

709026
31 maart 2017

BIJLAGE 1 TOELICHTING OP
DE AANVRAAG OM WBR
VERGUNNING KABELTRACÉ
AFSLUITDIJK - MARNEZIJL

Windpark Fryslân B.V.

Concept



Duurzame oplossingen in
energie, klimaat en milieu

Postbus 579
7550 AN Hengelo
Telefoon (074) 248 99 40

Documenttitel	Bijlage 1 toelichting op de aanvraag om WBR vergunning Kabeltracé Afsluitdijk - Marnezijl
Soort document	Concept
Datum	31 maart 2017
Projectnummer	709026
Opdrachtgever	Windpark Fryslân B.V.
Auteur	Martijn Edink, Pondera Consult
Vrijgave	Martijn ten Klooster, Pondera Consult

INHOUDSOPGAVE

1	Inleiding	1
1.1	Inleiding en aanvraag	1
1.2	Gegevens aanvrager en gemachtigde	2
1.3	Vergunning	3
1.4	Leeswijzer	4
2	Beschrijving onderdelen	5
2.1	Inleiding	5
2.2	Kabeltracé	5
2.3	Kruisingen	6
3	Werkwijze en werkplan	8
3.1	Open ontgraving	8
3.2	Sleufloze technieken	9
3.3	Verkeer tijdens uitvoering	10
3.4	Werkplan	11
4	Bescheiden en gegevens	12
4.1	Bijlagen en gegevens	12
	Bijlagen	
	Bijlage 1 – Toelichting op de aanvraag	
	Bijlage 2 – Tekeningen van het kabeltracé	
	Bijlage 3 – Principe boorplan HDD-boringen	

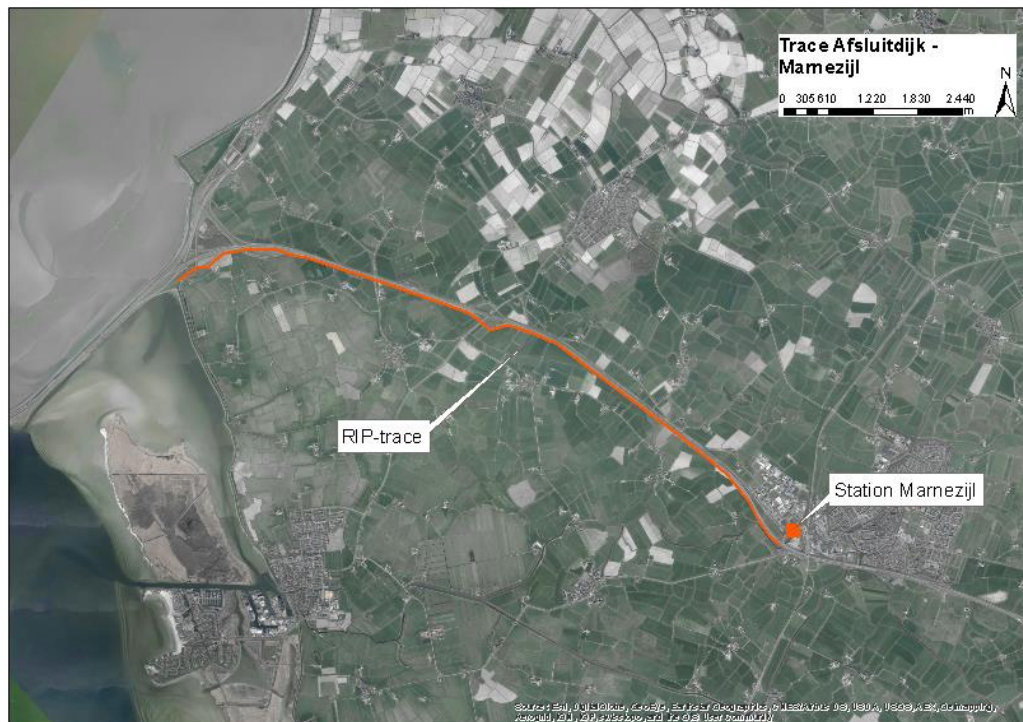
1 INLEIDING

1.1 Inleiding en aanvraag

Toelichting project

Ten behoeve van de aansluiting van Windpark Fryslân op het landelijk net is in het Rijksinpassingplan van Windpark Fryslân een kabeltracé opgenomen vanaf het transformatorstation op Breezanddijk tot aan het aansluitingspunt te Oudehaske. De vergunningen voor het tracé op de Afsluitdijk zijn reeds verleend. Onderhavige document betreft een toelichting op de aanvraag om Wbr-vergunning voor de aanleg en instandhouding van het deel van het kabeltracé tussen de Afsluitdijk en Marnezijl. Ter plaatste van station Marnezijl wordt eveneens een aansluiting gemaakt op het hoogspanningsnet. In figuur 1.1 is een weergave van dit deel van het tracé gegeven.

Figuur 1.1 Kabeltracé tussen Afsluitdijk - Marnezijl



Bron: Pondera Consult

Aanvraag

Rekening houdend met de tijd benodigd voor selectie en contractering van aannemers en leveranciers kan het tot enkele jaren na verkrijging van de vergunning duren voordat met de aanleg het kabeltracé gestart kan worden. Als gevolg hiervan zijn nog niet alle technische uitvoeringsdetails bekend, zoals de exacte wijze van aanleg van de kabel (open ontgraving of ploegen), de te hanteren boorstelling voor de gestuurde boringen en een verkeersplan.

In de aanvraag wordt zoveel als mogelijk duidelijkheid gegeven over de voorziene werkwijze. Voor de onderdelen waar dit niet mogelijk is, is in de aanvraag aangegeven aan welke

voorwaarden voldaan zal worden en/of welke maximale uitgangspunten van toepassing zijn. Aangegeven is op welk moment detailplannen / uitwerkingsplannen aan RWS ter goedkeuring zullen worden voorgelegd. Op basis van de aanvraag zijn de maximale effecten gezien vanuit de relevante belangen in het kader van de Wbr.

Waar nodig wordt gebruik gemaakt van een worst-case benadering. Dat betekent dat bij de definitieve keuze / uitvoering van de werkzaamheden de effecten minimaal gelijk of gunstiger zijn dan hetgeen is vergund. Indien een uitvoeringsmethode beschikbaar komt of door aannemers wordt voorgesteld die tot grotere effecten leidt zal een wijziging van de vergunning worden aangevraagd.

1.2 Gegevens aanvrager en gemachtigde

De gegevens van de initiatiefnemer van Windpark Fryslân B.V. staan in Tabel 1.1. De initiatiefnemer is gelijk aan de aanvrager van de Wbr vergunning.

Tabel 1.1 Gegevens aanvrager

Gegevens	
Statutaire-/handelsnaam	Windpark Fryslân BV
KvK	52567354
Vestigingsnummer	000022486844
Vestigingsadres	Duit 15
Postadres	8305 BB EMMELOORD
Contactpersoon	Dhr. A.T. de Groot
Functie	Directeur
Telefoon	0527 616167
E-mail	info@windparkfryslan.nl

De initiatiefnemer wordt bijgestaan door Pondera Consult. De aangegeven contactpersoon van het adviesbureau in onderstaande tabel is ook de gemachtigde voor het indienen van de Wbr vergunning.

Tabel 1.2 Gegevens gemachtigde

Gegevens	
Statutaire-/handelsnaam	Pondera Consult BV
KvK	08156154
Vestigingsnummer	000017968313
Vestigingsadres	Welbergweg 49
Postadres	7556 PE HENGELO (OV)
Contactpersoon	J.F.W. Rijntalder

Functie	Directeur
Telefoon	074 2489940
E-mail	h.rijntalder@ponderaconsult.com

De heer Ten Klooster van Pondera Consult is contactpersoon voor de aanvraag. De gegevens van de heer Ten Klooster zijn in tabel 1.3 opgenomen.

Tabel 1.3 Gegevens contactpersoon

Gegevens	
Contactpersoon	M. ten Klooster
Functie	Adviseur
Telefoon	06 46111889
E-mail	m.tenklooster@ponderaconsult.com

1.3 Vergunning

De Wet beheer rijkswaterstaatswerken regelt het beheer en verkeersveiligheid van wegen in beheer bij het Rijk. Voor het maken van werken in, op of onder waterstaatswerken een Wbr-vergunning nodig is. Onder waterstaatswerken verstaat de Wbr: *“bij het Rijk in beheer zijnde wegen alsmede, voor zover in beheer bij het Rijk, de daarin gelegen kunstwerken en hetgeen verder naar zijn aard daartoe behoort”*.¹

Het kabeltracé tussen de Afsluitdijk en Marnezijl zoals vastgelegd in het Rijksinpassingplan Windpark Fryslân ligt vrijwel geheel parallel aan de Rijksweg A7. Op enkele punten wordt (een deel van) de snelweg gekruist middels een gestuurde boring, bijvoorbeeld bij een afrit. Voor het aanleggen van het kabeltracé naast de Rijksweg en voor het kruisen van de Rijksweg wordt een WBR vergunning aangevraagd. Het betreft hier een aanvraag op grond van artikel 2 van de Wet beheer rijkswaterstaatswerken. Voor de aanvraag is gebruik gemaakt van het aanvraagformulier voor de Wbr vergunning. In het (digitale) aanvraagformulier wordt op enkele punten verwezen naar bijlage 1. Onderhavig document betreft deze bijlage 1 en geeft een nadere toelichting op de aanvraag.

Naast een WBR vergunning is er een aantal andere vergunning nodig, waaronder een watervergunning en omgevingsvergunning. Deze aanvragen worden separaat aangevraagd. Voor het tracé van Marnezijl tot Oudehaske worden eveneens separaat de benodigde vergunningen aangevraagd.

Op de aanvraag is de Rijkscoördinatieregeling van Windpark Fryslân van toepassing. Dat betekent dat de uitgebreide procedure van toepassing is en dat de ontwerpbesluiten gecoördineerd ter inzage worden gelegd.

¹ Wet beheer rijkswaterstaatswerken, Artikel 1.

1.4 Leeswijzer

Na dit inleidende hoofdstuk 1 wordt in hoofdstuk 2 een beschrijving gegeven van de onderdelen die horen bij deze aanvraag. Hoofdstuk 3 gaat vervolgens in op de mogelijke werkwijzen voor het aanleggen van de kabels en het werkplan dat voorafgaand aan de werkzaamheden aan het bevoegd gezag wordt voorgelegd. Hoofdstuk 4 geeft ten slotte een overzicht van de bescheiden en gegevens die later aan het bevoegd gezag worden voorgelegd.

2 BESCHRIJVING ONDERDELEN

2.1 Inleiding

De WBR aanvraag heeft betrekking op het leggen van het kabeltracé naast de snelweg A7 en het kruisen van enkele delen van de snelweg. Hieronder worden deze onderdelen nader beschreven.

2.2 Kabeltracé

Het kabeltracé ligt vrijwel geheel binnen de kabelzone die in het Rijksinpassingsplan voor Windpark Fryslân is vastgelegd en volgt de snelweg A7 tussen de Afsluitdijk en het station te Marnezijl. Het tracé ligt in de berm aan de zuidzijde van de snelweg in gronden in beheer bij Rijkswaterstaat. Bij Marnezijl verlaat het tracé de snelweg en vervolgt zijn weg richting het aansluitpunt. Op deze delen van het tracé is de Wbr niet van toepassing, maar worden separaat vergunningen aangevraagd (omgevingsvergunning bij de gemeente Sudwest Fryslân en een watervergunning bij het Wetterskip Fryslân). In bijlage 2 zijn tekeningen van het tracé opgenomen.

Het kabeltracé bestaat uit twee circuits van 110 kV die naast elkaar worden gelegd op een minimale afstand van circa 1,0 meter en op een diepte van circa 100 cm-mv. De circuits bestaan uit 3 gebundelde kabels en een glasvezelkabel met daarboven een beschermde slab.

Magneetveld

De Europese Unie heeft - in een aanbeveling – een referentieniveau van 100 microtesla voor bescherming van leden van de bevolking vastgelegd.⁵ De maximale waarde van het magneetveld (bij vollast) komt op een waarde van 7,03 microTesla, bij gemiddelde belasting (50%) is dit 3,5 microTesla. Het magneetveld van de kabel ligt ruimschoots onder de aanbeveling van de EU.

Inductiespanningen

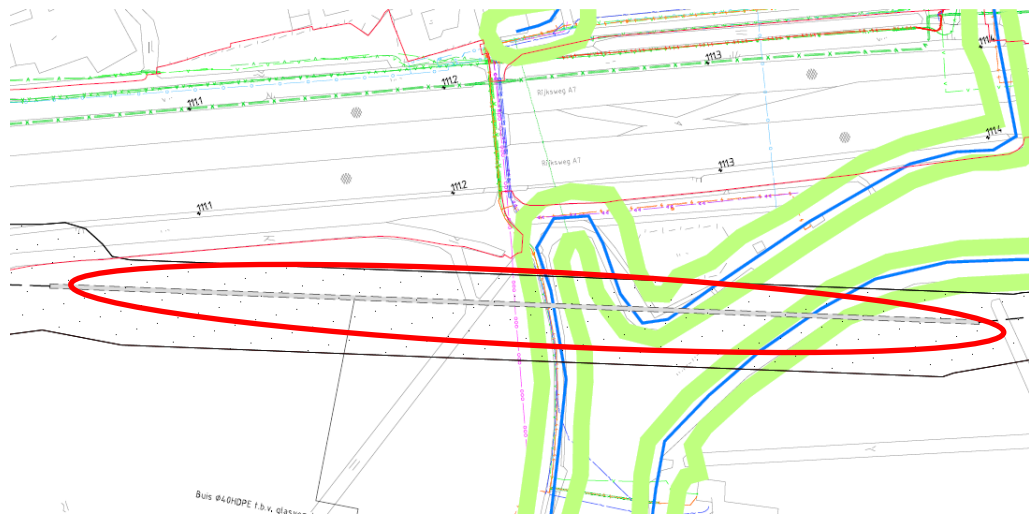
In het definitieve ontwerp van het kabelsysteem wordt bepaald of er sprake is van inductieve beïnvloeding (onder spanning staan) van de geleiderail en er kans bestaat op wisselstroom corrosie. Het is niet de verwachting dat inductiespanning optreedt, indien dit toch het geval is dan kunnen eenvoudig mitigerende maatregelen genomen worden om dit te voorkomen bijvoorbeeld door aarding van de geleiderail. Omdat de geleiderails op korte afstanden van elkaar al zijn gefundeerd in de bodem is er naar verwachting overigens al sprake van aarding.

2.3 Kruisingen

HDD-boringen

Op een aantal locaties binnen het tracé is een boring nodig, bijvoorbeeld bij het kruisen van een afrit. De locaties waar boringen nodig zijn, staan weergegeven op de tekeningen in bijlage 2. Aangezien de detail-engineering in een latere fase plaatsvindt, is de exacte locatie en technische details van de boringen (o.a. in- en uitredepunt) nog niet bekend. Op de tekeningen in bijlage 2 is om die reden een indicatie gegeven van de ligging van de boringen. In onderstaande figuur is daarvan een voorbeeld gegeven. Wanneer detail-engineering heeft plaatsgevonden, worden de exacte locaties van de boringen, inclusief in- en uitredepunt aan Rijkswaterstaat voorgelegd. Dit zal 3 maanden voorafgaand aan de werkzaamheden plaatsvinden.

Figuur 2.1 voorbeeld zone HDD-boringen



Bron: K&L infra. Grijsse zone = globale ligging HDD-boring

Er zijn verschillende HDD-boringen die voor deze Wbr-aanvraag van belang zijn. De meeste boringen liggen parallel aan de A7 en kruisen bijvoorbeeld een fietspad of watergang. De boringen onder (een afrit van) de A7 door zijn in onderstaande tabel opgenomen. Op de tekeningen in bijlage 2 staan alle boringen weergegeven.

Tabel 2.1 HDD-boringen

Boring	Locatie	Tekening
Kruist oprit A7	Kop van de Afsluitdijk	482.15.2.039-001-003_R5-20
Kruist oprit A7	Kop van de Afsluitdijk	482.15.2.039-001-003_R5-21
Kruist oprit A7	Rustplaats Hayum	482.15.2.039-001-003_R5-23
Kruist oprit A7	Rustplaats Hayum	482.15.2.039-001-003_R5-24
Kruist brug	Viersprong	482.15.2.039-001-003_R5-30
Kruist A7	Knooppunt Bolsward	482.15.2.039-001-003_R5-99

Naast de locatie zullen ook de technische details van de HDD-boringen bij de detail-engineering worden uitgewerkt. Om die reden is bij deze aanvraag niet voor elke boring een boorplan

toegevoegd, maar is één principe-boorplan als bijlage (bijlage 3) opgenomen. Het principe-boorplan geeft inzicht in de uitgangspunten en voorwaarden waar de boringen aan zullen voldoen. Uiterlijk 3 maanden voorafgaand aan de werkzaamheden wordt voor elke boring een specifiek boorplan opgesteld en aan Rijkswaterstaat voorgelegd. Het definitieve ontwerp en de uitvoering van de HDD-boringen wordt volgens de Richtlijn Boortechnieken (versie januari 2004) van Rijkswaterstaat uitgevoerd (zie ook paragraaf 3.4).

Persboringen

Naast HDD-boringen wordt op een aantal locaties een pneumatische doorpersing uitgevoerd, beter bekend als persboring. Een persboring kan alleen in een rechte lijn gemaakt worden, de maximale lengte van een persing is beperkt. Ook voor de persboringen geldt dat de details uiterlijk 3 maanden voorafgaand aan de werkzaamheden aan Rijkswaterstaat worden voorgelegd. In onderstaande tabel is een overzicht gegeven van de locaties waar een persboring is voorzien en is aangegeven op welke tekening uit bijlage 2 deze zijn terug te vinden.

Tabel 2.2 Persboringen

Kruising	Locatie	Tekening
Persboring	Knooppunt kop Afsluitdijk	482.15.2.039-001-003_R5-22
Persboring	Knooppunt Witmarsum	482.15.2.039-001-003_R5-26
Persboring	Knooppunt Witmarsum	482.15.2.039-001-003_R5-26

Wanneer bij de detail-engineering blijkt dat op een locatie waar een boring gepland staat een open ontgraving toch wenselijker is, dan zal daarvoor in overleg met Rijkswaterstaat (indien nodig) een wijzigingsvergunning worden aangevraagd.

3 WERKWIJZE EN WERKPLAN

Zoals toegelicht in paragraaf 1.1 kan het tot enkele jaren duren voordat de aanleg van het kabeltracé kan starten. Hierdoor kan op dit moment over een aantal zaken slechts conservatief en op hoofdlijnen informatie worden gegeven. Details over bijvoorbeeld de wijze van aanleg van de kabel (open ontgraving of ploegen) en de te hanteren boorstelling zijn nu niet beschikbaar. De te contracteren aannemer voert werkzaamheden binnen de voorwaarden van de verleende vergunning uit.

Dit hoofdstuk geeft een korte beschrijving van de op dit moment veel gebruikte technieken voor aanleg van de kabels en gestuurde boringen om een worst case beoordeling van de effecten uit te voeren.

Het definitieve werkplan, inclusief boorplannen, en (waar nodig) verkeersmaatregelen, zullen uiterlijk 3 maanden voorafgaand aan de aanvang van de werkzaamheden ter goedkeuring aan het bevoegd gezag worden voorgelegd. Paragraaf 3.4 behandelt de inhoud van deze plannen.

3.1 Open ontgraving

Het kabeltracé wordt aangelegd middels het graven van sleuven voor die delen van het tracé waar een open ontgraving mogelijk is. De sleuven zijn circa 3- 4 meter breed, het graven gebeurt met een sleuvengraver of frees. De graver rijdt over het (toekomstig) tracé en graaft gaandeweg een sleuf tot op de gewenste diepte. Er zijn installaties waarbij de kabel tegelijkertijd aan de achterkant in de sleuf wordt gelegd. Nadat de kabels in de sleuven zijn gelegd worden deze weer dicht gemaakt. Hierbij wordt rekening gehouden met de opbouw van de grond.

Figuur 3.1 voorbeeld sleuvengraver



Bron: www.Toro.com

3.2 Sleufloze technieken

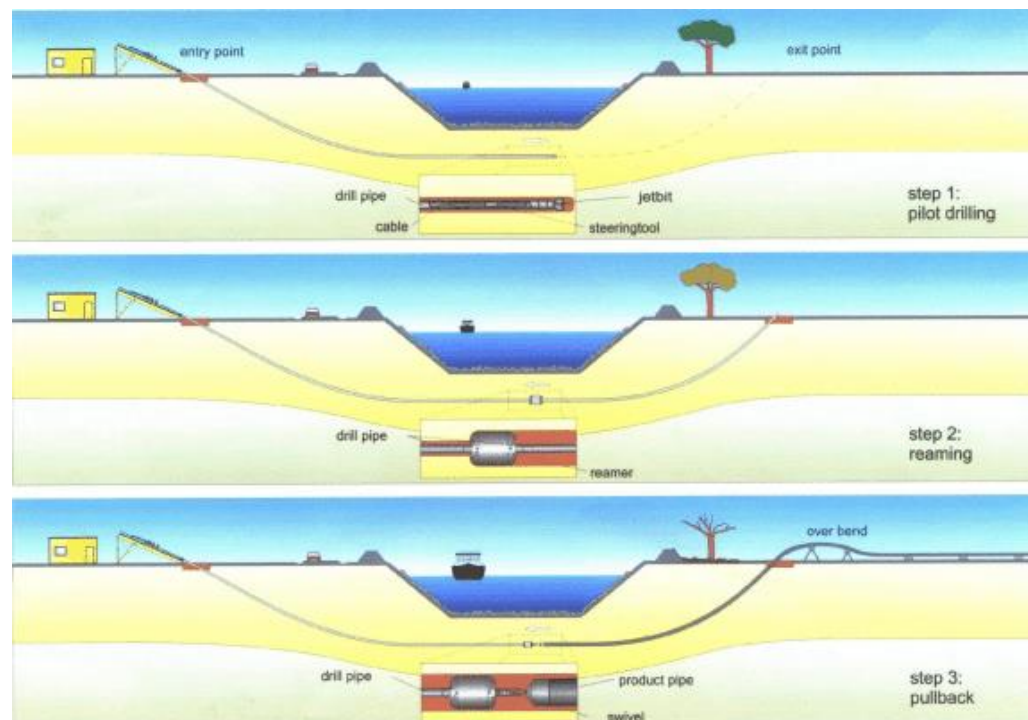
Horizontaal gestuurd boren

Horizontaal gestuurd boren of *horizontal directional drilling* (HDD) is een sleufloze techniek die gebruikt wordt voor de aanleg van ondergrondse infrastructuur. Deze techniek wordt vaak toegepast waar aanleg met een ontgraving of verstoring van het maaiveld niet mogelijk is.

Voor de aanleg van het trace zijn enkele kruisingen nodig, bijvoorbeeld bij he kruisen van de A7 of van een afrit. Een HDD boring bestaat uit drie fasen:

- Fase 1: pilotboring, waarbij een boorkop of een spuitjet voor op de pilotbuis wordt geplaatst. De boorkop wordt aangedreven door een mengsel van water en bentoniet. De boorspoeling wordt via de pilotbuis naar de boorkop getransporteerd en wordt samen met de losgeweelde grond langs de buitenzijde van de pilotbuis door het boorgat afgevoerd. De hoeveelheid boorspoeling is beperkt en niet milieubelastend. De boring gaat onder een nader te bepalen hoek de grond in, maakt een boog onder het obstakel door en komt aan de andere kant weer boven.
- Fase 2: het boorgat wordt ruimer gemaakt tot de gewenste diameter.
- Fase 3: de kabel wordt door het boorgat getrokken.

Figuur 3.2 Schematische tekening horizontaal gestuurde boring



Bron: flowtexegypt.com

De horizontale boormethode is zeer goed bestuurbaar en de positie van de boorkop kan vrijwel continu worden bepaald. De boorkop wordt bestuurd door middel van een stuurslof die zich aan de voorzijde van de boorkop bevindt. Door tijdens de boring de stuurslof in de gewenste richting te laten wijzen, wordt sturing verkregen. De meest voorkomende methode om de positie van de boorkop te bepalen, is door detectie van een radiografisch signaal dat door de boorkop wordt

uitgezonden. Het detectie apparaat is draagbaar en registreert alle verticale en horizontale bewegingen van de boorkop. Hierdoor is het mogelijk stuurcorrecties tijdens het boren uit te voeren.

Persboring

Een andere sleufloze techniek is de pneumatische doorpersing, beter bekend als persing. Bij het maken van een persing wordt een stalen mantelbuis door middel van een persluchtraket horizontaal de grond in geslagen. Nadat de buis in de grond geslagen is, wordt deze door middel van een schuimprop en perslucht of een luchtlans schoongeblazen. Als de buis schoon is kunnen de kabels er door gevoerd worden. Een persing kan alleen in een rechte lijn gemaakt worden, de maximale lengte van een persing is echter beperkt.

Op enkele plekken (bijvoorbeeld het kruisen van een fietspad) zal gebruik worden gemaakt van een doorpersing. Ook de details van de persingen worden met het werkplan 3 maanden van tevoren aangeleverd.

3.3 Verkeer tijdens uitvoering

Aangezien het tracé langs de Snelweg A7 wordt aangelegd en het tracé (de berm) op een aantal locaties relatief smal is, zullen er op verschillende locaties verkeersmaatregelen nodig zijn tijdens het uitvoeren van de werkzaamheden. De maatregelen die nodig zijn zullen per locatie verschillen en worden bij de detail-engineering specifiek uitgewerkt in een mobiliteitsplan. Dit plan wordt samen met het werkplan uiterlijk 3 maanden voorafgaand aan de werkzaamheden aan Rijkswaterstaat voorgelegd.

Bij het opstellen van het mobiliteitsplan wordt zoveel als mogelijk aangesloten bij de 'RWS-Richtlijn voor verkeersmaatregelen bij wegwerkzaamheden op rijkswegen' (2012) en bij CROW-publicaties (96a en 96b). In principe worden de werkzaamheden zoveel mogelijk naast de snelweg uitgevoerd. De verkeersintensiteit op de A7 tussen de Kop van de Afsluitdijk en Bolsward ligt relatief laag. Wanneer verkeersmaatregelen nodig zijn, zal dit in overleg met Rijkswaterstaat worden bepaald.

3.4 Werkplan

Voor de uitvoering van de werkzaamheden wordt een werkplan opgesteld. Dit werkplan bevat duidelijke en gedetailleerde informatie met betrekking tot:

- De aanleg van de aansluitkabel:
 - Het definitieve kabeltracé (detailengineering);
 - Beschrijving van de wijze van uitvoering van werkzaamheden inclusief de duur van de werkzaamheden;
 - Verkeersmaatregelen bij werk in uitvoering , waarbij rekening wordt gehouden met de van toepassing zijnde regelingen zoals de 'RWS-richtlijn 2012' en CROW publicaties 96a en / of 96b.
 - Boorplannen (per boring, zie ook hierna).

Boorplan

Per boring worden boorplannen opgesteld conform de NEN 3650-3651. Een boorplan bevat informatie/berekeningen over:

- Mudberekeningen;
- Trekkkracht;
- Kwel;
- Boorvloeistof;
- Opstellingslocatie;
- Diameter boringen;
- Tracé boring: lengte en diepte boringen.

De boorplannen worden uiterlijk 3 weken voorafgaand aan de uitvoering aan Rijkswaterstaat overlegd.

4 BESCHIEDEN EN GEGEVENS

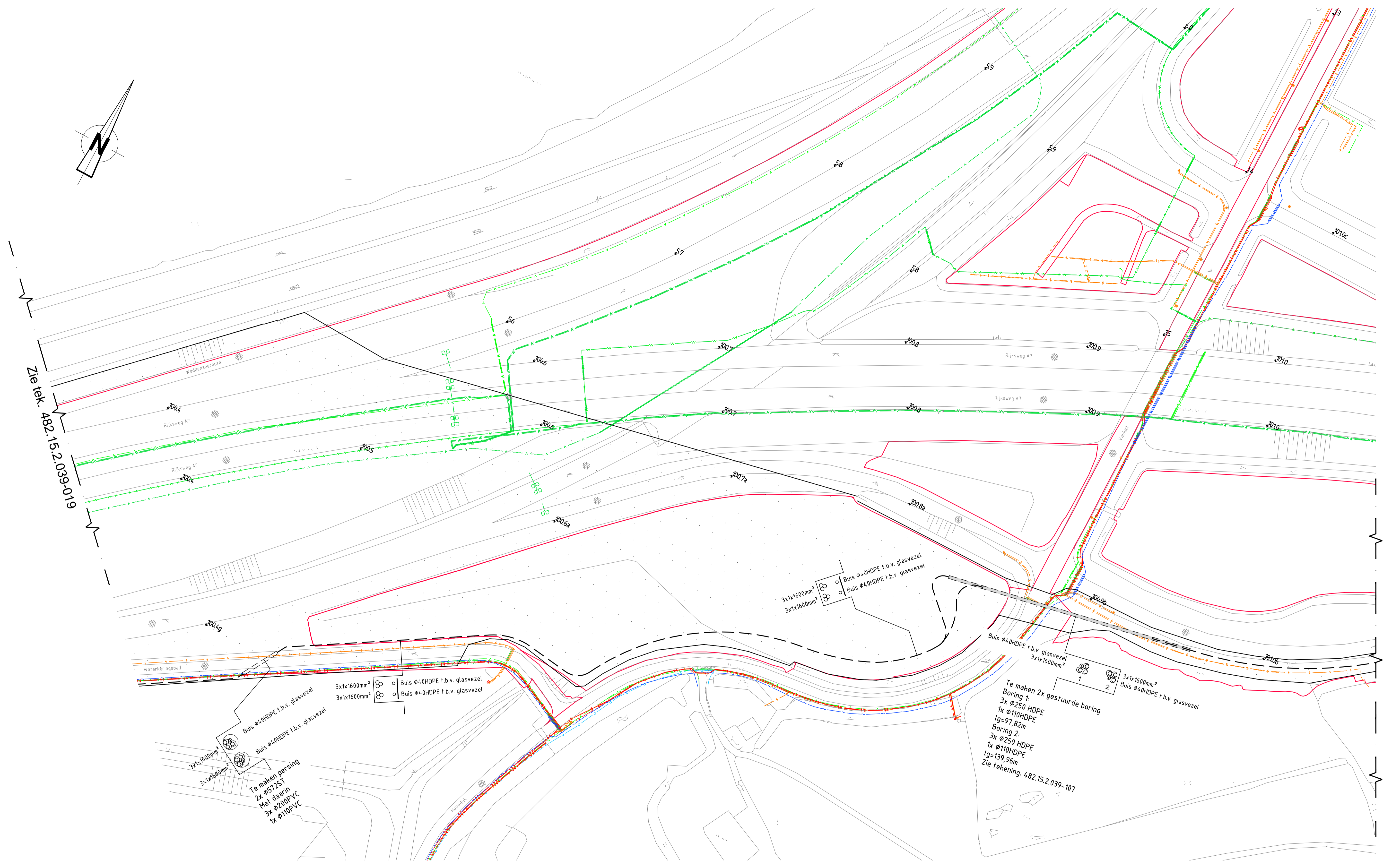
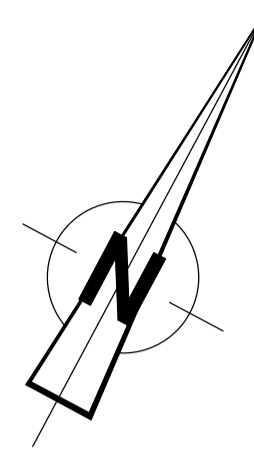
4.1 Bijlagen en gegevens

Bij het aanvraagformulier is een inhoudsopgave gevoegd waarop alle bijlagen zijn aangegeven. In Tabel 4.1 is aangegeven welke bescheiden en gegevens later, en wanneer zullen worden aangeboden aan het bevoegd gezag.

Tabel 4.1 Overzicht aan te leveren documenten

Onderdeel	Document	Aanleveren (uiterlijk)
Kabeltrace	Werkplan, inclusief: <ul style="list-style-type: none"> • Situeringstekening definitieve kabeltracé • Beschrijving wijze van uitvoering van werkzaamheden; • Verkeersmaatregelen bij werk in uitvoering - mobiliteitsplan; • Boorplannen. 	3 maanden voorafgaand aan aanvang werkzaamheden (NB voor de boorplannen is dit 3 weken voorafgaand aan aanvang werkzaamheden)
Exceptioneel vervoer rijkswegen*	Transportplan voor ontheffingsaanvraag speciaal transport (RDW)	Indien van toepassing: minimaal 8 dagen voorafgaand aan transport

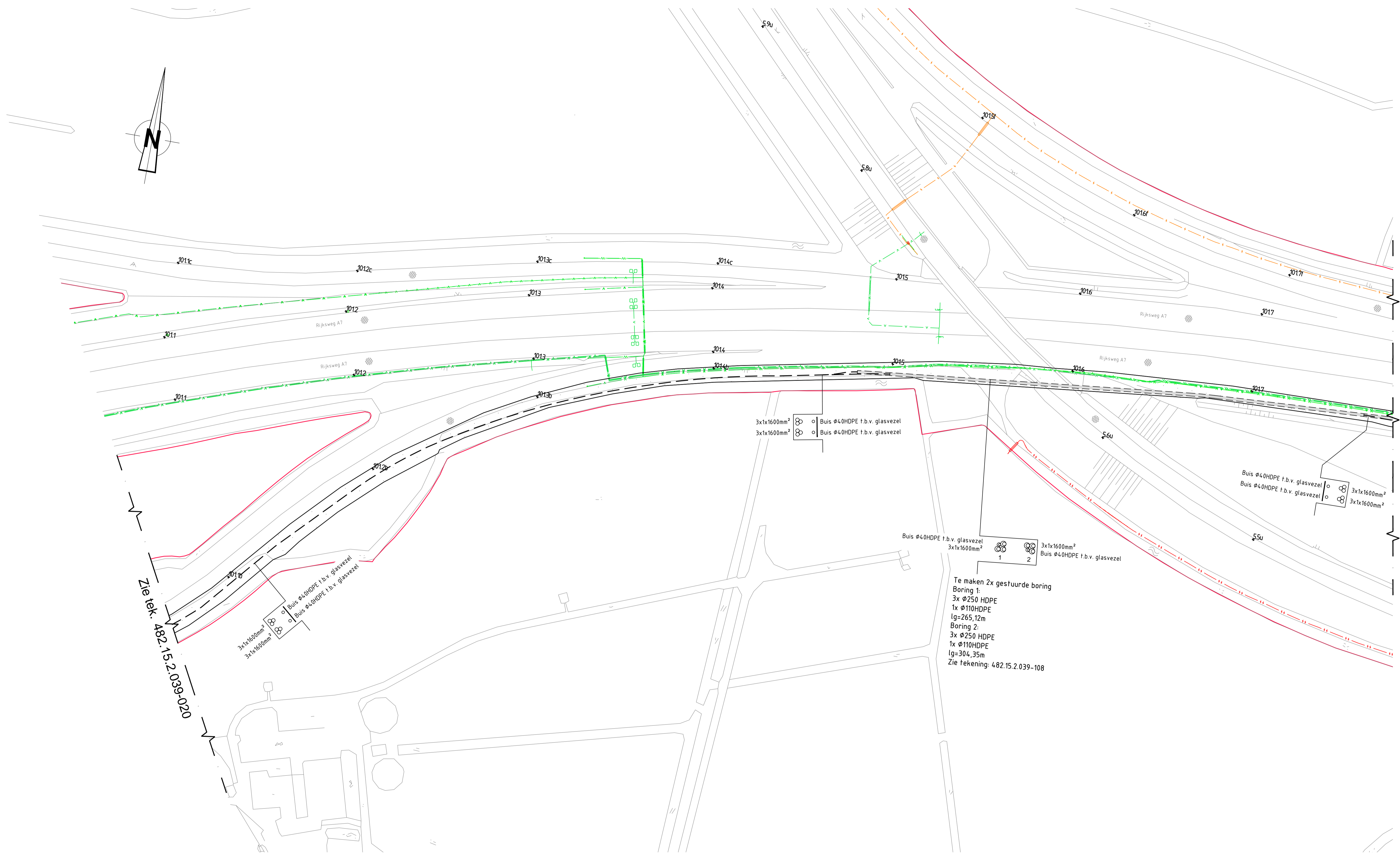
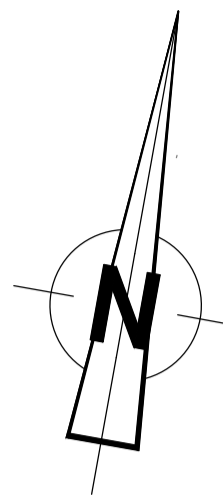
*alleen indien van toepassing, niet benodigd voor de Wbr-vergunning (RDW is bevoegd gezag)



Legenda bestaande K&L

	VV	Ca
	CO2 leiding	Electra LS
	Electra LS	Electra MS
	Electra MS	Electra HS
	LD gasleiding	HD gasleiding
	HD gasleiding	Gasunie leiding
	Dieleleiding	Ruot
	Ruot	Druktuot
	Druktuot	KPN
	Diverse Telecom (UPC, Eurofiber, Tele2, enz)	Waterleiding
	Waterleiding	Transport waterleiding
	Transport waterleiding	Warmte SV
	Eigendomsgrans Rijkswaterstaat	

REV.1	Diverse wijzigingen		
REVISIEGESCHIEDENIS/REVISION HISTORY			
REV.	DATE/DATUM	02.09.2015	GETEKEND DOOR/ DRAWN BY PB
00	STATUS/STATUS	Eerste ontwerp	GOEGEKEURD DOOR APPR. BY RB
Windpark Fryslân		PROJECTBUREAU / PROJECT OFFICE : Ventolines by Duit 15.8300 BB Emmeloord T: +31 527 61 61 67	
TITLE Tracé 220kV kabelverbinding Windmolenpark Fryslân - Station Marnezijl			
PROJECT	482.15.2.039	SITE	SITE
SCHAAL/SCALE	1:1000	DRAWING.ID	482.15.2.039-020
FORMAAT/SIZE	A1	DOCUMENT.ID	482.15.1.039-001-003_R5.dwg
Deze tekening is eigendom van Windpark Fryslân en mag niet worden gebruikt, gereproduceerd of beschikbaar gesteld aan derden zonder schriftelijke toestemming. / This drawing is the property of Windpark Fryslân and may not be used, reproduced or made available to third parties without written consent.			



Zie tek. 482.15.2.039-020

Zie tek. 482.15.2.039-022

3x1x1600mm²
3x1x1600mm²
Buis Ø40HDPE f.b.v. glasvezel
Buis Ø40HDPE f.b.v. glasvezel

3x1x1600mm²
3x1x1600mm²
Buis Ø40HDPE f.b.v. glasvezel
Buis Ø40HDPE f.b.v. glasvezel

Buis Ø40HDPE f.b.v. glasvezel
3x1x1600mm²
1 2
3x1x1600mm²
Buis Ø40HDPE f.b.v. glasvezel

Te maken 2x gestuurde boring
Boring 1:
3x Ø250 HDPE
1x Ø110HDPE
lg=265,12m
Boring 2:
3x Ø250 HDPE
1x Ø110HDPE
lg=304,35m
Zie tekening: 482.15.2.039-108

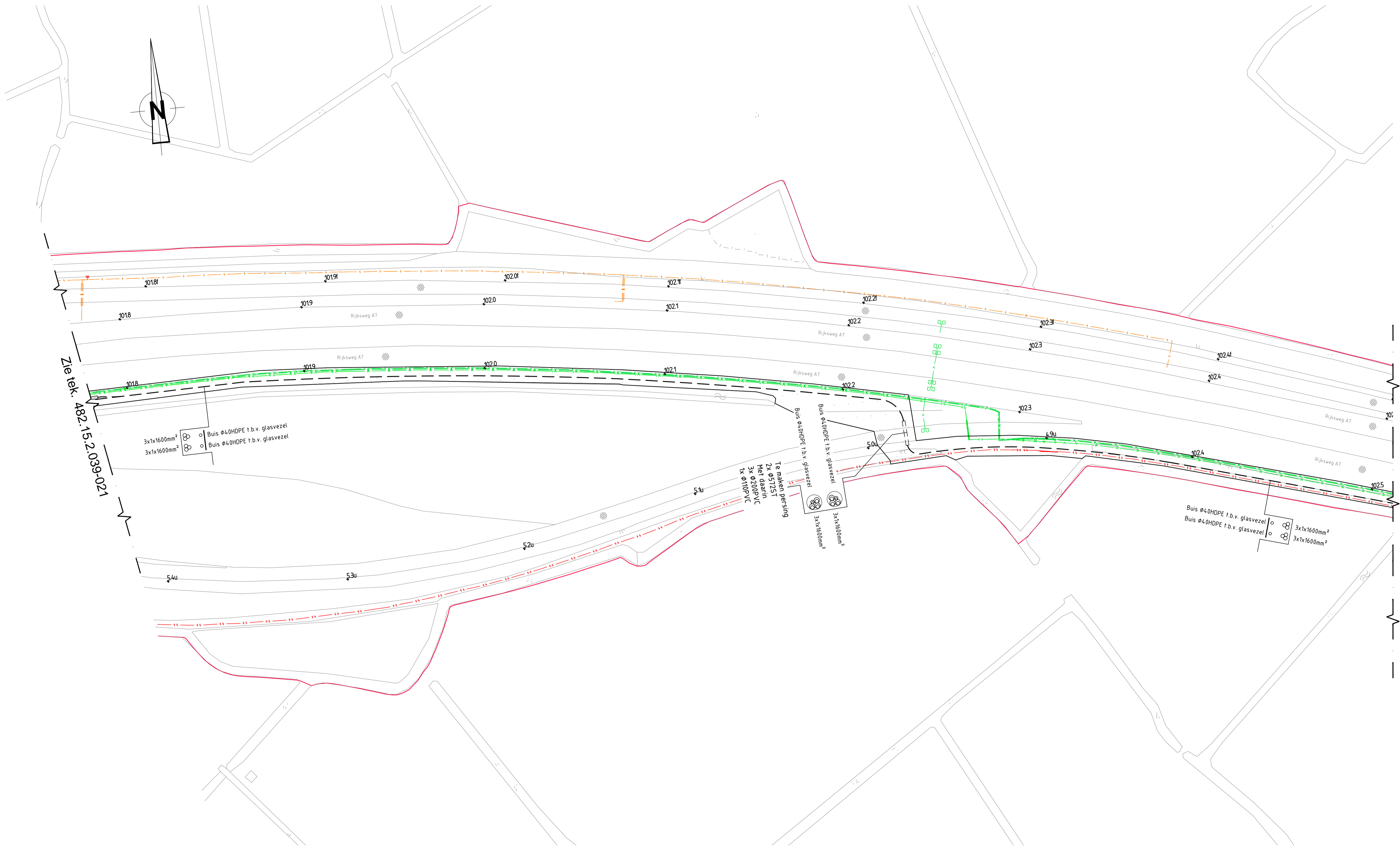
Legenda

	Te leggen HS kabels
	Te persen / leggen mantelbuis
	Te maken gestuurde boring

Legenda bestaande K&L

	VV	Ca
	Ø40	CO2 leiding
	Ø40	Electra LS
	Ø40	Electra MS
	Ø40	Electra HS
	Ø40	LD gasleiding
	Ø40	HD gasleiding
	Ø40	Gasunie leiding
	Ø40	Dieleiding
	Ø40	Ruot
	Ø40	Drukruot
	Ø40	KPN
	Ø40	Diverse Telecom (VPC,Eurofiber, Tele2, enz)
	Ø40	Waterleiding
	Ø40	Transport waterleiding
	Ø40	Warmte SV
	Ø40	Eigendomsgrans Rijkswaterstaat

REV.1	Diverse wijzigingen		
REVISIEGESCHIEDENIS/REVISION HISTORY			
REV.	DATE/DATUM	02.09.2015	GETEKEND DOOR/ DRAWN BY PB
00	STATUS/STATUS	Eerste ontwerp	GOEGEKEURD DOOR APPR. BY RB
PROJECT		Windpark Fryslân	PROJECTBUREAU / PROJECT OFFICE : Ventolines by Duit 15.8300 BB Emmeloord T: +31 527 61 61 67
TITLE		Tracé 220kV kabelverbinding Windmolenpark Fryslân - Station Marrezijl	
SCHAAL/SCALE	1:1000	SITE	482.15.2.039-021
FORMAAT/SIZE	A1	DOCUMENT ID	482.15.1.039-001-003_R5.dwg
Deze tekening is eigendom van Windpark Fryslân en mag niet worden gebruikt, gereproduceerd of beschikbaar gesteld aan derden zonder schriftelijke toestemming. / This drawing is the property of Windpark Fryslân and may not be used, reproduced or made available to third parties without written consent.			



3x1x1600mm² Buis Ø40HDPE t.b.v. glasvezel
 3x1x1600mm² Buis Ø40HDPE t.b.v. glasvezel

Te maken persring
 2x Ø17251
 Met daarin
 3x Ø200PVC
 1x Ø110PVC
 Buis Ø40HDPE t.b.v. glasvezel
 3x1x1600mm²

Buis Ø40HDPE t.b.v. glasvezel 3x1x1600mm²
 Buis Ø40HDPE t.b.v. glasvezel 3x1x1600mm²

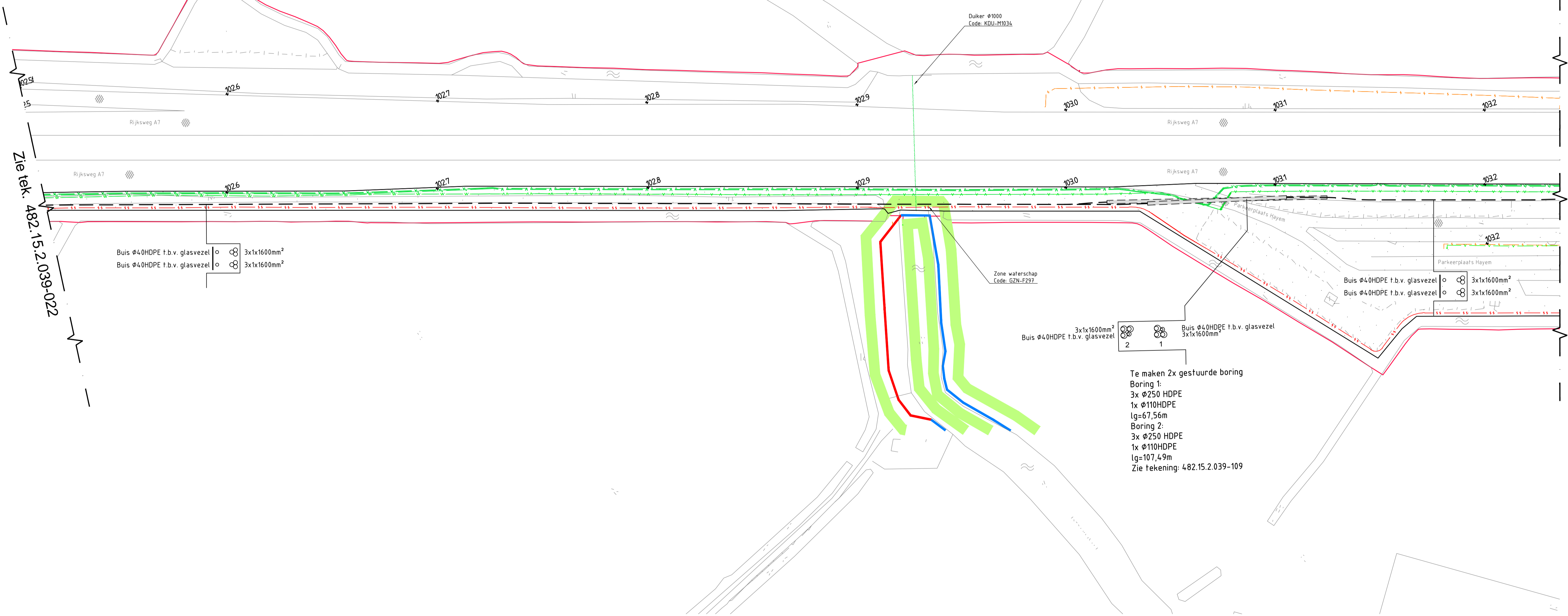
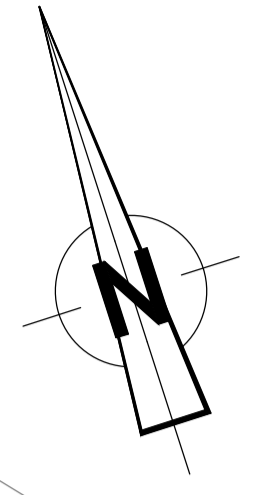
Legenda

	Te leggen HS kabels
	Te persen / leggen mantelbuis
	Te maken gestuurde boring

Legenda bestaande K&L

	Vv		Ca
	CO2 leiding		Electra LS
	Electra MS		Electra HS
	LD gasleiding		HD gasleiding
	Gasunie leiding		Dieleiding
	Riool		Druktuol
	KPN		Diverse Telecom (UPC,Eurofiber, Tele2, enz)
	Waterleiding		Transport waterleiding
	Warmte SV		Eigendomsgrens Rijkswaterstaat

REV 00			
REVISIEGESCHIEDENIS/REVISION HISTORY			
REV.	DATE/DATUM	02.09.2015	GETEKEND DOOR/ DRAWN BY
00	STATUS/STATUS	Eerste ontwerp	PB
PROJECT		Windpark Fryslân	GOEKEURD DOOR APPR. BY
SCHAAL/SCALE		1:1000	RB
FORMAAT/SIZE		A1	PROJECTBUREAU / PROJECT OFFICE :
			Ventolines by
			Duit 15.8300 BB Emmeloord
			T: +31 527 61 61 67
TITLE			
Tracé 220kV kabelverbinding			
Windmolenpark Fryslân - Station Marrezijl			
PROJECT	482.15.2.039	SITE	SITE
SCHAAL/SCALE	1:1000	DRAWING.ID	482.15.2.039-022
FORMAAT/SIZE	A1	DOCUMENT.ID	482.15.1.039-001-003_R5.dwg
Deze tekening is eigendom van Windpark Fryslân en mag niet worden gebruikt, gereproduceerd of beschikbaar gesteld aan derden zonder schriftelijke toestemming. / This drawing is the property of Windpark Fryslân and may not be used, reproduced or made available to third parties without written consent.			



Zie tek. 482.15.2.039-022

Zie tek. 482.15.2.039-024

Buis Ø40HDPE f.b.v. glasvezel 3x1x1600mm²
 Buis Ø40HDPE f.b.v. glasvezel 3x1x1600mm²

3x1x1600mm² Buis Ø40HDPE f.b.v. glasvezel 2
 Buis Ø40HDPE f.b.v. glasvezel 3x1x1600mm² 1

Te maken 2x gestuurde boring
 Boring 1:
 3x Ø250 HDPE
 1x Ø110HDPE
 lg=67,56m
 Boring 2:
 3x Ø250 HDPE
 1x Ø110HDPE
 lg=107,49m
 Zie tekening: 482.15.2.039-109

Legenda

	Te leggen HS kabels
	Te persen / leggen mantelbuis
	Te maken gestuurde boring

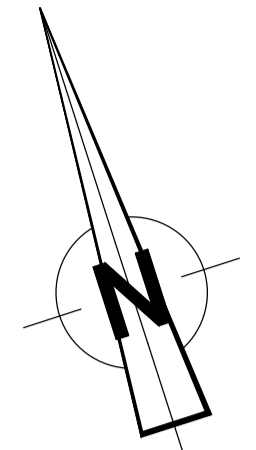
Zonerings Waterschap Fryslân

	Beschermingszone
	Regionale waterkering (hogere gronden)
	Regionale waterkering

Legenda bestaande K&L

	VV	Ca
	CO2 leiding	Electra LS
	Electra LS	Electra MS
	Electra MS	Electra HS
	LD gasleiding	HD gasleiding
	HD gasleiding	Gasunie leiding
	Dieleiding	Ruot
	Ruot	Druktuot
	Druktuot	KPN
	Diverse Telecom (UPC, Eurofiber, Tele2, enz)	Waterleiding
	Waterleiding	Transport waterleiding
	Transport waterleiding	Warmte SV
	Warmte SV	Eigendomsgrens Rijkswaterstaat

REV.1	Diverse wijzigingen		
REVISIEGESCHIEDENIS/REVISION HISTORY			
REV.	DATE/DATUM	02.09.2015	GETEKEND DOOR/ DRAWN BY PB
00	STATUS/STATUS	Eerste ontwerp	GOEGEKEURD DOOR APPR. BY RB
PROJECT		Windpark Fryslân	PROJECTBUREAU / PROJECT OFFICE : Ventolines by Duit 15.8300 BB Emmeloord T: +31 527 61 61 67
TITLE		Tracé 220kV kabelverbinding Windmolenpark Fryslân - Station Marnezijl	
SCHAAL/SCALE	1:1000	SITE	482.15.2.039-023
FORMAAT/SIZE	A1	DOCUMENT.ID	482.15.1.039-001-003_RS.dwg
Deze tekening is eigendom van Windpark Fryslân en mag niet worden gebruikt, gereproduceerd of beschikbaar gesteld aan derden zonder schriftelijke toestemming. / This drawing is the property of Windpark Fryslân and may not be used, reproduced or made available to third parties without written consent.			



Zie tek. 482.15.2.039-023

Zie tek. 482.15.2.039-025

3x1x1600mm²
Buis Ø40HDPE t.b.v. glasvezel

3x1x1600mm²
Buis Ø40HDPE t.b.v. glasvezel

Te maken 2x gestuurde boring
 Boring 1:
 3x Ø250 HDPE
 1x Ø110HDPE
 lg=34,12m
 Boring 2:
 3x Ø250 HDPE
 1x Ø110HDPE
 lg=39,26m
 Zie tekening: 482.15.2.039-110

Buis Ø40HDPE t.b.v. glasvezel
 Buis Ø40HDPE t.b.v. glasvezel

3x1x1600mm²
3x1x1600mm²

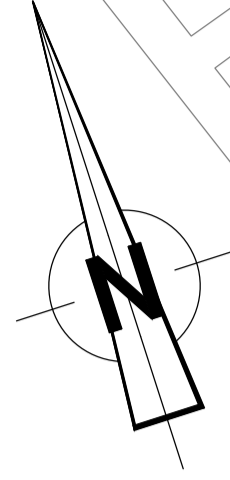
Legenda

- Te leggen HS kabels
- Te persen / leggen mantelbuis
- Te maken gestuurde boring

Legenda bestaande K&L

- Vv — Vv Ca
- 040 — 040 CO2 leiding
- 5 — 5 Electra LS
- 55 — 55 Electra MS
- 555 — 555 Electra HS
- 0 — 0 LD gasleiding
- 00 — 00 HD gasleiding
- 000 — 000 Gasunie leiding
- 4 — 4 Dieleiding
- 44 — 44 Root
- 444 — 444 Druktool
- v — v KPN
- v — v Diverse Telecom (UPC,Eurofiber, Tele2, enz)
- v — v Waterleiding
- v — v Transport waterleiding
- v — v Warmte SV
- Egenomsgrens Rijkswaterstaat

REV.1	Diverse wijzigingen		GETEKEND DOOR/ DRAWN BY	PB
REVISIEGESCHIEDENIS/REVISION HISTORY				
REV.	DATE/DATUM	02.09.2015	GOEGERKEURD DOOR/ APPR. BY	PB
00	STATUS/STATUS	Eerste ontwerp	PROJECTBUREAU / PROJECT OFFICE :	RB
Windpark Fryslân			PROJECTBUREAU / PROJECT OFFICE :	
			Ventolines by	
			Duit 15, 8300 BB Emmeloord	
			T: +31 527 61 61 67	
TITLE	Tracé 220kV kabelverbinding			
Windmolenpark Fryslân - Station Marnezijl				
PROJECT	482.15.2.039	SITE	482.15.2.039-024	
SCHAAL/SCALE	1:1000	DRAWING.ID	482.15.1.039-00-003_RS_4w	
FORMAAT/SIZE	A1	DOCUMENT.ID	482.15.1.039-00-003_RS_4w	
Deze tekening is eigendom van Windpark Fryslân en mag niet worden gebruikt, gereproduceerd of beschikbaar gesteld aan derden zonder schriftelijke toestemming. / This drawing is the property of Windpark Fryslân and may not be used, reproduced or made available to third parties without written consent.				



Zie tek. 482.15.2.039-024

Zie tek. 482.15.2.039-026



Buis ϕ 40HDPE t.b.v. glasvezel 3x1x1600mm²
 Buis ϕ 40HDPE t.b.v. glasvezel 3x1x1600mm²

Buis ϕ 40HDPE t.b.v. glasvezel 3x1x1600mm²
 Buis ϕ 40HDPE t.b.v. glasvezel 3x1x1600mm²

Hoofd watergang
Code: DAF-N7900

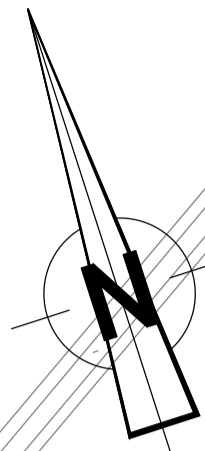
Legenda

- Te leggen HS kabels
- Te persen / leggen mantelbuis
- Te maken gestuurde boring

Legenda bestaande K&L

- Gas
- CO2 leiding
- Electra LS
- Electra MS
- Electra HS
- LD gasleiding
- HD gasleiding
- Gasunie leiding
- Dieleiding
- Riool
- Druktuol
- KPN
- Diverse Telecom (UPC,Eurofiber, Tele2, enz)
- Waterleiding
- Transport waterleiding
- Warmte SV
- Eigendomsgrens Rijkswaterstaat

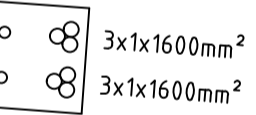
REV.00	omschrijving		REVISIEGESCHIEDENIS/REVISION HISTORY	
REV.	DATE/DATUM	02.09.2015	GETEKEND DOOR/ DRAWN BY	PB
00	STATUS/STATUS	Eerste ontwerp	GOEGEKEURD DOOR APPR. BY	RB
Windpark Fryslân		PROJECTBUREAU / PROJECT OFFICE : Ventolines by Duit 15, 8300 BB Emmeloord T: +31 527 61 61 67		
TITLE	Tracé 220kV kabelverbinding Windmolenpark Fryslân - Station Marrezijl			
PROJECT	482.15.2.039	SITE	482.15.2.039-025	
SCHAAL/SCALE	1:1000	DRAWING.ID	482.15.1.039-001-003_25.dwg	
FORMAAT/SIZE	A1	DOCUMENT.ID	482.15.1.039-001-003_25.dwg	
Deze tekening is eigendom van Windpark Fryslân en mag niet worden gebruikt, gereproduceerd of beschikbaar gesteld aan derden zonder schriftelijke toestemming. / This drawing is the property of Windpark Fryslân and may not be used, reproduced or made available to third parties without written consent.				



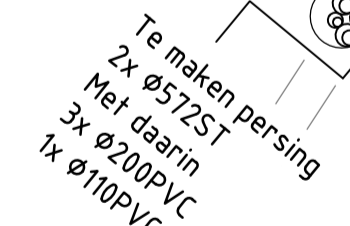
Zie tek. 482.15.2.039-025

Zie tek. 482.15.2.039-027

Buis ϕ 40HDPE t.b.v. glasvezel
 Buis ϕ 40HDPE t.b.v. glasvezel



Buis ϕ 40HDPE t.b.v. glasvezel
 Buis ϕ 40HDPE t.b.v. glasvezel



Te maken persing
 2x ϕ 57251
 Met daarin
 3x ϕ 200PVC
 1x ϕ 110PVC

Buis ϕ 40HDPE t.b.v. glasvezel
 Buis ϕ 40HDPE t.b.v. glasvezel

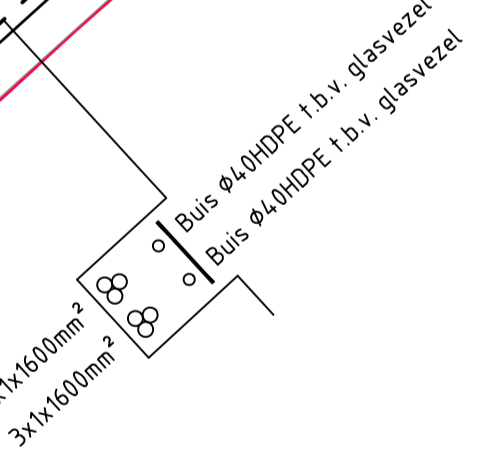


Te maken persing
 2x ϕ 57251
 Met daarin
 3x ϕ 200PVC
 1x ϕ 110PVC

Buis ϕ 40HDPE t.b.v. glasvezel
 Buis ϕ 40HDPE t.b.v. glasvezel



3x1x1600mm²
 3x1x1600mm²



Legenda

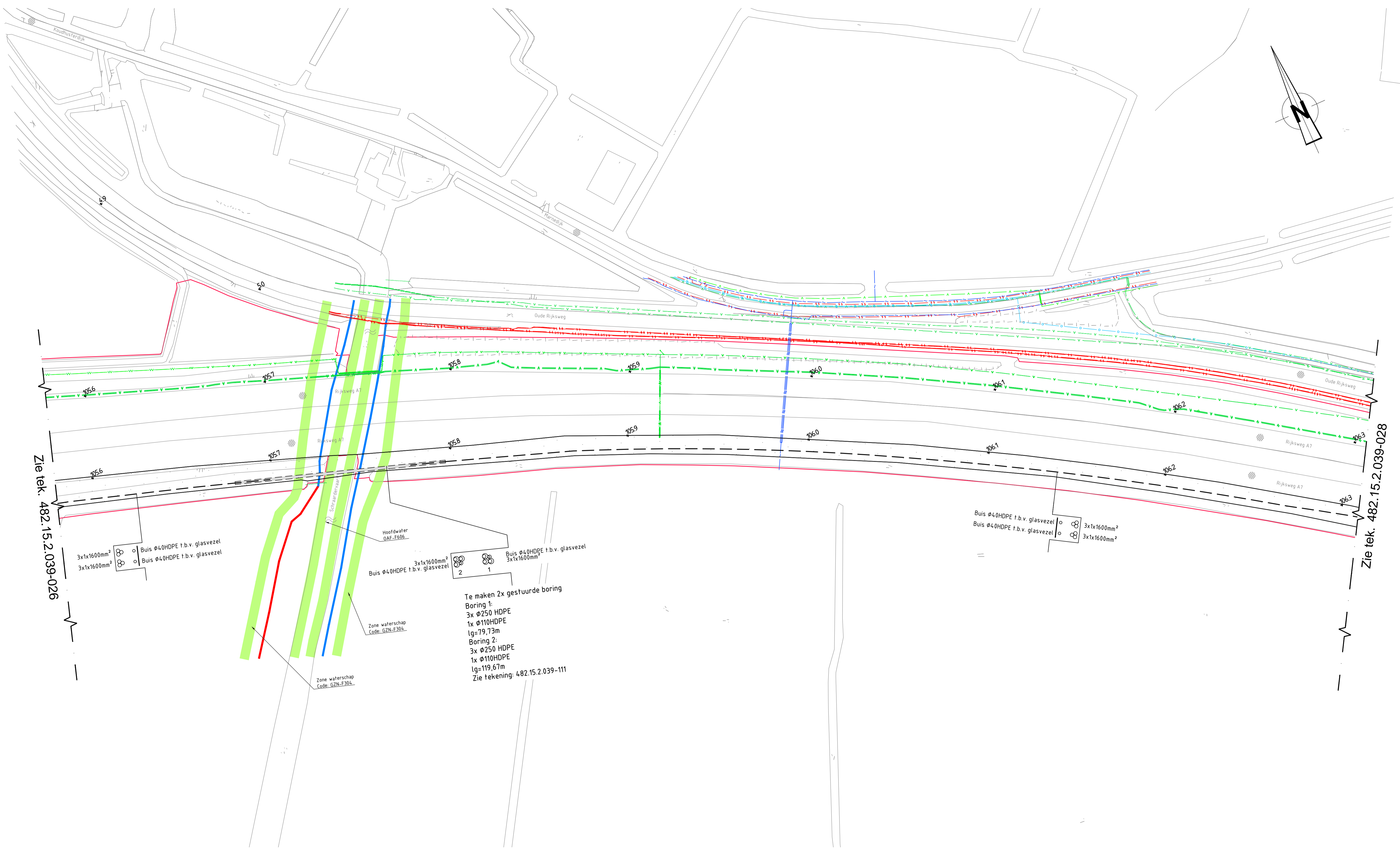
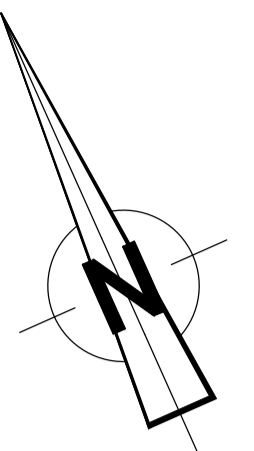
- Te leggen HS kabels
- Te persen / leggen mantelbuis
- Te maken gestuurde boring

Legenda bestaande K&L

- Gas
- CO2 leiding
- Electra LS
- Electra MS
- Electra HS
- LD gasleiding
- HD gasleiding
- Gasunie leiding
- Dieleiding
- Riool
- Drukriool
- KPN
- Diverse Telecom (UPC,Eurofiber, Tele2, enz)
- Waterleiding
- Transport waterleiding
- Warmte SV
- Egenomsgrens
- Rijkswaterstaat

REV.00 omschrijving			
REVISIEGESCHIEDENIS/REVISION HISTORY			
REV.	DATE/DATUM	02.09.2015	GETEKEND DOOR/ DRAWN BY: PB
00	STATUS/STATUS	Eerste ontwerp	GOEGEKEURD DOOR APPR. BY: RB
PROJECT		Windpark Fryslân	PROJECTBUREAU / PROJECT OFFICE : Ventolines bv Duit 15, 8300 BB Emmeloord T: +31 527 61 61 67
TITLE		Tracé 220kV kabelverbinding Windmolenpark Fryslân - Station Marrezijl	
SCHAAL/SCALE	1:1000	DRAWING.ID	482.15.2.039-026
FORMAAT/SIZE	A1	DOCUMENT.ID	482.15.1.039-00-003_25.4wg

Deze tekening is eigendom van Windpark Fryslân en mag niet worden gebruikt, gereproduceerd of beschikbaar gesteld aan derden zonder schriftelijke toestemming. / This drawing is the property of Windpark Fryslân and may not be used, reproduced or made available to third parties without written consent.



Zie tek. 482.15.2.039-026

Zie tek. 482.15.2.039-028

Legenda

	Te leggen HS kabels
	Te persen / leggen mantelbuis
	Te maken gestuurde boring

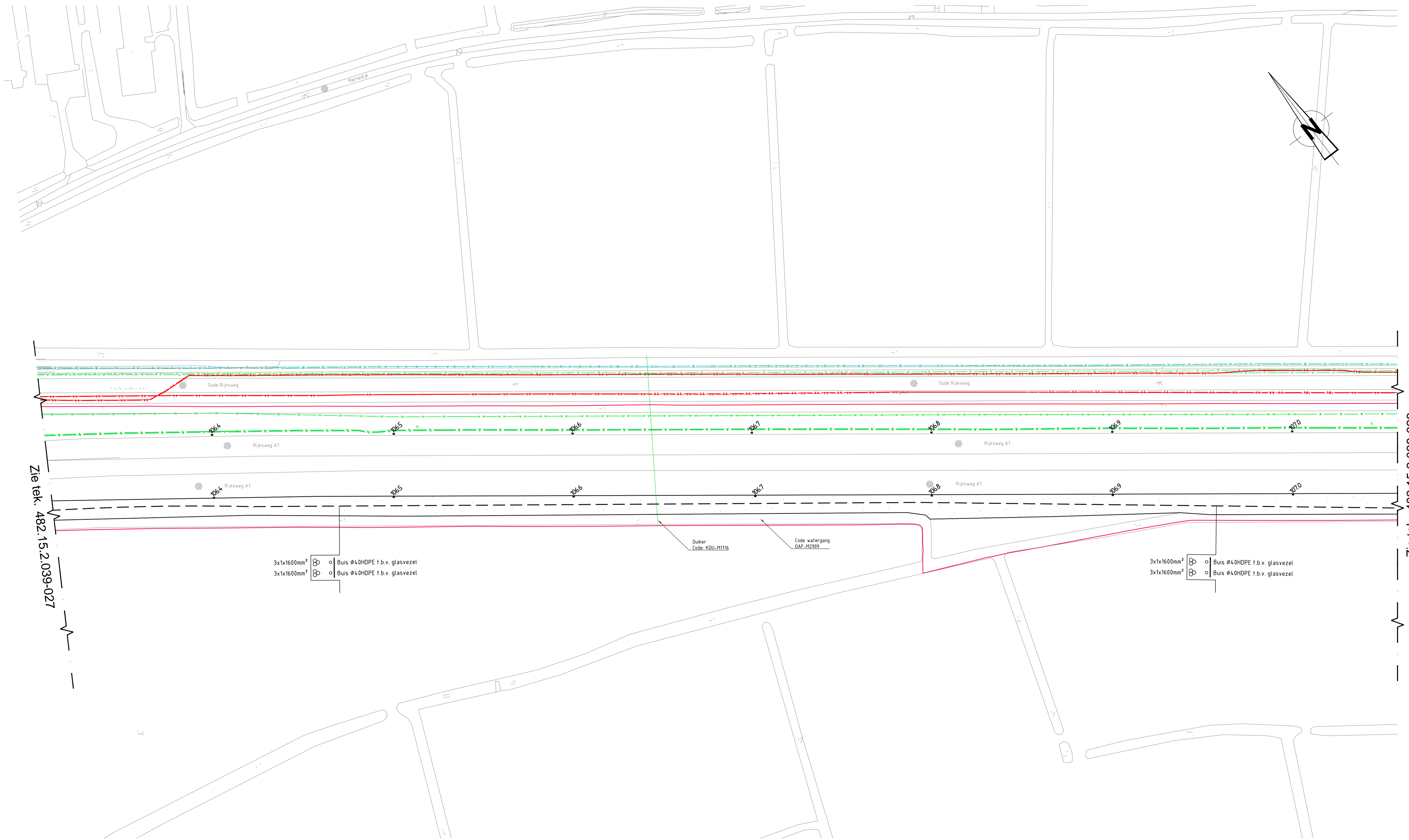
Zoneringen Waterschap Fryslân

	Beschermingszone
	Regionale waterkering (hogere gronden)
	Regionale waterkering

Legenda bestaande K&L

	VV		Ca
	CO2 leiding		Electra LS
	Electra MS		Electra HS
	LD gasleiding		HD gasleiding
	Gasunie leiding		Dieleiding
	Riool		Druktuut
	KPN		Diverse Telecom (UPC, Eurofiber, Tele2, enz)
	Waterleiding		Transport waterleiding
	Warmte SV		Eigenomsgrens Rijkswaterstaat

REV.1	Diverse wijzigingen		
REVISIEGESCHIEDENIS/REVISION HISTORY			
REV.	DATE/DATUM	02.09.2015	GETEKEND DOOR/ DRAWN BY: PB
00	STATUS/STATUS	Eerste ontwerp	GOEGEKEURD DOOR APPR. BY: RB
Windpark Fryslân		PROJECTBUREAU / PROJECT OFFICE : Ventolines by Duit 15, 8300 BB Emmeloord T: +31 527 61 61 67	
TITLE		Tracé 220kV kabelverbinding Windmolenpark Fryslân - Station Marnezijl	
PROJECT	482.15.2.039	SITE	482.15.2.039-027
SCHAAL/SCALE	1:1000	DRAWING.ID	482.15.1.039-001-003_25.4wg
FORMAAT/SIZE	A1	DOCUMENT.ID	482.15.1.039-001-003_25.4wg
Deze tekening is eigendom van Windpark Fryslân en mag niet worden gebruikt, gereproduceerd of beschikbaar gesteld aan derden zonder schriftelijke toestemming. / This drawing is the property of Windpark Fryslân and may not be used, reproduced or made available to third parties without written consent.			



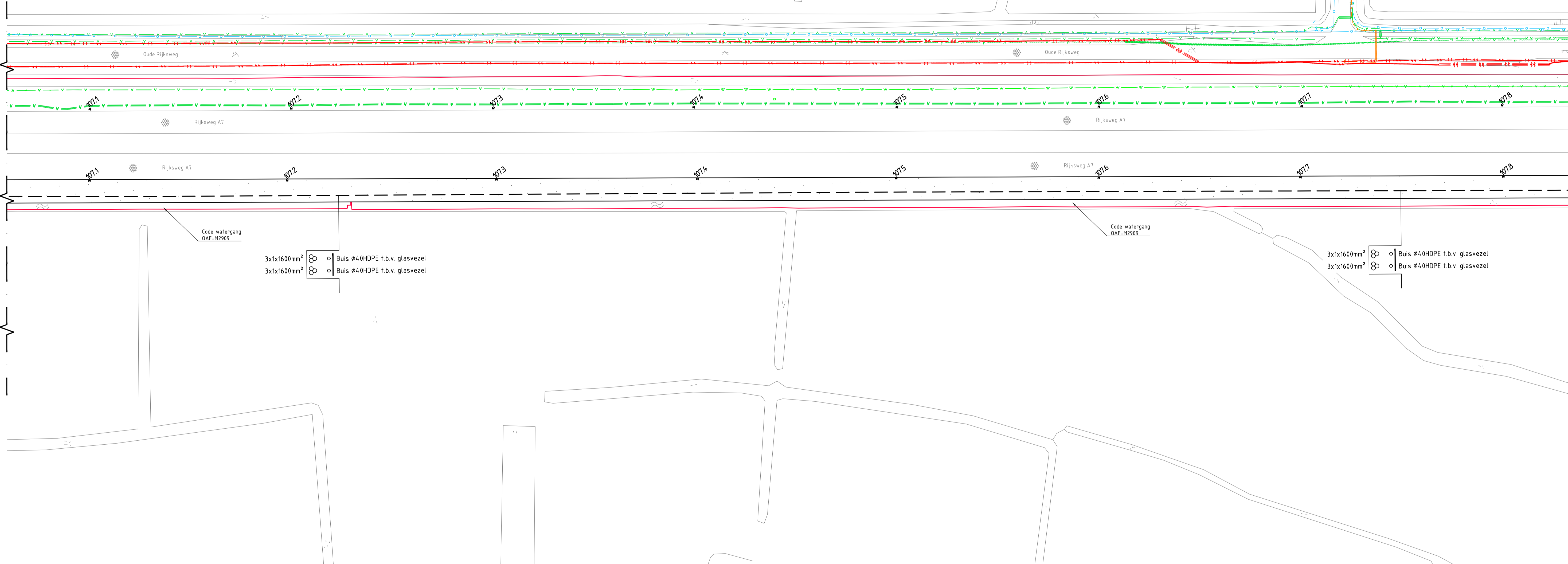
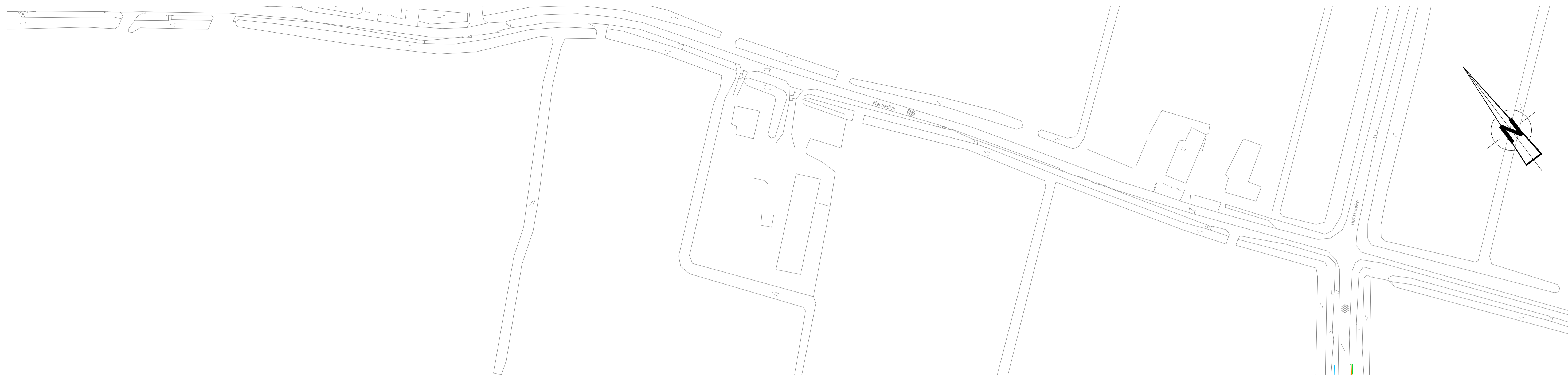
Legenda

	Te leggen HS kabels
	Te persen / leggen mantelbuis
	Te maken gestuurde boring

Legenda bestaande K&L

	VV		Ca
	CO2 leiding		Electra LS
	Electra MS		Electra HS
	LD gasleiding		HD gasleiding
	Gasunie leiding		Dieleiding
	Rook		Druktuol
	KPN		Diverse Telecom (UPC,Eurofiber, Tele2, enz)
	Waterleiding		Transport waterleiding
	Warmte SV		Eigendomsgrens Rijkswaterstaat

REV.00 omschrijving			
REVISIEGESCHIEDENIS/REVISION HISTORY			
REV.	DATE/DATUM	02.09.2015	GETEKEND DOOR/ DRAWN BY
00	STATUS/STATUS	Eerste ontwerp	PB
Windpark Fryslân		GOEGERKEURD DOOR APPR. BY	
PROJECTBUREAU / PROJECT OFFICE :		RB	
Ventolines bv		PROJECTBUREAU / PROJECT OFFICE :	
Duit 15, 8300 BB Emmeloord		T: +31 527 61 61 67	
TITLE	Tracé 220kV kabelverbinding		
PROJECT	482.15.2.039	SITE	482.15.2.039-028
SCHAAL/SCALE	1:1000	DRAWING.ID	482.15.2.039-028
FORMAAT/SIZE	A1	DOCUMENT.ID	482.15.1.039-00-003_R5.4wg
Deze tekening is eigendom van Windpark Fryslân en mag niet worden gebruikt, gereproduceerd of beschikbaar gesteld aan derden zonder schriftelijke toestemming. / This drawing is the property of Windpark Fryslân and may not be used, reproduced or made available to third parties without written consent.			



Zie tek. 482.15.2.039-028

Zie tek. 482.15.2.039-030

3x1x1600mm² Buis Ø40HDPE t.b.v. glasvezel
 3x1x1600mm² Buis Ø40HDPE t.b.v. glasvezel

3x1x1600mm² Buis Ø40HDPE t.b.v. glasvezel
 3x1x1600mm² Buis Ø40HDPE t.b.v. glasvezel

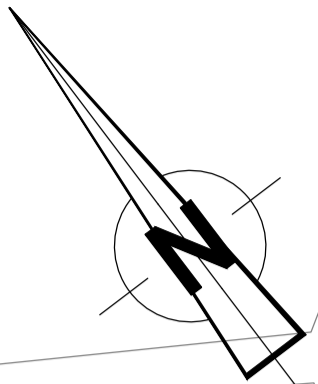
Legenda

	Te leggen HS kabels
	Te persen / leggen mantelbuis
	Te maken gestuurde boring

Legenda bestaande K&L

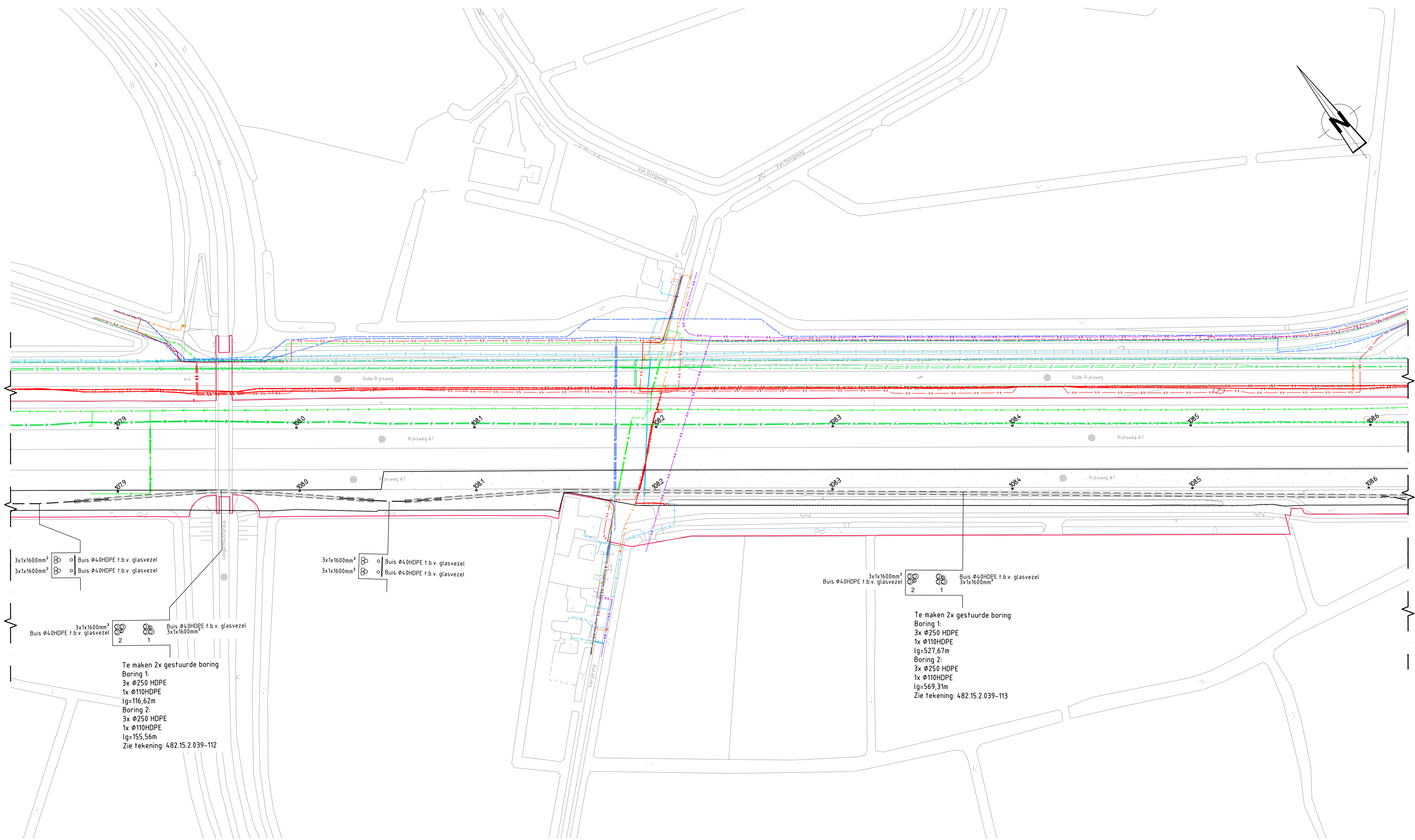
	Vv	Ca
	040	CO2 leiding
	040	Electra LS
	040	Electra MS
	040	Electra HS
	040	LD gasleiding
	040	HD gasleiding
	040	Gasunie leiding
	040	Dieleiding
	040	Ruot
	040	Drucktoot
	040	KPN
	040	Diverse Telecom (UPC,Eurofiber, Tele2, enz)
	040	Waterleiding
	040	Transport waterleiding
	040	Warmte SV
	040	Eigendomsgrens Rijkswaterstaat

REV.00 omschrijving			
REVISIEGESCHIEDENIS/REVISION HISTORY			
REV.	DATE/DATUM	02.09.2015	GETEKEND DOOR/ DRAWN BY
00	STATUS/STATUS	Eerste ontwerp	PB
PROJECT		Windpark Fryslân	PROJECTBUREAU / PROJECT OFFICE :
SCHAAL/SCALE		1:1000	482.15.2.039-029
FORMAAT/SIZE		A1	482.15.1.039-00-003_R5.4wg
TITEL		Tracé 220kV kabelverbinding	
SCHAAL/SCALE		1:1000	
FORMAAT/SIZE		A1	
Deze tekening is eigendom van Windpark Fryslân en mag niet worden gebruikt, gereproduceerd of beschikbaar gesteld aan derden zonder schriftelijke toestemming. / This drawing is the property of Windpark Fryslân and may not be used, reproduced or made available to third parties without written consent.			



Zie tek. 482.15.2.039-029

Zie tek. 482.15.2.039-031



3x1x1600mm² Buis Ø4.0HDPE t.b.v. glasvezel
 3x1x1600mm² Buis Ø4.0HDPE t.b.v. glasvezel

3x1x1600mm² Buis Ø4.0HDPE t.b.v. glasvezel
 3x1x1600mm² Buis Ø4.0HDPE t.b.v. glasvezel

3x1x1600mm² Buis Ø4.0HDPE t.b.v. glasvezel
 2 Buis Ø4.0HDPE t.b.v. glasvezel
 1 Buis Ø4.0HDPE t.b.v. glasvezel
 3x1x1600mm²

3x1x1600mm² Buis Ø4.0HDPE t.b.v. glasvezel
 2 Buis Ø4.0HDPE t.b.v. glasvezel
 1 Buis Ø4.0HDPE t.b.v. glasvezel
 3x1x1600mm²

Te maken 2x gestuurde boring
 Boring 1:
 3x Ø250 HDPE
 1x Ø110HDPE
 lg=116,62m
 Boring 2:
 3x Ø250 HDPE
 1x Ø110HDPE
 lg=155,56m
 Zie tekening: 482.15.2.039-112

Te maken 2x gestuurde boring
 Boring 1:
 3x Ø250 HDPE
 1x Ø110HDPE
 lg=527,67m
 Boring 2:
 3x Ø250 HDPE
 1x Ø110HDPE
 lg=569,31m
 Zie tekening: 482.15.2.039-113

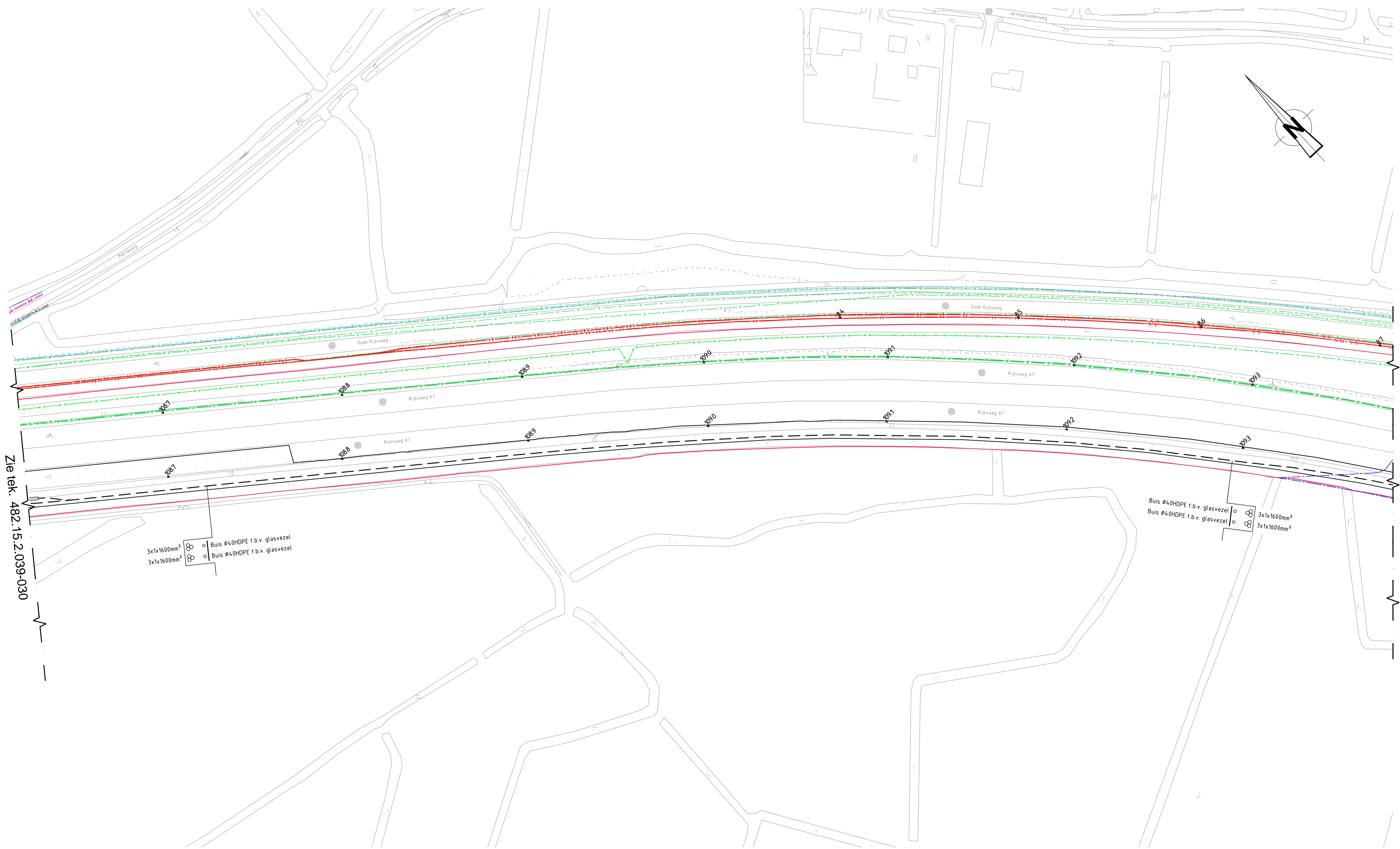
Legenda

- Te leggen HS kabels
- Te persen / leggen mantelbuis
- ▭ Te maken gestuurde boring

Legenda bestaande K&L

- VV — VV Ca
- 040 — 040 CO2 leiding
- Electra LS
- Electra MS
- Electra HS
- LD gasleiding
- HD gasleiding
- Gasunie leiding
- Dieleiding
- Ruot
- Drucktoot
- KPN
- Diverse Telecom (UPC,Eurofiber, Tele2, enz)
- Waterleiding
- Transport waterleiding
- Warmte SV
- Eigenomsgrens Rijkswaterstaat

REV.1	Diverse wijzigingen		
REVISIEGESCHIEDENIS/REVISION HISTORY			
REV.	DATE/DATUM	02.09.2015	GETEKEND DOOR/ DRAWN BY
00	STATUS/STATUS	Eerste ontwerp	PB
PROJECT		Windpark Fryslân	PROJECTBUREAU / PROJECT OFFICE :
SCHAAL/SCALE		1:1000	Drawing ID
FORMAAT/SIZE		A1	DOCUMENT ID
Deze tekening is eigendom van Windpark Fryslân en mag niet worden gebruikt, gereproduceerd of beschikbaar gesteld aan derden zonder schriftelijke toestemming. / This drawing is the property of Windpark Fryslân and may not be used, reproduced or made available to third parties without written consent.			



3x1x1600mm² o Buis Ø4.0HDPE t.b.v. glasvezel
 3x1x1600mm² o Buis Ø4.0HDPE t.b.v. glasvezel

Buis Ø4.0HDPE t.b.v. glasvezel o 3x1x1600mm²
 Buis Ø4.0HDPE t.b.v. glasvezel o 3x1x1600mm²

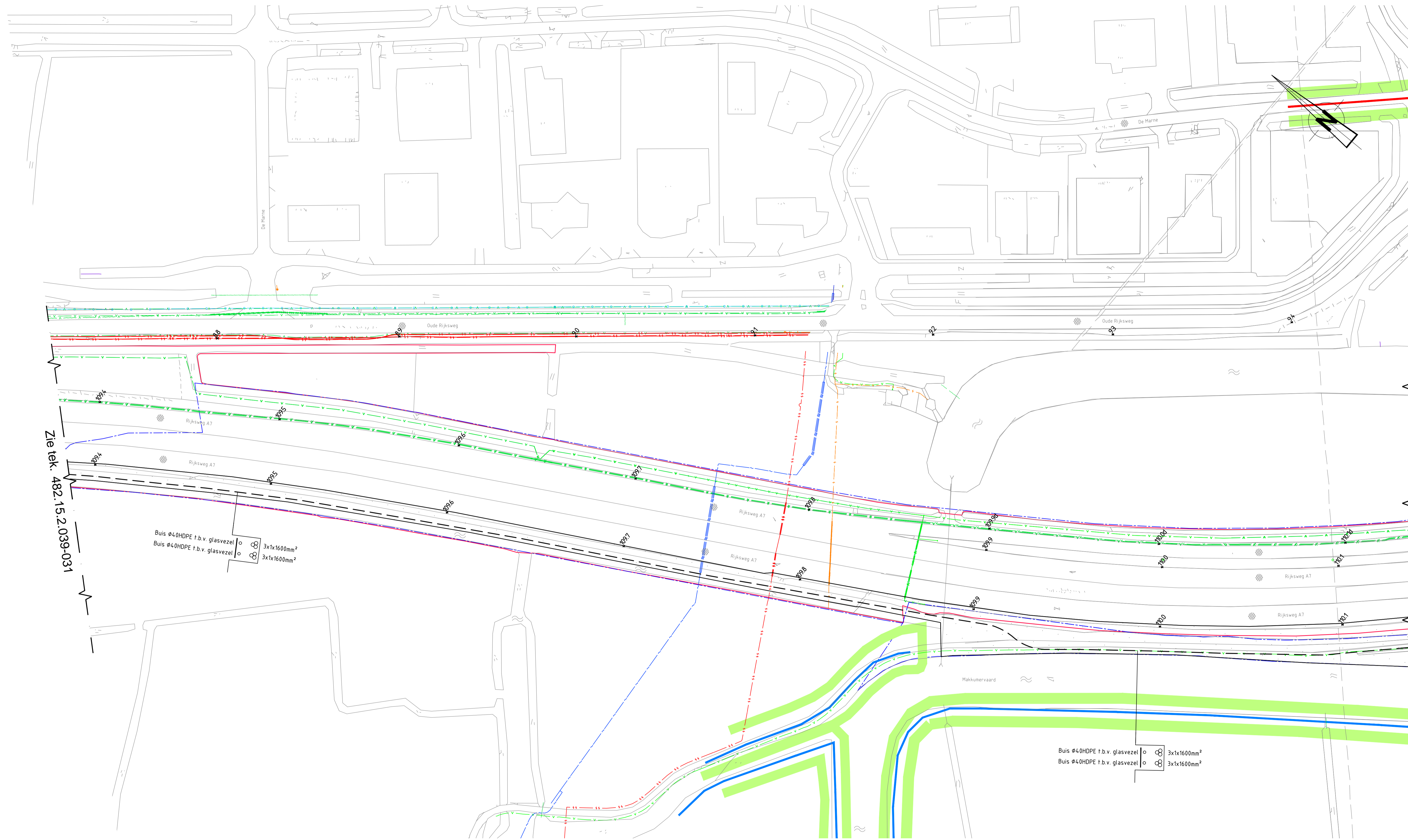
Legenda

	Te leggen HS kabels
	Te persen / leggen mantelbuis
	Te maken gestuurde boring

Legenda bestaande K&L

	VV		Ca
	Ø40		CO2 leiding
	Electra LS		Electra MS
	Electra HS		LD gasleiding
	HD gasleiding		Gasunie leiding
	Dieleiding		Riool
	Druktuol		KPN
	Diverse Telecom (UPC,Eurofiber, Tele2, enz)		Waterleiding
	Transport waterleiding		Warmte SV
	Egenomsgrens Rijkswaterstaat		

REV.00 omschrijving			
REVISIEGESCHIEDENIS/REVISION HISTORY			
REV.	DATE/DATUM	02.09.2015	GETEKEND DOOR/ DRAWN BY
00	STATUS/STATUS	Eerste ontwerp	PB
PROJECT		Windpark Fryslân	GOEGERKEURD DOOR APPR. BY
SCHAAL/SCALE		1:1000	RB
FORMAAT/SIZE		A1	PROJECTBUREAU / PROJECT OFFICE :
DRAWING.ID		482.15.2.039-031	Ventolines by
DOCUMENT.ID		482.15.1.039-00-003_RS.dwg	Duit 15.8300 BB Emmeloord
			T: +31 527 61 61 67
TITLE Tracé 220kV kabelverbinding Windmolenpark Fryslân - Station Marnezijl			
PROJECT 482.15.2.039 SITE 482.15.2.039-031 SCHAAL/SCALE 1:1000 DRAWING.ID 482.15.1.039-00-003_RS.dwg FORMAAT/SIZE A1 DOCUMENT.ID 482.15.1.039-00-003_RS.dwg			
Deze tekening is eigendom van Windpark Fryslân en mag niet worden gebruikt, gereproduceerd of beschikbaar gesteld aan derden zonder schriftelijke toestemming. / This drawing is the property of Windpark Fryslân and may not be used, reproduced or made available to third parties without written consent.			



Zie tek. 482.15.2.039-031

Zie tek. 482.15.2.039-099

Legenda

	Te leggen HS kabels
	Te persen / leggen mantelbuis
	Te maken gestuurde boring

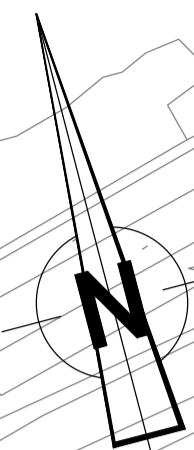
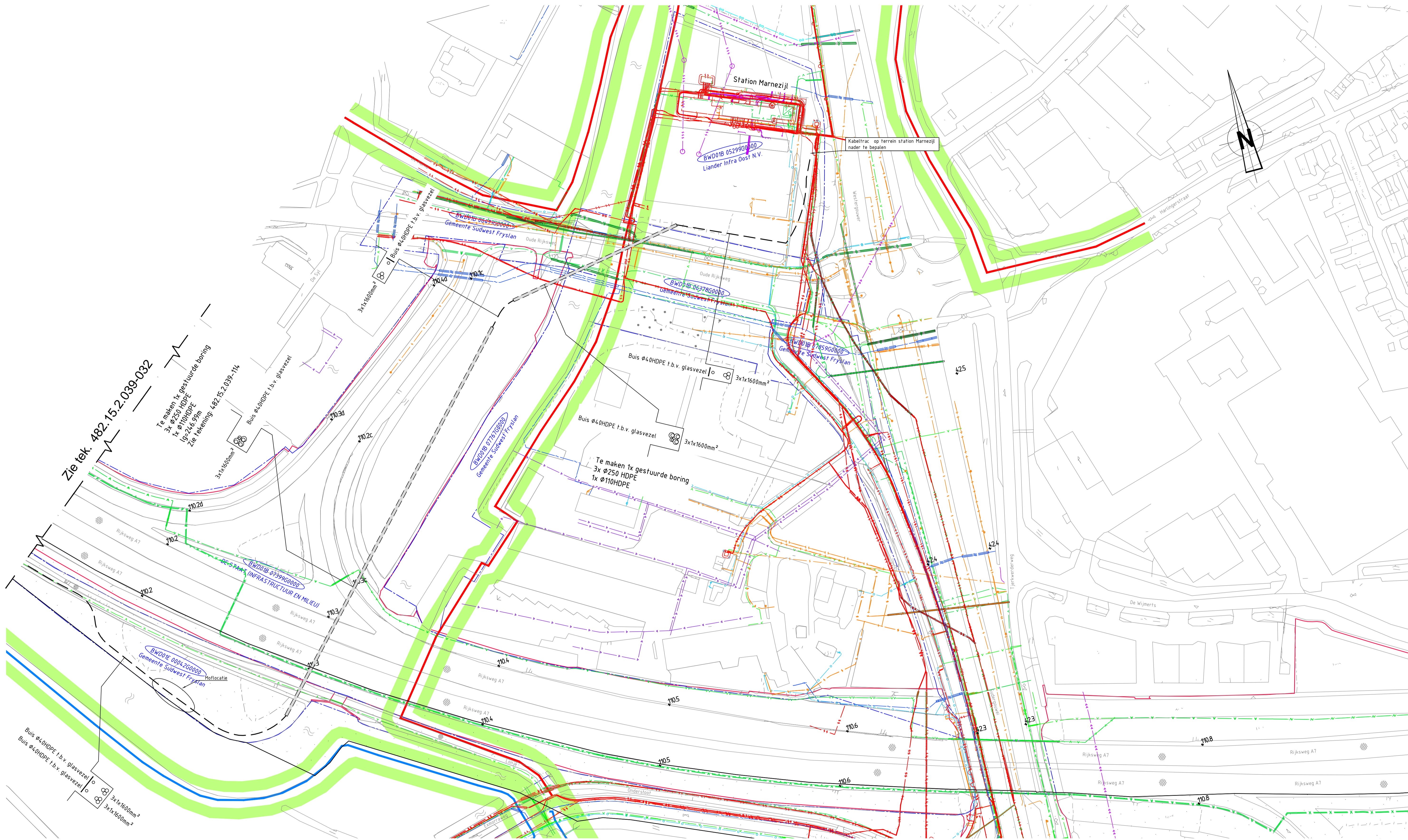
Zoneringen Waterschap Fryslân

	Beschermingszone
	Regionale waterkering (hogere gronden)
	Regionale waterkering

Legenda bestaande K&L

	Vv	Ca
	Ø40	CO2 leiding
	Ø40	Electra LS
	Ø40	Electra MS
	Ø40	Electra HS
	Ø40	LD gasleiding
	Ø40	HD gasleiding
	Ø40	Gasunie leiding
	Ø40	Dieleiding
	Ø40	Risoot
	Ø40	Drankriet
	Ø40	KPN
	Ø40	Diverse Telecom (UPC,Eurofiber, Tele2, enz)
	Ø40	Waterleiding
	Ø40	Transport waterleiding
	Ø40	Warmte SV
	Ø40	Eigenomsgrens Rijkswaterstaat

REV.1	omschrijving		
REVISIEGESCHIEDENIS/REVISION HISTORY			
REV.	DATE/DATUM	02.09.2015	GETEKEND DOOR/ DRAWN BY: PB
00	STATUS/STATUS	Eerste ontwerp	GOEGEKEURD DOOR APPR. BY: RB
Windpark Fryslân		PROJECTBUREAU / PROJECT OFFICE : Ventolines bv Duit 15, 8300 BB Emmeloord T: +31 527 61 61 67	
TITLE: Tracé 220kV kabelverbinding Windmolenpark Fryslân - Station Marnezijl			
PROJECT	482.15.2.039	SITE	482.15.2.039-032
SCHAAL/SCALE	1:1000	DRAWING.ID	482.15.1.039-00-003_RS_4wg
FORMAAT/SIZE	A1	DOCUMENT.ID	482.15.1.039-00-003_RS_4wg
Deze tekening is eigendom van Windpark Fryslân en mag niet worden gebruikt, gereproduceerd of beschikbaar gesteld aan derden zonder schriftelijke toestemming. / This drawing is the property of Windpark Fryslân and may not be used, reproduced or made available to third parties without written consent.			



Zie tek. 482.15.2.039-032

Te maken 1x gestuurde boring
 3x Ø250 HDPE
 1x Ø110 HDPE
 Lg 24,6 99m
 Zie Tekening 482.15.2.039-114

Buis Ø40HDPE t.b.v. glasvezel
 Buis Ø40HDPE t.b.v. glasvezel
 3x 1x1600mm²
 3x 1x1600mm²

Legenda

	Te leggen HS kabels
	Te persen / leggen mantelbuis
	Te maken gestuurde boring
	Kadastrer grens
	Sectie en Perceelsnummer

Zoneringen Waterschap Fryslân

	Beschermingszone
	Regionale waterkering (hogere gronden)
	Regionale waterkering

Legenda bestaande K&L

	VV	Ca
	CO2 leiding	Electra LS
	Electra MS	Electra HS
	LD gasleiding	HD gasleiding
	Gasunie leiding	Dieleiding
	Rijsol	Drankriet
	KPN	Diverse Telecom (UPC,Eurofiber, Tele2, enz)
	Waterleiding	Transport waterleiding
	Warmte SV	Eigenomsgrens Rijkswaterstaat

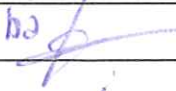

REV.3 Diverse wijzigingen			
REVISIEGESCHIEDENIS/REVISION HISTORY			
REV.	DATE/DATUM	13-10-2016	GETEKEND DOOR/ DRAWN BY
00	STATUS/STATUS	Eerste ontwerp	GOEGEKEURD DOOR APPR. BY
Windpark Fryslân		PROJECTBUROU / PROJECT OFFICE :	
		Ventolines by	
		Duit 15.8300 BB Emmeloord	
		T: +31 527 61 61 67	
TITLE	Tracé 220kV kabelverbinding		
PROJECT	482.15.2.039	SITE	Windmolenpark Fryslân - Station Marnezijl
SCHAAL/SCALE	1:1000	DRAWING.ID	482.15.2.039-099
FORMAAT/SIZE	A1	DOCUMENT.ID	482.15.1.039-001-003_RS.dwg
Deze tekening is eigendom van Windpark Fryslân en mag niet worden gebruikt, gereproduceerd of beschikbaar gesteld aan derden zonder schriftelijke toestemming. / This drawing is the property of Windpark Fryslân and may not be used, reproduced or made available to third parties without written consent.			



BOORPLAN

Uitvoeren HDD boringen t.b.v. kabeltracé Windpark Fryslân Rijksweg A7 – km 118,185 (nabij Wagenmakersstraat te Sneek)

Opdrachtgever : TenneT
 Project : Aanbrengen hoogspanningkabels TenneT
 Hoofdaannemer : Nader te bepalen
 Aannemer H.D.D.-boringen : Nader te bepalen
 Kenmerk : 482.15.2.039-868
 Versie : **1 - CONCEPT**

	Naam	Functie	Datum	Paraaf
Auteur	A. Lammersen	Engineer	25-02-2017	
Verificatie				
Autorisatie	M.H.H. Berger	Directeur	25-02-2017	

INHOUDSOPGAVE

1	Projectomschrijving	4
2	Werkmethode	5
3	OMSchrijving werkzaamheden	7
3.1	<i>Tijdschema</i>	7
3.2	<i>Personeelsbezetting boring</i>	8
3.3	<i>Kwaliteit en keuring van bouwmaterialen</i>	9
3.3.1	Buizen	9
3.3.2	Boorvloeistof	9
3.3.3	Debieten	9
3.3.4	Samenstellen en intrekken van de HDPE leiding	9
3.4	<i>In te zetten boormaterieel (voorbeeld)</i>	11
3.5	<i>Boortechische wijze van uitvoering</i>	12
3.5.1	Werkterrein	12
3.5.2	Werkwijze Gestuurde Boringen	13
3.6	<i>Kwaliteitsregistratie</i>	13
3.7	<i>Bestaande kabels en leidingen</i>	14
3.8	<i>Overlegstructuur, procesbeheersing, procedures</i>	14
4	Berekeningen voor de boringen	15
4.1	<i>Uitgangspunten</i>	15
	<i>Materiaal en buis gegevens</i>	15
4.1.1	Grondgegevens	17
4.1.2	Belastingen	17
4.2	<i>Berekeningen</i>	18
4.2.1	De mantelbuis op rollenbaan	18
4.2.2	De mantelbuis het boorgat intrekken	18
4.2.3	De 'bedrijfstoestand' van de mantelbuis	19
4.2.4	Deflectie berekening	19
4.2.5	Boorspoel berekening	20
4.3	<i>Conclusies</i>	20

Bijlage 1: Tekening

Bijlage 2: Luchtfoto

Bijlage 3: Grondonderzoek, sterkte- en muddrukberendingen

Bijlage 4: Certificaten en productomschrijving

Bijlage 5: Technische gegevens rig 4 ton t/m rig 100 ton

Bijlage 6: Drill-sheet

Bijlage 7: Risico inventarisatie en beheersing

1 PROJECTOMSCHRIJVING

In opdracht van TenneT dient er een achttal mantelbuizen, d.m.v. twee stuks gestuurde boringen, te worden aangebracht. Het gaat om twee gestuurde boringen met een onderlinge afstand van circa 5,00 meter. Per boring worden er vier mantelbuizen aangebracht, te weten 3 stuks 250 HDPE en 1 stuks 110 HDPE.

Deze gestuurde boring is noodzakelijk om een tweetal kabeltracés t.b.v. windpark Fryslân mogelijk te maken.

Dit document omvat de werkmethode beschrijving van een boring parallel aan de zuidzijde van Rijksweg A7:

Uitvoeren HDD boringen aan de zuidzijde Rijksweg A7 (ter hoogte van KM 118,185), nabij de Wagenmakersstraat te Sneek

Met een lengte van ca. 327 meter (zie tekening nr. 482.15.2.039-868-869 – boring nr. 1) en ca. 367 meter (zie tekening nr. 482.15.2.039-868-869 – boring nr. 2).

Deze werkmethode beschrijving is gebaseerd op de volgende documenten, te weten:

- Werkomschrijving voor het project
- Detailtekening
- Grondonderzoek - sondering
- NEN 3650/3651
- Richtlijn boortechnieken

Het boorplan is een concept en dient tijdens de detailengineering verder te worden uitgewerkt c.q. aangevuld.

2 WERKMETHODE

Voor de aanleg van ondergrondse netwerken bestaande uit kabels en leidingen worden horizontaal gestuurde boringen uitgevoerd om wegen, watergangen en andere infrastructurele constructies te kruisen. Daar de werkzaamheden worden uitgevoerd met een sleufloze techniek wordt de hinder bovengronds tot een minimum beperkt.

Bij alle fasen wordt gebruik gemaakt van z.g. boorspoeling deze is bedoeld om de boorkop te koelen, de losgeboorde grond af te voeren en het stabiel houden van de tunnelwand.

De boorspoeling wordt vanaf een hogedrukpomp via een hogedrukslang naar de boorinst. verpompt, door de holle boorstangen en door zijkanalen in boorkop vervolgens de grond ingepompt.

Een horizontaal gestuurde boring is een techniek waarbij de werkzaamheden vanaf het maaiveld plaatsvinden. De uitvoering van een horizontaal gestuurde boring is opgebouwd uit drie fasen. Als eerste wordt vanaf het intredepunt een pilotboring uitgevoerd in het ontworpen tracé. Na het intrede wordt gestart met een rechtstand vervolgd door een neergaande bocht, een horizontaal gedeelte en na de opgaande bocht wordt het uittredepunt bereikt. Afhankelijk van de beschikbare ruimte en de buigstraal van de opgaande bocht kan na de opgaande bocht nog een rechtstand worden uitgevoerd.

Gedurende de eerste fase worden de coördinaten van de pilotboring driedimensionale plaatsbepaling van de pilotboring verkregen. De locatie van de boring, of de eis van de opdrachtgever / vergunningverlener, zal deel uitmaken met welk meetsysteem gewerkt zal worden. De boorspoeldrukken worden tijdens de diverse fasen geregistreerd.

In de tweede fase wordt direct aan het uiteinde van de boorstang een ruimer (of verdringer) geplaatst.

Tijdens de ruimfase, welke uit meerdere ruimgangen kan bestaan, wordt de gewenste diameter van de boorgang verkregen. De keuze van de soort ruimer is sterk afhankelijk van de plaatselijke grondslag.

Bij het aanbrengen van mantelbuizen / mediumvoerende buizen met een geringe diameter komt fase 2 (extra ruimgangen) te vervallen en zal de buis direct achter de ruimer worden ingetrokken (zoals omschreven in onderstaande "laatste" ruimgang).

Door bij de laatste ruimgang de gereedliggende leiding(en) direct achter de ruimer te bevestigen met behulp van een trekkop wordt een begin gemaakt met de derde fase.

Door de ruimer incl. de productleiding(en) terug te trekken wordt de laatste fase voltooid

Bij alle fasen van de boring moet men zorgen dat men een constante return (het terug komen via het boorgat van de boorspoeling) heeft, om op die manier

te voorkomen dat er holle ruimten achterblijven in de grond.

Aangezien in Nederland verschillende grondslagen aanwezig zijn, wordt voorafgaand aan de uitvoering van een horizontaal gestuurde boring een analyse uitgevoerd. Afhankelijk van de eis van de vergunningverlenende instantie bestaat de analyse uit sonderingen, handboringen of grondmechanische onderzoeken. De analyses bestaan uit een sterkte- & muddrukberendingen, een boorplan en V & G plan.

Toegevoegd bij de analyse zijn tekeningen, welke de boring volledig in kaart brengen. Met het verstrekken van deze twee documenten worden de benodigde gegevens naar de vergunning verleende instanties kenbaar gemaakt. Na goedkeuring van de documenten wordt een begin gemaakt met het daadwerkelijk uitvoeren van een horizontaal gestuurde boring.

3 OMSCHRIJVING WERKZAAMHEDEN

Het volgende hoofdstuk bevat de werkomschrijving zoals de HDPE mantelbuis door een nader te bepalen boorbedrijf zal worden aangebracht.

3.1 Tijdschema

Hieronder wordt een globale planning van de HDD-boringen weergegeven.

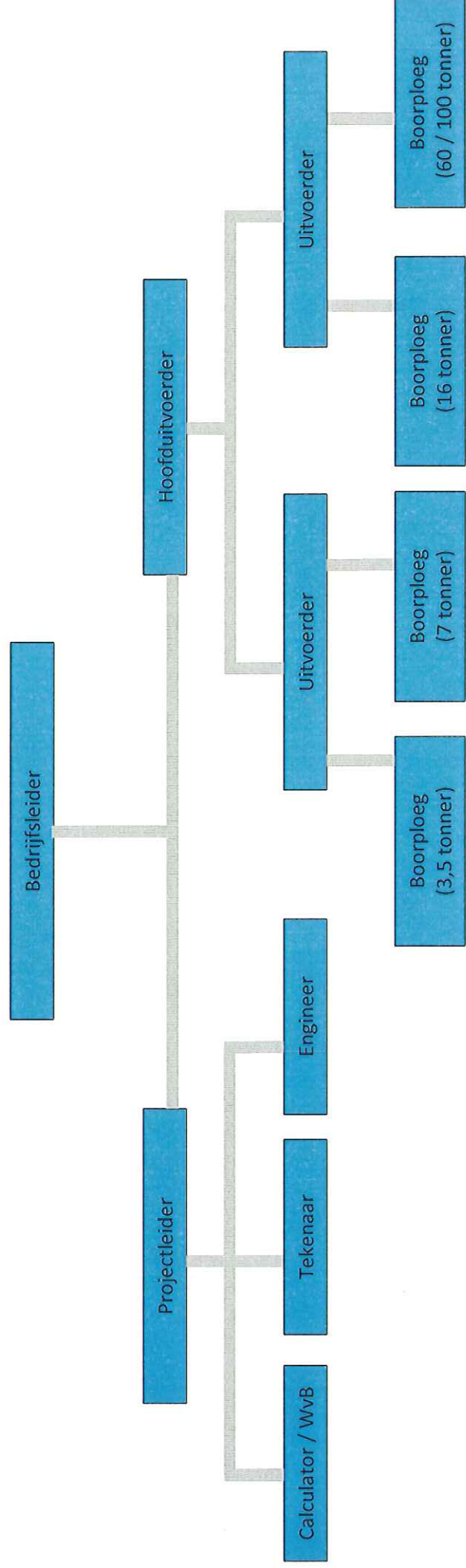
Boring: HDD-boring nr. 1 en HDD-boring nr. 2.

Inrichten werkterrein	
Aanvoer en mobilisatie	1,0 dag
Pilotboring - Boring nr. A	2,0 dag
Ruimen - Boring nr. A	2,0 dag
Intrekken - Boring nr. A	2,0 dag
Omzetten boorstelling	1,0 dag
Pilotboring - Boring nr. B	2,0 dag
Ruimen - Boring nr. B	2,0 dag
Intrekken - Boring nr. B	2,0 dag
Demobiliseren en afvoeren	1,0 dag
Opruimen en herstellen werkterrein	

Startdatum wordt bepaald in overleg met de opdrachtgever.

Het intrekken van de boorstreng zal in één aaneengesloten fase worden uitgevoerd. Afhankelijk van de voortgang van het boorproces, kan er worden besloten om de werktijden aan te passen. Hierdoor zou het kunnen dat er volcontinu geboord moet worden totdat de boring gereed is. Uiteraard zal dit altijd in goed overleg met de opdrachtgever plaatsvinden.

3.2 Personeelsbezetting boring



Bezetting afhankelijk van bedrijfsprofiel opdrachtnemer

3.3 Kwaliteit en keuring van bouwmaterialen

3.3.1 Buizen

HDPE Buis

De in te trekken HDPE buis wordt door de opdrachtnemer ter beschikking gesteld en op het werk geleverd.

3.3.2 Boorvloeistof

De boorvloeistof zal samengesteld worden uit met water vermengde bentoniet. Indien nodig wordt bekeken of de samenstelling van de boorspoeling verder aangepast dient te worden aan de lokale bodemopbouw. Uitgangspunt daarbij is dat een boorspoeling wordt verkregen die voldoende steun geeft aan het boorgat in de plaatselijke ondergrond. Indien voor een andere samenstelling van de boorvloeistof wordt gekozen zal dit tijdig aan de opdrachtgever worden mede gedeeld.

De gemiddelde samenstelling van de boorspoeling bedraagt 30-50 kg bentoniet per 1.000 liter water. Het soortelijke gewicht van de boorspoeling bedraagt circa 1.200 kg/m³ afhankelijk van de omstandigheden. De productcertificaten van de toe te passen bentoniet zijn in bijlage 5 opgenomen.

3.3.3 Debieten

Op basis van de te verwachten samenstelling van de grondgesteldheid, zijn voor de verschillende boorfases de volgende debieten gepland:

Pilotfase:	10 à 30 l/min
Intrekken:	40 à 80 l/min

Om ongewenste muduitbraken te voorkomen dient de maximaal toelaatbare muddruk niet door de minimaal benodigde muddruk te worden overschreden.

In de meeste gevallen zal de Pilotfase maatgevend zijn omdat dan de afstroming van de vrijkomende boorspoeling slechts aan een zijde mogelijk is.

Dit doet zich hoofdzakelijk voor tegen het eind van de boring en in mindere maten aan het begin. Door de voortgangssnelheid, het debiet en de druk in dat gebied te verlagen, is de kans op een zogenaamde Blow-Out nihil.

3.3.4 Samenstellen en intrekken van de HDPE leiding

Het samenstellen van de leiding gebeurt met hydraulische kranen en gekwalificeerd personeel.

De in te trekken HDPE buis zal mogelijk uit verschillende lengten bestaan en zal vooraf door middel van spiegellassen (afhankelijk van de eis van de opdrachtgever dient de lasril eventueel inwendig te worden verwijderd) samengesteld worden aan uittrede kant. De spiegellasser en apparatuur zal RTD

gekwalificeerd zijn.

Buizen tot de diameter \varnothing 200 kunnen worden geleverd uit één stuk (afhankelijk van de totaallengte van de mantelbuis). Er worden dus geen spiegellassen in de buizen \varnothing 110 aangebracht en de buis kan rechtstreek vanaf de haspel worden uitgelegd achter het uittredepunt.

De buizen \varnothing 250 dienen vooraf te worden uitgelegd en door middel van spiegellassen aan elkaar te worden verbonden. Hierbij moet de inwendige ril van de lassen verwijderd worden.

Voor de mantelbuis, zoals genoemd in dit boorplan, is het aanbrengen van spiegellassen noodzakelijk.

Het samenstellen van de mantelbuizen zal geschieden op het land. De locatie kan in overleg met de vergunningverlener worden bepaald.

3.4 In te zetten boormaterieel (voorbeeld)



Foto: 100 tonner

In te zetten boorrig m.b.t. tot de uit te voeren boring

De HDD boring, zoals beschreven in dit boorplan, zal worden uitgevoerd met behulp van een maxi rig met een trekkracht van 100 ton.

De boring dient te worden uitgevoerd met behulp van een gyroscoopmeetsysteem c.q. steeringtool.

Het weergegeven boormateriaal is ter informatie. De uitvoerende boormaatschappij bepaald welk boormateriaal er ingezet gaat worden voor de in dit boorplan omschreven gestuurde boring.

Meer technische gegevens, en overig boormaterieel, zijn terug te vinden in bijlage 5.

3.5 Boortechnische wijze van uitvoering

3.5.1 Werkterrein

Voordat met de aanvoer van het boorequipment wordt begonnen, zal (indien nodig) de zandbaan en/of platenbaan en werkterrein zijn aangelegd.

Intredelocatie:

De intredelocatie van de boring is gelegen in de berm aan de zuidzijde van Rijksweg A7, nabij km 118,185 ter hoogte van de Wagenmakersstraat te Sneek (Friesland).

De locatie wordt, indien noodzakelijk, voorzien van een zandbaan en / of platenbaan.

De benodigde oppervlakte bedraagt ca 600m².

Op de intredelocatie zal het volgende materieel worden ingezet.

- Boorrig 100 ton (incl. boorstangen en werkplaatscontainer);
- Bentonietpomp 2.500 ltr;
- Mixinstallatie 2.500 ltr;
- Recyclinginstallatie 3.200 ltr incl. voorraadtank
- 4 stuks Wavo pompen;
- Stroomaggregaat 350 kVA incl. IBC 2000ltr.
- Schaftkeet;
- eventueel een graafmachine.

Plaatsing van apparatuur wordt aangepast aan de plaatselijke omstandigheden.

De bovenstaande weergave is een voorbeeld. De booraannemer bepaald de inzet van het benodigde materieel en materiaal.

De maximale berekende trekkracht **Boring 1 is circa 28 ton (275.437 (N))**. Het is aan booraannemer om zijn boorequipment hierop aan te passen.

De maximale berekende trekkracht **Boring 2 is circa 31 ton (306.804 (N))**. Het is aan booraannemer om zijn boorequipment hierop aan te passen.

Plaatsing van apparatuur wordt aangepast aan de plaatselijke omstandigheden. De aannemer dient zorg te dragen voor de benodigde verkeersvoorzieningen.

Ter plaatse van het intredepunt zal een put van circa 2 m² worden gegraven om de uitkomende boorspoeling op te vangen.

De vrijkomende spoeling zal worden gerecycled. De overbodigen boorspoeling door zuigwagens naar een geschikte stortplaats worden afgevoerd.

Bij het intredepunt zal werkwater voor het aanmaken van de boorspoeling aangevoerd moeten worden, indien dit niet voorhanden is.

Uittreidelocatie:

Bij het uittredepunt, welke is gelegen in de berm aan de zuidzijde van Rijksweg A7, nabij km 118,550 ter hoogte van de Wagenmakersstraat te Sneek (Friesland), kan worden volstaan met een werkterrein van ca. 100 m². Dit is exclusief de benodigde werkstrook voor het uitleggen en samenstellen van de in te brengen boorstreng.

De uittreidelocatie wordt ingericht met onder andere boorpijpen en eventueel een graafmachine. Ook hier kunnen de werkterreinen waar nodig worden voorzien van een zand- en platenbaan. Dit in overleg met de opdrachtgever.

3.5.2 Werkwijze Gestuurde Boringen

- Aan- en afvoer via normaal wegtransport, truck met dieplader voor boor rig (het een en ander afhankelijk van het in te zetten materieel).
- Inrichten in- en uittredezijde boring met rijplaten en eventueel bouwhekken;
- Lokaliseren ligging kabels en leidingen;
- Graven intredeput voor boring (ca. 2 m³);
- Mobilisatie boorinstallatie met toebehoren op rig-site;
- Mixen bentonietspoeling;
- Globale samenstelling 30 - 50 kg bentoniet Tunnelgel Plus / 1 m³ water;
- Mits dit nodig is, kunnen er eventueel polymeren toegepast worden;
- Water voor spoelingsamenstelling zal in de omgeving worden verkregen;
- Maken pilotboring met walk-over meetsysteem (afhankelijk van de vraagstelling van de opdrachtgever);
- Ruimen en intrekken stalen buizen met verdringerruimer en/of flycutter en barrelreamer. Als de grondslag hier aanleiding toe geeft kan de boormeester besluiten tot het toepassen van een extra ruimgang of een andere ruimerdiameter;
- Leegzuigen van de boorgaten d.m.v. vloeistofdichte zuigwagens;
- Demobilisatie van de boorinstallatie en afvoer van het materieel. Werkwijze omgekeerd identiek als bij aanvoer en opbouw;
- Opruimen en herstellen werkterrein rondom het intredeput inclusief toegangsweg.

3.6 Kwaliteitsregistratie

Tijdens de pilotboringen, het ruimen van de boorgaten en het intrekken van de buizen worden een aantal gegevens zoals torque, mudflow, trekkracht door middel van analoge meters op de rig weergegeven. De gegevens worden bijgehouden op een registratieformulier muddrukken. Eventueel vindt registratie van locatie en hoogteligging in RD – coördinaten t.o.v. NAP plaats.

De meetgegevens van de survey worden bijgehouden. Aan de hand van deze gegevens en van de veldmetingen zal de revisie worden gemaakt. De revisie zal worden ingetekend op het tracé en detail tekeningen van het omvattende werk welk wordt verzorgd door opdrachtnemer.

Alle geregistreerde gegevens worden door de booraannemer gearhiveerd.

3.7 Bestaande kabels en leidingen

Voor uitvoering wordt door opdrachtnemer een KLIC melding gedaan, om de ligging van de bestaande ondergrondse infrastructuur in kaart te brengen. Tevens zal indien nodig met de betreffende leidingbeheerders contact worden opgenomen. Voor aanvang van de boring worden er proefsleuven gemaakt nabij het begin en einde van de boringen. Aan de hand van deze proefsleuven wordt vervolgens de input gegraven.

In het dwarsprofiel van de boringen 1 en 2, zoals weergegeven op tekening nr. 482.15.2.039-868-869, zijn de bestaande kabels en leidingen weergegeven.

Opmerking:

De boortekening en het boorplan zijn in concept. De gegevens van de bestaande kabels en leidingen zijn niet juist in het dwarsprofiel opgenomen en dienen tijdens de detailengineering juist in beeld worden gebracht. Hierbij dienen de gegevens de ontbrekende gegevens bij de kabel- en leidingeigenaren te worden opgevraagd.

De KLIC melding zal tijdens de uitvoering op het werkaanwezig zijn.

3.8 Overlegstructuur, procesbeheersing, procedures

Voor dit project wordt een V&G – (deel)plan opgesteld welke tijdens uitvoering op het werk aanwezig zal zijn.

Voor aanvang van het werk zal met de betrokkenen werknemers een werkoverleg gehouden worden over de boring, de tijd die ervoor is en de risico's ervan. Ook wordt er periodiek een toolbox gehouden en krijgen nieuwe werknemers een specifieke toolbox H.D.D.-boringen.

4 BEREKENINGEN VOOR DE BORINGEN

Voor uitvoering van de boringen kunnen diverse berekeningen uitgevoerd worden met betrekking tot treksterkte van de buizen en de muddrukken. Deze berekeningen zijn uitgevoerd conform NEN 3650 / 3651.

4.1 Uitgangspunten

Materiaal en buis gegevens

Voor de horizontaal gestuurde boring zijn de volgende materiaal en mantelbuizen gehanteerd:

Boring nr. 1 (250 HDPE) – tekening nr. 482.15.2.039-868-869

Materiaal	:	HDPE PE 100 SDR-11
Aantal buizen	:	3 st
Uitwendige diameter	:	250 mm
Wanddikte	:	22,8 mm
Korte duur Elasticiteitsmodulus	:	975 N/mm ²
Lange duur Elasticiteitsmodulus	:	350 N/mm ²
Lineaire uitzettingscoëfficiënt	:	16×10 ⁻⁵ (mm/mm) K ¹
Axiale verhouding zuivere trek/buigtrek	:	0,65 -
Tangentiele verhouding zuivere trek/buigtrek	:	0,65 -
Toelaatbare korte duur spanning	:	10,0 N/mm ²
Toelaatbare lange duur spanning	:	8,0 N/mm ²
Lengte boring	:	327,28 m
Diepte boring	:	circa 8,01 m - t.o.v. maaiveld
Intrede hoek boring	:	15 °
Uittredehoek boring	:	15 °
Bochtstraal neergaande bocht	:	105 m
Bochtstraal opgaande bocht	:	105 m
Kromtestraal op de rollenbaan/maaiveld	:	105 m

Boring nr. 1 (110 HDPE) – tekening nr. 482.15.2.039-868-869

Materiaal	:	HDPE PE 100 SDR-11
Aantal buizen	:	1 st
Uitwendige diameter	:	110 mm
Wanddikte	:	10,0 mm
Korte duur Elasticiteitsmodulus	:	975 N/mm ²
Lange duur Elasticiteitsmodulus	:	350 N/mm ²
Lineaire uitzettingscoëfficiënt	:	16×10 ⁻⁵ (mm/mm) K ¹
Axiale verhouding zuivere trek/buigtrek	:	0,65 -
Tangentiele verhouding zuivere trek/buigtrek	:	0,65 -
Toelaatbare korte duur spanning	:	10,0 N/mm ²
Toelaatbare lange duur spanning	:	8,0 N/mm ²

Lengte boring	:	327,28	m
Diepte boring	:	circa 8,01 m - t.o.v. maaiveld	
Intrede hoek boring	:	15	°
Uittredehoek boring	:	15	°
Bochtstraal neergaande bocht	:	105	m
Bochtstraal opgaande bocht	:	105	m
Kromtestraal op de rollenbaan/maaiveld	:	105	m

Boring nr. 2 (250 HDPE) – tekening nr. 482.15.2.039-868-869

Materiaal	:	HDPE PE 100 SDR-11	
Aantal buizen	:	3 st	
Uitwendige diameter	:	250	mm
Wanddikte	:	22,8	mm
Korte duur Elasticiteitsmodulus	:	975	N/mm ²
Lange duur Elasticiteitsmodulus	:	350	N/mm ²
Lineaire uitzettingscoëfficiënt	:	16×10 ⁻⁵	(mm/mm) K ¹
Axiale verhouding zuivere trek/buigtrek	:	0,65	-
Tangentiele verhouding zuivere trek/buigtrek	:	0,65	-
Toelaatbare korte duur spanning	:	10,0	N/mm ²
Toelaatbare lange duur spanning	:	8,0	N/mm ²
Lengte boring	:	367,23	m
Diepte boring	:	circa 13,01 m - t.o.v. maaiveld	
Intrede hoek boring	:	15	°
Uittredehoek boring	:	15	°
Bochtstraal neergaande bocht	:	105	m
Bochtstraal opgaande bocht	:	105	m
Kromtestraal op de rollenbaan/maaiveld	:	105	m

Boring nr. 2 (110 HDPE) – tekening nr. 482.15.2.039-868-869

Materiaal	:	HDPE PE 100 SDR-11	
Aantal buizen	:	1 st	
Uitwendige diameter	:	110	mm
Wanddikte	:	10,0	mm
Korte duur Elasticiteitsmodulus	:	975	N/mm ²
Lange duur Elasticiteitsmodulus	:	350	N/mm ²
Lineaire uitzettingscoëfficiënt	:	16×10 ⁻⁵	(mm/mm) K ¹
Axiale verhouding zuivere trek/buigtrek	:	0,65	-
Tangentiele verhouding zuivere trek/buigtrek	:	0,65	-
Toelaatbare korte duur spanning	:	10,0	N/mm ²
Toelaatbare lange duur spanning	:	8,0	N/mm ²
Lengte boring	:	367,23	m
Diepte boring	:	circa 13,01 m - t.o.v. maaiveld	
Intrede hoek boring	:	15	°
Uittredehoek boring	:	15	°
Bochtstraal neergaande bocht	:	105	m
Bochtstraal opgaande bocht	:	105	m

Kromtestraal op de rollenbaan/maaiveld : 105 m

4.1.1 Grondgegevens

Het onderzoek bestaat uit sondering inclusief elektrische kleef en grondgegevens conform NEN 5140. De resultaten van het onderzoek zijn opgenomen in Bijlage 3 van dit rapport en op de boortekening.

De onzekerheidsfactoren voor de grondmechanische parameters zijn in deze parameters nog niet verwerkt, deze worden separaat in de berekening meegenomen, overeenkomstig Tabel B.2 "Partiële onzekerheidsfactoren in verband met modelonzekerheidstabel" van de NEN 3650.

4.1.2 Belastingen

In de sterkteberekening zijn de volgende belastingen meegenomen.

Eigengewicht, excl. inhoud Q_{eg}

Het eigengewicht van de lege buis is in de berekening als gewichtsbelasting opgenomen, met inachtneming van de grondwaterstand.

Grondbelasting Q

De grondbelasting wordt berekend conform de formules zoals opgegeven in de NEN 3650.

Verkeersbelasting Q_v

Voor de buis is de verkeersbelasting overeenkomend, volgens de VOSB, aangehouden.

4.2 Berekeningen

Voor de sterkteberekening van de horizontaal gestuurde boring wordt onderscheid gemaakt in de volgende fases:

§ 4.2.1: De buis op rollenbaan

§ 4.2.2: De buis het boorgat intrekken

§ 4.2.3: De 'bedrijfstoestand' van de buis

In §4.2.4 en 4.2.5 is respectievelijk de berekening van de deflectie en de muddruk opgenomen.

4.2.1 De mantelbuis op rollenbaan

Voor de berekening van de spanningen in de mantelbuis, t.b.v. de windparkbekabeling, op de rollenbaan wordt verwezen naar pagina 5 van de sterkteberekeningen, opgenomen in Bijlage 3.

De omtreksspanning S_x is nihil en wordt bij het intrekken niet in ogenschouw genomen.

Boring tekening nr. 482.14.2.039-868-869 boring nr. 1 – 110 HDPE.

De maximaal berekende langsspanning S bedraagt $2,05 \text{ N/mm}^2$, deze wordt voornamelijk veroorzaakt door de kromtestraal op de rollenbaan en de wrijving tussen de buis en het maaiveld.

Boring tekening nr. 482.14.2.039-868-869 boring nr. 1 – 250 HDPE.

De maximaal berekende langsspanning S bedraagt $2,52 \text{ N/mm}^2$, deze wordt voornamelijk veroorzaakt door de kromtestraal op de rollenbaan en de wrijving tussen de buis en het maaiveld.

Boring tekening nr. 482.14.2.039-868-869 boring nr. 2 – 110 HDPE.

De maximaal berekende langsspanning S bedraagt $2,26 \text{ N/mm}^2$, deze wordt voornamelijk veroorzaakt door de kromtestraal op de rollenbaan en de wrijving tussen de buis en het maaiveld.

Boring tekening nr. 482.14.2.039-868-869 boring nr. 2 – 250 HDPE.

De maximaal berekende langsspanning S bedraagt $2,72 \text{ N/mm}^2$, deze wordt voornamelijk veroorzaakt door de kromtestraal op de rollenbaan en de wrijving tussen de buis en het maaiveld.

4.2.2 De mantelbuis het boorgat intrekken

Voor de berekening van de spanningen in de mantelbuis, t.b.v. de windparkbekabeling, tijdens het intrekken van deze buis in het boorgat wordt verwezen naar pagina 8 van de sterkteberekeningen, opgenomen in Bijlage 3.

De omtreksspanning S_x is nihil en wordt bij het intrekken niet in ogenschouw genomen.

Boring tekening nr. 482.14.2.039-868-869 boring nr. 1 – 110 HDPE.

De maximaal berekende langsspanning S_y bedraagt $7,34 \text{ N/mm}^2$, deze wordt voornamelijk veroorzaakt door de combinatie van de trekkracht voor het intrekken en spanningen t.g.v. de kromtestralen in de boring.

Boring tekening nr. 482.14.2.039-868-869 boring nr. 1 – 250 HDPE.

De maximaal berekende langsspanning S_y bedraagt $6,22 \text{ N/mm}^2$, deze wordt voornamelijk veroorzaakt door de combinatie van de trekkracht voor het intrekken en spanningen t.g.v. de kromtestralen in de boring.

Boring tekening nr. 482.14.2.039-868-869 boring nr. 2 – 110 HDPE.

De maximaal berekende langsspanning S_y bedraagt $7,92 \text{ N/mm}^2$, deze wordt voornamelijk veroorzaakt door de combinatie van de trekkracht voor het intrekken en spanningen t.g.v. de kromtestralen in de boring.

Boring tekening nr. 482.14.2.039-868-869 boring nr. 2 – 250 HDPE.

De maximaal berekende langsspanning S_y bedraagt $6,65 \text{ N/mm}^2$, deze wordt voornamelijk veroorzaakt door de combinatie van de trekkracht voor het intrekken en spanningen t.g.v. de kromtestralen in de boring.

4.2.3 De 'bedrijfstoestand' van de mantelbuis

In de 'bedrijfstoestand' van de mantelbuis, t.b.v. de windparkbekabeling, zijn op vijf maatgevende doorsneden de spanningen in de buis berekend, zoals weergegeven op de tekening met de letters A t/m E.

Voor de berekeningen van de spanningen in de buis in bedrijfstoestand wordt verwezen naar pagina's 9 & 10 van de sterkteberekeningen, opgenomen in Bijlage 3.

4.2.4 Deflectie berekening

De deflectie van de buis is berekend op de vijf aangegeven doorsneden, zoals weer gegeven op tekening nr. 482.15.2.039-868-869 opgenomen in Bijlage 3.

Boring tekening nr. 482.14.2.039-868-869 boring nr. 1 – 110 HDPE.

De maximaal berekende deflectie van de mantelbuis, t.b.v. de windparkbekabeling, bedraagt $1,63 \text{ mm}$, zie pagina 11 van de sterkteberekening in Bijlage 3.

Boring tekening nr. 482.14.2.039-868-869 boring nr. 1 – 250 HDPE.

De maximaal berekende deflectie van de mantelbuis, t.b.v. de windparkbekabeling, bedraagt $3,67 \text{ mm}$, zie pagina 11 van de sterkteberekening in Bijlage 3.

Boring tekening nr. 482.14.2.039-868-869 boring nr. 2 – 110 HDPE.

De maximaal berekende deflectie van de mantelbuis, t.b.v. de windparkbekabeling, bedraagt $2,59 \text{ mm}$, zie pagina 11 van de sterkteberekening in Bijlage 3.

Boring tekening nr. 482.14.2.039-868-869 boring nr. 2 – 250 HDPE.

De maximaal berekende deflectie van de mantelbuis, t.b.v. de windparkbekabeling, bedraagt $5,82 \text{ mm}$, zie pagina 11 van de sterkteberekening in Bijlage 3.

4.2.5 Boorspoel berekening

Op de markante doorsneden A t/m E, zijn de boorspoeldruk berekeningen uitgevoerd. De resultaten zijn opgenomen in genoemd op pagina 13 en 14 van de berekeningen in Bijlage 3.

Tevens is een aanvullende boorspoeldrukberekening bijgevoegd in Bijlage 3.

4.3 Conclusies

Op basis van de tekening, het grondmechanisch onderzoek en de beschreven uitgangspunten in dit rapport zijn de horizontaal gestuurde boringen berekend overeenkomstig de NEN 3650 en NEN 3651.

- **Boring tekening nr. 482.14.2.039-868-869 boring nr. 1 – 110 HDPE.**
- De maximaal berekende omtreksspanning ($S_x = 5,11 \text{ N/mm}^2$) en de maximaal berekende langsspanning ($S_y = 0,52 \text{ N/mm}^2$) zijn kleiner dan de toelaatbare spanningen ($St = 8 \text{ N/mm}^2$).
- De maximaal berekende deflectie bedraagt 1,63 mm, deze is kleiner dan de toelaatbare 8,00 mm.

- **Boring tekening nr. 482.14.2.039-868-869 boring nr. 1 – 250 HDPE.**
- De maximaal berekende omtreksspanning ($S_x = 5,23 \text{ N/mm}^2$) en de maximaal berekende langsspanning ($S_y = 1,17 \text{ N/mm}^2$) zijn kleiner dan de toelaatbare spanningen ($St = 8 \text{ N/mm}^2$).
- De maximaal berekende deflectie bedraagt 3,67 mm, deze is kleiner dan de toelaatbare 18,18 mm.

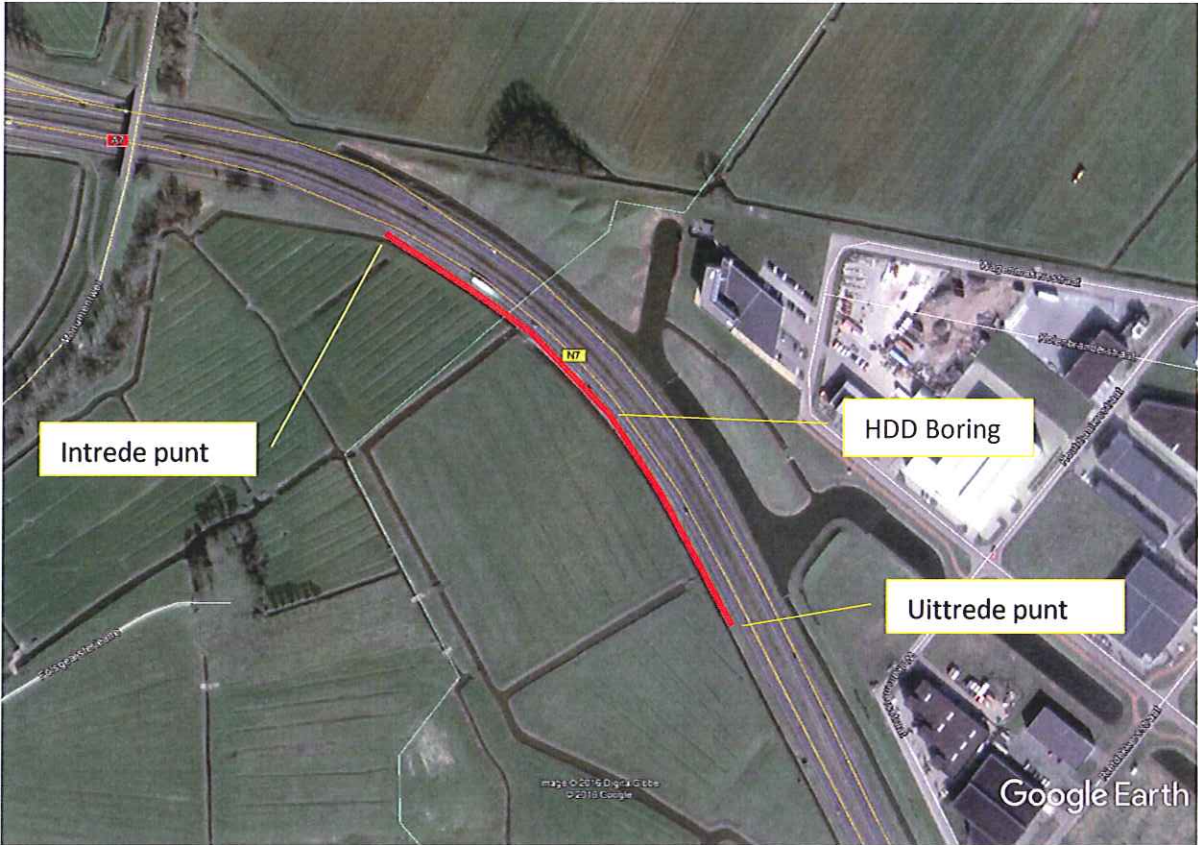
- **Boring tekening nr. 482.14.2.039-868-869 boring nr. 2 – 110 HDPE.**
- De maximaal berekende omtreksspanning ($S_x = 7,86 \text{ N/mm}^2$) en de maximaal berekende langsspanning ($S_y = 0,52 \text{ N/mm}^2$) zijn kleiner dan de toelaatbare spanningen ($St = 8 \text{ N/mm}^2$).
- De maximaal berekende deflectie bedraagt 2,59 mm, deze is kleiner dan de toelaatbare 8,00 mm.

- **Boring tekening nr. 482.14.2.039-868-869 boring nr. 2 – 250 HDPE.**
- De maximaal berekende omtreksspanning ($S_x = 7,94 \text{ N/mm}^2$) en de maximaal berekende langsspanning ($S_y = 1,17 \text{ N/mm}^2$) zijn kleiner dan de toelaatbare spanningen ($St = 8 \text{ N/mm}^2$).
- De maximaal berekende deflectie bedraagt 5,82 mm, deze is kleiner dan de toelaatbare 18,18 mm.

Uit de berekeningen volgt dat het ontwerp voldoet aan de gestelde eisen uit de betreffende normen.

Bijlage 1: Tekening

Bijlage 2: Luchtfoto



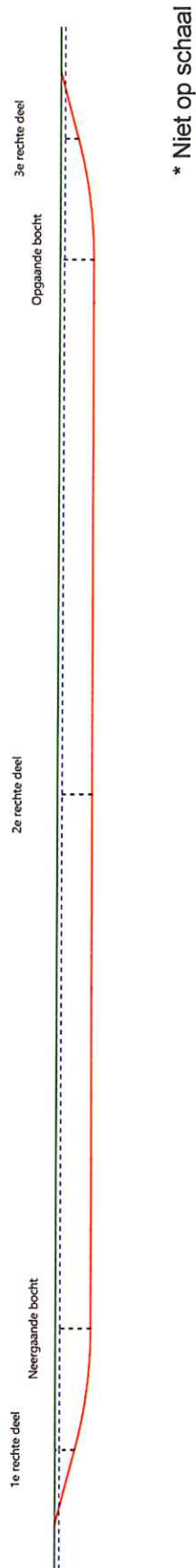
Bijlage 3: Grondonderzoek, sterkte- en muddrukberendingen

Sterkteberekening van een horizontaal gestuurde boring conform NEN 3650/3651:2012		Sigma 2012 3.0 ©	
Algemene gegevens			
Naam van het project : Windpark Fryslan - boringen t.b.v. windparkbekabeling			
Projectonderdeel : HDD boring 1 - Rijksweg A7 (t.h.v. KM 118.185) te Sneek - buis 110 HDPE			
Materiaalgegevens			
Materiaalsoort:	PE		
Kwaliteit:	PE 100 SDR 11		
Lange-duur treksterkte	MRS = 10		N/mm ²
Materiaalfactor	$\gamma_M = 1,25$		-
Toelaatbare langeduur spanning	$\bar{\sigma}_t = 8,00$		N/mm ²
Elasticiteitsmodulus korte duur	E = 975		N/mm ²
Elasticiteitsmodulus lange duur	E' = 350		N/mm ²
Lineaire uitzettingscoëfficiënt	$\alpha_g = 16,0 \cdot 10^{-5}$		mm/(mm·K)
Alfa Tangentiëel / Alfa Axiaal	$\alpha_\sigma = 0,65$		-
Soortelijk gewicht buis	$\rho_L = 9,55$		kN/m ³
Toelaatbare deflectie	$\delta = 8$		%
Leidinggegevens			
Uitwendige middellijn	D _e = 110,00		mm
Wanddikte	d _n = 10		mm
Procesgegevens			
Soort leiding (Vloeistof / Gas / Drukloos)			= Drukloos
Uitvoeringsaspecten, tracé boring, in- en uittredehoeken, onzekerheids- en wrijvingsfactoren			
Percentage omtrek in aanraking met bentoniet		= 100	%
Soortelijk gewicht boorvloeistof	$\rho_m = 11,5$		kN/m ³
Zwichtspanning boorvloeistof	$\tau_y = 15$		Pa
Leiding wordt niet verzwaard t.p.v. rollenbaan			
Leiding wordt niet verzwaard t.p.v. boorgang			
Diameter ruimer ivm boorspoeldruk	D _g = 800		mm
Diameter boorstang	D _b = 102		mm
Totale lengte	L = 327,28		m
Lengte 1e rechte deel	L ₁ = 17,39		m
Lengte neergaande bocht	L ₂ = 27,49		m
Lengte 2e rechte deel	L ₃ = 239,45		m
Lengte opgaande bocht	L ₄ = 27,49		m
Lengte 3e rechte deel	L ₅ = 15,46		m
Straal maaiveld/rollenbaan	R _r = 105,00		m
Straal neergaande bocht	R ₁ = 105,00		m
Straal opgaande bocht	R ₂ = 105,00		m
Intrede-hoek (bij boorstelling)	$\alpha_1 = 15,00 / 26,79$		° / %
Uittrede-hoek (bij rollenbaan)	$\alpha_2 = 15,00 / 26,79$		° / %
Belastinghoek	$\alpha = 30$		°
Ondersteuningshoek	$\beta = 30$		°
Horizontale steundrukhoek	$\gamma = 120$		°
Geen grondmechanisch onderzoek uitgevoerd	$\gamma = 1,1$		
Totaalfactor bij boring met bundels	f = 1,8		
Belastingfactor	f _{k,b} = 1,1		
Belastingfactor	f _{k,o} = 1,4		
Wrijvingscoëff. zonder rollenbaan	f ₁ = 0,3		
Wrijving tussen leiding/boorvloeistof	f ₂ = 0,00005		N/mm ²
Wrijving tussen leiding/boorgangwand	f ₃ = 0,2		
		25-02-2017 11:37:48	

Grondmechanische gegevens en verkeersbelasting

Locatie	Afstand t.o.v. intredepunt [m]	Dekking t.o.v. maaiveld [m]	G.W.S. t.o.v. maaiveld [m]	Grond- soort	Volumiek gewicht droge grond [kN/m ³]	Volumiek gewicht natte grond [kN/m ³]	Wrijvings- hoek grond [°]
1e rechte deel	17,39	4,47	1,00	Klei	17,00	17,00	17,50
Neergaande bocht	44,88	8,01	1,00	Zand	17,25	17,75	22,50
2e rechte deel	164,605	7,83	1,00	Zand	17,25	17,75	22,50
Opgaande bocht	284,33	7,64	1,00	Zand	17,25	17,75	22,50
3e rechte deel	311,82	4,02	1,00	Klei	17,00	17,00	17,50

Locatie	Gereduceerde grondbelasting	Gemiddelde verticale beddingsconstante [N/mm ³]	Effectieve cohesie [kN/m ²]	E-modulus ondergrond [MN/m ²]	Verkeersbelasting
1e rechte deel	Geen	-	2,00	2,00	Grafiek I
Neergaande bocht	Geen	0,0220	1,50	20,25	Grafiek I
2e rechte deel	Geen	-	1,50	20,25	Grafiek I
Opgaande bocht	Geen	0,0220	1,50	20,25	Grafiek I
3e rechte deel	Geen	-	2,00	2,00	Grafiek I



2. Eigenschappen van de leiding

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

3. Berekening van het gewicht van de leiding tijdens het intrekken van de leiding

	<i>Leiding op rollenbaan/maaiveld</i>	<i>Leiding in boorgat</i>
Gewicht mediumleiding	$g = 0,0300 \text{ N/mm}^1$	$g = 0,0300 \text{ N/mm}^1$
Gewicht vulling	$g_{vul} = \text{N.v.t.} +$	$g_{vul} = \text{N.v.t.} +$
Totaal gewicht	$g_{rol} = 0,0300 \text{ N/mm}^1$	$g_{gat} = 0,0300 \text{ N/mm}^1$

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

Trekkracht T_1 tijdens verschillende stadia [N]	L [m]	T_1 [N]
Starten met trekken	327,28	5.302
Na 1 ^e deel intrekken	311,82	5.052
Na 2 ^e deel intrekken	284,33	4.606
Na 3 ^e deel intrekken	44,88	727
Na 4 ^e deel intrekken	17,39	282

$$T_1 = f \cdot L \cdot g_{rol} \cdot f_1 = 1,8 \cdot L \cdot 0,0300 \cdot 0,3$$

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

Spanningen σ_t tijdens verschillende stadia [N/mm ²]	T_1 [N]	σ_t [N/mm ²]
Starten met trekken	5.302	1,69
Na 1 ^e deel intrekken	5.052	1,61
Na 2 ^e deel intrekken	4.606	1,47
Na 3 ^e deel intrekken	727	0,23
Na 4 ^e deel intrekken	282	0,09

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

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

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

$$M_b = 1,1 \cdot 975 \cdot \frac{3.966.261}{105.000} = 40.512,52 \text{ Nmm}$$

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

$$\sigma_b = \frac{40.512,52}{72.114} = \mathbf{0,56 \text{ N/mm}^2}$$

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	1,69	2,05
Na 1 ^e deel intrekken	1,61	1,97
Na 2 ^e deel intrekken	1,47	1,83
Na 3 ^e deel intrekken	0,23	0,60
Na 4 ^e deel intrekken	0,09	0,45

$$\sigma_a = \alpha_{\sigma} \cdot \sigma_b + \sigma_t = 0,65 \cdot 0,56 + \sigma_t$$

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

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

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

100% van de omtrek van de leiding komt in aanraking met bentoniet. Hieruit volgt: $D_{e,omtrek} = 345,58 \text{ mm}^1$

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

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

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

Trekkracht T_2 en T_{3a} tijdens verschillende stadia [N]	L [m]	T_2 [N]	T_{3a} [N]
1 ^e deel intrekken	15,46	922	-
2 ^e deel intrekken	42,95	-	2.562
3 ^e deel intrekken	282,40	16.844	-
4 ^e deel intrekken	309,89	-	18.483
Geheel ingetrokken	327,28	19.521	-

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

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

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

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

$$\lambda = \sqrt[4]{\frac{110,00 \cdot 0,0220}{4 \cdot 975 \cdot 3.966.260,73}} = 0,0035 \text{ mm}^{-1}$$

$$Q_{r1} = \frac{0,322 \cdot \lambda^2 \cdot E \cdot I_b}{D_o \cdot 0,9 \cdot R}$$

$$Q_{r1} = \frac{0,322 \cdot 0,0035^2 \cdot 975 \cdot 3.966.260,73}{110,00 \cdot 0,9 \cdot 105.000} = 0,0015 \text{ N/mm}^2$$

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

$$T_{3b} = 1,8 \cdot 4 \cdot \frac{0,0015}{2} \cdot 110,00 \cdot \frac{\pi}{0,0035} \cdot 0,2 = 105,41 \text{ N}$$

KL Infra Engineering B.V.

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

Sigma 2012 3.0 ©

5.3.2 Opgaande bocht

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

$$\lambda = \sqrt[4]{\frac{110,00 \cdot 0,0220}{4 \cdot 975 \cdot 3.966.260,73}} = 0,0035 \text{ mm}^{-1}$$

$$Q_{r2} = \frac{0,322 \cdot \lambda^2 \cdot E \cdot I_b}{D_o \cdot 0,9 \cdot R}$$

$$Q_{r2} = \frac{0,322 \cdot 0,0035^2 \cdot 975 \cdot 3.966.260,73}{110,00 \cdot 0,9 \cdot 105.000} = 0,0015 \text{ N/mm}^2$$

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

$$T_{3b} = 1,8 \cdot 4 \cdot \frac{0,0015}{2} \cdot 110,00 \cdot \frac{\pi}{0,0035} \cdot 0,2 = \mathbf{105,41 \text{ N}}$$

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

Trekkraft T_{bocht} tijdens verschillende stadia [N]	T_1 [N]	T_{3a} [N]	$T_{3b,neer}$ [N]	$T_{3b,op}$ [N]	T_{bocht} [N]
Neergaande bocht	4.606	2.562	105	-	7.274
Opgaande bocht	282	18.483	105	105	18.976

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

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

Trekkraft T_{3c} tijdens verschillende stadia [N]	α [°]	T_{bocht} [N]	T_{3c} [N]
Neergaande bocht	7,50	7.274	684
Opgaande bocht	7,50	18.976	1.783

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

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

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

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

5.5 Totalisatie van de trekkrachten in fase II

Trekkraft T_{tot} tijdens verschillende stadia [N]	T_1 [N]	T_2 / T_{3a} [N]	$T_{3b,neer}$ [N]	$T_{3c,neer}$ [N]	$T_{3b,op}$ [N]	$T_{3c,op}$ [N]	T_{tot} [N]
1 ^e deel intrekken	5.052	922	-	-	-	-	5.974
2 ^e deel intrekken	4.606	2.562	105	684	-	-	7.957
3 ^e deel intrekken	727	16.844	105	684	-	-	18.360
4 ^e deel intrekken	282	18.483	105	684	105	1.783	21.443
Geheel intrekken	0	19.521	105	684	105	1.783	22.198

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

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

Spanningen σ_t tijdens verschillende stadia [N/mm ²]	T_{tot} [N]	σ_t [N/mm ²]
1 ^e deel intrekken	5.974	1,90
2 ^e deel intrekken	7.957	2,53
3 ^e deel intrekken	18.360	5,84
4 ^e deel intrekken	21.443	6,83
Geheel intrekken	22.198	7,07

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

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

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

$$M_b = 1,4 \cdot 975 \cdot \frac{3.966.260,73}{0,9 \cdot 105.000} = 57.290,43 \text{ Nmm}$$

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

$$\sigma_b = \frac{57.290,43}{72.113,83} = \mathbf{0,79 \text{ N/mm}^2}$$

5.7.2 Opgaande bocht

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

$$M_b = 1,4 \cdot 975 \cdot \frac{3.966.260,73}{0,9 \cdot 105.000} = 57.290,43 \text{ Nmm}$$

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

$$\sigma_b = \frac{57.290,43}{72.113,83} = \mathbf{0,79 \text{ N/mm}^2}$$

5.8 Totalisatie van de spanningen in het boorgat tijdens de trekoperatie

Spanningen σ_a tijdens verschillende stadia [N/mm ²]	T_{tot} [N]	σ_t [N/mm ²]	σ_b [N/mm ²]	σ_a [N/mm ²]
Starten met trekken	5.974	1,90	-	1,90
Na 1 ^e deel intrekken	7.957	2,53	0,79	3,05
Na 2 ^e deel intrekken	18.360	5,84	-	5,84
Na 3 ^e deel intrekken	21.443	6,83	0,79	7,34
Na 4 ^e deel intrekken	22.198	7,07	-	7,07

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

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

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

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]	Grond- soort	q_{droog} [kN/m ²]	q_{nat} [kN/m ²]	q_{totaal} [kN/m ²]	Q_n [N/mm ¹]
1e rechte deel	4,47	1,00	Klei	18,70	64,89	83,59	5,38
Neergaande bocht	8,01	1,00	Zand	18,98	136,87	155,85	9,43
2e rechte deel	7,83	1,00	Zand	18,98	133,36	152,33	9,24
Opgaande bocht	7,64	1,00	Zand	18,98	129,65	148,62	9,04
3e rechte deel	4,02	1,00	Klei	18,70	56,47	75,17	4,95

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

6.4 Berekening van de verkeersbelasting Q_v

Locatie	Dekking t.o.v. maaiveld [m]	Verkeers- belasting	q_v [kN/m ²]	Q_v [N/mm ¹]
1e rechte deel	4,47	Grafiek I	11,46	1,26
Neergaande bocht	8,01	Grafiek I	5,81	0,64
2e rechte deel	7,83	Grafiek I	5,98	0,66
Opgaande bocht	7,64	Grafiek I	6,18	0,68
3e rechte deel	4,02	Grafiek I	12,77	1,40

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

6.5 Momenten en spanningen t.g.v. bovenbelastingen

Locatie	Q_n [N/mm ¹]	Q_v [N/mm ¹]	Q_{boven} [N/mm ¹]	M_q [Nmm]	σ_q [N/mm ¹]
1e rechte deel	5,38	1,26	6,64	85,31	5,12
Neergaande bocht	9,43	0,64	10,07	129,41	7,76
2e rechte deel	9,24	0,66	9,90	127,24	7,63
Opgaande bocht	9,04	0,68	9,72	124,96	7,50
3e rechte deel	4,95	1,40	6,35	81,61	4,90

$$M_q = K_b \cdot (Q_n + Q_v) \cdot r_g = 0,257 \cdot (Q_n + Q_v) \cdot 50,00$$

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

6.6 Optredende spanning σ_{qr} t.g.v. grondreactie in de bochten
6.6.1 Neergaande bocht

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

$$\sigma_{qr} = 0,179 \cdot 0,0015 \cdot 110,00 \cdot \frac{55,00}{16,67} = \mathbf{0,10 \text{ N/mm}^2}$$

6.6.2 Opgaande bocht

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

$$\sigma_{qr} = 0,179 \cdot 0,0015 \cdot 110,00 \cdot \frac{55,00}{16,67} = \mathbf{0,10 \text{ N/mm}^2}$$

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

Leiding is drukloos

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

7. Toetsing op minimale ringstijfheid S_N

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

$$S_N = 975 \cdot \frac{83,33}{100^3} = 0,08 \text{ N/mm}^2 = \mathbf{81,25 \text{ kN/m}^2}$$

 Minimaal vereiste ringstijfheid = **2 kN/m²**
8. Toetsing op implosie: berekening van de alzijdige overdruk

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

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

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

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

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

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

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

Locatie	σ_q [N/mm ²]	σ_{qr} [N/mm ²]	α_{σ} [-]	σ_{y2} [N/mm ²]
1e rechte deel	5,12	-	0,65	3,33
Neergaande bocht	7,76	0,097	0,65	5,11
2e rechte deel	7,63	-	0,65	4,96
Opgaande bocht	7,50	0,097	0,65	4,94
3e rechte deel	4,90	-	0,65	3,18

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

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

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

9.2 Optredende spanningen in langsrichting van de leiding

Locatie	σ_{ax} [N/mm ²]	σ_b [N/mm ²]	α_{σ} [-]	σ_x [N/mm ²]
1e rechte deel	0,00	-	-	0,00
Neergaande bocht	0,00	0,79	0,65	0,52
2e rechte deel	0,00	-	-	0,00
Opgaande bocht	0,00	0,79	0,65	0,52
3e rechte deel	0,00	-	-	0,00

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

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

 Toelaatbare spanning: $\sigma_{td} = \bar{\sigma}_t = 8,00$ N/mm²
10. Berekening van de optredende en toelaatbare deflectie

Locatie	Q_n [N/mm ¹]	Q_v [N/mm ¹]	Q_r [N/mm ²]	δ_Y [mm]	δ_Y/D_g [%]
1e rechte deel	5,38	1,26	-	0,88	0,88
Neergaande bocht	9,43	0,64	0,0015	1,63	1,63
2e rechte deel	9,24	0,66	-	1,60	1,60
Opgaande bocht	9,04	0,68	0,0015	1,57	1,57
3e rechte deel	4,95	1,40	-	0,84	0,84

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

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

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

11. Berekening van de boorspoeldrukken tijdens de trekfase

Locatie	H [m]	σ_{vert} [kN/m ²]	σ_{hor} [kN/m ²]	σ_o' [kN/m ²]	p_f' [kN/m ²]	G [MN/m ²]
1e rechte deel	4,47	34,38	24,04	29,21	39,90	0,71
Neergaande bocht	8,01	58,70	36,24	47,47	67,02	7,79
2e rechte deel	7,83	57,59	35,55	46,57	65,78	7,79
Opgaande bocht	7,64	56,43	34,83	45,63	64,48	7,79
3e rechte deel	4,02	31,93	22,33	27,13	37,19	0,71

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

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

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

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

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

Locatie	Q [-]	$R_{p,max}$ [m]	u [N/mm ²]	p_{st} [N/mm ²]	Δ_p [N/mm ²]	p_{lim} [N/mm ²]
1e rechte deel	0,015	2,24	0,0347	0,03915	0,00	0,15
Neergaande bocht	0,0025	2,52	0,0701	0,07908	0,00	0,44
2e rechte deel	0,0025	2,55	0,0683	0,07705	0,01	0,43
Opgaande bocht	0,0024	2,57	0,0664	0,07491	0,02	0,42
3e rechte deel	0,014	2,01	0,0302	0,03407	0,03	0,14

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

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

$$u = \gamma_w \cdot H_n$$

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

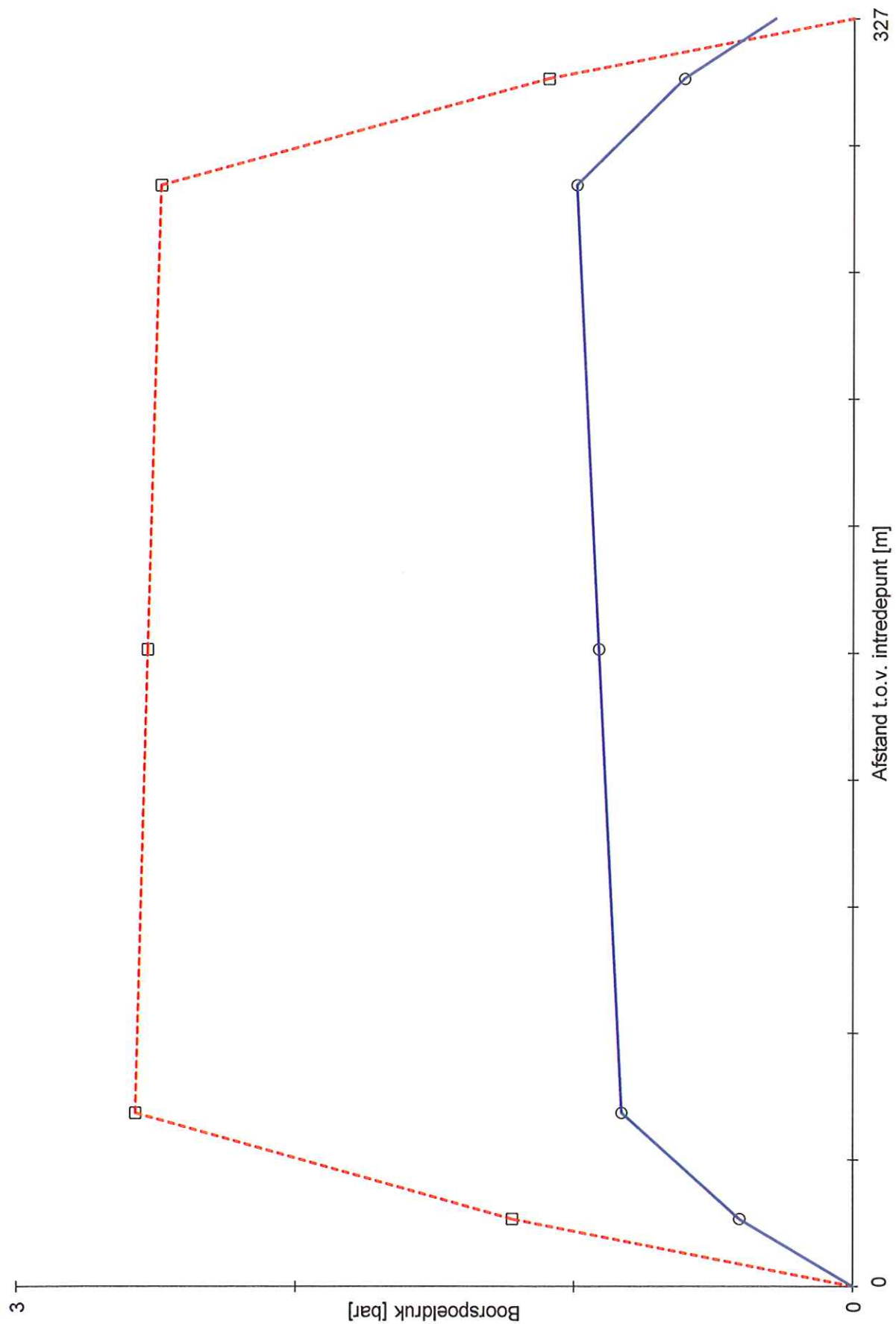
$$\Delta_p = 4 \cdot \frac{\tau_y}{D_g - D_b} \cdot L$$

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

Locatie	p_{max} [N/mm ²]	90% p_{lim} [N/mm ²]	p_{min} [N/mm ²]	p_{max} [bar]	90% p_{lim} [bar]	p_{min} [bar]
1e rechte deel	0,12	0,14	0,04	1,22	1,35	0,41
Neergaande bocht	0,26	0,39	0,08	2,57	3,93	0,83
2e rechte deel	0,25	0,39	0,09	2,53	3,87	0,91
Opgaande bocht	0,25	0,38	0,10	2,49	3,81	0,99
3e rechte deel	0,11	0,13	0,06	1,09	1,26	0,61

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

$$p_{min} = p_{st} + \Delta_p$$



Maximaal toelaatbare boorspoeldruk
Minimaal benodigde boorspoeldruk

3.0.10.0/12-2012/10-10383702

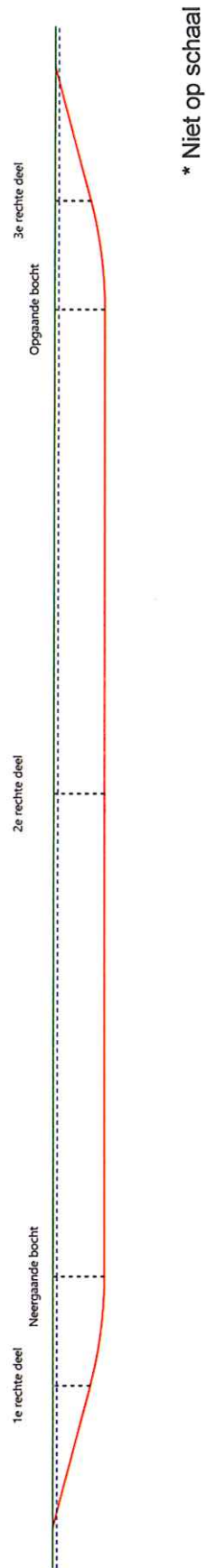
25-02-2017 11:37:48

Sterkteberekening van een horizontaal gestuurde boring conform NEN 3650/3651:2012		Sigma 2012 3.0 ©	
Algemene gegevens			
Naam van het project : Windpark Fryslan - boringen t.b.v. windparkbekabeling			
Projectonderdeel : HDD boring 2 - Rijksweg A7 (t.h.v. KM 118.185) te Sneek - buis 110 HDPE			
Materiaalgegevens			
Materiaalsoort:	PE		
Kwaliteit:	PE 100 SDR 11		
Lange-duur treksterkte	MRS	= 10	N/mm ²
Materiaalfactor	γ_M	= 1,25	-
Toelaatbare langeduur spanning	$\bar{\sigma}_t$	= 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 Tangentiëel / Alfa Axiaal	α_σ	= 0,65	-
Soortelijk gewicht buis	ρ_L	= 9,55	kN/m ³
Toelaatbare deflectie	δ	= 8	%
Leidinggegevens			
Uitwendige middellijn	D_e	= 110,00	mm
Wanddikte	d_n	= 10	mm
Procesgegevens			
Soort leiding (Vloeistof / Gas / Drukloos)		= Drukloos	
Uitvoeringsaspecten, tracé boring, in- en uittredehoeken, onzekerheids- en wrijvingsfactoren			
Percentage omtrek in aanraking met bentoniet		= 100	%
Soortelijk gewicht boorvloeistof	ρ_m	= 11,5	kN/m ³
Zwichtspanning boorvloeistof	τ_y	= 15	Pa
Leiding wordt niet verzwaard t.p.v. rollenbaan			
Leiding wordt niet verzwaard t.p.v. boorgang			
Diameter ruimer ivm boorspoeldruk	D_g	= 800	mm
Diameter boorstang	D_b	= 102	mm
Totale lengte	L	= 367,23	m
Lengte 1e rechte deel	L_1	= 36,82	m
Lengte neergaande bocht	L_2	= 27,49	m
Lengte 2e rechte deel	L_3	= 240,76	m
Lengte opgaande bocht	L_4	= 27,49	m
Lengte 3e rechte deel	L_5	= 34,67	m
Straal maaiveld/rollenbaan	R_r	= 105,00	m
Straal neergaande bocht	R_1	= 105,00	m
Straal opgaande bocht	R_2	= 105,00	m
Intrede-hoek (bij boorstelling)	α_1	= 15,00 / 26,79	° / %
Uittrede-hoek (bij rollenbaan)	α_2	= 15,00 / 26,79	° / %
Belastinghoek	α	= 30	°
Ondersteuningshoek	β	= 30	°
Horizontale steundrukhoek	γ	= 120	°
Geen grondmechanisch onderzoek uitgevoerd	γ	= 1,1	
Totaalfactor bij boring met bundels	f	= 1,8	
Belastingfactor	$f_{k,b}$	= 1,1	
Belastingfactor	$f_{k,o}$	= 1,4	
Wrijvingscoëff. zonder rollenbaan	f_1	= 0,3	
Wrijving tussen leiding/boorvloeistof	f_2	= 0,00005	N/mm ²
Wrijving tussen leiding/boorgangwand	f_3	= 0,2	
		25-02-2017 11:35:09	

Grondmechanische gegevens en verkeersbelasting

Locatie	Afstand t.o.v. intredepunt [m]	Dekking t.o.v. maaiveld [m]	G.W.S. t.o.v. maaiveld [m]	Grond- soort	Volumiek gewicht droge grond [kN/m ³]	Volumiek gewicht natte grond [kN/m ³]	Wrijvings- hoek grond [°]
1e rechte deel	36,82	9,48	1,00	Zand	17,25	17,75	22,50
Neergaande bocht	64,31	13,01	1,00	Klei	17,38	18,15	23,27
2e rechte deel	184,69	12,83	1,00	Klei	17,38	18,15	23,27
Opgaande bocht	305,07	12,64	1,00	Klei	17,38	18,15	23,27
3e rechte deel	332,56	9,02	1,00	Zand	17,25	17,75	22,50

Locatie	Gereduceerde grondbelasting	Gemiddelde verticale beddingsconstante [N/mm ²]	Effectieve cohesie [kN/m ²]	E-modulus ondergrond [MN/m ²]	Verkeersbelasting
1e rechte deel	Geen	-	1,50	20,25	Grafiek I
Neergaande bocht	Geen	0,0160	1,23	30,08	Grafiek I
2e rechte deel	Geen	-	1,23	30,08	Grafiek I
Opgaande bocht	Geen	0,0160	1,23	30,08	Grafiek I
3e rechte deel	Geen	-	1,50	20,25	Grafiek I



2. Eigenschappen van de leiding

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

3. Berekening van het gewicht van de leiding tijdens het intrekken van de leiding

	<i>Leiding op rollenbaar/maaveld</i>	<i>Leiding in boorgat</i>
Gewicht mediumleiding	$g = 0,0300 \text{ N/mm}^1$	$g = 0,0300 \text{ N/mm}^1$
Gewicht vulling	$g_{vul} = \text{N.v.t.} +$	$g_{vul} = \text{N.v.t.} +$
Totaal gewicht	$g_{rol} = 0,0300 \text{ N/mm}^1$	$g_{gat} = 0,0300 \text{ N/mm}^1$

4. Berekening van de trekkrachten en spanningen bovengronds
4.1 Berekening van de benodigde trekkrachten op rollenbaar/maaveld

Trekkracht T_1 tijdens verschillende stadia [N]	L [m]	T_1 [N]
Starten met trekken	367,23	5.950
Na 1 ^e deel intrekken	332,56	5.388
Na 2 ^e deel intrekken	305,07	4.942
Na 3 ^e deel intrekken	64,31	1.042
Na 4 ^e deel intrekken	36,82	597

$$T_1 = f \cdot L \cdot g_{rol} \cdot f_1 = 1,8 \cdot L \cdot 0,0300 \cdot 0,3$$

4.2 Berekening van de optredende spanningen t.g.v. de trekkrachten op rollenbaar/maaveld

Spanningen σ_t tijdens verschillende stadia [N/mm ²]	T_1 [N]	σ_t [N/mm ²]
Starten met trekken	5.950	1,89
Na 1 ^e deel intrekken	5.388	1,72
Na 2 ^e deel intrekken	4.942	1,57
Na 3 ^e deel intrekken	1.042	0,33
Na 4 ^e deel intrekken	597	0,19

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

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

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

$$M_b = 1,1 \cdot 975 \cdot \frac{3.966.261}{105.000} = 40.512,52 \text{ Nmm}$$

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

$$\sigma_b = \frac{40.512,52}{72.114} = \mathbf{0,56 \text{ N/mm}^2}$$

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	1,89	2,26
Na 1 ^e deel intrekken	1,72	2,08
Na 2 ^e deel intrekken	1,57	1,94
Na 3 ^e deel intrekken	0,33	0,70
Na 4 ^e deel intrekken	0,19	0,56

$$\sigma_a = \alpha_\sigma \cdot \sigma_b + \sigma_t = 0,65 \cdot 0,56 + \sigma_t$$

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

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

Tijdens het intrekken van de leiding in het boorgat treedt er wrijving op tussen de leiding en boorvloeistof. 100% van de omtrek van de leiding komt in aanraking met bentoniet. Hieruit volgt: $D_{e,omtrek} = 345,58 \text{ mm}^1$

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

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

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

Trekkracht T_2 en T_{3a} tijdens verschillende stadia [N]	L [m]	T_2 [N]	T_{3a} [N]
1 ^e deel intrekken	34,67	2.068	-
2 ^e deel intrekken	62,16	-	3.708
3 ^e deel intrekken	302,92	18.068	-
4 ^e deel intrekken	330,41	-	19.707
Geheel ingetrokken	367,23	21.903	-

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

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

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

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

$$\lambda = \sqrt[4]{\frac{110,00 \cdot 0,0160}{4 \cdot 975 \cdot 3.966.260,73}} = 0,0033 \text{ mm}^{-1}$$

$$Q_{r1} = \frac{0,322 \cdot \lambda^2 \cdot E \cdot I_b}{D_o \cdot 0,9 \cdot R}$$

$$Q_{r1} = \frac{0,322 \cdot 0,0033^2 \cdot 975 \cdot 3.966.260,73}{110,00 \cdot 0,9 \cdot 105.000} = 0,0013 \text{ N/mm}^2$$

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

$$T_{3b} = 1,8 \cdot 4 \cdot \frac{0,0013}{2} \cdot 110,00 \cdot \frac{\pi}{0,0033} \cdot 0,2 = \mathbf{97,34 \text{ N}}$$

KL Infra Engineering B.V.

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

Sigma 2012 3.0 ©

5.3.2 Opgaande bocht

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

$$\lambda = \sqrt[4]{\frac{110,00 \cdot 0,0160}{4 \cdot 975 \cdot 3.966.260,73}} = 0,0033 \text{ mm}^{-1}$$

$$Q_{r2} = \frac{0,322 \cdot \lambda^2 \cdot E \cdot I_b}{D_o \cdot 0,9 \cdot R}$$

$$Q_{r2} = \frac{0,322 \cdot 0,0033^2 \cdot 975 \cdot 3.966.260,73}{110,00 \cdot 0,9 \cdot 105.000} = 0,0013 \text{ N/mm}^2$$

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

$$T_{3b} = 1,8 \cdot 4 \cdot \frac{0,0013}{2} \cdot 110,00 \cdot \frac{\pi}{0,0033} \cdot 0,2 = 97,34 \text{ N}$$

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

Trekkraft T_{bocht} tijdens verschillende stadia [N]	T_1 [N]	T_{3a} [N]	$T_{3b,neer}$ [N]	$T_{3b,op}$ [N]	T_{bocht} [N]
Neergaande bocht	4.942	3.708	97	-	8.747
Opgaande bocht	597	19.707	97	97	20.498

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

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

Trekkraft T_{3c} tijdens verschillende stadia [N]	α [°]	T_{bocht} [N]	T_{3c} [N]
Neergaande bocht	7,50	8.747	822
Opgaande bocht	7,50	20.498	1.926

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

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

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

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

5.5 Totalisatie van de trekkrachten in fase II

Trekkraft T_{tot} tijdens verschillende stadia [N]	T_1 [N]	T_2 / T_{3a} [N]	$T_{3b,neer}$ [N]	$T_{3c,neer}$ [N]	$T_{3b,op}$ [N]	$T_{3c,op}$ [N]	T_{tot} [N]
1 ^e deel intrekken	5.388	2.068	-	-	-	-	7.456
2 ^e deel intrekken	4.942	3.708	97	822	-	-	9.569
3 ^e deel intrekken	1.042	18.068	97	822	-	-	20.029
4 ^e deel intrekken	597	19.707	97	822	97	1.926	23.247
Geheel intrekken	0	21.903	97	822	97	1.926	24.846

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

25-02-2017 11:35:09

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

Spanningen σ_t tijdens verschillende stadia [N/mm ²]	T_{tot} [N]	σ_t [N/mm ²]
1 ^e deel intrekken	7.456	2,37
2 ^e deel intrekken	9.569	3,05
3 ^e deel intrekken	20.029	6,38
4 ^e deel intrekken	23.247	7,40
Geheel intrekken	24.846	7,91

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

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

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

$$M_b = 1,4 \cdot 975 \cdot \frac{3.966.260,73}{0,9 \cdot 105.000} = 57.290,43 \text{ Nmm}$$

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

$$\sigma_b = \frac{57.290,43}{72.113,83} = \mathbf{0,79 \text{ N/mm}^2}$$

5.7.2 Opgaande bocht

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

$$M_b = 1,4 \cdot 975 \cdot \frac{3.966.260,73}{0,9 \cdot 105.000} = 57.290,43 \text{ Nmm}$$

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

$$\sigma_b = \frac{57.290,43}{72.113,83} = \mathbf{0,79 \text{ N/mm}^2}$$

5.8 Totalisatie van de spanningen in het boorgat tijdens de trekoperatie

Spanningen σ_a tijdens verschillende stadia [N/mm ²]	T_{tot} [N]	σ_t [N/mm ²]	σ_b [N/mm ²]	σ_a [N/mm ²]
Starten met trekken	7.456	2,37	-	2,37
Na 1 ^e deel intrekken	9.569	3,05	0,79	3,56
Na 2 ^e deel intrekken	20.029	6,38	-	6,38
Na 3 ^e deel intrekken	23.247	7,40	0,79	7,92
Na 4 ^e deel intrekken	24.846	7,91	-	7,91

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

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

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

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

Leiding is drukloos:

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

6.2 Berekening reroundingfactor f_{rr}

Leiding is drukloos:

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

6.3 Berekening van de neutrale grondbelasting Q_n

Locatie	Dekking t.o.v. maaiveld [m]	G.W.S. t.o.v. maaiveld [m]	Grond- soort	q_{droog} [kN/m ²]	q_{nat} [kN/m ²]	q_{totaal} [kN/m ²]	Q_n [N/mm ¹]
1e rechte deel	9,48	1,00	Zand	18,98	165,57	184,55	10,97
Neergaande bocht	13,01	1,00	Klei	19,12	239,78	258,90	15,27
2e rechte deel	12,83	1,00	Klei	19,12	236,19	255,30	15,07
Opgaande bocht	12,64	1,00	Klei	19,12	232,39	251,51	14,86
3e rechte deel	9,02	1,00	Zand	18,98	156,59	175,57	10,49

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

6.4 Berekening van de verkeersbelasting Q_v

Locatie	Dekking t.o.v. maaiveld [m]	Verkeers- belasting	q_v [kN/m ²]	Q_v [N/mm ¹]
1e rechte deel	9,48	Grafiek I	4,58	0,50
Neergaande bocht	13,01	Grafiek I	2,79	0,31
2e rechte deel	12,83	Grafiek I	2,86	0,31
Opgaande bocht	12,64	Grafiek I	2,93	0,32
3e rechte deel	9,02	Grafiek I	4,92	0,54

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

6.5 Momenten en spanningen t.g.v. bovenbelastingen

Locatie	Q_n [N/mm ¹]	Q_v [N/mm ¹]	Q_{boven} [N/mm ¹]	M_q [Nmm]	σ_q [N/mm ¹]
1e rechte deel	10,97	0,50	11,48	147,47	8,85
Neergaande bocht	15,27	0,31	15,57	200,14	12,01
2e rechte deel	15,07	0,31	15,38	197,70	11,86
Opgaande bocht	14,86	0,32	15,18	195,12	11,71
3e rechte deel	10,49	0,54	11,03	141,76	8,51

$$M_q = K_b \cdot (Q_n + Q_v) \cdot r_g = 0,257 \cdot (Q_n + Q_v) \cdot 50,00$$

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

KL Infra Engineering B.V.

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

Sigma 2012 3.0 ©

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

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

$$\sigma_{qr} = 0,179 \cdot 0,0013 \cdot 110,00 \cdot \frac{55,00}{16,67} = 0,08 \text{ N/mm}^2$$

6.6.2 Opgaande bocht

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

$$\sigma_{qr} = 0,179 \cdot 0,0013 \cdot 110,00 \cdot \frac{55,00}{16,67} = 0,08 \text{ N/mm}^2$$

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

Leiding is drukloos

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

7. Toetsing op minimale ringstijfheid S_N

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

$$S_N = 975 \cdot \frac{83,33}{100^3} = 0,08 \text{ N/mm}^2 = 81,25 \text{ kN/m}^2$$

 Minimaal vereiste ringstijfheid = 2 kN/m²
8. Toetsing op implosie: berekening van de alzijdige overdruk

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

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

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

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

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

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

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

Locatie	σ_q [N/mm ²]	σ_{qr} [N/mm ²]	α_σ [-]	σ_{y2} [N/mm ²]
1e rechte deel	8,85	-	0,65	5,75
Neergaande bocht	12,01	0,083	0,65	7,86
2e rechte deel	11,86	-	0,65	7,71
Opgaande bocht	11,71	0,083	0,65	7,66
3e rechte deel	8,51	-	0,65	5,53

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

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

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

9.2 Optredende spanningen in langsrichting van de leiding

Locatie	σ_{ax} [N/mm ²]	σ_b [N/mm ²]	α_{σ} [-]	σ_x [N/mm ²]
1e rechte deel	0,00	-	-	0,00
Neergaande bocht	0,00	0,79	0,65	0,52
2e rechte deel	0,00	-	-	0,00
Opgaande bocht	0,00	0,79	0,65	0,52
3e rechte deel	0,00	-	-	0,00

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

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

 Toelaatbare spanning: $\sigma_{td} = \bar{\sigma}_t = 8,00$ N/mm²
10. Berekening van de optredende en toelaatbare deflectie

Locatie	Q_n [N/mm ¹]	Q_v [N/mm ¹]	Q_r [N/mm ²]	δ_Y [mm]	δ_Y/D_g [%]
1e rechte deel	10,97	0,50	-	1,86	1,86
Neergaande bocht	15,27	0,31	0,0013	2,59	2,59
2e rechte deel	15,07	0,31	-	2,56	2,56
Opgaande bocht	14,86	0,32	0,0013	2,52	2,52
3e rechte deel	10,49	0,54	-	1,79	1,79

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

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

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

11. Berekening van de boorspoeldrukken tijdens de trekfase

Locatie	H [m]	σ_{vert} [kN/m ²]	σ_{hor} [kN/m ²]	σ_o' [kN/m ²]	p_f' [kN/m ²]	G [MN/m ²]
1e rechte deel	9,48	67,72	41,80	54,76	77,10	7,79
Neergaande bocht	13,01	93,87	56,78	75,32	106,21	10,74
2e rechte deel	12,83	92,70	56,07	74,38	104,90	10,74
Opgaande bocht	12,64	91,46	55,33	73,39	103,52	10,74
3e rechte deel	9,02	64,90	40,06	52,48	73,95	7,79

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

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

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

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

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

Locatie	Q [-]	$R_{p,max}$ [m]	u [N/mm ²]	p_{st} [N/mm ²]	Δ_p [N/mm ²]	p_{lim} [N/mm ²]
1e rechte deel	0,0029	2,36	0,0848	0,09567	0,00	0,49
Neergaande bocht	0,0029	6,51	0,1201	0,1355	0,01	0,69
2e rechte deel	0,0028	6,42	0,1183	0,1335	0,02	0,68
Opgaande bocht	0,0028	6,32	0,1164	0,1313	0,03	0,68
3e rechte deel	0,0028	2,41	0,0802	0,09048	0,03	0,47

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

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

$$u = \gamma_w \cdot H_n$$

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

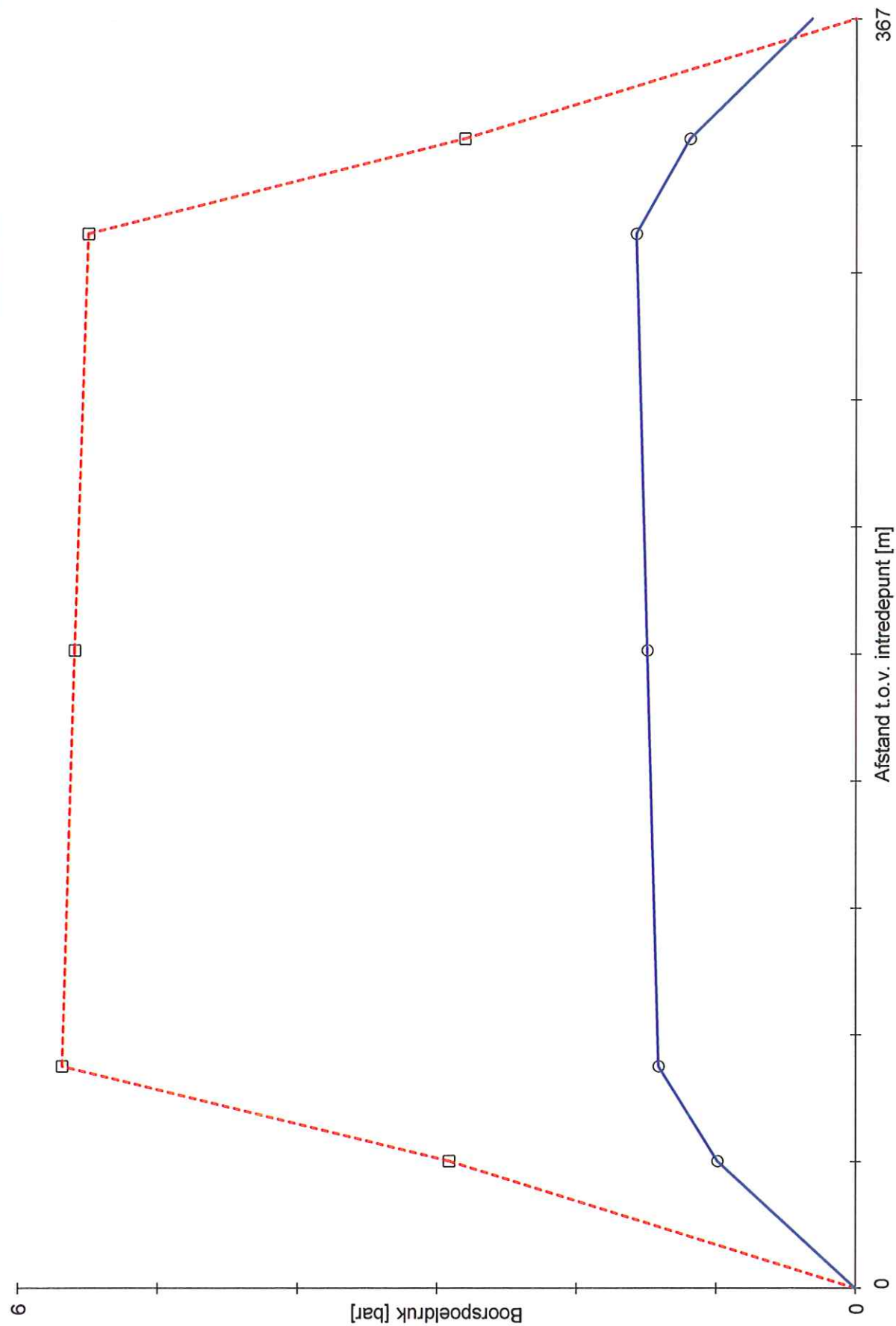
$$\Delta_p = 4 \cdot \frac{\tau_y}{D_g - D_b} \cdot L$$

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

Locatie	p_{max} [N/mm ²]	90% p_{lim} [N/mm ²]	p_{min} [N/mm ²]	p_{max} [bar]	90% p_{lim} [bar]	p_{min} [bar]
1e rechte deel	0,29	0,44	0,10	2,91	4,40	0,99
Neergaande bocht	0,57	0,62	0,14	5,68	6,20	1,41
2e rechte deel	0,56	0,61	0,15	5,60	6,14	1,49
Opgaande bocht	0,55	0,61	0,16	5,51	6,08	1,58
3e rechte deel	0,28	0,43	0,12	2,81	4,26	1,19

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

$$p_{min} = p_{st} + \Delta_p$$



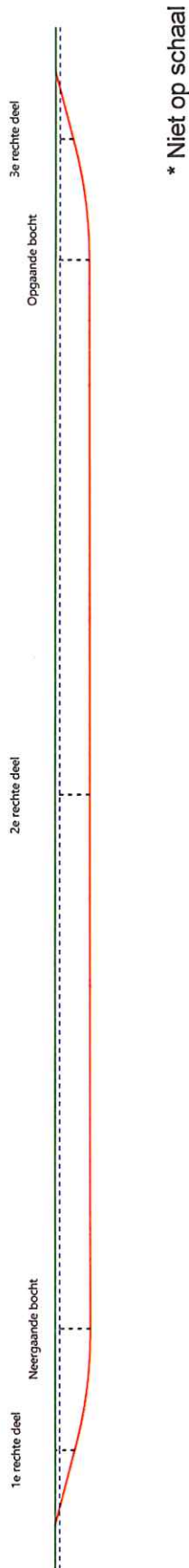
- - - □ Maximaal toelaatbare boorspoeldruk
— ○ Minimaal benodigde boorspoeldruk

Sterkteberekening van een horizontaal gestuurde boring conform NEN 3650/3651:2012		Sigma 2012 3.0 ©	
Algemene gegevens			
Naam van het project : Windpark Fryslan - boringen t.b.v. windparkbekabeling			
Projectonderdeel : HDD boring1 - Rijksweg A7 (t.h.v. KM 118.185) te Sneek - buis 250 HDPE			
Materiaalgegevens			
Materiaalsoort:	PE		
Kwaliteit:	PE 100 SDR 11		
Lange-duur treksterkte	MRS = 10		N/mm ²
Materiaalfactor	$\gamma_M = 1,25$		-
Toelaatbare langeduur spanning	$\bar{\sigma}_t = 8,00$		N/mm ²
Elasticiteitsmodulus korte duur	E = 975		N/mm ²
Elasticiteitsmodulus lange duur	E' = 350		N/mm ²
Lineaire uitzettingscoëfficiënt	$\alpha_g = 16,0 \cdot 10^{-5}$		mm/(mm·K)
Alfa Tangentiëel / Alfa Axiaal	$\alpha_\sigma = 0,65$		-
Soortelijk gewicht buis	$\rho_L = 9,55$		kN/m ³
Toelaatbare deflectie	$\delta = 8$		%
Leidinggegevens			
Uitwendige middellijn	$D_e = 250,00$		mm
Wanddikte	$d_n = 22,8$		mm
Procesgegevens			
Soort leiding (Vloeistof / Gas / Drukloos)			= Drukloos
Uitvoeringsaspecten, tracé boring, in- en uittredehoeken, onzekerheids- en wrijvingsfactoren			
Percentage omtrek in aanraking met bentoniet		= 100	%
Soortelijk gewicht boorvloeistof	$\rho_m = 11,5$		kN/m ³
Zwichtspanning boorvloeistof	$\tau_y = 15$		Pa
Leiding wordt niet verzwaard t.p.v. rollenbaan			
Leiding wordt niet verzwaard t.p.v. boorgang			
Diameter ruimer ivm boorspoeldruk	$D_g = 800$		mm
Diameter boorstang	$D_b = 102$		mm
Totale lengte	L = 327,28		m
Lengte 1e rechte deel	$L_1 = 17,39$		m
Lengte neergaande bocht	$L_2 = 27,49$		m
Lengte 2e rechte deel	$L_3 = 239,45$		m
Lengte opgaande bocht	$L_4 = 27,49$		m
Lengte 3e rechte deel	$L_5 = 15,46$		m
Straal maaiveld/rollenbaan	$R_r = 105,00$		m
Straal neergaande bocht	$R_1 = 105,00$		m
Straal opgaande bocht	$R_2 = 105,00$		m
Intrede-hoek (bij boorstelling)	$\alpha_1 = 15,00 / 26,79$		° / %
Uittrede-hoek (bij rollenbaan)	$\alpha_2 = 15,00 / 26,79$		° / %
Belastinghoek	$\alpha = 30$		°
Ondersteuningshoek	$\beta = 30$		°
Horizontale steundrukhoek	$\gamma = 120$		°
Geen grondmechanisch onderzoek uitgevoerd	$\gamma = 1,1$		
Totaalfactor bij boring met bundels	f = 1,8		
Belastingfactor	$f_{k,b} = 1,1$		
Belastingfactor	$f_{k,o} = 1,4$		
Wrijvingscoëff. zonder rollenbaan	$f_1 = 0,3$		
Wrijving tussen leiding/boorvloeistof	$f_2 = 0,00005$		N/mm ²
Wrijving tussen leiding/boorgangwand	$f_3 = 0,2$		
		25-02-2017 11:38:43	

Grondmechanische gegevens en verkeersbelasting

Locatie	Afstand t.o.v. intredepunt [m]	Dekking t.o.v. maaiveld [m]	G.W.S. t.o.v. maaiveld [m]	Grond- soort	Volumiek gewicht droge grond [kN/m ³]	Volumiek gewicht natte grond [kN/m ³]	Wrijvings- hoek grond [°]
1e rechte deel	17,39	4,47	1,00	Klei	17,00	17,00	17,50
Neergaande bocht	44,88	8,01	1,00	Zand	17,25	17,75	22,50
2e rechte deel	164,605	7,83	1,00	Zand	17,25	17,75	22,50
Opgaande bocht	284,33	7,64	1,00	Zand	17,25	17,75	22,50
3e rechte deel	311,82	4,02	1,00	Klei	17,00	17,00	17,50

Locatie	Gereduceerde grondbelasting	Gemiddelde verticale beddingsconstante [N/mm ²]	Effectieve cohesie [kN/m ²]	E-modulus ondergrond [MN/m ²]	Verkeersbelasting
1e rechte deel	Geen	-	2,00	2,00	Grafiek I
Neergaande bocht	Geen	0,0220	1,50	20,25	Grafiek I
2e rechte deel	Geen	-	1,50	20,25	Grafiek I
Opgaande bocht	Geen	0,0220	1,50	20,25	Grafiek I
3e rechte deel	Geen	-	2,00	2,00	Grafiek I



Sterkteberekening van een horizontaal gestuurde boring conform NEN 3650/3651:2012		Sigma 2012 3.0 ©		
2. Eigenschappen van de leiding				
Inwendige middellijn	$D_i = D_e - 2 \cdot d_n$	= 204,40	mm	
Gemiddelde middellijn	$D_g = (D_e + D_i)/2$	= 227,20	mm	
Uitwendige middellijn+bekleding	$D_o = D_e + 2 \cdot e$	= 250,00	mm	
Uitwendige straal	$r_e = D_e / 2$	= 125,00	mm	
Inwendige straal	$r_i = D_i / 2$	= 102,20	mm	
Gemiddelde straal	$r_g = (r_e + r_i) / 2$	= 113,60	mm	
Traagheidsmoment buis	$I_b = (D_e^4 - D_i^4) \cdot \pi / 64$	= 106.064.835,12	mm ⁴	
Weerstandsmoment buis	$W_b = I_b / r_e$	= 848.518,68	mm ³	
Wandtraagheidsmoment	$I_w = d_n^3 / 12$	= 987,70	mm ⁴ /mm ¹	
Wandweerstandsmoment	$W_w = d_n^2 / 6$	= 86,64	mm ³ /mm ¹	
Oppervlakte leiding	$A = \pi \cdot (D_e^2 - D_i^2) / 4$	= 16.273,95	mm ²	
Gewicht leiding	$g = \rho_L \cdot A$	= 0,1554	N/mm ¹	
3. Berekening van het gewicht van de leiding tijdens het intrekken van de leiding				
	<i>Leiding op rollenbaar/maaiveld</i>		<i>Leiding in boorgat</i>	
Gewicht mediumleiding	$g = 0,1554$	N/mm ¹	$g = 0,1554$	N/mm ¹
Gewicht vulling	$g_{vul} = \text{N.v.t.}$	+	$g_{vul} = \text{N.v.t.}$	+
Totaal gewicht	$g_{rol} = 0,1554$	N/mm ¹	$g_{gat} = 0,1554$	N/mm ¹
4. Berekening van de trekkrachten en spanningen bovengronds				
<i>4.1 Berekening van de benodigde trekkrachten op rollenbaar/maaiveld</i>				
Trekkracht T_1 tijdens verschillende stadia [N]	L [m]	T_1 [N]		
Starten met trekken	327,28	27.467		
Na 1 ^e deel intrekken	311,82	26.169		
Na 2 ^e deel intrekken	284,33	23.862		
Na 3 ^e deel intrekken	44,88	3.767		
Na 4 ^e deel intrekken	17,39	1.459		
$T_1 = f \cdot L \cdot g_{rol} \cdot f_1 = 1,8 \cdot L \cdot 0,1554 \cdot 0,3$				
<i>4.2 Berekening van de optredende spanningen t.g.v. de trekkrachten op rollenbaar/maaiveld</i>				
Spanningen σ_t tijdens verschillende stadia [N/mm ²]	T_1 [N]	σ_t [N/mm ²]		
Starten met trekken	27.467	1,69		
Na 1 ^e deel intrekken	26.169	1,61		
Na 2 ^e deel intrekken	23.862	1,47		
Na 3 ^e deel intrekken	3.767	0,23		
Na 4 ^e deel intrekken	1.459	0,09		
$\sigma_t = \frac{T_1}{A} = \frac{T_1}{16.273,95}$				
		25-02-2017 11:38:44		

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

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

$$M_b = 1,1 \cdot 975 \cdot \frac{106.064.835}{105.000} = 1.083.376,53 \text{ Nmm}$$

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

$$\sigma_b = \frac{1.083.376,53}{848.519} = 1,28 \text{ N/mm}^2$$

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	1,69	2,52
Na 1 ^e deel intrekken	1,61	2,44
Na 2 ^e deel intrekken	1,47	2,30
Na 3 ^e deel intrekken	0,23	1,06
Na 4 ^e deel intrekken	0,09	0,92

$$\sigma_a = \alpha_{\sigma} \cdot \sigma_b + \sigma_t = 0,65 \cdot 1,28 + \sigma_t$$

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

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

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

100% van de omtrek van de leiding komt in aanraking met bentoniet. Hieruit volgt: $D_{e,omtrek} = 785,40 \text{ mm}^1$

Gewicht van de leiding (+vulling) in het boorgat $g_{gat} = 0,155 \text{ N/mm}^1$

Gelet op het gewicht van de boorvloeistof: $g_{opw} = \rho_m \cdot D_o^2 \cdot \pi/4 = 11,5 \cdot 250,00^2 \cdot \pi/4 = 0,565 \text{ N/mm}^1$

Gelet hierop is $g_{eff} = |g_{gat} - g_{opw}| = 0,409 \text{ N/mm}^1$

Trekkracht T_2 en T_{3a} tijdens verschillende stadia [N]	L [m]	T_2 [N]	T_{3a} [N]
1 ^e deel intrekken	15,46	3.370	-
2 ^e deel intrekken	42,95	-	9.361
3 ^e deel intrekken	282,40	61.551	-
4 ^e deel intrekken	309,89	-	67.543
Geheel ingetrokken	327,28	71.333	-

Rechte delen: $T_2 = f \cdot L \cdot (D_{e,omtr} \cdot f_2 + g_{eff} \cdot f_3) = 1,8 \cdot L \cdot (785,40 \cdot 0,00005 + 0,409 \cdot 0,2)$

Gebogen delen: $T_{3a} = f \cdot L_B \cdot (D_{e,omtr} \cdot f_2 + g_{eff} \cdot f_3) = 1,8 \cdot L \cdot (785,40 \cdot 0,00005 + 0,409 \cdot 0,2)$

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

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

$$\lambda = \sqrt[4]{\frac{250,00 \cdot 0,0220}{4 \cdot 975 \cdot 106.064.835,12}} = 0,0019 \text{ mm}^{-1}$$

$$Q_{r1} = \frac{0,322 \cdot \lambda^2 \cdot E \cdot I_b}{D_o \cdot 0,9 \cdot R}$$

$$Q_{r1} = \frac{0,322 \cdot 0,0019^2 \cdot 975 \cdot 106.064.835,12}{250,00 \cdot 0,9 \cdot 105.000} = 0,0051 \text{ N/mm}^2$$

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

$$T_{3b} = 1,8 \cdot 4 \cdot \frac{0,0051}{2} \cdot 250,00 \cdot \frac{\pi}{0,0019} \cdot 0,2 = 1.522,00 \text{ N}$$

KL Infra Engineering B.V.

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

Sigma 2012 3.0 ©

5.3.2 Opgaande bocht

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

$$\lambda = \sqrt[4]{\frac{250,00 \cdot 0,0220}{4 \cdot 975 \cdot 106.064.835,12}} = 0,0019 \text{ mm}^{-1}$$

$$Q_{r2} = \frac{0,322 \cdot \lambda^2 \cdot E \cdot I_b}{D_o \cdot 0,9 \cdot R}$$

$$Q_{r2} = \frac{0,322 \cdot 0,0019^2 \cdot 975 \cdot 106.064.835,12}{250,00 \cdot 0,9 \cdot 105.000} = 0,0051 \text{ N/mm}^2$$

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

$$T_{3b} = 1,8 \cdot 4 \cdot \frac{0,0051}{2} \cdot 250,00 \cdot \frac{\pi}{0,0019} \cdot 0,2 = \mathbf{1.522,00 \text{ N}}$$

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

Trekkraft T_{bocht} tijdens verschillende stadia [N]	T_1 [N]	T_{3a} [N]	$T_{3b,neer}$ [N]	$T_{3b,op}$ [N]	T_{bocht} [N]
Neergaande bocht	23.862	9.361	1.522	-	34.746
Opgaande bocht	1.459	67.543	1.522	1.522	72.046

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

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

Trekkraft T_{3c} tijdens verschillende stadia [N]	α [°]	T_{bocht} [N]	T_{3c} [N]
Neergaande bocht	7,50	34.746	3.265
Opgaande bocht	7,50	72.046	6.771

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

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

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

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

5.5 Totalisatie van de trekkrachten in fase II

Trekkraft T_{tot} tijdens verschillende stadia [N]	T_1 [N]	T_2 / T_{3a} [N]	$T_{3b,neer}$ [N]	$T_{3c,neer}$ [N]	$T_{3b,op}$ [N]	$T_{3c,op}$ [N]	T_{tot} [N]
1 ^e deel intrekken	26.169	3.370	-	-	-	-	29.539
2 ^e deel intrekken	23.862	9.361	1.522	3.265	-	-	38.011
3 ^e deel intrekken	3.767	61.551	1.522	3.265	-	-	70.105
4 ^e deel intrekken	1.459	67.543	1.522	3.265	1.522	6.771	82.083
Geheel intrekken	0	71.333	1.522	3.265	1.522	6.771	84.413

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

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

Spanningen σ_t tijdens verschillende stadia [N/mm ²]	T_{tot} [N]	σ_t [N/mm ²]
1 ^e deel intrekken	29.539	1,82
2 ^e deel intrekken	38.011	2,34
3 ^e deel intrekken	70.105	4,31
4 ^e deel intrekken	82.083	5,04
Geheel intrekken	84.413	5,19

$$\sigma_t = \frac{T_{tot}}{A} = \frac{T_{tot}}{16.273,95}$$

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

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

$$M_b = 1,4 \cdot 975 \cdot \frac{106.064.835,12}{0,9 \cdot 105.000} = 1.532.047,62 \text{ Nmm}$$

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

$$\sigma_b = \frac{1.532.047,62}{848.518,68} = \mathbf{1,81 \text{ N/mm}^2}$$

5.7.2 Opgaande bocht

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

$$M_b = 1,4 \cdot 975 \cdot \frac{106.064.835,12}{0,9 \cdot 105.000} = 1.532.047,62 \text{ Nmm}$$

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

$$\sigma_b = \frac{1.532.047,62}{848.518,68} = \mathbf{1,81 \text{ N/mm}^2}$$

5.8 Totalisatie van de spanningen in het boorgat tijdens de trekoperatie

Spanningen σ_a tijdens verschillende stadia [N/mm ²]	T_{tot} [N]	σ_t [N/mm ²]	σ_b [N/mm ²]	σ_a [N/mm ²]
Starten met trekken	29.539	1,82	-	1,82
Na 1 ^e deel intrekken	38.011	2,34	1,81	3,51
Na 2 ^e deel intrekken	70.105	4,31	-	4,31
Na 3 ^e deel intrekken	82.083	5,04	1,81	6,22
Na 4 ^e deel intrekken	84.413	5,19	-	5,19

$$\text{Rechte delen: } \sigma_a = \frac{T_{tot}}{A} = \frac{T_{tot}}{16.273,95} = \sigma_t$$

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

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

KL Infra Engineering B.V.

 Sterkteberekening van een horizontaal gestuurde boring conform NEN 3650/3651:2012 Sigma 2012 3.0 ©
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]	Grond- soort	q_{droog} [kN/m ²]	q_{nat} [kN/m ²]	q_{totaal} [kN/m ²]	Q_n [N/mm ¹]
1e rechte deel	4,47	1,00	Klei	18,70	64,89	83,59	12,22
Neergaande bocht	8,01	1,00	Zand	18,98	136,87	155,85	21,44
2e rechte deel	7,83	1,00	Zand	18,98	133,36	152,33	21,01
Opgaande bocht	7,64	1,00	Zand	18,98	129,65	148,62	20,56
3e rechte deel	4,02	1,00	Klei	18,70	56,47	75,17	11,24

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

6.4 Berekening van de verkeersbelasting Q_v

Locatie	Dekking t.o.v. maaiveld [m]	Verkeers- belasting	q_v [kN/m ²]	Q_v [N/mm ¹]
1e rechte deel	4,47	Grafiek I	11,46	2,87
Neergaande bocht	8,01	Grafiek I	5,81	1,45
2e rechte deel	7,83	Grafiek I	5,98	1,50
Opgaande bocht	7,64	Grafiek I	6,18	1,55
3e rechte deel	4,02	Grafiek I	12,76	3,19

$$Q_v = q_v \cdot D_o = q_v \cdot 250$$

6.5 Momenten en spanningen t.g.v. bovenbelastingen

Locatie	Q_n [N/mm ¹]	Q_v [N/mm ¹]	Q_{boven} [N/mm ¹]	M_q [Nmm]	σ_q [N/mm ¹]
1e rechte deel	12,22	2,87	15,09	440,49	5,08
Neergaande bocht	21,44	1,45	22,89	668,21	7,71
2e rechte deel	21,01	1,50	22,50	657,00	7,58
Opgaande bocht	20,56	1,55	22,10	645,24	7,45
3e rechte deel	11,24	3,19	14,43	421,41	4,86

$$M_q = K_p \cdot (Q_n + Q_v) \cdot r_g = 0,257 \cdot (Q_n + Q_v) \cdot 113,60$$

$$\sigma_q = f_{rr} \cdot \frac{M_q}{W_w} = 1,00 \cdot \frac{M_q}{86,64}$$

6.6 Optredende spanning σ_{qr} t.g.v. grondreactie in de bochten
6.6.1 Neergaande bocht

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

$$\sigma_{qr} = 0,179 \cdot 0,0051 \cdot 250,00 \cdot \frac{125,00}{86,64} = \mathbf{0,33 \text{ N/mm}^2}$$

6.6.2 Opgaande bocht

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

$$\sigma_{qr} = 0,179 \cdot 0,0051 \cdot 250,00 \cdot \frac{125,00}{86,64} = \mathbf{0,33 \text{ N/mm}^2}$$

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

Leiding is drukloos

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

7. Toetsing op minimale ringstijfheid S_N

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

$$S_N = 975 \cdot \frac{987,70}{227,2^3} = 0,08 \text{ N/mm}^2 = \mathbf{82,11 \text{ kN/m}^2}$$

 Minimaal vereiste ringstijfheid = **2 kN/m²**
8. Toetsing op implosie: berekening van de alzijdige overdruk

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

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

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

$$p_{o,kort} = \frac{1}{1,5 \cdot (1 - 0,4^2)} \cdot \frac{24 \cdot 975,00 \cdot 987,70}{227,20^3} = 1,56 \text{ N/mm}^2$$

$$p_{o,lang} = \frac{1}{3 \cdot (1 - 0,4^2)} \cdot \frac{24 \cdot 350,00 \cdot 987,70}{227,20^3} = 0,28 \text{ N/mm}^2$$

 Conclusie: Kans op implosie bij **28,07 m** grondwater boven de leiding

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

Locatie	σ_q [N/mm ²]	σ_{qr} [N/mm ²]	α_σ [-]	σ_{y2} [N/mm ²]
1e rechte deel	5,08	-	0,65	3,30
Neergaande bocht	7,71	0,33	0,65	5,23
2e rechte deel	7,58	-	0,65	4,93
Opgaande bocht	7,45	0,33	0,65	5,06
3e rechte deel	4,86	-	0,65	3,16

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

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

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

9.2 Optredende spanningen in langsrichting van de leiding

Locatie	σ_{ax} [N/mm ²]	σ_b [N/mm ²]	α_{σ} [-]	σ_x [N/mm ²]
1e rechte deel	0,00	-	-	0,00
Neergaande bocht	0,00	1,81	0,65	1,17
2e rechte deel	0,00	-	-	0,00
Opgaande bocht	0,00	1,81	0,65	1,17
3e rechte deel	0,00	-	-	0,00

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

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

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

10. Berekening van de optredende en toelaatbare deflectie

Locatie	Q_n [N/mm ¹]	Q_v [N/mm ¹]	Q_r [N/mm ²]	δ_Y [mm]	δ_Y/D_g [%]
1e rechte deel	12,22	2,87	-	1,98	0,87
Neergaande bocht	21,44	1,45	0,0051	3,67	1,61
2e rechte deel	21,01	1,50	-	3,60	1,59
Opgaande bocht	20,56	1,55	0,0051	3,54	1,56
3e rechte deel	11,24	3,19	-	1,90	0,83

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

$$\delta_Y = \frac{(0,089 \cdot (Q_n + Q_v) - 0,083 \cdot (1 - \sin \varphi) \cdot (Q_n + Q_v) + 0,048 \cdot Q_r) \cdot 113,60^3}{350 \cdot 987,70}$$

 Toelaatbare deflectie = 8% · D_g = 0,08 · 227,20 = **18,18** mm

11. Berekening van de boorspoeldrukken tijdens de trekfase

Locatie	H [m]	σ_{vert} [kN/m ²]	σ_{hor} [kN/m ²]	σ_o' [kN/m ²]	p_f' [kN/m ²]	G [MN/m ²]
1e rechte deel	4,47	34,38	24,04	29,21	39,90	0,71
Neergaande bocht	8,01	58,70	36,24	47,47	67,02	7,79
2e rechte deel	7,83	57,59	35,55	46,57	65,78	7,79
Opgaande bocht	7,64	56,43	34,83	45,63	64,48	7,79
3e rechte deel	4,02	31,93	22,33	27,13	37,19	0,71

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

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

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

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

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

Locatie	Q [-]	$R_{p,max}$ [m]	u [N/mm ²]	p_{st} [N/mm ²]	Δ_p [N/mm ²]	p_{lim} [N/mm ²]
1e rechte deel	0,015	2,24	0,0347	0,03915	0,00	0,15
Neergaande bocht	0,0025	2,52	0,0701	0,07908	0,00	0,44
2e rechte deel	0,0025	2,55	0,0683	0,07705	0,01	0,43
Opgaande bocht	0,0024	2,57	0,0664	0,07491	0,02	0,42
3e rechte deel	0,014	2,01	0,0302	0,03407	0,03	0,14

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

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

$$u = \gamma_w \cdot H_n$$

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

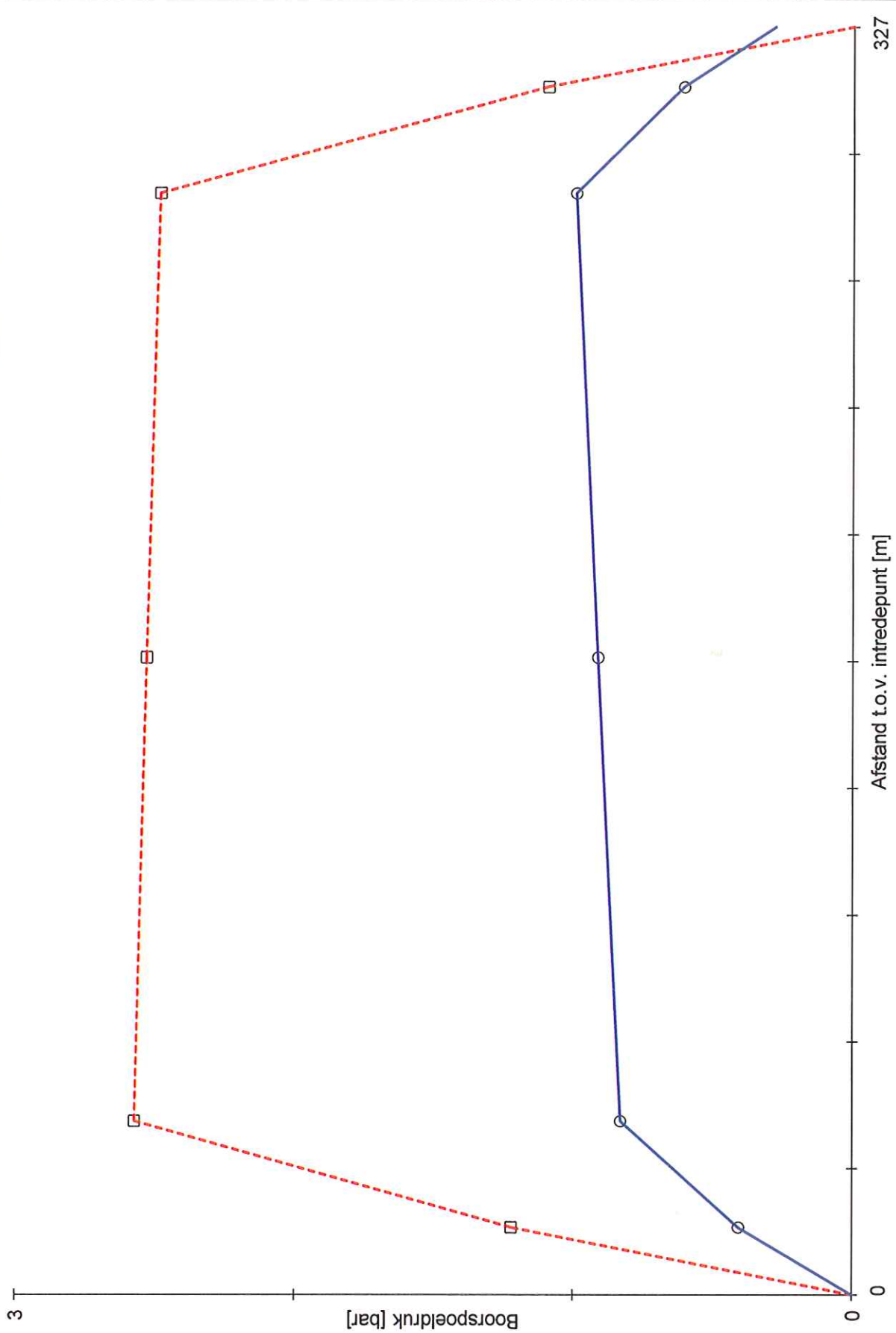
$$\Delta_p = 4 \cdot \frac{\tau_y}{D_g - D_b} \cdot L$$

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

Locatie	p_{max} [N/mm ²]	90% p_{lim} [N/mm ²]	p_{min} [N/mm ²]	p_{max} [bar]	90% p_{lim} [bar]	p_{min} [bar]
1e rechte deel	0,12	0,14	0,04	1,22	1,35	0,41
Neergaande bocht	0,26	0,39	0,08	2,57	3,93	0,83
2e rechte deel	0,25	0,39	0,09	2,53	3,87	0,91
Opgaande bocht	0,25	0,38	0,10	2,49	3,81	0,99
3e rechte deel	0,11	0,13	0,06	1,09	1,26	0,61

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

$$p_{min} = p_{st} + \Delta_p$$



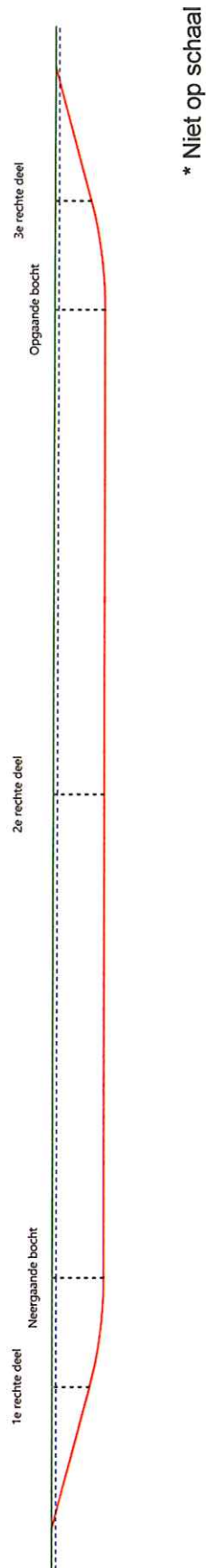
- - - □ Maximaal toelaatbare boorspoeldruk
— ○ Minimaal benodigde boorspoeldruk

Sterkteberekening van een horizontaal gestuurde boring conform NEN 3650/3651:2012		Sigma 2012 3.0 ©	
Algemene gegevens			
Naam van het project : Windpark Fryslan - boringen t.b.v. windparkbekabeling			
Projectonderdeel : HDD boring 2 - Rijksweg A7 (t.h.v. KM 118.185) te Sneek - buis 250 HDPE			
Materiaalgegevens			
Materiaalsoort:	PE		
Kwaliteit:	PE 100 SDR 11		
Lange-duur treksterkte	MRS = 10		N/mm ²
Materiaalfactor	$\gamma_M = 1,25$		-
Toelaatbare langeduur spanning	$\bar{\sigma}_t = 8,00$		N/mm ²
Elasticiteitsmodulus korte duur	E = 975		N/mm ²
Elasticiteitsmodulus lange duur	E' = 350		N/mm ²
Lineaire uitzettingscoëfficiënt	$\alpha_g = 16,0 \cdot 10^{-5}$		mm/(mm·K)
Alfa Tangentiëel / Alfa Axiaal	$\alpha_\sigma = 0,65$		-
Soortelijk gewicht buis	$\rho_L = 9,55$		kN/m ³
Toelaatbare deflectie	$\delta = 8$		%
Leidinggegevens			
Uitwendige middellijn	$D_e = 250,00$		mm
Wanddikte	$d_n = 22,8$		mm
Procesgegevens			
Soort leiding (Vloeistof / Gas / Drukloos)		= Drukloos	
Uitvoeringsaspecten, tracé boring, in- en uittredehoeken, onzekerheids- en wrijvingsfactoren			
Percentage omtrek in aanraking met bentoniet		= 100	%
Soortelijk gewicht boorvloeistof	$\rho_m = 11,5$		kN/m ³
Zwichtspanning boorvloeistof	$\tau_y = 15$		Pa
Leiding wordt niet verzwaard t.p.v. rollenbaan			
Leiding wordt niet verzwaard t.p.v. boorgang			
Diameter ruimer ivm boorspoeldruk	$D_g = 800$		mm
Diameter boorstang	$D_b = 102$		mm
Totale lengte	L = 367,23		m
Lengte 1e rechte deel	$L_1 = 36,82$		m
Lengte neergaande bocht	$L_2 = 27,49$		m
Lengte 2e rechte deel	$L_3 = 240,76$		m
Lengte opgaande bocht	$L_4 = 27,49$		m
Lengte 3e rechte deel	$L_5 = 34,67$		m
Straal maaiveld/rollenbaan	$R_r = 105,00$		m
Straal neergaande bocht	$R_1 = 105,00$		m
Straal opgaande bocht	$R_2 = 105,00$		m
Intrede-hoek (bij boorstelling)	$\alpha_1 = 15,00 / 26,79$		° / %
Uittrede-hoek (bij rollenbaan)	$\alpha_2 = 15,00 / 26,79$		° / %
Belastinghoek	$\alpha = 30$		°
Ondersteuningshoek	$\beta = 30$		°
Horizontale steundrukhoek	$\gamma = 120$		°
Geen grondmechanisch onderzoek uitgevoerd			
Totaalfactor bij boring met bundels	f = 1,8		
Belastingfactor	$f_{k,b} = 1,1$		
Belastingfactor	$f_{k,o} = 1,4$		
Wrijvingscoëff. zonder rollenbaan	$f_1 = 0,3$		
Wrijving tussen leiding/boorvloeistof	$f_2 = 0,00005$		N/mm ²
Wrijving tussen leiding/boorgangwand	$f_3 = 0,2$		
		25-02-2017 11:36:12	

Grondmechanische gegevens en verkeersbelasting

Locatie	Afstand t.o.v. intredepunt [m]	Dekking t.o.v. maaiveld [m]	G.W.S. t.o.v. maaiveld [m]	Grond- soort	Volumiek gewicht droge grond [kN/m ³]	Volumiek gewicht natte grond [kN/m ³]	Wrijvings- hoek grond [°]
1e rechte deel	36,82	9,48	1,00	Zand	17,25	17,75	22,50
Neergaande bocht	64,31	13,01	1,00	Klei	17,38	18,15	23,27
2e rechte deel	184,69	12,83	1,00	Klei	17,38	18,15	23,27
Opgaande bocht	305,07	12,64	1,00	Klei	17,38	18,15	23,27
3e rechte deel	332,56	9,02	1,00	Zand	17,25	17,75	22,50

Locatie	Gereduceerde grondbelasting	Gemiddelde verticale beddingsconstante [N/mm ²]	Effectieve cohesie [kN/m ²]	E-modulus ondergrond [MN/m ²]	Verkeersbelasting
1e rechte deel	Geen	-	1,50	20,25	Grafiek I
Neergaande bocht	Geen	0,0160	1,23	30,08	Grafiek I
2e rechte deel	Geen	-	1,23	30,08	Grafiek I
Opgaande bocht	Geen	0,0160	1,23	30,08	Grafiek I
3e rechte deel	Geen	-	1,50	20,25	Grafiek I



Sterkteberekening van een horizontaal gestuurde boring conform NEN 3650/3651:2012		Sigma 2012 3.0 ©		
2. Eigenschappen van de leiding				
Inwendige middellijn	$D_i = D_e - 2 \cdot d_n$	= 204,40	mm	
Gemiddelde middellijn	$D_g = (D_e + D_i)/2$	= 227,20	mm	
Uitwendige middellijn+bekleding	$D_o = D_e + 2 \cdot e$	= 250,00	mm	
Uitwendige straal	$r_e = D_e / 2$	= 125,00	mm	
Inwendige straal	$r_i = D_i / 2$	= 102,20	mm	
Gemiddelde straal	$r_g = (r_e + r_i) / 2$	= 113,60	mm	
Traagheidsmoment buis	$I_b = (D_e^4 - D_i^4) \cdot \pi / 64$	= 106.064.835,12	mm ⁴	
Weerstandsmoment buis	$W_b = I_b / r_e$	= 848.518,68	mm ³	
Wandtraagheidsmoment	$I_w = d_n^3 / 12$	= 987,70	mm ⁴ /mm ¹	
Wandweerstandsmoment	$W_w = d_n^2 / 6$	= 86,64	mm ³ /mm ¹	
Oppervlakte leiding	$A = \pi \cdot (D_e^2 - D_i^2) / 4$	= 16.273,95	mm ²	
Gewicht leiding	$g = \rho_L \cdot A$	= 0,1554	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	$g = 0,1554$	N/mm ¹	$g = 0,1554$	N/mm ¹
Gewicht vulling	$g_{vul} = \text{N.v.t.}$	+	$g_{vul} = \text{N.v.t.}$	+
Totaal gewicht	$g_{rol} = 0,1554$	N/mm ¹	$g_{gat} = 0,1554$	N/mm ¹
4. Berekening van de trekkrachten en spanningen bovengronds				
<i>4.1 Berekening van de benodigde trekkrachten op rollenbaan/maaiveld</i>				
Trekkracht T_1 tijdens verschillende stadia [N]	L [m]	T_1 [N]		
Starten met trekken	367,23	30.820		
Na 1 ^e deel intrekken	332,56	27.910		
Na 2 ^e deel intrekken	305,07	25.603		
Na 3 ^e deel intrekken	64,31	5.397		
Na 4 ^e deel intrekken	36,82	3.090		
$T_1 = f \cdot L \cdot g_{rol} \cdot f_1 = 1,8 \cdot L \cdot 0,1554 \cdot 0,3$				
<i>4.2 Berekening van de optredende spanningen t.g.v. de trekkrachten op rollenbaan/maaiveld</i>				
Spanningen σ_t tijdens verschillende stadia [N/mm ²]	T_1 [N]	σ_t [N/mm ²]		
Starten met trekken	30.820	1,89		
Na 1 ^e deel intrekken	27.910	1,72		
Na 2 ^e deel intrekken	25.603	1,57		
Na 3 ^e deel intrekken	5.397	0,33		
Na 4 ^e deel intrekken	3.090	0,19		
$\sigma_t = \frac{T_1}{A} = \frac{T_1}{16.273,95}$				
			25-02-2017 11:36:12	

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

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

$$M_b = 1,1 \cdot 975 \cdot \frac{106.064.835}{105.000} = 1.083.376,53 \text{ Nmm}$$

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

$$\sigma_b = \frac{1.083.376,53}{848.519} = 1,28 \text{ N/mm}^2$$

4.4 Totalisatie van de optredende spanningen op rollenbaar/maaiveld

Spanningen σ_a tijdens verschillende stadia [N/mm ²]	σ_t [N/mm ²]	σ_a [N/mm ²]
Starten met trekken	1,89	2,72
Na 1 ^e deel intrekken	1,72	2,54
Na 2 ^e deel intrekken	1,57	2,40
Na 3 ^e deel intrekken	0,33	1,16
Na 4 ^e deel intrekken	0,19	1,02

$$\sigma_a = \alpha_\sigma \cdot \sigma_b + \sigma_t = 0,65 \cdot 1,28 + \sigma_t$$

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

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

Tijdens het intrekken van de leiding in het boorgat treedt er wrijving op tussen de leiding en boorvloeistof. 100% van de omtrek van de leiding komt in aanraking met bentoniet. Hieruit volgt: $D_{e,omtrek} = 785,40 \text{ mm}^1$

Gewicht van de leiding (+vulling) in het boorgat $g_{gat} = 0,155 \text{ N/mm}^1$

Gelet op het gewicht van de boorvloeistof: $g_{opw} = \rho_m \cdot D_o^2 \cdot \pi/4 = 11,5 \cdot 250,00^2 \cdot \pi/4 = 0,565 \text{ N/mm}^1$

Gelet hierop is $g_{eff} = |g_{gat} - g_{opw}| = 0,409 \text{ N/mm}^1$

Trekkracht T_2 en T_{3a} tijdens verschillende stadia [N]	L [m]	T_2 [N]	T_{3a} [N]
1 ^e deel intrekken	34,67	7.557	-
2 ^e deel intrekken	62,16	-	13.548
3 ^e deel intrekken	302,92	66.024	-
4 ^e deel intrekken	330,41	-	72.015
Geheel ingetrokken	367,23	80.041	-

Rechte delen: $T_2 = f \cdot L \cdot (D_{e,omtr} \cdot f_2 + g_{eff} \cdot f_3) = 1,8 \cdot L \cdot (785,40 \cdot 0,00005 + 0,409 \cdot 0,2)$

Gebogen delen: $T_{3a} = f \cdot L_B \cdot (D_{e,omtr} \cdot f_2 + g_{eff} \cdot f_3) = 1,8 \cdot L \cdot (785,40 \cdot 0,00005 + 0,409 \cdot 0,2)$

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

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

$$\lambda = \sqrt[4]{\frac{250,00 \cdot 0,0160}{4 \cdot 975 \cdot 106.064.835,12}} = 0,0018 \text{ mm}^{-1}$$

$$Q_{r1} = \frac{0,322 \cdot \lambda^2 \cdot E \cdot I_b}{D_o \cdot 0,9 \cdot R}$$

$$Q_{r1} = \frac{0,322 \cdot 0,0018^2 \cdot 975 \cdot 106.064.835,12}{250,00 \cdot 0,9 \cdot 105.000} = 0,0044 \text{ N/mm}^2$$

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

$$T_{3b} = 1,8 \cdot 4 \cdot \frac{0,0044}{2} \cdot 250,00 \cdot \frac{\pi}{0,0018} \cdot 0,2 = 1.405,52 \text{ N}$$

KL Infra Engineering B.V.

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

Sigma 2012 3.0 ©

5.3.2 Opgaande bocht

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

$$\lambda = \sqrt[4]{\frac{250,00 \cdot 0,0160}{4 \cdot 975 \cdot 106.064.835,12}} = 0,0018 \text{ mm}^{-1}$$

$$Q_{r2} = \frac{0,322 \cdot \lambda^2 \cdot E \cdot I_b}{D_o \cdot 0,9 \cdot R}$$

$$Q_{r2} = \frac{0,322 \cdot 0,0018^2 \cdot 975 \cdot 106.064.835,12}{250,00 \cdot 0,9 \cdot 105.000} = 0,0044 \text{ N/mm}^2$$

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

$$T_{3b} = 1,8 \cdot 4 \cdot \frac{0,0044}{2} \cdot 250,00 \cdot \frac{\pi}{0,0018} \cdot 0,2 = \mathbf{1.405,52 \text{ N}}$$

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

Trekkraft T_{bocht} tijdens verschillende stadia [N]	T_1 [N]	T_{3a} [N]	$T_{3b,neer}$ [N]	$T_{3b,op}$ [N]	T_{bocht} [N]
Neergaande bocht	25.603	13.548	1.406	-	40.557
Opgaande bocht	3.090	72.015	1.406	1.406	77.917

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

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

Trekkraft T_{3c} tijdens verschillende stadia [N]	α [°]	T_{bocht} [N]	T_{3c} [N]
Neergaande bocht	7,50	40.557	3.811
Opgaande bocht	7,50	77.917	7.323

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

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

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

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

5.5 Totalisatie van de trekkrachten in fase II

Trekkraft T_{tot} tijdens verschillende stadia [N]	T_1 [N]	T_2 / T_{3a} [N]	$T_{3b,neer}$ [N]	$T_{3c,neer}$ [N]	$T_{3b,op}$ [N]	$T_{3c,op}$ [N]	T_{tot} [N]
1 ^e deel intrekken	27.910	7.557	-	-	-	-	35.467
2 ^e deel intrekken	25.603	13.548	1.406	3.811	-	-	44.368
3 ^e deel intrekken	5.397	66.024	1.406	3.811	-	-	76.638
4 ^e deel intrekken	3.090	72.015	1.406	3.811	1.406	7.323	89.051
Geheel intrekken	0	80.041	1.406	3.811	1.406	7.323	93.986

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

25-02-2017 11:36:12

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

Spanningen σ_t tijdens verschillende stadia [N/mm ²]	T_{tot} [N]	σ_t [N/mm ²]
1 ^e deel intrekken	35.467	2,18
2 ^e deel intrekken	44.368	2,73
3 ^e deel intrekken	76.638	4,71
4 ^e deel intrekken	89.051	5,47
Geheel intrekken	93.986	5,78

$$\sigma_t = \frac{T_{tot}}{A} = \frac{T_{tot}}{16.273,95}$$

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

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

$$M_b = 1,4 \cdot 975 \cdot \frac{106.064.835,12}{0,9 \cdot 105.000} = 1.532.047,62 \text{ Nmm}$$

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

$$\sigma_b = \frac{1.532.047,62}{848.518,68} = \mathbf{1,81 \text{ N/mm}^2}$$

5.7.2 Opgaande bocht

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

$$M_b = 1,4 \cdot 975 \cdot \frac{106.064.835,12}{0,9 \cdot 105.000} = 1.532.047,62 \text{ Nmm}$$

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

$$\sigma_b = \frac{1.532.047,62}{848.518,68} = \mathbf{1,81 \text{ N/mm}^2}$$

5.8 Totalisatie van de spanningen in het boorgat tijdens de trekoperatie

Spanningen σ_a tijdens verschillende stadia [N/mm ²]	T_{tot} [N]	σ_t [N/mm ²]	σ_b [N/mm ²]	σ_a [N/mm ²]
Starten met trekken	35.467	2,18	-	2,18
Na 1 ^e deel intrekken	44.368	2,73	1,81	3,90
Na 2 ^e deel intrekken	76.638	4,71	-	4,71
Na 3 ^e deel intrekken	89.051	5,47	1,81	6,65
Na 4 ^e deel intrekken	93.986	5,78	-	5,78

$$\text{Rechte delen: } \sigma_a = \frac{T_{tot}}{A} = \frac{T_{tot}}{16.273,95} = \sigma_t$$

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

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

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

Leiding is drukloos:

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

6.2 Berekening reroundingfactor f_{rr}

Leiding is drukloos:

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

6.3 Berekening van de neutrale grondbelasting Q_n

Locatie	Dekking t.o.v. maaiveld [m]	G.W.S. t.o.v. maaiveld [m]	Grond- soort	q_{droog} [kN/m ²]	q_{nat} [kN/m ²]	q_{totaal} [kN/m ²]	Q_n [N/mm ¹]
1e rechte deel	9,48	1,00	Zand	18,98	165,57	184,55	24,94
Neergaande bocht	13,01	1,00	Klei	19,12	239,78	258,90	34,70
2e rechte deel	12,83	1,00	Klei	19,12	236,19	255,30	34,25
Opgaande bocht	12,64	1,00	Klei	19,12	232,39	251,51	33,78
3e rechte deel	9,02	1,00	Zand	18,98	156,59	175,57	23,84

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

6.4 Berekening van de verkeersbelasting Q_v

Locatie	Dekking t.o.v. maaiveld [m]	Verkeers- belasting	q_v [kN/m ²]	Q_v [N/mm ¹]
1e rechte deel	9,48	Grafiek I	4,58	1,15
Neergaande bocht	13,01	Grafiek I	2,79	0,70
2e rechte deel	12,83	Grafiek I	2,86	0,71
Opgaande bocht	12,64	Grafiek I	2,93	0,73
3e rechte deel	9,02	Grafiek I	4,92	1,23

$$Q_v = q_v \cdot D_o = q_v \cdot 250$$

6.5 Momenten en spanningen t.g.v. bovenbelastingen

Locatie	Q_n [N/mm ¹]	Q_v [N/mm ¹]	Q_{boven} [N/mm ¹]	M_q [Nmm]	σ_q [N/mm ¹]
1e rechte deel	24,94	1,15	26,08	761,48	8,79
Neergaande bocht	34,70	0,70	35,40	1.033,44	11,93
2e rechte deel	34,25	0,71	34,97	1.020,83	11,78
Opgaande bocht	33,78	0,73	34,51	1.007,53	11,63
3e rechte deel	23,84	1,23	25,07	731,99	8,45

$$M_q = K_b \cdot (Q_n + Q_v) \cdot r_g = 0,257 \cdot (Q_n + Q_v) \cdot 113,60$$

$$\sigma_q = f_{rr} \cdot \frac{M_q}{W_w} = 1,00 \cdot \frac{M_q}{86,64}$$

KL Infra Engineering B.V.

Sterkteberekening van een horizontaal gestuurde boring conform NEN 3650/3651:2012		Sigma 2012 3.0 ©		
6.6 Optredende spanning σ_{qr} t.g.v. grondreactie in de bochten				
6.6.1 Neergaande bocht				
$\sigma_{qr} = K_{b,ind} \cdot Q_{r1} \cdot D_o \cdot \frac{r_u}{W_w}$ $\sigma_{qr} = 0,179 \cdot 0,0044 \cdot 250,00 \cdot \frac{125,00}{86,64} = \mathbf{0,28 \text{ N/mm}^2}$				
6.6.2 Opgaande bocht				
$\sigma_{qr} = K_{b,ind} \cdot Q_{r2} \cdot D_o \cdot \frac{r_u}{W_w}$ $\sigma_{qr} = 0,179 \cdot 0,0044 \cdot 250,00 \cdot \frac{125,00}{86,64} = \mathbf{0,28 \text{ N/mm}^2}$				
6.7 Berekening van de spanning σ_{ax} t.g.v. temperatuurverschil				
Leiding is drukloos				
$\sigma_{ax} = \mathbf{0 \text{ N/mm}^2}$				
7. Toetsing op minimale ringstijfheid S_N				
$S_N = E \cdot \frac{I_w}{D_g^3}$ $S_N = 975 \cdot \frac{987,70}{227,2^3} = 0,08 \text{ N/mm}^2 = \mathbf{82,11 \text{ kN/m}^2}$				
Minimaal vereiste ringstijfheid = 2 kN/m²				
8. Toetsing op implosie: berekening van de alzijdige overdruk				
Veiligheidsfactor γ voor langdurige onderdruk: $\gamma = 3$				
Veiligheidsfactor γ voor kortdurende onderdruk: $\gamma = 1,5$				
$p_o = \frac{1}{\gamma \cdot (1 - \nu^2)} \cdot \frac{24 \cdot E \cdot I_w}{D_g^3}$ $p_{o,kort} = \frac{1}{1,5 \cdot (1 - 0,4^2)} \cdot \frac{24 \cdot 975,00 \cdot 987,70}{227,20^3} = 1,56 \text{ N/mm}^2$ $p_{o,lang} = \frac{1}{3 \cdot (1 - 0,4^2)} \cdot \frac{24 \cdot 350,00 \cdot 987,70}{227,20^3} = 0,28 \text{ N/mm}^2$				
Conclusie: Kans op implosie bij 28,07 m grondwater boven de leiding				
9. Berekening van het totaal aan optredende spanningen				
9.1 Optredende spanningen in omtreksrichting van de leiding				
Locatie	σ_q [N/mm ²]	σ_{qr} [N/mm ²]	α_σ [-]	σ_{y2} [N/mm ²]
1e rechte deel	8,79	-	0,65	5,71
Neergaande bocht	11,93	0,28	0,65	7,94
2e rechte deel	11,78	-	0,65	7,66
Opgaande bocht	11,63	0,28	0,65	7,74
3e rechte deel	8,45	-	0,65	5,49
Rechte delen: $\sigma_{y2} = \alpha_\sigma \cdot \sigma_q$				
Bochten: $\sigma_{y2} = \alpha_\sigma \cdot (\sigma_q + \sigma_{qr})$				
Toelaatbare spanning: $\sigma_{td} = \bar{\sigma}_t = \mathbf{8,00 \text{ N/mm}^2}$				
			25-02-2017 11:36:13	

9.2 Optredende spanningen in langsrichting van de leiding

Locatie	σ_{ax} [N/mm ²]	σ_b [N/mm ²]	α_{σ} [-]	σ_x [N/mm ²]
1e rechte deel	0,00	-	-	0,00
Neergaande bocht	0,00	1,81	0,65	1,17
2e rechte deel	0,00	-	-	0,00
Opgaande bocht	0,00	1,81	0,65	1,17
3e rechte deel	0,00	-	-	0,00

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

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

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

10. Berekening van de optredende en toelaatbare deflectie

Locatie	Q_n [N/mm ¹]	Q_v [N/mm ¹]	Q_r [N/mm ²]	δ_Y [mm]	δ_Y/D_g [%]
1e rechte deel	24,94	1,15	-	4,18	1,84
Neergaande bocht	34,70	0,70	0,0044	5,82	2,56
2e rechte deel	34,25	0,71	-	5,75	2,53
Opgaande bocht	33,78	0,73	0,0044	5,68	2,50
3e rechte deel	23,84	1,23	-	4,02	1,77

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

$$\delta_Y = \frac{(0,089 \cdot (Q_n + Q_v) - 0,083 \cdot (1 - \sin \varphi) \cdot (Q_n + Q_v) + 0,048 \cdot Q_r) \cdot 113,60^3}{350 \cdot 987,70}$$

 Toelaatbare deflectie = $8\% \cdot D_g = 0,08 \cdot 227,20 = 18,18$ mm

11. Berekening van de boorspoeldrukken tijdens de trekfase

Locatie	H [m]	σ_{vert} [kN/m ²]	σ_{hor} [kN/m ²]	σ_o' [kN/m ²]	p'_f [kN/m ²]	G [MN/m ²]
1e rechte deel	9,48	67,72	41,80	54,76	77,10	7,79
Neergaande bocht	13,01	93,87	56,78	75,32	106,21	10,74
2e rechte deel	12,83	92,70	56,07	74,38	104,90	10,74
Opgaande bocht	12,64	91,46	55,33	73,39	103,52	10,74
3e rechte deel	9,02	64,90	40,06	52,48	73,95	7,79

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

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

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

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

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

Locatie	Q [-]	$R_{p,max}$ [m]	u [N/mm ²]	p_{st} [N/mm ²]	Δ_p [N/mm ²]	p_{lim} [N/mm ²]
1e rechte deel	0,0029	2,36	0,0848	0,09567	0,00	0,49
Neergaande bocht	0,0029	6,51	0,1201	0,1355	0,01	0,69
2e rechte deel	0,0028	6,42	0,1183	0,1335	0,02	0,68
Opgaande bocht	0,0028	6,32	0,1164	0,1313	0,03	0,68
3e rechte deel	0,0028	2,41	0,0802	0,09048	0,03	0,47

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

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

$$u = \gamma_w \cdot H_n$$

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

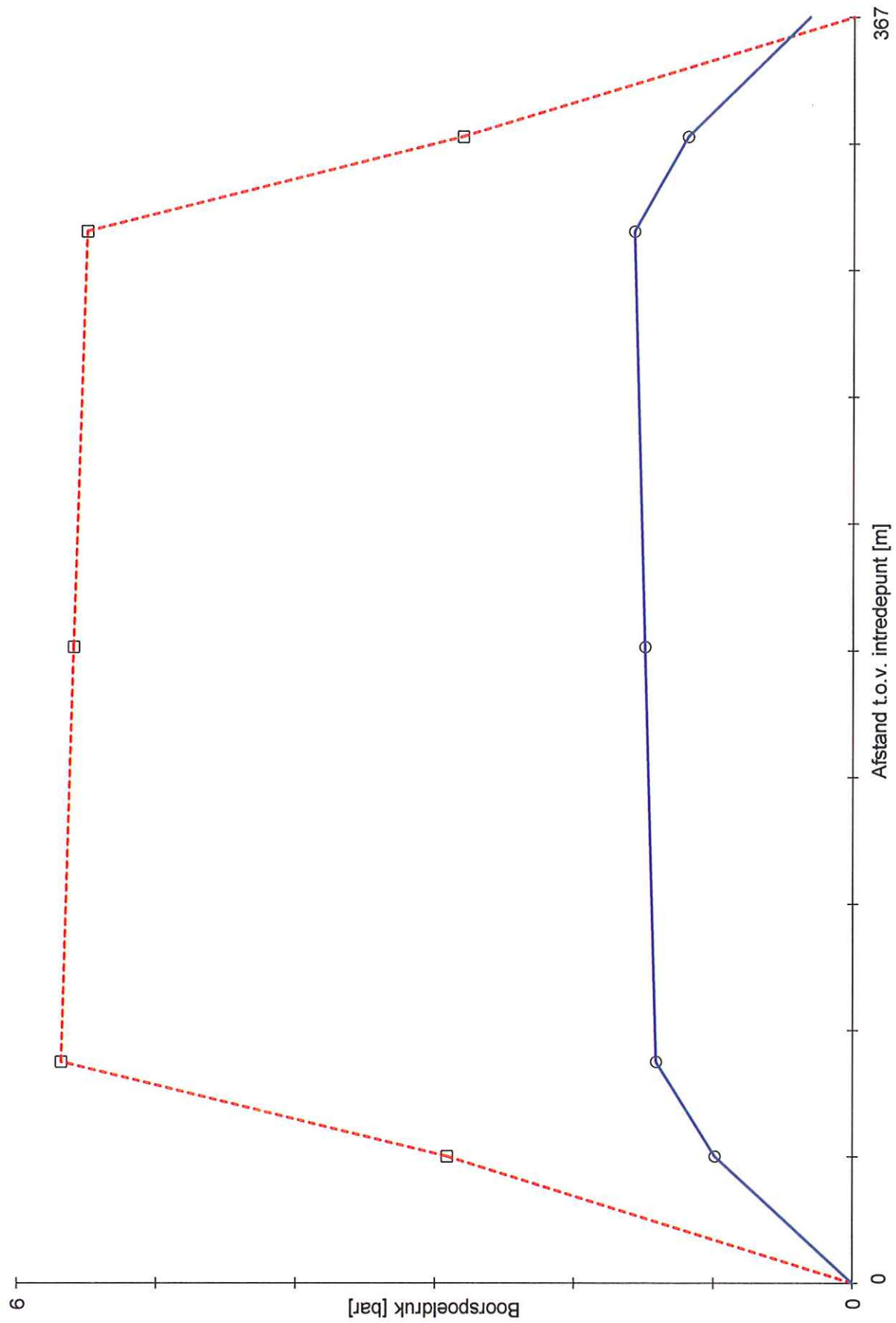
$$\Delta_p = 4 \cdot \frac{\tau_y}{D_g - D_b} \cdot L$$

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

Locatie	p_{max} [N/mm ²]	90% p_{lim} [N/mm ²]	p_{min} [N/mm ²]	p_{max} [bar]	90% p_{lim} [bar]	p_{min} [bar]
1e rechte deel	0,29	0,44	0,10	2,91	4,40	0,99
Neergaande bocht	0,57	0,62	0,14	5,68	6,20	1,41
2e rechte deel	0,56	0,61	0,15	5,60	6,14	1,49
Opgaande bocht	0,55	0,61	0,16	5,51	6,08	1,58
3e rechte deel	0,28	0,43	0,12	2,81	4,26	1,19

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

$$p_{min} = p_{st} + \Delta_p$$



- - - □ Maximaal toelaatbare boorspoeldruk
— ○ Minimaal benodigde boorspoeldruk

3.0.10.0/12-2012/10-10383702

25-02-2017 11:36:13

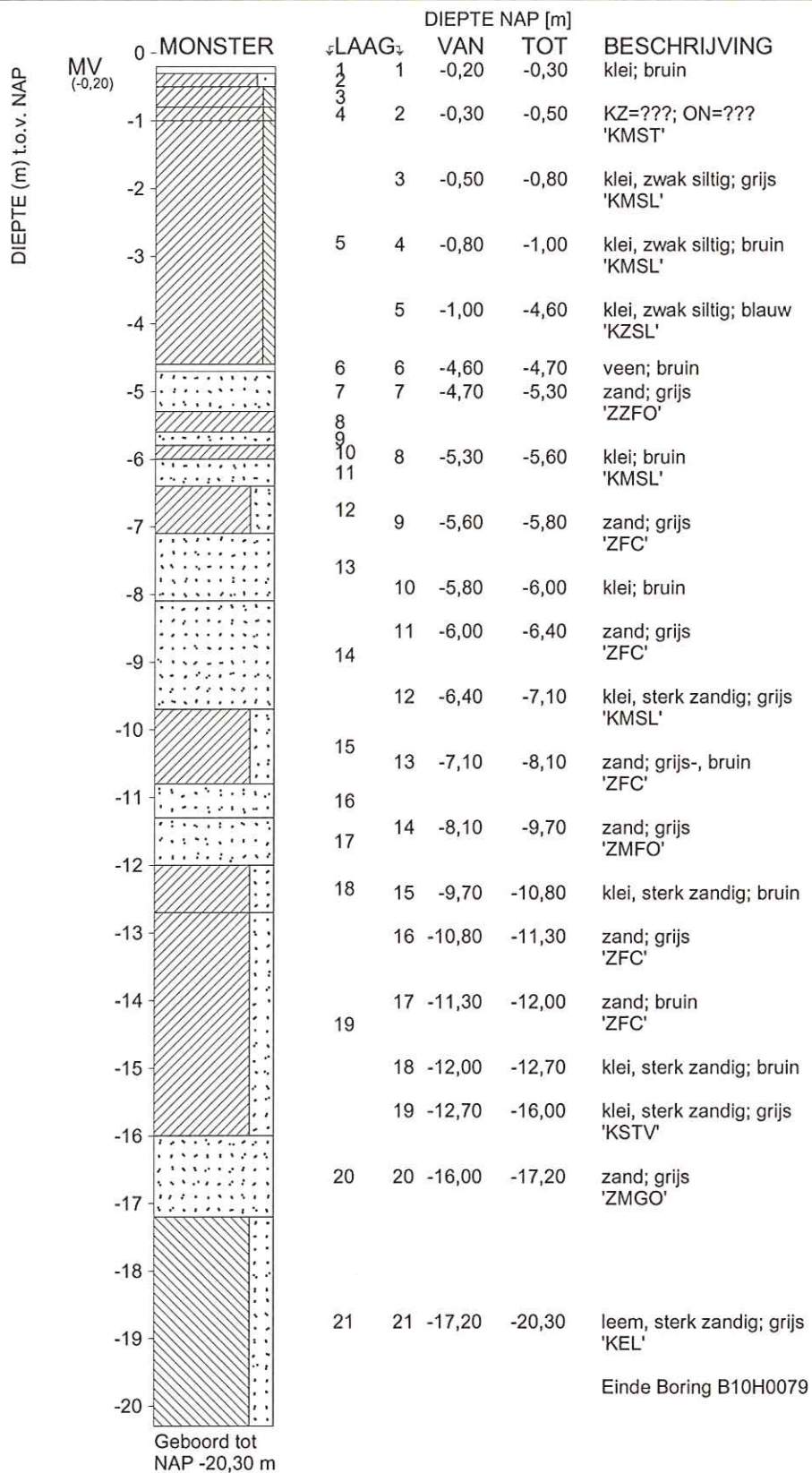
© Adviesbureau Schrijvers BV Hellevoetsluis

Berekening van de toelaatbare boorspoeldruk conform NEN 3650/3651:2012		Sigma 2012 3.0 ©	
Algemene gegevens			
Naam van het project : Windpark Fryslan - boringen t.b.v. windparkbekabeling			
Projectonderdeel : HDD boring 1 - Rijksweg A7 (t.h.v. KM 118.185) te Sneek			
Grondmechanische gegevens			
Grondsoort		= Zand	
Volumiek gewicht droge grond	γ_d	= 17,25	kN/m ³
Volumiek gewicht natte grond	γ_n	= 17,75	kN/m ³
Volumiek gewicht water	γ_w	= 10	kN/m ³
Inwendige wrijvingshoek grond	φ	= 22,5	°
Effectieve cohesie	c'	= 1,5	kN/m ²
E-modulus ondergrond	E_{100}	= 20,25	MN/m ²
Aanleggegevens			
Dekking van de leiding t.o.v. maaiveld	H	= 7,64	m
Gronddekking boven de grondwaterstand	H_d	= 1	m
Gronddekking onder de grondwaterstand	H_n	= 6,64	m
Afstand t.o.v. intredepunt	L	= 283,42	m
Soortelijk gewicht boorvloeistof	ρ_m	= 11,5	kN/m ³
Zwichtspanning boorvloeistof	τ_y	= 15	Pa
Diameter ruimer ivm boorspoeldruk	D_g	= 800	mm
Diameter boorstang	D_b	= 102	mm
1. Maximaal toelaatbare boorspoeldruk (conform NEN 3650-serie)			
<i>1.1 Verticale terreinspanning</i>			
$\sigma_{vert} = \frac{\gamma_d}{\gamma} \cdot H_d + \frac{\gamma_n}{\gamma} \cdot H_n - \gamma_w \cdot H_w$ $\sigma_{vert} = \frac{17,25}{1,1} \cdot 1 + \frac{17,75}{1,1} \cdot 6,64 - 10 \cdot 6,64 = 56,43 \text{ kN/m}^2$			
<i>1.2 Horizontale terreinspanning</i>			
$\sigma_{hor} = \sigma_{vert} \cdot (1 - \sin(\varphi))$ $\sigma_{hor} = 56,43 \cdot (1 - \sin(22,5)) = 34,83 \text{ kN/m}^2$			
<i>1.3 Gemiddelde terreinspanning</i>			
$\sigma_o' = \frac{\sigma_{vert} + \sigma_{hor}}{2}$ $\sigma_o' = \frac{56,43 + 34,83}{2} = 45,63 \text{ kN/m}^2$			
<i>1.4 Boorspoeldruk waarbij de eerste plastische vervormingen optreden</i>			
$p_f' = \sigma_o' \cdot (1 + \sin(\varphi)) + c \cdot \cos(\varphi)$ $p_f' = 45,63 \cdot (1 + \sin(22,5)) + 1,5 \cdot \cos(22,5) = 64,48 \text{ kN/m}^2$			
<i>1.5 Glijdingsmodulus</i>			
$G = \frac{E_{100}}{2 \cdot (1 + \nu)}$ $G = \frac{20,25}{2 \cdot (1 + 0,3)} = 7,79 \text{ MN/m}^2$			
		25-02-2017 11:23:52	

Berekening van de toelaatbare boorspoeldruk conform NEN 3650/3651:2012	Sigma 2012 3.0 ©
1.6 Bepaling van Q $Q = \frac{\sigma_o' \cdot \sin(\varphi) + c \cdot \cos(\varphi)}{G}$ $Q = \frac{45,63 \cdot \sin(22,5) + 1,5 \cdot \cos(22,5)}{7,79 \cdot 10^3} = 0,002$	
1.7 Bepaling initiële straal boorgang en max. toelaatbare plastische zone $R_o = \frac{D_o}{2} = 400 \text{ mm}$ $R_{p,max} = \sqrt{\frac{R_o^2}{Q} \cdot 2 \cdot \varepsilon_{g,max}}$ $R_{p,max} = \sqrt{\frac{400^2}{0,002} \cdot 2 \cdot 0,05} = 2.571,32 \text{ mm}$	
1.8 Berekening van de aanwezige waterspanning $u = \gamma_w \cdot H_n$ $u = (10 \cdot 6,64) \cdot 10^{-3} = 0,07 \text{ N/mm}^2$	
1.9 Effectieve limietdruk $p_{lim} = (p'_f + c \cdot \cot(\varphi)) \cdot Q^{\frac{-\sin \varphi}{1 + \sin \varphi}} - c \cdot \cot(\varphi) + u$ $p_{lim} = (64,48 + 1,5 \cdot \cot(22,5)) \cdot Q^{\frac{-\sin 22,5}{1 + \sin 22,5}} - c \cdot \cot(22,5) + 0,07 = 0,42 \text{ N/mm}^2$ $p_{lim,90\%} = 0,9 \cdot 0,42 = 0,38 \text{ N/mm}^2 = 3,81 \text{ bar} = 381,19 \text{ kPa}$	
1.10 Maximaal toelaatbare boorspoeldruk $p_{max} = (p'_f + c \cdot \cot(\varphi)) \cdot \left(\frac{R_o^2}{R_{p,max}} + Q \right)^{\frac{-\sin \varphi}{1 + \sin \varphi}} - c \cdot \cot(\varphi) + u$ $p_{max} = (64,48 + 22,5 \cdot \cot(1,5)) \cdot \left(\frac{400^2}{2.571,32} + 0,00 \right)^{\frac{-\sin 22,5}{1 + \sin 22,5}} - 1,5 \cdot \cot(22,5) + 0,07$ $p_{max} = 0,25 \text{ N/mm}^2 = 2,49 \text{ bar} = 248,56 \text{ kPa}$	
2. Minimaal benodigde boorspoeldruk	
2.1 Statische druk $p_{st} = \rho_m \cdot g \cdot h_z$ $p_{st} = (1.150,00 \cdot 9,81 \cdot 6,64) \cdot 10^{-6} = 0,07 \text{ N/mm}^2$	
2.2 Drukverschil $\Delta p = 4 \cdot \frac{\tau_y}{D_g - D_b} \cdot L$ $\Delta p = 4 \cdot \frac{0,000015}{800 - 102} \cdot 283.420,00 = 0,02 \text{ N/mm}^2$	
2.3 Minimaal benodigde boorspoeldruk $p_{min} = p_{st} + \Delta p$ $p_{min} = 0,07 + 0,02 = 0,10 \text{ N/mm}^2 = 0,99 \text{ bar} = 99,27 \text{ kPa}$	
3. Conclusie $p_{max} < p_{lim,90\%} \rightarrow p_{max} \text{ is maatgevend}$ $p_{max} > p_{min}$	
	25-02-2017 11:23:52

Berekening van de toelaatbare boorspoeldruk conform NEN 3650/3651:2012		Sigma 2012 3.0 ©	
Algemene gegevens			
Naam van het project : Windpark Fryslan - boringen t.b.v. windparkbekabeling			
Projectonderdeel : HDD boring 2 - Rijksweg A7 (t.h.v. KM 118.185) te Sneek			
Grondmechanische gegevens			
Grondsoort		= Klei	
Volumiek gewicht droge grond	γ_d	= 17,38	kN/m ³
Volumiek gewicht natte grond	γ_n	= 18,15	kN/m ³
Volumiek gewicht water	γ_w	= 10	kN/m ³
Inwendige wrijvingshoek grond	φ	= 23,27	°
Effectieve cohesie	c'	= 1,23	kN/m ²
E-modulus ondergrond	E_{100}	= 30,08	MN/m ²
Aanleggegevens			
Dekking van de leiding t.o.v. maaiveld	H	= 12,64	m
Gronddekking boven de grondwaterstand	H_d	= 1	m
Gronddekking onder de grondwaterstand	H_n	= 11,64	m
Afstand t.o.v. intredepunt	L	= 303,50	m
Soortelijk gewicht boorvloeistof	ρ_m	= 11,5	kN/m ³
Zwichtspanning boorvloeistof	τ_y	= 15	Pa
Diameter ruimer ivm boorspoeldruk	D_g	= 800	mm
Diameter boorstang	D_b	= 102	mm
1. Maximaal toelaatbare boorspoeldruk (conform NEN 3650-serie)			
<i>1.1 Verticale terreinspanning</i>			
$\sigma_{vert} = \frac{\gamma_d}{\gamma} \cdot H_d + \frac{\gamma_n}{\gamma} \cdot H_n - \gamma_w \cdot H_w$ $\sigma_{vert} = \frac{17,38}{1,1} \cdot 1 + \frac{18,15}{1,1} \cdot 11,64 - 10 \cdot 11,64 = 91,46 \text{ kN/m}^2$			
<i>1.2 Horizontale terreinspanning</i>			
$\sigma_{hor} = \sigma_{vert} \cdot (1 - \sin(\varphi))$ $\sigma_{hor} = 91,46 \cdot (1 - \sin(23,27)) = 55,33 \text{ kN/m}^2$			
<i>1.3 Gemiddelde terreinspanning</i>			
$\sigma_o' = \frac{\sigma_{vert} + \sigma_{hor}}{2}$ $\sigma_o' = \frac{91,46 + 55,33}{2} = 73,39 \text{ kN/m}^2$			
<i>1.4 Boorspoeldruk waarbij de eerste plastische vervormingen optreden</i>			
$p_f' = \sigma_o' \cdot (1 + \sin(\varphi)) + c \cdot \cos(\varphi)$ $p_f' = 73,39 \cdot (1 + \sin(23,27)) + 1,23 \cdot \cos(23,27) = 103,52 \text{ kN/m}^2$			
<i>1.5 Glijdingsmodulus</i>			
$G = \frac{E_{100}}{2 \cdot (1 + \nu)}$ $G = \frac{30,08}{2 \cdot (1 + 0,4)} = 10,74 \text{ MN/m}^2$			
		25-02-2017 11:44:59	

Berekening van de toelaatbare boorspoeldruk conform NEN 3650/3651:2012	Sigma 2012 3.0 ©
1.6 Bepaling van Q $Q = \frac{\sigma_o' \cdot \sin(\varphi) + c \cdot \cos(\varphi)}{G}$ $Q = \frac{73,39 \cdot \sin(23,27) + 1,23 \cdot \cos(23,27)}{10,74 \cdot 10^3} = 0,003$	
1.7 Bepaling initiële straal boorgang en max. toelaatbare plastische zone $R_o = \frac{D_o}{2} = 400 \text{ mm}$ $R_{p,max} = \frac{H}{2}$ $R_{p,max} = \frac{12640,00}{2} = 6.320,00 \text{ mm}$	
1.8 Berekening van de aanwezige waterspanning $u = \gamma_w \cdot H_n$ $u = (10 \cdot 11,64) \cdot 10^{-3} = 0,12 \text{ N/mm}^2$	
1.9 Effectieve limietdruk $p_{lim} = (p'_f + c \cdot \cot(\varphi)) \cdot Q^{\frac{-\sin \varphi}{1 + \sin \varphi}} - c \cdot \cot(\varphi) + u$ $p_{lim} = (103,52 + 1,23 \cdot \cot(23,27)) \cdot Q^{\frac{-\sin 23,27}{1 + \sin 23,27}} - c \cdot \cot(23,27) + 0,12 = 0,68 \text{ N/mm}^2$ $p_{lim,90\%} = 0,9 \cdot 0,68 = 0,61 \text{ N/mm}^2 = 6,08 \text{ bar} = 607,83 \text{ kPa}$	
1.10 Maximaal toelaatbare boorspoeldruk $p_{max} = (p'_f + c \cdot \cot(\varphi)) \cdot \left(\frac{R_o^2}{R_{p,max}} + Q \right)^{\frac{-\sin \varphi}{1 + \sin \varphi}} - c \cdot \cot(\varphi) + u$ $p_{max} = (103,52 + 23,27 \cdot \cot(1,23)) \cdot \left(\frac{400^2}{6.320,00} + 0,00 \right)^{\frac{-\sin 23,27}{1 + \sin 23,27}} - 1,23 \cdot \cot(23,27) + 0,12$ $p_{max} = 0,55 \text{ N/mm}^2 = 5,51 \text{ bar} = 550,54 \text{ kPa}$	
2. Minimaal benodigde boorspoeldruk	
2.1 Statische druk $p_{st} = \rho_m \cdot g \cdot h_z$ $p_{st} = (1.150,00 \cdot 9,81 \cdot 11,64) \cdot 10^{-6} = 0,13 \text{ N/mm}^2$	
2.2 Drukverschil $\Delta p = 4 \cdot \frac{\tau_y}{D_g - D_b} \cdot L$ $\Delta p = 4 \cdot \frac{0,000015}{800 - 102} \cdot 303.500,00 = 0,03 \text{ N/mm}^2$	
2.3 Minimaal benodigde boorspoeldruk $p_{min} = p_{st} + \Delta p$ $p_{min} = 0,13 + 0,03 = 0,16 \text{ N/mm}^2 = 1,57 \text{ bar} = 157,41 \text{ kPa}$	
3. Conclusie $p_{max} < p_{lim,90\%} \rightarrow p_{max} \text{ is maatgevend}$ $p_{max} > p_{min}$	
	25-02-2017 11:44:59



maaiveld: NAP -0,20 m
X = 170160 m Y = 561515 m (RD)

<Not Registered> <Not Registered>	<Not Registered> <Not Registered> <Not Registered>	Telefoon Telefax	<Not Registered> <Not Registered>	datum 1971-04-16	get.
Ackermannboring B10H0079 [Blad 1 / 2]				DINO-BOR	gez.
				BIJL.	form. A4

Bijlage 4: Certificaten en productomschrijving

TUNNEL-GEL™ PLUS



THE *Original* DRILLING FLUIDS COMPANY.

Viscosifier/Gellant

- Beschrijving:** TUNNEL-GEL™ PLUS is speciaal geformuleerd voor gebruik in tunnelling en HDD. TUNNEL-GEL™ PLUS geeft de boorvloeistof viscositeit om het transport van boorgruis te bevorderen, maakt gemakkelijk verwijderen van de vaste delen d.m.v. scheidings-materieel, geeft stabiliteit aan het boorgat en levert een goed waterverlies (FL). Het is compatible met andere BAROID producten.
- Toepassing/Functies:**
- Geeft viscositeit aan de boorspoeling.
 - Heeft draagkracht voor het transport van boorgruis.
 - Reduceert waterpenetratie in de waterdoorlatende formatie.
 - Bevordert boorgat stabiliteit in moeilijke **consolidated** formaties.
- Voordelen:**
- Goed draagvermogen tijdens het boren.
 - Goede suspensie capaciteit tijdens stilstand.
 - Gemakkelijk te mengen en bereikt snel de maximale viscositeit.
 - Niet giftig en fermenteert niet.
- Typische eigenschappen:** Poeder, geel tot bruin
Gewicht 2,600 kg/cm³
pH in 3% oplossing 10,4
- Aanbevolen gebruik:** Meng langzaam door een hopper of strooi het in de vortex d.m.v. hoge snelheids **peddels**.
In normale condities gebruik, voeg 25 – 35 kg/m³ aan leidingwater toe.
In moeilijke of grind condities, voeg 35 – 40 kg/m³ aan leidingwater toe.
Als het aanmaakwater een lage pH en/of een hoge hardheid heeft, voeg 0,7 kg SODA ASH per m³ aan het water toe, daarna TUNNEL-GEL™ PLUS
- Verpakking:** TUNNEL-GEL™ PLUS is verpakt in 25 kg meervoudige, special gecoate zakken en in 1.000 kg big-bags.
- Verkrijgbaar:** TUNNEL-GEL™ PLUS wordt geleverd door onze distributeurs.

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

Bijlage 5: Technische gegevens diverse rigs

Boorrig 4 ton, fabrikaat Vermeer D7x11 series II



Trekkkracht	4 ton
Drukkkracht	4 ton
Mechanisme	Tandheugel (R&P)
Afmetingen machine	4010 x 900 x 1780 mm (afstand intredepunt - achterzijde rig 6 mtr)
Gewicht machine	2,5 ton
Motor	Turbo diesel (35 kW = 50 PK)
Hellingshoek	10° - 18°
Boormotor koppel	2711 Nm
Cabine	Geen cabine
Lavette	Slaglengte 1.800 mm

Toebehoren

Boorstangen	Firesticks II, L = 180 cm Ø 40 mm
Swivel	7 ton
Barrelreamers / Flycutters	Vanaf Ø 60 mm t/m Ø 315 mm
Boorkoppen	Jet Bit 70 mm t.b.v. walk-over/draadmeetsysteem
Meng- en pompsysteem	Site-Tec 200 ltr/min mix- & pompinstallatie gebouwd in vrachtwagen
Transport	4x2 bakwagen

Boorrig 7 ton, fabrikaat Vermeer D16x20 series II



Trekkkracht	7,2 ton
Drukkkracht	7 ton
Mechanisme	Tandheugel (R&P)
Afmetingen machine	5100 x 1220 x 1920 mm (afstand intredepunt - achterzijde rig 6,5 mtr)
Gewicht machine	4,8 ton
Motor	Turbo diesel (47 kW = 65 PK)
Hellingshoek	10° - 18°
Boormotor koppel	2711 Nm
Cabine	Geen cabine
Lavette	Slaglengte 3.000 mm

Toebehoren

Boorstangen	Firesticks II, L = 300 cm Ø 48 mm
Swivel	10 ton
Barrelreamers / Flycutters	Vanaf Ø 60 mm t/m Ø 315 mm
Boorkoppen	Jet Bit 70 mm t.b.v. walk-over/draadmeetsysteem
Meng- en pompsysteem	Site-Tec 200 ltr/min mix- & pompinstallatie gebouwd in vrachtwagen
Transport	4x2 bakwagen

Boorrig 16 ton, fabriikaat Vermeer D36



Trekkracht	16,5 ton
Drukkkracht	16 ton
Mechanisme	Tandheugel (R&P)
Afmetingen machine	6502 x 1905 x 2769 mm (afstand intredepunt - achterzijde rig 7 mtr)
Gewicht machine	9 ton
Rupsonderstel lxb	ca. 2200 x 400 mm Rubber (grondruk 5 N/cm ²)
Motor	6 cylinder turbo diesel (104 kW = 140 PK)
Hellingshoek	10° - 18°
Boormotor koppel	6800 Nm
Cabine	Vaste cabine met transportstand
Lavette	Slaglengte 3.000 mm

Toebehoren

Boorstangen	Firesticks II, L = 300 cm Ø 60 mm
Swivel	20 ton
Barrelreamers / Flycutters	Vanaf Ø 125 mm t/m Ø 750 mm
Boorkoppen	Jet Bit 70 mm t.b.v. walk-over/draadmeetsysteem
Meng- en pompsysteem	Site-Tec 750 ltr/min mix- & pompinstallatie gebouwd op containersysteem
Transport	Transport op 6x6, rig op semi-dieplader

Boorrig 100 ton, fabriikaat Prime PD 100 / 50 RP



Trekkracht	100 ton
Drukkkracht	50 ton
Mechanisme	Tandheugel (R&P)
Afmetingen machine LxBxH	11000 x 1220 x 1920 mm (afstand intredepunt - achterzijde rig 17-20 mtr)
Gewicht machine	25 ton
Rupsonderstel lxb	ca. 4400 x 800 mm (gronddruk 7 N/cm ²)
Motor	6 cylinder turbo diesel (104 kW = 140 PK)
Hellingshoek	8° - 17° (praktisch 10° - 15°)
Boormotor koppel	50.000 Nm
Cabine	Vaste cabine met transportstand
Lavette	Slaglengte t.b.v. boorstangen 6.000 mm

Toebehoren

Boorstangen	5" met 4 1/2 IF tooljoint en 3,5" met 3 1/2 IF tooljoint
Swivel	100 ton, max. belasting 200 ton
Ruimers en Flycutters	Vanaf Ø 150 mm t/m Ø 1.350 mm
Boorkop	9-5/8" Toothbit + RVS bit
Mix- en recycling unit	1.600 ltr of 3.200 ltr / min, afhankelijk van de omvang van de boring. 1 of 2 st 20 ft containers.
Meng- en pompunit	2.500 ltr/min mix- & pompinstallatie gebouwd op containersysteem
Transport	Alles is gebouwd op 20 ft container met kabelsysteem. Eigen kraanauto (8x4).

Bijlage 6: Drill-sheet

Bijlage 7: Risico inventarisatie en beheersing

V&G-plan

De werkzaamheden, rondom het uitvoeren van de horizontaal gestuurde boring, worden verricht volgens de richtlijnen door, een door de opdrachtgever, nog nader te bepalen boorbedrijf.

De V&G-coördinator is verantwoordelijk voor de naleving van de regels vastgesteld in het kwaliteits-, arbo- en milieu (KAM) zorgsysteem.

Deze taak kan binnen het project uitgeoefend worden door de verantwoordelijke uitvoerder. Deze is verantwoordelijk voor het vaststellen van de specifieke KAM-maatregelen voor dit project en het beschikbaar stellen van de vereiste beschermingsmiddelen.

De boormeester is verantwoordelijk voor een juiste uitvoering en toezicht op de voorgeschreven V&G-maatregelen ter plaatsen. Tevens is hij verplicht afwijkingen en gevaarlijke situaties te melden bij de uitvoerder, en de hiervoor passende maatregelen te nemen en deze vast te leggen in de projectmap.

V&G risicoanalyse

Activiteit	Risico's	Oorzaak	Maatregelen
Parkeren en manoeuvreren van materieel	Aanrijdgevaar	Overig weg-verkeer	Materieel in de berm plaatsen / PBM en verkeersvoorzieningen
Metten van positie boorkop	Aanrijdgevaar boorpersoneel	Overig weg-verkeer	dragen van veiligheidsvesten verhoogde oplettendheid tijdens verblijf op de weg
Bediening boormachine	Aanraking draaiende delen	In werking zijnde machine	correcte kleding veiligheidsvoorschriften bediening in acht nemen
Bediening boormachine	Aanraking met bentoniet onder hoge druk	In werking zijnde machine	veiligheidsvoorschriften in acht nemen
Bediening boormachine	Gehoor-beschadiging	Lawaai in werking zijnde machine	gehoorbescherming gebruiken
Boren	Blow-trough	Te hoge druk op de boorspoeling	maximale toegestane boordrukken niet overschrijden
Boren	Beschadiging aanwezige kabels en leidingen	Onvoldoende afstand	Klic gegevens hanteren gepland boorprofiel zo goed mogelijk in acht nemen
Boren	Milieuvervuiling	Boorvloeistof met vervuilde grond	Bij overvloedige aanwezigheid van boorvloeistof afvoeren conform instructies

Noodsituaties:

Ingeval van calamiteiten beschikt de boorploeg over:

- Verbrandtrommel
- Mobiele telefoon (landelijke alarmnummer: 112)
- Brandblusser
- Instructies in geval van noodsituaties in instructieboek

Het personeel heeft de plicht gevaarlijke situaties en ongevallen te melden bij de uitvoerder respectievelijk de directie.



Aanvraag Wbr beschikking

Ten behoeve van

Vraagt u de vergunning voor uzelf aan? Nee

Gemachtigde is: * Bedrijf

Aanvrager is: Bedrijf

Gegevens Gemachtigde

Bedrijfsnaam	Pondera Consult					
Achternaam contactpersoon *	Rijntalder	Dhr.				
Voorletter(s)	J.W.F.	Voornaam	Hans	Tussenvoegsel		
KVK / BIN	08156154					
Adres	Welbergweg		Nummer	49	Toevoeging	
Postcode / Plaats	7556 PE	Hengelo	Land	Nederland		
Postbusnummer	579					
Postcode / Plaats	7550 AN	Hengelo	Land	Nederland		
E-mail	m.edink@ponderaconsult.com					
Telefoonnummer	0742489940		Faxnummer			
kenmerk gemachtigde	WBR aanvraag kabel zuid					

Gegevens Aanvrager

Bedrijfsnaam	Windpark Fryslan BV					
Achternaam contactpersoon *	Groot	Dhr.				
Voorletter(s)	A.T.	Voornaam	Anne	Tussenvoegsel	de	
KVK / BIN	52567354					
Adres	Duit		Nummer	15	Toevoeging	
Postcode / Plaats	8305 BB	Emmeloord	Land	Nederland		
Postbusnummer						
Postcode / Plaats			Land	Nederland		
E-mail	info@windparkfryslan.nl					
Telefoonnummer	0527 616167		Faxnummer			

Doel waarvoor de aanvraag geldt

Selecteer het doel waarvoor deze aanvraag geldt.

Kabels / leidingen / wegkruisingen (incl. mantelbuizen)

Tevens eigenaar / eigendom

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

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

Waarom? (doel / belang)

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

Zie bijlage 1

Motivering van de aanvraag (maximaal 7 regels gebruiken)

Zie bijlage 1

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

Is er reeds eerder een Wbr vergunning verstrekt? Nee

Hoe? (uitvoeringswijze)

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

zie bijlage 1

Waar? Locatiegegevens / kadastrale gegevens / situatie tekening

Adresgegevens van de locatie Zie bijlage 1

Gemeente Zie bijlage 1

Postcode

Betreft Rivier / kanaal / Rijksweg

Naam A7

Naam loswal / kade / steiger n.v.t

Kilometrering 109,9 Zijde Re (rechts)

Kadastrale gegevens bekend bij gemeente . . . , sectie . . . , nummer . . . meerdere (zie bijlage 1)

X-coördinaat Y-coördinaat

Wanneer + periode (instandhouding)

Wat is de gewenste aanvangsdatum van de werkzaamheden? 01-07-2019

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

Kostprijs / raming van de werkzaamheden (leges)

Wat is de kostprijs of raming van de kosten (exclusief BTW) van het aangevraagde werk?
> EUR 2400,-

heeft u een afwijkend adres voor de factuur? Nee

Bijlagen

Tracégegevens (route - positielijst - diepteligging) 2920231_Bijlage_2_Tekeningen_trace_Afsluitdijk_-_Marnezijl.pdf

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

Bijlage(n) gestuurde boring / persing conform richtlijn boortechniek versie januari 2004 2920232_Bijlage_3_(Deel_1)_Principeboorplan.pdf

Situatietekening (algemeen) 2920233_Bijlage_1_Toelichting_op_de_aanvraag_WBR_270317.pdf

Kadastrale gegevens (algemeen)

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

Overige relevante bijlage

2920234_Bijlage_3_(Deel_2)_Principe-
boorplan_Bijlagen_deel_1.pdf

Overige relevante bijlage

2920235_Bijlage_3_(Deel_3)_Principe-
boorplan_Bijlagen_deel_2.pdf

Overige relevante bijlage

Overige relevante bijlage

Overige relevante bijlage



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