					
Belastingfactor, bovengronds	$f_{k,b}$	= 1,1					
Belastingfactor, ondergronds	$f_{k,o}$	= 1,4					
Onzekerheidsfactor straal, ondergronds	$f_{r,o}$	= 0,9					
Wrijvingscoëff. met rollenbaan	f_1	= 0,1					
Wrijving tussen leiding/boorvloeistof	f_2	= 0,00005	N/mm ²				
Wrijving tussen leiding/boorgangwand	f_3	= 0,2					
Partiële factor grondbelasting	γ	= 1,1					
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 [°]
Tv1	26,72	7,49	3,19	Zand	14,52	20,75	35,00
X1	61,54	14,66	3,12	Zand	14,45	20,47	32,50
X2	86,87	17,22	3,42	Zand	14,76	20,43	30,00
Tv2	96,53	17,65	3,67	Zand	14,98	20,42	35,00
X3	152,23	17,94	3,95	Zand	15,20	20,42	35,00
X4	191,89	17,89	3,90	Zand	17,96	19,94	35,00
Tv3	219,64	18,86	4,87	Zand	17,97	19,94	35,00
X5	231,60	19,85	6,15	Zand	17,98	19,95	30,00
X6	234,50	20,59	7,04	Zand	17,98	19,96	32,50
X7	244,13	20,09	7,30	Zand	17,98	19,93	35,00
X8	248,72	17,65	5,35	Zand	17,97	19,92	32,50
X9	262,48	13,37	3,05	Zand	17,95	19,89	35,00
X10	284,88	7,60	2,08	Klei	17,81	19,80	17,50
Tv4	289,45	6,37	2,07	Zand	17,81	20,29	35,00
				05-01-2026 15:25:00			

Locatie	Hor. steundruk	Effectieve cohesie [kN/m ²]	E-modulus ondergrond [MN/m ²]	Verkeersbelasting	Sondering
Tv1	✓	0,00	75,00	Grafiek II	CPT219513
X1	✓	0,00	45,00	Grafiek II	CPT219513
X2	✓	0,00	15,00	Grafiek II	CPT219513
Tv2	✓	0,00	75,00	Grafiek II	CPT219513
X3	✓	0,00	75,00	Grafiek ½ x II	CPT219513
X4	✓	0,00	75,00	Grafiek ½ x II	CPT219515
Tv3	✓	0,00	75,00	Grafiek ½ x II	CPT219515
X5	✓	0,00	15,00	Grafiek ½ x II	CPT219515
X6	✓	0,00	45,00	Grafiek II	CPT219515
X7	✓	0,00	75,00	Grafiek II	CPT219515
X8	✓	0,00	45,00	Grafiek ½ x II	CPT219515
X9	✓	0,00	75,00	Grafiek ½ x II	CPT219515
X10	✓	5,00	2,00	Grafiek ½ x II	CPT219515
Tv4	✓	0,00	75,00	Grafiek ½ x II	CPT219515



* Niet op schaal

2. Eigenschappen van de leiding				
Inwendige middellijn	$D_i = D_e - 2 \cdot d_n$	= 409,00	mm	
Gemiddelde middellijn	$D_g = (D_e + D_i)/2$	= 454,50	mm	
Uitwendige middellijn+bekleding	$D_o = D_e + 2 \cdot e$	= 500,00	mm	
Uitwendige straal	$r_e = D_e / 2$	= 250,00	mm	
Inwendige straal	$r_i = D_i / 2$	= 204,50	mm	
Gemiddelde straal	$r_g = (r_e + r_i) / 2$	= 227,25	mm	
Traagheidsmoment buis	$I_b = (D_e^4 - D_i^4) \cdot \pi/64$	= 1.694.352.566,14	mm ⁴	
Weerstandsmoment buis	$W_b = I_b / r_e$	= 6.777.410,26	mm ³	
Wandtraagheidsmoment	$I_w = d_n^3 / 12$	= 7.849,70	mm ⁴ /mm ¹	
Wandweerstandsmoment	$W_w = d_n^2 / 6$	= 345,04	mm ³ /mm ¹	
Oppervlakte leiding	$A = \pi \cdot (D_e^2 - D_i^2) / 4$	= 64.967,35	mm ²	
Gewicht leiding	$g = \rho_L \cdot A$	= 0,6204	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	= 0,6204 N/mm ¹	g	= 0,6204 N/mm ¹
Gewicht vulling	g _{vul}	= N.v.t. +	g _{vul}	= N.v.t. +
Totaal gewicht	g _{rol}	= 0,6204 N/mm ¹	g _{gat}	= 0,6204 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] (f = 1,4)	T ₁ [N] (f = 1)	
Starten met trekken	313,26	27.211	19.436	
Na intrekken van Tv4-Uittrede	289,45	25.142	17.959	
Na intrekken van Tv3-Tv4	219,64	19.078	13.627	
Na intrekken van Tv2-Tv3	96,53	8.385	5.989	
Na intrekken van Tv1-Tv2	26,72	2.321	1.658	

$T_1 = f \cdot L \cdot g_{rol} \cdot f_1 = f \cdot L \cdot 0,6204 \cdot 0,1$

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] (f = 1,4)	σ_t [N/mm ²]		
Starten met trekken	27.211	0,42		
Na intrekken van Tv4-Uittrede	25.142	0,39		
Na intrekken van Tv3-Tv4	19.078	0,29		
Na intrekken van Tv2-Tv3	8.385	0,13		
Na intrekken van Tv1-Tv2	2.321	0,04		

$$\sigma_t = \frac{T_1}{A} = \frac{T_1}{64.967,35}$$

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

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

$$M_b = 1,1 \cdot 975 \cdot \frac{1.694.352.566}{100.000} = 18.171.931,27 \text{ Nmm}$$

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

$$\sigma_b = \frac{18.171.931,27}{6.777.410} = 2,68 \text{ N/mm}^2$$

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	0,42	2,16
Na intrekken van Tv4-Uittrede	0,39	2,13
Na intrekken van Tv3-Tv4	0,29	2,04
Na intrekken van Tv2-Tv3	0,13	1,87
Na intrekken van Tv1-Tv2	0,04	1,78

$$\sigma_a = \alpha_\sigma \cdot \sigma_b + \sigma_t = 0,65 \cdot 2,68 + \sigma_t$$

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

$$\sigma_a \leq \sigma_{kd} \rightarrow 2,16 \leq 10,00 \rightarrow \text{Voldoet}$$

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

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

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

Hieruit volgt: $D_{e,omtrek} = 1.570,80 \text{ mm}^1$

Gewicht van de leiding (+vulling) in het boorgat $g_{gat} = 0,620 \text{ N/mm}^1$

Gelet op het gewicht van de boorvloeistof: $g_{opw} = \rho_{m,i} \cdot D_e^2 \cdot \pi/4 = 12 \cdot 500,00^2 \cdot \pi/4 = 2,356 \text{ N/mm}^1$

Gelet hierop is $g_{eff} = |g_{gat} - g_{opw}| = 1,736 \text{ N/mm}^1$

Trekkracht T_2 en T_{3a} tijdens verschillende stadia [N]	L_2 / L_b [m]	T_2 [N] ($f = 1,4$)	T_{3a} [N] ($f = 1,4$)	T_2 [N] ($f = 1$)	T_{3a} [N] ($f = 1$)
Na intrekken van Tv4-Uittrede	313,26	14.191	-	10.137	-
Na intrekken van Tv3-Tv4	289,45	-	55.798	-	39.855
Na intrekken van Tv2-Tv3	219,64	129.166	-	92.262	-
Na intrekken van Tv1-Tv2	96,53	-	170.773	-	121.980
Na intrekken van Intrede-Tv1	26,72	186.695	-	133.354	-

Rechte delen: $T_2 = f \cdot L_2 \cdot (D_{e,omtr} \cdot f_2 + g_{eff} \cdot f_3) = f \cdot L_2 \cdot (1.570,80 \cdot 0,00005 + 1,736 \cdot 0,2)$

Gebogen delen: $T_{3a} = f \cdot L_b \cdot (D_{e,omtr} \cdot f_2 + g_{eff} \cdot f_3) = f \cdot L_b \cdot (1.570,80 \cdot 0,00005 + 1,736 \cdot 0,2)$

5.2 Berekening van de stijfheidsverhouding grond/leiding λ en beddingsconstanten in de bochten k_v

Leidingdeel (Doorsnede)	E_{100} [N/mm ²]	q_n [kN/m ²]	$E_{100,norm}$ [N/mm ²]	ν [-]	I [mm]	m [-]	λ [mm ⁻¹]	k_v [N/mm ³]
Tv3-Tv4 ..	75,00	263,17	121,67	0,2989	1.915,7	0,86	0,00164	0,09559
Tv3-Tv4 ..	15,00	285,35	25,34	0,3333	2.954,3	0,80	0,00106	0,01690
Tv3-Tv4 ..	45,00	301,25	78,10	0,3163	2.196,8	0,84	0,00143	0,05527
Tv3-Tv4 ..	75,00	296,90	129,23	0,2989	1.915,7	0,86	0,00164	0,09559
Tv3-Tv4 ..	45,00	252,22	71,47	0,3163	2.196,8	0,84	0,00143	0,05527
Tv3-Tv4 ..	75,00	182,83	101,41	0,2989	1.915,7	0,86	0,00164	0,09559
Tv3-Tv4 ..	2,00	105,79	2,09	0,4115	4.990,7	0,72	0,00063	0,00208
Tv3-Tv4 ..	75,00	93,47	72,51	0,2989	1.915,7	0,86	0,00164	0,09559
Tv1-Tv2 ..	75,00	106,13	77,27	0,2989	1.915,7	0,86	0,00164	0,09559
Tv1-Tv2 ..	45,00	194,09	62,69	0,3163	2.196,8	0,84	0,00143	0,05527
Tv1-Tv2 ..	15,00	227,73	22,64	0,3333	2.954,3	0,80	0,00106	0,01690
Tv1-Tv2 ..	75,00	234,71	114,90	0,2989	1.915,7	0,86	0,00164	0,09559

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

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

$I = \frac{\pi}{\lambda} \quad A = I \cdot b \quad b = \beta \cdot r_e = 120^\circ \cdot 250 = 523,60 \text{ mm}$

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

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

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

Leidingdeel (Doorsnede)	R_v [m]	q_r [N/mm ²]	Q_r [N/mm ¹]	T_{3b} [N] ($f = 1,4$)	T_{3b} [N] ($f = 1$)
Tv3-Tv4 (Tv3)	250,00	0,013	6,37	6.829	4.878
Tv3-Tv4 (X5)	250,00	0,0054	2,68	4.429	3.163
Tv3-Tv4 (X6)	250,00	0,0097	4,84	5.955	4.254
Tv3-Tv4 (X7)	250,00	0,013	6,37	6.829	4.878
Tv3-Tv4 (X8)	250,00	0,0097	4,84	5.955	4.254
Tv3-Tv4 (X9)	250,00	0,013	6,37	6.829	4.878
Tv3-Tv4 (X10)	250,00	0,0019	0,94	2.622	1.873
Tv3-Tv4 (Tv4)	250,00	0,013	6,37	6.829	4.878
Tv1-Tv2 (Tv1)	250,00	0,013	6,37	6.829	4.878
Tv1-Tv2 (X1)	250,00	0,0097	4,84	5.955	4.254
Tv1-Tv2 (X2)	250,00	0,0054	2,68	4.429	3.163
Tv1-Tv2 (Tv2)	250,00	0,013	6,37	6.829	4.878

$$q_r = e^{(-\pi/4)} \cdot \sin(\pi/4) \cdot \frac{\lambda^2 \cdot E \cdot I_b}{D_o \cdot f_{r,0} \cdot R} = 0,322 \cdot \frac{\lambda^2 \cdot 975 \cdot 1.694.352.566,14}{500 \cdot 0,9 \cdot R}$$

$$Q_r = q_r \cdot D_o = q_r \cdot 500$$

$$T_{3b} = f \cdot 4 \cdot \frac{Q_r}{2} \cdot D_o \cdot \frac{\pi}{\lambda} \cdot f_3 = f \cdot 4 \cdot \frac{Q_r}{2} \cdot 500 \cdot \frac{\pi}{\lambda} \cdot 0,2$$

5.4 Trekkraft T_{bocht} tijdens verschillende stadia

Trekkraft T_{bocht} tijdens verschillende stadia [N]	T_1 [N] ($f = 1$)	T_2 / T_{3a} [N] ($f = 1$)	$T_{3b,max}$ [N] ($f = 1$)	ΣT_{3b} [N] ($f = 1$)	T_{bocht} [N]
Tv3-Tv4	13.627	39.855	4.878	4.878	58.361
Tv1-Tv2	1.658	121.980	4.878	9.756	133.394

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

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

Trekkraft T_{3c} tijdens verschillende stadia [N]	α [°]	T_{bocht} [N]	T_{3c} [N] ($f = 1,4$)	T_{3c} [N] ($f = 1$)
Tv3-Tv4	8,00	58.361	4.548	3.249
Tv1-Tv2	8,00	133.394	10.396	7.426

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

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

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

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

5.6 Totalisatie van de trekkrachten in fase II

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

Trekkracht T_{tot} tijdens verschillende stadia [N]	T_1 [N]	T_2 [N]	T_{3a} [N]	ΣT_{3b} [N]	ΣT_{3c} [N]	T_{tot} [N]	T_{tot} [ton]
Na intrekken van Tv4-Uittrede	25.142	14.191	-	-	-	39.333	3,93
Na intrekken van Tv3-Tv4	19.078	-	55.798	6.829	4.548	86.254	8,63
Na intrekken van Tv2-Tv3	8.385	129.166	-	6.829	4.548	148.929	14,89
Na intrekken van Tv1-Tv2	2.321	-	170.773	13.659	14.945	201.697	20,17
Na intrekken van Intrede-Tv1	0	186.695	-	13.659	14.945	215.299	21,53

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

5.7 Karakteristieke waarden van de benodigde trekkrachten in fase II

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

Trekkracht T_{tot} tijdens verschillende stadia [N]	T_1 [N]	T_2 [N]	T_{3a} [N]	ΣT_{3b} [N]	ΣT_{3c} [N]	T_{tot} [N]	T_{tot} [ton]
Na intrekken van Tv4-Uittrede	17.959	10.137	-	-	-	28.095	2,81
Na intrekken van Tv3-Tv4	13.627	-	39.855	4.878	3.249	61.610	6,16
Na intrekken van Tv2-Tv3	5.989	92.262	-	4.878	3.249	106.378	10,64
Na intrekken van Tv1-Tv2	1.658	-	121.980	9.756	10.675	144.069	14,41
Na intrekken van Intrede-Tv1	0	133.354	-	9.756	10.675	153.785	15,38

De maximale karakteristieke waarde voor de benodigde trekkracht bedraagt **153.785 N ($\approx 15,38$ ton)**.

Volgens de richtlijnen van de Drilling Contractors Association (DCA-Europe) wordt een boormachine geadviseerd met een trekkracht van minimaal 2 tot 3 keer deze maximale waarde. De aannemers moet bij zijn keuze van de boormachine uiteraard ook uitgaan van o.a. zijn ervaringen met HDD's én zijn kennis van het gebied.

5.8 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 Tv4-Uittrede	39.333	0,61
Na intrekken van Tv3-Tv4	86.254	1,33
Na intrekken van Tv2-Tv3	148.929	2,29
Na intrekken van Tv1-Tv2	201.697	3,10
Na intrekken van Intrede-Tv1	215.299	3,31

$$\sigma_t = \frac{T_{tot}}{A} = \frac{T_{tot}}{64.967,35}$$

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

Trekkracht T_{3c} tijdens verschillende stadia [N]	R [m]	M_b [Nmm]	σ_b [N/mm ²]
Tv3-Tv4	250,00	10.279.072,23	1,52
Tv1-Tv2	250,00	10.279.072,23	1,52

$$M_b = f_{k,o} \cdot E \cdot \frac{I_b}{f_{r,o} \cdot R} = 1,4 \cdot 975 \cdot \frac{1.694.352.566,14}{0,9 \cdot R}$$

$$\sigma_b = \frac{M_b}{W_b} = \frac{M_b}{6.777.410,26}$$

5.10 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 Tv4-Uittrede	39.333	0,61	-	0,61
Na intrekken van Tv3-Tv4	86.254	1,33	1,52	2,31
Na intrekken van Tv2-Tv3	148.929	2,29	-	2,29
Na intrekken van Tv1-Tv2	201.697	3,10	1,52	4,09
Na intrekken van Intrede-Tv1	215.299	3,31	-	3,31

$$\text{Rechte delen: } \sigma_a = \frac{T_{tot}}{A} = \frac{T_{tot}}{64.967,35} = \sigma_t$$

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

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

$$\sigma_a \leq \sigma_{kd} \rightarrow 4,09 \leq 10,00 \rightarrow \text{Voldoet}$$

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]
Tv1	7,49	3,19	Zand	50,94	55,19	106,13	53,07
X1	14,66	3,12	Zand	49,61	144,48	194,09	97,04
X2	17,22	3,42	Zand	55,59	172,14	227,73	113,86
Tv2	17,65	3,67	Zand	60,40	174,32	234,71	117,36
X3	17,94	3,95	Zand	66,12	174,32	240,43	120,22
X4	17,89	3,90	Zand	77,07	166,93	244,00	122,00
Tv3	18,86	4,87	Zand	96,24	166,93	263,17	131,58
X5	19,85	6,15	Zand	121,69	163,67	285,35	142,68
X6	20,59	7,04	Zand	139,29	161,96	301,25	150,62
X7	20,09	7,30	Zand	144,42	152,48	296,90	148,45
X8	17,65	5,35	Zand	105,72	146,49	252,22	126,11
X9	13,37	3,05	Zand	60,18	122,66	182,83	91,42
X10	7,60	2,08	Klei	40,71	65,07	105,79	52,89
Tv4	6,37	2,07	Zand	40,46	53,01	93,47	46,73

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

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

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

$$Q_n = q_n \cdot D_o = (1,1 \cdot \gamma_d \cdot H_d + 1,1 \cdot \gamma_n \cdot H_n - \gamma_w \cdot H_w) \cdot 500$$

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]
Tv1	7,49	Grafiek II	2,44	1,22
X1	14,66	Grafiek II	0,95	0,48
X2	17,22	Grafiek II	0,74	0,37
Tv2	17,65	Grafiek II	0,71	0,35
X3	17,94	Grafiek ½ x II	0,34	0,17
X4	17,89	Grafiek ½ x II	0,35	0,17
Tv3	18,86	Grafiek ½ x II	0,32	0,16
X5	19,85	Grafiek ½ x II	0,29	0,14
X6	20,59	Grafiek II	0,54	0,27
X7	20,09	Grafiek II	0,57	0,28
X8	17,65	Grafiek ½ x II	0,35	0,18
X9	13,37	Grafiek ½ x II	0,55	0,28
X10	7,60	Grafiek ½ x II	1,20	0,60
Tv4	6,37	Grafiek ½ x II	1,49	0,75

$$Q_v = q_v \cdot D_o = q_v \cdot 500$$

7. 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]
Tv1	✓	53,07	1,22	54,29	1.050,98 ⁽¹⁾	3,05
X1	✓	97,04	0,48	97,52	1.788,42 ⁽¹⁾	5,18
X2	✓	113,86	0,37	114,23	1.974,95 ⁽¹⁾	5,72
Tv2	✓	117,36	0,35	117,71	2.278,84 ⁽¹⁾	6,60
X3	✓	120,22	0,17	120,39	2.330,67 ⁽¹⁾	6,75
X4	✓	122,00	0,17	122,17	2.365,21 ⁽¹⁾	6,85
Tv3	✓	131,58	0,16	131,74	2.550,46 ⁽¹⁾	7,39
X5	✓	142,68	0,14	142,82	2.469,25 ⁽¹⁾	7,16
X6	✓	150,62	0,27	150,90	2.767,24 ⁽¹⁾	8,02
X7	✓	148,45	0,28	148,73	2.879,45 ⁽¹⁾	8,35
X8	✓	126,11	0,18	126,29	2.315,92 ⁽¹⁾	6,71
X9	✓	91,42	0,28	91,69	1.775,12 ⁽¹⁾	5,14
X10	✓	52,89	0,60	53,49	624,81 ⁽¹⁾	1,81
Tv4	✓	46,73	0,75	47,48	919,23 ⁽¹⁾	2,66

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

$$M_q = 0,138 \cdot (Q_n + Q_v) \cdot 227,25 - 0,143 \cdot (1 - \sin \varphi) \cdot \sin(1/2 \cdot 120) \cdot (Q_n + Q_v) \cdot 227,25$$

$$\sigma_q = f_{rr} \cdot \frac{M_q}{W_w} = 1,00 \cdot \frac{M_q}{345,04}$$

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

Locatie	R [m]	q_r [N/mm ²]	σ_{qr} [N/mm ²]
Tv1	250,00	0,013	0,38
X1	250,00	0,0097	0,29
X2	250,00	0,0054	0,16
Tv2	250,00	0,013	0,38
Tv3	250,00	0,013	0,38
X5	250,00	0,0054	0,16
X6	250,00	0,0097	0,29
X7	250,00	0,013	0,38
X8	250,00	0,0097	0,29
X9	250,00	0,013	0,38
X10	250,00	0,0019	0,056
Tv4	250,00	0,013	0,38

$$\sigma_{qr} = K_{b,ind} \cdot q_r \cdot D_o \cdot \frac{r_u}{W_w} = 0,083 \cdot q_r \cdot 500 \cdot \frac{250,00}{345,04}$$

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

Leiding is drukloos

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

10. Toetsing op minimale ringstijfheid S_N

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

$$S_N = 975 \cdot \frac{7.849,70}{454,5^3} = 0,0815 \text{ N/mm}^2 = \mathbf{81,52 \text{ kN/m}^2}$$

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

11. Toetsing op implosie (bedrijfsfase): berekening van de alzijdige overdruk

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

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

$$p_{o,lang} = \frac{1}{3 \cdot (1 - 0,4^2)} \cdot \frac{24 \cdot 350,00 \cdot 7.849,70}{454,50^3} = 0,28 \text{ N/mm}^2$$

Conclusie: Kans op implosie bij **27,87** m grondwater boven de leiding

Locatie	Dekking t.o.v. maaiveld H [m]	G.W.S. t.o.v. maaiveld GWS [m]	Grondwater boven de leiding H _n [m]
Tv1	7,49	3,19	4,30
X1	14,66	3,12	11,54
X2	17,22	3,42	13,80
Tv2	17,65	3,67	13,99
X3	17,94	3,95	13,99
X4	17,89	3,90	13,99
Tv3	18,86	4,87	13,99
X5	19,85	6,15	13,70
X6	20,59	7,04	13,55
X7	20,09	7,30	12,79
X8	17,65	5,35	12,30
X9	13,37	3,05	10,33
X10	7,60	2,08	5,52
Tv4	6,37	2,07	4,30

$H_n < p_{o,lang} \rightarrow 13,99 < 27,87 \rightarrow \text{Voldoet}$

12. Berekening van het totaal aan optredende spanningen*12.1 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]
Tv1	3,05	0,38	0,65	2,23
X1	5,18	0,29	0,65	3,56
X2	5,72	0,16	0,65	3,83
Tv2	6,60	0,38	0,65	4,54
X3	6,75	-	0,65	4,39
X4	6,85	-	0,65	4,46
Tv3	7,39	0,38	0,65	5,05
X5	7,16	0,16	0,65	4,76
X6	8,02	0,29	0,65	5,40
X7	8,35	0,38	0,65	5,67
X8	6,71	0,29	0,65	4,55
X9	5,14	0,38	0,65	3,59
X10	1,81	0,056	0,65	1,21
Tv4	2,66	0,38	0,65	1,98

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

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

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

$\sigma_{y2} \leq \sigma_{ld} \rightarrow 5,67 \leq 8,00 \rightarrow \text{Voldoet}$

12.2 Optredende spanningen in langsrichting van de leiding

Locatie	$\sigma_{pl} [\text{N/mm}^2]$	$\sigma_{ax} [\text{N/mm}^2]$	$\sigma_b [\text{N/mm}^2]$	$\alpha_{\sigma} [-]$	$\sigma_x [\text{N/mm}^2]$
Tv1	0,00	0,00	1,52	0,65	0,99
X1	0,00	0,00	1,52	0,65	0,99
X2	0,00	0,00	1,52	0,65	0,99
Tv2	0,00	0,00	1,52	0,65	0,99
X3	0,00	0,00	-	-	0,00
X4	0,00	0,00	-	-	0,00
Tv3	0,00	0,00	1,52	0,65	0,99
X5	0,00	0,00	1,52	0,65	0,99
X6	0,00	0,00	1,52	0,65	0,99
X7	0,00	0,00	1,52	0,65	0,99
X8	0,00	0,00	1,52	0,65	0,99
X9	0,00	0,00	1,52	0,65	0,99
X10	0,00	0,00	1,52	0,65	0,99
Tv4	0,00	0,00	1,52	0,65	0,99

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

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

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

$\sigma_x \leq \sigma_{ld} \rightarrow 0,99 \leq 8,00 \rightarrow \text{Voldoet}$

13. Berekening van de optredende en toelaatbare deflectie

Locatie	$Q_n [\text{N/mm}^1]$	$Q_v [\text{N/mm}^1]$	$Q_r [\text{N/mm}^1]$	$\delta_Y [\text{mm}]$	$\delta_Y/D_g [\%]$
Tv1	53,07	1,22	6,37	11,12	2,45
X1	97,04	0,48	4,84	18,72	4,12
X2	113,86	0,37	2,68	20,22	4,45
Tv2	117,36	0,35	6,37	24,35	5,36
X3	120,22	0,17	-	24,92	5,48
X4	122,00	0,17	-	25,29	5,56
Tv3	131,58	0,16	6,37	27,27	6,00
X5	142,68	0,14	2,68	25,31	5,57
X6	150,62	0,27	4,84	29,01	6,38
X7	148,45	0,28	6,37	30,78	6,77
X8	126,11	0,18	4,84	24,28	5,34
X9	91,42	0,28	6,37	18,97	4,17
X10	52,89	0,60	0,94	5,13	1,13
Tv4	46,73	0,75	6,37	9,76	2,15

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

$$\delta_Y = \frac{(0,089 \cdot (Q_n + \frac{1}{2} \cdot Q_v) - 0,095 \cdot (1 - \sin \varphi) \cdot (Q_n + \frac{1}{2} \cdot Q_v) + 0,048 \cdot Q_r) \cdot 227,25^3}{350 \cdot 7.849,70}$$

Toelaatbare deflectie: $\delta_{Y,max} = 8,00\% \cdot D_g = 0,08 \cdot 454,50 = \mathbf{36,36}$ mm

$\delta_Y \leq \delta_{Y,max} \rightarrow 30,78 \leq 36,36 \rightarrow$ Voldoet

14. 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]	$E_{100,\text{norm}}$ [MN/m ²]
Tv1	7,49	80,24	34,22	57,23	90,06	77,27
X1	14,66	140,37	64,95	102,66	157,82	62,69
X2	17,22	164,25	82,13	123,19	184,78	22,64
Tv2	17,65	169,70	72,37	121,03	190,46	114,90
X3	17,94	174,43	74,38	124,40	195,76	116,29
X4	17,89	177,38	75,64	126,51	199,07	117,15
Tv3	18,86	193,22	82,39	137,80	216,85	121,67
X5	19,85	212,05	106,02	159,04	238,56	25,34
X6	20,59	225,46	104,32	164,89	253,48	78,10
X7	20,09	223,18	95,17	159,17	250,47	129,23
X8	17,65	187,10	86,57	136,84	210,36	71,47
X9	13,37	133,18	56,79	94,99	149,47	101,41
X10	7,60	77,84	54,43	66,14	90,79	2,09
Tv4	6,37	69,78	29,76	49,77	78,31	72,51

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

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

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

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

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

Locatie	G [MN/m ²]	Q [-]	u [N/mm ²]	v [-]	p_{lim} [N/mm ²]	90% p_{lim} [bar] 1
Tv1	29,74	0,0011	0,0430	0,2989	1,12	10,08
X1	23,81	0,0023	0,1154	0,3163	1,43	12,88
X2	8,49	0,0073	0,1380	0,3333	1,09	9,83
Tv2	44,23	0,0016	0,1399	0,2989	2,14	19,30
X3	44,76	0,0016	0,1399	0,2989	2,19	19,70
X4	45,10	0,0016	0,1399	0,2989	2,22	19,94
Tv3	46,83	0,0017	0,1399	0,2989	2,36	21,26
X5	9,50	0,0084	0,1370	0,3333	1,31	11,81
X6	29,67	0,0030	0,1355	0,3163	2,07	18,62
X7	49,74	0,0018	0,1279	0,2989	2,62	23,56
X8	27,15	0,0027	0,1230	0,3163	1,78	16,05
X9	39,04	0,0014	0,1033	0,2989	1,74	15,70
X10	0,74	0,033	0,0552	0,4115	0,27	2,46
Tv4	27,91	0,0010	0,0430	0,2989	1,01	9,06

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

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

$$u = \gamma_w \cdot H_n$$

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

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

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

14.1 Tijdens pilot

Locatie	$R_{p, \text{max}}$ [m]	$R_{p, \text{min}}$ [m]	Δh_{in} [m]	p_{max} [N/mm ²]	p_{max} [bar] 2	p_{min} [N/mm ²]	p_{min} [bar] 3
Tv1	1,43	0,06	7,36	0,49	4,93	0,09	0,91
X1	0,99	0,04	14,60	0,68	6,85	0,18	1,82
X2	0,56	0,04	16,86	0,57	5,67	0,21	2,11
Tv2	1,20	0,04	17,05	0,98	9,76	0,21	2,15
X3	1,19	0,04	17,05	0,99	9,95	0,22	2,20
X4	1,18	0,05	17,05	1,01	10,06	0,22	2,24
Tv3	1,15	0,04	17,05	1,07	10,67	0,23	2,27
X5	0,52	0,03	16,76	0,67	6,65	0,23	2,25
X6	0,87	0,03	16,61	0,97	9,72	0,22	2,24
X7	1,11	0,04	15,85	1,17	11,67	0,22	2,15
X8	0,91	0,04	15,36	0,84	8,41	0,21	2,10
X9	1,27	0,07	13,39	0,79	7,88	0,19	1,88
X10	3,80	0,15	8,59	0,27	2,71	0,13	1,33
Tv4	1,48	0,14	7,36	0,45	4,45	0,12	1,18

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

$$R_o = \frac{D_p}{2} = \frac{300}{2} = 150 \text{ mm}$$

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

$$v_{m, p} = \frac{Q_{m, p}}{A_p} = \frac{500}{1/4 \cdot \pi \cdot (D_p^2 - D_b^2)} = \frac{500}{1/4 \cdot \pi \cdot (300^2 - 169^2)} = 0,173 \text{ m/s}$$

$$p_{\text{min}} = \left(\frac{14580 \cdot \eta_p \cdot v_{m, p}}{(D_p - D_b)^2} + \frac{\tau_{y, p}}{(D_p - D_b)} \right) \cdot L + p_{m, p} \cdot \Delta h_{\text{in}} = \left(\frac{14580 \cdot 0,009 \cdot 0,173}{(300 - 169)^2} + \frac{13,4}{(300 - 169)} \right) \cdot L + 12 \cdot \Delta h_{\text{in}}$$

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

14.2 Tijdens ruimgang

Locatie	$R_{p,max}$ [m]	$R_{p,min}$ [m]	Δh_{uit} [m]	ρ_{max} [N/mm ²]	p_{max} [bar] 4	p_{min} [N/mm ²]	p_{min} [bar] 5
Tv4	3,18	0,11	6,56	0,44	4,43	0,08 ⁽¹⁾	0,79
X10	3,80	0,08	7,78	0,26	2,63	0,09 ⁽¹⁾	0,94
X9	2,75	0,07	12,59	0,79	7,88	0,15 ⁽¹⁾	1,52
X8	1,97	0,05	14,56	0,84	8,41	0,18 ⁽¹⁾	1,76
X7	2,40	0,04	15,05	1,17	11,67	0,18 ⁽¹⁾	1,83
X6	1,88	0,04	15,81	0,97	9,72	0,19 ⁽¹⁾	1,92
X5	1,12	0,04	15,96	0,67	6,65	0,19 ⁽¹⁾	1,94
Tv3	2,50	0,05	16,25	1,07	10,67	0,20 ⁽¹⁾	1,98
X4	2,56	0,06	16,25	1,01	10,06	0,20 ⁽¹⁾	1,98
X3	2,57	0,06	16,25	0,99	9,95	0,20 ⁽¹⁾	1,99
Tv2	2,59	0,07	16,25	0,98	9,76	0,20 ⁽¹⁾	2,01
X2	1,21	0,06	16,06	0,57	5,67	0,20 ⁽¹⁾	1,99
X1	2,14	0,08	13,80	0,68	6,85	0,17 ⁽¹⁾	1,73
Tv1	3,09	0,12	6,56	0,49	4,93	0,09 ⁽¹⁾	0,87

$$R_o = \frac{D_{g,r}}{2} = \frac{650}{2} = 325 \text{ mm}$$

$$v_{m,r,uit} = \frac{Q_{m,r}}{A_r} = \frac{800}{1/4 \cdot \pi \cdot (D_{g,r}^2 - D_b^2)} = \frac{800}{1/4 \cdot \pi \cdot (650^2 - 169^2)} = 0,043 \text{ m/s}$$

$$v_{m,r,in} = \frac{Q_{m,r}}{A_p} = \frac{800}{1/4 \cdot \pi \cdot (D_p^2 - D_b^2)} = \frac{800}{1/4 \cdot \pi \cdot (300^2 - 169^2)} = 0,276 \text{ m/s}$$

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

$$p_{min,uit} = \left(\frac{14580 \cdot 0,009 \cdot 0,043}{(650 - 169)^2} + \frac{13,4}{(650 - 169)} \right) \cdot (313,26 - L) + 12 \cdot \Delta h_{uit} \quad (1)$$

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

$$p_{min,in} = \left(\frac{14580 \cdot 0,009 \cdot 0,276}{(300 - 169)^2} + \frac{13,4}{(300 - 169)} \right) \cdot L + 12 \cdot \Delta h_{in} \quad (2)$$

14.3 Tijdens intrekken

Locatie	$R_{p,max}$ [m]	$R_{p,min}$ [m]	Δh_{uit} [m]	ρ_{max} [N/mm ²]	p_{max} [bar] 6	p_{min} [N/mm ²]	p_{min} [bar] 7
Tv4	3,18	0,12	6,56	0,44	4,43	0,08 ⁽¹⁾	0,81
X10	3,80	0,08	7,78	0,26	2,63	0,10 ⁽¹⁾	0,96
X9	2,75	0,08	12,59	0,79	7,88	0,16 ⁽¹⁾	1,56
X8	1,97	0,05	14,56	0,84	8,41	0,18 ⁽¹⁾	1,80
X7	2,40	0,04	15,05	1,17	11,67	0,19 ⁽¹⁾	1,87
X6	1,88	0,04	15,81	0,97	9,72	0,20 ⁽¹⁾	1,97
X5	1,12	0,04	15,96	0,67	6,65	0,20 ⁽¹⁾	1,99
Tv3	2,50	0,06	16,25	1,07	10,67	0,20 ⁽¹⁾	2,03
X4	2,56	0,07	16,25	1,01	10,06	0,21 ⁽¹⁾	2,06
X3	2,57	0,08	16,25	0,99	9,95	0,21 ⁽²⁾	2,09
Tv2	2,59	0,08	16,25	0,98	9,76	0,21 ⁽²⁾	2,07
X2	1,21	0,07	16,06	0,57	5,67	0,20 ⁽²⁾	2,05
X1	2,14	0,08	13,80	0,68	6,85	0,18 ⁽²⁾	1,77
Tv1	3,09	0,13	6,56	0,49	4,93	0,09 ⁽²⁾	0,89

$$R_o = \frac{D_{g,r}}{2} = \frac{650}{2} = 325 \text{ mm}$$

$$v_{m,i,uit} = \frac{Q_{m,i}}{A_i} = \frac{600}{1/4 \cdot \pi \cdot (D_{g,r}^2 - D_o^2)} = \frac{600}{1/4 \cdot \pi \cdot (650^2 - 500^2)} = 0,074 \text{ m/s}$$

$$v_{m,i,in} = \frac{Q_{m,i}}{A_i} = \frac{600}{1/4 \cdot \pi \cdot (D_{g,r}^2 - D_b^2)} = \frac{600}{1/4 \cdot \pi \cdot (650^2 - 169^2)} = 0,032 \text{ m/s}$$

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

$$p_{min,uit} = \left(\frac{14580 \cdot 0,009 \cdot 0,074}{(650 - 500)^2} + \frac{13,4}{(650 - 500)} \right) \cdot (313,26 - L) + 12 \cdot \Delta h_{uit} \quad (1)$$

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

$$p_{min,in} = \left(\frac{14580 \cdot 0,009 \cdot 0,032}{(650 - 169)^2} + \frac{13,4}{(650 - 169)} \right) \cdot L + 12 \cdot \Delta h_{in} \quad (2)$$

15. Toetsing op implosie tijdens intrekken leiding(en)

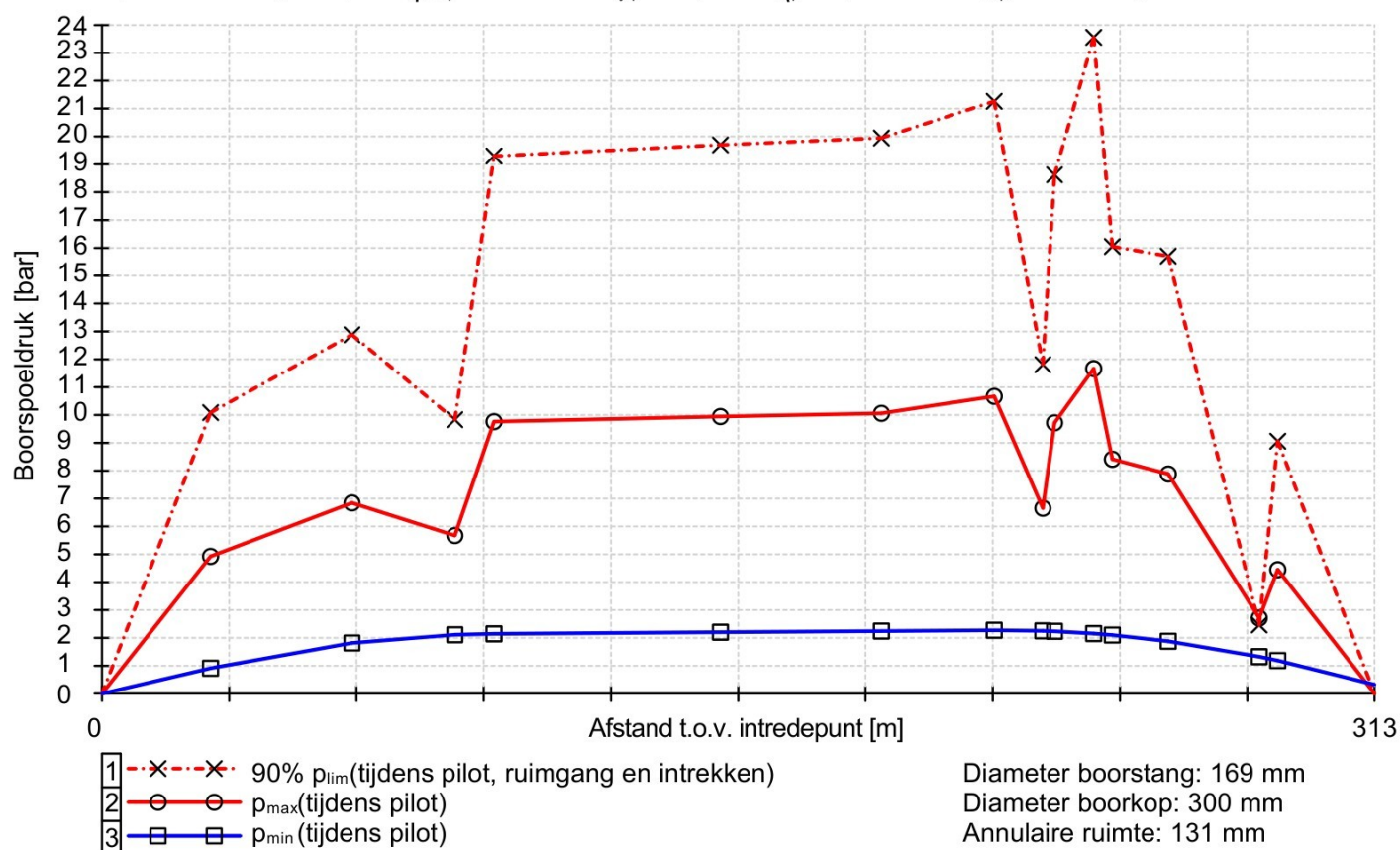
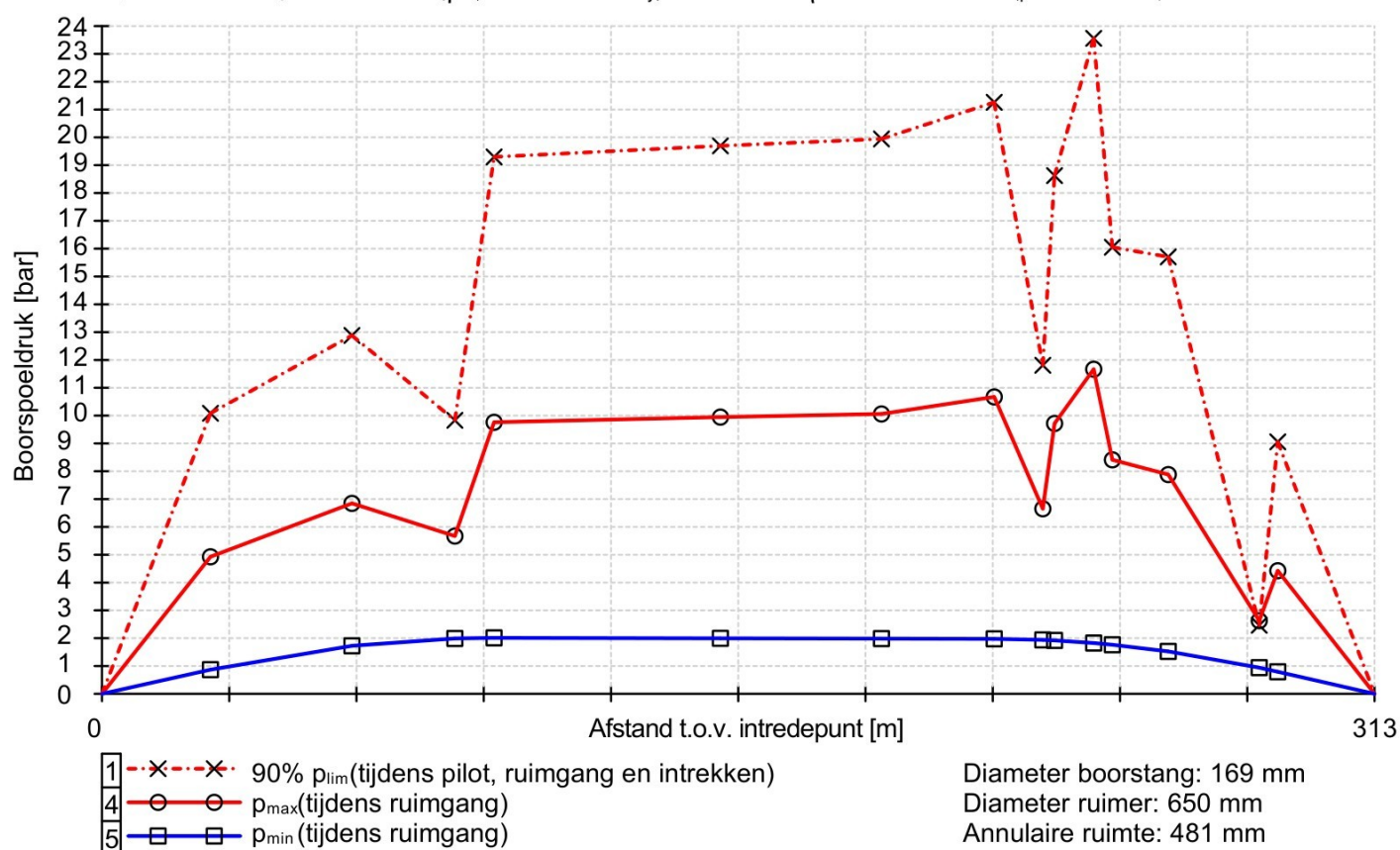
Locatie	p_{min} [N/mm ²]	$p_{o,kort}$ [N/mm ²]
Tv4	0,08	1,55
X10	0,10	1,55
X9	0,16	1,55
X8	0,18	1,55
X7	0,19	1,55
X6	0,20	1,55
X5	0,20	1,55
Tv3	0,20	1,55
X4	0,21	1,55
X3	0,21	1,55
Tv2	0,21	1,55
X2	0,20	1,55
X1	0,18	1,55
Tv1	0,09	1,55

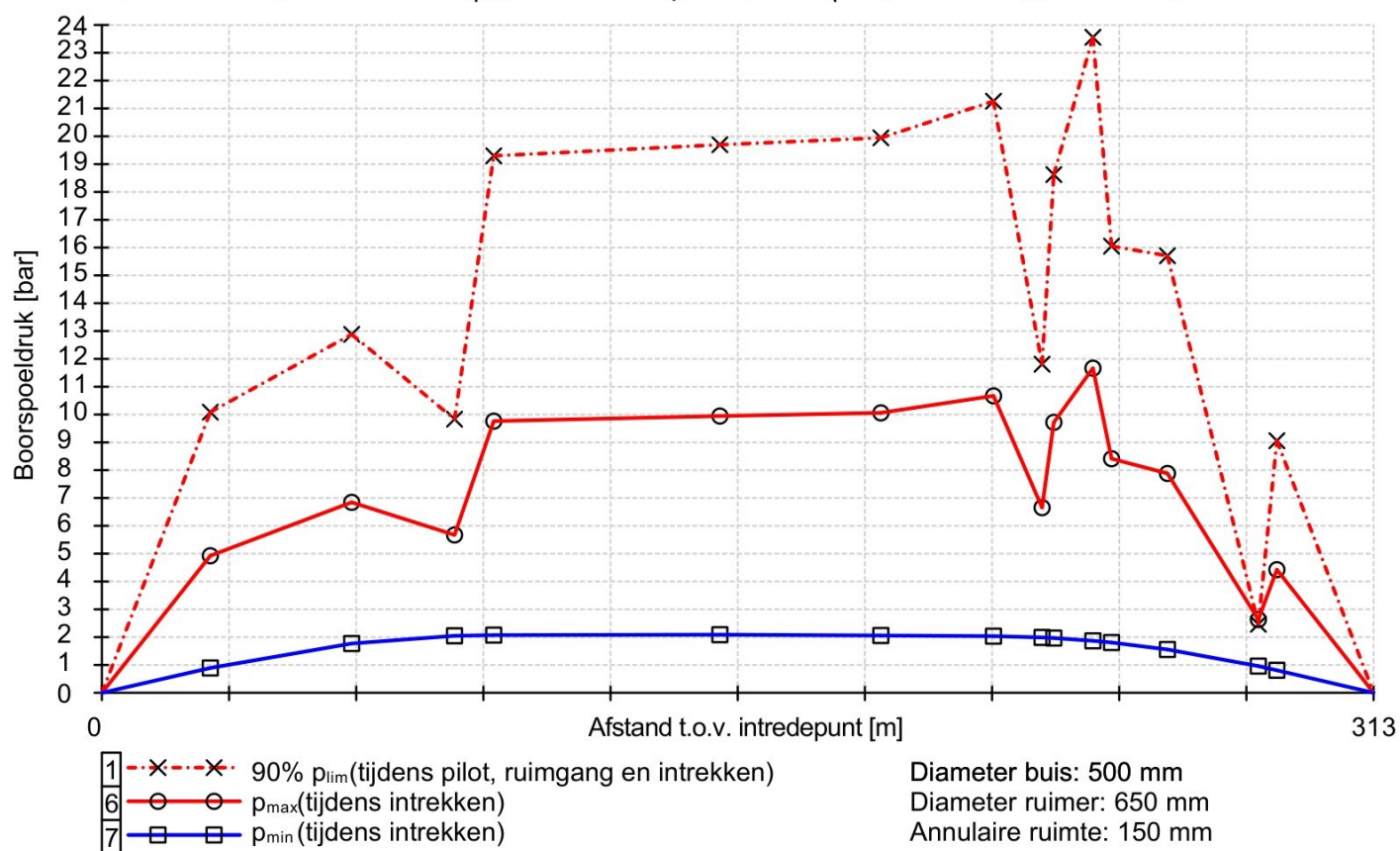
Veiligheidsfactor γ voor kortdurende onderdruk: $\gamma = 1,5$

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

$$p_{o,kort} = \frac{1}{1,5 \cdot (1 - 0,4^2)} \cdot \frac{24 \cdot 975,00 \cdot 7.849,70}{454,50^3} = 1,55 \text{ N/mm}^2$$

$$p_{min} \leq p_{o,kort} \rightarrow 0,21 \leq 1,55 \rightarrow \text{Voldoet}$$

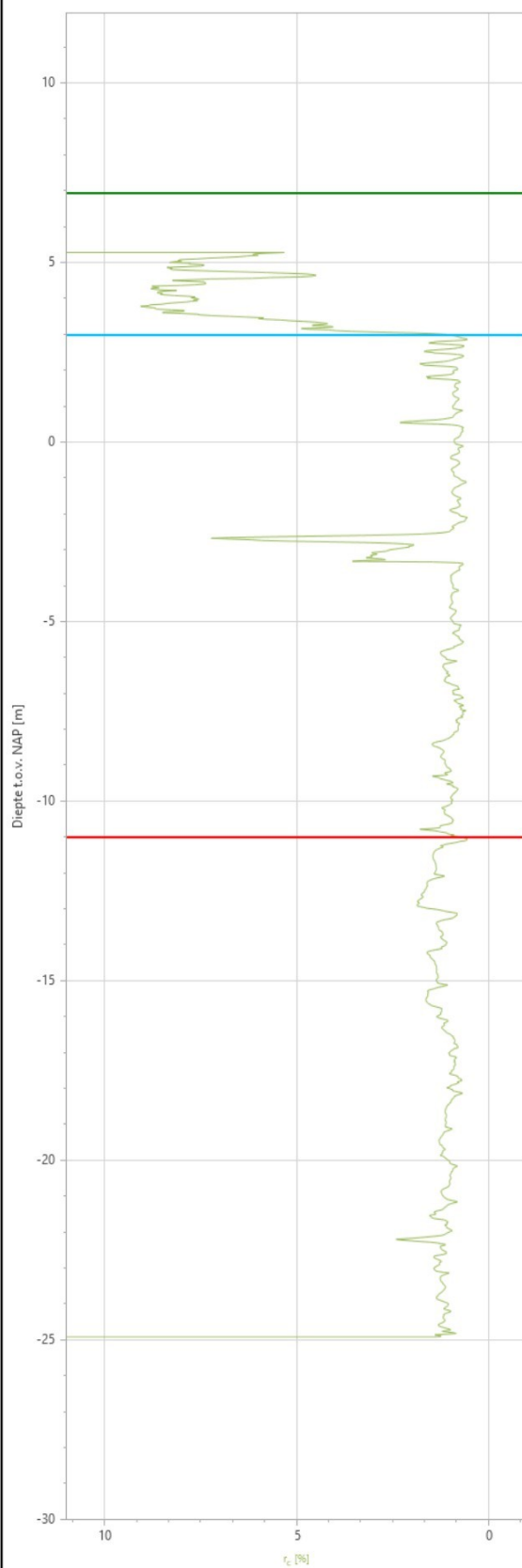
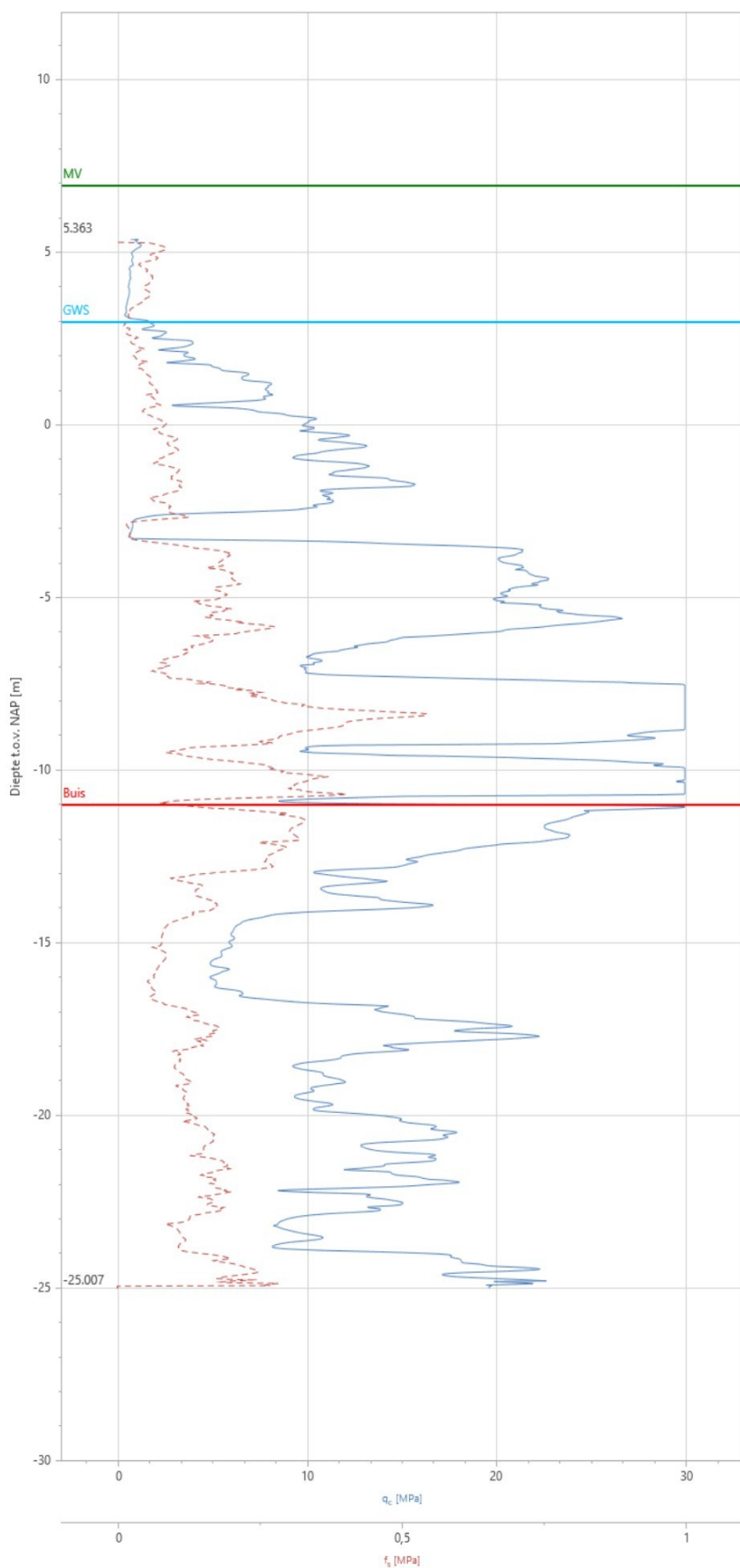
16.1 Boorspoeldrukken tijdens pilot ($\rho_{m,p} = 12 \text{ kN/m}^3$ / $\tau_{y,p} = 13,4 \text{ Pa}$ / $\eta_p = 0,009 \text{ Pas}$ / $Q_{m,p} = 500 \text{ l/min}$)16.2 Boorspoeldrukken tijdens ruimen ($\rho_{m,r} = 12 \text{ kN/m}^3$ / $\tau_{y,r} = 13,4 \text{ Pa}$ / $\eta_r = 0,009 \text{ Pas}$ / $Q_{m,p} = 800 \text{ l/min}$)

16.3 Boorspoeldrukken tijdens intrekken ($\rho_{m,i} = 12 \text{ kN/m}^3$ / $\tau_{y,i} = 13,4 \text{ Pa}$ / $\eta_i = 0,009 \text{ Pas}$ / $Q_{m,i} = 600 \text{ l/min}$)

CPT000000219513

Naam van het project : 2500405E Wijk bij Duurstede, Gemaal

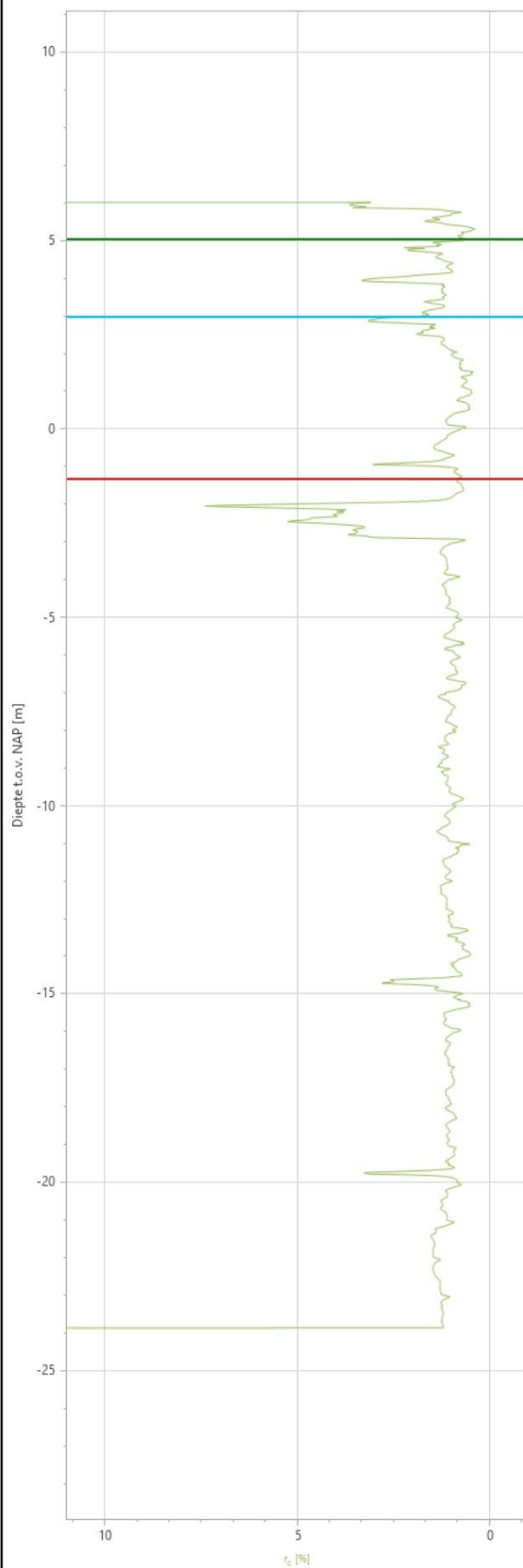
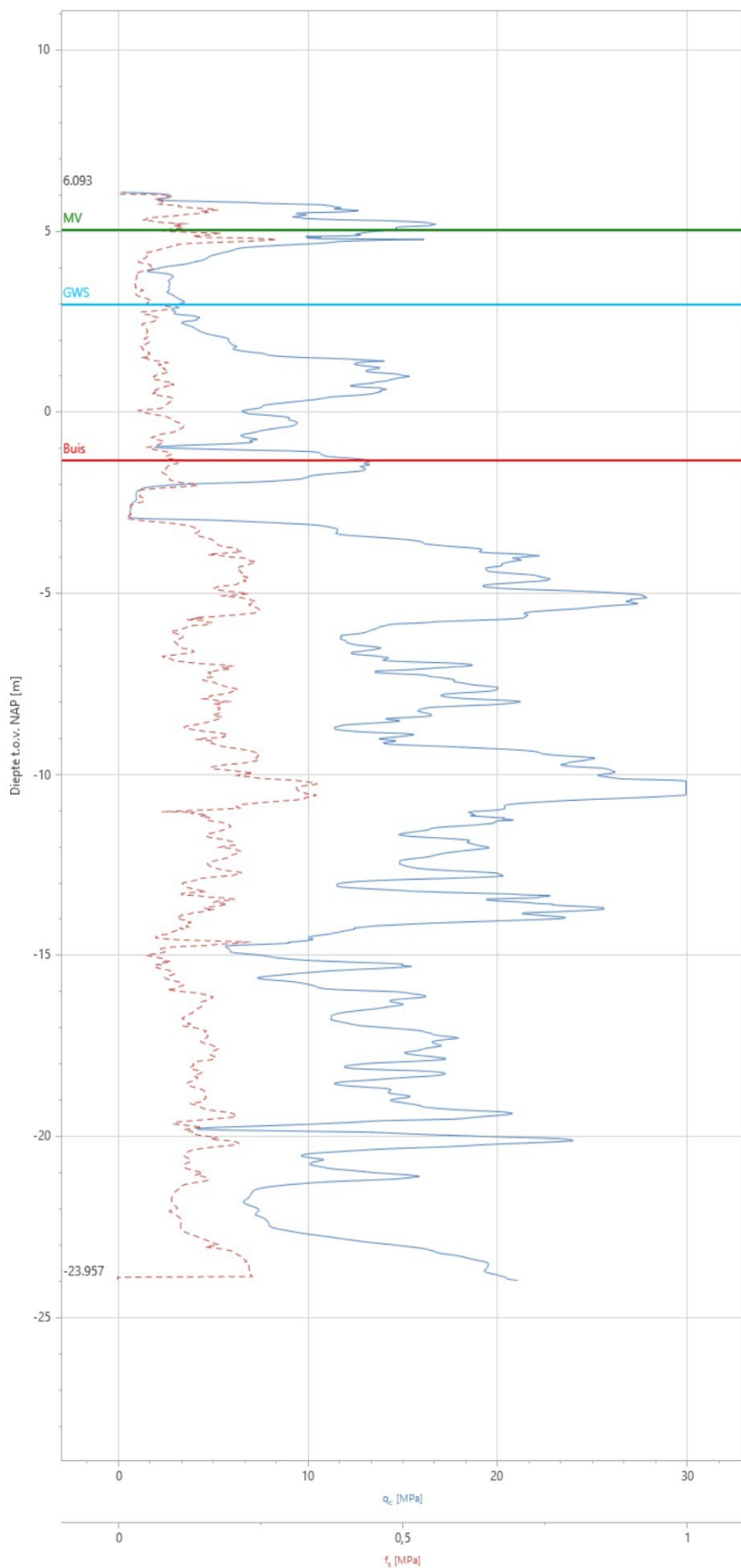
Projectonderdeel : HDD02



CPT000000219515

Naam van het project : 2500405E Wijk bij Duurstede, Gemaal

Projectonderdeel : HDD02



BIJLAGE D SPECIFICATIES MATERIEEL

PD50/45 – 50 ton HDD DRILLING RIG

CKB ST-C



50-ton drilling rig (10-2020)

Dimensions & Weight

- Transport (largest unit)	:	11 x 2,5 x 3 m
- During operation	:	ca. 6000 m ²
- HDD Drilling unit + HPP	:	22000 kg

HDD Drilling rig

- Max. torque	:	45 kNm
- Max. rod length	:	6 m
- Thrust / Pull back force	:	500 / 500 kN
- Angle of departure (to ground level)	:	10 - 30°

Rig Anchor

- Thrust & Pull	:	Sheet pilling
-----------------	---	---------------

Mud Plant

- Mixer type	:	MP 750
Capacity	:	60 m ³ /uur
- Recycling unit	:	R 1000 E
Capacity	:	1000 l/min
- High pressure pump	:	112 kW
Max. Flow / Max. Pressure	:	750 l/min / 60 bar

Down hole tools

- Drill pipes	:	4½IF NC50 S135 x 5m
- Min. radius standard / steering tool	:	R = 100 m ¹ / R = 220 m ¹
- Drill head type	:	bend sub + roller cone / jet bit
- Diameter Borehole pilot drilling	:	approx. 200-300 mm ¹

Display of parameters at the rig and in logbooks:

- Thrust / Pullback force	:	kN
- Torque	:	kNm
- Mud pressure (measurement at Rig related to calculations minus friction loss of approx. 0.1 to 0.3 bar)	:	bar
- Mud flow	:	l/min
- Drill pipe length drilling rods	: m	

BIJLAGE E SPECIFICATIES PLAATSBEPALINGSSYSTEMEN



Drillguide GST



6-5/8" - 170 mm Gyro Steering Tool specifications

Tool OD	6-5/8" – 170 mm
Tool length (shoulder/shoulder)	8,7' – 267 cm
Thread connection pin/box	4-1/2" IF
Recommended make-up torque	4-1/2" IF 24,000 ftlb – 32 kNm 4-1/2" REG 21,000 ftlb – 28 kNm GST collar 22,000 ftlb – 30kNm
Sensor(s) Accuracy	Azimuth 0.04° / Pitch 0.01° / Toolface 0.02°
Shoulder to sensor distance	27,5" – 70 cm
Net weight	660 lbs – 300 kg
Hole/drill bit size	7-7/8" / 10-5/8" – 200 - 250 mm
Minimum bending radius	490' – 150 mtr
Maximum flow rate	450 gl/min – 1700 ltr/min
Annular pressure sensor position (distance from pin shoulder)	8' – 244 cm
Annular pressure sensor range	0 to 870 psi – 6000 kPa – 60 bar
Maximum allowed inner mud pressure	1150 psi – 8000 kPa – 80 bar
Inner mud pressure sensor range	0 to 2175 psi – 0 to 15000 kPa – 0 to 150 bar
Maximum allowed torque (on tool housing)	22,000 ftlb – 30 kNm
Maximum allowed push/pull (on tool housing)	75.000 lb – 35 t
Maximum allowed temperature (on tool)	158° f – 70° c
Maximum allowed shock (on tool)	50 g (half sine wave)
Maximum allowed vibration (on tool)	20 g up to 200 Hz
Electric power (input on surface)	230V-50Hz / 110V-60Hz
Electric power (output to downhole tool)	56 Volts DC
Recommended downhole wireline	10 to 8 AWG – 6 or 10 mm ²

Browline tools

Methodeverklaring

Dit document beschrijft de procedure voor het gebruik van Browline tools, waaronder het Drillguide Gyro Steering Tool-systeem en GPS track om de richting en positie van de boorkop te meten tijdens de pilotfase van HDD-boringen.

Opgesteld door:

Browline bv

Versie: v1.4

Datum: Mei 2025

Inhoud

1.	Introductie Browline	3
2.	Introductie Drillguide GST	3
3.	Gyro Steering Tool werkwijze	3
3.1	Vorbereiding	3
3.2	Procedure.....	4
3.2.1	GST aan boorkop verbinden	4
3.2.2	GST kalibratie.....	5
3.2.3	Noordzoeken	5
3.3	Boren	5
4	GPS track werkwijze	6
4.1	Introductie.....	6
4.2	Planning	7
4.3	Voorschrift bij het gebruik van GPS track	7
5	Drillguide Autopilot	8
6	Na het boren.....	9
7	Veiligheid.....	9
	Bijlage 1: Productblad Drillguide GST.....	11
	Bijlage 2: Vereisten tekening en coördinaten	12
	Bijlage 3: Specificaties Gyro Steering Tool	14
	Bijlage 4: Product sheet GPS track.....	15
	Bijlage 5: Voorbeeld drilling report	16

1. Introductie Browline

Browline is in 1994 opgericht en focust zich op het ontwikkelen van innovatieve oplossingen voor de boorindustrie. Ons doel is om meetsystemen te ontwikkelen die betrouwbaar, nauwkeurig, en gebruiksvriendelijk zijn. Dit is nodig om in de alsmaar complexere ondergrondse infrastructuur te kunnen navigeren.

Onze missie is als volgt geformuleerd:

Met de groei van de wereldbevolking wordt de infrastructuur steeds complexer. Wij streven ernaar een toonaangevende rol te spelen in het verantwoord aanleggen van ondergrondse verbindingen, waarbij we het behoud van natuurlijke en stedelijke gebieden respecteren.

Door voortdurend in mogelijkheden te denken leveren we unieke diensten en producten van de hoogste kwaliteit. Innovatie en betrouwbaarheid staan altijd voorop, zodat onze klanten geen enkele concessie hoeven te doen aan hun beoogde eindresultaat.

We voelen ons verbonden met de mensen om ons heen en zetten ons in voor langdurige relaties. Samen creëren we een positieve impact. Wij zijn trots op wat we doen!

2. Introductie Drillguide GST

De Drillguide Gyro Steering Tool (GST) wordt gebruikt bij boringen waarbij de hoogst mogelijke nauwkeurigheid voor de positie van de boorkop vereist is. De tool wordt sinds begin 2005 dagelijks ingezet om te kunnen navigeren tijdens de pilotfase van horizontaal gestuurde boringen.

Zie Bijlage 1: *Productblad Drillguide GST* voor extra informatie en de voordelen van de tool.

3. Gyro Steering Tool werkwijze

3.1 Voorbereiding

Tekening en coördinaten

De Drillguide Gyro Steering Tool is ontworpen om boringen met de hoogste nauwkeurigheid mogelijk te maken zonder interferentieproblemen. Hiervoor is een nauwkeurige planning en exacte plaatsbepaling op locatie nodig.

Voor de planning is het belangrijk om te begrijpen dat de Gyro Steering Tool:

- de intredecocoördinaten als referentiepunt neemt voor alle metingen
- de uittredecocoördinaten als doelwit neemt

Tussen de in- en uittredepunten bevinden zich tangentpunten waar de verticale en horizontale bochten starten, eindigen, of veranderen. Met deze coördinaten wordt in onze software een 3D-ontwerp gebouwd.

Uiteraard is de nauwkeurigheid van deze coördinaten en de hoogte van zeer groot belang.

Zie Bijlage 2: *Vereisten tekening en coördinaten* voor gedetailleerde informatie.

Communicatie en stroomtoevoer

Voor communicatie en stroomtoevoer loopt een enkele wireline (6 mm², of 10 mm² bij lengtes groter dan 1000 meter) van de GST achter de boorkop door de boorstreng naar de boormachine. De stroomtoevoer vanaf het intredepunt is 56V DC.

Trillingen

In hardere grondslag is mogelijk een schokbreker nodig om schokken en trillingen terug te brengen tot onder het vereiste niveau (max. 20 g).

GST tool types

Afhankelijk van de eisen van de klant, de grondslag, de boormachine en de boorstangen zal een Drillguide GST geselecteerd worden die het beste past binnen de parameters van de boring.

Zie Bijlage 3: *Specificaties Gyro Steering Tool* voor gedetailleerde informatie voor elk van onze GST types en maten. Hierin staan maximale waarden voor muddruk, temperatuur, torque etc.

3.2 Procedure

3.2.1 GST aan boorkop verbinden

Ten eerste wordt de complete BHA in elkaar gezet en worden de verbindingen gemaakt volgens de gestelde torque die in Bijlage 3 te vinden is. Als de assembly aan elkaar zit, wordt deze van de boormachine gehaald om de GST te kunnen kalibreren.

3.2.2 GST kalibratie

De Gyro Steering Tool moet gekalibreerd worden op V-blokken en met de boorkop eraan. Met deze procedure wordt de tool gecontroleerd en gekalibreerd en wordt high side (12 uur) ingesteld.

Kalibratie bestaat uit enkele stappen en duurt in totaal ongeveer 30 minuten. Nadat deze procedure is afgerond, wordt de assembly terug op de machine geplaatst en wordt de positie van het bit gecontroleerd met de gegeven intredecocoördinaten.

Als er een mudmotor gebruikt wordt, dan is de assembly vaak te lang om op bovenstaande manier te kalibreren. In dat geval wordt de high side positie van de mudmotor gemarkeerd op de GST om deze te kunnen kalibreren zonder de mudmotor eraan.

3.2.3 Noordzoeken

Voor het boren is het nodig om 12 minuten lang te noordzoeken. Tijdens dit noordzoeken moet de boorstreng stil liggen.

Deze 12 minuten lange procedure moet standard iedere twee uur herhaald worden, of vaker als dat door surveyor of control room gevraagd wordt.

3.3 Boren

Stanglengtes

Voor het boren moet het aantal boorstangen geteld worden. Iedere stang dient gemeten en genummerd te worden om de exacte geboorde lengte te kunnen waarborgen. Om nauwkeurigheid te kunnen garanderen bij langere stangen wordt een “measurement factor” gehanteerd:

Stanglengtes < 5.1m	; één meting per stang
Stanglengtes >5.1m, <7.0m	; twee metingen per stang
Stanglengtes >7.0m	; drie metingen per stang.

Bij meerdere metingen per stang zullen de metingen gewoonlijk iedere 3 meter genomen worden met de restlengte als laatste. Indien gewenst kan er ook met de restlengte begonnen worden.

De eerste stang is een uitzondering. Om een nauwkeurige eerste lengte te kunnen vaststellen, wordt de positie van de sensor in de tool gemarkeerd. Dit gemarkeerde punt wordt dan naar het intredepunt (op maaiveldhoogte) geduwd. Dan wordt de resterende stanglengte op de machine gemeten. Deze resterende lengte dient als de eerste stanglengte.

GST metingen

Tijdens het boren kunnen de surveyor en de boormeester voortdurend de positie van de tool zien ten opzichte van de theoretische boorlijn. De Drillguide Gyro Steering Tool stuurt voortdurend azimuth- en pitchmetingen naar het oppervlak en de software berekend voortdurend de nieuwe richting van het bit. De nieuwe positie wordt getoond nadat de meting is gemaakt.

De gemeten positie is ook zichtbaar terwijl de stang bewogen of geroteerd wordt, waardoor een vloeiende boorlijn gemaakt kan worden en er amper wachttijd is voor het meten, met als resultaat een efficiënt boorproces.

Op de meetpunten (iedere 3 m + einde boorstang), moet de boorkop op high side gezet worden voor verificatie. Het nemen van een meting (survey) duurt slechts enkele seconden en direct daarna kan het boren hervat worden.

De boormeester en surveyor kunnen voortdurend de gemeten positie vergeleken met het theoretische profiel zien, wat in normale omstandigheden slechts marginale afwijkingen toelaat.

Indien de boorkop een andere boorlijn volgt door de grondslag of andere omstandigheden, dan zal de boormeester voortdurend de afwijking van de geplande lijn zien. In deze situaties zal de surveyor met de klant overleggen en bespreken hoe er verder geboord kan worden. Hierbij wordt rekening gehouden met de geboorde radius en ontwerpradius en de verwachte afwijking. De klant is verantwoordelijk voor het informeren over maximaal toelaatbare afwijkingen. Browline is verantwoordelijk voor het meten en voor het informeren over gemeten afwijkingen, indien deze geconstateerd worden.

4 GPS track werkwijze

4.1 Introductie

Door de Gyro Steering Tool met GPS track te combineren kunnen aanvullende controles op de boorlijn uitgevoerd worden. Dit zorgt voor volledige controle bij het uittredepunt, waardoor een punch-out op de centimeter nauwkeurig mogelijk is. Door GPS track te gebruiken op punten die over de hele boorlijn verspreid liggen, worden de risico's voor de boring in zijn geheel verminderd.

4.2 Planning

Voor de boring gestart wordt, heeft de surveyor een planning voor de GST voorbereid op basis van intredepunt, tangentialpunten en uittredepunt. Deze informatie wordt door de klant aangeleverd in WGS84 en grid (optioneel). Tijdens deze voorbereiding kunnen ook de mogelijke GPS track controlepunten aangewezen worden.

Op basis van de beschikbare informatie en Google Earth satellietbeelden zullen enkele controlepunten gepland worden, waarvan de coördinaten genoteerd worden.

Tijdens het voorbereiden van de GPS track punten moet de surveyor zich bewust zijn van de manier van meten en waar magnetische interferentie de nauwkeurigheid kan beïnvloeden.

Op deze controlepunten wordt compacte apparatuur op het maaiveld geplaatst om de positie van de tool onder de grond te kunnen meten. De GPS track apparatuur kan met de hand gedragen worden en kan van het ene naar het andere punt verplaatst worden als meerdere controles nodig zijn.

De apparatuur voor op het maaiveld moet met drie stelvoeten worden afgesteld totdat het display aangeeft dat de unit waterpas staat. De controlekoffer voor de unit op het maaiveld is met een speciale kabel verbonden. Het deksel van de koffer moet in het veld te allen tijde dicht zijn, tenzij handmatige invoer nodig is. In de meeste gevallen hoeft de koffer ook bij het maken van een shot niet open te staan.

4.3 Voorschrift bij het gebruik van GPS track

Afhankelijk van alle factoren is het gewoonlijk de bedoeling om GPS track op meerdere punten te gebruiken, om de risico's te verkleinen en bij lange boringen tevens de nauwkeurigheid te vergroten. Om de nauwkeurigheid van de boring te verhogen is het aanbevolen om rekening te houden met de volgende richtlijnen.

- Het eerste GPS track punt moet genomen worden **in de eerste 40-75 meter na intrede**. Hiermee worden fouten vastgesteld die tijdens de voorbereiding zijn gemaakt:
 - Correcte intredecoördinaten
 - Correcte eerste stanglengte
 - Correcte stanglengte
 - Correct aantal geboorde stangen
 - Correcte versie van de ontwerptekening

Browline

- Door **vaker GPS track shots te nemen** zal er op een veiligere manier geboord worden. Er zijn ook minder handelingen nodig (bijvoorbeeld terugtrekken en sidetracking) als vastgesteld wordt dat er een fout is gemaakt.
- Het nemen van een GPS track shot voor het starten van de verticale bocht richting uittrede zorgt voor een controle op de geboorde lengte tot op dit punt. Door hier een shot te nemen wordt het risico om de curve te vroeg of te laat te starten geminimaliseerd.

De klant is verantwoordelijk voor het verplaatsen en veilig neerzetten van de apparatuur op het maaiveld. De nauwkeurigheid van de geplande in- en uittredecoördinaten vallen ook onder de verantwoordelijkheid van de klant.

De aangegeven locaties moeten door de surveyor of door een landmeter uitgezet worden voor of tijdens de boring. Voordat de boring onder deze locatie passeert, moet de GPS track apparatuur op het maaiveld geplaatst worden.

Wanneer de boorkop een gepland GPS track punt nadert, activeert de surveyor de GPS track functie in de software en wordt een shot genomen. Dit duurt slechts enkele seconden en daarna ziet de surveyor direct de gemeten positie op het scherm. Er kan meteen verder geboord worden en de surveyor evalueert of er correcties nodig zijn.

De surveyor ontvangt alle data van de gyro en van GPS track. Door data van deze twee meettechnieken te combineren, kan de surveyor de nauwkeurigheid van het ondergronds navigeren verhogen.

Zie Bijlage 4: *Product sheet GPS track* voor meer informatie.

5 Drillguide Autopilot

Als aanvulling op “surveyor on site”, biedt Browline ook een dienst aan zonder dat een surveyor op locatie de boring inmeet. Dit is Drillguide Autopilot: een intelligente software-oplossing die het mogelijk maakt om met de GST te boren zonder een surveyor op locatie. De principes van de GST en GPS track zoals in deze methodeverklaring beschreven zijn hierbij onveranderd. Hoewel er geen surveyor op locatie aanwezig is, worden de projecten gemonitord vanuit de Browline control room. Vanuit deze ruimte biedt een team van experts onmiddellijke ondersteuning aan de boorploeg ter plaatse.

De boorploeg zal getraind worden om de software te bedienen en om op locatie de fysieke handelingen uit te voeren, zoals het uitzetten van GPS track punten. De boorploeg wordt ook geïnformeerd over hoe ze contact kunnen opnemen met de control room als er ondersteuning nodig is.

6 Na het boren

Tools breken

Het breken van de tools betekent het loskoppelen van de bottom hole assembly van de boorstreng. Net als het aankoppelen van de tools, moet dit zorgvuldig gebeuren.

De tools worden in delen gebroken en in de onderstaande volgorde:

- Eerste deel: het bit tot en met het sondehuis
- Tweede deel: de tool (GST)
- Derde deel: de crossover

Omdat het breken van de tool grote risico's met zich meebrengt, is het essentieel dat de surveyor bij het uittredepunt aanwezig is om erop toe te zien dat het breken correct gebeurt.

Als er geen surveyor op locatie is, bijvoorbeeld als er met Autopilot geboord wordt, dan moet de boorploeg geïnformeerd worden over hoe dit proces in zijn werk gaat.

Als de tools op de verkeerde plek of zonder de juiste uitlijning worden gebroken, dan kan dit ernstige schade veroorzaken. De klant is verantwoordelijk om de juiste stappen te nemen in deze procedure.

Asbuilt

Na het afronden van de pilotboring stuurt de surveyor een voltooid projectbestand naar de afdeling Planning. Hiermee wordt dan een rapportage gemaakt met de exact gemeten waarden. De afdeling Planning stuurt deze rapportage naar de klant. Deze gegevens kunnen dan gebruikt worden om een asbuilt-plot van de geboorde lijn te creëren.

Zie Bijlage 5: *Voorbeeld drilling report* om te zien hoe deze rapportage eruit ziet.

7 Veiligheid

Bij alle activiteiten van Browline staat de veiligheid en gezondheid van medewerkers en derden voorop, om letsel en (milieu)schade te voorkomen.

Medewerkers worden gemotiveerd om zich bewust te zijn van veiligheidsrisico's voor zichzelf en anderen, en om elkaar aan te spreken bij aandachtspunten over veiligheid. Met trainingen, toolbox-bijeenkomsten en werkplekinspecties wordt de veiligheid van de surveyors gewaarborgd.

Browline volgt te allen tijde de wettelijke regelgeving en veiligheidsnormen. Alle surveyors beschikken over geldige VCA-diploma's en GPI-certificaten.



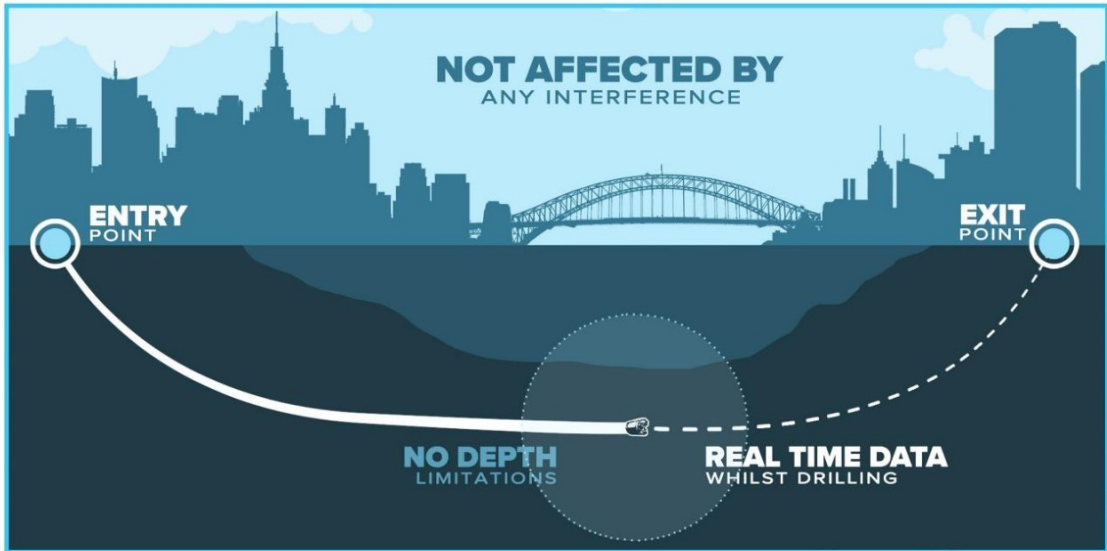
Browline

Browline zal ook projectspecifieke veiligheidseisen opvolgen. De klant draagt hierbij verantwoordelijkheid voor het tijdig informeren van Browline zodat de juiste maatregelen getroffen kunnen worden.

Bijlage 1: Productblad Drillguide GST

**Drillguide**

Gyro Steering Tool



Browline's Drillguide Gyro Steering Tool (GST) allows for any HDD project to be completed with extreme accuracy, in a safe and cost efficient manner. Whether a project involves installing underground utilities in congested or remote and nearly inaccessible areas, under lakes, rivers or roads or in environmentally sensitive areas; the Drillguide GST is the best option for any HDD project.

The Drillguide GST provides continuous measurement while drilling, requires no surface access and has no restriction on depth. The industry leading sensor technologies (0.04° on Azimuth and 0.01° on Pitch), have been developed to achieve higher accuracy and to eliminate many of the problems associated with conventional measurement systems. The tool distinguishes itself from all other conventional HDD steering systems and locators.

Tool benefits

- Industry leading technology and accuracy
- Since 2004, thousands of successful projects completed
- Uses true north. Unaffected by any type of magnetic anomalies
- Requires no surface access (no grid on surface)
- Easily calculates combined horizontal and vertical curves
- Reduces abrupt course corrections and lowers stress during pullback
- Fast setup for safe and cost effective operations
- No inaccurate/questionable surveys due to depth restrictions
- Inner and annular pressure monitoring mitigates inadvertent returns
- Real-time monitoring on a driller friendly display

Browline

Duurzaamheidsring 180
4231EX Meerkerk
The Netherlands

+31 (0) 183 353 824
info@drillguide.com
www.drillguide.com



Bijlage 2: Vereisten tekening en coördinaten

Vereisten aan tekening

De belangrijkste vereiste is een tabel met daarin het intredepunt, het uitredepunt, en alle verticale en horizontale tangentialpunten, met bijbehorende coördinaten en hoogte. Zonder coördinatenlijst kunnen we geen bestand aanmaken in onze software. Let hierbij op het volgende:

- Geef aan welk lokaal coördinatenstelsel (grid) er gebruikt wordt, bijv. RD, Lambert08, Gauss-Krüger Zone 3, ETRS89_UTM32, etc.
- Hoogte moet relatief zijn ten opzichte van het lokale referentiesysteem, bijv. NAP, NN Höhe etc.
- Hoogte voor in- en uitredepunt moet op maaiveldniveau ingemeten worden, niet op de bodem van de put.
- De coördinaten en hoogte voor in- en uitrede moeten altijd gecontroleerd en geverifieerd worden door een landmeter voor er met de boring gestart wordt.

De tekening moet een bovenaanzicht en een zijaanzicht (profiel) van het boortraject bevatten, aangevuld met de volgende informatie:

- Duidelijk aangegeven welke kant intrede en welke kant uitrede is
- Geboorde lengte tot tangentialpunten en tot regelmatige intervallen
- Horizontale afstand over het maaiveld tot tangentialpunten en regelmatige intervallen
- Intredehoek en uitredehoek
- Maaiveldhoogte
- Indien van toepassing, hoogteverloop van het maaiveld
- Horizontale, verticale en gecombineerde radii van alle bochten
- No-drill zones, kabels en leidingen en andere obstructies
- Specificatie productleiding: materiaal, buitendiameter en minimaal toegestane radius.

Houd bij het ontwerpen van de boorlijn rekening met de volgende beperkingen wat betreft onze tools:

- De eerste en laatste geboorde secties moeten minstens 5 meter recht zijn.
- Radius van de bochten mag niet kleiner zijn dan de minimale radius voor onze tool (zie Bijlage 3: Specificatie *Gyro Steering Tool*)

Voorbeeld

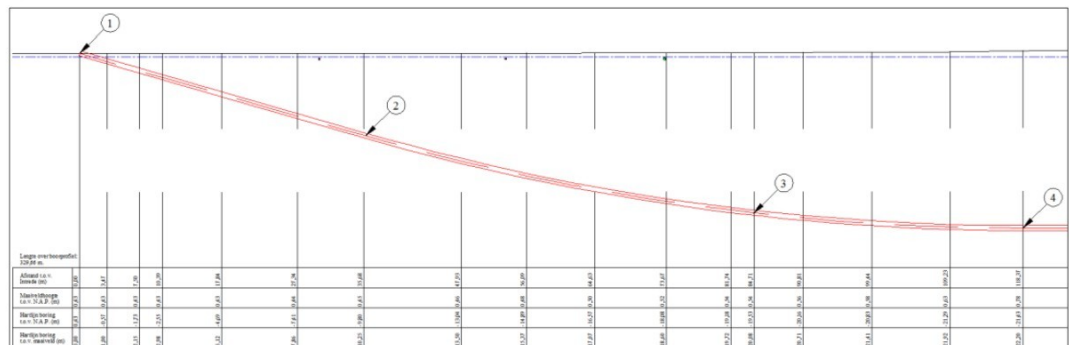
Hieronder volgt een voorbeeld van een coördinatenlijst en een deel van een zij- en bovenaanzicht. In dit voorbeeld geven tangentialpunten 2 en 4 het begin en einde van een verticale bocht aan en geeft tangentialpunt 3 het begin van een horizontale bocht aan.

Voorbeeld van een coördinatenlijst:

#	Omschrijving	X-Coördinaat	Y-Coördinaat	Z-Hoogte
1	Intredepunt	13992.74	373467.53	-0.43
2	Start R verticaal (omlaag)	14019.51	373443.94	-9.8
3	Start R horizontaal	14133.27	373319.76	-19.53
4	Einde R verticaal (omlaag)	14080.57	373388.22	-21.43
5	Start R verticaal (omhoog)	14134.21	373318.25	-21.43
6	Einde R horizontaal	14183.26	373255.06	-10.53
7	Einde R verticaal (omhoog)	14185.03	373253.20	-9.8
8	Uittredepunt	14209.31	373227.67	+0.03

Voorbeeld van verticale (② & ④) en horizontale (③) tangentialpunten

Zijaanzicht:



Boven-
aanzicht:



Bijlage 3: Specificaties Gyro Steering Tool

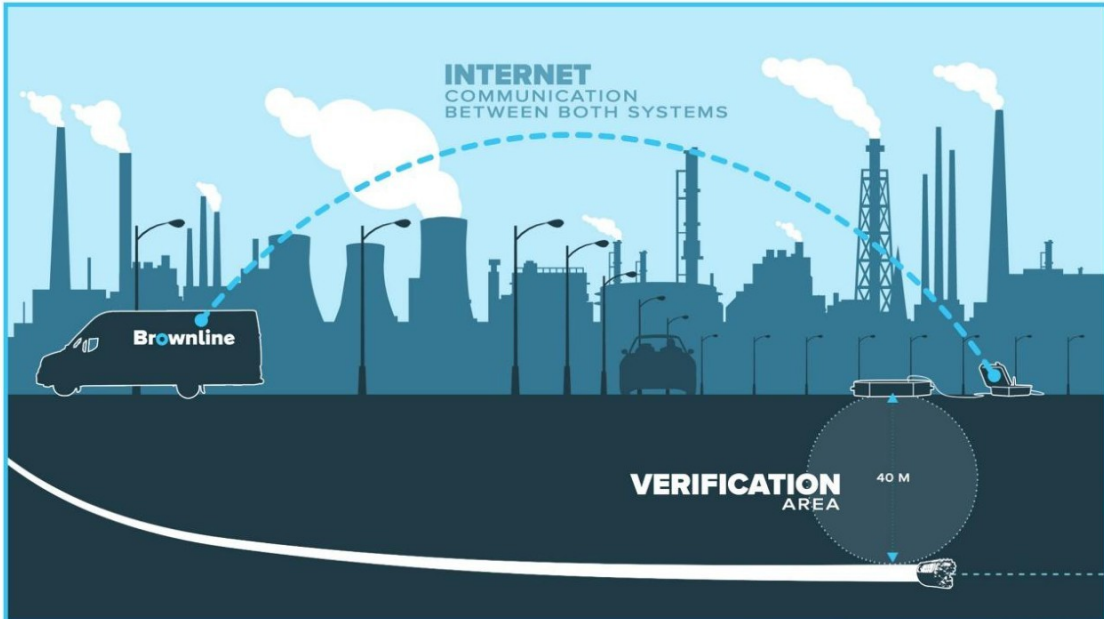
GST	146	146 Plus	146 GST2	152 Plus	152 GST2	170	170 Plus	170 GST2	215	215 Plus	215 GST2	245
Outer diameter	146 mm			152 mm		170 mm			215 mm			245 mm
Bit size	6 3/4"			7"-7 1/2"		7 7/8"-10 5/8"			10 5/8"-12 1/4"			12 1/4"-17 1/2"
Thread connection	4 1/2" REG					4 1/2" IF			6 5/8" FH			
Recommended makeup torque	12 kNm		15 kNm	18 kNm		28-32 kNm	32-40 kNm		57-77 kNm	77 kNm		90 kNm
Maximum allowed torque during operations	10 kNm		12 kNm	16 kNm		25 kNm	30 kNm		50 kNm	70 kNm		80 kNm
GST length	213 cm	270 cm	273 cm	270 cm	320 cm	267 cm	325 cm	331 cm	265 cm	328 cm	333 cm	275 cm
Jetting assembly length	260 cm					8 1/2" bit: 260 cm 9 7/8" bit: 285 cm			275 cm		n/a	
GST weight	170 kg	210 kg	220 kg	260 kg	260 kg	280 kg	360 kg	340 kg	525 kg	630 kg	615 kg	700 kg
Jetting assembly weight	260 kg		260 kg	305 kg		350-450 kg			600-630 kg			
Minimum bending radius	100 m					150 m			180 m		200 m	
Maximum allowed push/pull	15 t			20 t		35 t			50 t			
Maximum allowed mud pressure	70 bar		150 bar	70 bar	150 bar	70 bar	150 bar		80 bar	150 bar		80 bar
Maximum allowed vibration	20 g											
Maximum allowed temperature	70 °C											
Electric power input on surface	230V 50Hz / 110V 60Hz											
Electric power output to GST	56V DC											
Sensor accuracy	Azimuth 0.04°, Pitch 0.01°, Toolface 0.02°											

Bijlage 4: Product sheet GPS track



GPS track

Surface tracking technology



The increasing demand for longer drills requires a solution for combining an already accurate and straight drill path with an accurate punch out. To mitigate these challenges, Brownline has developed the GPS track system. The system uses the technologies of the GPS track and Drillguide GST for secondary verification of the location of the drilling assembly.

Browline's GPS track incorporates industry leading technology (accuracy of 1.5% of depth) which allows for additional verifications of the drill trajectory along the bore path and centimeter-accurate punch out location.

Using predetermined, and surveyed, positions along the bore path, the portable and easy to use GPS track system is activated. The active communication between the system and the computer software provide real-time monitoring which ensures an accurate calculated position of the system.

Tool benefits

- Centimeter-precise punch out at the exit point
- Secondary verification to avoid underground objects
- Active communication with surveyor
- Portable & easy to operate

Browline

Duurzaamheidsring 180
4231EX Meerkkerk
The Netherlands

+31 (0) 183 353 824
info@drillguide.com
www.drillguide.com



Bijlage 5: Voorbeeld drilling report

DRILLING REPORT



Client Name:													
Surveyor:													
Project Number:													
First Date:													
Place:													
Grid: DUTCH_GRID													
Nr	X(m)	Y(m)	Z(m)	Easting(m)	Northing(m)	Depth (m)	Pitch (°)	Azimuth (°)	Minimum Mud Pressure (bar)	Maximum Mud Pressure (bar)	Average Mud Pressure (bar)	Total Length (m)	
0	0.00	0.05	-0.20	218785.92	585154.57	-0.95	-18.19	265.08	0.00	0.80	0.40	0.00	
1	2.61	0.04	-1.06	218783.32	585154.31	-1.81	-18.19	265.08	0.00	0.80	0.40	2.75	
2	7.37	0.02	-2.60	218778.59	585153.84	-3.35	-17.64	265.14	0.50	0.70	0.60	7.75	
3	12.13	0.00	-4.11	218773.85	585153.37	-4.86	-17.42	265.01	0.50	0.70	0.60	12.75	
4	16.91	-0.03	-5.60	218769.10	585152.89	-6.35	-17.21	264.94	0.60	0.90	0.75	17.75	
5	21.69	-0.05	-7.06	218764.34	585152.42	-7.81	-16.23	265.31	0.80	1.20	1.00	22.75	
6	26.50	-0.06	-8.43	218759.55	585151.96	-9.18	-15.41	265.19	1.00	1.40	1.20	27.75	
7	31.33	-0.07	-9.70	218754.74	585151.49	-10.45	-13.36	265.27	1.20	1.70	1.45	32.75	
8	36.21	-0.07	-10.82	218749.89	585151.03	-11.57	-12.00	265.42	1.40	1.90	1.65	37.75	
9	41.11	-0.07	-11.81	218745.01	585150.57	-12.56	-10.27	265.19	1.60	2.30	1.95	42.75	
10	46.03	-0.08	-12.67	218740.11	585150.09	-13.42	-9.27	265.14	2.00	2.40	2.20	47.75	
11	50.97	-0.11	-13.43	218735.19	585149.60	-14.18	-7.89	264.94	2.10	2.70	2.40	52.75	
12	55.93	-0.14	-14.08	218730.26	585149.10	-14.83	-6.62	265.03	1.10	2.50	1.80	57.75	
13	60.90	-0.17	-14.62	218725.31	585148.60	-15.37	-5.15	264.94	1.30	1.90	1.60	62.75	
14	65.89	-0.21	-15.00	218720.35	585148.09	-15.75	-3.00	264.74	1.20	2.10	1.65	67.75	
15	70.88	-0.25	-15.22	218715.39	585147.58	-15.97	-1.29	265.21	1.20	2.30	1.75	72.75	
16	75.88	-0.25	-15.29	218710.41	585147.10	-16.04	0.09	265.35	1.50	2.00	1.75	77.75	
17	80.88	-0.25	-15.27	218705.43	585146.63	-16.02	0.36	265.47	1.40	2.00	1.70	82.75	

BIJLAGE F SPECIFICATIES BOORSPOELING



De Bentonietfabriek B.V.

Ampèreweg 17 | 3442 AB Woerden | +31 348 44 14 99 | debentonietfabriek.com

EU SAFETY DATA SHEET In accordance with 91/155/EWG

Print date 09.01.2018

Revised on 09.01.2018

Product name Bentoniet - HV

1. Material/preparation and company designation

- Product name Bentoniet - HV
- Manufacturer/Supplier
De Bentoniet Fabriek BV
Ampereweg 17
3442 AB Woerden
Tel: +31 348 44 14 99

2. Composition/details of components

- **Chemical characteristics**
- **Description:** mixture of the following listed materials
- **Dangerous contents:**
- | CAS No. | Description |
|------------|------------------|
| 1302-78-9 | Bentonite |
| 39421-75-5 | Modified Polymer |
- **Additional information:** none

3. Possible dangers

- **Danger designation:** none
- **Special information concerning danger to humans or the environment:** none
- **Classification system:**
The classification corresponds to the current EU lists, but is supplemented by information from technical literature and company information.

4. First aid measures

- **General information:**
If symptoms occur, or if in doubt, seek medical help
- **On inhalation:**
Ensure a source of fresh air, in case of difficulty, seek medical help
- **On contact with the skin:**
Wash with water and soap, rinse well
- **On contact with the eyes:**
Keep eyelids open and rinse with copious amounts of clean, running water. Consult doctor
- **If swallowed:**
Wash mouth out and drink plenty of water. If patient continues to complain, consult doctor.



De Bentonietfabriek B.V.

Ampèreweg 17 | 3442 AB Woerden | +31 348 44 14 99 | debentonietfabriek.com

(continued from page 1)

5. Fire fighting measures

- **Suitable extinguishant:**
The product itself does not burn. Determine fire extinguisher measures to suit environment
- **Unsuitable extinguishants for safety reasons**
Jet of water
- **Special danger due to the material, its combustion products or released gases:**
No details
- **Special protective equipment:**
No special measures required.

6. Measures for unintentional release

- **Human related preventive measures:**
Avoid the formation of dust
When mixed with water the product creates slippery surfaces
- **Environmental measures**
Do not allow product to flow into water conduits, surface water or ground water.
- **Procedures for cleaning/removal:**
Collect dried material mechanically
Supply recovered material or waste in suitable containers

7. Handling and storage

- **Handling**
- **Advice on safe handling**
Efficient dust removal:
Use only in well-ventilated areas
- **Advice on protection against fire and explosion**
No special measures required
- **Storage**
- **Requirements for warehouses and containers:**
No special measures required
- **Advice on storage with other materials**
Do not store with oxidants
- **Further advice on storage conditions**
Keep containers tightly shut. Store in a cool, dry place
- **Storage class**
- **VbF class:** none

8. Exposure and personal protective equipment

- **Components with work place related restrictions that must be monitored:**

CAS No.	Description	%	Type	Value	Unit
	General dust limitation value		MAK	6 F	mg/m ³



De Bentonietfabriek B.V.

Ampèreweg 17 | 3442 AB Woerden | +31 348 44 14 99 | debentonietfabriek.com

- **Additional information**

The basis for this is the lists drawn up when the document was created

- **Personal protective equipment**

- **General protection and hygiene measures:**

The general protective measures for handling chemicals should be observed.

Keep away from, foodstuffs, drinks, and feedstuffs.

Clean skin thoroughly after work and before breaks

- **Breathing protection**

wear breathing protection in dusty conditions.

- **Hand protection**

wear neoprene or nitrile protective gloves.

- **Eye protection**

wear tightly fitting, dust-proof glasses.

9. Physical and chemical characteristics

- **Form:** Powdery
- **Colour:** greyish/yellowish
- **Smell:** no smell

	Value/Range	Unit	Method
• Change of state			
• Melting point/melting range:	not determined		
• Boiling point/boiling range :	not determined		
• Flash point	not used		
• Ignition temperature :	not flammable material		
• Decomposition temperature :	no information		
• Self ignition temperature :	The product cannot self-ignite		
• Danger of explosion	There is no danger of explosion from the product		
• Vapour pressure : at 20°C	not determined		
• Density : at 20°C	2.3-2.6	kg/l	
• Solubility in/miscible with water	insoluble		
• PH value : at 20°C	not determined		
• Granule size :	not determined		

10. Stability and reactivity

- **Thermal decomposition/conditions to be avoided**
No decomposition if used according to instructions
- **Materials to be avoided** Oxidants
- **Dangerous reactions:** No known dangerous reactions
- **Dangerous decomposition products**
None if used according to instructions and stored correctly

11. Toxicological information

- **Acute toxicity**
- **Primary irritation effect**
- **Skin:** No irritation effect
- **Eyes:** No irritation effect
- **Sensitisation:** No known sensitisation effect
- **Further toxicological information**
According to the current version of EC listings the material does not have to be registered .



De Bentonietfabriek B.V.

Ampèreweg 17 | 3442 AB Woerden | +31 348 44 14 99 | debentonietfabriek.com

12. Ecological information

- **Information on elimination:** (persistence and decomposition)
- **Other information:**
In general, it does not represent a danger to water. Concentrated sludge of clay minerals can have a detrimental effect on water organisms in natural waterways.
- **Eco-toxic effects**
- **Aquatic toxicity**

Type of test	Effective concentration	Method	Evaluation
Not determined			
- **General Information:**
Do not allow product to flow into water conduits, surface water or ground water.
- **Water danger class**
- **WGK:** In general it does not pollute water

13. Information on disposal

- **Product**
- **Recommendation:**
Do not dispose of with household rubbish. Do not allow to enter water conduits.
Must be disposed of according to local regulations
- **European waste catalogue:**
01 00 00 Waste from prospecting for and extracting and processing and further processing of minerals as well as stone and soil.
01 04 00 Waste from physical and chemical processing
01 04 03 Course and fine dusts
- **Unclean packaging:**
- **Recommendation:**
Must be disposed of according to local regulations

14. Transport regulations

- **Land transport ADR/RID and GGVS/GGVE (cross border/inland):**
- **ADR/RID-GGVS/E class:**
- **Transport by ocean-going ship IMDG/GGVSee::**
IMDG/GGVSee class:

Air transport ICAO-TI and IATA-DGR:
ICAO/IATA class:

15. Regulations

- **Identification according to EEC directives**
The general protective measures for handling chemicals should be observed.
According to EU directives/GevStoffV (Dangerous Substances Decree) the product does not have to be identified
- **National regulations:**
- **Classification according to VbF:** None
- **Water pollution class:**
WGK: In general it does not pollute water

16. Other information

- The details are based on the current state of our knowledge. They do not represent an assurance of product suitability and are not the basis for any legal relationship.
- **Data sheet area,** see point 1



De Bentonietfabriek B.V.

Ampèreweg 17 | 3442 AB Woerden | +31 348 44 14 99 | debentonietfabriek.com

Description

Bentoniet - HV is a modified bentonite.

Application

Bentoniet - HV can be used in the same applications as a basic bentonite with less product needed to achieve similar rheological properties and drilling performance. An important function of a drilling fluid is the transport of cuttings, the more solids (read more bentonite) added in the base drilling fluid the lower the amount of drilled solids evacuated.

Dosage

40 - 45kg/m³

Rheology

- | | |
|---------------------|-------------------------------|
| • Plastic Viscosity | 12 – 14 CP |
| • Yield Point | 23 – 25 lb/100ft ² |
| • March funnel | 55 – 60 seconds |
| • Fluid loss | <15 ml/30 min |

Packaging

1000 kg big bag
25 kg bags

Revision date: 09-01-2018

*The above concentrations and resulting rheological values are indicative, conditions may vary and the information given is to be used as a guideline only.



Product informatieblad

Drillgrout - S

VOORGEMENGDE DIEPWANDSUSPENSIE EN SUSPENSIE VOOR BOORTECHNIEKEN

Drillgrout – S is een snel uithardend grout, samengesteld op basis van een op kwaliteit bewaakte kant- en- klaar cement-betoniet, bestaande uit vooraf geteste minerale bindmiddelen, minerale additieven, hulp- stoffen, bentonieten en kleicomponenten. Door de snelle uithardingsontwikkeling is het zeer goed bestand tegen diverse samenstellingen van zak-, leg en kwelwater.

TOEPASSINGSMOGELIJKHEDEN

- Annulaire ruimte opvullen bij pipe-jacking en HDD
- Uitermate geschikt voor boringen in kwelgebieden
- Vervaardiging van diepwanden volgens het 1-fasesysteem
- Vervaardiging van grondkeringen voor bouwputten (bijv. voor geplaatste damwanden) volgens het 1-fasesysteem
- Beschoeiing voor grondkeringen met berlijnse wanden bij bijzondere voorzorgsmaatregelen
- Grout voor injecties

LEVERING

Drillgrout – S kan geleverd worden in een silowagen, Bulk, 1000 kg Bigbags en 25 kg zakgoed

SOORTEN

Drillgrout – S suspensies kunnen variabel worden ingesteld. Deze productinformatie bevat als richtwaarden alleen de gegevens van het standaard-product. Naast Drillgrout – S produceren wij kant-en-klaar producten voor ondergrondse constructies en boortechnieken.

DIENSTVERLENING

Maakt u gebruik van onze toepassing technische ervaring! Graag optimaliseren wij onze producten met het oog op uw bouw- en boorpraktische eisen. Het aandeel aan vaste stoffen kan variabel worden ingesteld. In het kader van de grondstof technische mogelijkheden zijn de verwerkingstijd en de eigenschappen van de uithardende voor- gemengde suspensie gericht te beïnvloeden.

Revision date: 19-05-24. * The above concentrations and resulting rheological values are indicative, conditions may vary and the information given is to be used as a guideline only.



Product informatieblad

Drillgrout - S

RECEPTUUR VAN DE SUSPENSIE

Kant-en-klaar mengsel	250	kg/m ³
Water (drinkwaterkwaliteit)	1000	LTR
Dichtheid van de suspensie	1,150	g/cm ³

EIGENSCHAPPEN VAN DE VERSE SUSPENSIE (I)

Marsh-trechtertijd	35-45	s/l
Vloeigrens	12-39	N/m ²
Kogelharp (Ball harp DIN 4126)	4-7	Kogel
Filtraatwater (DIN 4127)	≤ 70	cm ³
Afz.mate na 2 h, 250 cm ³	≤ 1,5	Vol.-%

EIGENSCHAPPEN VAN DE UITGEHARDE SUSPENSIE (II)

Eenaxiale cilinderdruksterkte q_u na 28 dagen	≤ 0,62	N/mm ²
Eenaxiale cilinderdruksterkte q_u na 56 dagen	≤ 0,87	N/mm ²
Doorlatendheidscoëfficiënt k-waarde (III) na 28 dagen	≤ 4,0 x 10 ⁻¹⁰	m/s
Doorlatendheidscoëfficiënt k-waarde (III) na 56 dagen	≤ 8,5 x 10 ⁻¹¹	m/s

Revision date: 19-05-24. * The above concentrations and resulting rheological values are indicative, conditions may vary and the information given is to be used as a guideline only.



De Bentonietfabriek B.V.

Veiligheidsinformatieblad

Volgens de Verordening (EG) Nr 1907/2006 (REACH)

Print date 13.03.2018

Revised on 13.03.2018

RUBRIEK 1: Identificatie van het mengsel en de vennootschap

1.1 Productidentificatie

Dit veiligheidsinformatieblad is geldig voor de volgende producten:

Drillgrout - S

Bestanddelen die tot de indeling van het mengsel leiden (zie hiervoor tevens Rubriek 3):

- Portlandcementklinker
- Ovenstof afkomstig van de productie van portlandcementklinker

1.2 Relevant geïdentificeerd gebruik van het mengsel en ontraden gebruik

Cement wordt op industriële schaal gebruikt voor de samenstelling en productie van hydraulische bindmiddelen en mengsels, zoals betonspecie, mortelspecie, vulspecie/grout, pleister- en metselspecie, evenals voor de vervaardiging van geprefabriceerde betonelementen.

Cement en cementshoudende mengsels (hydraulische bindmiddelen) worden beroepsmatig door de professionele gebruiker, maar ook door de particuliere consument, toegepast bij bouwactiviteiten zowel binnen- als buitenshuis. De geïdentificeerde toepassingen van cement en cementshoudende mengsels omvatten zowel het droge poeder als de met water gemengde materialen (specie). Zie rubriek 16.2 voor meer informatie over de gebruiksomschrijvingen en –categorieën.

Ieder ander dan hierboven vermeld gebruik wordt ontraden.

1.3 Details betreffende de verstrekker van het veiligheidsinformatieblad

Bedrijfsnaam: De Bentonietfabriek B.V.

Adres: Schumanweg 1
2411NH Bodegraven

E-mail van de persoon verantwoordelijk voor het VIB: info@debentonietfabriek.com

1.4 Telefoonnummer voor noodgevallen

Europees noodnummer: 112

Antigifcentrum: +49 6131 19240 (Antigifcentrum Mainz)
Openingsuren van de dienst : Bereikbaar 24/24
Dienst aangeboden in volgende taal : Duits – Engels

RUBRIEK 2 : Identificatie van de gevaren

2.1 Indeling van het mengsel

Overeenkomstig de Verordening (EG) nr. 1272/2008

Gevarenklasse	Gevarencategorie	Gevarenaanduidingen
Huidirritatie	2	H315: Veroorzaakt huidirritatie
Ernstig oogletsel / oogirritatie	1	H318: Veroorzaakt ernstig oogletsel
Toxiciteit voor een specifiek doelorgaan (STOT) - eenmalige blootstelling, irritatie van de luchtwegen	3	H335: Kan irritatie van de luchtwegen veroorzaken

2.2 Etiketteringselementen

Overeenkomstig de Verordening (EG) No 1272/2008 (CLP)

Gevaren-pictogrammen	
Signaalwoord	Gevaar
Gevaren-aanduidingen	H318: Veroorzaakt ernstig oogletsel H315: Veroorzaakt huidirritatie H335 Kan irritatie van de ademhalingswegen veroorzaken
Voorzorgs-maatregelen	P102: Buiten het bereik van kinderen houden. P280: Beschermende handschoenen/beschermende kleding/oogbescherming/gelaatbescherming dragen. P305 + P351 + P338 + P310: BIJ CONTACT MET DE OGEN: Voorzichtig afspoelen met water gedurende een aantal minuten; contactlenzen verwijderen, indien mogelijk; blijven spoelen. Onmiddellijk een ANTIGIFCENTRUM of een arts raadplegen. P302 + P352 + P333 + P313: BIJ CONTACT MET DE HUID: Met veel water en zeep wassen. Bij huidirritatie of uitslag: een arts raadplegen. P261 + P304 + P340 + P312: Inademing van stof/rook/gas/nevel/ damp/spuitnevel vermijden. NA INADEMING: het slachtoffer in de frisse lucht brengen en laten rusten in een houding die het ademen vergemakkelijkt. Bij onwel voelen een ANTIGIFCENTRUM of een arts raadplegen. P501: Inhoud/verpakking afvoeren naar een afvalinzamelpunt volgens de geldende regelgeving.
Aanvullende informatie	Huidcontact met nat cement, beton- of mortelspecie, kan irritaties, dermatitis of ernstige huidletsels veroorzaken. Kan schade veroorzaken aan producten vervaardigd uit aluminium of andere niet-edele metalen.

2.3 Andere gevaren

Cement voldoet niet aan de criteria voor PBT of zPzB volgens bijlage XIII van de REACH-verordening (EG) nr. 1907/2006.

Cementstof kan irritatie van de ademhalingswegen veroorzaken.

Wanneer cement reageert met water, bijvoorbeeld bij de vervaardiging van beton- of mortelspecie, of wanneer cement vochtig wordt, ontstaat een sterk alkalische oplossing. Door de hoge alkaliteit kan vochtig cement huid- en oogirritaties veroorzaken.

Bij bepaalde personen zou een allergische reactie kunnen ontstaan veroorzaakt door oplosbaar Cr(VI).

Cement is ofwel van nature chromaat-arm ofwel wordt het zeswaardig chroomgehalte, Cr(VI) door middel van toevoeging van een reductiemiddel onder de 2mg/kg (0,0002 %) ten opzichte van het droog cementgewicht gebracht, dit in overeenstemming met de in Rubriek 15 aangegeven Europese regelgeving.

RUBRIEK 3: Samenstelling en informatie over de bestanddelen

3.1 Stof

Niet van toepassing.

3.2 Mengsels

Stoffen die een risico opleveren voor de gezondheid of voor het milieu:

Stof	Concentratie- bereik (% m/m)	EINECS	CAS	Registratie- nummer (REACH)	Indeling volgens Verordening (EG) nr 1272/2008	
					Gevarenklasse en categorie	Gevaren- aanduiding
Portland- cementklinker	1 - 20	266-043-4	65997-15-1	Niet van toepassing	STOT SE 3 Skin Irrit. 2 Eye Dam. 1 Skin Sens. 1B	H335 H315 H318 H317
Ovenstof afkomstig van de productie van Portland- cementklinker	0,1 - 5	270-659-9	68475-76-3	01-2119486767- 17-xxxx	STOT SE 3 Skin Irrit. 2 Eye Dam. 1 Skin Sens. 1B	H335 H315 H318 H317



RUBRIEK 4: Eerstehulpmaatregelen

4.1 Beschrijving van de eerstehulpmaatregelen

Algemeen

Personen die eerste hulp verlenen hoeven geen speciale beschermende kleding te dragen. Maar ze moeten aanrakingen met vochtig cement of vochtige cement houdende mengsels zo mogelijk vermijden.

In geval van contact met de ogen

Wrijf niet in de ogen, hierdoor kan extra beschadiging aan het hoornvlies ontstaan. Verwijder eventueel contactlenzen en buig het hoofd in de richting van het aangetaste oog. Spoel de wijd geopende ogen onmiddellijk met grote hoeveelheden water gedurende tenminste 20 minuten om alle deeltjes te verwijderen.

Vermijd om deeltjes in het niet-aangetaste oog te spoelen. Gebruik indien mogelijk isotonisch water (0,9 % NaCl).

Raadpleeg altijd de arbeidsarts of een oogarts.

In geval van contact met de huid

Droog cement: droog verwijderen en daarna overvloedig met water naspoelen.

Vochtig cement: was de huid met veel water.

Verwijder vervuilde kleding, schoenen, horloges enz. Reinig deze grondig voor hergebruik.

Raadpleeg bij huidirritatie of -letsel een arts.

In geval van inademing

Breng het slachtoffer in de frisse lucht. Stof in keel en neus moet spontaan verdwijnen. Raadpleeg een arts bij blijvende irritatie, als de irritatie zich later ontwikkelt of als het ongemak, hoesten of andere symptomen blijven duren.

In geval van inslikken

Geen braken opwekken. Spoel, als het slachtoffer bij bewustzijn is, de mond met water en laat hem veel water drinken. Neem onmiddellijk contact op met een arts of het Antigifcentrum.

4.2 Belangrijkste acute en uitgestelde symptomen en effecten

Ogen: Contact van de ogen met cement (droog of vochtig) kan ernstig en mogelijk onherstelbaar oogletsel veroorzaken.

Huid: Cement kan door aanhoudend contact een irriterende reactie op vochtige huid (door zweten of luchtvochtigheid) veroorzaken. Na herhaald contact kan het allergische letsels (dermatitis onder de vorm van eczeem) veroorzaken.

Langdurig huidcontact met nat cement of betonspecie kan huidirritaties, dermatitis of ernstig huidletsel veroorzaken doordat zich dit ontwikkelt zonder beleving van pijn (bijvoorbeeld door geknield in de betonspecie te werken zelfs gekleed in lange broek),

Zie voor verdere informatie referentie (1).

Inademing: Herhaaldelijk inademen van cementstof gedurende een lange periode verhoogt het risico van het ontstaan van longaandoeningen.

Milieu: Bij normale toepassing is cement niet gevaarlijk voor het milieu.

4.3 Vermelding van de vereiste onmiddellijke medische verzorging en speciale behandeling

Dit VIB meenemen bij de consultatie van een arts.



RUBRIEK 5: Brandbestrijdingsmaatregelen

5.1 Blusmiddelen

Cement is niet ontvlambaar.

5.2 Speciale gevaren die door het mengsel worden veroorzaakt

Cement is niet explosief en niet ontvlambaar en zal de verbranding van andere materialen niet bevorderen noch onderhouden.

5.3 Advies voor brandweerlieden

Cement vormt geen bijzonder gevaar in geval van brand. Brandweerlieden hoeven geen speciale beschermingsmiddelen te dragen.

RUBRIEK 6: Maatregelen bij het accidenteel vrijkomen van het mengsel

6.1 Persoonlijke voorzorgsmaatregelen, beschermende uitrusting en noodprocedures

6.1.1 Voor andere personen dan de hulpdiensten

Draag de beschermingsuitrusting als beschreven in Rubriek 8 en volg de aanwijzingen voor een veilige omgang zoals beschreven in Rubriek 7.

6.1.2 Voor de hulpdiensten

Een noodprocedure is niet vereist.

Niettemin is ademhalingsbescherming noodzakelijk bij blootstelling aan verhoogde stofconcentraties.

6.2 Milieuvorzorgsmaatregelen

Cement niet lozen in de riolering, afvoersystemen of in oppervlaktewater (rivieren, beken, meren e.d.)

6.3 Insluitings- en reinigingsmethoden en -materiaal

Ruim het gemorste materiaal op, bij voorkeur in droge vorm.

Droog cement

Gebruik schoonmaakmethodes die stofvorming voorkomen, zoals stofzuigers [industriële draagbare apparaten, voorzien van fijnstoffilters (EPA en HEPA-filter, EN 1822-1) of gelijkwaardige technieken]. Reinig nooit met perslucht. Of ruim het stof op met een dweil, een natte bezem of door af te spuiten (fijn verneveld om te voorkomen dat er stof in de lucht komt) en verwijder de slurry. Wanneer dit niet mogelijk is, vermengen met water en de slurry verwijderen (zie nat cement).

Wanneer nat opruimen of stofzuigen niet mogelijk is en alleen met bezems geveegd kan worden, moeten werknemers geschikte persoonlijke beschermingsmiddelen dragen en voorkomen dat er stofvorming optreedt. Vermijd het inademen van en huidcontact met cement. Verzamel het gemorste materiaal in een afvalcontainer. Laat het materiaal voor afvoer met wat water verharderen, zoals beschreven in Rubriek 13.

Nat cement

Ruim het nat cement op en verzamel het in een afvalcontainer. Laat het materiaal drogen en verharderen vooraleer het af te voeren zoals beschreven in Rubriek 13.

6.4 Verwijzing naar andere rubrieken

Zie Rubrieken 8 en 13 voor verdere details.

RUBRIEK 7: Hantering en opslag

Gebruik en bewaar cement niet in de buurt van voedsel, drank of rookwaren.

7.1 Voorzorgsmaatregelen voor het veilig hanteren van het mengsel

De "Gids voor goede praktijken" die raadgevingen bevat voor een veilige verhandeling en gebruik, is beschikbaar op <http://www.nepsi.eu/agreement-good-practice-guide/good-practice-guide.aspx>. Deze gids werd aangenomen in het kader van de Europese Sociale Dialoog en het akkoord over de "Bescherming van de gezondheid van de werknemers door correct hanteren en juist gebruik van kristallijn silica en producten die kristallijn silica bevatten" dat ondertekend werd door de Europese sectororganisaties van de werkgevers en de werknemers, waaronder Cembureau.

7.1.1 Voorzorgsmaatregelen

Volg de aanbevelingen op van Rubriek 8.

Voor het opruimen van droog cement, zie deelrubriek 6.3.

Maatregelen ter voorkoming van brand

Niet van toepassing.

Maatregelen ter voorkoming van aërosol- en stofvorming

Niet samen vegen. Gebruik droge reinigingsmethoden, zoals stofzuigers en extractie onder vacuüm, die geen stofontwikkeling veroorzaken.

Milieuvoorzorgsmaatregelen

Geen bijzondere maatregelen nodig.

7.1.2 Advies inzake algemene beroepsmatige hygiëne

Gebruik en bewaar cement niet in de buurt van voedsel, drank of rookwaren. Draag in een stoffige omgeving een stofmasker en veiligheidsbril. Draag beschermende handschoenen om contact met de huid te voorkomen.

7.2 Voorwaarden voor een veilige opslag, met inbegrip van incompatibele producten

Bulk cement moet worden opgeslagen in silo's die waterdicht, droog (minimale interne condensatie), schoon en beschermd zijn tegen vervuiling.

Gevaar voor bedelving: Voorkom bedelving of verstikking, ga niet zonder de nodige veiligheidsmaatregelen een afgesloten ruimte binnen (silo, laadruim, bulkwagen of andere opslagcontainers of vaten) waarin cement zit. Cement kan zich ophopen of hechten aan wanden van een afgesloten ruimte, waarna het onverwacht kan losraken, instorten of gaan schuiven.

Verpakte producten moeten koel en droog worden opgeslagen in gesloten verpakking, los van de grond en beschermd tegen overmatige tocht om kwaliteitsverlies te voorkomen.

Zakken moeten stabiel worden opgestapeld.

Gebruik geen aluminiumcontainers voor de opslag of transport van natte cement(mengsels) omwille van de onverenigbaarheid van de materialen.

7.3 Specifiek eindgebruik

Geen extra informatie voor specifiek eindgebruik (zie deelrubriek 1.2).

RUBRIEK 8: Maatregelen ter beheersing van blootstelling/ persoonlijke bescherming

8.1 Controleparameters

België	Grenswaarden	Blootstelling	Aantal keren blootstelling	Onderbouwing
Portlandcement - stof	GWB - E:10 mg/m ³	Ademhaling	TGG – 8 uur	KB 20/05/2011
Frankrijk	Grenswaarden	Blootstelling	Aantal keren blootstelling	Onderbouwing
Stof – in het algemeen	GWB - E:10 mg/m ³	Ademhaling	TGG – 8 uur	Artikel R.4222-10
Stof – in het algemeen	GWB - A:5 mg/m ³	Ademhaling	TGG – 8 uur	Artikel R.4222-10
Duitsland	Grenswaarden	Blootstelling	Aantal keren blootstelling	Onderbouwing
Stof – in het algemeen	GWB - E:10 mg/m ³	Ademhaling	TGG – 8 uur	TRGS 900
Stof – in het algemeen	GWB - A:1,25 mg/m ³	Ademhaling	TGG – 8 uur	TRGS 900
Oplosbaar chromaat (VI)	2 ppm	Aan de huid		Verordening (EG) nr.1907/2006
Nederlands	Grenswaarden	Blootstelling	Aantal keren blootstelling	Onderbouwing
Portlandcement - stof	GWB - E:10 mg/m ³	Ademhaling	TGG – 8 uur	Nationale MAC- lijst 2007 (*) (referentie 2 en 3)
Oplosbaar chromaat (VI)	2 ppm	Aan de huid	Korte tijd (acuut) Lange tijd (herhaaldelijk)	Verordening (EG) nr.1907/2006

A: alveolar fraction; E: inhalable fraction

(*) De Nationale MAC-lijst is vanaf 1 januari 2007 vervangen door de lijst Wettelijke Nederlandse Grenswaarden, onderdeel van de wet Arbeidsomstandighedenregeling” (referentie 2 en 3). In deze lijst wordt portlandcement (stof) niet meer genoemd.

8.2 Maatregelen ter beheersing van blootstelling

Voor elke individuele PROC kan de gebruiker in onderstaande tabel kiezen tussen optie A) of B), afhankelijk van zijn specifieke situatie. Wanneer deze keuze eenmaal is gemaakt, dient dezelfde optie te worden aangehouden in de tabel van deelrubriek “8.2.2. Individuele beschermingsmaatregelen, zoals persoonlijke beschermingsmiddelen”, kolom “Type ademhalingsbeschermingmiddel”. Enkel de combinaties A) – A) of B) – B) zijn dus mogelijk.

8.2.1 Passende technische maatregelen

Maatregelen ter voorkoming van stofvorming en stofverspreiding, bijvoorbeeld ontstoffing, ventilatiesystemen en droge reinigingsmethoden die geen stof doen opwaaien.

Gebruik	PROC*)	Bloot- stelling	Plaatselijke maatregelen	Efficiëntie
Industriële vervaardiging / samenstelling van hydraulische bouwmaterialen	2, 3	Tijdsduur is niet beperkt (max. 480 min. per ploeg, 5 ploegen per week)	niet vereist	-
	14, 26		A) niet vereist of B) generiek lokaal afzuigsysteem	- 78%
	5, 8b, 9		A) algemene ventilatie of B) generiek lokaal afzuigsysteem	17% 78%
Industriële toepassing van droge hydraulische bouwmaterialen (binnen, buiten)	2		niet vereist	-
	14, 22, 26		A) niet vereist of B) generiek lokaal afzuigsysteem	- 78%
	5, 8b, 9		A) algemene ventilatie of B) generiek lokaal afzuigsysteem	17% 78%
Industriële toepassing van hydraulische bouwmaterialen onder de vorm van natte suspensie (binnen, buiten)	2, 5, 8b, 9, 10, 13, 14		niet vereist	-
	7		A) niet vereist of B) generiek lokaal afzuigsysteem	- 78%
Beroepsmatige toepassing van droge hydraulische bouwmaterialen (binnen, buiten)	2		niet vereist	-
	9, 26		A) niet vereist of B) generiek lokaal afzuigsysteem	- 72%
	5, 8a, 8b, 14		A) niet vereist of B) generiek lokaal afzuigsysteem	- 87%
	19		Lokale maatregelen zijn niet toepasbaar; werkzaamheden alleen uitvoeren in goed geventileerde ruimtes of buiten	-
Beroepsmatige toepassing van hydraulische bouwmaterialen onder de vorm van natte suspensie (binnen, buiten)	11		A) niet vereist of B) generiek lokaal afzuigsysteem	- 72%
	2, 5, 8a, 8b, 9, 10, 13, 14, 19		niet vereist	-

*) PROC zijn geïdentificeerde vormen van gebruik en gedefinieerd in deelrubriek 16.2.

8.2.2 Individuele beschermingsmaatregelen, zoals persoonlijke beschermingsmiddelen

Algemeen: Voorkom waar mogelijk tijdens de werkzaamheden knielen in verse mortelspecie of betonspecie. Draag geschikte, waterdichte, persoonlijke beschermingsmiddelen wanneer knielen onvermijdelijk is. Eet, drink en rook niet tijdens het werken met cement om contact met de huid of mond te voorkomen. Breng voor aanvang van de werkzaamheden met cement een beschermende huidcrème aan en herhaal dit regelmatig. Direct na het werken met cement of cement bevattende materialen moet men zich wassen of douchen en een huidverzorgende crème gebruiken. Verwijder vervuilde kleding, schoeisel, horloges, enz. en reinig deze grondig voor hergebruik.

Bescherming van de ogen/het gezicht

Bescherm tijdens het werken met droog of nat cement de ogen met behulp van een goedgekeurde veiligheidsbril of ruimzichtbril volgens EN 166 om contact met de ogen te voorkomen.



Bescherming van de huid

Draag ondoordringbare, slijtvaste en alkalibestendige handschoenen, van binnen gevoerd met katoen (bijvoorbeeld CE-gemarkeerde katoenen handschoenen met nitril coating), laarzen en nauwsluitende, beschermende kleding met lange mouwen en gebruik huidverzorgingsproducten (met inbegrip van beschermende huid crèmes) om de huid te beschermen bij langdurig contact met nat cement. Let goed op dat er geen (droog of nat) cement in de laarzen komt. Respecteer de maximum draagtijd bij handschoenen om huidproblemen te vermijden.

Onder bepaalde omstandigheden, bijvoorbeeld bij het aanleggen van betonvloeren of cementchapes, is een waterdichte broek of kniebescherming noodzakelijk.



Bescherming van de ademhalingswegen

Draag een geschikte bescherming voor de ademhalingswegen bij een verwachte blootstelling aan stofconcentraties boven de grenswaarden. Deze bescherming moet worden aangepast aan de stofconcentratie en in overeenstemming zijn met de van toepassing zijnde EN norm (bijvoorbeeld EN 149, EN 140, EN 14387, EN 1827) of nationale normen.



Thermische gevaren

Niet van toepassing

Gebruik	PROC*)	Bloot- stelling	Type ademhalings- beschermingmiddel (ABM)	ABM doelmatigheid toegekende protectiefactor (TPF)
Industriële vervaardiging / samenstelling van hydraulische bouwmaterialen	2, 3	Tijdsduur is niet gelimiteerd (max. 480 min. per ploeg, 5 ploegen per week)	niet vereist	-
	14, 26		A) FFP1 of B) niet vereist	TPF = 4 -
	5, 8b, 9		A) FFP2 of B) FFP1	TPF = 10 TPF = 4
Industriële van droge hydraulische bouwmaterialen (binnen, buiten)	2		niet vereist	-
	14, 22, 26		A) FFP1 of B) niet vereist	TPF = 4 -
	5, 8b, 9		A) FFP2 of B) FFP1	TPF = 10 TPF = 4
Industriële toepassing van hydraulische bouwmaterialen onder de vorm van natte suspensie (binnen, buiten)	2, 5, 8b, 9, 10, 13, 14		niet vereist	-
	7		A) FFP1 of B) niet vereist	TPF = 4 -
Beroepsmatige toepassing van droge hydraulische bouwmaterialen (binnen, buiten)	2		FFP1	TPF = 4
	9, 26		A) FFP2 of B) FFP1	TPF = 10 TPF = 4
	5, 8a, 8b, 14		A) FFP3 of B) FFP1	TPF = 20 TPF = 4
	19		FFP2	TPF = 10
Beroepsmatige toepassing van hydraulische bouwmaterialen onder de vorm van natte suspensie (binnen, buiten)	11		A) FFP1 of B) niet vereist	TPF = 4 -
	2, 5, 8a, 8b, 9, 10, 13, 14, 19		niet vereist	-

*) PROC zijn beschreven en gedefinieerd in deelrubriek 16.2

Voor elke individuele PROC, moet de gebruiker optie A) of B) uit de bovenstaande tabel kiezen, in overeenstemming met hetgeen gekozen werd in deelrubriek "8.2.1 Passende technische maatregelen" - kolom "Plaatselijke maatregelen".

Een overzicht van de doelmatigheid (TPF) van de verschillende types ademhalingsbeschermingmiddelen (ABM) (volgens EN 529) is te vinden in een overzicht van MEASE (referentie 16).

Een ABM zoals hierboven beschreven zal enkel gedragen worden als tegelijkertijd de volgende principes toegepast worden: de werkduur (te vergelijken met de "duur van blootstelling" hierboven) zal rekening houden met de bijkomende fysiologische belasting voor de werknemer ten gevolge van de ademhalingsweerstand en de massa van het ABM zelf en ten gevolge van de verhoogde thermische belasting door het insluiten van het hoofd. Bovendien moet rekening gehouden worden met de verminderde bekwaamheid om werktuigen te gebruiken en te communiceren bij het dragen van ABM.

Omwille van bovenstaande redenen, moet de werknemer (i) gezond zijn (vooral met betrekking tot medische problemen die het gebruik van ABM kunnen beïnvloeden), (ii) geschikte gezichtseigenschappen hebben die lekken tussen gezicht en masker beperken (gezichtsbehaar en littekens). De bovenstaande apparaten die steunen op een nauwe aansluiting met het gezicht, zullen niet de gewenste bescherming bieden tenzij ze de contouren van het gezicht voldoende en veilig volgen.

De werkgever en zelfstandige werkers hebben de wettelijke verantwoordelijkheid voor het verstrekken van beschermende ademhalingsmiddelen, hun onderhoud en het toezicht op hun correct gebruik op de werkplaats. Daarom moeten ze een passend beleid bepalen en documenteren met betrekking tot een programma voor beschermende ademhalingsmiddelen, met inbegrip van een opleiding van de werknemers.

8.2.3 Beheersing van milieublootstelling

Lucht: de beheersing van de milieublootstelling in verband met de emissie van cementdeeltjes in de lucht moet in overeenstemming zijn met de beschikbare technologie en met de geldende reglementen voor de emissie van gewone stofdeeltjes.

Water: geen cement lozen in rioleringen of in watermassa's om hoge pH-waarden te vermijden. Boven een pH van 9 zijn negatieve ecotoxicologische invloeden mogelijk.

Bodem en terrestrisch milieu: er zijn geen bijzondere beheersingsmaatregelen nodig voor de blootstelling van het terrestrisch milieu.



RUBRIEK 9: Fysische en chemische eigenschappen

9.1 Informatie over fysische en chemische basiseigenschappen

Deze informatie geldt voor het mengsel als geheel.

- (a) Voorkomen: Droog cement is een fijn vermalen anorganisch materiaal (grijs of wit poeder). Korrelgrootte hoofdzakelijk tussen 5 en 30 μm
- (b) Geur: geurloos
- (c) Geurdrempelwaarde: geen, is reukloos
- (d) pH: ($T = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$ in water, water/vaste stofverhouding 1:2): 11-13,5
- (e) Smeltpunt: $> 1250\text{ }^{\circ}\text{C}$
- (f) Beginkookpunt en kooktraject: Niet van toepassing, het smeltpunt ligt bij normale atmosferische condities boven $1250\text{ }^{\circ}\text{C}$
- (g) Vlampunt: Niet van toepassing, is geen vloeistof
- (h) Verdampingssnelheid: Niet van toepassing, is geen vloeistof
- (i) Ontvlambaarheid (vast, gas): Niet van toepassing, materiaal is een vaste stof en niet ontvlambaar, kann niet ontbranden door wrijving
- (j) Bovenste/onderste ontvlambaarheids- of explosiegrenswaarden: Niet van toepassing, het is geen ontvlambaar gas
- (k) Dampspanning: Niet van toepassing, want smeltpunt $> 1250\text{ }^{\circ}\text{C}$
- (l) Dampdichtheid: Niet van toepassing, want smeltpunt $> 1250\text{ }^{\circ}\text{C}$
- (m) Relatieve dichtheid: 2,75-3,20. Schijnbare soortelijke massa (stortgewicht): 0,9-1,5 g/cm^3
- (n) Oplosbaarheid in water ($T = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$): Zwak (0,1-1,5 g/l)
- (o) Verdelingscoëfficiënt: n-Octanol/water: Niet van toepassing, want is een anorganisch mengsel
- (p) Zelfontbrandingstemperatuur: Niet van toepassing (niet pyrofoor – geen organometallische, organohalf-metallische of organofosfane verbindingen of afgeleide producten en bevat geen andere pyrofore bestanddelen)
- (q) Ontledingstemperatuur: Niet van toepassing, bevat geen anorganische peroxide
- (r) Viscositeit: Niet van toepassing, is geen vloeistof
- (s) Ontploffingseigenschappen: Niet van toepassing (is noch explosief noch pyrotechnisch) Is op zichzelf niet in staat om door een chemische reactie gas vrij te geven bij een temperatuur, druk en snelheid waardoor schade aan de omgeving zou kunnen ontstaan. Produceert geen zelfonderhoudende exotherme chemische reactie.
- (t) Oxiderende eigenschappen: Niet van toepassing, cement veroorzaakt geen verbranding en draagt evenmin bij aan de verbranding van andere materialen.

9.2. Overige informatie

Niet van toepassing.



RUBRIEK 10: Stabiliteit en reactiviteit

10.1 Reactiviteit

Bij menging met water verhardt cement tot een stabiele massa die in een normale omgeving niet verder zal reageren.

10.2 Chemische stabiliteit

Droge cementen zijn stabiel zolang ze op de juiste wijze zijn opgeslagen (zie Rubriek 7) en verenigbaar met de meeste andere bouwmaterialen. Cement moet droog bewaard worden.

Vermijd contact met onverenigbare materialen.

Nat cement is alkalisch en onverenigbaar met zuren, ammoniumzout, aluminium en andere niet-edele metalen.

Cement is oplosbaar in fluorwaterstofzuur, waarbij het corrosieve gas siliciumtetrafluoride vrijkomt.

Cement reageert met water waarbij silicaten en calciumhydroxide wordt gevormd.

Silicaten in het cement kunnen reageren met sterke oxidanten zoals fluor, trifluorboride, trifluorchloride, mangaantrifluoride en difluoroxide.

10.3 Mogelijke gevaarlijke reacties

Cement veroorzaakt geen gevaarlijke reacties.

10.4 Te vermijden omstandigheden

Vochtige omstandigheden tijdens opslag kan kluitvorming en kwaliteitsverlies van het product veroorzaken.

10.5 Chemisch op elkaar inwerkende materialen

Zuren, ammoniumzouten, aluminium of andere niet-edele metalen. Ongecontroleerd gebruik van aluminiumpoeder in nat cement moet worden vermeden omdat daardoor waterstof vrijkomt.

10.6 Gevaarlijke ontledingsproducten

Cement ontleedt niet in gevaarlijke producten.

RUBRIEK 11: Toxicologische informatie**11.1 Informatie over toxicologische effecten**

Gevaren-klasse	Cat.	Werking	Referentie
Acute toxiciteit - huidcontact	-	Limiet test, konijn, blootstelling gedurende 24 uur, 2000 mg/kg lichaamsgewicht – niet levensbedreigend. Gebaseerd op beschikbare gegevens: aan de indelingscriteria is niet voldaan.	(2)
Acute toxiciteit - inademen	-	Geen acute toxiciteit bij inademen waargenomen. Gebaseerd op beschikbare gegevens: aan de indelingscriteria is niet voldaan.	(9)
Acute toxiciteit - inslikken	-	Studies met cementovenstof geven geen aanwijzing van toxiciteit door inslikken. Gebaseerd op beschikbare gegevens: aan de indelingscriteria is niet voldaan.	Literatuuronderzoek
Huidcorrosie/huidirritatie	2	Cement in aanraking met vochtige huid kan verdikking, barstjes en kloven van de huid veroorzaken. Bij langdurige blootstelling in combinatie met wrijving kunnen zeer ernstige huidletsels ontstaan.	(2) Menselijke ervaring
Ernstig oogletsel/oogirritatie	1	Portlandcementklinker veroorzaakt verschillende beschadigingen aan het hoornvlies. De berekende "irritatie-index" bedraagt 128. De gewone cementen (conform EN 197-1) bevatten variërende hoeveelheden portlandcementklinker, poederkoolvliegias, hoogovenslak, gips, natuurlijke puzzolanen, gebrande leisteel, silicafume en kalksteen. Direct contact met cement kan beschadigingen aan het hoornvlies veroorzaken door wrijven, onmiddellijke of vertraagde irritatie of ontsteking. Direct contact met grotere hoeveelheden droog cement of spatten van nat cement kan resulteren in gematigde oogirritatie (bijvoorbeeld bindvliesontsteking of blepharitis (ooglidontsteking)) tot ernstig oogletsel en blindheid.	(10), (11)

Zie volgende bladzijde

Gevaren-klasse	Cat.	Werking	Referentie
Sensibilisatie van de huid	1B	Bepaalde personen kunnen eczeem ontwikkelen na blootstelling aan nat cement veroorzaakt door de hoge pH-waarde, welke bij langdurig contact leidt tot irriterende contactdermatitis, of door een immunologische reactie met in water oplosbaar chroom (VI) wat allergische contactdermatitis veroorzaakt. De overgevoeligheid uit zich op verschillende manieren, variërend van een lichte uitslag tot ernstige dermatitis en wordt veroorzaakt door een combinatie van beide mechanismen. Als het cement een reductiemiddel voor het oplosbaar Cr(VI) bevat en de opgegeven werkingsperiode van dit reductiemiddel is niet overschreden, dan is een overgevoeligheidsreactie niet te verwachten.	(3), (4), (17)
Sensibilisatie van de luchtwegen	-	Er is geen aanwijzing voor sensibilisatie van de luchtwegen. Gebaseerd op beschikbare gegevens: aan de indelingscriteria is niet voldaan.	(1)
Mutageniteit in geslachts-cellen	-	Geen aanwijzing. Gebaseerd op beschikbare gegevens: aan de indelingscriteria is niet voldaan.	(12), (13)
Kanker-verwekkendheid	-	Er is geen causaal verband vastgesteld tussen blootstelling aan portlandcement en kanker. Epidemiologische onderzoeken geven geen ondersteuning om portlandcement als vermoedelijk kankerverwekkend aan te merken. Portlandcement is niet classificeerbaar als kankerverwekkende stof voor de mens (klasse "A4" volgens ACGIH: stoffen waarvoor de bezorgdheid bestaat dat ze kankerverwekkend zouden kunnen zijn voor de mens, maar waarvoor door gebrek aan gegevens geen enkele betrouwbare conclusie kan getrokken worden. Studies uitgevoerd in vitro of op dieren geven onvoldoende aanwijzingen om de stof in een andere klasse dan A4 onder te brengen). Gebaseerd op beschikbare gegevens: aan de indelingscriteria is niet voldaan.	(1) (14)
Giftigheid voor de voortplanting	-	Gebaseerd op beschikbare gegevens: aan de indelingscriteria is niet voldaan.	Geen aanwijzing vanuit menselijke ervaring
STOT bij eenmalige blootstelling	3	Blootstelling aan cementstof kan leiden tot irritaties van de ademhalingswegen (keel, longen). Hoesten, niezen en kortademigheid kunnen optreden wanneer de blootstelling boven de beroepsmatige grenswaarden ligt. Beroepsmatige blootstelling aan cementstof kan leiden tot beperking van de ademhalingsfunctie. Momenteel zijn er echter geen betrouwbare bewijsmateriaal beschikbaar om een dosis-effect relatie vast te stellen.	(1)
STOT bij herhaalde blootstelling	-	Er is een aanwijzing voor chronisch obstructieve longziekte (COPD). De effecten zijn acuut en een gevolg van hoge blootstellingsniveaus. Geen enkel chronisch effect of effect bij lage concentraties is waargenomen. Gebaseerd op beschikbare gegevens: aan de indelingscriteria is niet voldaan.	(15)
Aspiratiegevaar	-	Niet van toepassing, omdat cement niet als aërosol wordt toegepast.	

Behalve voor de sensibilisatie van de huid hebben Portlandcementklinker en de gewone cementen (conform EN 197-1) dezelfde toxicologische en ecotoxicologische eigenschappen.

Verergerde ziektebeelden door blootstelling

Inademen van cementstof kan reeds aanwezige aandoeningen aan de ademhalingswegen zoals longemfyseem of astma verslechteren. Blootstelling aan cementstof kan bestaande problemen met de huid en/of ogen verergeren.



RUBRIEK 12: Ecologische informatie

12.1 Toxiciteit

Cement is niet gevaarlijk voor het milieu. Ecotoxicologisch onderzoek met portlandcement op *Dafnia magna* [referentie (5)] en *Selenastrum coli* [referentie (6)] hebben slechts een gering toxisch effect vertoond. Derhalve konden de LC50- en EC50-waarden niet worden bepaald [referentie (7)]. Er is geen indicatie voor toxische effecten op sedimenten (bezinksels) [referentie (8)]. Maar het lozen van grote hoeveelheden cement in water kan wel tot een hogere pH-waarde leiden en kan dus onder bepaalde omstandigheden giftig zijn voor waterleven.

12.2 Persistentie en afbreekbaarheid

Niet van toepassing. Na verharding vormt cement geen toxicologisch gevaar.

12.3 Bioaccumulatie

Niet van toepassing. Na verharding vormt cement geen toxicologisch gevaar.

12.4 Mobiliteit in de bodem

Niet van toepassing. Na verharding vormt cement geen toxicologisch gevaar.

12.5 Resultaten van de PBT- en zPzB-beoordeling

Niet van toepassing. Na verharding vormt cement geen toxicologisch gevaar.

12.6 Andere schadelijke effecten

Niet van toepassing.

RUBRIEK 13: Instructies voor verwijdering

13.1. Afvalverwerkingsmethoden

Cement niet lozen in rioleringen of in oppervlaktewater.

Product – ongebruikte resten of gemorst droog materiaal

Ruim de ongebruikte of gemorste resten droog op. Markeer de afvalcontainers. Hergebruik indien mogelijk, afhankelijk van de maximale gebruiksduur en de mogelijkheid om stofvorming te voorkomen. Wanneer afvoer noodzakelijk is, het materiaal vooraf verharden door wat water toe te voegen en afvoeren overeenkomstig "Product – na toevoeging van water, verhard".

EWC-code: 10 13 06 (Deeltjes en stof)

Product – slurries

Laat de slurry verharden, voorkom dat het materiaal in de riolering, afwatersystemen of in oppervlaktewater terecht komt en afvoeren overeenkomstig "Product – na toevoeging van water, verhard".

Product – na toevoeging van water, verhard

Afvoeren overeenkomstig lokale regelgeving. Voorkom dat het in de riolering terecht komt. Voer het verharde materiaal af als betonafval. Gelet op de inerte eigenschappen van verhard beton, is betonafval geen gevaarlijk afval. EWC-code:

10 13 14 (Afval van de fabricage van cement – Betonafval en betonslib)
of 17 01 01 (Bouw- en sloopafval - Beton).

Verpakking

De verpakking volledig legen en verwerken volgens de lokale regelgeving.

EWC-code: 15 01 01 (Verpakking – Papieren en kartonnen verpakking).



RUBRIEK 14: Informatie met betrekking tot het vervoer

Cement valt niet onder de internationale regelgeving voor transport van gevaarlijke goederen (IMDG, IATA, ADR/RID). Classificatie is niet vereist. Geen speciale voorzorgsmaatregelen zijn nodig, behalve die genoemd in Rubriek 8.

14.1 VN-nummer

Niet van toepassing.

14.2 Juiste ladingnaam overeenkomstig de modelreglementen van de VN

Niet van toepassing.

14.3 Transportgevaarklasse(n)

Niet van toepassing.

14.4 Verpakkingsgroep

Niet van toepassing.

14.5. Milieugevaren

Niet van toepassing.

14.6. Bijzondere voorzorgen voor de gebruiker

Niet van toepassing.

14.7. Vervoer in bulk overeenkomstig bijlage II bij MARPOL 73/78 en de IBC-code

Niet van toepassing.

RUBRIEK 15: Regelgeving

15.1 Specifieke veiligheids-, gezondheids- en milieureglementen en –wetgeving voor het mengsel

Europese regelgeving

Cement is een mengsel en valt daarom niet onder de registratieplicht van REACH. Portlandcementklinker is volgens artikel 2.7(b) en bijlage V.10 van REACH vrijgesteld van registratieplicht.

De verkoop en het gebruik van cement zijn onderhevig aan de beperking van de hoeveelheid oplosbaar chroom Cr(VI) (REACH, Bijlage XVII, punt 47 Chroom (VI) verbindingen).

15.2 Chemische veiligheidsbeoordeling

Voor dit mengsel is geen enkele veiligheidsevaluatie uitgevoerd door de producent.

RUBRIEK 16: Overige informatie

16.1 Wijzigingen t.o.v. de voorgaande versie

Deze volledig volgens Verordening (EU) Nr. 453/2010 herziene versie is gebaseerd op het werk van de expertengroep "Health & Safety" van Cembureau (Europese Cementassociatie).

16.2 Geïdentificeerde vormen van gebruik en gebruiksdirectoren en categorieën

Onderstaande tabel geeft een overzicht van alle relevante geïdentificeerde vormen van gebruik van cement en cement bevattende bindmiddelen. Alle gebruiksvormen zijn gegroepeerd volgens deze geïdentificeerde vormen van gebruik omwille van hun specifieke blootstellingscondities voor mens en milieu. Voor elke specifieke vorm van gebruik is een reeks van risicobeheersmaatregelen of plaatselijke maatregelen bepaald (zie Rubriek 8) die door gebruiker van het cement of het cement bevattende bindmiddel moeten toegepast worden om de blootstelling tot een aanvaardbaar niveau te brengen.

De volgende processen zijn beschreven volgens het ECHA-handboek R.12 (ECHA-2010-G-05):

PROC	Geïdentificeerde vorm van gebruik / Beschrijving van de toepassing	Productie/ vervaardiging van hydraulische bindmiddelen	Professioneel/ industrieel gebruik van bindmiddelen
2	Gebruik in een gesloten, continu proces met incidentele, beheerste blootstelling. Bv. Industriële of beroepsmatige vervaardiging van hydraulische bindmiddelen.	X	X
3	Gebruik in een gesloten batchproces. Bv. Industriële of beroepsmatige vervaardiging van stortbeton.	X	X
5	Mengen in batchprocessen om mengsels en voorwerpen te formuleren. Bv. Industriële of beroepsmatige vervaardiging van prefabbeton.	X	X
7	Sputten in een industriële omgeving. Bv. Industrieel gebruik van natte hydraulisch gebonden species door sputten.		X
8a	Overbrengen van een stof of mengsel (vullen/leeg laten lopen) van/naar vaten/grote containers in nietgespecialiseerde voorzieningen. Bv. Gebruik van verpakt cement voor het aanmaken van mortel.		X
8b	Overbrengen van een stof of mengsel (vullen/leeg laten lopen) van/naar vaten/grote containers in gespecialiseerde voorzieningen. Bv. Vullen van silos, laden van bulkwagens en schepen in cementbedrijven.	X	X
9	Overbrengen van een stof of mengsel naar kleine containers (gespecialiseerde vullijn, inclusief wegen). Bv. Verpakking van cement in cementbedrijven.	X	X
10	Met roller of kwast aanbrengen. Bv. Producten die de aanhechting verbeteren tussen bouwmaterialen en afwerkingslagen.		X
11	Sputten buiten industriële omgevingen. Bv. Beroepsmatig gebruik van natte hydraulisch gebonden species door sputten.		X
13	Behandelen van voorwerpen door onderdompelen of overgieten. Bv. Bouwproducten bedekken met een laag om de prestaties te verbeteren.		X
14	Productie van mengsels of voorwerpen door tabletteren, comprimeren, extruderen en pelletiseren. Bv. Productie van vloertegels.	X	X
19	Handmatig mengen met intiem contact en uitsluitend met persoonlijke beschermingsmiddelen beschikbaar. Bv. Vervaardiging van hydraulisch mengsels op de bouwplaats.		X
22	Mogelijk gesloten bewerking met mineralen/metalen bij hogere temperaturen. Industriële omgeving. Bv. Vervaardiging van metselstenen.		X
26	Verwerking van vaste anorganische stoffen bij omgevingstemperatuur. Bv. Vervaardiging van natte hydraulische mengsels.	X	X

16.3 Afkortingen en acroniemen

ABM	Ademhalingsbeschermingsmiddel
ACGIH	American Conference of Industrial Hygienists
ADR/RID	Agreement on the transport of Dangerous goods by Road/Regulation on the International transport of Dangerous goods by rail. – Europese Overeenkomst betreffende het international vervoer van gevaarlijke goederen over de weg / Reglement betreffende het international spoorwegvervoer van gevaarlijke goederen
CAS	Chemical Abstracts Service
C&L	Classification & Labelling – Indeling & Etikettering (Richtlijn 67/548/EEG)
CLP	Classification, labelling and packaging (Verordening (EG) nr. 1272/2008) – Indeling, etikettering en verpakking
COPD	Chronisch obstructieve longziekte (Chronic Obstructive Pulmonary Disease)
EC50	Half maximal effective concentration – De concentratie waarbij 50 % van het te verwachten effect wordt waargenomen
ECHA	European CHemicals Agency
EINECS	European INventory of Existing Commercial chemical Substances
EPA	Efficiënt type luchtfilter (Efficient Particule Air filter)
EWC	European Waste Catalogue
FF P	Stoffilter voor éénmalig gebruik (Filtering Facepiece against Particles)
FM P	Stofmasker met vervangbare filter (Filtering Mask against Particles with filter cartridge)
GWB	Grenswaarde voor beroepsmatige blootstelling
HEPA	Zeer efficiënt type luchtfilter (High Efficiency Particulate Air Filter)
IATA	International Air Transport Association (Internationale Luchtvaartorganisatie)
IBC-Code	International Bulk Chemical Code – Internationale Code voor de Bouw en uitrusting van schepen die gevaarlijke Chemicaliën in Bulk vervoeren
IMDG	International agreement on the Maritime transport of Dangerous Goods
LC50	Median lethal concentration – Concentratie waarbij 50% van de proefdieren overlijdt
m/m	massa/massa
MARPOL	Internationaal verdrag ter voorkoming van verontreiniging door schepen
MEASE	Metals Estimation and Assessment of Substance Exposure, EBRC Consulting GmbH for Eurometaux, http://www.ebrc.de/industrial-chemicals-reach/projects-and-references/mease.php
PBT	Persistent, Bio-accumulerend en Toxisch
PROC	PROcess Category – Procescategorie (indeling van gebruik)
REACH	Registration, Evaluation and Authorisation of CHemicals – Registratie, beoordeling en autorisatie van chemische stoffen (Verordening (EG) 1907/2006)
STOT	Specific Target Organ Toxicity – Giftigheid voor bepaalde organen (RE ; herhaalde blootstelling – Repeated Exposure ; SE : eenmalige blootstelling – Single Exposure)
TGG-8 uur	Tijd Gewogen Gemiddelde over 8 uur per dag.
TPF	Toegekende Protectiefactor
VIB	Veiligheidsinformatieblad
VME	Gemiddelde blootstellingswaarde (Valeur Moyenne d'Exposition) (gemiddelde stofconcentratie van de door een persoon ingeademde lucht over een periode van 8 uur – gewogen tijdsgemiddelde)
VLEP	Grenswaarde voor beroepsmatige blootstelling (Valeur Limite d'Exposition Professionnelle)
zPzB	zeer Persistent, zeer Bioaccumulerend (vPvB : very Persistent, very Bioaccumulative)

16.4 Bibliografische referenties en gegevensbronnen

- (1) Portland Cement Dust - Hazard assessment document EH75/7, UK Health and Safety Executive, 2006; <http://www.hse.gov.uk/pubns/web/portlandcement.pdf>
- (2) Observations on the effects of skin irritation caused by cement, Kietzman et al, Dermatosen, 47, 5, 184-189 (1999).
- (3) European Commission's Scientific Committee on Toxicology, Ecotoxicology and the Environment (SCTEE) opinion of the risks to health from Cr (VI) in cement (European Commission, 2002). http://ec.europa.eu/health/archive/ph_risk/committees/sct/documents/out158_en.pdf
- (4) Epidemiological assessment of the occurrence of allergic dermatitis in workers in the construction industry related to the content of Cr(VI) in cement, NIOH, Page 11, 2003.
- (5) U.S. EPA, Short-term Methods for Estimating the Chronic Toxicity of Effluents and Receiving Waters to Freshwater Organisms, 3rd ed. EPA/600/7-91/002, Environmental Monitoring and Support Laboratory, U.S. EPA, Cincinnati, OH (1994a).
- (6) U.S. EPA, Methods for Measuring the Acute Toxicity of Effluents and Receiving Waters to Freshwater and Marine Organisms, 4th ed. EPA/600/4-90/027F, Environmental Monitoring and Support Laboratory, U.S. EPA, Cincinnati, OH (1993).
- (7) Environmental Impact of Construction and Repair Materials on Surface and Ground Waters. Summary of Methodology, Laboratory Results, and Model Development. NCHRP report 448, National Academy Press, Washington, D.C., 2001.
- (8) Final report Sediment Phase Toxicity Test Results with Corophium volutator for Portland clinker prepared for Norcem A.S. by AnalyCen Ecotox AS, 2007.
- (9) TNO report V8801/02, An acute (4-hour) inhalation toxicity study with Portland Cement Clinker CLP/GHS 03-2010-fine in rats, August 2010.
- (10) TNO report V8815/09, Evaluation of eye irritation potential of cement clinker G in vitro using the isolated chicken eye test, April 2010.
- (11) TNO report V8815/10, Evaluation of eye irritation potential of cement clinker W in vitro using the isolated chicken eye test, April 2010.
- (12) Investigation of the cytotoxic and proinflammatory effects of cement dusts in rat alveolar macrophages, Van Berlo et al, Chem. Res. Toxicol., 2009 Sept; 22(9):1548-58
- (13) Cytotoxicity and genotoxicity of cement dusts in A549 human epithelial lung cells in vitro; Gminski et al, Abstract DGPT conference Mainz, 2008.
- (14) Comments on a recommendation from the American Conference of governmental industrial Hygienists to change the threshold limit value for Portland cement, [redacted] EpiLung Consulting, June 2008.
- (15) Prospective monitoring of exposure and lung function among cement workers, Interim report of the study after the data collection of Phase I-II 2006-2010, [redacted] National Institute of Occupational Health, Oslo, Norway, March 2010.
- (16) MEASE, Metals estimation and assessment of substance exposure, EBRC Consulting GmbH for Eurometaux, <http://www.ebrc.de/industrial-chemicals-reach/projects-and-references/mease.php>
- (17) Occurrence of allergic contact dermatitis caused by chromium in cement. A review of epidemiological investigations. [redacted] NIOH, Oslo, December 2011.



De Bentonietfabriek B.V.

16.5 Relevant gevarenaanduidingen H en voorzorgsmaatregelen P

Zie rubriek 2.2.

16.6 Opleidingsadvies

In aanvulling op de opleidingsprogramma's in het kader van gezondheid, veiligheid en milieu, moeten de bedrijven ervoor zorgen dat hun werknemers dit veiligheidsinformatieblad lezen, begrijpen en de eisen die hieruit voortvloeien kunnen toepassen.

16.7 Verdere informatie

De gegevens en proefmethodes gebruikt voor de indeling van gewone cementen zijn gegeven in Rubriek 11.1.

16.8 Vrijwaringsclausule

De informatie van dit veiligheidsinformatieblad is gebaseerd op de huidige stand van kennis en is betrouwbaar mits het product wordt gebruikt onder de voorgeschreven voorwaarden en in overeenstemming met de gebruiksaanwijzing op de verpakking en/of in de technische gebruiksinformatie.

Elk ander gebruik van dit product, inclusief het gebruik van het product in combinatie met elk ander product of elk ander procédé, is de verantwoordelijkheid van de gebruiker. Het spreekt voor zich dat de gebruiker zelf verantwoordelijk is voor het nemen van de juiste veiligheidsmaatregelen en voor het toepassen van de wettelijke regelgeving op de eigen werkzaamheden.

BIJLAGE G REGISTRATIESHEETS

(Overeenkomstig model)

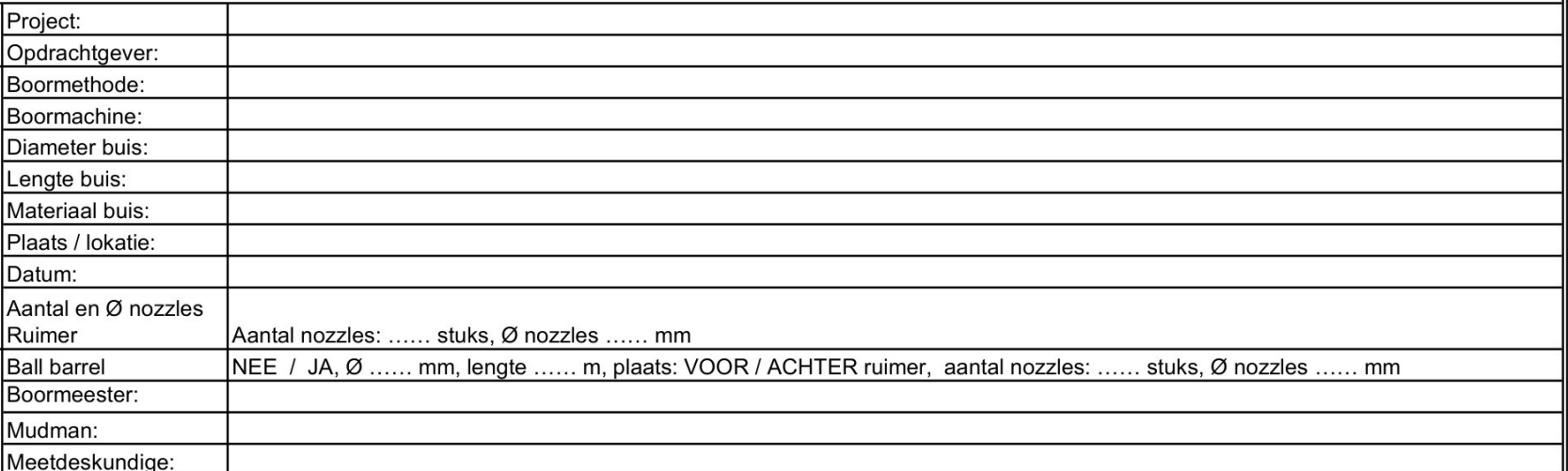
Logboek Gestuurde Boring Pilotboren
--

Logboeknr.	8.2/3
Rev. 3 Datum	02-02-2021



Logboek Gestuurde Boring Ruimgang Ø conische open flycutter (FLC)

Logboeknr.	8.2/3
Rev. 3 Datum	02-02-2021

[illegible]

Logboek Gestuurde Boring Cleaning Run Ø Barrel Reamer

Logboeknr.	8.2/3
Rev. 3 Datum	02-02-2021



Project:	
Opdrachtgever:	
Boormethode:	
Boormachine:	
Diameter buis:	
Lengte buis:	
Materiaal buis:	
Plaats / lokatie:	
Datum:	
Aantal en Ø nozzles Ruimer	Aantal nozzles: stuks, Ø nozzles mm

Ball barrel	
Boormeester:	
Mudman:	
Meetdeskundige:	

[illegible]

Logboek Gestuurde Boring Intrekken Ø Barrel Reamer

Logboeknr.	8.2/3
Rev. 3 Datum	02-02-2021



Project:	
Opdrachtgever:	
Boormethode:	
Boormachine:	
Diameter buis:	
Lengte buis:	
Materiaal buis:	
Plaats / lokatie:	
Datum:	
Aantal en Ø nozzles Ruimer	Aantal nozzles: stuks, Ø nozzles mm
Ball barrel	
Boormeester:	
Mudman:	
Meetdeskundige:	

[illegible]



Van Leeuwen
Sleufloze Technieken

Van Leeuwen
Sleufloze Technieken B.V.

Ampèreweg 17, 3442AB Woerden

Tel.: +31 (0) 348 44 14 99

www.vlst.com info@vlst.com

Project: _____

Boring: _____

Plaats: _____

Aannemer: _____

Projectnr: _____

Dagrapport dd. _____ van _____ tot _____ uur

Ploegbezetting	firma	van / tot
----------------	-------	-----------

Uitvoerder		
------------	--	--

Boormeester		
-------------	--	--

Meetdeskundige		
----------------	--	--

Mudman		
--------	--	--

assistent		
-----------	--	--

assistent		
-----------	--	--

assistent		
-----------	--	--

Inhuur		
--------	--	--

Eigen materiaal		
-----------------	--	--

Omschrijving werkzaamheden

Dag	Afspraken & opmerkingen
-----	-------------------------

Opgemaakt d.d.	Aannemer / Uitvoerder	Inspecteur / Toezichthouder
----------------	-----------------------	-----------------------------

Naam:		
-------	--	--

Handtekening:		
---------------	--	--

Naam:	
-------	--

Handtekening:	
---------------	--

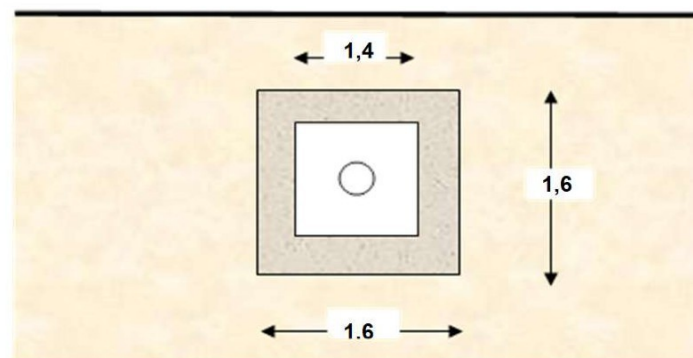
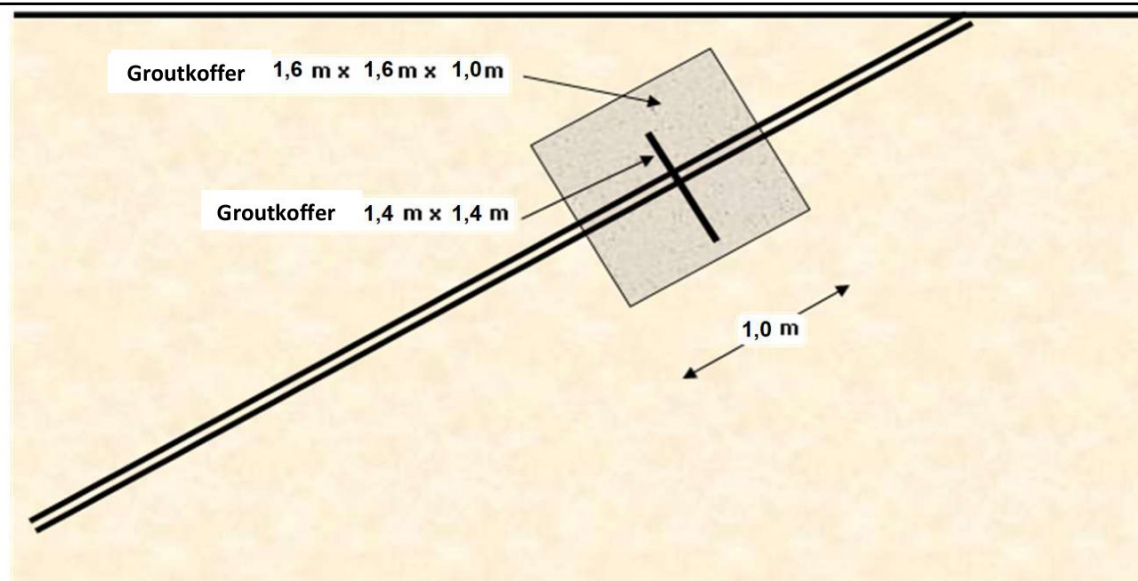
BIJLAGE H TECHNISCHE UITVOERINGSRISICO'S

Inventarisatie en evaluatie algemene technische uitvoeringsrisico's.

Calamiteit	Gevolg	Beheersmaatregelen	Kans
Algemeen			
Onbekende obstakels	Opgave boorgat Dogleg Afwijking boorprofiel Coatingschade	• Klic melding vooraf • Voldoende grondonderzoek • Historisch onderzoek	Gering
Afwijking grond-onderzoek	Aanpassen ruimgangen Vastlopen boorstreng Coatingschade	• Voldoende mate uitvoeren grondonderzoek vooraf aan design. • Stenenvanger doorvoeren	Gering
Problemen boorspoeling	Blow out Vastlopen boorstreng	• Regelmatige meting van parameters boorspoeling • Controle retourstroom op stagnaties en onregelmatigheden • Inzet van ervaren personeel • Gebruik van additieven	Matig
Hijswerkzaamheden	Ongeval	• Inzet van ervaren personeel/ controle op ingehuurd personeel.	
Graafwerkzaamheden	Ongeval	• Inzet van ervaren personeel/ controle op ingehuurd personeel.	
Pilotboring			
Uitval rig	Uitloop op planning	• Goed onderhoud materieel • Reserve-onderdelen aanwezig (ter plaatse en werf) • Aanwezigheid monteur (oproepbaar werf) • Materieelkennis bij boorcrew	Gering
Breuk boorstang	Uitloop op planning Opgave boorgat	• Periodieke controle boorpijp • Continue controle boorparameters • Gebruik van ervaren personeel	Gering
Vastlopen Pilot	Vertraging op planning Opgave boorgat	• Inzet ervaren personeel • Continue controle boor parameters torque, trekkracht duwkracht en boorspoeling	Gering
Afwijking boorprofiel	Te kleine boorstralen	• Inzet ervaren personeel	Matig

Calamiteit	Gevolg	Beheersmaatregelen	Kans
	Geen acceptatie pilot boring	• Boogstralen ontwerpen met ruimte voor correcties en afwijkingen	
Uitval plaatsbepaling ssysteem	Uitloop planning Afwijking geplande boorprofiel	• Controle equipment voorafgaand aan boring • Dubbel set equipment aanwezig beschikbaar	Matig
Tijdens ruimen			
Uitval rig	Mogelijkheid tot vastlopen boorstreng	• Zie bovenstaand • Terugtrekken boorpijp en –ruimer • Vervangend boormachine	Gering
Breuk boorstang	Uitloop op planning Opgave boorgat	• Periodieke controle boorpijp • Continue controle boorparameters • Gebruik van ervaren personeel	Gering
Vastlopen Pilot	Vertraging op planning Opgave boorgat	• Inzet ervaren personeel • Continue controle boorparameters torque, trekkracht duwkracht en boorspoeling	Gering
Tijdens intrekken			
Breuk boorstang	Uitloop op planning Opgave boorgat	• Periodieke controle boorpijp • Continue controle boorparameters • Gebruik van ervaren personeel	Gering
Vastlopen product pijp	Vertraging op planning Opgave boring	• Inzet boormachine met voldoende capaciteit met pipe pusher aanvullen • Continue controle boorparameters torque, trekkracht en boorspoeling • Wanneer nodig extra cleaning run voorafgaand aan intrekken • Ballasten productpijp	Gering

BIJLAGE I KWELSCHEM + GROUTKOFFER



a = 1,6 m
b = 1,4 m
c = 1,0 m

Groutkoffer breedte (en hoogte)
Groutkoffer breedte
Groutkoffer lengte

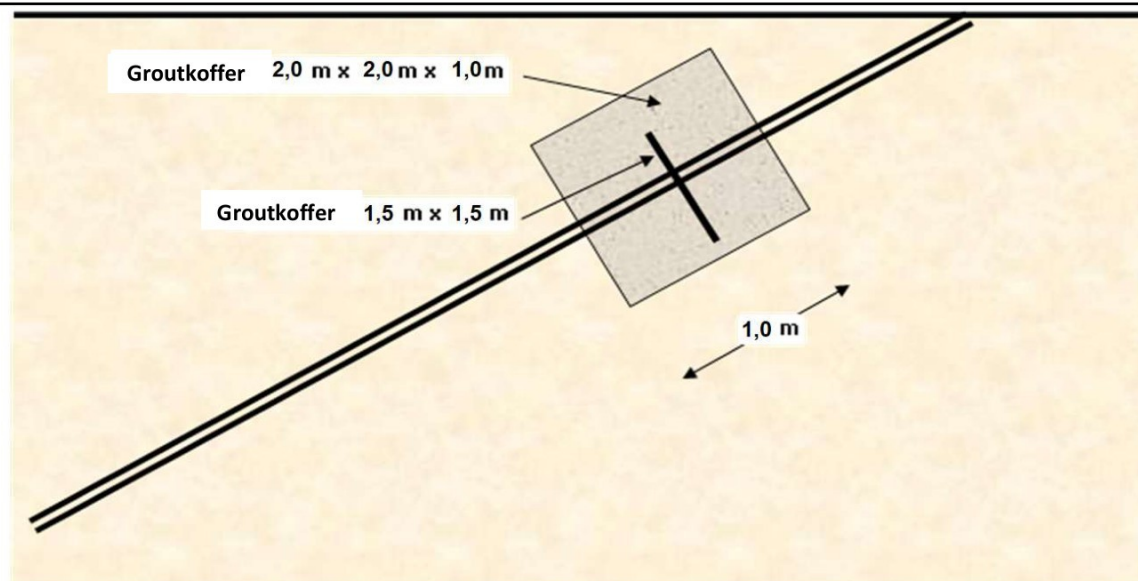
indicatie	
Øleiding bundel =	400 mm
Øboorgat =	520 mm
a en c	> 1,6 m
b	> 1,40 m
a	> 1,60 m

Eis algemeen

$a \geq 3 \times \text{Ø}_{\text{boorgat}}$ 1,6 m
 $b \geq 1,75 \times \text{Ø}_{\text{boorgat}}$ 0,9 m
 $b \geq 1 + \text{Ø}_{\text{leiding bundel}}$ 1,4 m

NEN 3651 8.1.7

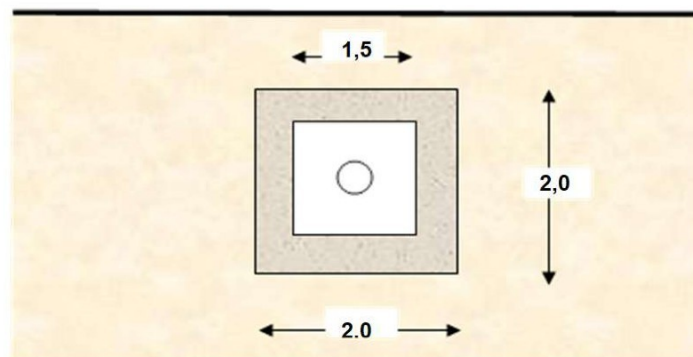
b > 1,4 m kwelscherm
a 1,4 m Groutkoffer breedte
c 1,0 m Groutkoffer lengte
d 1,4 m Groutkoffer diepte (?)



Groutkoffer 2,0 m x 2,0 m x 1,0 m

Groutkoffer 1,5 m x 1,5 m

1,0 m



1,5

2,0

2,0

a = 2,0 m
b = 1,5 m
c = 1,0 m

Groutkoffer breedte (en hoogte)
Groutkoffer breedte
Groutkoffer lengte

indicatie	
Øleiding bundel	= 500 mm
Øboorgat	= 650 mm
a en c	> 2,0 m
b	> 1,50 m
a	> 1,70 m

Eis algemeen

$a \geq 3 \times \text{Ø}_{\text{boorgat}}$	2 m
$b \geq 1,75 \times \text{Ø}_{\text{boorgat}}$	1,1 m
$b \geq 1 + \text{Ø}_{\text{leiding bundel}}$	1,5 m

NEN 3651 8.1.7

b >	1,5 m	kwelscherm
a	1,5 m	Groutkoffer breedte
c	1,0 m	Groutkoffer lengte
d	1,5 m	Groutkoffer diepte (?)