

Beschouwing ontwerp van de aanleg van een mantelbuis voor elektriciteitskabels van TenneT

HDD kruising onder Yangtze haven

ir. D.S. Nugroho

11202326-002

Titel

Beschouwing ontwerp van de aanleg van een mantelbuis voor elektriciteitskabels van TenneT

Project

11202326-002

Kenmerk

11202326-002-GEO-0006

Pagina's

60

Classificatie

-

Trefwoorden

Maasvlakte, elektriciteitskabels, Yangtze haven, HDD, ontwerp, risico analyse

Samenvatting

TenneT is van plan om een stalen mantelbuis voor elektriciteitskabels aan te leggen onder de Yangtze haven door middel van een horizontaal gestuurde boring (HDD). Het intredepunt van de boring bevindt zich naast het toekomstige station van TenneT gelegen aan de Maasvlakteweg. Het uittredepunt van de boring bevindt zich nabij de Antarticaweg aan de andere zijde van de Yangtze haven

Door middel van ontwerpberekeningen en een beschouwing van de potentiële risico's bij uitvoering van de horizontaal gestuurde boring is de haalbaarheid van de horizontaal gestuurde boring beschouwd.

Uit de berekeningen blijkt dat de horizontaal gestuurde boring onder de Yangtze haven moet kunnen worden uitgevoerd. Uit de risicoanalyse is naar voren gekomen dat een ligging van het horizontale deel van de gestuurde boring, de vloerpijp, op een niveau van NAP-50 m leidt tot significant grotere risico's dan een hoger gelegen alternatieve ligging van de boorlijn op NAP-41 m. Ook na beschouwing van het effect van mitigerende maatregelen om de risico's te reduceren blijkt dat de slagingskans van een horizontaal gestuurde boring aanzienlijk groter is op een diepte van NAP-41 m.

Door de grotere slagingskans van de horizontaal gestuurde boring op NAP-41 m heeft een keuze voor deze diepte ligging de voorkeur. Een horizontaal gestuurde boring op deze diepte is niet zonder risico's. Er dient voldoende aandacht te worden gegeven aan de in deze rapportage beschreven belangrijke onderdelen van het boorproces.

Versie	Datum	Auteur	Paraaf	Review	Paraaf	Goedkeuring	Paraaf
1.0	sep. 2018	ir. D.S. Nugroho		dr. H.M.G. Kruse		ir. drs. J. van Ruijven	

Status

definitief

Inhoud

1 Inleiding	1
2 Projectbeschrijving	3
3 Geologie	4
3.1 Algemeen	4
3.2 Beschrijving van geologische eenheden	4
3.3 Profiel van de te doorboren grondlagen	6
3.4 Schematisering van grondlagen t.b.v. ontwerpberekening	8
4 Geohydrologie	10
4.1 Algemeen	10
4.2 Freatische grondwaterstand	10
4.3 Stijghoogte in het eerste watervoerende pakket	11
4.4 Waterstand in de Yangtze haven	11
4.5 Grondwatersamenstelling	12
4.6 Samenvatting	12
5 Uitgangspunten	13
5.1 Algemeen	13
5.2 Grondeigenschappen	13
5.3 Uitvoering van de horizontaal gestuurde boringen	14
5.4 Uitgangspunten voor de ontwerpberekeningen van de HDD boringen	15
6 Ontwerpberekeningen	17
6.1 Algemeen	17
6.2 Boorvloeistofdrukken	17
6.3 Torsie en drukkracht	18
6.4 Voortgangssnelheid	20
6.5 Transportcapaciteit van de boorvloeistof	21
6.6 Stuurbaarheid	22
6.7 Trekkkracht	24
6.8 Sterkteberekeningen van de leiding	25
7 Risico's	26
7.1 Gerelateerd aan de te doorboren grondlagen	26
7.1.1 Losgepakt zand	26
7.1.2 Fijn zand in Holocene toplagen	26
7.1.3 Grof zand en grind	26
7.1.4 Schelpen (laagpakket van Ockenburg)	27
7.1.5 Overgang Formatie van Kreftenheye en de Waalre Formatie	27
7.1.6 Fijn zand en siltlagen in de Waalre Formatie	28
7.2 Gerelateerd aan het zout grondwater	29
7.3 Gerelateerd aan grondwater en waterdruk	29
7.4 Specifieke risico's voor de ligging van de vloerpijp op NAP-50 m.	29
7.5 Kwantificering van de risico's	31

8 Alternatieve boorlijn (vloerpijp op NAP-41m)	32
8.1 Algemeen	32
8.2 Uitgangspunten	32
8.3 Ontwerpberekeningen	33
8.3.1 Algemeen	33
8.3.2 Boorvloeistofdrukken	34
8.3.3 Trekkkracht	34
8.3.4 Sterkteberekeningen van de leiding	35
9 Slagingskans	36
9.1 Standaard uitvoering horizontaal gestuurde boring	36
9.2 Mitigerende maatregelen	39
10 Conclusie	46
11 Referenties	47
 Bijlage(n)	
A Berekeningsrapport D-Geopipeline, vloerpijpdiepte op NAP-50m	A-1
B Berekeningsrapport D-Geopipeline, vloerpijpdiepte op NAP-41m	B-1
C Risico's HDD uitvoering met vloerpijp op NAP-50m	C-2
D Risico's HDD uitvoering met vloerpijp op NAP-41m	D-3
E Risico's HDD uitvoering inclusief mitigerende maatregelen met vloerpijp op NAP-50m	E-1
F Risico's HDD uitvoering inclusief mitigerende maatregelen met vloerpijp op NAP-41m	F-2

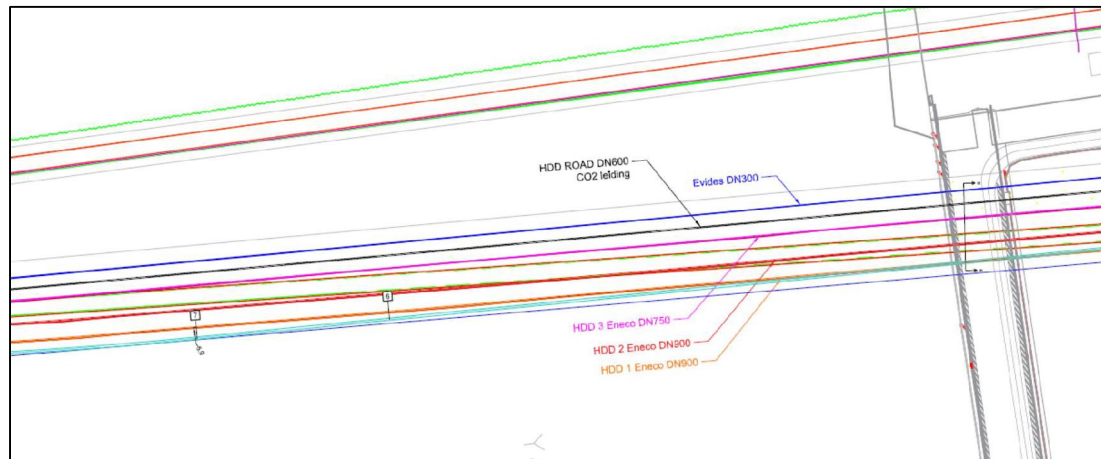
1 Inleiding

TenneT is van plan om een stalen mantelbuis voor elektriciteitskabels aan te leggen onder de De Yangtzehaven door middel van een horizontaal gestuurde boring (HDD). De stalen mantelbuis heeft een uitwendige diameter van 1016 mm, een wanddikte van 16 mm en een staalkwaliteit van St. 52 [2]. In de mantelbuis worden 7 HDPE leidingen met een diameter van 250mm (SDR 11) aangebracht [2]. Figuur 1.1 geeft het bovenaanzicht van de geplande boorlijn weer. Het intredepunt van de boring bevindt zich naast het toekomstige station van TenneT (gelegen aan de Maasvlakteweg, zie Figuur 1.1). Het uittredepunt van de boring bevindt zich nabij de Antarticaweg aan de andere zijde van de Yangtze haven (zie Figuur 1.1). De lengte van het geplande boortracé is ca. 1400 m.



Figuur 1.1 Bovenaanzicht van het boortracé HDD onder de De Yangtzehaven (tekening op basis van de informatie uit [1]).

De geplande stalen mantelbuis zal zich nabij zes reeds aangelegde leidingen bevinden (zie Figuur 1.2) op grote diepte onder de Yangtze haven.



Figuur 1.2 Bovenanzicht van de aan te leggen stalen mantelbuis (licht blauw) tussen de bestaande leidingen:
(bron: [2])

Ten behoeve van het ontwerpen van de aanleg van de mantelbuis door middel van een horizontaal gestuurde boring is een archiefonderzoek naar de grondonderzoekgegevens uitgevoerd. Het archiefonderzoek is in een Deltares rapport [3] gerapporteerd.

Dit rapport beschrijft de ontwerpberekeningen voor de aanleg van de mantelbuizen. De risico's die aan de uitvoerbaarheid van de horizontaal gestuurde boring zijn gerelateerd zijn eveneens in dit rapport beschreven.

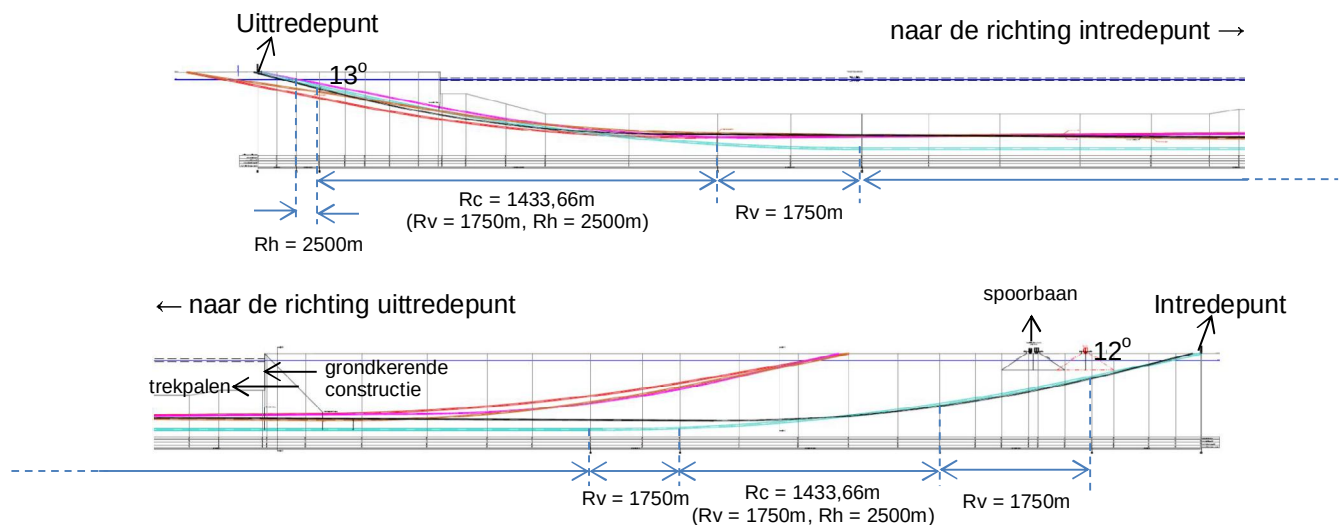
De aan te leggen stalen mantelbuis zal onder de bestaande grondkerende constructie (kade wand met trekpalen) langs de Yangtze haven worden geboord. Bij de horizontaal gestuurde boring wordt een bestaande spoorbaan gekruist. Effecten van de horizontaal gestuurde boring op de spoorbaan en de kade en ook op naastgelegen leidingen worden niet in dit rapport beschreven.

2 Projectbeschrijving

De aan te leggen stalen mantelbuis is een 40" stalen leiding met een wanddikte van 16 mm en een staalkwaliteit van St. 52. De totale lengte van de aan te leggen mantelbuis is ca. 1400m. De aanleg zal door middel van een horizontaal gestuurde boring worden gedaan. In deze stalenmantelbuis zullen 7 x HDPE SDR 11 leidingen met de uitwendige diameter van 250mm worden aangebracht.

Het bovenaanzicht van het boortracé is in Figuur 1.1 weergegeven. Het intredepunt van de boorlijn bevindt zich ca. 100 m vanaf de Maasvlakteweg en vlak naast het toekomstige trafostation van TenneT. Het uittredepunt bevindt zich ca. 100m vanaf de Antarticaweg op het bedrijventerrein ten zuiden van de Yangtze haven.

Figuur 2.1 laat de door TenneT geplande configuratie van de boorlijn zien (lichte blauwe lijn). De boorlijn is ca. 1400m lang. De geplande diepte van de vloerpijp is NAP-50m (ca. 25 m onder de kanaalbodem van de Yangtze haven). Zowel de verticale als de horizontale bochtstralen zijn aanwezig (R_v = verticale bochtstraal=1750 m, R_h = horizontale bochtstraal = 2500 m en R_c = gecombineerde bochtstraal). De intredehoek is 12° . De uittredehoek is 13° .



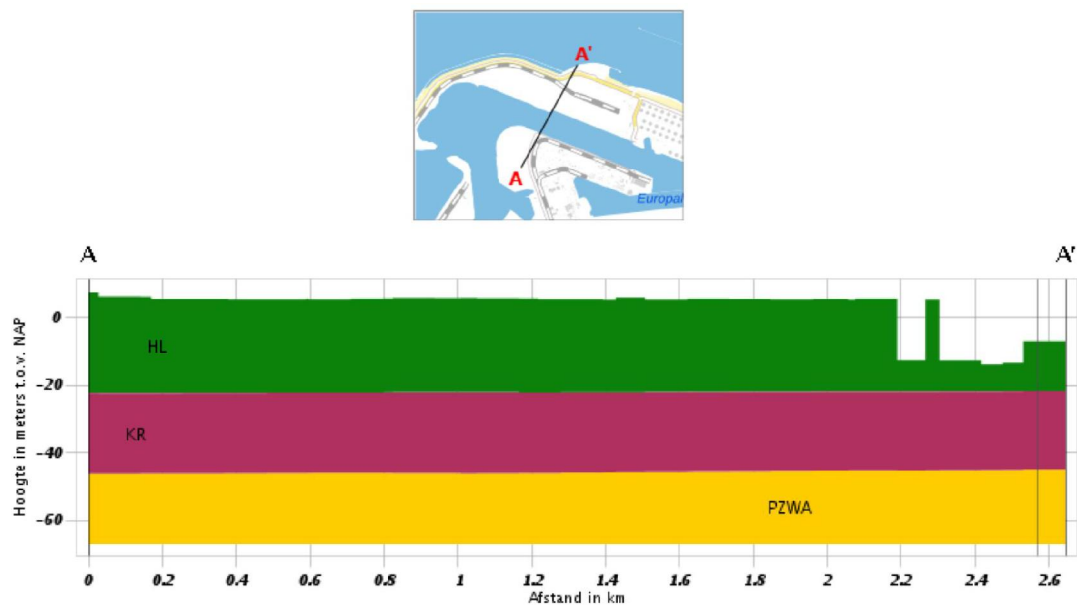
Figuur 2.1 Configuratie van de boorlijn in de langs richting [2]

3 Geologie

3.1 Algemeen

Figuur 3.1 laat de globale geologische situatie ter plaatse van de Maasvlakte langs de doorsnede A'A zien. De doorsnede is afkomstig van het DGM van het Dinoloket dat door TNO wordt beheerd.

De ondiepe ondergrond bestaat uit drie geologische eenheden: Een Holocene laag, Oudere afzettingen van de Formatie van Kreftenheye en de Formatie van Waalre (tot meer dan NAP-60m).



Figuur 3.1 Geologische samenstelling in Maasvlakte (bron: DGM v2.2, dinoloket)

3.2 Beschrijving van geologische eenheden

De ondiepe ondergrond op de locatie boven NAP-60 m wordt gedomineerd door rivier en estuarium afzettingen. Het betreft zand, plaatselijk grind en in veel mindere mate kleiige afzettingen. Tabel 3.1 geeft een grove indeling van de ondergrond in geologische eenheden.

Tabel 3.1 Overzicht van de diverse geologische eenheden

Benaming		Onderkant [m NAP]	Bovenkant [m NAP]	Type
holoceen		-18 tot -19	+ 5	zand en klei met lokaal veen
F. Kreftenheye	leem	-20 tot -26	-18 tot -19	leem
		-26 tot -28		zand, lokaal grind
	Laag pakket van Ockenburg	-27 tot -34	-26 tot -33	zand met schelpen lokaal grind en met klei
		-40 tot -51	-28 tot -34	zand, lokaal grind
	F. Waalre	-100	-40 tot -51	Zand, silt en klei

Ook de door de mens aangebrachte afzettingen worden hier tot het Holocene gerekend. Het Holocene bestaat voornamelijk uit zand met meer en minder fijn materiaal, maar kleiig ontwikkelde lagen komen ook voor. Ter plaatse van de projectlocatie op de Maasvlakte was het oorspronkelijk maaiveld gelegen op ca. 13-15 m onder de zeespiegel. De opgebrachte grondlagen bestaan uit een wisselende samenstelling en variëren van grofzandig met grind tot fijn zandige grondlagen en kleilagen.

De bovenste meters van de Formatie van Kreftenheye bestaan uit een dunne leemlaag en daaronder zand en grind. De leemlaag heeft in het algemeen een dikte van circa 1 tot 3 meter, maar kan ook dikker zijn. De bovenzijde van de leemlaag is vaak erg kleiig ontwikkeld. Ook onder deze leemlaag kan een relatief dunne kleilaag voorkomen.

De Formatie van Kreftenheye bestaat uit veelal grof zand met grind en op bepaalde diepte schelpmateriaal (Laag pakket van Ockenburg). In de Formatie komen naar het zich laat aanzien grindlagen voor met een dikte tot enige decimeters en zeer lokale verbreiding (meestal niet breder dan 25 meter en tot enige tientallen meters lang). De afzettingen in de Formatie beneden het laagpakket van Ockenburg (zie volgende alinea, onderdeel van de Formatie van Kreftenheye) zijn over het algemeen iets grover dan boven deze afzettingen. Het kan niet uitgesloten worden dat er zeer lokaal stenen met afmetingen tot circa 0.25 meter in voorkomen. Zulke stenen komen niet in gestapelde lagen voor.

De voormalige afzettingen van Schouwen worden tegenwoordig gerekend tot het laagpakket van Ockenburg (deze geologische eenheid is onderdeel van de Formatie van Kreftenheye). De afzettingen hangen samen met de verbreiding van de mariene Eem Formatie. De afzettingen betreffen grof zand en bevatten grind, maar kunnen plaatselijk ook kleiig zijn. Op overgangen als de basis van het laagpakket van Ockenburg komen regelmatig grind, grove schelpfragmenten en soms hout voor.

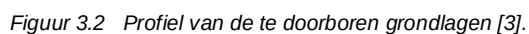
De afzettingen van de Waalre Formatie zijn gelegen onder de formatie van Kreftenheye en bestaan voornamelijk uit klei en fijne tot zeer fijne zanden met kleilaagjes en siltlagen. De ontstaanswijze sluit niet uit dat er lokaal lagen van grovere zanden van zo'n 0.3 tot 2 meter dikte met eventueel grind en mogelijk enige steentjes en stenen.

De erosieve formatie grens tussen Kreftenheye en Waalre wordt gekenmerkt door de aanwezigheid van grind en stenen in de lager gelegen delen (erosie geulen) van deze grens.

3.3 Profiel van de te doorboren grondlagen

Uit de beschikbare boringen en sonderingen langs de geplande boorlijn is een langsdoorsnede van de te doorboren grondlagen gemaakt. Figuur 3.2 laat de langsdoorsnede zien. De ondergrondprofielen in Figuur 3.2 zijn schematisch opgezet.

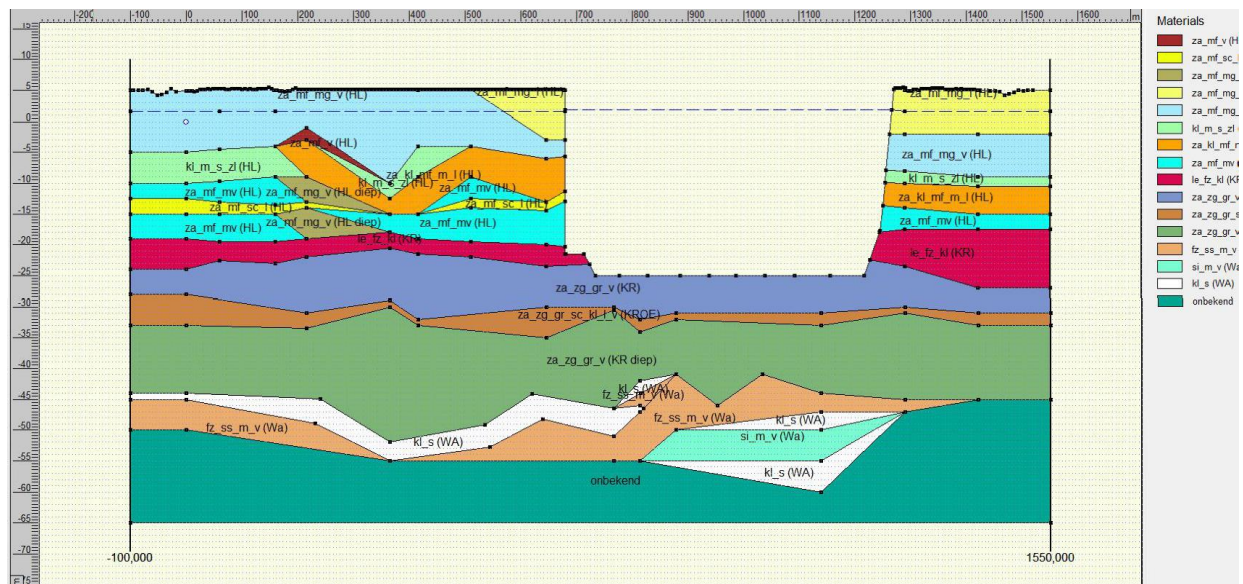
Op 650m afstand van het intredepunt is een bestaande grondkerende constructie aanwezig met een rij van de trekpalen (de grondkerende constructie is in blauw getekend en een rij van de trekpalen is in paars getekend). De 2 grondprofielen die uit de kanaalbodem tot het maaiveld uitsteken zijn de boringen die voor de aanleg van de Yangtze haven zijn gemaakt. De overige boringen zijn in de Yangtze haven gemaakt maar hebben een zeebodemdiepte die afwijkt van het ontwerpprofiel.



3.4 Schematisering van grondlagen t.b.v. ontwerpberekening

In Figuur 3.3 is de schematisering van de grondlagen ten behoeve van de ontwerpberekening weergegeven. De schematisering is met behulp van het programma D-Geopipeline (v.16) gemaakt. Er is voldoende grondonderzoek beschikbaar langs de geplande boorlijn. Van de grondlagen onder NAP-45 m zijn minder onderzoeksgegevens beschikbaar.

In de bovenste grondlagen van de Formatie van Waalre worden klei fijn zand en silt aangetroffen op enkele locaties. De einddiepte van deze lagen is onbekend.



Figuur 3.3 Schematisering van grondlagen in D-Geopipeline

Tabel 3.2 toont de benaming van de grondlagen gebruikt in de schematisering. De benamingen van de grondlagen refereren aan de langsdoorsnede met de geschematiseerde grondlagen (Figuur 3.3).

Tabel 3.2 Benaming grondlagen gebruikt in D-Geopipeline

#	Materiaalnaam*	Beschrijving**
1	klei, m_t_s (HL)	klei, matig tot stijf (Holoceen)
2	zand, mf_mg, l (HL)	zand matig fijn tot matig grof los gepakt (Holoceen)
3	zand, mf_mg, v (HL)	zand matig fijn matig vast gepakt (Holoceen)
4	zand, mf_sc_l (HL)	zand matig schelpenresten los gepakt (Holoceen)
5	klei, m_s_zl (HL)	klei, matig tot stijf met zandlaagjes (Holoceen)
6	zand, mf_v (HL)	zand matig fijn vast gepakt (Holoceen)
7	zand, mf_mv (HL)	zand matig fijn matig vast gepakt (Holoceen)
8	zand, kl_mf_m_t_l (HL)	zand met kleilaagjes matig fijn matig tot los gepakt (Holoceen)
9	leem, fz_kl (KR)	leem, fijn zand en kleilaagjes (Kreftenheye)
10	zand, zg_g_v (KR)	zand zeer grof grindlagen, vast gepakt (Kreftenheye)
11	zand, zg_g_sc_kl_l_v (KR_O/E)	zand zeer grof grindlagen schelpen en kleiinsluitingen, los tot vast gepakt (Kreftenheye, laagpakket van Ockenburg/Eem)
12	klei, s (WA)	klei stijf (Waalre)
13	fz_ss_m_v (WA)	fijn zand sterk siltig matig tot vast gepakt (Waalre)
14	si_m_v (WA)	silt matig tot vast gepakt (Waalre)

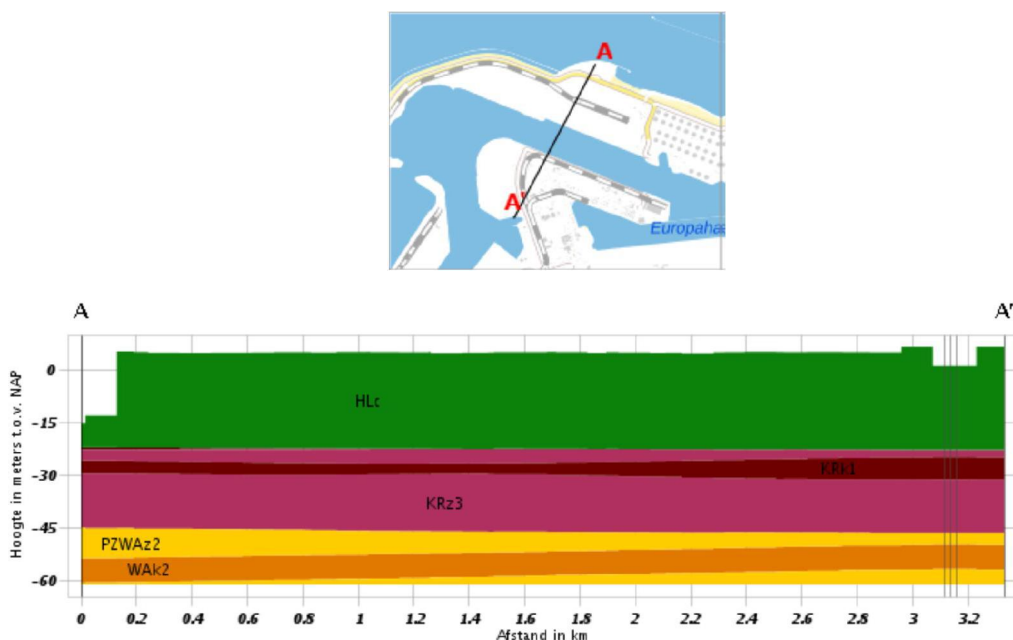
*materiaalnaam gebruikt in D-Geopipeline.

**benaming van grondlagen met de geologische eenheid gebruikt in het profiel van de te doorboren grondlagen (Figuur 3.2).

4 Geohydrologie

4.1 Algemeen

Figuur 4.1 laat de geohydrologische toestand ter plaatse van de Maasvlakte zien. De grondopbouw langs de doorsnede volgt uit het REGIS model van het Dino loket dat door TNO wordt beheerd. De zandlagen van de Formatie van Kreftenheye (KRz3) en bovenste laag van de Formatie van Waalre (PZWaz2) vormen het eerste watervoerende pakket.



Figuur 4.1 Geohydrologische situatie in Maasvlakte (bron: REGIS II v2.2, dinoloket)

4.2 Freatische grondwaterstand

Er zijn freatische grondwaterstanden in boringen gemeten [3]. Tabel 4.1 geeft een overzicht van de metingen nabij de geplande HDD. De maximale freatische grondwaterstand bedraagt NAP+2,5m. De freatische grondwaterstand wordt niet direct bepaald door de waterstand op zee.

Tabel 4.1 Freatische grondwaterstand gemeten in de boringen [3]

Boringen	Bovenkant [m-NAP]	Freatische grondwaterstand [m-NAP]	Meetjaar
B1	+4,74	+1,5	2010
B1001	+4,86	+1,56	2016
B1006	+5,03	+0,35	2016
B1007	+4,67	+1,39	2016
HB-4	+4,82	+2,1	2011
HB-3	+4,96	+2,5	2011
HB-2	+4,93	+1,75	2011
B105	+5,33	+0,63	2017

4.3 Stijghoogte in het eerste watervoerende pakket

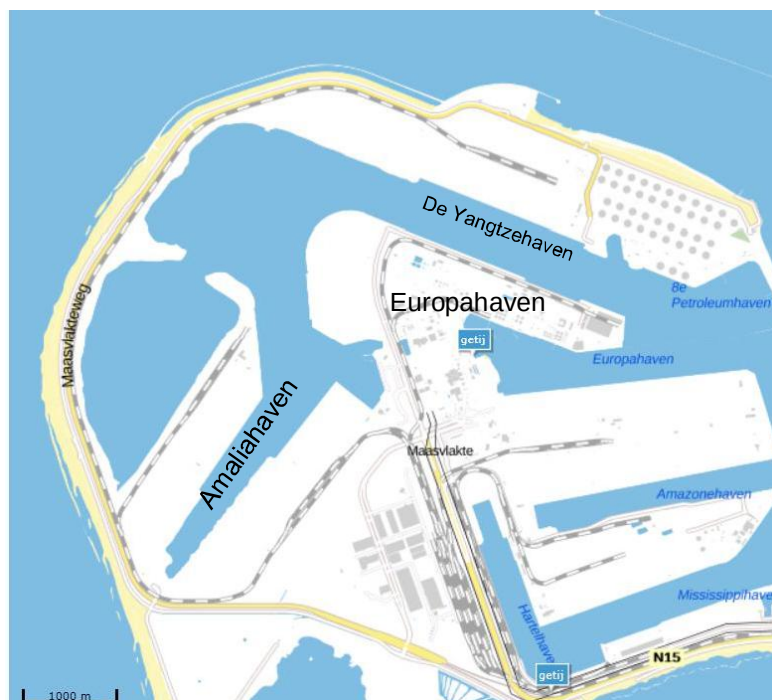
Er zijn ook grondwaterstanden van het eerste watervoerende pakket gemeten [3]. Tabel 4.2 geeft een overzicht van de metingen nabij de geplande HDD. De maximale stijghoogte bedraagt NAP+0,56m. De stijghoogte wordt sterk beïnvloed door de waterstand op zee.

Tabel 4.2 Stijghoogte van het eerste watervoerende pakket gemeten in de boringen [3]

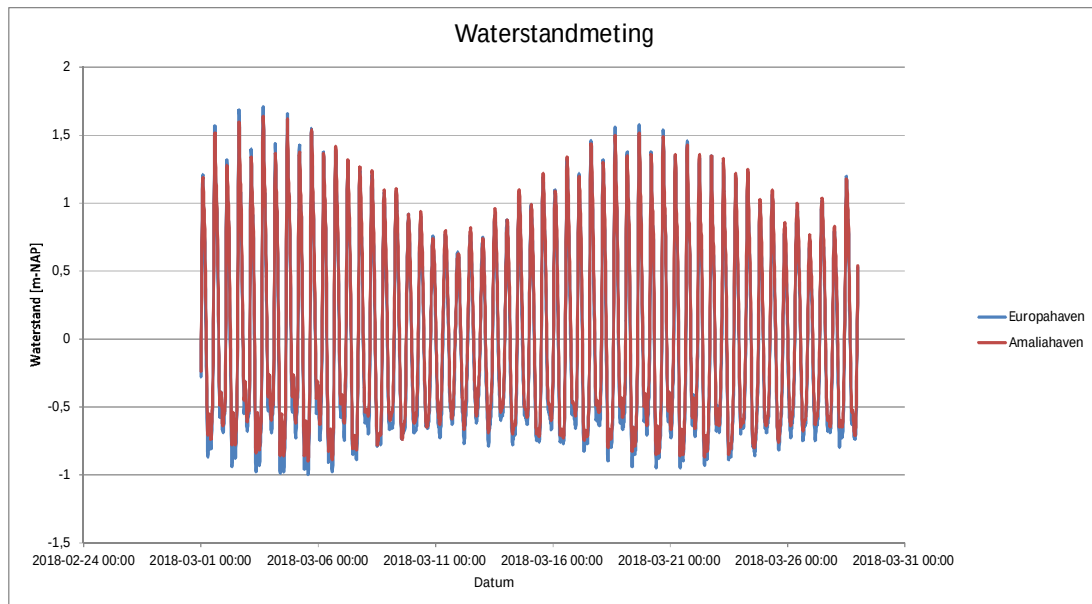
Boringen	Bovenkant [m-NAP]	Grondwaterstand 1 ^{ste} wvp [m-NAP]	Meetjaar
B1001	+4,86	+0,56	2016
B1006	+5,03	+0,08	2016
B1007	+4,67	+0,16	2016

4.4 Waterstand in de Yangtze haven

Waterstand metingen in de Yangtze haven zijn niet beschikbaar. Daardoor is de waterstand in de Yangtze haven bepaald op basis van de metingen op twee locaties: Europahaven en Pr. Amaliahaven (zie Figuur 4.2). Figuur 4.3 laat de metingen zien op deze twee locaties tussen 1 maart en 28 maart 2018. De hoogste waterstand in deze periode is NAP+1,75m.



Figuur 4.2 Twee meetlocaties waarvan de waterstand in De Yangtzehaven is bepaald (bron: <https://www.rijkswaterstaat.nl/water/waterdata-en-waterberichtgeving/waterdata/getij>)



Figuur 4.3 Waterstandmeting bij Europahaven en Amaliahaven (Maasvlakte) tussen 1 en 28 maart 2018.

4.5 Grondwatersamenstelling

In het eerste watervoerende pakket onder de kanaalbodem van de Yangtze haven is zout grondwater met het chloridegehalte meer dan 1000 mg/L aanwezig. Uit de chemische analyse metingen volgt de bandbreedte van het chloridegehalte. Dit gehalte varieert tussen 1400 tot 1600 mg/L [3].

In de bovenste grondlagen is door de infiltratie van neerslag zoet water aanwezig. Door overgang tussen zout en zoet grondwater bevindt zich ongeveer op NAP-10 m. Beneden dit niveau neemt het zout gehalte toe.

Het grondwater langs de boorlijn is dus zout (meer dan 1000 mg Cl/L). Het volumegewicht van het grondwater bedraagt 10,05 à 10,10 kN/m³ (dichtheden 1025 kg/m³ à 1030 kg/m³).

4.6 Samenvatting

In het algemeen ligt de freatische grondwaterstand hoger dan de stijghoogte van het eerste watervoerende pakket. De stijghoogte wordt voor een groot deel bepaald door de waterstand op zee. De freatische grondwaterstand wordt voor een groot deel bepaald door infiltratie van neerslag.

Aangezien de omstandigheden tijdens de uitvoering van de horizontaal gestuurde boringen niet te voorspellen zijn wordt uitgegaan van ongunstige omstandigheden met een hoge grondwaterstand. Voor de berekening is de waterstand in de Yangtze haven op NAP+1,75 m aangehouden. Aan de landzijden in de richting van het intredepunt en uitrede punt van de boring is de freatische waterstand gehanteerd. De freatische waterstand bedraagt maximaal NAP+2,5m.

Aangeraden wordt bij de uitvoering het minimale niveau van de statische boorvloeiستفدرك met een veiligheid vast te stellen op basis van een grondwaterdruk van tenminste NAP+3,5 m.

5 Uitgangspunten

5.1 Algemeen

In dit hoofdstuk zijn de uitgangspunten die relevant zijn voor de ontwerpberekeningen beschreven.

5.2 Grondeigenschappen

Tabel 5.1 toont de grondparameters van de schematiseerde grondlagen voor de berekeningen. De grondeigenschappen zijn bepaald op basis van het resultaat van de laboratoriumproeven uit de grondonderzoeksrapportage [3] en uit NEN 9997-1:2016 tabel 2a [5] afgeleid.

Tabel 5.1 Grondparameters gebruikt in de berekening

Materiaalnaam	γ_n [kN/m ³]	γ_{vz} [kN/m ³]	c' [kPa]	ϕ' [°]	E [MPa]
klei, m_t_s (HL)	17	17	5	17,5	2
zand, mf_mg, l (HL)	18	19	0	30	15
zand, mf_mg, v (HL)	18	19	0	32,5	15/35*
zand, mf_sc_l (HL)	18	19	0	30	25
klei, m_s_zl (HL)	16	16	5	22,5	5
zand, mf_v (HL)	19	20	0	35	20
zand, mf_mv (HL)	19	20	0	32,5	35
zand, kl_mf_m_t_l (HL)	16	17	5	30	30
leem, fz_kl (KR)	18	18	5	25	5
zand, zg_g_v (KR)	19	20	0	37,5	50/100*
zand, zg_g_sc_kl_l_v (KR_O/E)	19	20	0	35	65
klei, s (WA)	19	19	5	27,5	20
fz_ss_m_v (WA)	19	20	0	32,5	50
si_m_v (WA)	19	20	0	30	40

*diep en ondiep gelegen grondlaag

Tabel 5.2 toont het poriëngehalte van de geschematiseerde grondlagen voor het zandgehalte berekeningen. De poriëngehalten zijn bepaald aan de hand van laboratoriumproeven.

Tabel 5.2 Poriën gehalten gebruik in de berekening

Materiaalnaam*	n [-]	Informatie
klei, m_t_s (HL)	0,5	-
zand, mf_mg, l (HL)	0,45	Overgenomen van [4]
zand, mf_mg, v (HL)	0,4	Uit B1002 [3]
zand, mf_sc_l (HL)	0,4	Uit B1002 [3]
klei, m_s_zl (HL)	0,55	Uit B1001 [3]
zand, mf_v (HL)	0,4	Uit B1002 [3]
zand, mf_mv (HL)	0,4	Overgenomen van [4]
zand, kl_mf_m_t_l (HL)	0,63	Overgenomen van [4]
leem, fz_kl (KR)	0,55	Overgenomen van [4]
zand, zg_g_v (KR)	0,4	Overgenomen van [4]
zand, zg_g_sc_kl_l_v (KR_O/E)	0,43	Overgenomen van [4]
klei, s (WA)	0,42	Overgenomen van [4]
fz_ss_m_v (WA)	0,4	-
si_m_v (WA)	0,4	-

5.3 Uitvoering van de horizontaal gestuurde boringen

Bij de uitvoering van de horizontaal gestuurde boringen is het aangenomen dat de leiding vanaf de landzijde ten zuiden van het uittredepunt zal worden ingetrokken. De pilootfase wordt van het intredepunt naar het uittredepunt uitgevoerd. Het door TenneT aangegeven finale boorgat diameter is 1320 mm. Het is aan te raden om minimaal drie keer te ruimen tussen de pilootfase en de intrekfase van de mantelbuis. Vanwege de kans op grof materiaal is een cleaning run met een bucket reamer en barrel een risico reducerende fase in het boorproces. In Tabel 5.3 zijn de geadviseerde boorfases beschreven.

Tabel 5.3 Boorfases

#	Fase	BHA**
1	Piloot	Boorpijp 6 ⁵ / ₈ " met een 14 ³ / ₄ " boorbit
2	Ruimen tot 32"	Boorpijp 6 ⁵ / ₈ " met een 32" ruimer
4	Ruimen tot 44"	Boorpijp 6 ⁵ / ₈ " met een 44" ruimer
5	Ruimen tot 52"	Boorpijp 6 ⁵ / ₈ " met een 52" ruimer
6*	Cleaning run	Boorpijp 6 ⁵ / ₈ " met bucket reamer en barrel
7	Intrekken met barrel	Boorpijp 6 ⁵ / ₈ " met een barrel

* Deze fase is niet meegenomen in de risico analyse, maar wordt geadviseerd uit te voeren

**Bottom hole assembly

5.4 Uitgangspunten voor de ontwerpberekeningen van de HDD boringen

Hieronder zijn de uitgangspunten voor de berekeningen beschreven. De uitgangspunten van de HDD boring zijn de volgende:

- Geometrie van boorlijn [2]:
 - Intredehoek 12° en uittredehoek 13° .
 - Neergaande bochtstralen (R_v = verticale bochtstraal 1750 m, R_h = horizontale bochtstraal 2500 m en R_c = gecombineerde bochtstraal 1434 m): R_v = 1750 m (tussen 79,23 m en 189,8 m van intredepunt), R_c = 1434 m (R_v = 1750 m en R_h = 2500m, tussen 189,8 m en 378,3 m van intredepunt) en R_v = 1750 m (tussen 378,3 m en 443,1 m vanaf intredepunt).
 - Opgaande bochtstralen (R_v = verticale bochtstraal 1750 m, R_h = horizontale bochtstraal 2500 m en R_c = gecombineerde bochtstraal 1434 m): R_v = 1750 m (tussen 986,5 m en 1091,5 m vanaf intredepunt), R_c = 1222 m (R_v = 1750m en R_h = 2500m, tussen 1091,5 m en 1380,1 m van intredepunt) en R_v = 1750 m (tussen 1380,1 m en 1397,3 m vanaf intredepunt).
 - Diepste ligging: NAP-50m.
 - Bochtstraal bij het intrekpunt op de rollers = 1750 m.
 - Productpijp: 40" stalenleiding (1016 mm) met een wanddikte van 16 mm en een staalkwaliteit van St. 52 (yieldspanning 350 MPa).
 - Boorgat diameter: 1320 mm (52").
- Boorvloeistof:
 - Maatgevende van de retourstroming (tijdens het boren):
 - Volumegewicht = $11,1 \text{ kN/m}^3$ (dichtheid = $1131,5 \text{ kg/m}^3$).
 - Plastische viscositeit = 0,014 Pa.s.
 - Zwichtpanning = 14 Pa.
- Debieten (retourflow) volgens de onderstaande Tabel 5.4.

Tabel 5.4 Debieten bij boorfases

#	Fase	Retourflow [liter/min]
1	Piloot	1500
2	Ruimen tot 32"	2000
3	Ruimen tot 44"	2000
3	Ruimen tot 52"	2000
4	Intrekken	1800

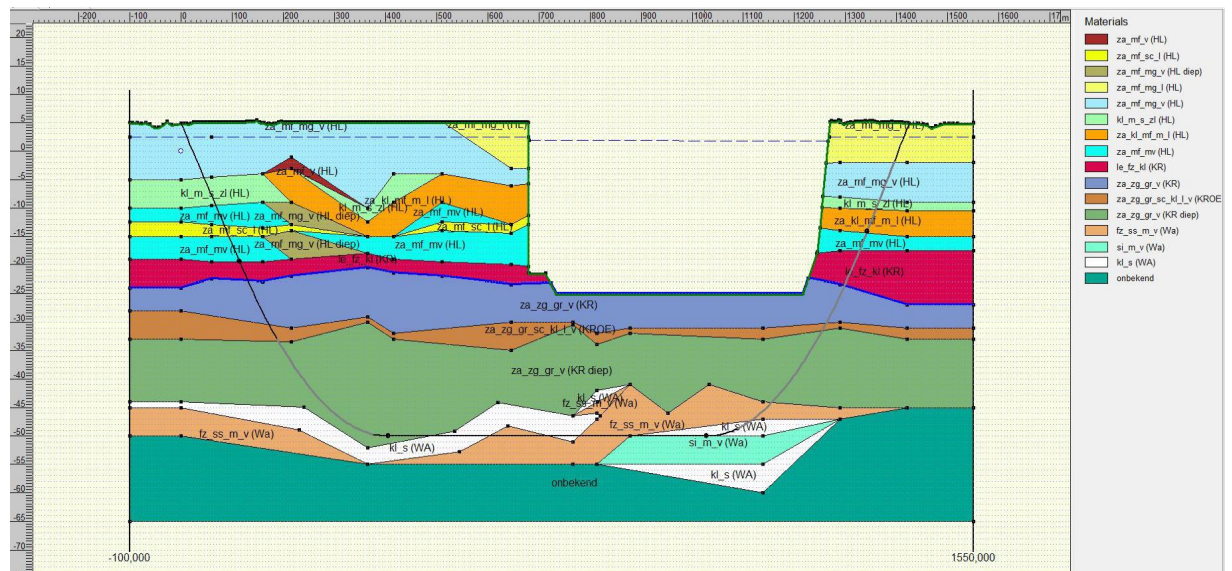
- Wrijvingscoëfficiënten volgens NEN 3650-1:2012 voor het bepalen van trekkracht [6]:
 - Tussen roller en pijp (f_1) = 0,10.
 - Tussen pijp en boorvloeistof (f_2) = 50 Pa
 - Tussen pijp en grond (f_3) = 0,20.
- Overige:
 - Volumegewicht van zeewater = $10,1 \text{ kN/m}^3$ (dichtheid = 1030 kg/m^3).
 - Droge dichtheid van gronddeeltjes in de boorvloeistof = 2650 kg/m^3 .

- In de Yangtze haven is uitgegaan van een (gemiddelde) hoge waterstand van NAP+1,75 m tijdens de boring.

6 Ontwerpberekeningen

6.1 Algemeen

De meeste berekeningen zijn met behulp van het programma D-Geopipeline uitgevoerd. In Bijlage B is het berekeningsrapport te vinden. In de onderstaande Figuur 6.1 is de boorlijn van de horizontaal gestuurde boring in een lengte doorsnede weergegeven (vloerpijp op NAP-50m).

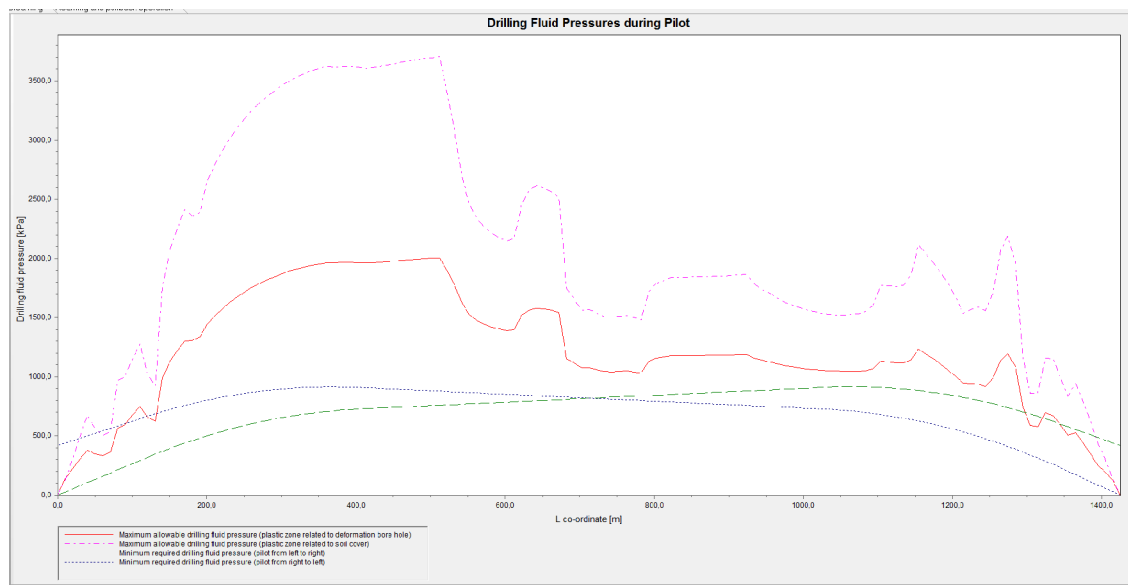


Figuur 6.1 Boorlijn voor ontwerpberekeningen

6.2 Boorvloeiستفدruken

Het resultaat van de berekeningen van maximaal toelaatbare druk tijdens de pilootfase is weergegeven in de onderstaande Figuur 6.1. De minimaal benodigde druk ($P_{\min}$) tijdens de pilootfase is eveneens weergegeven (zie de gestippelde groene lijn in Figuur 6.2).

De minimaal benodigde boorvloeiستفد in de pilootfase is maximaal na ruim 1200m boren. De locatie van de maximale boorvloeiستفد bevindt zich in de opgaande bocht. Bij het naar boven boren op ongeveer 40 m van het beoogde uittrede punt is er een risico op een blow out. De berekende minimaal benodigde boorvloeiستفد is dan hoger dan de berekende maximaal toelaatbare boorvloeiستفد. Hier zal in de uitvoering rekening mee moeten worden gehouden. Bij de laatste 150m boren van het uittredepunt is er een risico op het ontstaan van scheuren rondom het boorgat (zie rode lijn in Figuur 6.2). Dit kan leiden tot een extra verlies van boorvloeiستفد in de formatie.



Figuur 6.2 Boorvloeistofdrukken tijdens de pilootfase

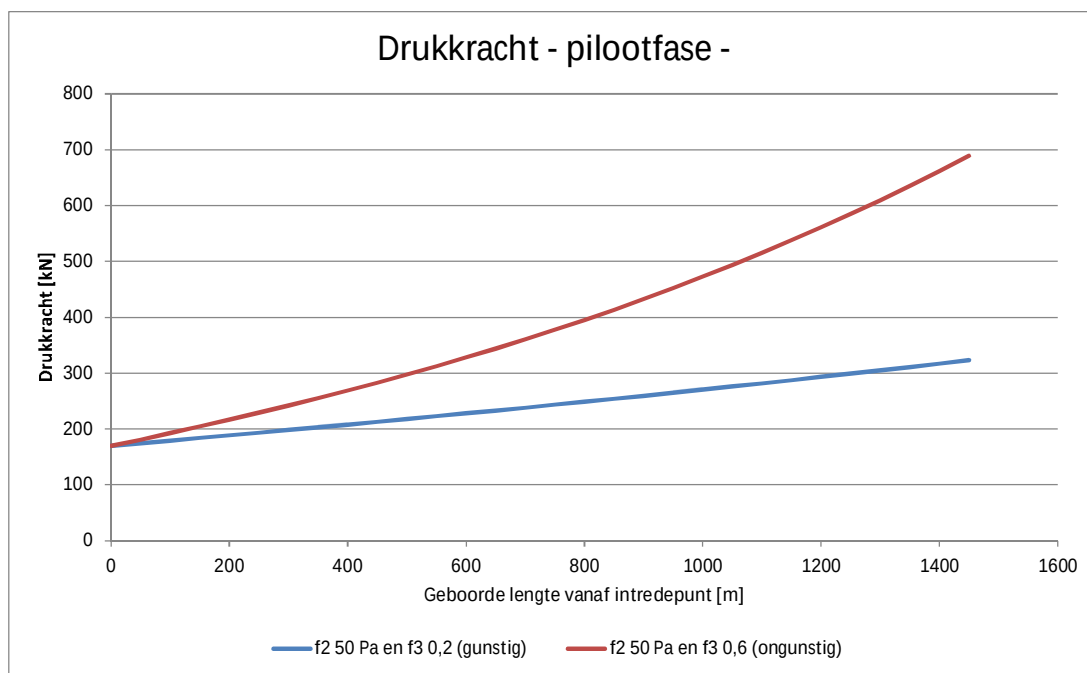
De berekende boorvloeistofdrukken tijdens het ruimen en intrekken van de leiding zijn weergegeven in Bijlage A. Deze drukken zijn toelaatbaar want de berekende minimaal benodigde boorvloeistofdruk is lager dan de maximaal toelaatbare boorvloeistof druk.

6.3 Torsie en drukkracht

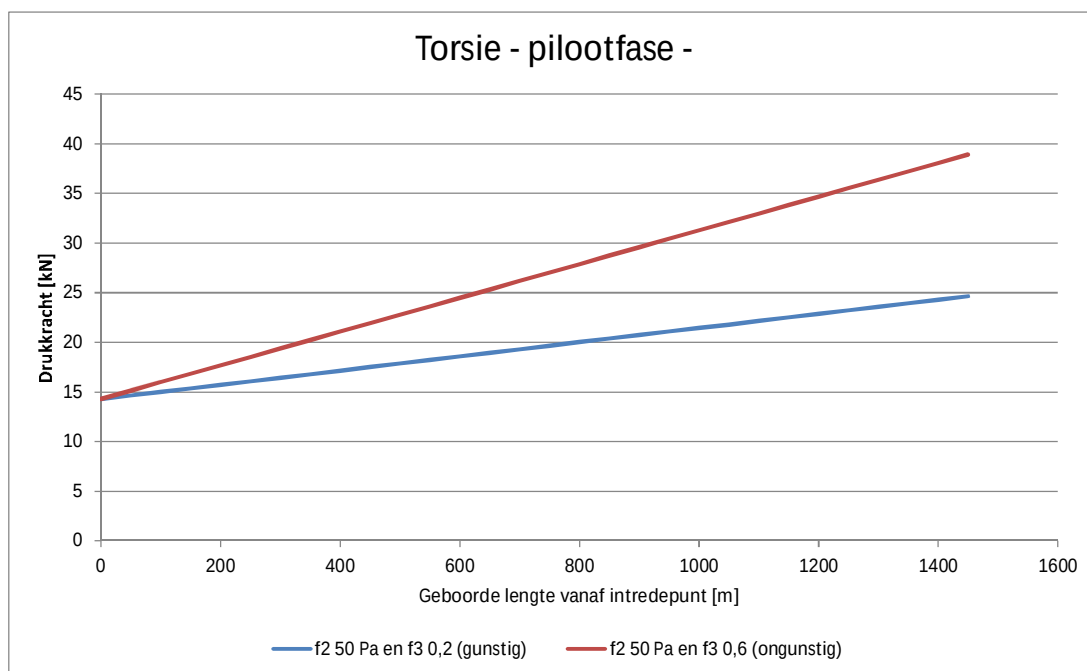
Bij het boren dient de boormachine torsiekrachten en drukkrachten over te brengen op de boorbuizen en de boorkop.

De torsie en drukkracht tijdens boren zijn berekend voor gunstige en ongunstige omstandigheden. Het onderscheid tussen gunstige en ongunstige omstandigheden houdt verband met de aangehouden wrijvingskracht. Normaliter worden berekeningen uitgevoerd met een wrijvingsconstante tussen buis en omgeving (grond) van 0,2. Dit wordt gezien als een gunstige omstandigheid. Volgens ervaringen met grote projecten blijken echter ook ongunstige omstandigheden maatgevend te kunnen zijn. Uit de evaluatie van metingen uit de praktijk blijkt dat in een ongunstige situatie (waarbij de boorbuis in boorgatwand zakt door de ingestorte grond) een wrijvingscoëfficiënt van 0,6 aangehouden moet worden.

De resultaten van de berekeningen zijn in Figuren 6.3 en 6.4 weergegeven.



Figuur 6.3 Drukkracht pilootfase



Figuur 6.4 Torsie pilootfase

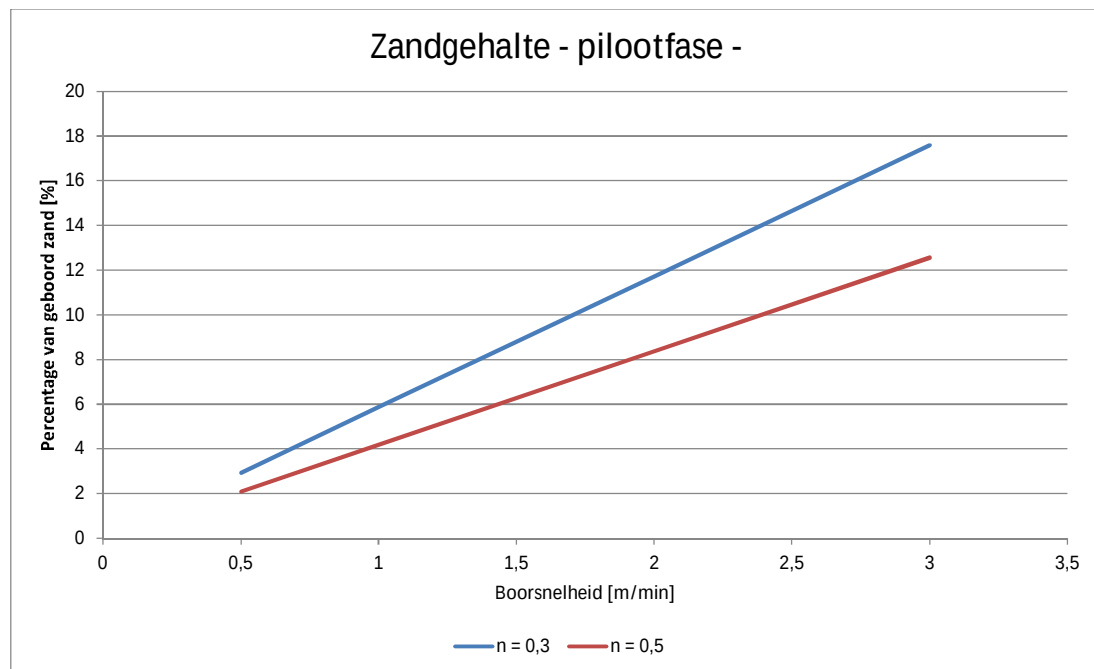
Uit de bovenstaande figuren blijkt dat onder normale omstandigheden bij een stabiel boorgat zowel de te verwachten drukkracht als de torsie relatief gering zijn. De verwachten maximale drukkracht ligt tussen 300 en 700 kN. De te verwachten maximale torsie ligt tussen 25 en 40 kNm.

Bij het ruimen zijn de torsie krachten naar verwachting iets hoger dan bij de pilot boring. Voor ruimen naar een 52" boorgat wordt bij gunstige omstandigheden een maximale torsie van 45 kNm verwacht, terwijl bij ongunstige omstandigheden de berekende maximale torsie 65 kNm bedraagt.

6.4 Voortgangssnelheid

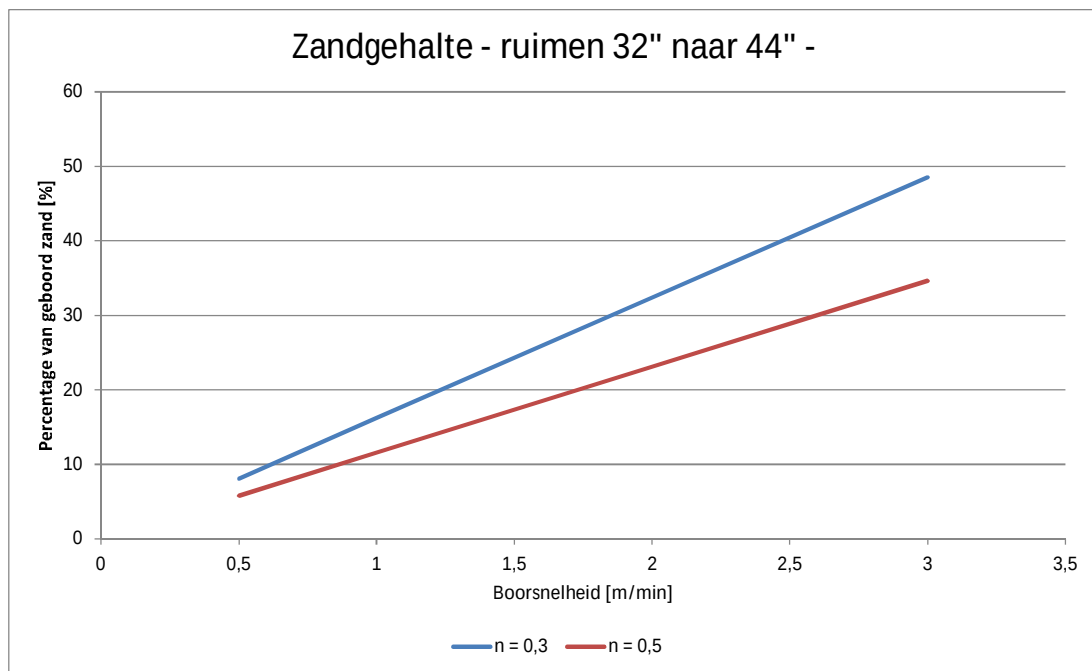
De maximale voortgangssnelheid bij het boren is gerelateerd aan het boorproces. De voortgangssnelheid moet worden gerelateerd aan het debiet van de boorvloeistof en de hoeveelheid los geboord materiaal daarin.

De voortgangssnelheid bepaalt de volgende eigenschappen van retourstroming: dichtheid (ρ), plastisch viscositeit (μ) en zwichtspanning (τ). De boorvloeistof wordt dikker en stijver wanneer deze met grond vermengd raakt tijdens het boren. De mate waarin dit optreedt, is afhankelijk van de boorsnelheid of voortgangssnelheid (v), volume van ontgraven grond en het debiet van de retourstroming (Q). De concentratie van gronddeeltjes en zandkorrels (zandgehalte) in de retourstroming mag niet te groot worden.



Figuur 6.5 Zandgehalte in relatie tot de voortgangssnelheid bij de pilootfase

Uit de bovenstaande Figuur 6.5 volgt dat tijdens de pilootfase een boorsnelheid van ongeveer 2 m per minuut een zandgehalte oplevert van ca 10%. Bij een gehalte lager dan 10% zijn de eigenschappen van de boorvloeistof over het algemeen voldoende om goed te kunnen stromen en de losgeboorde grond te transporteren.



Figuur 6.6 Zand gehalte in relatie tot de voortgangssnelheid bij de ruimenfase van 32" naar 44"

Bij het ruimen komt vanzelfsprekend meer grond in de boorvloeistof per meter voortgang. Uit de bovenstaande Figuur 6.6 volgt dat tijdens het ruimen van een 32" boorgat naar een 44" boorgat een boorsnelheid van ongeveer 0,5 m per minuut een zandgehalte oplevert van minder dan 10%. Bij een gehalte lager dan 10% zijn de eigenschappen van de boorvloeistof over het algemeen voldoende om goed te kunnen stromen en de losgeboorde grond te transporteren.

6.5 Transportcapaciteit van de boorvloeistof

Om de transportcapaciteit van de boorvloeistof te beoordelen, moet worden bepaald welke maximale korreldiameter door de boorvloeistof kan worden afgevoerd op basis van de zwichtspanning van de boorvloeistof. De maatgevende korreldiameter (in dit geval d_{90}) van de grond mag niet groter zijn dan de berekende waarde om in de retourstroming te kunnen worden afgevoerd.

Uit de inventarisatie van de korrelgrootte verdelingen volgt dat er grind is aangetroffen. Grind wordt met name aangetroffen in de afzettingen van de Formatie van Kreftenheye. Er is een maximaal grind percentage in een van de grondmonsters aangetroffen van 6%. Het is echter bekend dat lokaal een veel hoger grindpercentage kan worden aangetroffen langs de boorlijn. Het is aan te raden om rekening te houden met een grindgehalte van meer dan 25% tijdens het boren in de Formatie van Kreftenheye en bij het bepalen van de samenstelling van de boorvloeistof.

De diameters van de grindkorrels die zijn aangetroffen variëren. Uit een analyse van de d_{90} waarden van de beschikbare korrelgrootte verdelingen volgt een maximale waarde van 2 mm. Het is echter bekend dat lokaal er veel grotere grindkorrels voorkomen in de grondlagen van het boor tracé.

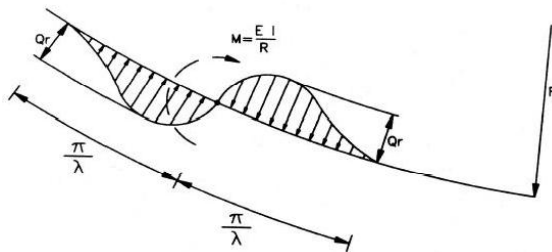
Bij het uitwerken van het boorplan en de engineering van de boorvloeistof kan worden getracht een aanzienlijk percentage van het grind uit het boorgat te verwijderen door retourstroming. Het mag duidelijk zijn dat er een significant deel van het grind in het boorgat zal achterblijven. Bij de keuze van de boorgatdiameter dient hiermee rekening te worden gehouden.

6.6 Stuurbaarheid

Voor de uitvoering van de pilotboring wordt voorgesteld om te boren met een jetbit om een juiste bochtstraal te kunnen realiseren. Bij het jetbit is de boorkop voorzien van een "bend-sub". Hiermee kan de boring in alle richtingen worden gestuurd tijdens het boorproces in de ondergrond. Als uitgangspunt is genomen dat een universeel (standaard) bit wordt toegepast omdat door grondlagen met verschillende eigenschappen heen moet worden geboord.

Als rechttuit geboord dient te worden, moet het bit om de as (axiaal) van de boorlijn draaien. Als een bocht gemaakt moet worden wordt het bit in een bepaalde stand gezet en door de gronddruk tegen het bit gaat de boorkop de bocht in. Door de stijfheid van de boorstangen zal de boorkop de neiging hebben om rechtdoor te gaan in een bocht. De boorstangen en boorkop oefenen daardoor een bepaalde druk uit op de ondergrond in het boortracé en de grond geeft een tegendruk. In Figuur 6.7 is dit schematisch weergegeven voor de boorstangen.

Als de kracht die het bit op de grond uitoefent, te groot wordt, verliest de grond haar stabiliteit en bezwijkt. In dat geval kan de grond de reactiekracht niet meer leveren om de boorkop sturing te geven. De boorkop duwt dan de grond onder het bit weg en de kop gaat rechtdoor, waardoor de gewenste bocht kan worden gemaakt en de pilotboring zal afwijken van de geplande boorlijn.



Figuur 6.7 Grondreactie ten gevolge van stijfheid boorstangen in bocht

De boorstangen hebben een bepaalde oppervlakte waarover de kracht ten gevolge van de stijfheid wordt gespreid. Deze druk kan voor de boorstangen worden berekend met behulp van de volgende formule:

$$Q_{r, \text{boorst.}} = k_v * y = \frac{0,322 \lambda^2 * EI}{D_0 * R}$$

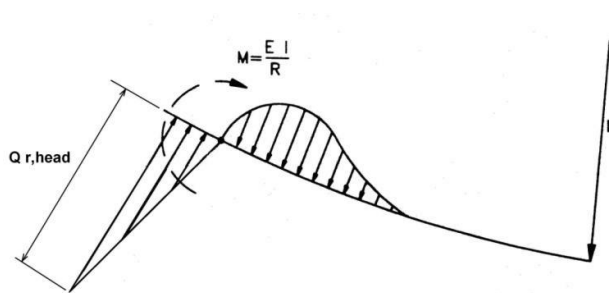
met:

$$\lambda = \sqrt[4]{\frac{k_v * D_0}{4 * EI}}$$

Hierin is:

- $Q_r =$ maximale grondreactie aan het einde van de bocht [N/mm²]
- $\lambda =$ slingerlengte [m⁻¹]
- $k_v =$ verticale beddingsconstante [N/mm³]
- $y =$ maximale verplaatsing van de boorstangen [mm]
- $EI =$ buigstijfheid van de boorstangen [Nmm²]
- $R =$ bochtstraal [mm]

De boorkop bevindt zich aan het uiteinde van de boorstangen en reageert net iets anders dan de boorstangen. Dit is weergegeven in Figuur 6.8. De druk die het bit op de ondergrond uitoefent ten gevolge van de stijfheid van de boorstangen en de ingezette bocht is groter dan ter hoogte van de doorgaande boorstangen. In Figuur 6.8 is de drukverdeling weergegeven.



Figuur 6.8 Grondreactie van de boorkop in een bocht

De slingerlengte bij de boorkop wordt in het gebruikte ontwerpprogramma D-GEO-Pipeline uitgerekend (uitgaande van een buitendiameter van de boorbuizen van 0,168 mm en een wanddikte van 8,4 mm). Voor de druk (maximale grondreactie) ter hoogte van de boorkop is de volgende formule toegepast:

$$\frac{Q_{r;boorkop}}{Q_{r;boorst.}} = \frac{2}{0,322} = 6,2$$

De oppervlakte van het bit aan de boorkop zorgt ervoor dat het bit een druk op de ondergrond uitoefent van = 315 kPa.

De draagkracht van de grond onder het bit (in een gedraineerde situatie voor zandgrond) is bepaald met behulp van de volgende formule:

$$F_{r;v;d} = \sigma'_{\max;d} * A'$$

Waarbij:

$$\sigma'_{\max;d} = c'_{gem;d} * N_c * s_c * i_c + \sigma'_{v;z;d} * N_q * s_q * i_q + 0,5 * \gamma_{gem;d} * b' * N_\gamma * s_\gamma * i_\gamma$$

Hierin is:

- $F_{r,v;d}$ = rekenwaarde van de draagkracht loodrecht op het funderingsoppervlak [kN].
- $\sigma'_{\max;d}$ = rekenwaarde v.d. funderingsdruk op het effectieve funderingsoppervlak [kPa].
- A = effectieve funderingsoppervlak m^2 .

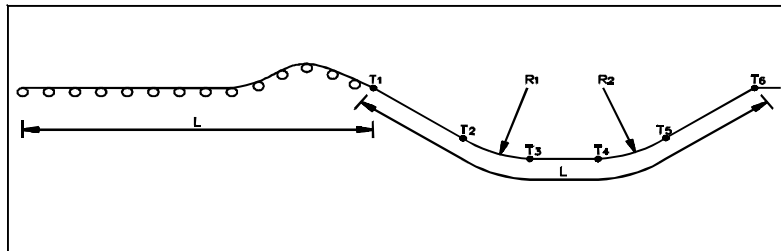
Uit de berekeningen volgt dat bij een oppervlakte van een bend-sub bij uitvoering van $0,14 m^2$ de draagkracht van de grond minimaal 1165 kPa bedraagt. Er is in dat geval voldoende stuurcapaciteit om een juiste bochtstraal te kunnen boren.

6.7 Trekkraft

Tijdens het intrekken van de waterleiding door het boorgat ondervindt de leiding een wrijving die (conform NEN 3651-1:2016) is opgebouwd uit:

- Wrijving tussen leiding en zeebodem en/of equipment (f1)
- Wrijving tussen leiding en boormoeistof (f2)
- Wrijving tussen leiding en grond. (f3).

Tijdens het intrekken van de leiding door het boorgat ontstaat een trekkraft in de kabel. Op geselecteerde punten in het boortracé volgens Figuur 6.9 zijn de trekkrachten berekend.



Figuur 6.9 Schema trekkraftberekening

De maximale trekkraft zonder de volgens NEN 3651-1:2016 vereiste veiligheidsfactor is in Tabel 6.1 gegeven. De in de tabellen gepresenteerde waarden zijn verwachtingswaarden. In de sterkte berekeningen zal een veiligheidsfactor moeten worden toegepast. Er wordt door grindlagen geboord. De veiligheidsfactor voor de trekkraft bedraagt derhalve 2,0.

Tabel 6.1 Overzicht trekkraftberekeningsresultaten (exclusief veiligheidsfactor)

Punt	Lengte leiding in boorgat [m]	Trekkraft [kN] 0% gevuld met water	Trekkraft [kN] 100% gevuld met water	Trekkraft [kN] 65% gevuld met water
T1	0	566	566	566
T2	5	606	584	562
T3	402	1185	951	723
T4	1029	1608	1101	607
T5	1396	2209	1481	771
T6	1434	2271	1503	754

Indien het boorgat tijdens het ruimen voor de barrel instort of ter plaatse van de leiding die wordt ingetrokken, zullen de trekkrachten zeer sterk toenemen. In de hierboven vermelde

verwachtingswaarden voor de trekkracht is uitgegaan van een stabiel boorgat. In de hieronder beschreven resultaten van de sterkteberekeningen is geen rekening gehouden met het instorten van het boorgat over een bepaalde lengte.

6.8 Sterkteberekeningen van de leiding

Om te kunnen beoordelen of de optredende spanningen in de leiding tijdens de aanleg en in de gebruiksfase toelaatbaar zijn, is een sterkte berekening voor de leiding met het programma D-Geo Pipeline volgens NEN 3650 gemaakt.

Uit de berekeningen volgt dat voor de aan te leggen leiding voor alle spanningssituaties (belasting combinatie 1A tot en met 4) de spanningen toelaatbaar zijn (Tabel 6.2). Bij het intrekken worden de hoogste spanningen gevonden. Uit de berekeningen volgt tevens dat de deflectie van alle leidingen ook toelaatbaar is.

Belasting combinatie 2 is niet berekend omdat de inwendige druk niet relevant is (mantelbuis voor elektriciteitskabels)

Tabel 6.2 Resultaten sterkte berekeningen

	Toelaatbare spanning [N/mm ²]	1A [N/mm ²]	1B [N/mm ²]	2 [N/mm ²]	3 [N/mm ²]	4 [N/mm ²]
Sigma_v	318,18	93	208			
Sigma_ptest	350			0		
Sigma_py	318,18			0		
Sigma_pm	350			0		
Sigma_vmax	540,91				362	362

Tabel 6.3 Resultaten sterkte berekeningen

Uit deze toetsingen blijkt dat de deflectie van de stalen leiding 17,4 mm bedraagt. Dit is een procentuele deflectie van 1,7% en is toelaatbaar.

Voor de resultaten van deze controle van de spanningen en toetsing op deflectie wordt verwezen naar het rapport D-Geo Pipeline in Bijlage A.

7 Risico's

7.1 Gerelateerd aan de te doorboren grondlagen

7.1.1 Losgepakt zand

Nabij het intredepunt is er een niet natuurlijke ondergrond van opgespoten materiaal. Dit zand kan lokaal zeer los gepakt zand zijn en op andere locatie matig tot vast gepakt. Bij een los gepakt zand zou het boorgat in kunnen storten. Voor de uitvoering van de horizontaal gestuurde boring de losgepakte zandlagen zijn een aantal risico's te onderscheiden:

- Vastlopen boorbit en/of ruimer door boorgatinstabiliteit
- Vastlopen leiding door boorgatinstabiliteit.

7.1.2 Fijn zand in Holocene toplagen

Fijn zand is gevoelig voor erosie door stromende boorvloeistof (door een geringe filtercake). Bij te snel boren of ruimen, in verhouding tot het afvoeren van losgeboorde en door erosie losgemaakte zanddeeltjes (hoe sneller de return flow hoe meer zand er wordt geërodeerd), zal de boorvloeistof opladen (toename van het zandgehalte). Met toename van het zandgehalte in de boorvloeistof veranderen de stromingseigenschappen van de boorvloeistof en het draagvermogen van de boorvloeistof.

Bij een te hoog zandgehalte neemt de boorvloeistofdruk toe en zal tevens niet al het materiaal uit het boorgat kunnen worden verwijderd, door een te gering draagvermogen. Er is dan een risico aanwezig op achterblijvend zand in de boorgang. Er zal dus extra aandacht moeten worden besteed aan de snelheid van het boorproces (in relatie tot het boorvloeistofdebiet) en de eigenschappen van de boorvloeistof. Een algemene maximale waarde van het zandgehalte van ca. 10% kan worden aangehouden.

De risico's die uit boren door een fijn zand voortkomen zijn:

- Vastlopen leiding of boorstreng door verzanden of instorten van de boorgang.
- Toename van de dichtheid van de boorvloeistof en afname van de stromingseigenschappen van de boorvloeistof.

7.1.3 Grof zand en grind

Grof zand is matig tot niet gevoelig voor de erosie door stromende boorvloeistof, maar kan door de hoge doorlatendheid een verlies van boorvloeistof veroorzaken. Bij boren in grof zand en grindlagen wordt de filtercake onvoldoende gebouwd rondom het boorgat en daardoor zal de boorvloeistof in het grof zand en grind stromen.

Zoals beschreven in hoofdstuk 3 komt in de afzettingen van de Formatie van Kreftenheye grind voor. De aangetroffen hoeveelheid grind is geen belemmering voor het uitvoeren van de boring. Een belangrijke kanttekening is dat niet kan worden uitgesloten dat er lokaal meer grind voorkomt.

Op basis van geologische kennis kunnen lokaal stenen en keien met afmetingen tot circa 0,25 meter voorkomen. In het laagpakket van Ockenburg van de Formatie van Kreftenheye kan zeer grof materiaal en een concentratie van schelpen en of grind met stenen worden aangetroffen.

De risico's die uit boren door een grindlaag met stenen voortkomen zijn:

- vastlopen van de pilotboring, voorruimoperatie of intrekken van de leiding;

- excessief boorvloeistof verlies gevolgd door instorten van het boorgat
- het grind is dermate grof dat het niet uit het boorgat kan worden getransporteerd. De omvang van de effectieve boorgang is hierdoor geringer
- grote ruimkrachten en torsiemomenten door een hoge schuifsterkte met een trage boorsnelheid tot gevolg;
- beschadiging van de leiding tijdens het intrekken van de leiding;
- hoge trekkrachten en kans op vastlopen tijdens het intrekken van de leiding.

Maatregelen om de bovengenoemde risico's te verkleinen zijn beschikbaar. Er zal een sterke leiding moeten worden toegepast die bestand is tegen contact met stenen en keien. Het voorkomen van stenen en keien die zich gedeeltelijk in het boorgat bevinden kan uit analyse van de krachten tijdens het ruimen en de pilotboring worden afgeleid.

Het niet uit het boorgat kunnen transporteren van het grind leidt tot een kleiner effectief boorgat. Door de zwichtspanning van de boorvloeistof te vergroten kan een groter aandeel aan grond uit het boorgat worden getransporteerd. Door een voldoende groot boorgat te maken is ruimte beschikbaar voor het intrekken van de leiding.

Aangezien er niet een grote hoeveelheid aan stenen en keien is te verwachten, wordt toepassing van een cleaning-run als een goede maatregel gezien om de risico's te verkleinen.

Bij een overmatig verlies van boorvloeistof kan het zetten van een "plug" worden overwogen.

7.1.4 Schelpen (laagpakket van Ockenburg)

In de Formatie van Kreftenheye kunnen aanzienlijke schelpenbanken voorkomen. Door de grote doorlatendheid van deze schelpen banken kan het transport van de boorvloeistof mogelijk problemen opleveren door verlies van boorvloeistof.

Voor de uitvoering van een horizontaal gestuurde boring in schelpenbanken is een risico te onderscheiden:

- vastlopen ruimer door verlies boorvloeistof.
- vastlopen leiding door verlies boorvloeistof

Het risico op vastlopen van de ruimer door slecht transport boorvloeistof wordt als klein ingeschat. Een mogelijke oplossing hiervoor is het afstemmen van de boorvloeistof op de aanwezigheid van schelpen.

7.1.5 Overgang Formatie van Kreftenheye en de Waalre Formatie

De afzettingen van de Waalre Formatie zijn, zoals in Hoofdstuk 3 beschreven, veel ouder dan die van de erop afgezette Formatie van Kreftenheye. In zulke omstandigheden komen vaak op en rond de grens van beide Formaties belangrijke veranderingen van geotechnische eigenschappen voor. Zulke veranderingen betreffen onder andere voorkomen van grind. Ook kunnen er op de grens stenen voorkomen.

De overgang tussen beide formaties kenmerkt zich in de sonderingen door een duidelijke afname van de conusweerstand, zodat mag worden verwacht dat er tijdens het boren een duidelijk verschil in weerstand is te verwachten.

De diepteligging van de grens tussen de Waalre Formatie en de Formatie van Kreftenheye is variabel en hangt meestal samen met erosie. Variaties in hoogteligging van mogelijk meer dan 5 meter worden op de locatie aangetroffen. In het lengteprofiel zijn twee geulsystemen weergegeven.

De risico's die uit boren langs deze overgang voortkomen zijn:

- Vastlopen leiding door een onregelmatige boorgang
- Toename van de spanningen in de leiding door bochten (tijdens intrekken en tijdens functioneren).

De combinatie van een onregelmatige overgang en het voorkomen van grind en stenen aan de basis van de Formatie van Kreftenheye leidt tot risico's voor het uitvoeren van een horizontaal gestuurde boring op het niveau van de overgang tussen beide Formaties. Keuze van een diepere of ondiepere ligging leidt tot een aanzienlijke reductie van de risico's.

7.1.6 Fijn zand en siltlagen in de Waalre Formatie

De afzettingen van de Waalre Formatie bestaan uit afzettingen die worden gedomineerd door fijne zanden afgewisseld met kleilagen. Ook siltlagen komen voor blijkt uit het onderzoek uitgevoerd ter plaatse van de Maasvlakte. Het is duidelijk dat naast cohesieve lagen met kleine korrelgroottes ook granulaire grondlagen met kleine korrelgroottes voorkomen. De silt fractie (2-63 μm) en de fijne zand fractie (63 - 210 μm) zijn dominant aanwezig.

Het voorkomen van deze fijne fractie leidt tot het onvoldoende vormen van een filter cake tijdens het boren. Deze gronden zijn erg gevoelig voor een doorgaande erosie van het boorgat en het opladen van de boorvloeistof.

De risico's die uit boren door deze grondlagen voortkomen zijn:

- Vastlopen leiding of boorstreng door verzanden of uiteindelijk instorten van de boorgang
- Toename van de dichtheid van de boorvloeistof en afname van de stromingseigenschappen van de boorvloeistof.

In tegenstelling tot het fijne zand in de Holocene grondlagen die verticaal worden doorboord is een ligging van de vloerpijp in de afzettingen van Waalre een veel groter risico. Het boren met een zogenaamde dikke boorvloeistof zonder optreden van flow aan de randen van het boorgat is een mogelijke maatregel om het risico te reduceren.

7.2 Gerelateerd aan het zout grondwater

Met het voorkomen van zout grondwater in de, te doorboren, grondlagen zal rekening moeten worden gehouden met samenstelling van de boorvloeistof. Zout water kan de boorvloeistof aantasten. Toepassing van een bentoniet suspensie als boorvloeistof zal leiden tot flocculatie van de boorvloeistof. Bij flocculatie is het risico op instorten van het boorgat aanwezig. Door het verdwijnen van de overdruk van de boorvloeistof zal het boorgat in niet cohesieve lagen instorten.

Er dient voldoende aandacht te worden besteed aan de samenstelling en de continue circulatie van de boorvloeistof. Het inzetten van de zogenaamde “weeper subs” is gezien de relatief hoge doorlatendheid van de te doorboren zandlagen (zout toevoer) een risico reducerende maatregel.

7.3 Gerelateerd aan grondwater en waterdruk

De stijghoogte in het watervoerende pakket bevindt zich onder het maaiveldniveau bij het intredepunt. Kwel kan niet optreden. Bij het uittredepunt zijn geen significante waterdrukverschillen tussen het vrije water en het poriënwater te verwachten. Kwel en opbarsten zullen daarom geen risico vormen.

7.4 Specifieke risico's voor de ligging van de vloerpijp op NAP-50 m.

Bij een keuze voor een diep gelegen boorlijn op NAP-50 m wordt gekozen voor een grotere diepte ligging dan bij eerder ter plaatse uitgevoerde horizontaal gestuurde boringen.

De specifieke grond gerelateerde risico's bij het doorboren van de Formatie grens en de fijn korrelige afzettingen van de Formatie van Waalre zijn in de onderstaande tabel weergegeven (Tabel 7.1).

Tabel 7.1 Overzicht specifieke risico's voor de vloerpijp op NAP-50 m.

Risico item	Eigenschappen	Effect boorproces	risico
Grens Formatie van Waalre en Formatie van Kreftenheye	Grove bestanddelen zoals grind en stenen	-Hoge weerstandskrachten op ruimer of leiding bij intrekken -Instorten van het boorgat door verlies boorvloeistof	-Voortijdig beëindigen ruimoperatie -voortijdig beëindigen intrekken leiding
	Stijfheid verschillen boven en onder de grens	-Moeilijk te sturen met onregelmatige boorlijn tot gevolg	-Voortijdig beëindigen intrekken leiding door hoge wrijving door bochten in de boorlijn
Formatie van Waalre	Fijn granulair materiaal	-Geen indringing in de formatie zodat geen filter cake rondom het boorgat kan worden gerealiseerd en er een continue "inregenen" c.q. micro boorgat instabiliteit optreed.	-Vastlopen van boorkop, ruimer of leiding bij intrekken door vergroting boorgat en aanzanding van het boorgat door slechte/geen afvoer van losgeboorde grond. -Hoge kosten bentoniet verbruik door het niet kunnen recycleren van de boorvloeistof
	Erosie gevoelig fijn materiaal	-Continue erosie van de boorgatwand bij het stromen van de boorvloeistof	-Vastlopen van boorkop, ruimer of leiding bij intrekken door vergroting boorgat en aanzanding van het boorgat door slechte/geen afvoer van losgeboorde grond -Hoge kosten bentoniet verbruik door het niet kunnen recycleren van de boorvloeistof
	Stijve klei lagen	-Langzame voortgang snelheid bij pilot boring en bij ruimen -Hogere weerstand bij intrekken leiding door extra wrijving	-Hogere kosten door langere uitvoeringsduur van de boring -Hogere trekkrachten bij intrekken

7.5 Kwantificering van de risico's

Het uitgewerkte overzicht van de risicoanalyse voor de horizontaal gestuurde boring is weergegeven in hoofdstuk 9. In dit hoofdstuk is de slagingskans van de voorgestelde horizontaal gestuurde boring met een vloerpijp op NAP-50 m beschreven.

Vanwege de risico's op het gekozen vloerpijp niveau van NAP-50 m is tevens een ontwerp berekening beschouwd op een niveau van NAP-41 m. De slagingskans van de horizontaal gestuurde boring met een vloerpijp op NAP-41 m is eveneens in hoofdstuk 9 beschreven.

8 Alternatieve boorlijn (vloerpijp op NAP-41m)

8.1 Algemeen

Zoals beschreven in het voorgaande hoofdstuk zijn de risico's bij het boren van de vloerpijp op NAP-50 m aanzienlijk. Bij een keuze van de vloerpijp op een niveau van NAP-41 m zijn de risico's minder groot. In dit hoofdstuk zijn de afwijkende ontwerpaspecten voor de alternatieve boorlijn met de diepste ligging op NAP-41m beschreven:

- Boorvloeiستفدرك berekeningen
- Trekkracht berekeningen
- Sterkteberekening leiding

8.2 Uitgangspunten

Hieronder zijn de uitgangspunten voor de berekeningen beschreven. De uitgangspunten voor de geometrie van boorlijn voor de aanleg met de vloerpijp op NAP-41m zijn door Deltares voorgesteld en wijken af van de uitgangspunten voor de aanleg met de vloerpijp op NAP-50m (hoofdstuk 5.4).

De uitgangspunten van de HDD boring zijn de volgende:

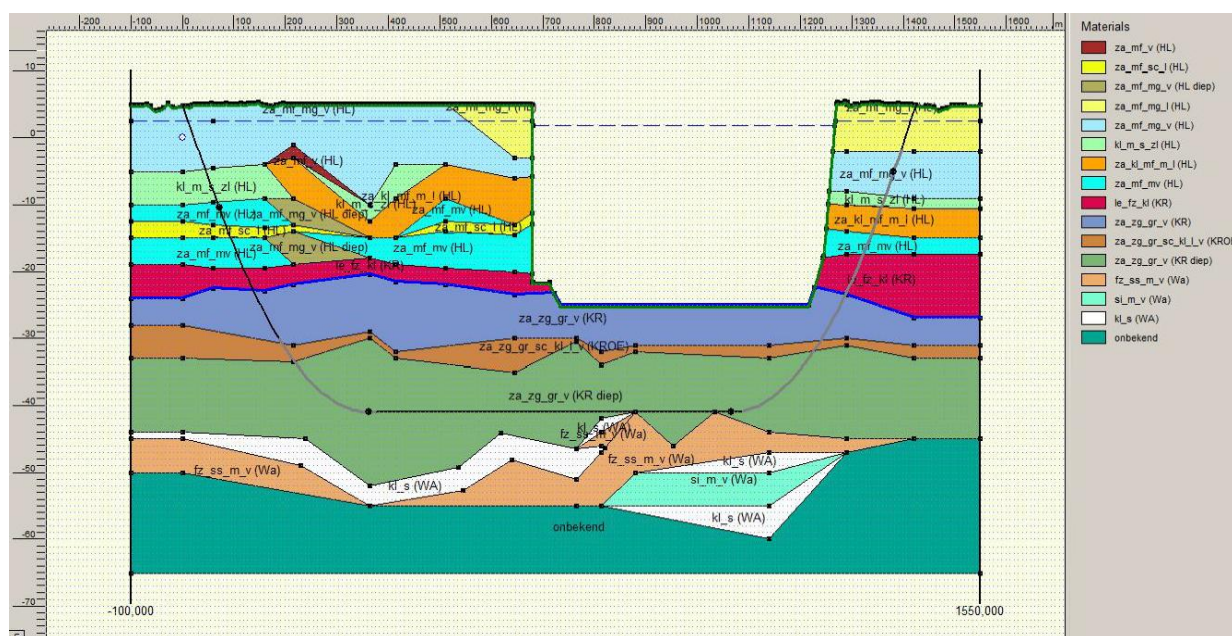
- Geometrie van boorlijn:
 - Intredehoek 12° en uittredehoek 13°.
 - Neergaande bochtstralen (Rv = verticale bochtstraal 1400 m, Rh = horizontale bochtstraal 2500 m en Rc = gecombineerde bochtstraal 1222 m): Rv = 1400 m (tussen 79,23 m en 189,8 m van intredepunt), Rc = 1222 m (Rv = 1400m en Rh = 2500m, tussen 189,8 m en 378,3 m van intredepunt) en Rv = 1400 m (tussen 378,3 m en 443,1 m vanaf intredepunt).
 - Opgaande bochtstralen (Rv = verticale bochtstraal 1400 m, Rh = horizontale bochtstraal 2500 m en Rc = gecombineerde bochtstraal 1222 m): Rv = 1400 m (tussen 986,5 m en 1091,5 m vanaf intredepunt), Rc = 1222 m (Rv = 1400m en Rh = 2500m, tussen 1091,5 m en 1380,1 m van intredepunt) en Rc = 1400 m (tussen 1380,1 m en 1397,3 m vanaf intredepunt).
 - Diepste ligging: NAP-41 m (i.p.v. de door TenneT voorgestelde diepte van NAP-50m om het boren in de fijne zand en silt lagen in de Formatie van Waalre te voorkomen).
 - Bochtstraal bij het intrekpunt op de rollers = 1400 m.
 - Productpijp: 40" stalenleiding (1016 mm) met een wanddikte van 16 mm en een staalkwaliteit van St. 52 (yieldspanning 350 MPa).
 - Boorgat diameter: 1320 mm (52").
- Boorvloeiستف:
 - Maatgevende van de retourstroming (tijdens het boren):
 - Volumegewicht = 11,1 kN/m³ (dichtheid = 1131,5 kg/m³).
 - Plastische viscositeit = 0,014 Pa.s.
 - Zwichtspanning = 14 Pa.
- Debieten (retourflow) volgens de onderstaande Tabel 8.1.

#	Fase	Retourflow [liter/min]
1	Piloot	1500
2	Ruimen tot 32"	2000
3	Ruimen tot 44"	2000
3	Ruimen tot 52"	2000
4	Intrekken	1800

- Wrijvingscoëfficiënten volgens NEN 3650-1:2012 voor het bepalen van trekkracht [6]:
 - Tussen roller en pijp (f_1) = 0,10.
 - Tussen pijp en boorvloeistof (f_2) = 50 Pa
 - Tussen pijp en grond (f_3) = 0,20.
- Overige:
 - Volumegewicht van zeewater = $10,1 \text{ kN/m}^3$ (dichtheid = 1030 kg/m^3).
 - Droge dichtheid van kleikorrels in de boorvloeistof = 2650 kg/m^3 .
 - In de Yangtze haven is uitgegaan van een (gemiddelde) waterstand van NAP+1,75m.

8.3.1 Algemeen

Figuur 8.1 laat de ligging van de alternatieve boorlijn met de vloerpijp op NAP-41m zien. De vloerpijp bevindt zich in de diepere zandlagen van de Formatie van Kreftenheye.

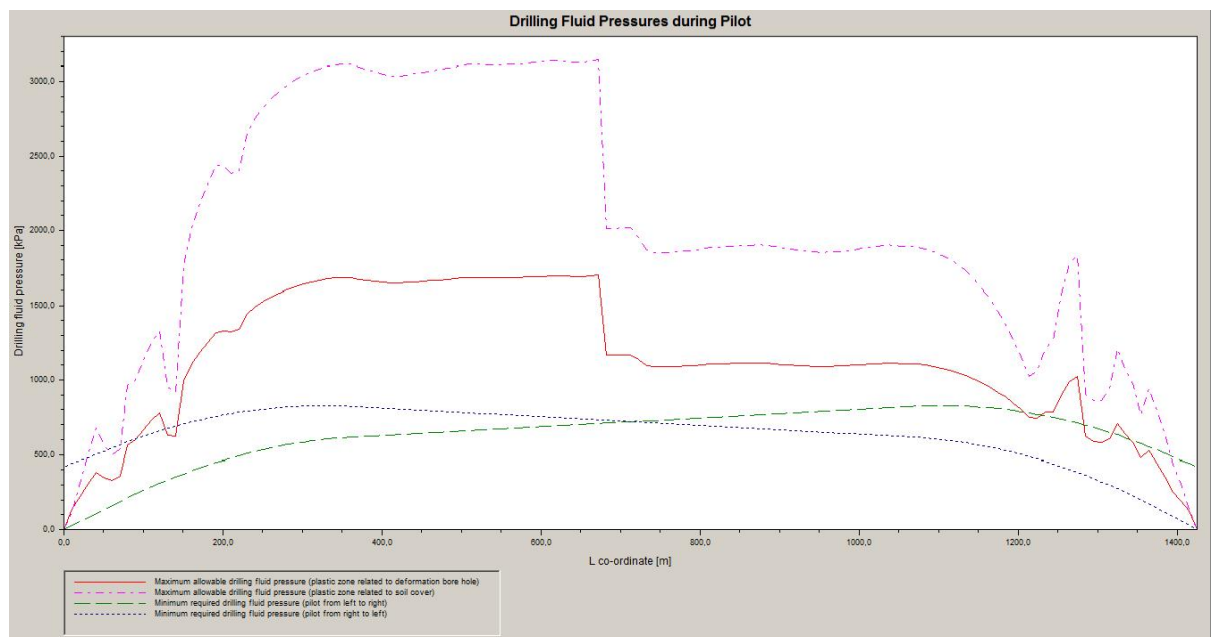


Figuur 8.1 Boorlijn voor ontwerpberoeeningen met de vloerpijpdiepte op NAP-41m.

8.3.2 Boorvloeistofdrukken

Het resultaat van de berekeningen van de minimaal benodigde en maximaal toelaatbare boorvloeistofdruk tijdens de pilootfase is weergegeven in de onderstaande Figuur 8.2. De minimaal benodigde druk ($P_{\min}$) tijdens de pilootfase is weergegeven met de gestippelde groene lijn in Figuur 8.2).

De minimaal benodigde muddruk in de pilootfase is na ruim 1200m boren maximaal. De locatie van de maximale optredende boorvloeistofdruk bevindt zich in de opgaande bocht. Bij het naar boven boren op ongeveer 65 m van het beoogde uittrede punt is er een risico op een blow out. De berekende minimaal benodigde boorvloeistofdruk is dan hoger dan de berekende maximaal toelaatbare boorvloeistofdruk. Eerder is er al een risico op het ontstaan van scheuren rondom het boorgat (zie rode lijn in Figuur 8.2). De scheuren kunnen leiden tot extra verlies van boorvloeistof in de grondlagen rondom het boorgat.



Figuur 8.2 Boorvloeistofdrukken tijdens de pilootfase

De berekende boorvloeistofdrukken tijdens het ruimen en intrekken van de leiding zijn weergegeven in Bijlage B. Deze drukken zijn toelaatbaar want de berekende minimaal benodigde boorvloeistofdruk is lager dan de maximaal toelaatbare boorvloeistof druk.

8.3.3 Trekkraft

De maximale trekkraft zonder de volgens NEN 3651-1:2016 vereiste veiligheidsfactor is in Tabel 9.1 gegeven. De in de tabel gepresenteerde waarden zijn verwachtingswaarden. In de sterkte berekeningen zal een veiligheidsfactor moeten worden toegepast. Er wordt door grindlagen geboord. De veiligheidsfactor voor de trekkraft bedraagt derhalve 2,0.

Tabel 8.2 Overzicht trekkraftberekeningsresultaten (exclusief veiligheidsfactor)

Punt	Lengte leiding in boorgat [m]	Trekkraft [kN] 0% gevuld met water	Trekkraft [kN] 100% gevuld met water	Trekkraft [kN] 65% gevuld met water
T1	0	565	565	565
T2	5	606	583	561
T3	402	1151	959	772
T4	1029	1706	1161	630
T5	1396	2273	1545	834
T6	1433	2330	1565	818

Indien het boorgat tijdens het ruimen voor de barrel instort of ter plaatse van de leiding die wordt ingetrokken, zullen de trekkraften zeer sterk toenemen. In de hierboven vermelde verwachtingswaarden voor de trekkraft is uitgegaan van een stabiel boorgat. In de hieronder beschreven resultaten van de sterkteberekeningen is geen rekening gehouden met het instorten van het boorgat over een bepaalde lengte.

8.3.4 Sterkteberekeningen van de leiding

Uit de berekeningen volgt dat voor de aan te leggen leiding voor alle spanningssituaties (belasting combinatie 1A tot en met 4, zie Tabel 8.2) de spanningen toelaatbaar zijn. Bij het intrekken worden de hoogste spanningen gevonden. Uit de berekeningen volgt tevens dat de deflectie van alle leidingen ook toelaatbaar is. Belasting combinatie 2 is niet berekend omdat de inwendige druk niet relevant is (mantelbuis voor elektriciteitskabels)

Tabel 8.3 Resultaten sterkte berekeningen

	Toelaatbare spanning [N/mm ²]	1A [N/mm ²]	1B [N/mm ²]	2 [N/mm ²]	3 [N/mm ²]	4 [N/mm ²]
Sigma_v	318,18	111	230			
Sigma_ptest	350			0		
Sigma_py	318,18			0		
Sigma_pm	350			0		
Sigma_vmax	540,91				371	371

Uit deze toetsingen blijkt dat de deflectie van de stalen leiding 17,6 mm bedraagt. Dit is een procentuele deflectie van 1,7% en is toelaatbaar.

Voor de resultaten van deze controle van de spanningen en toetsing op deflectie wordt verwezen naar het rapport D-GeoPipeline in Bijlage B.

9 Slagingskans

In dit hoofdstuk is de slagingskans voor de boorlijnen op NAP -50 m en NAP-41 m beschreven. De slagingskans is berekend aan de hand van gekwantificeerde risico's. In de volgende paragraaf worden eerst de resultaten voor een standaard uitvoering van de horizontaal gestuurde boring beschreven. Daarna worden ook de effecten van mogelijke mitigerende maatregelen beschouwd op de slagingskans.

9.1 Standaard uitvoering horizontaal gestuurde boring

Kwantificeren van de kans van optreden van een ongewenste gebeurtenis vast te stellen op een schaal van 0 tot 5. De volgende ongewenste gebeurtenissen zijn beschouwd:

- Aanzanding door losse pakking
- Aanzanding door erosie
- Instorten boorgat door vergroting boorgat door erosie
- Instorten boorgat door boorvloeistofverlies door hoge doorlatendheid
- Instorten boorgat door losse pakking
- Instorten boorgat door onvoldoende filtercake
- Instorten boorgat door flocculatie van boorvloeistof
- Instorten boorgat door niet optredende retourflow door blow-out
- Verslechtering boorvloeistof door niet optredende retourflow door hoge doorlatendheid
- Verslechtering boorvloeistof door niet optredende retourflow door blow-out
- Verslechtering boorvloeistof door negatieve invloed van de geboorde grond
- Verslechtering boorvloeistof door flocculatie
- Volledige blokkade van boorgat door objecten
- Gedeeltelijke blokkade van boorgat door objecten
- Afsluiting boorgat door negatieve invloed van de geboorde grond
- Verkleining boorgat door niet afgevoerde geboorde grond
- Onregelmatige boorlijn door de variatie van grondeigenschappen

Deze ongewenste gebeurtenissen zijn beschouwd voor de boorlijn segmenten in de verschillende grondlagen. De kansen van het optreden van de ongewenste gebeurtenissen zijn vervolgens per boorlijn segment gecombineerd. Vanzelfsprekend is hier onderscheid gemaakt in de verschillende boorfases (pilot boring, ruimen en intrekken). In bijlage C en D zijn de grafieken van de gecombineerde faalkansen per boorlijn segment weergegeven voor de verschillende boorfases. Zowel de grafieken voor de horizontaal gestuurde boring op NAP-50 m (bijlage C) als de boring op NAP-41 m (bijlage D) zijn weergegeven.

Vanzelfsprekend zijn de lengte effecten op de totale faalkans in deze grafieken nog niet meegenomen. De faalkansbijdragen van de verschillende boorlijnsegmenten zijn in de onderstaande tabellen weergegeven. In Tabel 9.1 zijn de faalkansen per boorfase op NAP-50 m weergegeven. In Tabel 9.2 zijn de faalkansen per boorfase op NAP-41 m weergegeven.

Tabel 9.1 Faalkansen voor HDD met vloerpijp op NAP -50 m.

Nr	Grondlaag	Faalkans bijdrage Pilot [%]	Faalkans bijdrage Ruimen [%]	Faalkans bijdrage Intrekken [%]
1	zand, matig fijn matig grof, vast gepakt (HL)	0,5	0,5	0,5
2	klei, matig tot vast met zandlaagjes (HL)	0,3	0,3	0,3
3	zand, matig fijn, matig vast gepakt (HL)	0,2	0,2	0,2
4	zand, matig fijn met schelpen, los gepakt (HL)	0,1	0,1	0,1
5	zand, matig fijn, matig vast gepakt (HL)	0,3	0,4	0,4
6	leem, fijn zand en kleilaagjes (KR)	0,3	0,3	0,3
7	zand, zeer grof, grindig, vast gepakt (KR)	1,0	1,1	1,1
8	zand, zeer grof, grindig, met schelpen en kleiinsluitingen, vast gepakt (KR O/E)	0,5	0,5	0,6
9	zand, zeer grof, grindig, vast gepakt (KR)	1,5	1,7	1,8
10	fijn zand, sterk siltig (KR-WA); klei, stijf (WA)	4,6	5,4	6,1
11	fijn zand, sterk siltig (KR- PZWA); klei, stijf (WA)	21,5	23,6	31,4
12	fijn zand, sterk siltig (KR-WA); klei, stijf (WA)	4,6	5,4	6,1
13	zand, zeer grof, grindig, vast gepakt (KR)	2,0	2,0	2,1
14	zand, zeer grof, grindig, met schelpen en kleiinsluitingen, vast gepakt (KR O/E)	0,2	0,2	0,3
15	zand, zeer grof, grindig, vast gepakt (KR)	0,9	0,9	1,0
16	leem, fijn zand en kleilaagjes (KR)	0,5	0,6	0,6
17	zand, matig fijn, matig vast gepakt (HL)	0,2	0,2	0,2
18	zand, met kleilaagjes, matig fijn, matig los gepakt (HL)	0,3	0,3	0,3
19	klei, matig tot vast met zandlaagjes (HL)	0,1	0,1	0,1
20	zand, matig fijn, matig vast gepakt (HL)	0,3	0,4	0,4
21	zand, matig fijn matig grof, vast gepakt (HL)	0,4	0,4	0,4
	Totale Faalkans [%]	40,3	44,7	54,1

Tabel 9.2 Faalkansen voor HDD met vloerpijp op NAP -41 m.

Nr	Grondlaag	Faalkans bijdrage Pilot [%]	Faalkans bijdrage Ruimen [%]	Faalkans bijdrage Intrekken [%]
1	zand, matig fijn matig grof, vast gepakt (HL)	0,5	0,5	0,5
2	klei, matig tot vast met zandlaagjes (HL)	0,8	0,8	0,8
3	zand, matig fijn, matig vast gepakt (HL)	0,2	0,2	0,2
4	zand, matig fijn met schelpen, los gepakt (HL)	0,1	0,1	0,1
5	zand, matig fijn, matig vast gepakt (HL)	0,4	0,4	0,4
6	leem, fijn zand en kleilaagjes (KR)	0,3	0,4	0,4
7	zand, zeer grof, grindig, vast gepakt (KR)	1,3	1,4	1,5
8	zand, zeer grof, grindig, met schelpen en kleiinsluitingen, vast gepakt (KR O/E)	0,6	0,6	0,7
9	zand, zeer grof, grindig, vast gepakt (KR)	3,3	3,7	3,9
10	zand, zeer grof, grindig, vast gepakt (KR)	19,3	19,7	20,4
11	zand, zeer grof, grindig, vast gepakt (KR)	4,1	4,1	4,3
12	zand, zeer grof, grindig, met schelpen en kleiinsluitingen, vast gepakt (KR O/E)	0,3	0,3	0,3
13	zand, zeer grof, grindig, vast gepakt (KR)	1,2	1,3	1,3
14	leem, fijn zand en kleilaagjes (KR)	0,6	0,6	0,6
15	zand, matig fijn, matig vast gepakt (HL)	0,3	0,3	0,3
16	zand, met kleilaagjes, matig fijn, matig los gepakt (HL)	0,3	0,3	0,3
17	klei, matig tot vast met zandlaagjes (HL)	0,1	0,1	0,1
18	zand, matig fijn, matig vast gepakt (HL)	0,3	0,3	0,3
19	zand, matig fijn matig grof, vast gepakt (HL)	0,4	0,4	0,4
	Totale Faalkans [%]	34,2	35,6	36,8

Uit de bovenstaande tabellen is een slagingskans per horizontale boring af te leiden als er weegfactoren aan de boorfases worden toegekend. In de onderstaande 2 tabellen (Tabel 9.3 en 9.4) is aangegeven hoe de slagingskans is berekend.

Tabel 9.3 Slagingskans Horizontaal gestuurde boring op NAP-50 m

Fase	Faalkans [%]	Bijdrage tot totale faalkans [-]
Piloot	40,3	0,1
Ruimen	44,7	0,2
Intrekken	54,1	0,8
Totale faalkans [%]		52,0
Slagingskans [%]		48,0

Tabel 9.4 Slagingskans Horizontaal gestuurde boring op NAP-41 m

Fase	Faalkans [%]	Bijdrage tot totale faalkans [-]
Piloot	34,3	0,05
Ruimen	35,6	0,15
Intrekken	36,8	0,8
Totale faalkans [%]		36,5
Slagingskans [%]		63,5

Uit de bovenstaande tabellen (Tabel 9.3 en 9.4) volgt dat de slagingskans voor het installeren van de stalen mantelbuis op een niveau van NAP-50 m lager is dan wanneer gekozen wordt voor een alternatieve boorlijn op een diepte van NAP-41 m.

Het dient te worden opgemerkt dat risico mitigerende maatregelen niet zijn verwerkt in deze eerste analyse van de slagingskans. Er is uitgegaan van een standaard uitvoering van de horizontaal gestuurde boring met een standaard boorvloeistof en de standaard boorfasen (piloot, ruimen, intrekken) Bij de inzet van effectieve maatregelen kan de slagingskans worden vergroot zoals in de volgende paragraaf is beschreven.

9.2 Mitigerende maatregelen

Door het uitvoeren van mitigerende maatregelen kan de kans op een ongewenste gebeurtenis worden gereduceerd. Er zijn verschillende soorten mitigerende maatregelen:

- 1 -maatregelen gericht op signalering
- 2 -maatregelen gericht op preventie
- 3 -maatregelen die worden ingezet na signalering
- 4 -maatregelen die gedurende het gehele boorproces worden ingezet

Maatregelen dienen natuurlijk altijd voorafgaand aan de uitvoering te worden onderzocht en ontworpen. Sommige maatregelen zijn meer effectief dan andere, daarom is het noodzakelijk de maatregelen te beoordelen op effectiviteit. In de onderstaande tabel is zonder specifiek onderzoek en ontwerp van maatregelen een inschatting gemaakt van de effectiviteit van de mogelijke maatregelen. De effectiviteit van de mitigerende maatregelen is vastgesteld op beschikbare kennis van processen tijdens het horizontaal gestuurd boren. In geval van ontbrekend kennis is veiligheidshalve een lage effectiviteit aangenomen

Tabel 9.5 Mitigerende maatregelen

Ongewenste gebeurtenis	Maatregel	Type	Efficiëntie
Aanzanding door losse pakking	Verhoging zwicht spanning boorvloeistof	2,3,4	LAAG
	Verhoging statische druk boorvloeistof	2,4	LAAG
	Monitoring torsie, druk, trek en zandgehalte.	1,4	LAAG
Aanzanding door erosie	Verlaging stroomsnelheid boorvloeistof	2,3,4	HOOG
	Verandering patroon stroming boorvloeistof	2,3,4	LAAG
	Vergroting indringdiepte boorvloeistof	2,3,4	MIDDEN
	Monitoring torsie, druk, trek en zandgehalte.	1,4	LAAG
Instorten boorgat door vergroting boorgat door erosie	Verlaging stroomsnelheid boorvloeistof	2,3,4	HOOG
	Verandering patroon stroming boorvloeistof	2,3,4	LAAG
	Vergroting indringdiepte boorvloeistof	2,3,4	MIDDEN
	Monitoring torsie, druk, trek en zandgehalte.	1,4	LAAG
Instorten boorgat door boorvloeistofverlies door hoge doorlatendheid	Verhoging zwicht spanning boorvloeistof en toepassing vulstoffen	2,3,4	HOOG
	Toepassing zout bestendige boorvloeistof	2,4	HOOG
	Monitoring torsie, druk, trek en zandgehalte.	1,4	MIDDEN
	Verhoging zwicht spanning boorvloeistof	2,3,4	LAAG
Instorten boorgat door losse pakking	Verhoging statische druk boorvloeistof	2,4	LAAG
	Monitoring torsie, druk, trek en zandgehalte.	1,4	LAAG
	Vergroting indringdiepte boorvloeistof	2,3,4	MIDDEN
Instorten boorgat door onvoldoende filtercake	Monitoring torsie, druk, trek en eigenschappen boorvloeistof.	1,4	LAAG
	Toepassing zout bestendige boorvloeistof	2,3,4	HOOG
Instorten boorgat door flocculatie van boorvloeistof	Monitoring torsie, druk, trek en eigenschappen boorvloeistof.	1,4	LAAG
	Monitoring torsie, druk, trek en druk boorvloeistof.	1,4	MIDDEN

	Toe passing weeper-sub	2,4	HOOG
	optimalisatie diameter boorgat en intersect		
Verslechtering boorvloeistof door niet optredende retourflow door hoge doorlatendheid	Toepassing zout bestendige boorvloeistof, verhoging zwichtspanning en toepassing van vulstoffen	2,3,4	HOOG
	Monitoring druk en eigenschappen boorvloeistof.	1,4	LAAG
Verslechtering boorvloeistof door niet optredende retourflow door blow-out	Toe passing weeper-sub	2,4	HOOG
	Monitoring druk en eigenschappen boorvloeistof.	1,4	HOOG
	Toe passing weeper-sub	2,4	HOOG
	Toepassing zout bestendige boorvloeistof	2,3,4	LAAG
Verslechtering boorvloeistof door negatieve invloed van de geboorde grond	Verhoging zwicht spanning boorvloeistof	2,3,4	LAAG
	Afvoeren boorvloeistof	3	MIDDEN
	Monitoring eigenschappen boorvloeistof.	1,4	MIDDEN
Verslechtering boorvloeistof door flocculatie	Toepassing zout bestendige boorvloeistof	2,3,4	HOOG
	Monitoring eigenschappen boorvloeistof.	1,3,4	MIDDEN
Volledige blokkade van boorgat door objecten	Monitoring torsie, druk, trek en druk	1,4	MIDDEN
	Na evaluatie verleggen boorlijn	3	HOOG
Gedeeltelijke blokkade van boorgat door objecten	Monitoring torsie, druk, trek en druk	1,4	MIDDEN
	Toepassing hoge diameter wipertrip	2,3,4	HOOG
Afsluiting boorgat door negatieve invloed van de geboorde grond	Verhoging zwicht spanning boorvloeistof	2,3,4	MIDDEN
	Afvoeren boorvloeistof	3	HOOG
	Monitoring torsie, druk, trek en zandgehalte.	1,4	LAAG
Verkleining boorgat door niet afgevoerde geboorde grond	Verhoging zwicht spanning boorvloeistof	2,3,4	MIDDEN
	Afvoeren boorvloeistof	3	HOOG
	Monitoring torsie, druk, trek en zandgehalte.	1,4	MIDDEN
Onregelmatige boorlijn door de variatie van grondeigenschappen	Hoge frequentie locatie metingen	1,4	MIDDEN
	Verleggen van boorlijn	3	HOOG

In de bovenstaande tabel (Tabel 9.5) zijn de ongewenste gebeurtenissen gekoppeld aan de processen in de verschillende grondlagen. Vanzelfsprekend hebben deze bijvoorbeeld ook effect op beschadiging van leiding en coating en het oplopen van de trekkracht. Er wordt vanuit gegaan dat hieraan gerelateerde specifieke mitigerende maatregelen zoals voldoende wanddikte, een rig met voldoende overcapaciteit (met thruster) en een sterke en gladde coating in het project zullen worden toegepast.

Aanvullend grondonderzoek is een maatregel die bij veel ongewenste gebeurtenissen effect kan hebben. Bij bepaalde gebeurtenissen is de benodigde omvang aanzienlijk om enig effect te kunnen hebben. Omdat de omvang, de beschikbare tijd en de kosten van het aanvullend grondonderzoek (met name het waterwerk en de niet destructieve technieken) aanzienlijk zijn is deze maatregel niet in beschouwing meegenomen.

Eveneens is het uitvoeren van proefboringen met HDD rigs naast de beoogde boorlijn op de te onderzoeken diepte een maatregel die het mogelijk maakt de kansen op de ongewenste gebeurtenissen goed te onderzoeken en ook de effecten van maatregelen te beoordelen. De omvang, de beschikbare tijd en de kosten van een proefboring zijn dusdanig dat deze maatregel niet in beschouwing is meegenomen.

De in de bovenstaande Tabel 9.5 opgenomen mitigerende maatregelen zijn meegenomen in een herbeschouwing van de slagingskans van de horizontaal gestuurde boringen op NAP-50 m en NAP-41 m. Zoals beschreven in de vorige paragraaf zijn ook hier de ongewenste gebeurtenissen zijn beschouwd voor de boorlijn segmenten in de verschillende grondlagen. In Bijlage E en F zijn de grafieken van de gecombineerde faalkansen per boorlijn segment weergegeven voor de verschillende boorfases. Zowel de grafieken voor de horizontaal gestuurde boring op NAP-50 m (Bijlage E) als de boring op NAP-41 m (Bijlage F) zijn weergegeven.

Zoals ook in de vorige paragraaf is aangegeven zijn de lengte effecten op de totale faalkans van de verschillende boorlijnsegmenten verwerkt in de onderstaande tabellen. In Tabel 9.6 zijn de faalkansen inclusief mitigerende maatregelen per boorfase op NAP-50 m weergegeven. In Tabel 9.7 zijn de faalkansen inclusief mitigerende maatregelen per boorfase op NAP-41 m weergegeven.

Tabel 9.6 Faalkansen voor HDD met vloerpijp op NAP-50 m inclusief mitigerende maatregelen.

Nr	Grondlaag	Faalkans bijdrage Pilot [%]	Faalkans bijdrage Ruimen [%]	Faalkans bijdrage Intrekken [%]
1	zand, matig fijn matig grof, vast gepakt (HL)	0,1	0,1	0,1
2	klei, matig tot vast met zandlaagjes (HL)	0,0	0,0	0,0
3	zand, matig fijn, matig vast gepakt (HL)	0,0	0,0	0,0
4	zand, matig fijn met schelpen, los gepakt (HL)	0,0	0,0	0,0
5	zand, matig fijn, matig vast gepakt (HL)	0,0	0,0	0,0
6	leem, fijn zand en kleilaagjes (KR)	0,1	0,1	0,1
7	zand, zeer grof, grindig, vast gepakt (KR)	0,4	0,4	0,4
8	zand, zeer grof, grindig, met schelpen en kleiinsluitingen, vast gepakt (KR O/E)	0,3	0,3	0,3
9	zand, zeer grof, grindig, vast gepakt (KR)	0,8	0,9	0,9
10	fijn zand, sterk siltig (KR-WA); klei, stijf (WA)	4,1	4,3	5,1
11	fijn zand, sterk siltig (KR- PZWA); klei, stijf (WA)	19,7	22,0	28,2
12	fijn zand, sterk siltig (KR-WA); klei, stijf (WA)	3,9	4,3	5,1
13	zand, zeer grof, grindig, vast gepakt (KR)	1,1	1,1	1,1
14	zand, zeer grof, grindig, met schelpen en kleiinsluitingen, vast gepakt (KR O/E)	0,1	0,1	0,1
15	zand, zeer grof, grindig, vast gepakt (KR)	0,4	0,4	0,4
16	leem, fijn zand en kleilaagjes (KR)	0,1	0,1	0,1
17	zand, matig fijn, matig vast gepakt (HL)	0,0	0,0	0,0
18	zand, met kleilaagjes, matig fijn, matig los gepakt (HL)	0,1	0,1	0,1
19	klei, matig tot vast met zandlaagjes (HL)	0,0	0,0	0,0
20	zand, matig fijn, matig vast gepakt (HL)	0,0	0,0	0,0
21	zand, matig fijn matig grof, vast gepakt (HL)	0,0	0,0	0,0
	Totale Faalkans [%]	31,3	34,3	42,1

Tabel 9.7 Faalkansen voor HDD met vloerpijp op NAP -41 m inclusief mitigerende maatregelen.

Nr	Grondlaag	Faalkans bijdrage Pilot [%]	Faalkans bijdrage Ruimen [%]	Faalkans bijdrage Intrekken [%]
1	zand, matig fijn matig grof, vast gepakt (HL)	0,1	0,1	0,1
2	klei, matig tot vast met zandlaagjes (HL)	0,1	0,1	0,1
3	zand, matig fijn, matig vast gepakt (HL)	0,0	0,0	0,0
4	zand, matig fijn met schelpen, los gepakt (HL)	0,0	0,0	0,0
5	zand, matig fijn, matig vast gepakt (HL)	0,1	0,1	0,1
6	leem, fijn zand en kleilaagjes (KR)	0,1	0,1	0,1
7	zand, zeer grof, grindig, vast gepakt (KR)	0,6	0,6	0,6
8	zand, zeer grof, grindig, met schelpen en kleiinsluitingen, vast gepakt (KR O/E)	0,3	0,3	0,4
9	zand, zeer grof, grindig, vast gepakt (KR)	1,8	1,9	1,9
10	zand, zeer grof, grindig, vast gepakt (KR)	9,2	10,7	11,6
11	zand, zeer grof, grindig, vast gepakt (KR)	2,0	2,2	2,2
12	zand, zeer grof, grindig, met schelpen en kleiinsluitingen, vast gepakt (KR O/E)	0,2	0,2	0,2
13	zand, zeer grof, grindig, vast gepakt (KR)	0,5	0,5	0,5
14	leem, fijn zand en kleilaagjes (KR)	0,1	0,1	0,1
15	zand, matig fijn, matig vast gepakt (HL)	0,0	0,0	0,0
16	zand, met kleilaagjes, matig fijn, matig los gepakt (HL)	0,1	0,1	0,1
17	klei, matig tot vast met zandlaagjes (HL)	0,0	0,0	0,0
18	zand, matig fijn, matig vast gepakt (HL)	0,0	0,0	0,0
19	zand, matig fijn matig grof, vast gepakt (HL)	0,0	0,0	0,0
	Totale Faalkans [%]	15,1	16,9	17,9

Uit de bovenstaande tabellen is een slagingskans per horizontale boring af te leiden als er weegfactoren aan de boorfasen worden toegekend. In de onderstaande 2 tabellen (Tabel 9.8 en 9.9) is aangegeven hoe de slagingskans is berekend voor de horizontaal gestuurde boringen inclusief mitigerende maatregelen zoals genoemd in Tabel 9.5.

Tabel 9.8 Slagingskans Horizontaal gestuurde boring op NAP-50 m inclusief mitigerende maatregelen

Fase	Faalkans [%]	Bijdrage tot totale faalkans [-]
Piloot	31,3	0,05
Ruimen	34,3	0,15
Intrekken	42,1	0,8
Totale faalkans [%]		40,4
Slagingskans [%]		59,6

Tabel 9.9 Slagingskans Horizontaal gestuurde boring op NAP-41 m inclusief mitigerende maatregelen

Fase	Faalkans [%]	Bijdrage tot totale faalkans [-]
Piloot	15,1	0,05
Ruimen	16,9	0,15
Intrekken	17,9	0,8
Totale faalkans [%]		17,6
Slagingskans [%]		82,4

Uit de bovenstaande tabellen blijkt dat de slagingskans voor de horizontaal gestuurde boring op een diepte van NAP-41 m aanzienlijk groter is dan op een diepte van NAP-50 m. Uit een vergelijking met de slagingskansen in de Tabellen 9.3 en 9.4 volgt dat de mitigerende maatregelen voor het boren in de grofzandige en grindige formatie van Kreftenheye een groter effect hebben dan voor het boren in de formatie van Waalre met silt, fijne zanden en kleilagen.

10 Conclusie

TenneT is van plan om een stalen mantelbuis voor elektriciteitskabels aan te leggen onder de Yangtze haven door middel van een horizontaal gestuurde boring (HDD). Het intredepunt van de boring bevindt zich naast het toekomstige station van TenneT gelegen aan de Maasvlakteweg. Het uittredepunt van de boring bevindt zich nabij de Antarticaweg aan de andere zijde van de Yangtze haven

Door middel van ontwerpberekeningen en een beschouwing van de potentiële risico's bij uitvoering van de horizontaal gestuurde boring is de haalbaarheid van de horizontaal gestuurde boring beschouwd.

Uit de berekeningen blijkt dat de horizontaal gestuurde boring onder de Yangtze haven moet kunnen worden uitgevoerd. Uit de risicoanalyse is naar voren gekomen dat een ligging van het horizontale deel van de gestuurde boring, de vloerpijp, op een niveau van NAP-50 m leidt tot significant grotere risico's dan een hoger gelegen alternatieve ligging van de boorlijn op NAP-41 m. Ook na beschouwing van het effect van mitigerende maatregelen om de risico's te reduceren blijkt dat de slagingskans van een horizontaal gestuurde boring aanzienlijk groter is op een diepte van NAP-41 m.

Door de grotere slagingskans van de horizontaal gestuurde boring op NAP-41 m heeft een keuze voor deze diepte ligging de voorkeur. Een horizontaal gestuurde boring op deze diepte is niet zonder risico's. Er dient voldoende aandacht te worden gegeven aan monitoring gedurende de pilotfase en de ruimfases. En men dient voldoende aandacht te geven aan de engineering van de boorvloeistof en het toepassen van een voldoende groot boorgat. Het uitvoeren van een cleaning run als extra boorfase is zeker aan te raden en indien er sprake is van excessief verlies van boorvloeistof kan het plaatsen van een "plug" worden overwogen.

11 Referenties

- [1] HKN Geotechnics (2017). Overzicht beschikbare grondonderzoekgegevens uit TenneT archief (HKZ 7-2-18.jpg), geleverd via mail d.d. 23 februari 2018.
- [2] TenneT (2016). Horizontaal Gestuurde Boring De Yangtzehaven – Onverzicht en Dwarsprofiel. Tekeningnummer 1003-0116-01-BT MV.
- [3] Deltares (2018). Grondonderzoekgegevens voor de aanleg van kabels door middel van een horizontaal gestuurde boring (HDD) – HDD cruising De Yangtzehaven. Rapportnummer 11202326-002-GEO-0003-r.
- [4] Deltares (2018). Beschouwing ontwerp van de aanleg van mantelbuizen voor elektriciteitskabels van TenneT – HDD cruising onder de zeewering. Rapportnummer 11202326-000-GEO-0005-r.
- [5] NEN 9997-1 (2016). Geotechnisch Ontwerp van Constructies. Deel 1: Algemene Regels.
- [6] NEN 3650-1 (2016) Eisen voor buisleidingsystemen - Deel 1: Algemene eisen.

A Berekeningsrapport D-Geopipeline, vloerpijpdiepte op NAP-50m

Report for D-Geo Pipeline 16.1

Model : Horizontal Directional Drilling
Developed by Deltares



Company: Stichting Deltares

Date of report: 20-Apr-18

Time of report: 13:02:11

Filename: N:\..\nieuwe_berekeningen_18042018\HDD yangtzehaven NAP-50 m

1 Table of Contents

1 Table of Contents	2
2 Input Data	3
2.1 Model Used	3
2.2 Layer Boundaries	3
2.3 PI-lines	14
2.4 Phreatic Line	14
2.5 Soil Profiles	14
2.6 Selected Boundaries	15
2.7 Configuration of the Pipe Line	15
2.8 Calculation Verticals	15
2.9 Material Types	18
2.10 Product Pipe Material Data	18
2.11 Pipe Engineering Data	19
2.12 Geometry	19
2.12.1 Geometry Section, Detailed	19
2.12.2 Geometry Top View	20
2.13 Drilling Fluid Data	20
2.14 Factors	20
3 Drilling Fluid Pressures	22
3.1 Drilling Fluid Data	22
3.2 Equilibrium between Drilling Fluid Pressure and Pore Pressure	29
3.3 Drilling Fluid Pressure Plots	31
3.3.1 Drilling Fluid Pressures during Pilot	31
3.3.2 Drilling Fluid Pressures during Prereaming	32
3.3.3 Drilling Fluid Pressures during Reaming and Pullback Operation	32
4 Soil Mechanical Parameters	33
4.1 Soil Mechanical Parameters (Pipe: 1016mm_wd16mm)	33
5 Data for Stress Analysis	38
5.1 General data	38
5.2 Buoyancy Control	38
5.3 Calculation Pulling Force	38
6 Stress Analysis of Pipe: 1016mm_wd16mm	39
6.1 Material Data of Pipe: 1016mm_wd16mm	39
6.2 Results Stress Analysis of Pipe: 1016mm_wd16mm	39
6.2.1 Load Combination 1A: Start Pullback Operation	39
6.2.2 Load Combination 1B: End Pullback Operation	40
6.2.3 Load Combination 2: Application Internal Pressure	40
6.2.4 Load Combination 3: In Operation (Situation without Pressure)	40
6.2.5 Load Combination 4: In Operation (with Internal Pressure)	40
6.3 Check on Calculated Stresses of Pipe: 1016mm_wd16mm	41

2 Input Data

2.1 Model Used

Model Used : Horizontal Directional Drilling

2.2 Layer Boundaries

Boundary number	Co-ordinates [m]				
33 - X -	-100,000	-86,504	-78,065	-69,625	-61,186
33 - Y -	5,019	5,040	4,955	5,088	4,802
33 - X -	-52,746	-44,307	-35,867	-27,428	-18,989
33 - Y -	4,211	4,234	4,627	5,210	4,707
33 - X -	0,000	4,763	9,526	14,289	19,052
33 - Y -	4,865	4,912	4,866	4,775	4,928
33 - X -	23,815	28,578	33,341	38,104	42,867
33 - Y -	5,103	5,096	5,165	5,167	5,122
33 - X -	47,630	52,394	57,157	61,920	66,683
33 - Y -	5,174	5,187	5,202	5,190	5,172
33 - X -	71,446	76,209	80,972	85,735	90,498
33 - Y -	5,145	5,123	5,192	5,195	5,182
33 - X -	95,261	100,024	104,787	109,550	114,313
33 - Y -	5,178	5,160	5,182	5,149	5,197
33 - X -	118,600	125,400	128,602	133,365	138,128
33 - Y -	5,100	5,100	5,254	5,242	5,214
33 - X -	142,892	147,655	152,418	157,181	161,944
33 - Y -	5,233	5,465	5,189	5,010	5,001
33 - X -	166,707	171,470	176,233	180,996	185,759
33 - Y -	4,818	4,915	4,767	4,923	4,926
33 - X -	190,522	195,285	200,048	204,811	209,574
33 - Y -	5,126	5,285	5,100	5,100	5,100
33 - X -	214,337	219,100	223,863	228,626	233,389
33 - Y -	5,100	5,100	5,100	5,100	5,100
33 - X -	238,152	242,916	247,679	252,442	257,205
33 - Y -	5,100	5,100	5,100	5,100	5,100
33 - X -	261,968	266,731	271,494	276,257	281,020
33 - Y -	5,100	5,100	5,100	5,100	5,100
33 - X -	285,783	290,546	295,309	300,072	304,835
33 - Y -	5,100	5,100	5,100	5,100	5,100
33 - X -	309,598	314,361	319,124	323,887	328,650
33 - Y -	5,100	5,100	5,100	5,100	5,100
33 - X -	333,413	338,176	342,940	347,703	352,466
33 - Y -	5,100	5,100	5,100	5,100	5,100
33 - X -	357,229	361,992	366,755	371,518	376,281
33 - Y -	5,100	5,100	5,100	5,100	5,100
33 - X -	381,044	385,807	390,570	395,333	400,096
33 - Y -	5,100	5,100	5,100	5,100	5,100
33 - X -	404,859	409,622	414,385	419,148	423,911
33 - Y -	5,100	5,100	5,100	5,100	5,100
33 - X -	428,674	433,437	438,200	442,964	447,727
33 - Y -	5,100	5,100	5,100	5,100	5,100
33 - X -	452,490	457,253	462,016	466,779	471,542
33 - Y -	5,100	5,100	5,100	5,100	5,100
33 - X -	476,305	481,068	485,831	490,594	495,357
33 - Y -	5,100	5,100	5,100	5,100	5,100
33 - X -	500,120	504,883	509,646	511,000	514,409
33 - Y -	5,100	5,100	5,100	5,100	5,100
33 - X -	519,172	523,935	528,698	533,462	538,225
33 - Y -	5,100	5,100	5,100	5,100	5,100
33 - X -	542,988	547,751	552,514	557,277	562,040
33 - Y -	5,100	5,100	5,100	5,100	5,100
33 - X -	566,803	571,566	576,329	581,092	585,855
33 - Y -	5,100	5,100	5,100	5,100	5,100

Boundary number	Co-ordinates [m]				
33 - X -	590,618	595,381	600,144	604,907	609,670
33 - Y -	5,100	5,100	5,100	5,100	5,100
33 - X -	614,433	619,196	623,959	628,722	633,486
33 - Y -	5,100	5,100	5,100	5,100	5,100
33 - X -	638,249	643,012	647,775	652,538	657,301
33 - Y -	5,100	5,100	5,100	5,100	5,100
33 - X -	662,064	666,827	671,590	676,353	678,300
33 - Y -	5,100	5,100	5,100	5,100	5,000
33 - X -	679,800	679,800	679,800	679,800	679,800
33 - Y -	5,000	-3,000	-5,718	-11,310	-12,951
33 - X -	679,800	679,800	681,300	712,900	723,116
33 - Y -	-20,282	-21,500	-21,500	-21,500	-23,179
33 - X -	734,200	776,500	828,000	886,000	937,900
33 - Y -	-25,000	-25,000	-25,000	-25,000	-25,000
33 - X -	986,500	1038,000	1091,500	1155,500	1216,300
33 - Y -	-25,000	-25,000	-25,000	-25,000	-25,000
33 - X -	1226,338	1244,118	1245,100	1249,594	1253,591
33 - Y -	-22,456	-17,949	-17,700	-13,585	-9,925
33 - X -	1255,770	1262,207	1270,000	1271,734	1276,497
33 - Y -	-7,930	-2,036	5,100	5,379	5,311
33 - X -	1281,260	1286,023	1290,786	1295,549	1300,312
33 - Y -	5,309	5,491	5,373	4,853	4,868
33 - X -	1305,075	1309,838	1314,601	1319,364	1324,128
33 - Y -	5,071	5,114	5,028	5,229	5,216
33 - X -	1328,891	1333,654	1338,417	1343,180	1347,943
33 - Y -	5,272	5,233	5,359	5,319	5,368
33 - X -	1352,706	1357,469	1362,232	1366,995	1371,758
33 - Y -	5,387	5,285	5,124	5,063	5,094
33 - X -	1376,521	1381,284	1386,047	1390,810	1395,573
33 - Y -	5,106	5,187	5,124	5,224	5,146
33 - X -	1400,336	1405,099	1409,862	1414,626	1419,389
33 - Y -	5,125	5,143	5,114	5,061	5,019
33 - X -	1424,152	1443,140	1451,580	1460,019	1468,458
33 - Y -	4,963	4,864	4,836	4,729	4,136
33 - X -	1476,898	1485,337	1493,777	1502,216	1510,656
33 - Y -	4,410	4,633	4,954	4,930	4,962
33 - X -	1519,095	1550,000			
33 - Y -	4,933	4,933			
32 - X -	-100,000	-86,504	-78,065	-69,625	-61,186
32 - Y -	5,019	5,040	4,955	5,088	4,802
32 - X -	-52,746	-44,307	-35,867	-27,428	-18,989
32 - Y -	4,211	4,234	4,627	5,210	4,707
32 - X -	0,000	4,763	9,526	14,289	19,052
32 - Y -	4,865	4,912	4,866	4,775	4,928
32 - X -	23,815	28,578	33,341	38,104	42,867
32 - Y -	5,103	5,096	5,165	5,167	5,122
32 - X -	47,630	52,394	57,157	61,920	66,683
32 - Y -	5,174	5,187	5,202	5,190	5,172
32 - X -	71,446	76,209	80,972	85,735	90,498
32 - Y -	5,145	5,123	5,192	5,195	5,182
32 - X -	95,261	100,024	104,787	109,550	114,313
32 - Y -	5,178	5,160	5,182	5,149	5,197
32 - X -	118,600	125,400	128,602	133,365	138,128
32 - Y -	5,100	5,100	5,254	5,242	5,214
32 - X -	142,892	147,655	152,418	157,181	161,944
32 - Y -	5,233	5,465	5,189	5,010	5,001
32 - X -	166,707	171,470	176,233	180,996	185,759
32 - Y -	4,818	4,915	4,767	4,923	4,926
32 - X -	190,522	195,285	200,048	204,811	209,574
32 - Y -	5,126	5,285	5,100	5,100	5,100
32 - X -	214,337	219,100	223,863	228,626	233,389
32 - Y -	5,100	5,100	5,100	5,100	5,100
32 - X -	238,152	242,916	247,679	252,442	257,205
32 - Y -	5,100	5,100	5,100	5,100	5,100
32 - X -	261,968	266,731	271,494	276,257	281,020

Boundary number	Co-ordinates [m]				
32 - Y -	5,100	5,100	5,100	5,100	5,100
32 - X -	285,783	290,546	295,309	300,072	304,835
32 - Y -	5,100	5,100	5,100	5,100	5,100
32 - X -	309,598	314,361	319,124	323,887	328,650
32 - Y -	5,100	5,100	5,100	5,100	5,100
32 - X -	333,413	338,176	342,940	347,703	352,466
32 - Y -	5,100	5,100	5,100	5,100	5,100
32 - X -	357,229	361,992	366,755	371,518	376,281
32 - Y -	5,100	5,100	5,100	5,100	5,100
32 - X -	381,044	385,807	390,570	395,333	400,096
32 - Y -	5,100	5,100	5,100	5,100	5,100
32 - X -	404,859	409,622	414,385	419,148	423,911
32 - Y -	5,100	5,100	5,100	5,100	5,100
32 - X -	428,674	433,437	438,200	442,964	447,727
32 - Y -	5,100	5,100	5,100	5,100	5,100
32 - X -	452,490	457,253	462,016	466,779	471,542
32 - Y -	5,100	5,100	5,100	5,100	5,100
32 - X -	476,305	481,068	485,831	490,594	495,357
32 - Y -	5,100	5,100	5,100	5,100	5,100
32 - X -	500,120	504,883	509,646	511,000	646,000
32 - Y -	5,100	5,100	5,100	5,100	-3,000
32 - X -	679,800	679,800	679,800	679,800	679,800
32 - Y -	-3,000	-5,718	-11,310	-12,951	-20,282
32 - X -	679,800	681,300	712,900	723,116	734,200
32 - Y -	-21,500	-21,500	-21,500	-23,179	-25,000
32 - X -	776,500	828,000	886,000	937,900	986,500
32 - Y -	-25,000	-25,000	-25,000	-25,000	-25,000
32 - X -	1038,000	1091,500	1155,500	1216,300	1226,338
32 - Y -	-25,000	-25,000	-25,000	-25,000	-22,456
32 - X -	1244,118	1245,100	1249,594	1253,591	1255,770
32 - Y -	-17,949	-17,700	-13,585	-9,925	-7,930
32 - X -	1262,207	1270,000	1271,734	1276,497	1281,260
32 - Y -	-2,036	5,100	5,379	5,311	5,309
32 - X -	1286,023	1290,786	1295,549	1300,312	1305,075
32 - Y -	5,491	5,373	4,853	4,868	5,071
32 - X -	1309,838	1314,601	1319,364	1324,128	1328,891
32 - Y -	5,114	5,028	5,229	5,216	5,272
32 - X -	1333,654	1338,417	1343,180	1347,943	1352,706
32 - Y -	5,233	5,359	5,319	5,368	5,387
32 - X -	1357,469	1362,232	1366,995	1371,758	1376,521
32 - Y -	5,285	5,124	5,063	5,094	5,106
32 - X -	1381,284	1386,047	1390,810	1395,573	1400,336
32 - Y -	5,187	5,124	5,224	5,146	5,125
32 - X -	1405,099	1409,862	1414,626	1419,389	1424,152
32 - Y -	5,143	5,114	5,061	5,019	4,963
32 - X -	1443,140	1451,580	1460,019	1468,458	1476,898
32 - Y -	4,864	4,836	4,729	4,136	4,410
32 - X -	1485,337	1493,777	1502,216	1510,656	1519,095
32 - Y -	4,633	4,954	4,930	4,962	4,933
32 - X -	1550,000				
32 - Y -	4,933				
31 - X -	-100,000	0,000	60,000	160,000	215,000
31 - Y -	-5,000	-5,000	-4,500	-4,000	-1,000
31 - X -	365,000	415,000	511,000	646,000	679,800
31 - Y -	-10,000	-4,000	-4,000	-6,000	-5,718
31 - X -	679,800	679,800	679,800	679,800	681,300
31 - Y -	-11,310	-12,951	-20,282	-21,500	-21,500
31 - X -	712,900	723,116	734,200	776,500	828,000
31 - Y -	-21,500	-23,179	-25,000	-25,000	-25,000
31 - X -	886,000	937,900	986,500	1038,000	1091,500
31 - Y -	-25,000	-25,000	-25,000	-25,000	-25,000
31 - X -	1155,500	1216,300	1226,338	1244,118	1245,100
31 - Y -	-25,000	-25,000	-22,456	-17,949	-17,700
31 - X -	1249,594	1253,591	1255,770	1262,207	1270,000
31 - Y -	-13,585	-9,925	-7,930	-2,036	5,100

Boundary number	Co-ordinates [m]				
31 - X -	1271,734	1276,497	1281,260	1286,023	1290,786
31 - Y -	5,379	5,311	5,309	5,491	5,373
31 - X -	1295,549	1300,312	1305,075	1309,838	1314,601
31 - Y -	4,853	4,868	5,071	5,114	5,028
31 - X -	1319,364	1324,128	1328,891	1333,654	1338,417
31 - Y -	5,229	5,216	5,272	5,233	5,359
31 - X -	1343,180	1347,943	1352,706	1357,469	1362,232
31 - Y -	5,319	5,368	5,387	5,285	5,124
31 - X -	1366,995	1371,758	1376,521	1381,284	1386,047
31 - Y -	5,063	5,094	5,106	5,187	5,124
31 - X -	1390,810	1395,573	1400,336	1405,099	1409,862
31 - Y -	5,224	5,146	5,125	5,143	5,114
31 - X -	1414,626	1419,389	1424,152	1443,140	1451,580
31 - Y -	5,061	5,019	4,963	4,864	4,836
31 - X -	1460,019	1468,458	1476,898	1485,337	1493,777
31 - Y -	4,729	4,136	4,410	4,633	4,954
31 - X -	1502,216	1510,656	1519,095	1550,000	
31 - Y -	4,930	4,962	4,933	4,933	
30 - X -	-100,000	0,000	60,000	160,000	215,000
30 - Y -	-5,000	-5,000	-4,500	-4,000	-3,000
30 - X -	365,000	415,000	511,000	646,000	679,800
30 - Y -	-10,000	-4,000	-4,000	-6,000	-5,718
30 - X -	679,800	679,800	679,800	679,800	681,300
30 - Y -	-11,310	-12,951	-20,282	-21,500	-21,500
30 - X -	712,900	723,116	734,200	776,500	828,000
30 - Y -	-21,500	-23,179	-25,000	-25,000	-25,000
30 - X -	886,000	937,900	986,500	1038,000	1091,500
30 - Y -	-25,000	-25,000	-25,000	-25,000	-25,000
30 - X -	1155,500	1216,300	1226,338	1244,118	1245,100
30 - Y -	-25,000	-25,000	-22,456	-17,949	-17,700
30 - X -	1249,594	1253,591	1255,770	1262,207	1270,000
30 - Y -	-13,585	-9,925	-7,930	-2,036	5,100
30 - X -	1271,734	1276,497	1281,260	1286,023	1290,786
30 - Y -	5,379	5,311	5,309	5,491	5,373
30 - X -	1295,549	1300,312	1305,075	1309,838	1314,601
30 - Y -	4,853	4,868	5,071	5,114	5,028
30 - X -	1319,364	1324,128	1328,891	1333,654	1338,417
30 - Y -	5,229	5,216	5,272	5,233	5,359
30 - X -	1343,180	1347,943	1352,706	1357,469	1362,232
30 - Y -	5,319	5,368	5,387	5,285	5,124
30 - X -	1366,995	1371,758	1376,521	1381,284	1386,047
30 - Y -	5,063	5,094	5,106	5,187	5,124
30 - X -	1390,810	1395,573	1400,336	1405,099	1409,862
30 - Y -	5,224	5,146	5,125	5,143	5,114
30 - X -	1414,626	1419,389	1424,152	1443,140	1451,580
30 - Y -	5,061	5,019	4,963	4,864	4,836
30 - X -	1460,019	1468,458	1476,898	1485,337	1493,777
30 - Y -	4,729	4,136	4,410	4,633	4,954
30 - X -	1502,216	1510,656	1519,095	1550,000	
30 - Y -	4,930	4,962	4,933	4,933	
29 - X -	-100,000	0,000	60,000	160,000	215,000
29 - Y -	-5,000	-5,000	-4,500	-4,000	-3,000
29 - X -	365,000	415,000	511,000	646,000	679,800
29 - Y -	-12,500	-9,000	-4,000	-6,000	-5,718
29 - X -	679,800	679,800	679,800	679,800	681,300
29 - Y -	-11,310	-12,951	-20,282	-21,500	-21,500
29 - X -	712,900	723,116	734,200	776,500	828,000
29 - Y -	-21,500	-23,179	-25,000	-25,000	-25,000
29 - X -	886,000	937,900	986,500	1038,000	1091,500
29 - Y -	-25,000	-25,000	-25,000	-25,000	-25,000
29 - X -	1155,500	1216,300	1226,338	1244,118	1245,100
29 - Y -	-25,000	-25,000	-22,456	-17,949	-17,700
29 - X -	1249,594	1253,591	1255,770	1262,207	1270,000
29 - Y -	-13,585	-9,925	-7,930	-2,036	5,100
29 - X -	1271,734	1276,497	1281,260	1286,023	1290,786

Boundary number	Co-ordinates [m]				
29 - Y -	5,379	5,311	5,309	5,491	5,373
29 - X -	1295,549	1300,312	1305,075	1309,838	1314,601
29 - Y -	4,853	4,868	5,071	5,114	5,028
29 - X -	1319,364	1324,128	1328,891	1333,654	1338,417
29 - Y -	5,229	5,216	5,272	5,233	5,359
29 - X -	1343,180	1347,943	1352,706	1357,469	1362,232
29 - Y -	5,319	5,368	5,387	5,285	5,124
29 - X -	1366,995	1371,758	1376,521	1381,284	1386,047
29 - Y -	5,063	5,094	5,106	5,187	5,124
29 - X -	1390,810	1395,573	1400,336	1405,099	1409,862
29 - Y -	5,224	5,146	5,125	5,143	5,114
29 - X -	1414,626	1419,389	1424,152	1443,140	1451,580
29 - Y -	5,061	5,019	4,963	4,864	4,836
29 - X -	1460,019	1468,458	1476,898	1485,337	1493,777
29 - Y -	4,729	4,136	4,410	4,633	4,954
29 - X -	1502,216	1510,656	1519,095	1550,000	
29 - Y -	4,930	4,962	4,933	4,933	
28 - X -	-100,000	0,000	60,000	160,000	215,000
28 - Y -	-5,000	-5,000	-4,500	-4,000	-9,000
28 - X -	365,000	415,000	511,000	646,000	679,800
28 - Y -	-15,000	-15,000	-9,000	-13,000	-11,310
28 - X -	679,800	679,800	679,800	681,300	712,900
28 - Y -	-12,951	-20,282	-21,500	-21,500	-21,500
28 - X -	723,116	734,200	776,500	828,000	886,000
28 - Y -	-23,179	-25,000	-25,000	-25,000	-25,000
28 - X -	937,900	986,500	1038,000	1091,500	1155,500
28 - Y -	-25,000	-25,000	-25,000	-25,000	-25,000
28 - X -	1216,300	1226,338	1244,118	1245,100	1249,594
28 - Y -	-25,000	-22,456	-17,949	-17,700	-13,585
28 - X -	1253,591	1255,770	1262,207	1270,000	1271,734
28 - Y -	-9,925	-7,930	-2,036	5,100	5,379
28 - X -	1276,497	1281,260	1286,023	1290,786	1295,549
28 - Y -	5,311	5,309	5,491	5,373	4,853
28 - X -	1300,312	1305,075	1309,838	1314,601	1319,364
28 - Y -	4,868	5,071	5,114	5,028	5,229
28 - X -	1324,128	1328,891	1333,654	1338,417	1343,180
28 - Y -	5,216	5,272	5,233	5,359	5,319
28 - X -	1347,943	1352,706	1357,469	1362,232	1366,995
28 - Y -	5,368	5,387	5,285	5,124	5,063
28 - X -	1371,758	1376,521	1381,284	1386,047	1390,810
28 - Y -	5,094	5,106	5,187	5,124	5,224
28 - X -	1395,573	1400,336	1405,099	1409,862	1414,626
28 - Y -	5,146	5,125	5,143	5,114	5,061
28 - X -	1419,389	1424,152	1443,140	1451,580	1460,019
28 - Y -	5,019	4,963	4,864	4,836	4,729
28 - X -	1468,458	1476,898	1485,337	1493,777	1502,216
28 - Y -	4,136	4,410	4,633	4,954	4,930
28 - X -	1510,656	1519,095	1550,000		
28 - Y -	4,962	4,933	4,933		
27 - X -	-100,000	0,000	60,000	160,000	215,000
27 - Y -	-10,000	-10,000	-9,600	-9,000	-9,000
27 - X -	365,000	415,000	511,000	646,000	679,800
27 - Y -	-15,000	-15,000	-9,000	-13,000	-11,310
27 - X -	679,800	679,800	679,800	681,300	712,900
27 - Y -	-12,951	-20,282	-21,500	-21,500	-21,500
27 - X -	723,116	734,200	776,500	828,000	886,000
27 - Y -	-23,179	-25,000	-25,000	-25,000	-25,000
27 - X -	937,900	986,500	1038,000	1091,500	1155,500
27 - Y -	-25,000	-25,000	-25,000	-25,000	-25,000
27 - X -	1216,300	1226,338	1244,118	1245,100	1249,594
27 - Y -	-25,000	-22,456	-17,949	-17,700	-13,585
27 - X -	1253,591	1255,770	1262,207	1270,000	1271,734
27 - Y -	-9,925	-7,930	-2,036	5,100	5,379
27 - X -	1276,497	1281,260	1286,023	1290,786	1295,549
27 - Y -	5,311	5,309	5,491	5,373	4,853

Boundary number	Co-ordinates [m]				
27 - X -	1300,312	1305,075	1309,838	1314,601	1319,364
27 - Y -	4,868	5,071	5,114	5,028	5,229
27 - X -	1324,128	1328,891	1333,654	1338,417	1343,180
27 - Y -	5,216	5,272	5,233	5,359	5,319
27 - X -	1347,943	1352,706	1357,469	1362,232	1366,995
27 - Y -	5,368	5,387	5,285	5,124	5,063
27 - X -	1371,758	1376,521	1381,284	1386,047	1390,810
27 - Y -	5,094	5,106	5,187	5,124	5,224
27 - X -	1395,573	1400,336	1405,099	1409,862	1414,626
27 - Y -	5,146	5,125	5,143	5,114	5,061
27 - X -	1419,389	1424,152	1443,140	1451,580	1460,019
27 - Y -	5,019	4,963	4,864	4,836	4,729
27 - X -	1468,458	1476,898	1485,337	1493,777	1502,216
27 - Y -	4,136	4,410	4,633	4,954	4,930
27 - X -	1510,656	1519,095	1550,000		
27 - Y -	4,962	4,933	4,933		
26 - X -	-100,000	0,000	60,000	160,000	215,000
26 - Y -	-10,000	-10,000	-9,600	-9,000	-13,000
26 - X -	365,000	415,000	511,000	646,000	679,800
26 - Y -	-15,000	-15,000	-9,000	-13,000	-11,310
26 - X -	679,800	679,800	679,800	681,300	712,900
26 - Y -	-12,951	-20,282	-21,500	-21,500	-21,500
26 - X -	723,116	734,200	776,500	828,000	886,000
26 - Y -	-23,179	-25,000	-25,000	-25,000	-25,000
26 - X -	937,900	986,500	1038,000	1091,500	1155,500
26 - Y -	-25,000	-25,000	-25,000	-25,000	-25,000
26 - X -	1216,300	1226,338	1244,118	1245,100	1249,594
26 - Y -	-25,000	-22,456	-17,949	-17,700	-13,585
26 - X -	1253,591	1255,770	1262,207	1270,000	1271,734
26 - Y -	-9,925	-7,930	-2,036	5,100	5,379
26 - X -	1276,497	1281,260	1286,023	1290,786	1295,549
26 - Y -	5,311	5,309	5,491	5,373	4,853
26 - X -	1300,312	1305,075	1309,838	1314,601	1319,364
26 - Y -	4,868	5,071	5,114	5,028	5,229
26 - X -	1324,128	1328,891	1333,654	1338,417	1343,180
26 - Y -	5,216	5,272	5,233	5,359	5,319
26 - X -	1347,943	1352,706	1357,469	1362,232	1366,995
26 - Y -	5,368	5,387	5,285	5,124	5,063
26 - X -	1371,758	1376,521	1381,284	1386,047	1390,810
26 - Y -	5,094	5,106	5,187	5,124	5,224
26 - X -	1395,573	1400,336	1405,099	1409,862	1414,626
26 - Y -	5,146	5,125	5,143	5,114	5,061
26 - X -	1419,389	1424,152	1443,140	1451,580	1460,019
26 - Y -	5,019	4,963	4,864	4,836	4,729
26 - X -	1468,458	1476,898	1485,337	1493,777	1502,216
26 - Y -	4,136	4,410	4,633	4,954	4,930
26 - X -	1510,656	1519,095	1550,000		
26 - Y -	4,962	4,933	4,933		
25 - X -	-100,000	0,000	60,000	160,000	215,000
25 - Y -	-12,500	-12,500	-13,000	-13,500	-13,000
25 - X -	365,000	415,000	511,000	646,000	679,800
25 - Y -	-15,000	-15,000	-9,000	-13,000	-11,310
25 - X -	679,800	679,800	679,800	681,300	712,900
25 - Y -	-12,951	-20,282	-21,500	-21,500	-21,500
25 - X -	723,116	734,200	776,500	828,000	886,000
25 - Y -	-23,179	-25,000	-25,000	-25,000	-25,000
25 - X -	937,900	986,500	1038,000	1091,500	1155,500
25 - Y -	-25,000	-25,000	-25,000	-25,000	-25,000
25 - X -	1216,300	1226,338	1244,118	1245,100	1249,594
25 - Y -	-25,000	-22,456	-17,949	-17,700	-13,585
25 - X -	1253,591	1255,770	1262,207	1270,000	1271,734
25 - Y -	-9,925	-7,930	-2,036	5,100	5,379
25 - X -	1276,497	1281,260	1286,023	1290,786	1295,549
25 - Y -	5,311	5,309	5,491	5,373	4,853
25 - X -	1300,312	1305,075	1309,838	1314,601	1319,364

Boundary number	Co-ordinates [m]				
25 - Y -	4,868	5,071	5,114	5,028	5,229
25 - X -	1324,128	1328,891	1333,654	1338,417	1343,180
25 - Y -	5,216	5,272	5,233	5,359	5,319
25 - X -	1347,943	1352,706	1357,469	1362,232	1366,995
25 - Y -	5,368	5,387	5,285	5,124	5,063
25 - X -	1371,758	1376,521	1381,284	1386,047	1390,810
25 - Y -	5,094	5,106	5,187	5,124	5,224
25 - X -	1395,573	1400,336	1405,099	1409,862	1414,626
25 - Y -	5,146	5,125	5,143	5,114	5,061
25 - X -	1419,389	1424,152	1443,140	1451,580	1460,019
25 - Y -	5,019	4,963	4,864	4,836	4,729
25 - X -	1468,458	1476,898	1485,337	1493,777	1502,216
25 - Y -	4,136	4,410	4,633	4,954	4,930
25 - X -	1510,656	1519,095	1550,000		
25 - Y -	4,962	4,933	4,933		
24 - X -	-100,000	0,000	60,000	160,000	215,000
24 - Y -	-15,000	-15,000	-15,000	-15,000	-14,000
24 - X -	365,000	415,000	511,000	646,000	679,800
24 - Y -	-15,000	-15,000	-9,000	-13,000	-11,310
24 - X -	679,800	679,800	679,800	681,300	712,900
24 - Y -	-12,951	-20,282	-21,500	-21,500	-21,500
24 - X -	723,116	734,200	776,500	828,000	886,000
24 - Y -	-23,179	-25,000	-25,000	-25,000	-25,000
24 - X -	937,900	986,500	1038,000	1091,500	1155,500
24 - Y -	-25,000	-25,000	-25,000	-25,000	-25,000
24 - X -	1216,300	1226,338	1244,118	1245,100	1249,594
24 - Y -	-25,000	-22,456	-17,949	-17,700	-13,585
24 - X -	1253,591	1255,770	1262,207	1270,000	1271,734
24 - Y -	-9,925	-7,930	-2,036	5,100	5,379
24 - X -	1276,497	1281,260	1286,023	1290,786	1295,549
24 - Y -	5,311	5,309	5,491	5,373	4,853
24 - X -	1300,312	1305,075	1309,838	1314,601	1319,364
24 - Y -	4,868	5,071	5,114	5,028	5,229
24 - X -	1324,128	1328,891	1333,654	1338,417	1343,180
24 - Y -	5,216	5,272	5,233	5,359	5,319
24 - X -	1347,943	1352,706	1357,469	1362,232	1366,995
24 - Y -	5,368	5,387	5,285	5,124	5,063
24 - X -	1371,758	1376,521	1381,284	1386,047	1390,810
24 - Y -	5,094	5,106	5,187	5,124	5,224
24 - X -	1395,573	1400,336	1405,099	1409,862	1414,626
24 - Y -	5,146	5,125	5,143	5,114	5,061
24 - X -	1419,389	1424,152	1443,140	1451,580	1460,019
24 - Y -	5,019	4,963	4,864	4,836	4,729
24 - X -	1468,458	1476,898	1485,337	1493,777	1502,216
24 - Y -	4,136	4,410	4,633	4,954	4,930
24 - X -	1510,656	1519,095	1550,000		
24 - Y -	4,962	4,933	4,933		
23 - X -	-100,000	0,000	60,000	160,000	215,000
23 - Y -	-15,000	-15,000	-15,000	-15,000	-14,000
23 - X -	365,000	415,000	511,000	646,000	679,800
23 - Y -	-15,000	-15,000	-12,500	-13,000	-11,310
23 - X -	679,800	679,800	679,800	681,300	712,900
23 - Y -	-12,951	-20,282	-21,500	-21,500	-21,500
23 - X -	723,116	734,200	776,500	828,000	886,000
23 - Y -	-23,179	-25,000	-25,000	-25,000	-25,000
23 - X -	937,900	986,500	1038,000	1091,500	1155,500
23 - Y -	-25,000	-25,000	-25,000	-25,000	-25,000
23 - X -	1216,300	1226,338	1244,118	1245,100	1249,594
23 - Y -	-25,000	-22,456	-17,949	-17,700	-13,585
23 - X -	1253,591	1255,770	1262,207	1270,000	1271,734
23 - Y -	-9,925	-7,930	-2,036	5,100	5,379
23 - X -	1276,497	1281,260	1286,023	1290,786	1295,549
23 - Y -	5,311	5,309	5,491	5,373	4,853
23 - X -	1300,312	1305,075	1309,838	1314,601	1319,364
23 - Y -	4,868	5,071	5,114	5,028	5,229

Boundary number	Co-ordinates [m]				
23 - X -	1324,128	1328,891	1333,654	1338,417	1343,180
23 - Y -	5,216	5,272	5,233	5,359	5,319
23 - X -	1347,943	1352,706	1357,469	1362,232	1366,995
23 - Y -	5,368	5,387	5,285	5,124	5,063
23 - X -	1371,758	1376,521	1381,284	1386,047	1390,810
23 - Y -	5,094	5,106	5,187	5,124	5,224
23 - X -	1395,573	1400,336	1405,099	1409,862	1414,626
23 - Y -	5,146	5,125	5,143	5,114	5,061
23 - X -	1419,389	1424,152	1443,140	1451,580	1460,019
23 - Y -	5,019	4,963	4,864	4,836	4,729
23 - X -	1468,458	1476,898	1485,337	1493,777	1502,216
23 - Y -	4,136	4,410	4,633	4,954	4,930
23 - X -	1510,656	1519,095	1550,000		
23 - Y -	4,962	4,933	4,933		
22 - X -	-100,000	0,000	60,000	160,000	215,000
22 - Y -	-15,000	-15,000	-15,000	-15,000	-14,000
22 - X -	365,000	415,000	511,000	646,000	679,800
22 - Y -	-15,000	-15,000	-14,000	-14,500	-12,951
22 - X -	679,800	679,800	681,300	712,900	723,116
22 - Y -	-20,282	-21,500	-21,500	-21,500	-23,179
22 - X -	734,200	776,500	828,000	886,000	937,900
22 - Y -	-25,000	-25,000	-25,000	-25,000	-25,000
22 - X -	986,500	1038,000	1091,500	1155,500	1216,300
22 - Y -	-25,000	-25,000	-25,000	-25,000	-25,000
22 - X -	1226,338	1244,118	1245,100	1249,594	1253,591
22 - Y -	-22,456	-17,949	-17,700	-13,585	-9,925
22 - X -	1255,770	1262,207	1270,000	1271,734	1276,497
22 - Y -	-7,930	-2,036	5,100	5,379	5,311
22 - X -	1281,260	1286,023	1290,786	1295,549	1300,312
22 - Y -	5,309	5,491	5,373	4,853	4,868
22 - X -	1305,075	1309,838	1314,601	1319,364	1324,128
22 - Y -	5,071	5,114	5,028	5,229	5,216
22 - X -	1328,891	1333,654	1338,417	1343,180	1347,943
22 - Y -	5,272	5,233	5,359	5,319	5,368
22 - X -	1352,706	1357,469	1362,232	1366,995	1371,758
22 - Y -	5,387	5,285	5,124	5,063	5,094
22 - X -	1376,521	1381,284	1386,047	1390,810	1395,573
22 - Y -	5,106	5,187	5,124	5,224	5,146
22 - X -	1400,336	1405,099	1409,862	1414,626	1419,389
22 - Y -	5,125	5,143	5,114	5,061	5,019
22 - X -	1424,152	1443,140	1451,580	1460,019	1468,458
22 - Y -	4,963	4,864	4,836	4,729	4,136
22 - X -	1476,898	1485,337	1493,777	1502,216	1510,656
22 - Y -	4,410	4,633	4,954	4,930	4,962
22 - X -	1519,095	1550,000			
22 - Y -	4,933	4,933			
21 - X -	-100,000	0,000	60,000	160,000	215,000
21 - Y -	-15,000	-15,000	-15,000	-15,000	-14,000
21 - X -	365,000	415,000	511,000	646,000	679,800
21 - Y -	-18,000	-19,000	-19,500	-20,000	-20,282
21 - X -	679,800	681,300	712,900	723,116	734,200
21 - Y -	-21,500	-21,500	-21,500	-23,179	-25,000
21 - X -	776,500	828,000	886,000	937,900	986,500
21 - Y -	-25,000	-25,000	-25,000	-25,000	-25,000
21 - X -	1038,000	1091,500	1155,500	1216,300	1226,338
21 - Y -	-25,000	-25,000	-25,000	-25,000	-22,456
21 - X -	1244,118	1245,100	1249,594	1253,591	1255,770
21 - Y -	-17,949	-17,700	-13,585	-9,925	-7,930
21 - X -	1262,207	1270,000	1271,734	1276,497	1281,260
21 - Y -	-2,036	5,100	5,379	5,311	5,309
21 - X -	1286,023	1290,786	1295,549	1300,312	1305,075
21 - Y -	5,491	5,373	4,853	4,868	5,071
21 - X -	1309,838	1314,601	1319,364	1324,128	1328,891
21 - Y -	5,114	5,028	5,229	5,216	5,272
21 - X -	1333,654	1338,417	1343,180	1347,943	1352,706

Boundary number	Co-ordinates [m]				
21 - Y -	5,233	5,359	5,319	5,368	5,387
21 - X -	1357,469	1362,232	1366,995	1371,758	1376,521
21 - Y -	5,285	5,124	5,063	5,094	5,106
21 - X -	1381,284	1386,047	1390,810	1395,573	1400,336
21 - Y -	5,187	5,124	5,224	5,146	5,125
21 - X -	1405,099	1409,862	1414,626	1419,389	1424,152
21 - Y -	5,143	5,114	5,061	5,019	4,963
21 - X -	1443,140	1451,580	1460,019	1468,458	1476,898
21 - Y -	4,864	4,836	4,729	4,136	4,410
21 - X -	1485,337	1493,777	1502,216	1510,656	1519,095
21 - Y -	4,633	4,954	4,930	4,962	4,933
21 - X -	1550,000				
21 - Y -	4,933				
20 - X -	-100,000	0,000	60,000	160,000	215,000
20 - Y -	-15,000	-15,000	-15,000	-15,000	-19,000
20 - X -	365,000	415,000	511,000	646,000	679,800
20 - Y -	-18,000	-19,000	-19,500	-20,000	-20,282
20 - X -	679,800	681,300	712,900	723,116	734,200
20 - Y -	-21,500	-21,500	-21,500	-23,179	-25,000
20 - X -	776,500	828,000	886,000	937,900	986,500
20 - Y -	-25,000	-25,000	-25,000	-25,000	-25,000
20 - X -	1038,000	1091,500	1155,500	1216,300	1226,338
20 - Y -	-25,000	-25,000	-25,000	-25,000	-22,456
20 - X -	1244,118	1245,100	1249,594	1253,591	1255,770
20 - Y -	-17,949	-17,700	-13,585	-9,925	-7,930
20 - X -	1262,207	1270,000	1271,734	1276,497	1281,260
20 - Y -	-2,036	5,100	5,379	5,311	5,309
20 - X -	1286,023	1290,786	1295,549	1300,312	1305,075
20 - Y -	5,491	5,373	4,853	4,868	5,071
20 - X -	1309,838	1314,601	1319,364	1324,128	1328,891
20 - Y -	5,114	5,028	5,229	5,216	5,272
20 - X -	1333,654	1338,417	1343,180	1347,943	1352,706
20 - Y -	5,233	5,359	5,319	5,368	5,387
20 - X -	1357,469	1362,232	1366,995	1371,758	1376,521
20 - Y -	5,285	5,124	5,063	5,094	5,106
20 - X -	1381,284	1386,047	1390,810	1395,573	1400,336
20 - Y -	5,187	5,124	5,224	5,146	5,125
20 - X -	1405,099	1409,862	1414,626	1419,389	1424,152
20 - Y -	5,143	5,114	5,061	5,019	4,963
20 - X -	1443,140	1451,580	1460,019	1468,458	1476,898
20 - Y -	4,864	4,836	4,729	4,136	4,410
20 - X -	1485,337	1493,777	1502,216	1510,656	1519,095
20 - Y -	4,633	4,954	4,930	4,962	4,933
20 - X -	1550,000				
20 - Y -	4,933				
19 - X -	-100,000	0,000	60,000	160,000	215,000
19 - Y -	-19,000	-19,000	-19,500	-19,500	-19,000
19 - X -	365,000	415,000	511,000	646,000	679,800
19 - Y -	-18,000	-19,000	-19,500	-20,000	-20,282
19 - X -	679,800	681,300	712,900	723,116	734,200
19 - Y -	-21,500	-21,500	-21,500	-23,179	-25,000
19 - X -	776,500	828,000	886,000	937,900	986,500
19 - Y -	-25,000	-25,000	-25,000	-25,000	-25,000
19 - X -	1038,000	1091,500	1155,500	1216,300	1226,338
19 - Y -	-25,000	-25,000	-25,000	-25,000	-22,456
19 - X -	1244,118	1245,100	1249,594	1253,591	1255,770
19 - Y -	-17,949	-17,700	-13,585	-9,925	-7,930
19 - X -	1262,207	1270,000	1271,734	1276,497	1281,260
19 - Y -	-2,036	5,100	5,379	5,311	5,309
19 - X -	1286,023	1290,786	1295,549	1300,312	1305,075
19 - Y -	5,491	5,373	4,853	4,868	5,071
19 - X -	1309,838	1314,601	1319,364	1324,128	1328,891
19 - Y -	5,114	5,028	5,229	5,216	5,272
19 - X -	1333,654	1338,417	1343,180	1347,943	1352,706
19 - Y -	5,233	5,359	5,319	5,368	5,387

Boundary number	Co-ordinates [m]				
19 - X -	1357,469	1362,232	1366,995	1371,758	1376,521
19 - Y -	5,285	5,124	5,063	5,094	5,106
19 - X -	1381,284	1386,047	1390,810	1395,573	1400,336
19 - Y -	5,187	5,124	5,224	5,146	5,125
19 - X -	1405,099	1409,862	1414,626	1419,389	1424,152
19 - Y -	5,143	5,114	5,061	5,019	4,963
19 - X -	1443,140	1451,580	1460,019	1468,458	1476,898
19 - Y -	4,864	4,836	4,729	4,136	4,410
19 - X -	1485,337	1493,777	1502,216	1510,656	1519,095
19 - Y -	4,633	4,954	4,930	4,962	4,933
19 - X -	1550,000				
19 - Y -	4,933				
18 - X -	-100,000	0,000	60,000	160,000	215,000
18 - Y -	-24,000	-24,000	-22,500	-23,000	-22,000
18 - X -	365,000	415,000	511,000	646,000	723,116
18 - Y -	-20,500	-21,500	-22,000	-23,500	-23,179
18 - X -	734,200	776,500	828,000	886,000	937,900
18 - Y -	-25,000	-25,000	-25,000	-25,000	-25,000
18 - X -	986,500	1038,000	1091,500	1155,500	1216,300
18 - Y -	-25,000	-25,000	-25,000	-25,000	-25,000
18 - X -	1226,338	1244,118	1245,100	1249,594	1253,591
18 - Y -	-22,456	-17,949	-17,700	-13,585	-9,925
18 - X -	1255,770	1262,207	1270,000	1271,734	1276,497
18 - Y -	-7,930	-2,036	5,100	5,379	5,311
18 - X -	1281,260	1286,023	1290,786	1295,549	1300,312
18 - Y -	5,309	5,491	5,373	4,853	4,868
18 - X -	1305,075	1309,838	1314,601	1319,364	1324,128
18 - Y -	5,071	5,114	5,028	5,229	5,216
18 - X -	1328,891	1333,654	1338,417	1343,180	1347,943
18 - Y -	5,272	5,233	5,359	5,319	5,368
18 - X -	1352,706	1357,469	1362,232	1366,995	1371,758
18 - Y -	5,387	5,285	5,124	5,063	5,094
18 - X -	1376,521	1381,284	1386,047	1390,810	1395,573
18 - Y -	5,106	5,187	5,124	5,224	5,146
18 - X -	1400,336	1405,099	1409,862	1414,626	1419,389
18 - Y -	5,125	5,143	5,114	5,061	5,019
18 - X -	1424,152	1443,140	1451,580	1460,019	1468,458
18 - Y -	4,963	4,864	4,836	4,729	4,136
18 - X -	1476,898	1485,337	1493,777	1502,216	1510,656
18 - Y -	4,410	4,633	4,954	4,930	4,962
18 - X -	1519,095	1550,000			
18 - Y -	4,933	4,933			
17 - X -	-100,000	0,000	60,000	160,000	215,000
17 - Y -	-24,000	-24,000	-22,500	-23,000	-22,000
17 - X -	365,000	415,000	511,000	646,000	723,116
17 - Y -	-20,500	-21,500	-22,000	-23,500	-23,179
17 - X -	734,200	776,500	828,000	886,000	937,900
17 - Y -	-25,000	-25,000	-25,000	-25,000	-25,000
17 - X -	986,500	1038,000	1091,500	1155,500	1216,300
17 - Y -	-25,000	-25,000	-25,000	-25,000	-25,000
17 - X -	1226,338	1244,118	1245,100	1249,594	1253,591
17 - Y -	-22,456	-17,949	-17,700	-13,585	-9,925
17 - X -	1255,770	1262,207	1289,000	1421,000	1550,000
17 - Y -	-7,930	-2,036	-2,000	-2,000	-2,000
16 - X -	-100,000	0,000	60,000	160,000	215,000
16 - Y -	-24,000	-24,000	-22,500	-23,000	-22,000
16 - X -	365,000	415,000	511,000	646,000	723,116
16 - Y -	-20,500	-21,500	-22,000	-23,500	-23,179
16 - X -	734,200	776,500	828,000	886,000	937,900
16 - Y -	-25,000	-25,000	-25,000	-25,000	-25,000
16 - X -	986,500	1038,000	1091,500	1155,500	1216,300
16 - Y -	-25,000	-25,000	-25,000	-25,000	-25,000
16 - X -	1226,338	1244,118	1245,100	1249,594	1253,591
16 - Y -	-22,456	-17,949	-17,700	-13,585	-9,925
16 - X -	1255,770	1289,000	1421,000	1550,000	

Boundary number	Co-ordinates [m]				
16 - Y -	-7,930	-8,000	-9,000	-9,000	
15 - X -	-100,000	0,000	60,000	160,000	215,000
15 - Y -	-24,000	-24,000	-22,500	-23,000	-22,000
15 - X -	365,000	415,000	511,000	646,000	723,116
15 - Y -	-20,500	-21,500	-22,000	-23,500	-23,179
15 - X -	734,200	776,500	828,000	886,000	937,900
15 - Y -	-25,000	-25,000	-25,000	-25,000	-25,000
15 - X -	986,500	1038,000	1091,500	1155,500	1216,300
15 - Y -	-25,000	-25,000	-25,000	-25,000	-25,000
15 - X -	1226,338	1244,118	1245,100	1249,594	1253,591
15 - Y -	-22,456	-17,949	-17,700	-13,585	-9,925
15 - X -	1289,000	1421,000	1550,000		
15 - Y -	-10,000	-10,500	-10,500		
14 - X -	-100,000	0,000	60,000	160,000	215,000
14 - Y -	-24,000	-24,000	-22,500	-23,000	-22,000
14 - X -	365,000	415,000	511,000	646,000	723,116
14 - Y -	-20,500	-21,500	-22,000	-23,500	-23,179
14 - X -	734,200	776,500	828,000	886,000	937,900
14 - Y -	-25,000	-25,000	-25,000	-25,000	-25,000
14 - X -	986,500	1038,000	1091,500	1155,500	1216,300
14 - Y -	-25,000	-25,000	-25,000	-25,000	-25,000
14 - X -	1226,338	1244,118	1245,100	1249,594	1289,000
14 - Y -	-22,456	-17,949	-17,700	-13,585	-14,000
14 - X -	1421,000	1550,000			
14 - Y -	-15,000	-15,000			
13 - X -	-100,000	0,000	60,000	160,000	215,000
13 - Y -	-24,000	-24,000	-22,500	-23,000	-22,000
13 - X -	365,000	415,000	511,000	646,000	723,116
13 - Y -	-20,500	-21,500	-22,000	-23,500	-23,179
13 - X -	734,200	776,500	828,000	886,000	937,900
13 - Y -	-25,000	-25,000	-25,000	-25,000	-25,000
13 - X -	986,500	1038,000	1091,500	1155,500	1216,300
13 - Y -	-25,000	-25,000	-25,000	-25,000	-25,000
13 - X -	1226,338	1244,118	1289,000	1421,000	1550,000
13 - Y -	-22,456	-17,949	-17,500	-17,500	-17,500
12 - X -	-100,000	0,000	60,000	160,000	215,000
12 - Y -	-24,000	-24,000	-22,500	-23,000	-22,000
12 - X -	365,000	415,000	511,000	646,000	723,116
12 - Y -	-20,500	-21,500	-22,000	-23,500	-23,179
12 - X -	734,200	776,500	828,000	886,000	937,900
12 - Y -	-25,000	-25,000	-25,000	-25,000	-25,000
12 - X -	986,500	1038,000	1091,500	1155,500	1216,300
12 - Y -	-25,000	-25,000	-25,000	-25,000	-25,000
12 - X -	1226,338	1289,000	1421,000	1550,000	
12 - Y -	-22,456	-23,500	-27,000	-27,000	
11 - X -	-100,000	0,000	215,000	365,000	415,000
11 - Y -	-28,000	-28,000	-31,000	-29,000	-32,000
11 - X -	646,000	766,000	814,000	879,000	1139,000
11 - Y -	-30,000	-30,000	-32,000	-31,000	-31,000
11 - X -	1289,000	1421,000	1550,000		
11 - Y -	-30,000	-31,000	-31,000		
10 - X -	-100,000	0,000	215,000	365,000	415,000
10 - Y -	-33,000	-33,000	-33,500	-30,000	-33,000
10 - X -	646,000	766,000	814,000	879,000	1139,000
10 - Y -	-35,000	-30,500	-34,000	-32,000	-33,000
10 - X -	1289,000	1421,000	1550,000		
10 - Y -	-31,000	-33,000	-33,000		
9 - X -	-100,000	0,000	239,846	365,000	535,239
9 - Y -	-44,000	-44,000	-44,953	-52,000	-49,163
9 - X -	619,376	766,000	814,000	879,000	952,360
9 - Y -	-44,083	-46,500	-42,000	-41,000	-46,023
9 - X -	1032,922	1139,000	1289,000	1421,000	1550,000
9 - Y -	-41,000	-44,000	-45,000	-45,000	-45,000
8 - X -	-100,000	0,000	239,846	365,000	535,239
8 - Y -	-44,000	-44,000	-44,953	-52,000	-49,163

Boundary number	Co-ordinates [m]				
8 - X -	619,376	766,000	814,100	879,000	952,360
8 - Y -	-44,083	-46,500	-44,000	-41,000	-46,023
8 - X -	1032,922	1139,000	1289,000	1421,000	1550,000
8 - Y -	-41,000	-44,000	-45,000	-45,000	-45,000
7 - X -	-100,000	0,000	239,846	365,000	535,239
7 - Y -	-44,000	-44,000	-44,953	-52,000	-49,163
7 - X -	619,376	766,000	814,000	820,500	879,000
7 - Y -	-44,083	-46,500	-46,000	-46,400	-41,000
7 - X -	952,360	1032,922	1139,000	1289,000	1421,000
7 - Y -	-46,023	-41,000	-44,000	-45,000	-45,000
7 - X -	1550,000				
7 - Y -	-45,000				
6 - X -	-100,000	0,000	230,883	365,000	544,189
6 - Y -	-45,000	-45,000	-48,908	-55,000	-52,727
6 - X -	639,069	766,000	814,000	820,500	879,000
6 - Y -	-48,162	-51,000	-47,000	-46,400	-41,000
6 - X -	952,360	1032,922	1139,000	1289,000	1421,000
6 - Y -	-46,023	-41,000	-44,000	-45,000	-45,000
6 - X -	1550,000				
6 - Y -	-45,000				
5 - X -	-100,000	0,000	365,000	544,189	639,069
5 - Y -	-50,000	-50,000	-55,000	-52,727	-48,162
5 - X -	766,000	814,000	820,500	879,000	952,360
5 - Y -	-51,000	-47,000	-46,400	-41,000	-46,023
5 - X -	1032,922	1139,000	1289,000	1421,000	1550,000
5 - Y -	-41,000	-44,000	-45,000	-45,000	-45,000
4 - X -	-100,000	0,000	365,000	766,000	814,000
4 - Y -	-50,000	-50,000	-55,000	-55,000	-55,000
4 - X -	879,000	1139,000	1289,000	1421,000	1550,000
4 - Y -	-50,000	-47,000	-47,000	-45,000	-45,000
3 - X -	-100,000	0,000	365,000	766,000	814,000
3 - Y -	-50,000	-50,000	-55,000	-55,000	-55,000
3 - X -	879,000	1139,000	1289,000	1421,000	1550,000
3 - Y -	-50,000	-50,000	-47,000	-45,000	-45,000
2 - X -	-100,000	0,000	365,000	766,000	814,000
2 - Y -	-50,000	-50,000	-55,000	-55,000	-55,000
2 - X -	1139,000	1289,000	1421,000	1550,000	
2 - Y -	-55,000	-47,000	-45,000	-45,000	
1 - X -	-100,000	0,000	365,000	766,000	814,000
1 - Y -	-50,000	-50,000	-55,000	-55,000	-55,000
1 - X -	1139,000	1289,000	1421,000	1550,000	
1 - Y -	-60,000	-47,000	-45,000	-45,000	
0 - X -	-100,000	1550,000			
0 - Y -	-65,000	-65,000			

2.3 PI-lines

PI-line number	Co-ordinates [m]				
1 - X -	-100,000	60,000	679,240	680,360	1266,477
1 - Y -	2,500	2,500	2,500	1,843	1,800
1 - X -	1268,076	1550,000			
1 - Y -	2,492	2,500			

2.4 Phreatic Line

Piezo-line 1 is used as phreatic line (groundwater).

2.5 Soil Profiles

Layer number	Material name	Piezo-line at top	Piezo-line at bottom
33	za_mf_mg_l (HL)	1	1
32	za_mf_mg_v (HL)	1	1
31	za_mf_v (HL)	1	1
30	kl_m_s_zl (HL)	1	1

Layer number	Material name	Piezo-line at top	Piezo-line at bottom
29	za_kl_mf_m_l (HL)	1	1
28	kl_m_s_zl (HL)	1	1
27	za_mf_mg_v (HL di...	1	1
26	za_mf_mv (HL)	1	1
25	za_mf_sc_l (HL)	1	1
24	za_mf_mv (HL)	1	1
23	za_mf_sc_l (HL)	1	1
22	za_mf_mv (HL)	1	1
21	za_mf_mg_v (HL di...	1	1
20	za_mf_mv (HL)	1	1
19	le_fz_kl (KR)	1	1
18	za_mf_mg_l (HL)	1	1
17	za_mf_mg_v (HL)	1	1
16	kl_m_s_zl (HL)	1	1
15	za_kl_mf_m_l (HL)	1	1
14	za_mf_mv (HL)	1	1
13	le_fz_kl (KR)	1	1
12	za_zg_gr_v (KR)	1	1
11	za_zg_gr_sc_kl_l_v ...	1	1
10	za_zg_gr_v (KR diep)	1	1
9	kl_s (WA)	1	1
8	fz_ss_m_v (Wa)	1	1
7	kl_s (WA)	1	1
6	fz_ss_m_v (Wa)	1	1
5	fz_ss_m_v (Wa)	1	1
4	kl_s (WA)	1	1
3	si_m_v (Wa)	1	1
2	kl_s (WA)	1	1
1	onbekend	1	1

2.6 Selected Boundaries

The boundary between cohesive top layers and under laying non-cohesive drained layers, is situated at the top of layer number 33: za_mf_mg_l (HL)

The boundary between compressible top layers and under laying non-compressible layers, is situated at the top of layer number 12: za_zg_gr_v (KR)

2.7 Configuration of the Pipe Line

X co-ordinate left point	0,00	[m]
Y co-ordinate left point	4,87	[m]
Z co-ordinate left point	0,00	[m]
X co-ordinate right point	626,80	[m]
Y co-ordinate right point	4,96	[m]
Z co-ordinate right point	1278,80	[m]
Angle left	12,00	[degrees]
Angle right	13,00	[degrees]
Lowest level of pipe (centre bore hole)	-50,00	[m]
Angle of pipe (between radii)	0,00	[degrees]
Bending radius pipe on rollers	1750,00	[m]
Bending radius left, vertical in/out	1750,00	[m]
Bending radius right, vertical in/out	1750,00	[m]
Number of horizontal bends	2	[-]

The pulling direction of the product pipe is from right to left

Bending nr.	X1-coord [m]	Z1-coord [m]	X2-coord [m]	Z2-coord [m]	Bending radius [m]	Direction [-]
1	91,10	166,50	175,20	335,20	2500,00	right
2	469,50	984,90	612,30	1255,00	2500,00	left

2.8 Calculation Verticals

Vertical nr.	L-coord [m]	Z-coord [m]	Additional settlement [mm]
1	0,00	4,87	0,00
2	10,04	2,73	0,00
3	20,07	0,60	0,00
4	30,11	-1,54	0,00
5	40,14	-3,67	0,00
6	50,18	-5,80	0,00
7	60,21	-7,93	0,00
8	70,25	-10,07	0,00
9	80,28	-12,20	0,00
10	90,32	-14,29	0,00
11	100,35	-16,32	0,00
12	110,39	-18,28	0,00
13	120,42	-20,19	0,00
14	130,46	-22,04	0,00
15	140,49	-23,82	0,00
16	150,53	-25,55	0,00
17	160,56	-27,21	0,00
18	170,60	-28,82	0,00
19	180,63	-30,36	0,00
20	190,67	-31,85	0,00
21	200,70	-33,28	0,00
22	210,74	-34,65	0,00
23	220,77	-35,95	0,00
24	230,81	-37,20	0,00
25	240,85	-38,40	0,00
26	250,88	-39,53	0,00
27	260,92	-40,60	0,00
28	270,95	-41,62	0,00
29	280,99	-42,57	0,00
30	291,02	-43,47	0,00
31	301,06	-44,31	0,00
32	311,09	-45,09	0,00
33	321,13	-45,82	0,00
34	331,16	-46,48	0,00
35	341,20	-47,09	0,00
36	351,23	-47,64	0,00
37	361,27	-48,13	0,00
38	371,30	-48,57	0,00
39	381,34	-48,95	0,00
40	391,37	-49,27	0,00
41	401,41	-49,53	0,00
42	411,44	-49,73	0,00
43	421,48	-49,88	0,00
44	431,51	-49,97	0,00
45	441,55	-50,00	0,00
46	451,58	-50,00	0,00
47	461,62	-50,00	0,00
48	471,65	-50,00	0,00
49	481,69	-50,00	0,00
50	491,73	-50,00	0,00
51	501,76	-50,00	0,00
52	511,80	-50,00	0,00
53	521,83	-50,00	0,00
54	531,87	-50,00	0,00
55	541,90	-50,00	0,00
56	551,94	-50,00	0,00
57	561,97	-50,00	0,00
58	572,01	-50,00	0,00
59	582,04	-50,00	0,00
60	592,08	-50,00	0,00
61	602,11	-50,00	0,00

Vertical nr.	L-coord [m]	Z-coord [m]	Additional settlement [mm]
62	612,15	-50,00	0,00
63	622,18	-50,00	0,00
64	632,22	-50,00	0,00
65	642,25	-50,00	0,00
66	652,29	-50,00	0,00
67	662,32	-50,00	0,00
68	672,36	-50,00	0,00
69	682,39	-50,00	0,00
70	692,43	-50,00	0,00
71	702,46	-50,00	0,00
72	712,50	-50,00	0,00
73	722,54	-50,00	0,00
74	732,57	-50,00	0,00
75	742,61	-50,00	0,00
76	752,64	-50,00	0,00
77	762,68	-50,00	0,00
78	772,71	-50,00	0,00
79	782,75	-50,00	0,00
80	792,78	-50,00	0,00
81	802,82	-50,00	0,00
82	812,85	-50,00	0,00
83	822,89	-50,00	0,00
84	832,92	-50,00	0,00
85	842,96	-50,00	0,00
86	852,99	-50,00	0,00
87	863,03	-50,00	0,00
88	873,06	-50,00	0,00
89	883,10	-50,00	0,00
90	893,13	-50,00	0,00
91	903,17	-50,00	0,00
92	913,20	-50,00	0,00
93	923,24	-50,00	0,00
94	933,27	-50,00	0,00
95	943,31	-50,00	0,00
96	953,35	-50,00	0,00
97	963,38	-50,00	0,00
98	973,42	-50,00	0,00
99	983,45	-50,00	0,00
100	993,49	-49,99	0,00
101	1003,52	-49,93	0,00
102	1013,56	-49,81	0,00
103	1023,59	-49,63	0,00
104	1033,63	-49,40	0,00
105	1043,66	-49,11	0,00
106	1053,70	-48,76	0,00
107	1063,73	-48,35	0,00
108	1073,77	-47,88	0,00
109	1083,80	-47,36	0,00
110	1093,84	-46,78	0,00
111	1103,87	-46,14	0,00
112	1113,91	-45,45	0,00
113	1123,94	-44,69	0,00
114	1133,98	-43,88	0,00
115	1144,01	-43,01	0,00
116	1154,05	-42,08	0,00
117	1164,08	-41,09	0,00
118	1174,12	-40,05	0,00
119	1184,15	-38,94	0,00
120	1194,19	-37,78	0,00
121	1204,23	-36,56	0,00
122	1214,26	-35,28	0,00
123	1224,30	-33,94	0,00
124	1234,33	-32,54	0,00
125	1244,37	-31,08	0,00

Vertical nr.	L-coord [m]	Z-coord [m]	Additional settlement [mm]
126	1254,40	-29,56	0,00
127	1264,44	-27,99	0,00
128	1274,47	-26,35	0,00
129	1284,51	-24,65	0,00
130	1294,54	-22,90	0,00
131	1304,58	-21,08	0,00
132	1314,61	-19,20	0,00
133	1324,65	-17,26	0,00
134	1334,68	-15,26	0,00
135	1344,72	-13,20	0,00
136	1354,75	-11,08	0,00
137	1364,79	-8,90	0,00
138	1374,82	-6,65	0,00
139	1384,86	-4,35	0,00
140	1394,89	-2,03	0,00
141	1404,93	0,28	0,00
142	1414,96	2,60	0,00
143	1425,00	4,92	0,00

Locations of the calculation verticals; L represents distance along the pipe line projection in the horizontal plane, incremented with the entry co-ordinate.

2.9 Material Types

Name	Gamma unsat [kN/m³]	Gamma sat [kN/m³]	Cohesion [kN/m²]	Phi [degrees]	Cu top [kN/m²]	Cu bottom [kN/m²]	Emod top [kN/m²]	Emod bottom [kN/m²]
za_mf_mg_v (HL)	18,00	19,00	0,00	32,50	0,00	0,00	15000	35000
kl_m_s_zl (HL)	16,00	16,00	5,00	22,50	0,00	0,00	5000	5000
za_mf_v (HL)	19,00	20,00	0,00	35,00	0,00	0,00	20000	20000
za_mf_mg_l (HL)	18,00	19,00	0,00	30,00	0,00	0,00	15000	15000
za_kl_mf_m_l (...)	16,00	17,00	5,00	30,00	0,00	0,00	30000	30000
za_mf_mv (HL)	19,00	20,00	0,00	32,50	0,00	0,00	35000	35000
za_mf_sc_l (HL)	18,00	19,00	0,00	30,00	0,00	0,00	25000	25000
le_fz_kl (KR)	18,00	18,00	5,00	25,00	0,00	0,00	5000	5000
za_zg_gr_v (KR)	19,00	20,00	0,00	37,50	0,00	0,00	50000	75000
za_zg_gr_sc_kl...	19,00	20,00	0,00	35,00	0,00	0,00	65000	65000
kl_s (WA)	19,00	19,00	5,00	27,50	0,00	0,00	20000	20000
fz_ss_m_v (Wa)	19,00	20,00	0,00	32,50	0,00	0,00	50000	50000
si_m_v (Wa)	19,00	20,00	0,00	30,00	0,00	0,00	40000	40000
onbekend	19,00	20,00	0,00	30,00	0,00	0,00	40000	40000
za_mf_mg_v (H...	18,00	19,00	0,00	32,50	0,00	0,00	35000	50000
za_zg_gr_v (KR...	19,00	20,00	0,00	37,50	0,00	0,00	75000	100000

Name	Adhesion A [kN/m²]	Delta D [degrees]	Nu [-]
za_mf_mg_v (HL)	-	-	0,35
kl_m_s_zl (HL)	-	-	0,35
za_mf_v (HL)	-	-	0,35
za_mf_mg_l (HL)	-	-	0,35
za_kl_mf_m_l (...)	-	-	0,35
za_mf_mv (HL)	-	-	0,35
za_mf_sc_l (HL)	-	-	0,35
le_fz_kl (KR)	-	-	0,35
za_zg_gr_v (KR)	-	-	0,35
za_zg_gr_sc_kl...	-	-	0,35
kl_s (WA)	-	-	0,35
fz_ss_m_v (Wa)	-	-	0,35
si_m_v (Wa)	-	-	0,35
onbekend	-	-	0,35
za_mf_mg_v (H...	-	-	0,35
za_zg_gr_v (KR...	-	-	0,35

2.10 Product Pipe Material Data

Material	Steel
Quality	FE360
Negative wall thickness tolerance	0 [%]
Yield strength (Re)	350 [N/mm ²]
Partial material factor	1,10 [-]
Partial material factor for test pressure	1,00 [-]
Young's modulus	205800 [N/mm ²]
Outer diameter product pipe	1016,00 [mm]
Wall thickness (Nominal)	16,00 [mm]
Unit weight pipe material	78,50 [kN/m ³]
Design pressure	0,00 [bar]
Test pressure	0,00 [bar]
Temperature variation	0,00 [deg C]

2.11 Pipe Engineering Data

Pipe filled with water on rollers	No
Part of cross section filled with fluid	0 [%]
Unit weight fluid	10,00 [kN/m ³]
Relative displacement	10,00 [mm]
Compression index	20,00 [-]
Linear settlement coefficient (alpha_g) for steel	0,00 [mm/mmK]
Linear settlement coefficient (alpha_g) for PE	0,00 [mm/mmK]
Modulus of subgrade reaction drilling fluid (Kv)	500,00 [kN/m ³]
Phi drilling fluid	15,00 [degrees]
Cohesion drilling fluid	5,00 [kN/m ²]
Bedding angle	120 [degrees]
Load angle	180 [degrees]
Factor of friction pipe-roller (f1)	0,10 [-]
Friction pipe-drilling fluid (f2)	0,000050 [N/mm ²]
Factor of friction pipe-soil (f3)	0,20 [-]
Special stress analysis	not used

2.12 Geometry

2.13 Drilling Fluid Data

Diameter pilot hole	0,375	[m]
Outer diameter pilot pipe	0,168	[m]
Diameter preream hole	1,320	[m]
Outer diameter drillpipe	0,168	[m]
Diameter bore hole product pipe	1,320	[m]
Outer diameter product pipe	1,016	[m]
Annular back flow rate pilot	1200,0	[liter/minute]
Annular back flow rate pre-reaming	1999,8	[liter/minute]
Annular back flow rate ream and pull-back	1800,0	[liter/minute]
Circulation loss factor pilot	0,30	[-]
Circulation loss factor pre-reaming	0,20	[-]
Circulation loss factor ream and pull-back	0,20	[-]
Unit weight drilling fluid (gamma)	11,1	[kN/m ³]
Yieldpoint drilling fluid (Tau)	0,014	[kN/m ²]
Plastic viscosity drilling fluid (Mu)	0,000014	[kN.s/m ²]

2.14 Factors

Safety factor implosion (Long)	3,0	[-]
Safety factor implosion (Short)	1,5	[-]
Contingency factor on total unit weight		
material types below and above phreatic level	1,10	[-]
Contingency factor on Cu/cohesion	1,40	[-]
Contingency factor on Phi	1,10	[-]
Contingency factor on E-modulus	1,25	[-]
Contingency factor on pulling force	2,00	[-]
Contingency factor on modulus of subgrade reaction	1,60	[-]
Contingency factor on soil load Qn	1,10	[-]
Contingency factor on pressure borehole	1,10	[-]
Steel: Contingency factor on bending radius	1,10	[-]
Contingency factor on bending moment (Steel)	1,15	[-]
Contingency factor on bending moment (Polyethene)	1,40	[-]
Steel: Load factor on design pressure	1,25	[-]
Steel: Load factor on design pressure (combination)	1,15	[-]
Steel: Load factor on test pressure	1,10	[-]
Steel: Load factor installation	1,10	[-]
Steel: Load factor on soil load Qn	1,50	[-]
Steel: Load factor on temperature	1,10	[-]
Steel: Load factor on traffic load	1,35	[-]
Factor of importance (S)	1,00	[-]
Allowable deflection of steel pipe	15,00	[%]
Allowable piggability of steel pipe	5,00	[%]
Allowable deflection of polyethene pipe	8,00	[%]
Allowable piggability of polyethene pipe	5,00	[%]
Unit weight water	10,10	[kN/m ³]
Safety factor cover (drained layer)	0,50	[-]
Safety factor cover (undrained layer)	0,50	[-]

3 Drilling Fluid Pressures

3.1 Drilling Fluid Data

Vertical nr.	Drilling fluid pressures pilot [kN/m ²]			
	Max, deformation	Max, soil cover	Min, left	Min, right
1	0	0	0	420
2	138	122	27	441
3	223	311	53	462
4	305	504	80	482
5	381	674	107	503
6	347	564	133	524
7	331	500	160	544
8	362	537	187	565
9	566	969	213	586
10	596	998	240	606
11	673	1145	265	626
12	738	1263	290	644
13	727	1194	314	663
14	625	935	338	680
15	846	1410	360	697
16	1059	1912	382	713
17	1161	2129	404	729
18	1239	2287	425	743
19	1311	2427	445	758
20	1317	2385	464	771
21	1332	2387	483	784
22	1423	2602	501	796
23	1496	2761	519	808
24	1552	2872	536	819
25	1602	2967	552	829
26	1644	3046	567	839
27	1683	3118	582	848
28	1719	3183	596	856
29	1751	3242	610	864
30	1781	3296	623	871
31	1808	3345	635	877
32	1833	3390	647	883
33	1855	3430	658	888
34	1876	3466	668	892
35	1894	3498	678	896
36	1910	3526	687	899
37	1924	3550	695	902
38	1929	3557	703	904
39	1937	3570	710	905
40	1944	3580	717	906
41	1948	3587	722	906
42	1951	3590	728	905
43	1958	3604	732	904
44	1966	3621	736	902
45	1973	3634	739	899
46	1978	3645	742	896
47	1983	3657	745	893
48	1989	3668	748	890
49	1994	3680	751	887
50	1998	3689	754	884
51	2002	3697	757	881
52	2005	3704	760	878
53	1899	3407	763	876
54	1785	3100	766	873
55	1625	2692	769	870
56	1529	2462	772	867
57	1477	2342	775	864

Vertical nr.	Drilling fluid pressures pilot [kN/m ²]			
	Max, deformation	Max, soil cover	Min, left	Min, right
58	1444	2266	778	861
59	1420	2214	781	858
60	1402	2175	783	855
61	1389	2145	786	852
62	1398	2167	789	849
63	1520	2462	792	846
64	1565	2576	795	843
65	1580	2614	798	840
66	1572	2592	801	837
67	1561	2562	804	834
68	1543	2517	807	832
69	1153	1749	810	829
70	1116	1659	813	826
71	1075	1564	816	823
72	1077	1569	819	820
73	1063	1543	822	817
74	1043	1506	825	814
75	1042	1505	827	811
76	1045	1512	830	808
77	1048	1519	833	805
78	1040	1501	836	802
79	1030	1480	839	799
80	1132	1723	842	796
81	1158	1787	845	793
82	1168	1812	848	790
83	1178	1838	851	787
84	1179	1840	854	785
85	1180	1842	857	782
86	1181	1844	860	779
87	1181	1845	863	776
88	1182	1847	866	773
89	1183	1849	869	770
90	1184	1852	871	767
91	1186	1855	874	764
92	1187	1860	877	761
93	1189	1863	880	758
94	1160	1789	883	755
95	1141	1742	886	752
96	1129	1712	889	749
97	1112	1669	892	746
98	1097	1636	895	743
99	1086	1609	898	741
100	1077	1587	901	737
101	1070	1574	903	734
102	1066	1566	905	730
103	1064	1565	906	725
104	1064	1571	906	719
105	1072	1596	906	713
106	1092	1651	905	706
107	1142	1785	903	699
108	1132	1772	901	691
109	1122	1757	898	682
110	1111	1744	894	673
111	1102	1736	890	662
112	1100	1746	886	652
113	1128	1833	880	640
114	1219	2092	874	629
115	1181	2021	867	616
116	1142	1948	860	603
117	1100	1870	852	589
118	1056	1787	843	574
119	1009	1687	834	559
120	960	1564	824	543

Vertical nr.	Drilling fluid pressures pilot [kN/m ²]			
	Max, deformation	Max, soil cover	Min, left	Min, right
121	907	1431	813	527
122	851	1285	802	509
123	849	1326	790	492
124	830	1334	778	473
125	829	1372	764	454
126	958	1687	751	434
127	1046	1887	736	414
128	1091	1976	721	393
129	915	1566	705	371
130	595	866	688	348
131	581	859	671	325
132	593	907	653	301
133	713	1223	635	277
134	648	1100	616	252
135	583	979	596	226
136	487	785	575	199
137	527	939	554	172
138	445	797	532	144
139	352	633	510	115
140	251	438	487	87
141	193	306	464	58
142	128	140	441	29
143	0	0	419	0

Vertical nr.	Drilling fluid pressures preream [kN/m ²]			
	Max, deformation	Max, soil cover	Min, left	Min, right
1	0	0	0	0
2	138	54	24	27
3	223	157	48	53
4	305	285	73	80
5	381	419	97	107
6	347	455	121	133
7	331	473	145	160
8	362	531	169	187
9	566	875	193	213
10	596	953	217	240
11	673	1112	240	265
12	738	1249	262	290
13	727	1194	284	314
14	625	935	305	338
15	846	1410	325	360
16	1059	1912	345	382
17	1161	2129	364	404
18	1239	2287	382	425
19	1311	2427	400	445
20	1317	2385	417	464
21	1332	2387	433	483
22	1423	2602	449	500
23	1496	2761	464	514
24	1552	2872	478	527
25	1602	2967	492	540
26	1644	3046	505	552
27	1683	3118	518	563
28	1719	3183	529	574
29	1751	3242	541	584
30	1781	3296	551	594
31	1808	3345	561	602
32	1833	3390	570	611
33	1855	3430	579	618
34	1876	3466	586	625
35	1894	3498	594	631
36	1910	3526	600	637

Vertical nr.	Drilling fluid pressures preream [kN/m ²]			
	Max, deformation	Max, soil cover	Min, left	Min, right
37	1924	3550	606	642
38	1929	3557	612	646
39	1937	3570	616	650
40	1944	3580	620	653
41	1948	3587	624	655
42	1951	3590	626	657
43	1958	3604	629	658
44	1966	3621	630	659
45	1973	3634	631	659
46	1978	3645	631	658
47	1983	3657	632	658
48	1989	3668	632	657
49	1994	3680	633	657
50	1998	3689	633	656
51	2002	3697	634	656
52	2005	3704	634	655
53	1899	3407	635	655
54	1785	3100	635	654
55	1625	2692	636	654
56	1529	2462	636	653
57	1477	2342	637	653
58	1444	2266	637	652
59	1420	2214	638	652
60	1402	2175	638	651
61	1389	2145	639	651
62	1398	2167	639	650
63	1520	2462	640	650
64	1565	2576	640	649
65	1580	2614	641	649
66	1572	2592	641	648
67	1561	2562	642	648
68	1543	2517	642	647
69	1153	1749	643	647
70	1116	1659	643	646
71	1075	1564	644	646
72	1077	1569	644	645
73	1063	1543	645	645
74	1043	1506	645	644
75	1042	1505	646	644
76	1045	1512	646	643
77	1048	1519	647	643
78	1040	1501	647	642
79	1030	1480	648	642
80	1132	1697	648	641
81	1158	1748	649	641
82	1168	1768	649	640
83	1178	1790	650	640
84	1179	1792	650	639
85	1180	1794	651	639
86	1181	1796	651	638
87	1181	1797	652	638
88	1182	1799	652	637
89	1183	1800	653	637
90	1184	1802	653	636
91	1186	1805	654	636
92	1187	1808	654	635
93	1189	1811	655	635
94	1160	1752	655	634
95	1141	1715	656	634
96	1129	1690	656	633
97	1112	1656	657	633
98	1097	1629	657	632
99	1086	1607	658	632

Vertical nr.	Drilling fluid pressures preream [kN/m ²]			
	Max, deformation	Max, soil cover	Min, left	Min, right
100	1077	1587	658	631
101	1070	1574	658	630
102	1066	1566	657	628
103	1064	1565	655	626
104	1064	1566	653	623
105	1072	1579	651	619
106	1092	1615	647	615
107	1142	1704	643	610
108	1132	1680	638	604
109	1122	1652	633	598
110	1111	1621	627	591
111	1102	1591	621	583
112	1100	1567	613	575
113	1128	1580	606	566
114	1219	1665	597	557
115	1181	1577	588	546
116	1142	1483	578	536
117	1100	1385	568	524
118	1056	1283	556	512
119	1009	1176	545	499
120	960	1067	532	486
121	907	955	519	472
122	851	843	505	457
123	849	878	491	442
124	830	913	473	426
125	829	954	454	409
126	958	1436	434	392
127	1046	1829	414	374
128	1091	1976	393	355
129	915	1566	371	336
130	595	866	348	316
131	581	859	325	295
132	593	907	301	274
133	713	1194	277	252
134	648	1053	252	229
135	583	918	226	206
136	487	734	199	182
137	527	749	172	157
138	445	599	144	131
139	352	446	115	105
140	251	290	87	79
141	193	173	58	53
142	128	65	29	27
143	0	0	0	0

Vertical nr.	Drilling fluid pressures pull back [kN/m ²]			
	Max, deformation	Max, soil cover	Min, left	Min, right
1	0	0	0	0
2	138	54	26	24
3	223	157	51	48
4	305	285	77	73
5	381	419	103	97
6	347	455	128	121
7	331	473	154	145
8	362	531	179	169
9	566	875	205	193
10	596	953	230	217
11	673	1112	255	240
12	738	1249	278	262
13	727	1194	302	284
14	625	935	324	305
15	846	1410	346	325

Vertical nr.	Drilling fluid pressures pull back [kN/m ²]			
	Max, deformation	Max, soil cover	Min, left	Min, right
16	1059	1912	367	345
17	1161	2129	387	364
18	1239	2287	407	382
19	1311	2427	426	400
20	1317	2385	445	417
21	1332	2387	462	433
22	1423	2602	479	449
23	1496	2761	496	464
24	1552	2872	512	478
25	1602	2967	527	492
26	1644	3046	541	505
27	1683	3118	555	518
28	1719	3183	568	529
29	1751	3242	581	541
30	1781	3296	593	551
31	1808	3345	602	561
32	1833	3390	611	570
33	1855	3430	618	579
34	1876	3466	625	586
35	1894	3498	631	594
36	1910	3526	637	600
37	1924	3550	642	606
38	1929	3557	646	612
39	1937	3570	650	616
40	1944	3580	653	620
41	1948	3587	655	624
42	1951	3590	657	626
43	1958	3604	658	629
44	1966	3621	659	630
45	1973	3634	659	631
46	1978	3645	658	631
47	1983	3657	658	632
48	1989	3668	657	632
49	1994	3680	657	633
50	1998	3689	656	633
51	2002	3697	656	634
52	2005	3704	655	634
53	1899	3407	655	635
54	1785	3100	654	635
55	1625	2692	654	636
56	1529	2462	653	636
57	1477	2342	653	637
58	1444	2266	652	637
59	1420	2214	652	638
60	1402	2175	651	638
61	1389	2145	651	639
62	1398	2167	650	639
63	1520	2462	650	640
64	1565	2576	649	640
65	1580	2614	649	641
66	1572	2592	648	641
67	1561	2562	648	642
68	1543	2517	647	642
69	1153	1749	647	643
70	1116	1659	646	643
71	1075	1564	646	644
72	1077	1569	645	644
73	1063	1543	645	645
74	1043	1506	644	645
75	1042	1505	644	646
76	1045	1512	643	646
77	1048	1519	643	647
78	1040	1501	642	647

Vertical nr.	Drilling fluid pressures pull back [kN/m ²]			
	Max, deformation	Max, soil cover	Min, left	Min, right
79	1030	1480	642	648
80	1132	1697	641	648
81	1158	1748	641	649
82	1168	1768	640	649
83	1178	1790	640	650
84	1179	1792	639	650
85	1180	1794	639	651
86	1181	1796	638	651
87	1181	1797	638	652
88	1182	1799	637	652
89	1183	1800	637	653
90	1184	1802	636	653
91	1186	1805	636	654
92	1187	1808	635	654
93	1189	1811	635	655
94	1160	1752	634	655
95	1141	1715	634	656
96	1129	1690	633	656
97	1112	1656	633	657
98	1097	1629	632	657
99	1086	1607	632	658
100	1077	1587	631	658
101	1070	1574	630	658
102	1066	1566	628	657
103	1064	1565	626	655
104	1064	1566	623	653
105	1072	1579	619	651
106	1092	1615	615	647
107	1142	1704	610	643
108	1132	1680	604	638
109	1122	1652	598	633
110	1111	1621	591	627
111	1102	1591	583	621
112	1100	1567	575	613
113	1128	1580	566	606
114	1219	1665	557	597
115	1181	1577	546	587
116	1142	1483	536	575
117	1100	1385	524	562
118	1056	1283	512	548
119	1009	1176	499	534
120	960	1067	486	519
121	907	955	472	504
122	851	843	457	488
123	849	878	442	471
124	830	913	426	453
125	829	954	409	435
126	958	1436	392	416
127	1046	1829	374	397
128	1091	1976	355	377
129	915	1566	336	356
130	595	866	316	335
131	581	859	295	313
132	593	907	274	290
133	713	1194	252	266
134	648	1053	229	242
135	583	918	206	217
136	487	734	182	192
137	527	749	157	166
138	445	599	131	139
139	352	446	105	111
140	251	290	79	84
141	193	173	53	56

Vertical nr.	Drilling fluid pressures pull back [kN/m ²]			
	Max, deformation	Max, soil cover	Min, left	Min, right
142	128	65	27	28
143	0	0	0	0

The minimum required drilling fluid pressure is calculated and can be compared with the calculated maximum allowable drilling fluid pressure. The maximum pressure based on deformation indicates the formation of cracks around the borehole, while the maximum pressure based on soilcover indicates a frac-out towards the surface.

3.2 Equilibrium between Drilling Fluid Pressure and Pore Pressure

Vertical nr.	Static column pressure			
	Drilling fluid [kN/m ²]	Water [kN/m ²]	Safety [-]	Result
1	0	0	-	sufficient
2	24	0	-	sufficient
3	47	19	2,47	sufficient
4	71	41	1,74	sufficient
5	95	62	1,52	sufficient
6	118	84	1,41	sufficient
7	142	105	1,35	sufficient
8	166	127	1,31	sufficient
9	189	148	1,28	sufficient
10	213	170	1,25	sufficient
11	235	190	1,24	sufficient
12	257	210	1,22	sufficient
13	278	229	1,21	sufficient
14	299	248	1,21	sufficient
15	318	266	1,20	sufficient
16	338	283	1,19	sufficient
17	356	300	1,19	sufficient
18	374	316	1,18	sufficient
19	391	332	1,18	sufficient
20	408	347	1,17	sufficient
21	423	361	1,17	sufficient
22	439	375	1,17	sufficient
23	453	388	1,17	sufficient
24	467	401	1,16	sufficient
25	480	413	1,16	sufficient
26	493	424	1,16	sufficient
27	505	435	1,16	sufficient
28	516	446	1,16	sufficient
29	527	455	1,16	sufficient
30	537	464	1,16	sufficient
31	546	473	1,15	sufficient
32	555	481	1,15	sufficient
33	563	488	1,15	sufficient
34	570	495	1,15	sufficient
35	577	501	1,15	sufficient
36	583	506	1,15	sufficient
37	589	511	1,15	sufficient
38	593	516	1,15	sufficient
39	598	520	1,15	sufficient
40	601	523	1,15	sufficient
41	604	525	1,15	sufficient
42	606	528	1,15	sufficient
43	608	529	1,15	sufficient
44	609	530	1,15	sufficient
45	609	530	1,15	sufficient
46	609	530	1,15	sufficient
47	609	530	1,15	sufficient
48	609	530	1,15	sufficient
49	609	530	1,15	sufficient
50	609	530	1,15	sufficient
51	609	530	1,15	sufficient

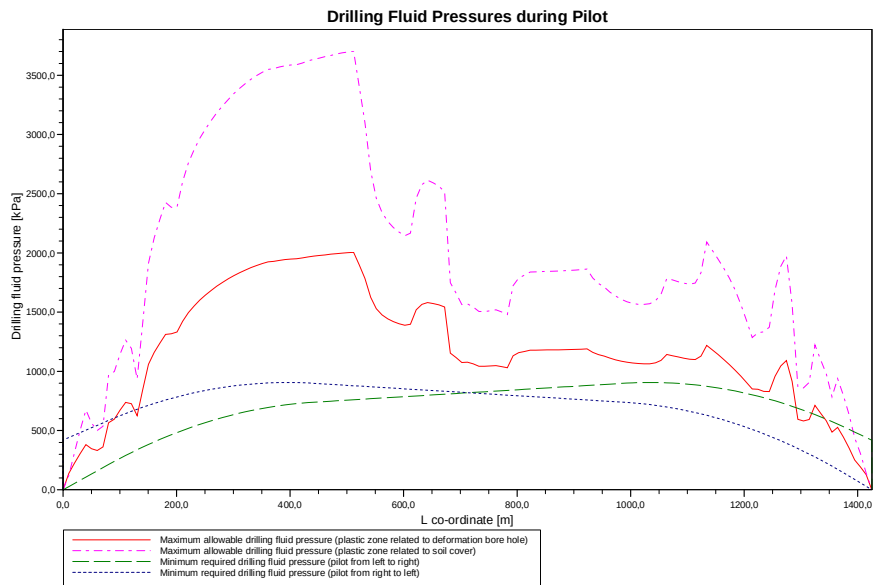
Vertical nr.	Static column pressure			
	Drilling fluid [kN/m ²]	Water [kN/m ²]	Safety [-]	Result
52	609	530	1,15	sufficient
53	609	530	1,15	sufficient
54	609	530	1,15	sufficient
55	609	530	1,15	sufficient
56	609	530	1,15	sufficient
57	609	530	1,15	sufficient
58	609	530	1,15	sufficient
59	609	530	1,15	sufficient
60	609	530	1,15	sufficient
61	609	530	1,15	sufficient
62	609	530	1,15	sufficient
63	609	530	1,15	sufficient
64	609	530	1,15	sufficient
65	609	530	1,15	sufficient
66	609	530	1,15	sufficient
67	609	530	1,15	sufficient
68	609	530	1,15	sufficient
69	609	524	1,16	sufficient
70	609	524	1,16	sufficient
71	609	524	1,16	sufficient
72	610	524	1,16	sufficient
73	610	524	1,16	sufficient
74	610	524	1,16	sufficient
75	610	524	1,16	sufficient
76	610	524	1,16	sufficient
77	610	524	1,16	sufficient
78	610	524	1,16	sufficient
79	610	524	1,16	sufficient
80	610	524	1,16	sufficient
81	610	524	1,16	sufficient
82	610	524	1,16	sufficient
83	610	524	1,16	sufficient
84	610	524	1,16	sufficient
85	610	523	1,16	sufficient
86	610	523	1,16	sufficient
87	610	523	1,16	sufficient
88	610	523	1,16	sufficient
89	610	523	1,16	sufficient
90	610	523	1,16	sufficient
91	610	523	1,16	sufficient
92	610	523	1,16	sufficient
93	610	523	1,16	sufficient
94	610	523	1,16	sufficient
95	610	523	1,16	sufficient
96	610	523	1,16	sufficient
97	610	523	1,16	sufficient
98	610	523	1,16	sufficient
99	610	523	1,16	sufficient
100	610	523	1,16	sufficient
101	609	523	1,17	sufficient
102	608	521	1,17	sufficient
103	606	520	1,17	sufficient
104	603	517	1,17	sufficient
105	600	514	1,17	sufficient
106	596	511	1,17	sufficient
107	591	507	1,17	sufficient
108	586	502	1,17	sufficient
109	581	497	1,17	sufficient
110	574	491	1,17	sufficient
111	567	484	1,17	sufficient
112	559	477	1,17	sufficient
113	551	470	1,17	sufficient
114	542	461	1,17	sufficient

Vertical nr.	Static column pressure			
	Drilling fluid [kN/m ²]	Water [kN/m ²]	Safety [-]	Result
115	532	453	1,18	sufficient
116	522	443	1,18	sufficient
117	511	433	1,18	sufficient
118	499	423	1,18	sufficient
119	487	412	1,18	sufficient
120	474	400	1,19	sufficient
121	461	387	1,19	sufficient
122	446	375	1,19	sufficient
123	432	361	1,20	sufficient
124	416	347	1,20	sufficient
125	400	332	1,20	sufficient
126	383	317	1,21	sufficient
127	366	301	1,22	sufficient
128	347	291	1,19	sufficient
129	329	274	1,20	sufficient
130	309	256	1,21	sufficient
131	289	238	1,21	sufficient
132	268	219	1,22	sufficient
133	247	200	1,24	sufficient
134	224	179	1,25	sufficient
135	202	159	1,27	sufficient
136	178	137	1,30	sufficient
137	154	115	1,34	sufficient
138	129	92	1,39	sufficient
139	103	69	1,49	sufficient
140	78	46	1,70	sufficient
141	52	22	2,32	sufficient
142	26	0	-	sufficient
143	0	0	-	sufficient

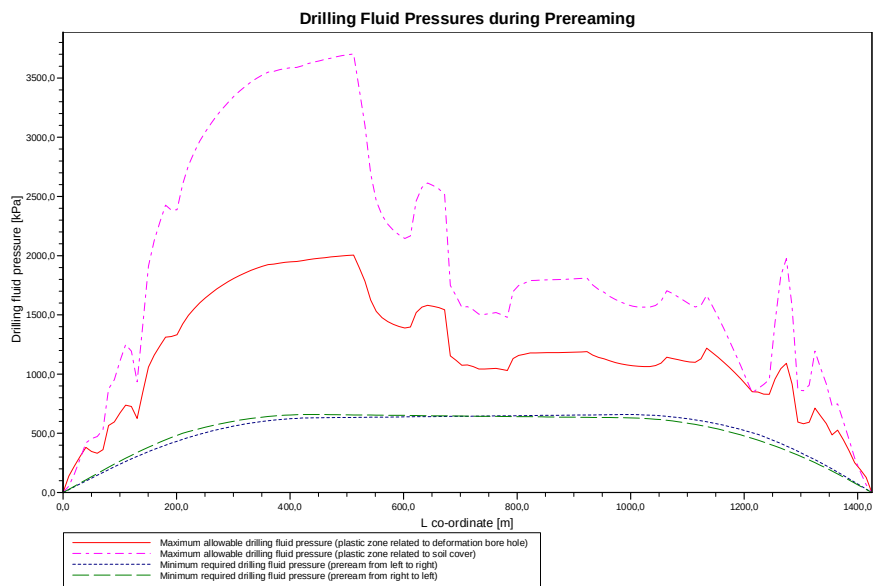
The static drilling fluid pressure is calculated and can be compared with the calculated groundwater pressure. The quotient of the drilling fluid pressure and the groundwater pressure yields the safety factor, which should be higher than the requested factor of safety of 1,10.

3.3 Drilling Fluid Pressure Plots

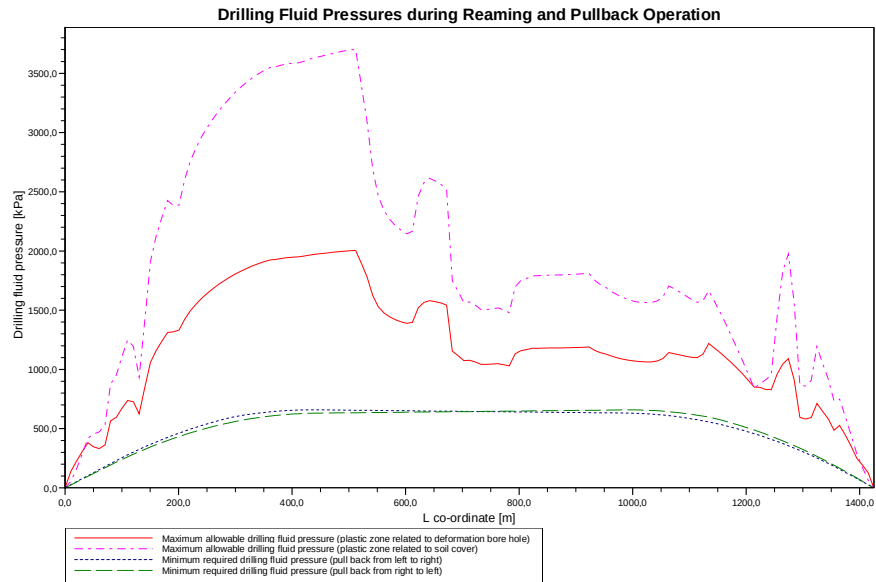
3.3.1 Drilling Fluid Pressures during Pilot



3.3.2 Drilling Fluid Pressures during Prereaming



3.3.3 Drilling Fluid Pressures during Reaming and Pullback Operation



4 Soil Mechanical Parameters

4.1 Soil Mechanical Parameters (Pipe: 1016mm_wd16mm)

The list with data and issues is shown hereafter:

Note: safety factors not applied.

Pv;p	Passive soil load	kN/m ²
Pv;n	Neutral soil load	kN/m ²
Ph;n	Neutral horizontal soil load	kN/m ²
Pv,r;n	Reduced neutral soil load	kN/m ²
kv;top	Vertical modulus of subgrade reaction upward	kN/m ³
kv;top,max	Maximum vertical modulus of subgrade reaction upward	kN/m ³
dv	Vertical displacement	mm
kv	Vertical modulus of subgrade reaction downward	kN/m ³
Pv,e	Vertical bearing capacity	kN/m ²
kh	Horizontal modulus of subgrade reaction	kN/m ³
Ph,e	Horizontal bearing capacity	kN/m ²
tmax	Maximal friction pipe-lubricant	kN/m ²
dmax	Displacement at maximal friction	mm

Vertical nr.	Pv;p [kN/m ²]	Pv;n [kN/m ²]	Ph;n [kN/m ²]	Pv,r;n [kN/m ²]	kv;top [kN/m ³]
1	0	0	0	0	0
2	45	31	23	31	7506
3	122	58	43	58	8596
4	221	79	59	79	10219
5	339	99	52	70	12383
6	405	116	58	79	12480
7	437	129	60	80	7564
8	747	141	58	78	2169
9	966	163	61	82	8175
10	1038	183	64	87	13744
11	1322	201	65	87	14701
12	1412	221	66	89	14749
13	702	238	69	94	15534
14	736	256	69	93	10564
15	2103	271	63	84	7280
16	2281	289	69	93	11521
17	2416	300	74	100	20263
18	2559	314	59	79	29051
19	2702	329	45	61	31679
20	2520	347	39	52	33287
21	2582	360	33	45	33531
22	2978	373	29	40	33923
23	3088	386	28	37	34937
24	3195	399	27	36	36838
25	3295	411	26	35	39574
26	3381	422	26	35	40894
27	3459	433	25	34	41925
28	3530	443	25	34	42790
29	3595	453	25	34	43515
30	3653	462	25	34	44121
31	3707	470	25	34	44625
32	3755	478	25	33	45040
33	3798	485	25	33	45378
34	3836	492	25	33	45648
35	3871	498	25	33	45859
36	3900	504	25	33	46016
37	3926	509	25	33	46127
38	3944	512	25	33	46295
39	3956	512	25	33	46498
40	3965	513	25	33	46678
41	3970	512	25	33	46833

Vertical nr.	Pv;p [kN/m ²]	Pv;n [kN/m ²]	Ph;n [kN/m ²]	Pv;r;n [kN/m ²]	kv;top [kN/m ³]
42	3972	511	25	33	46959
43	3987	513	25	33	47111
44	4008	516	25	33	47259
45	4024	519	25	33	47367
46	4038	521	25	34	47453
47	4053	524	25	34	47543
48	4067	526	26	35	47635
49	4082	528	26	35	47730
50	1930	530	26	36	47828
51	1935	533	27	36	47929
52	1940	534	27	37	48033
53	1937	534	27	37	47255
54	1935	533	28	37	45960
55	1932	531	28	37	42436
56	1929	530	27	37	37782
57	1926	529	27	37	33137
58	1922	527	27	37	28443
59	1919	526	27	37	23798
60	1916	525	27	36	19157
61	2842	523	26	36	14531
62	2839	522	26	35	10018
63	2836	522	26	35	10581
64	2836	521	26	35	11970
65	2835	521	26	35	13088
66	2837	522	26	35	13713
67	2842	523	26	35	14333
68	2848	525	26	35	14951
69	1830	270	26	35	15565
70	1830	271	26	35	16177
71	1830	271	26	35	17044
72	1830	271	26	35	18318
73	1192	259	26	36	19595
74	1142	243	27	36	20874
75	1134	240	27	36	22157
76	1135	240	27	37	23441
77	1135	240	27	37	24730
78	1134	240	27	36	21115
79	1679	240	26	35	15074
80	1680	240	26	35	14397
81	1682	240	26	35	18083
82	1683	241	26	35	20775
83	1689	242	26	35	24027
84	1691	242	26	35	24027
85	1692	242	26	35	24027
86	1694	243	26	35	24027
87	1695	243	26	35	24027
88	1696	243	26	35	24027
89	1146	244	27	36	24027
90	1146	244	27	36	24027
91	1145	244	27	36	24027
92	1145	244	27	36	24027
93	1145	243	27	36	24020
94	1144	243	27	36	25190
95	1144	243	27	36	28230
96	1144	243	27	36	30588
97	1143	243	27	36	27195
98	1143	243	27	36	23762
99	1143	243	27	36	21932
100	1142	243	27	36	21613
101	1140	242	27	37	21452
102	1136	241	27	37	21462
103	1131	239	27	37	21645
104	1124	237	27	37	22000
105	1115	234	27	37	22529

Vertical nr.	Pv;p [kN/m ²]	Pv;n [kN/m ²]	Ph;n [kN/m ²]	Pv;r;n [kN/m ²]	kv;top [kN/m ³]
106	1104	231	27	37	23232
107	1092	227	27	37	24027
108	1078	223	27	36	24027
109	1563	217	26	36	27326
110	1532	212	26	35	31485
111	1450	205	26	35	35795
112	1360	198	26	35	40160
113	1267	191	26	35	44587
114	1169	183	25	34	46533
115	1069	174	25	33	45357
116	968	165	24	33	44274
117	865	155	24	33	43166
118	763	145	24	33	42030
119	661	134	24	33	40870
120	562	123	24	32	39611
121	467	110	24	32	37423
122	377	98	23	31	36106
123	424	105	24	32	35038
124	490	112	24	32	33692
125	551	117	26	35	32757
126	1185	174	34	47	30349
127	2087	235	58	78	24311
128	2326	291	69	94	14123
129	2150	276	63	84	5108
130	728	251	66	89	2621
131	703	238	68	91	7607
132	672	223	69	92	12691
133	1363	210	67	90	15188
134	1273	191	64	87	12974
135	1104	177	65	88	9969
136	921	162	65	88	9879
137	474	144	66	89	12363
138	535	125	59	80	9147
139	380	105	54	73	7191
140	249	85	63	85	6721
141	144	64	47	64	6721
142	57	37	27	37	6721
143	0	0	0	0	0

Vertical nr.	dv [mm]	kv [kN/m ³]	Pv;e [kN/m ²]	kh [kN/m ³]	Ph;e [kN/m ²]	tmax [kN/m ²]	dmax [mm]
1	0	9673	188	6771	0	0,05	8
2	0	11813	1343	8269	116	0,05	8
3	0	13588	2163	9512	291	0,05	8
4	0	8875	2934	6212	486	0,05	8
5	0	3398	1759	2378	666	0,05	8
6	0	6806	1556	4764	405	0,05	8
7	0	12573	2282	8801	437	0,05	8
8	0	14554	5132	10188	1003	0,05	8
9	0	14603	4694	10222	1126	0,05	8
10	0	15154	6418	10608	1038	0,05	8
11	0	9493	7259	6645	1322	0,05	8
12	0	8893	4849	6225	1412	0,05	8
13	0	16223	3945	11356	702	0,05	8
14	0	26751	13807	18726	736	0,05	8
15	0	31263	17486	21884	2103	0,05	8
16	0	32968	18653	23078	2281	0,05	8
17	0	33255	19361	23279	2416	0,05	8
18	0	33838	16876	23686	2559	0,05	8
19	0	35118	15659	24583	2702	0,05	8
20	0	37712	19679	26398	2520	0,05	8
21	0	40323	23150	28226	2582	0,05	8
22	0	41881	23977	29317	2978	0,05	8
23	0	43456	24789	30419	3088	0,05	8

Vertical nr.	dv [mm]	kv [kN/m ³]	Pv;e [kN/m ²]	kh [kN/m ³]	Ph;e [kN/m ²]	tmax [kN/m ²]	dmax [mm]
24	0	44973	25582	31481	3195	0,05	8
25	0	46319	26338	32423	3295	0,05	8
26	0	47145	27056	33001	3381	0,05	8
27	0	47406	27739	33184	3459	0,05	8
28	0	44167	28384	30917	3530	0,05	8
29	0	41295	28993	28907	3595	0,05	8
30	0	38822	29566	27175	3653	0,05	8
31	0	36761	30102	25733	3707	0,05	8
32	0	35128	30602	24590	3755	0,05	8
33	0	33929	31066	23751	3798	0,05	8
34	0	33173	31493	23221	3836	0,05	8
35	0	32821	31884	22975	3871	0,05	8
36	0	32959	32239	23071	3900	0,05	8
37	0	33587	32558	23511	3926	0,05	8
38	0	30959	32718	21672	3944	0,05	8
39	0	26682	32771	18677	3956	0,05	8
40	0	23443	26422	16410	3965	0,05	8
41	0	21141	20336	14799	3970	0,05	8
42	0	19029	17272	13320	3972	0,05	8
43	0	17250	15045	12075	3987	0,05	8
44	0	15806	13400	11064	4008	0,05	8
45	0	14696	12188	10287	4024	0,05	8
46	0	13769	11206	9639	4038	0,05	8
47	0	13759	10955	9631	4053	0,05	8
48	0	14129	11001	9891	4067	0,05	8
49	0	14501	11047	10151	4082	0,05	8
50	0	14873	11090	10411	1930	0,05	8
51	0	15245	11132	10672	1935	0,05	8
52	0	15619	11170	10933	1940	0,05	8
53	0	15992	11151	11194	1937	0,05	8
54	0	16366	11133	11456	1935	0,05	8
55	0	16741	11108	11719	1932	0,05	8
56	0	17927	11081	12549	1929	0,05	8
57	0	19358	12363	13551	1926	0,05	8
58	0	20797	14896	14558	1922	0,05	8
59	0	22242	16892	15569	1919	0,05	8
60	0	23437	18610	16406	1916	0,05	8
61	0	23437	18565	16406	2842	0,05	8
62	0	23437	18535	16406	2839	0,05	8
63	0	23437	18512	16406	2836	0,05	8
64	0	23437	18509	16406	2836	0,05	8
65	0	23437	18497	16406	2835	0,05	8
66	0	23437	18520	16406	2837	0,05	8
67	0	23437	18572	16406	2842	0,05	8
68	0	23437	18624	16406	2848	0,05	8
69	0	23437	9687	16406	1830	0,05	8
70	0	23437	9688	16406	1830	0,05	8
71	0	23437	9689	16406	1830	0,05	8
72	0	23437	9690	16406	1830	0,05	8
73	0	23437	9251	16406	1192	0,05	8
74	0	23437	8690	16406	1142	0,05	8
75	0	23437	8603	16406	1134	0,05	8
76	0	22856	8218	15999	1135	0,05	8
77	0	22182	7781	15527	1135	0,05	8
78	0	23437	8604	16406	1134	0,05	8
79	0	23437	8599	16406	1679	0,05	8
80	0	23437	8610	16406	1680	0,05	8
81	0	23437	8621	16406	1682	0,05	8
82	0	23437	8632	16406	1683	0,05	8
83	0	22478	8678	15734	1689	0,05	8
84	0	21399	8689	14979	1691	0,05	8
85	0	20323	8699	14226	1692	0,05	8
86	0	19274	8119	13492	1694	0,05	8
87	0	18510	7253	12957	1695	0,05	8

Vertical nr.	dv [mm]	kv [kN/m ³]	Pv;e [kN/m ²]	kh [kN/m ³]	Ph;e [kN/m ²]	tmax [kN/m ²]	dmax [mm]
88	0	17799	6615	12460	1696	0,05	8
89	0	17799	6619	12460	1146	0,05	8
90	0	17799	6615	12460	1146	0,05	8
91	0	17799	6612	12460	1145	0,05	8
92	0	17799	6609	12460	1145	0,05	8
93	0	17799	6606	12460	1145	0,05	8
94	0	17799	6603	12460	1144	0,05	8
95	0	17799	6600	12460	1144	0,05	8
96	0	17799	6597	12460	1144	0,05	8
97	0	17799	6594	12460	1143	0,05	8
98	0	17799	6591	12460	1143	0,05	8
99	0	17799	6588	12460	1143	0,05	8
100	0	17818	6583	12473	1142	0,05	8
101	0	17940	6565	12558	1140	0,05	8
102	0	18175	6533	12723	1136	0,05	8
103	0	18524	6488	12967	1131	0,05	8
104	0	18775	6359	13142	1124	0,05	8
105	0	18198	6075	12739	1115	0,05	8
106	0	17508	5746	12256	1104	0,05	8
107	0	16708	5362	11696	1092	0,05	8
108	0	15796	4808	11057	1078	0,05	8
109	0	14776	4705	10343	1563	0,05	8
110	0	14324	4865	10027	1532	0,05	8
111	0	14607	5359	10225	1497	0,05	8
112	0	14947	5989	10463	1459	0,05	8
113	0	15344	6891	10741	1416	0,05	8
114	0	16845	6608	11791	1369	0,05	8
115	0	21789	7148	15252	1825	0,05	8
116	0	29399	8521	20579	1725	0,05	8
117	0	36411	10201	25488	1617	0,05	8
118	0	41412	9546	28988	1500	0,05	8
119	0	46445	8856	32511	1373	0,05	8
120	0	46344	8128	32441	1237	0,05	8
121	0	45017	7364	31512	1089	0,05	8
122	0	43674	6564	30572	932	0,05	8
123	0	42313	6994	29619	1009	0,05	8
124	0	40938	7440	28657	1101	0,05	8
125	0	39540	7782	27678	1063	0,05	8
126	0	37057	9811	25940	1704	0,05	8
127	0	35786	13717	25050	2087	0,05	8
128	0	33963	18811	23774	2326	0,05	8
129	0	32146	17804	22502	2150	0,05	8
130	0	27541	14119	19279	728	0,05	8
131	0	15163	3949	10614	703	0,05	8
132	0	4643	3709	3250	672	0,05	8
133	0	2115	3514	1481	1363	0,05	8
134	0	6818	6777	4773	1273	0,05	8
135	0	12347	5865	8643	1104	0,05	8
136	0	15036	4623	10525	1035	0,05	8
137	0	11850	2812	8295	474	0,05	8
138	0	10344	3721	7241	836	0,05	8
139	0	10782	3834	7547	657	0,05	8
140	0	11069	3117	7748	477	0,05	8
141	0	8206	1791	5744	304	0,05	8
142	0	6852	1165	4796	139	0,05	8
143	0	6721	141	4705	1	0,05	8

Maximum soil load : Pv;n;max = 534 kN/m²
Maximum reduced soil load : Pv;r;n;max = 100 kN/m²
Maximum vertical modulus of subgrade reaction (without safety factor) kv;max = 48033 kN/m³
Maximum vertical modulus of subgrade reaction (with safety factor): kv;max = 97443 kN/m³

5 Data for Stress Analysis

5.1 General data

Pipeline diameter	:	Do = 1016,00 mm
Wall thickness	:	t = 16,0 mm
Unit weight pipeline material	:	gamma_s = 78,50 kN/m ³
Unit weight drilling fluid pullback operation	:	gamma_b = 11,10 kN/m ³
Minimum bending radius	:	Rmin = 1434 m
Bending radius on rollers	:	Rrol = 1750 m
Friction coefficient pipe/rollers	:	f1 = 0,10
Friction between pipe and drilling fluid	:	f2 = 0,000050 N/mm ²
Friction coefficient pipe / soil	:	f3 = 0,20
Maximal modulus of subgrade reaction	:	kv, max = 97443 kN/m ³

5.2 Buoyancy Control

The friction between soil and pipe is partially caused by buoyancy of the pipeline in the drilling fluid. Uplift forces resulting from buoyancy can be neutralized by filling the pipeline. The optimal volume of fluid placed in the pipe provides the most advantageous distribution of buoyant forces.

Buoyancy of the pipeline when filled with fluid for 0%

Uplift forces	:	900	[kg/m]
Weight of pipeline (including filling)	:	395	[kg/m]

Result	:	505	[kg/m] (Pipeline moves upwards)

5.3 Calculation Pulling Force

During the pullback operation the pipe experiences friction which is based on:

- friction between pipe and pipe-roller (f1 = 0,10)
- friction between pipe and drilling fluid (f2 = 0,000050 [N/mm²])
- friction between pipe and soil (f3 = 0,20)

Due to the friction a pulling force is induced in the pipeline.
The pulling direction of the product pipe is from right to left

This calculation takes into account that the length of the pipe on the rollers decreases while pulling back the pipeline. During the pull back operation the bore hole is supposed to be stable.

Characteristic points	Length pipe in bore hole (m)	Expected pulling force (kN)
T1	0	566
T2	45	606
T3	442	1185
T4	988	1608
T5	1354	2209
T6	1434	2271

The calculated pulling force is the mean value. It is recommended to use a contingency factor of at least 1.4 for the stress analysis. In the subsequent pipe stress analysis a factor of 2,00 is used and a load factor of 1,10 (steel only).

The maximum representative pulling force is 21033 kN, calculation factor excluded. At this pulling force level the stresses in the pipeline are equal to the yield strength.

6 Stress Analysis of Pipe: 1016mm_wd16mm

6.1 Material Data of Pipe: 1016mm_wd16mm

The list with data and issues is shown hereafter:

Material pipeline	:	Steel FE360
Outer diameter	:	Do = 1016,00 mm
Wall thickness	:	t = 16,00 mm
Negative wall thickness tolerance	:	0,00 %
Design pressure	:	pd = 0,00 bar
Test pressure	:	pt = 0,00 bar
Temperature variation	:	dt = 0,00 deg Celcius
Length pipeline	:	L = 1434 m
Young's modulus	:	E = 205800 N/mm ²
Yield strength	:	Re = 350 N/mm ²
Partial material factor	:	gamma_m = 1,10
Partial material factor for test pressure	:	gamma_mtest = 1,00
Unit weight pipeline material	:	gamma_s = 78,50 kN/m ³
Contingency factor on bending radius	:	sf = 1,10
Bedding angle	:	beta = 120 degrees
Load angle	:	alpha = 180 degrees
Moment coefficient soil top (indirect)	:	kt' = 0,061
Moment coefficient soil bottom (indirect)	:	kb' = 0,083
Moment coefficient soil top (direct)	:	kt = 0,131
Moment coefficient soil bottom (direct)	:	kb = 0,138
Deflection coefficient (indirect)	:	ky' = 0,048
Deflection coefficient (direct)	:	ky = 0,089
Maximal vertical soil load	:	Pv;r;n;max = 100 kN/m ²
Maximal modulus of subgrade reaction	:	kv;max = 97443 kN/m ³
Load factor installation	:	f_install = 1,10
Load factor on soil load Qn	:	f_Qn1 = 1,50
Load factor on design pressure	:	f_pd = 1,25
Load factor on design pressure (combination)	:	f_pd;comb = 1,15
Load factor on test pressure	:	f_pt = 1,10
Load factor on temperature	:	f_temp = 1,10
Contingency factor on bending moment	:	f_M = 1,15
Contingency factor on bending radius	:	f_R = 1,10
Contingency factor on soil load Qn	:	f_Qn2 = 1,10
Contingency factor on modulus of subgrade reaction	:	f_kv = 1,60
Overall safety factor on moment (contribution of 3 factors)	:	f_k = f_M * f_install / f_R = 1,15
Linear settlement coefficient	:	alpha_g = 1,17E-5 mm/mmK

6.2 Results Stress Analysis of Pipe: 1016mm_wd16mm

In the calculation 5 load combinations are considered:

- Load combination 1A: start pull-back operation
- Load combination 1B: end of pull-back operation
- Load combination 2: application internal pressure
- Load combination 3: pipeline in operation, no inner pressure
- Load combination 4: pipeline in operation, pressure applied

The nominal wall thickness is 16,0 mm. The calculation hereafter will prove that the pipeline wall thickness is sufficient. The calculations are in accordance with NEN 3650 and NEN 3651.

6.2.1 Load Combination 1A: Start Pullback Operation

Axial stress:

$\sigma_b = M_b/W_b = f_k \cdot E \cdot I_b / (R_{rol} \cdot W_b)$	=	69	[N/mm ²]
$\sigma_t = f_{pull} \cdot T1/A$	=	25	[N/mm ²]
Maximum axial stress $\sigma_{a,max}$	=	93	[N/mm ²]

In this load combination the tangential stress is negligible.

6.2.2 Load Combination 1B: End Pullback Operation

Axial stress:

$$\sigma_b = M_b/W_b = f_k \cdot E \cdot I_b / (R_{min} \cdot W_b) = 84 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_t = f_{pull} \cdot T_{max}/A = 99 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Maximum axial stress } \sigma_{a,max} = 183 \text{ N/mm}^2$$

Tangential stress:

Load q_r on pipeline due to reaction of soil in bends (according to NEN 3650-1 annex 5 D3.3):

$$q_r = k_v \cdot Y = (0.322 \cdot \lambda^2 \cdot E \cdot I) / (f_R \cdot D_o \cdot R)$$

$$\lambda = (k_v \cdot D_o / (4 \cdot E \cdot I))^{0.25} = 3,7E-4 \text{ mm}^{-1}$$

$$q_r = 0,04328 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{qr} = k' \cdot q_r \cdot (r_g/W_w) \cdot D_o = 43 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Maximum tangential stress } \sigma_{t,max} = 43 \text{ N/mm}^2$$

6.2.3 Load Combination 2: Application Internal Pressure

Due to internal pressure :

$$\sigma_{py} = p_d \cdot (D_o - t) / (2 \cdot t) = 0 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{px} = 0.5 \cdot \sigma_{py} = 0 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{ptest} = s_f \cdot p_t \cdot (D_o - t) / (2 \cdot t) = 0 \text{ N/mm}^2$$

6.2.4 Load Combination 3: In Operation (Situation without Pressure)

Axial stress:

$$\sigma_b = M_b/W_b = f_k \cdot E \cdot I_b / (R_{rol} \cdot W_b) = 84 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Maximum axial stress } \sigma_{a,max} = 84 \text{ N/mm}^2$$

Tangential stress:

$$\sigma_{qr} = k' \cdot q_r \cdot (r_g/W_w) \cdot D_o = 43 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{qn} = k \cdot q_n \cdot (r_g/W_w) \cdot D_o = 270 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Maximum tangential stress } \sigma_{t,max} = 313 \text{ N/mm}^2$$

6.2.5 Load Combination 4: In Operation (with Internal Pressure)

Axial stress:

$$\sigma_b = M_b/W_b = f_k \cdot E \cdot I_b / (R_{rol} \cdot W_b) = 84 \text{ N/mm}^2$$

Due to internal pressure :

$$\sigma_{py} = p_d \cdot (D_o - t) / (2 \cdot t) = 0 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{px} = 0.5 \cdot \sigma_{py} = 0 \text{ N/mm}^2$$

$\sigma_{ptest} = sf \cdot pt \cdot (D_o - t) / (2 \cdot t)$	=	0	N/mm ²
$\sigma_{Temp} = dt \cdot \gamma_t \cdot \alpha_g \cdot E$	=	0	N/mm ²
Maximum axial stress $\sigma_{a,max}$	=	84	N/mm ²
Tangential stress:			
$\sigma_{qr} = k' \cdot q_r \cdot (r_g / W_w) \cdot D_o$	=	43	N/mm ²
$\sigma_{qn} = k \cdot q_n \cdot (r_g / W_w) \cdot D_o$	=	270	N/mm ²
Rerounding factor F_{rr}	=	1,000	
Rerounding factor F'_{rr}	=	1,000	
$\sigma_{t,max} = \sigma_{py} + ((F'_{rr} \cdot \sigma_{qr}) + (F_{rr} \cdot \sigma_{qn}))$			
Maximum tangential stress $\sigma_{t,max}$	=	313	N/mm ²

6.3 Check on Calculated Stresses of Pipe: 1016mm_wd16mm

According to NEN 3650-2 art.5 D.3.1 the calculated stresses for the load combinations, must meet the following conditions (note: $R_e = 350$ [N/mm²]) :

Load combination 1

$$\sigma_v \leq R_e / \gamma_m$$

Load combination 2

$$\sigma_{ptest} \leq R_e / \gamma_{test}$$

$$\sigma_{py} \leq R_e / \gamma_m$$

$$\sigma_{pm} \leq 1.1 \cdot R_e / \gamma_m$$

Load combinations 3 and 4

$$\sigma_{vmax} \leq 0.85(R_e + R_{e,20deg}) / \gamma_m$$

All stresses in all conditions are allowable.

	Max allowable stress [N/mm ²]	Load combination1A	Load combination1B	Load combination2	Load combination3	Load combination4
σ_v	318,18	93	208	-	-	-
σ_{ptest}	350,00	-	-	0	-	-
σ_{py}	318,18	-	-	0	-	-
σ_{pm}	350,00	-	-	0	-	-
σ_{vmax}	540,91	-	-	-	362	362

Stresses in pipeline [N/mm²]

The deflection of the pipeline is 17,4 mm (1,71% x D_o). The maximum allowable deflection of the pipeline is 152,4 mm (15,00% x D_o). The deflection is allowable.

For piggability the maximum allowable deflection of the pipeline is 50,8 mm (5,00% x D_o). The deflection is allowable.

End of Report

B Berekeningsrapport D-Geopipeline, vloerpijpdiepte op NAP-41m

Report for D-Geo Pipeline 16.1

Model : Horizontal Directional Drilling
Developed by Deltares



Company: Stichting Deltares

Date of report: 20-Apr-18

Time of report: 12:53:00

Filename: N:\..\nieuwe_berekeningen_18042018\HDD yangtzehaven NAP -41 m

1 Table of Contents

1 Table of Contents	2
2 Input Data	3
2.1 Model Used	3
2.2 Layer Boundaries	3
2.3 PI-lines	14
2.4 Phreatic Line	14
2.5 Soil Profiles	14
2.6 Selected Boundaries	15
2.7 Configuration of the Pipe Line	15
2.8 Calculation Verticals	15
2.9 Material Types	18
2.10 Product Pipe Material Data	18
2.11 Pipe Engineering Data	19
2.12 Geometry	19
2.12.1 Geometry Section, Detailed	19
2.12.2 Geometry Top View	20
2.13 Drilling Fluid Data	20
2.14 Factors	20
3 Drilling Fluid Pressures	22
3.1 Drilling Fluid Data	22
3.2 Equilibrium between Drilling Fluid Pressure and Pore Pressure	29
3.3 Drilling Fluid Pressure Plots	31
3.3.1 Drilling Fluid Pressures during Pilot	31
3.3.2 Drilling Fluid Pressures during Prereaming	32
3.3.3 Drilling Fluid Pressures during Reaming and Pullback Operation	32
4 Soil Mechanical Parameters	33
4.1 Soil Mechanical Parameters (Pipe: 1016mm_wd16mm)	33
5 Data for Stress Analysis	38
5.1 General data	38
5.2 Buoyancy Control	38
5.3 Calculation Pulling Force	38
6 Stress Analysis of Pipe: 1016mm_wd16mm	39
6.1 Material Data of Pipe: 1016mm_wd16mm	39
6.2 Results Stress Analysis of Pipe: 1016mm_wd16mm	39
6.2.1 Load Combination 1A: Start Pullback Operation	39
6.2.2 Load Combination 1B: End Pullback Operation	40
6.2.3 Load Combination 2: Application Internal Pressure	40
6.2.4 Load Combination 3: In Operation (Situation without Pressure)	40
6.2.5 Load Combination 4: In Operation (with Internal Pressure)	40
6.3 Check on Calculated Stresses of Pipe: 1016mm_wd16mm	41

2 Input Data

2.1 Model Used

Model Used : Horizontal Directional Drilling

2.2 Layer Boundaries

Boundary number	Co-ordinates [m]				
33 - X -	-100,000	-86,504	-78,065	-69,625	-61,186
33 - Y -	5,019	5,040	4,955	5,088	4,802
33 - X -	-52,746	-44,307	-35,867	-27,428	-18,989
33 - Y -	4,211	4,234	4,627	5,210	4,707
33 - X -	0,000	4,763	9,526	14,289	19,052
33 - Y -	4,865	4,912	4,866	4,775	4,928
33 - X -	23,815	28,578	33,341	38,104	42,867
33 - Y -	5,103	5,096	5,165	5,167	5,122
33 - X -	47,630	52,394	57,157	61,920	66,683
33 - Y -	5,174	5,187	5,202	5,190	5,172
33 - X -	71,446	76,209	80,972	85,735	90,498
33 - Y -	5,145	5,123	5,192	5,195	5,182
33 - X -	95,261	100,024	104,787	109,550	114,313
33 - Y -	5,178	5,160	5,182	5,149	5,197
33 - X -	118,600	125,400	128,602	133,365	138,128
33 - Y -	5,100	5,100	5,254	5,242	5,214
33 - X -	142,892	147,655	152,418	157,181	161,944
33 - Y -	5,233	5,465	5,189	5,010	5,001
33 - X -	166,707	171,470	176,233	180,996	185,759
33 - Y -	4,818	4,915	4,767	4,923	4,926
33 - X -	190,522	195,285	200,048	204,811	209,574
33 - Y -	5,126	5,285	5,100	5,100	5,100
33 - X -	214,337	219,100	223,863	228,626	233,389
33 - Y -	5,100	5,100	5,100	5,100	5,100
33 - X -	238,152	242,916	247,679	252,442	257,205
33 - Y -	5,100	5,100	5,100	5,100	5,100
33 - X -	261,968	266,731	271,494	276,257	281,020
33 - Y -	5,100	5,100	5,100	5,100	5,100
33 - X -	285,783	290,546	295,309	300,072	304,835
33 - Y -	5,100	5,100	5,100	5,100	5,100
33 - X -	309,598	314,361	319,124	323,887	328,650
33 - Y -	5,100	5,100	5,100	5,100	5,100
33 - X -	333,413	338,176	342,940	347,703	352,466
33 - Y -	5,100	5,100	5,100	5,100	5,100
33 - X -	357,229	361,992	366,755	371,518	376,281
33 - Y -	5,100	5,100	5,100	5,100	5,100
33 - X -	381,044	385,807	390,570	395,333	400,096
33 - Y -	5,100	5,100	5,100	5,100	5,100
33 - X -	404,859	409,622	414,385	419,148	423,911
33 - Y -	5,100	5,100	5,100	5,100	5,100
33 - X -	428,674	433,437	438,200	442,964	447,727
33 - Y -	5,100	5,100	5,100	5,100	5,100
33 - X -	452,490	457,253	462,016	466,779	471,542
33 - Y -	5,100	5,100	5,100	5,100	5,100
33 - X -	476,305	481,068	485,831	490,594	495,357
33 - Y -	5,100	5,100	5,100	5,100	5,100
33 - X -	500,120	504,883	509,646	511,000	514,409
33 - Y -	5,100	5,100	5,100	5,100	5,100
33 - X -	519,172	523,935	528,698	533,462	538,225
33 - Y -	5,100	5,100	5,100	5,100	5,100
33 - X -	542,988	547,751	552,514	557,277	562,040
33 - Y -	5,100	5,100	5,100	5,100	5,100
33 - X -	566,803	571,566	576,329	581,092	585,855
33 - Y -	5,100	5,100	5,100	5,100	5,100

Boundary number	Co-ordinates [m]				
33 - X -	590,618	595,381	600,144	604,907	609,670
33 - Y -	5,100	5,100	5,100	5,100	5,100
33 - X -	614,433	619,196	623,959	628,722	633,486
33 - Y -	5,100	5,100	5,100	5,100	5,100
33 - X -	638,249	643,012	647,775	652,538	657,301
33 - Y -	5,100	5,100	5,100	5,100	5,100
33 - X -	662,064	666,827	671,590	676,353	678,300
33 - Y -	5,100	5,100	5,100	5,100	5,000
33 - X -	679,800	679,800	679,800	679,800	679,800
33 - Y -	5,000	-3,000	-5,718	-11,310	-12,951
33 - X -	679,800	679,800	681,300	712,900	723,116
33 - Y -	-20,282	-21,500	-21,500	-21,500	-23,179
33 - X -	734,200	776,500	828,000	886,000	937,900
33 - Y -	-25,000	-25,000	-25,000	-25,000	-25,000
33 - X -	986,500	1038,000	1091,500	1155,500	1216,300
33 - Y -	-25,000	-25,000	-25,000	-25,000	-25,000
33 - X -	1226,338	1244,118	1245,100	1249,594	1253,591
33 - Y -	-22,456	-17,949	-17,700	-13,585	-9,925
33 - X -	1255,770	1262,207	1270,000	1271,734	1276,497
33 - Y -	-7,930	-2,036	5,100	5,379	5,311
33 - X -	1281,260	1286,023	1290,786	1295,549	1300,312
33 - Y -	5,309	5,491	5,373	4,853	4,868
33 - X -	1305,075	1309,838	1314,601	1319,364	1324,128
33 - Y -	5,071	5,114	5,028	5,229	5,216
33 - X -	1328,891	1333,654	1338,417	1343,180	1347,943
33 - Y -	5,272	5,233	5,359	5,319	5,368
33 - X -	1352,706	1357,469	1362,232	1366,995	1371,758
33 - Y -	5,387	5,285	5,124	5,063	5,094
33 - X -	1376,521	1381,284	1386,047	1390,810	1395,573
33 - Y -	5,106	5,187	5,124	5,224	5,146
33 - X -	1400,336	1405,099	1409,862	1414,626	1419,389
33 - Y -	5,125	5,143	5,114	5,061	5,019
33 - X -	1424,152	1443,140	1451,580	1460,019	1468,458
33 - Y -	4,963	4,864	4,836	4,729	4,136
33 - X -	1476,898	1485,337	1493,777	1502,216	1510,656
33 - Y -	4,410	4,633	4,954	4,930	4,962
33 - X -	1519,095	1550,000			
33 - Y -	4,933	4,933			
32 - X -	-100,000	-86,504	-78,065	-69,625	-61,186
32 - Y -	5,019	5,040	4,955	5,088	4,802
32 - X -	-52,746	-44,307	-35,867	-27,428	-18,989
32 - Y -	4,211	4,234	4,627	5,210	4,707
32 - X -	0,000	4,763	9,526	14,289	19,052
32 - Y -	4,865	4,912	4,866	4,775	4,928
32 - X -	23,815	28,578	33,341	38,104	42,867
32 - Y -	5,103	5,096	5,165	5,167	5,122
32 - X -	47,630	52,394	57,157	61,920	66,683
32 - Y -	5,174	5,187	5,202	5,190	5,172
32 - X -	71,446	76,209	80,972	85,735	90,498
32 - Y -	5,145	5,123	5,192	5,195	5,182
32 - X -	95,261	100,024	104,787	109,550	114,313
32 - Y -	5,178	5,160	5,182	5,149	5,197
32 - X -	118,600	125,400	128,602	133,365	138,128
32 - Y -	5,100	5,100	5,254	5,242	5,214
32 - X -	142,892	147,655	152,418	157,181	161,944
32 - Y -	5,233	5,465	5,189	5,010	5,001
32 - X -	166,707	171,470	176,233	180,996	185,759
32 - Y -	4,818	4,915	4,767	4,923	4,926
32 - X -	190,522	195,285	200,048	204,811	209,574
32 - Y -	5,126	5,285	5,100	5,100	5,100
32 - X -	214,337	219,100	223,863	228,626	233,389
32 - Y -	5,100	5,100	5,100	5,100	5,100
32 - X -	238,152	242,916	247,679	252,442	257,205
32 - Y -	5,100	5,100	5,100	5,100	5,100
32 - X -	261,968	266,731	271,494	276,257	281,020

Boundary number	Co-ordinates [m]				
32 - Y -	5,100	5,100	5,100	5,100	5,100
32 - X -	285,783	290,546	295,309	300,072	304,835
32 - Y -	5,100	5,100	5,100	5,100	5,100
32 - X -	309,598	314,361	319,124	323,887	328,650
32 - Y -	5,100	5,100	5,100	5,100	5,100
32 - X -	333,413	338,176	342,940	347,703	352,466
32 - Y -	5,100	5,100	5,100	5,100	5,100
32 - X -	357,229	361,992	366,755	371,518	376,281
32 - Y -	5,100	5,100	5,100	5,100	5,100
32 - X -	381,044	385,807	390,570	395,333	400,096
32 - Y -	5,100	5,100	5,100	5,100	5,100
32 - X -	404,859	409,622	414,385	419,148	423,911
32 - Y -	5,100	5,100	5,100	5,100	5,100
32 - X -	428,674	433,437	438,200	442,964	447,727
32 - Y -	5,100	5,100	5,100	5,100	5,100
32 - X -	452,490	457,253	462,016	466,779	471,542
32 - Y -	5,100	5,100	5,100	5,100	5,100
32 - X -	476,305	481,068	485,831	490,594	495,357
32 - Y -	5,100	5,100	5,100	5,100	5,100
32 - X -	500,120	504,883	509,646	511,000	646,000
32 - Y -	5,100	5,100	5,100	5,100	-3,000
32 - X -	679,800	679,800	679,800	679,800	679,800
32 - Y -	-3,000	-5,718	-11,310	-12,951	-20,282
32 - X -	679,800	681,300	712,900	723,116	734,200
32 - Y -	-21,500	-21,500	-21,500	-23,179	-25,000
32 - X -	776,500	828,000	886,000	937,900	986,500
32 - Y -	-25,000	-25,000	-25,000	-25,000	-25,000
32 - X -	1038,000	1091,500	1155,500	1216,300	1226,338
32 - Y -	-25,000	-25,000	-25,000	-25,000	-22,456
32 - X -	1244,118	1245,100	1249,594	1253,591	1255,770
32 - Y -	-17,949	-17,700	-13,585	-9,925	-7,930
32 - X -	1262,207	1270,000	1271,734	1276,497	1281,260
32 - Y -	-2,036	5,100	5,379	5,311	5,309
32 - X -	1286,023	1290,786	1295,549	1300,312	1305,075
32 - Y -	5,491	5,373	4,853	4,868	5,071
32 - X -	1309,838	1314,601	1319,364	1324,128	1328,891
32 - Y -	5,114	5,028	5,229	5,216	5,272
32 - X -	1333,654	1338,417	1343,180	1347,943	1352,706
32 - Y -	5,233	5,359	5,319	5,368	5,387
32 - X -	1357,469	1362,232	1366,995	1371,758	1376,521
32 - Y -	5,285	5,124	5,063	5,094	5,106
32 - X -	1381,284	1386,047	1390,810	1395,573	1400,336
32 - Y -	5,187	5,124	5,224	5,146	5,125
32 - X -	1405,099	1409,862	1414,626	1419,389	1424,152
32 - Y -	5,143	5,114	5,061	5,019	4,963
32 - X -	1443,140	1451,580	1460,019	1468,458	1476,898
32 - Y -	4,864	4,836	4,729	4,136	4,410
32 - X -	1485,337	1493,777	1502,216	1510,656	1519,095
32 - Y -	4,633	4,954	4,930	4,962	4,933
32 - X -	1550,000				
32 - Y -	4,933				
31 - X -	-100,000	0,000	60,000	160,000	215,000
31 - Y -	-5,000	-5,000	-4,500	-4,000	-1,000
31 - X -	365,000	415,000	511,000	646,000	679,800
31 - Y -	-10,000	-4,000	-4,000	-6,000	-5,718
31 - X -	679,800	679,800	679,800	679,800	681,300
31 - Y -	-11,310	-12,951	-20,282	-21,500	-21,500
31 - X -	712,900	723,116	734,200	776,500	828,000
31 - Y -	-21,500	-23,179	-25,000	-25,000	-25,000
31 - X -	886,000	937,900	986,500	1038,000	1091,500
31 - Y -	-25,000	-25,000	-25,000	-25,000	-25,000
31 - X -	1155,500	1216,300	1226,338	1244,118	1245,100
31 - Y -	-25,000	-25,000	-22,456	-17,949	-17,700
31 - X -	1249,594	1253,591	1255,770	1262,207	1270,000
31 - Y -	-13,585	-9,925	-7,930	-2,036	5,100

Boundary number	Co-ordinates [m]				
31 - X -	1271,734	1276,497	1281,260	1286,023	1290,786
31 - Y -	5,379	5,311	5,309	5,491	5,373
31 - X -	1295,549	1300,312	1305,075	1309,838	1314,601
31 - Y -	4,853	4,868	5,071	5,114	5,028
31 - X -	1319,364	1324,128	1328,891	1333,654	1338,417
31 - Y -	5,229	5,216	5,272	5,233	5,359
31 - X -	1343,180	1347,943	1352,706	1357,469	1362,232
31 - Y -	5,319	5,368	5,387	5,285	5,124
31 - X -	1366,995	1371,758	1376,521	1381,284	1386,047
31 - Y -	5,063	5,094	5,106	5,187	5,124
31 - X -	1390,810	1395,573	1400,336	1405,099	1409,862
31 - Y -	5,224	5,146	5,125	5,143	5,114
31 - X -	1414,626	1419,389	1424,152	1443,140	1451,580
31 - Y -	5,061	5,019	4,963	4,864	4,836
31 - X -	1460,019	1468,458	1476,898	1485,337	1493,777
31 - Y -	4,729	4,136	4,410	4,633	4,954
31 - X -	1502,216	1510,656	1519,095	1550,000	
31 - Y -	4,930	4,962	4,933	4,933	
30 - X -	-100,000	0,000	60,000	160,000	215,000
30 - Y -	-5,000	-5,000	-4,500	-4,000	-3,000
30 - X -	365,000	415,000	511,000	646,000	679,800
30 - Y -	-10,000	-4,000	-4,000	-6,000	-5,718
30 - X -	679,800	679,800	679,800	679,800	681,300
30 - Y -	-11,310	-12,951	-20,282	-21,500	-21,500
30 - X -	712,900	723,116	734,200	776,500	828,000
30 - Y -	-21,500	-23,179	-25,000	-25,000	-25,000
30 - X -	886,000	937,900	986,500	1038,000	1091,500
30 - Y -	-25,000	-25,000	-25,000	-25,000	-25,000
30 - X -	1155,500	1216,300	1226,338	1244,118	1245,100
30 - Y -	-25,000	-25,000	-22,456	-17,949	-17,700
30 - X -	1249,594	1253,591	1255,770	1262,207	1270,000
30 - Y -	-13,585	-9,925	-7,930	-2,036	5,100
30 - X -	1271,734	1276,497	1281,260	1286,023	1290,786
30 - Y -	5,379	5,311	5,309	5,491	5,373
30 - X -	1295,549	1300,312	1305,075	1309,838	1314,601
30 - Y -	4,853	4,868	5,071	5,114	5,028
30 - X -	1319,364	1324,128	1328,891	1333,654	1338,417
30 - Y -	5,229	5,216	5,272	5,233	5,359
30 - X -	1343,180	1347,943	1352,706	1357,469	1362,232
30 - Y -	5,319	5,368	5,387	5,285	5,124
30 - X -	1366,995	1371,758	1376,521	1381,284	1386,047
30 - Y -	5,063	5,094	5,106	5,187	5,124
30 - X -	1390,810	1395,573	1400,336	1405,099	1409,862
30 - Y -	5,224	5,146	5,125	5,143	5,114
30 - X -	1414,626	1419,389	1424,152	1443,140	1451,580
30 - Y -	5,061	5,019	4,963	4,864	4,836
30 - X -	1460,019	1468,458	1476,898	1485,337	1493,777
30 - Y -	4,729	4,136	4,410	4,633	4,954
30 - X -	1502,216	1510,656	1519,095	1550,000	
30 - Y -	4,930	4,962	4,933	4,933	
29 - X -	-100,000	0,000	60,000	160,000	215,000
29 - Y -	-5,000	-5,000	-4,500	-4,000	-3,000
29 - X -	365,000	415,000	511,000	646,000	679,800
29 - Y -	-12,500	-9,000	-4,000	-6,000	-5,718
29 - X -	679,800	679,800	679,800	679,800	681,300
29 - Y -	-11,310	-12,951	-20,282	-21,500	-21,500
29 - X -	712,900	723,116	734,200	776,500	828,000
29 - Y -	-21,500	-23,179	-25,000	-25,000	-25,000
29 - X -	886,000	937,900	986,500	1038,000	1091,500
29 - Y -	-25,000	-25,000	-25,000	-25,000	-25,000
29 - X -	1155,500	1216,300	1226,338	1244,118	1245,100
29 - Y -	-25,000	-25,000	-22,456	-17,949	-17,700
29 - X -	1249,594	1253,591	1255,770	1262,207	1270,000
29 - Y -	-13,585	-9,925	-7,930	-2,036	5,100
29 - X -	1271,734	1276,497	1281,260	1286,023	1290,786

Boundary number	Co-ordinates [m]				
29 - Y -	5,379	5,311	5,309	5,491	5,373
29 - X -	1295,549	1300,312	1305,075	1309,838	1314,601
29 - Y -	4,853	4,868	5,071	5,114	5,028
29 - X -	1319,364	1324,128	1328,891	1333,654	1338,417
29 - Y -	5,229	5,216	5,272	5,233	5,359
29 - X -	1343,180	1347,943	1352,706	1357,469	1362,232
29 - Y -	5,319	5,368	5,387	5,285	5,124
29 - X -	1366,995	1371,758	1376,521	1381,284	1386,047
29 - Y -	5,063	5,094	5,106	5,187	5,124
29 - X -	1390,810	1395,573	1400,336	1405,099	1409,862
29 - Y -	5,224	5,146	5,125	5,143	5,114
29 - X -	1414,626	1419,389	1424,152	1443,140	1451,580
29 - Y -	5,061	5,019	4,963	4,864	4,836
29 - X -	1460,019	1468,458	1476,898	1485,337	1493,777
29 - Y -	4,729	4,136	4,410	4,633	4,954
29 - X -	1502,216	1510,656	1519,095	1550,000	
29 - Y -	4,930	4,962	4,933	4,933	
28 - X -	-100,000	0,000	60,000	160,000	215,000
28 - Y -	-5,000	-5,000	-4,500	-4,000	-9,000
28 - X -	365,000	415,000	511,000	646,000	679,800
28 - Y -	-15,000	-15,000	-9,000	-13,000	-11,310
28 - X -	679,800	679,800	679,800	681,300	712,900
28 - Y -	-12,951	-20,282	-21,500	-21,500	-21,500
28 - X -	723,116	734,200	776,500	828,000	886,000
28 - Y -	-23,179	-25,000	-25,000	-25,000	-25,000
28 - X -	937,900	986,500	1038,000	1091,500	1155,500
28 - Y -	-25,000	-25,000	-25,000	-25,000	-25,000
28 - X -	1216,300	1226,338	1244,118	1245,100	1249,594
28 - Y -	-25,000	-22,456	-17,949	-17,700	-13,585
28 - X -	1253,591	1255,770	1262,207	1270,000	1271,734
28 - Y -	-9,925	-7,930	-2,036	5,100	5,379
28 - X -	1276,497	1281,260	1286,023	1290,786	1295,549
28 - Y -	5,311	5,309	5,491	5,373	4,853
28 - X -	1300,312	1305,075	1309,838	1314,601	1319,364
28 - Y -	4,868	5,071	5,114	5,028	5,229
28 - X -	1324,128	1328,891	1333,654	1338,417	1343,180
28 - Y -	5,216	5,272	5,233	5,359	5,319
28 - X -	1347,943	1352,706	1357,469	1362,232	1366,995
28 - Y -	5,368	5,387	5,285	5,124	5,063
28 - X -	1371,758	1376,521	1381,284	1386,047	1390,810
28 - Y -	5,094	5,106	5,187	5,124	5,224
28 - X -	1395,573	1400,336	1405,099	1409,862	1414,626
28 - Y -	5,146	5,125	5,143	5,114	5,061
28 - X -	1419,389	1424,152	1443,140	1451,580	1460,019
28 - Y -	5,019	4,963	4,864	4,836	4,729
28 - X -	1468,458	1476,898	1485,337	1493,777	1502,216
28 - Y -	4,136	4,410	4,633	4,954	4,930
28 - X -	1510,656	1519,095	1550,000		
28 - Y -	4,962	4,933	4,933		
27 - X -	-100,000	0,000	60,000	160,000	215,000
27 - Y -	-10,000	-10,000	-9,600	-9,000	-9,000
27 - X -	365,000	415,000	511,000	646,000	679,800
27 - Y -	-15,000	-15,000	-9,000	-13,000	-11,310
27 - X -	679,800	679,800	679,800	681,300	712,900
27 - Y -	-12,951	-20,282	-21,500	-21,500	-21,500
27 - X -	723,116	734,200	776,500	828,000	886,000
27 - Y -	-23,179	-25,000	-25,000	-25,000	-25,000
27 - X -	937,900	986,500	1038,000	1091,500	1155,500
27 - Y -	-25,000	-25,000	-25,000	-25,000	-25,000
27 - X -	1216,300	1226,338	1244,118	1245,100	1249,594
27 - Y -	-25,000	-22,456	-17,949	-17,700	-13,585
27 - X -	1253,591	1255,770	1262,207	1270,000	1271,734
27 - Y -	-9,925	-7,930	-2,036	5,100	5,379
27 - X -	1276,497	1281,260	1286,023	1290,786	1295,549
27 - Y -	5,311	5,309	5,491	5,373	4,853

Boundary number	Co-ordinates [m]				
27 - X -	1300,312	1305,075	1309,838	1314,601	1319,364
27 - Y -	4,868	5,071	5,114	5,028	5,229
27 - X -	1324,128	1328,891	1333,654	1338,417	1343,180
27 - Y -	5,216	5,272	5,233	5,359	5,319
27 - X -	1347,943	1352,706	1357,469	1362,232	1366,995
27 - Y -	5,368	5,387	5,285	5,124	5,063
27 - X -	1371,758	1376,521	1381,284	1386,047	1390,810
27 - Y -	5,094	5,106	5,187	5,124	5,224
27 - X -	1395,573	1400,336	1405,099	1409,862	1414,626
27 - Y -	5,146	5,125	5,143	5,114	5,061
27 - X -	1419,389	1424,152	1443,140	1451,580	1460,019
27 - Y -	5,019	4,963	4,864	4,836	4,729
27 - X -	1468,458	1476,898	1485,337	1493,777	1502,216
27 - Y -	4,136	4,410	4,633	4,954	4,930
27 - X -	1510,656	1519,095	1550,000		
27 - Y -	4,962	4,933	4,933		
26 - X -	-100,000	0,000	60,000	160,000	215,000
26 - Y -	-10,000	-10,000	-9,600	-9,000	-13,000
26 - X -	365,000	415,000	511,000	646,000	679,800
26 - Y -	-15,000	-15,000	-9,000	-13,000	-11,310
26 - X -	679,800	679,800	679,800	681,300	712,900
26 - Y -	-12,951	-20,282	-21,500	-21,500	-21,500
26 - X -	723,116	734,200	776,500	828,000	886,000
26 - Y -	-23,179	-25,000	-25,000	-25,000	-25,000
26 - X -	937,900	986,500	1038,000	1091,500	1155,500
26 - Y -	-25,000	-25,000	-25,000	-25,000	-25,000
26 - X -	1216,300	1226,338	1244,118	1245,100	1249,594
26 - Y -	-25,000	-22,456	-17,949	-17,700	-13,585
26 - X -	1253,591	1255,770	1262,207	1270,000	1271,734
26 - Y -	-9,925	-7,930	-2,036	5,100	5,379
26 - X -	1276,497	1281,260	1286,023	1290,786	1295,549
26 - Y -	5,311	5,309	5,491	5,373	4,853
26 - X -	1300,312	1305,075	1309,838	1314,601	1319,364
26 - Y -	4,868	5,071	5,114	5,028	5,229
26 - X -	1324,128	1328,891	1333,654	1338,417	1343,180
26 - Y -	5,216	5,272	5,233	5,359	5,319
26 - X -	1347,943	1352,706	1357,469	1362,232	1366,995
26 - Y -	5,368	5,387	5,285	5,124	5,063
26 - X -	1371,758	1376,521	1381,284	1386,047	1390,810
26 - Y -	5,094	5,106	5,187	5,124	5,224
26 - X -	1395,573	1400,336	1405,099	1409,862	1414,626
26 - Y -	5,146	5,125	5,143	5,114	5,061
26 - X -	1419,389	1424,152	1443,140	1451,580	1460,019
26 - Y -	5,019	4,963	4,864	4,836	4,729
26 - X -	1468,458	1476,898	1485,337	1493,777	1502,216
26 - Y -	4,136	4,410	4,633	4,954	4,930
26 - X -	1510,656	1519,095	1550,000		
26 - Y -	4,962	4,933	4,933		
25 - X -	-100,000	0,000	60,000	160,000	215,000
25 - Y -	-12,500	-12,500	-13,000	-13,500	-13,000
25 - X -	365,000	415,000	511,000	646,000	679,800
25 - Y -	-15,000	-15,000	-9,000	-13,000	-11,310
25 - X -	679,800	679,800	679,800	681,300	712,900
25 - Y -	-12,951	-20,282	-21,500	-21,500	-21,500
25 - X -	723,116	734,200	776,500	828,000	886,000
25 - Y -	-23,179	-25,000	-25,000	-25,000	-25,000
25 - X -	937,900	986,500	1038,000	1091,500	1155,500
25 - Y -	-25,000	-25,000	-25,000	-25,000	-25,000
25 - X -	1216,300	1226,338	1244,118	1245,100	1249,594
25 - Y -	-25,000	-22,456	-17,949	-17,700	-13,585
25 - X -	1253,591	1255,770	1262,207	1270,000	1271,734
25 - Y -	-9,925	-7,930	-2,036	5,100	5,379
25 - X -	1276,497	1281,260	1286,023	1290,786	1295,549
25 - Y -	5,311	5,309	5,491	5,373	4,853
25 - X -	1300,312	1305,075	1309,838	1314,601	1319,364

Boundary number	Co-ordinates [m]				
25 - Y -	4,868	5,071	5,114	5,028	5,229
25 - X -	1324,128	1328,891	1333,654	1338,417	1343,180
25 - Y -	5,216	5,272	5,233	5,359	5,319
25 - X -	1347,943	1352,706	1357,469	1362,232	1366,995
25 - Y -	5,368	5,387	5,285	5,124	5,063
25 - X -	1371,758	1376,521	1381,284	1386,047	1390,810
25 - Y -	5,094	5,106	5,187	5,124	5,224
25 - X -	1395,573	1400,336	1405,099	1409,862	1414,626
25 - Y -	5,146	5,125	5,143	5,114	5,061
25 - X -	1419,389	1424,152	1443,140	1451,580	1460,019
25 - Y -	5,019	4,963	4,864	4,836	4,729
25 - X -	1468,458	1476,898	1485,337	1493,777	1502,216
25 - Y -	4,136	4,410	4,633	4,954	4,930
25 - X -	1510,656	1519,095	1550,000		
25 - Y -	4,962	4,933	4,933		
24 - X -	-100,000	0,000	60,000	160,000	215,000
24 - Y -	-15,000	-15,000	-15,000	-15,000	-14,000
24 - X -	365,000	415,000	511,000	646,000	679,800
24 - Y -	-15,000	-15,000	-9,000	-13,000	-11,310
24 - X -	679,800	679,800	679,800	681,300	712,900
24 - Y -	-12,951	-20,282	-21,500	-21,500	-21,500
24 - X -	723,116	734,200	776,500	828,000	886,000
24 - Y -	-23,179	-25,000	-25,000	-25,000	-25,000
24 - X -	937,900	986,500	1038,000	1091,500	1155,500
24 - Y -	-25,000	-25,000	-25,000	-25,000	-25,000
24 - X -	1216,300	1226,338	1244,118	1245,100	1249,594
24 - Y -	-25,000	-22,456	-17,949	-17,700	-13,585
24 - X -	1253,591	1255,770	1262,207	1270,000	1271,734
24 - Y -	-9,925	-7,930	-2,036	5,100	5,379
24 - X -	1276,497	1281,260	1286,023	1290,786	1295,549
24 - Y -	5,311	5,309	5,491	5,373	4,853
24 - X -	1300,312	1305,075	1309,838	1314,601	1319,364
24 - Y -	4,868	5,071	5,114	5,028	5,229
24 - X -	1324,128	1328,891	1333,654	1338,417	1343,180
24 - Y -	5,216	5,272	5,233	5,359	5,319
24 - X -	1347,943	1352,706	1357,469	1362,232	1366,995
24 - Y -	5,368	5,387	5,285	5,124	5,063
24 - X -	1371,758	1376,521	1381,284	1386,047	1390,810
24 - Y -	5,094	5,106	5,187	5,124	5,224
24 - X -	1395,573	1400,336	1405,099	1409,862	1414,626
24 - Y -	5,146	5,125	5,143	5,114	5,061
24 - X -	1419,389	1424,152	1443,140	1451,580	1460,019
24 - Y -	5,019	4,963	4,864	4,836	4,729
24 - X -	1468,458	1476,898	1485,337	1493,777	1502,216
24 - Y -	4,136	4,410	4,633	4,954	4,930
24 - X -	1510,656	1519,095	1550,000		
24 - Y -	4,962	4,933	4,933		
23 - X -	-100,000	0,000	60,000	160,000	215,000
23 - Y -	-15,000	-15,000	-15,000	-15,000	-14,000
23 - X -	365,000	415,000	511,000	646,000	679,800
23 - Y -	-15,000	-15,000	-12,500	-13,000	-11,310
23 - X -	679,800	679,800	679,800	681,300	712,900
23 - Y -	-12,951	-20,282	-21,500	-21,500	-21,500
23 - X -	723,116	734,200	776,500	828,000	886,000
23 - Y -	-23,179	-25,000	-25,000	-25,000	-25,000
23 - X -	937,900	986,500	1038,000	1091,500	1155,500
23 - Y -	-25,000	-25,000	-25,000	-25,000	-25,000
23 - X -	1216,300	1226,338	1244,118	1245,100	1249,594
23 - Y -	-25,000	-22,456	-17,949	-17,700	-13,585
23 - X -	1253,591	1255,770	1262,207	1270,000	1271,734
23 - Y -	-9,925	-7,930	-2,036	5,100	5,379
23 - X -	1276,497	1281,260	1286,023	1290,786	1295,549
23 - Y -	5,311	5,309	5,491	5,373	4,853
23 - X -	1300,312	1305,075	1309,838	1314,601	1319,364
23 - Y -	4,868	5,071	5,114	5,028	5,229

Boundary number	Co-ordinates [m]				
23 - X -	1324,128	1328,891	1333,654	1338,417	1343,180
23 - Y -	5,216	5,272	5,233	5,359	5,319
23 - X -	1347,943	1352,706	1357,469	1362,232	1366,995
23 - Y -	5,368	5,387	5,285	5,124	5,063
23 - X -	1371,758	1376,521	1381,284	1386,047	1390,810
23 - Y -	5,094	5,106	5,187	5,124	5,224
23 - X -	1395,573	1400,336	1405,099	1409,862	1414,626
23 - Y -	5,146	5,125	5,143	5,114	5,061
23 - X -	1419,389	1424,152	1443,140	1451,580	1460,019
23 - Y -	5,019	4,963	4,864	4,836	4,729
23 - X -	1468,458	1476,898	1485,337	1493,777	1502,216
23 - Y -	4,136	4,410	4,633	4,954	4,930
23 - X -	1510,656	1519,095	1550,000		
23 - Y -	4,962	4,933	4,933		
22 - X -	-100,000	0,000	60,000	160,000	215,000
22 - Y -	-15,000	-15,000	-15,000	-15,000	-14,000
22 - X -	365,000	415,000	511,000	646,000	679,800
22 - Y -	-15,000	-15,000	-14,000	-14,500	-12,951
22 - X -	679,800	679,800	681,300	712,900	723,116
22 - Y -	-20,282	-21,500	-21,500	-21,500	-23,179
22 - X -	734,200	776,500	828,000	886,000	937,900
22 - Y -	-25,000	-25,000	-25,000	-25,000	-25,000
22 - X -	986,500	1038,000	1091,500	1155,500	1216,300
22 - Y -	-25,000	-25,000	-25,000	-25,000	-25,000
22 - X -	1226,338	1244,118	1245,100	1249,594	1253,591
22 - Y -	-22,456	-17,949	-17,700	-13,585	-9,925
22 - X -	1255,770	1262,207	1270,000	1271,734	1276,497
22 - Y -	-7,930	-2,036	5,100	5,379	5,311
22 - X -	1281,260	1286,023	1290,786	1295,549	1300,312
22 - Y -	5,309	5,491	5,373	4,853	4,868
22 - X -	1305,075	1309,838	1314,601	1319,364	1324,128
22 - Y -	5,071	5,114	5,028	5,229	5,216
22 - X -	1328,891	1333,654	1338,417	1343,180	1347,943
22 - Y -	5,272	5,233	5,359	5,319	5,368
22 - X -	1352,706	1357,469	1362,232	1366,995	1371,758
22 - Y -	5,387	5,285	5,124	5,063	5,094
22 - X -	1376,521	1381,284	1386,047	1390,810	1395,573
22 - Y -	5,106	5,187	5,124	5,224	5,146
22 - X -	1400,336	1405,099	1409,862	1414,626	1419,389
22 - Y -	5,125	5,143	5,114	5,061	5,019
22 - X -	1424,152	1443,140	1451,580	1460,019	1468,458
22 - Y -	4,963	4,864	4,836	4,729	4,136
22 - X -	1476,898	1485,337	1493,777	1502,216	1510,656
22 - Y -	4,410	4,633	4,954	4,930	4,962
22 - X -	1519,095	1550,000			
22 - Y -	4,933	4,933			
21 - X -	-100,000	0,000	60,000	160,000	215,000
21 - Y -	-15,000	-15,000	-15,000	-15,000	-14,000
21 - X -	365,000	415,000	511,000	646,000	679,800
21 - Y -	-18,000	-19,000	-19,500	-20,000	-20,282
21 - X -	679,800	681,300	712,900	723,116	734,200
21 - Y -	-21,500	-21,500	-21,500	-23,179	-25,000
21 - X -	776,500	828,000	886,000	937,900	986,500
21 - Y -	-25,000	-25,000	-25,000	-25,000	-25,000
21 - X -	1038,000	1091,500	1155,500	1216,300	1226,338
21 - Y -	-25,000	-25,000	-25,000	-25,000	-22,456
21 - X -	1244,118	1245,100	1249,594	1253,591	1255,770
21 - Y -	-17,949	-17,700	-13,585	-9,925	-7,930
21 - X -	1262,207	1270,000	1271,734	1276,497	1281,260
21 - Y -	-2,036	5,100	5,379	5,311	5,309
21 - X -	1286,023	1290,786	1295,549	1300,312	1305,075
21 - Y -	5,491	5,373	4,853	4,868	5,071
21 - X -	1309,838	1314,601	1319,364	1324,128	1328,891
21 - Y -	5,114	5,028	5,229	5,216	5,272
21 - X -	1333,654	1338,417	1343,180	1347,943	1352,706

Boundary number	Co-ordinates [m]				
21 - Y -	5,233	5,359	5,319	5,368	5,387
21 - X -	1357,469	1362,232	1366,995	1371,758	1376,521
21 - Y -	5,285	5,124	5,063	5,094	5,106
21 - X -	1381,284	1386,047	1390,810	1395,573	1400,336
21 - Y -	5,187	5,124	5,224	5,146	5,125
21 - X -	1405,099	1409,862	1414,626	1419,389	1424,152
21 - Y -	5,143	5,114	5,061	5,019	4,963
21 - X -	1443,140	1451,580	1460,019	1468,458	1476,898
21 - Y -	4,864	4,836	4,729	4,136	4,410
21 - X -	1485,337	1493,777	1502,216	1510,656	1519,095
21 - Y -	4,633	4,954	4,930	4,962	4,933
21 - X -	1550,000				
21 - Y -	4,933				
20 - X -	-100,000	0,000	60,000	160,000	215,000
20 - Y -	-15,000	-15,000	-15,000	-15,000	-19,000
20 - X -	365,000	415,000	511,000	646,000	679,800
20 - Y -	-18,000	-19,000	-19,500	-20,000	-20,282
20 - X -	679,800	681,300	712,900	723,116	734,200
20 - Y -	-21,500	-21,500	-21,500	-23,179	-25,000
20 - X -	776,500	828,000	886,000	937,900	986,500
20 - Y -	-25,000	-25,000	-25,000	-25,000	-25,000
20 - X -	1038,000	1091,500	1155,500	1216,300	1226,338
20 - Y -	-25,000	-25,000	-25,000	-25,000	-22,456
20 - X -	1244,118	1245,100	1249,594	1253,591	1255,770
20 - Y -	-17,949	-17,700	-13,585	-9,925	-7,930
20 - X -	1262,207	1270,000	1271,734	1276,497	1281,260
20 - Y -	-2,036	5,100	5,379	5,311	5,309
20 - X -	1286,023	1290,786	1295,549	1300,312	1305,075
20 - Y -	5,491	5,373	4,853	4,868	5,071
20 - X -	1309,838	1314,601	1319,364	1324,128	1328,891
20 - Y -	5,114	5,028	5,229	5,216	5,272
20 - X -	1333,654	1338,417	1343,180	1347,943	1352,706
20 - Y -	5,233	5,359	5,319	5,368	5,387
20 - X -	1357,469	1362,232	1366,995	1371,758	1376,521
20 - Y -	5,285	5,124	5,063	5,094	5,106
20 - X -	1381,284	1386,047	1390,810	1395,573	1400,336
20 - Y -	5,187	5,124	5,224	5,146	5,125
20 - X -	1405,099	1409,862	1414,626	1419,389	1424,152
20 - Y -	5,143	5,114	5,061	5,019	4,963
20 - X -	1443,140	1451,580	1460,019	1468,458	1476,898
20 - Y -	4,864	4,836	4,729	4,136	4,410
20 - X -	1485,337	1493,777	1502,216	1510,656	1519,095
20 - Y -	4,633	4,954	4,930	4,962	4,933
20 - X -	1550,000				
20 - Y -	4,933				
19 - X -	-100,000	0,000	60,000	160,000	215,000
19 - Y -	-19,000	-19,000	-19,500	-19,500	-19,000
19 - X -	365,000	415,000	511,000	646,000	679,800
19 - Y -	-18,000	-19,000	-19,500	-20,000	-20,282
19 - X -	679,800	681,300	712,900	723,116	734,200
19 - Y -	-21,500	-21,500	-21,500	-23,179	-25,000
19 - X -	776,500	828,000	886,000	937,900	986,500
19 - Y -	-25,000	-25,000	-25,000	-25,000	-25,000
19 - X -	1038,000	1091,500	1155,500	1216,300	1226,338
19 - Y -	-25,000	-25,000	-25,000	-25,000	-22,456
19 - X -	1244,118	1245,100	1249,594	1253,591	1255,770
19 - Y -	-17,949	-17,700	-13,585	-9,925	-7,930
19 - X -	1262,207	1270,000	1271,734	1276,497	1281,260
19 - Y -	-2,036	5,100	5,379	5,311	5,309
19 - X -	1286,023	1290,786	1295,549	1300,312	1305,075
19 - Y -	5,491	5,373	4,853	4,868	5,071
19 - X -	1309,838	1314,601	1319,364	1324,128	1328,891
19 - Y -	5,114	5,028	5,229	5,216	5,272
19 - X -	1333,654	1338,417	1343,180	1347,943	1352,706
19 - Y -	5,233	5,359	5,319	5,368	5,387

Boundary number	Co-ordinates [m]				
19 - X -	1357,469	1362,232	1366,995	1371,758	1376,521
19 - Y -	5,285	5,124	5,063	5,094	5,106
19 - X -	1381,284	1386,047	1390,810	1395,573	1400,336
19 - Y -	5,187	5,124	5,224	5,146	5,125
19 - X -	1405,099	1409,862	1414,626	1419,389	1424,152
19 - Y -	5,143	5,114	5,061	5,019	4,963
19 - X -	1443,140	1451,580	1460,019	1468,458	1476,898
19 - Y -	4,864	4,836	4,729	4,136	4,410
19 - X -	1485,337	1493,777	1502,216	1510,656	1519,095
19 - Y -	4,633	4,954	4,930	4,962	4,933
19 - X -	1550,000				
19 - Y -	4,933				
18 - X -	-100,000	0,000	60,000	160,000	215,000
18 - Y -	-24,000	-24,000	-22,500	-23,000	-22,000
18 - X -	365,000	415,000	511,000	646,000	723,116
18 - Y -	-20,500	-21,500	-22,000	-23,500	-23,179
18 - X -	734,200	776,500	828,000	886,000	937,900
18 - Y -	-25,000	-25,000	-25,000	-25,000	-25,000
18 - X -	986,500	1038,000	1091,500	1155,500	1216,300
18 - Y -	-25,000	-25,000	-25,000	-25,000	-25,000
18 - X -	1226,338	1244,118	1245,100	1249,594	1253,591
18 - Y -	-22,456	-17,949	-17,700	-13,585	-9,925
18 - X -	1255,770	1262,207	1270,000	1271,734	1276,497
18 - Y -	-7,930	-2,036	5,100	5,379	5,311
18 - X -	1281,260	1286,023	1290,786	1295,549	1300,312
18 - Y -	5,309	5,491	5,373	4,853	4,868
18 - X -	1305,075	1309,838	1314,601	1319,364	1324,128
18 - Y -	5,071	5,114	5,028	5,229	5,216
18 - X -	1328,891	1333,654	1338,417	1343,180	1347,943
18 - Y -	5,272	5,233	5,359	5,319	5,368
18 - X -	1352,706	1357,469	1362,232	1366,995	1371,758
18 - Y -	5,387	5,285	5,124	5,063	5,094
18 - X -	1376,521	1381,284	1386,047	1390,810	1395,573
18 - Y -	5,106	5,187	5,124	5,224	5,146
18 - X -	1400,336	1405,099	1409,862	1414,626	1419,389
18 - Y -	5,125	5,143	5,114	5,061	5,019
18 - X -	1424,152	1443,140	1451,580	1460,019	1468,458
18 - Y -	4,963	4,864	4,836	4,729	4,136
18 - X -	1476,898	1485,337	1493,777	1502,216	1510,656
18 - Y -	4,410	4,633	4,954	4,930	4,962
18 - X -	1519,095	1550,000			
18 - Y -	4,933	4,933			
17 - X -	-100,000	0,000	60,000	160,000	215,000
17 - Y -	-24,000	-24,000	-22,500	-23,000	-22,000
17 - X -	365,000	415,000	511,000	646,000	723,116
17 - Y -	-20,500	-21,500	-22,000	-23,500	-23,179
17 - X -	734,200	776,500	828,000	886,000	937,900
17 - Y -	-25,000	-25,000	-25,000	-25,000	-25,000
17 - X -	986,500	1038,000	1091,500	1155,500	1216,300
17 - Y -	-25,000	-25,000	-25,000	-25,000	-25,000
17 - X -	1226,338	1244,118	1245,100	1249,594	1253,591
17 - Y -	-22,456	-17,949	-17,700	-13,585	-9,925
17 - X -	1255,770	1262,207	1289,000	1421,000	1550,000
17 - Y -	-7,930	-2,036	-2,000	-2,000	-2,000
16 - X -	-100,000	0,000	60,000	160,000	215,000
16 - Y -	-24,000	-24,000	-22,500	-23,000	-22,000
16 - X -	365,000	415,000	511,000	646,000	723,116
16 - Y -	-20,500	-21,500	-22,000	-23,500	-23,179
16 - X -	734,200	776,500	828,000	886,000	937,900
16 - Y -	-25,000	-25,000	-25,000	-25,000	-25,000
16 - X -	986,500	1038,000	1091,500	1155,500	1216,300
16 - Y -	-25,000	-25,000	-25,000	-25,000	-25,000
16 - X -	1226,338	1244,118	1245,100	1249,594	1253,591
16 - Y -	-22,456	-17,949	-17,700	-13,585	-9,925
16 - X -	1255,770	1289,000	1421,000	1550,000	

Boundary number	Co-ordinates [m]				
16 - Y -	-7,930	-8,000	-9,000	-9,000	
15 - X -	-100,000	0,000	60,000	160,000	215,000
15 - Y -	-24,000	-24,000	-22,500	-23,000	-22,000
15 - X -	365,000	415,000	511,000	646,000	723,116
15 - Y -	-20,500	-21,500	-22,000	-23,500	-23,179
15 - X -	734,200	776,500	828,000	886,000	937,900
15 - Y -	-25,000	-25,000	-25,000	-25,000	-25,000
15 - X -	986,500	1038,000	1091,500	1155,500	1216,300
15 - Y -	-25,000	-25,000	-25,000	-25,000	-25,000
15 - X -	1226,338	1244,118	1245,100	1249,594	1253,591
15 - Y -	-22,456	-17,949	-17,700	-13,585	-9,925
15 - X -	1289,000	1421,000	1550,000		
15 - Y -	-10,000	-10,500	-10,500		
14 - X -	-100,000	0,000	60,000	160,000	215,000
14 - Y -	-24,000	-24,000	-22,500	-23,000	-22,000
14 - X -	365,000	415,000	511,000	646,000	723,116
14 - Y -	-20,500	-21,500	-22,000	-23,500	-23,179
14 - X -	734,200	776,500	828,000	886,000	937,900
14 - Y -	-25,000	-25,000	-25,000	-25,000	-25,000
14 - X -	986,500	1038,000	1091,500	1155,500	1216,300
14 - Y -	-25,000	-25,000	-25,000	-25,000	-25,000
14 - X -	1226,338	1244,118	1245,100	1249,594	1289,000
14 - Y -	-22,456	-17,949	-17,700	-13,585	-14,000
14 - X -	1421,000	1550,000			
14 - Y -	-15,000	-15,000			
13 - X -	-100,000	0,000	60,000	160,000	215,000
13 - Y -	-24,000	-24,000	-22,500	-23,000	-22,000
13 - X -	365,000	415,000	511,000	646,000	723,116
13 - Y -	-20,500	-21,500	-22,000	-23,500	-23,179
13 - X -	734,200	776,500	828,000	886,000	937,900
13 - Y -	-25,000	-25,000	-25,000	-25,000	-25,000
13 - X -	986,500	1038,000	1091,500	1155,500	1216,300
13 - Y -	-25,000	-25,000	-25,000	-25,000	-25,000
13 - X -	1226,338	1244,118	1289,000	1421,000	1550,000
13 - Y -	-22,456	-17,949	-17,500	-17,500	-17,500
12 - X -	-100,000	0,000	60,000	160,000	215,000
12 - Y -	-24,000	-24,000	-22,500	-23,000	-22,000
12 - X -	365,000	415,000	511,000	646,000	723,116
12 - Y -	-20,500	-21,500	-22,000	-23,500	-23,179
12 - X -	734,200	776,500	828,000	886,000	937,900
12 - Y -	-25,000	-25,000	-25,000	-25,000	-25,000
12 - X -	986,500	1038,000	1091,500	1155,500	1216,300
12 - Y -	-25,000	-25,000	-25,000	-25,000	-25,000
12 - X -	1226,338	1289,000	1421,000	1550,000	
12 - Y -	-22,456	-23,500	-27,000	-27,000	
11 - X -	-100,000	0,000	215,000	365,000	415,000
11 - Y -	-28,000	-28,000	-31,000	-29,000	-32,000
11 - X -	646,000	766,000	814,000	879,000	1139,000
11 - Y -	-30,000	-30,000	-32,000	-31,000	-31,000
11 - X -	1289,000	1421,000	1550,000		
11 - Y -	-30,000	-31,000	-31,000		
10 - X -	-100,000	0,000	215,000	365,000	415,000
10 - Y -	-33,000	-33,000	-33,500	-30,000	-33,000
10 - X -	646,000	766,000	814,000	879,000	1139,000
10 - Y -	-35,000	-30,500	-34,000	-32,000	-33,000
10 - X -	1289,000	1421,000	1550,000		
10 - Y -	-31,000	-33,000	-33,000		
9 - X -	-100,000	0,000	239,846	365,000	535,239
9 - Y -	-44,000	-44,000	-44,953	-52,000	-49,163
9 - X -	619,376	766,000	814,000	879,000	952,360
9 - Y -	-44,083	-46,500	-42,000	-41,000	-46,023
9 - X -	1032,922	1139,000	1289,000	1421,000	1550,000
9 - Y -	-41,000	-44,000	-45,000	-45,000	-45,000
8 - X -	-100,000	0,000	239,846	365,000	535,239
8 - Y -	-44,000	-44,000	-44,953	-52,000	-49,163

Boundary number	Co-ordinates [m]				
8 - X -	619,376	766,000	814,100	879,000	952,360
8 - Y -	-44,083	-46,500	-44,000	-41,000	-46,023
8 - X -	1032,922	1139,000	1289,000	1421,000	1550,000
8 - Y -	-41,000	-44,000	-45,000	-45,000	-45,000
7 - X -	-100,000	0,000	239,846	365,000	535,239
7 - Y -	-44,000	-44,000	-44,953	-52,000	-49,163
7 - X -	619,376	766,000	814,000	820,500	879,000
7 - Y -	-44,083	-46,500	-46,000	-46,400	-41,000
7 - X -	952,360	1032,922	1139,000	1289,000	1421,000
7 - Y -	-46,023	-41,000	-44,000	-45,000	-45,000
7 - X -	1550,000				
7 - Y -	-45,000				
6 - X -	-100,000	0,000	230,883	365,000	544,189
6 - Y -	-45,000	-45,000	-48,908	-55,000	-52,727
6 - X -	639,069	766,000	814,000	820,500	879,000
6 - Y -	-48,162	-51,000	-47,000	-46,400	-41,000
6 - X -	952,360	1032,922	1139,000	1289,000	1421,000
6 - Y -	-46,023	-41,000	-44,000	-45,000	-45,000
6 - X -	1550,000				
6 - Y -	-45,000				
5 - X -	-100,000	0,000	365,000	544,189	639,069
5 - Y -	-50,000	-50,000	-55,000	-52,727	-48,162
5 - X -	766,000	814,000	820,500	879,000	952,360
5 - Y -	-51,000	-47,000	-46,400	-41,000	-46,023
5 - X -	1032,922	1139,000	1289,000	1421,000	1550,000
5 - Y -	-41,000	-44,000	-45,000	-45,000	-45,000
4 - X -	-100,000	0,000	365,000	766,000	814,000
4 - Y -	-50,000	-50,000	-55,000	-55,000	-55,000
4 - X -	879,000	1139,000	1289,000	1421,000	1550,000
4 - Y -	-50,000	-47,000	-47,000	-45,000	-45,000
3 - X -	-100,000	0,000	365,000	766,000	814,000
3 - Y -	-50,000	-50,000	-55,000	-55,000	-55,000
3 - X -	879,000	1139,000	1289,000	1421,000	1550,000
3 - Y -	-50,000	-50,000	-47,000	-45,000	-45,000
2 - X -	-100,000	0,000	365,000	766,000	814,000
2 - Y -	-50,000	-50,000	-55,000	-55,000	-55,000
2 - X -	1139,000	1289,000	1421,000	1550,000	
2 - Y -	-55,000	-47,000	-45,000	-45,000	
1 - X -	-100,000	0,000	365,000	766,000	814,000
1 - Y -	-50,000	-50,000	-55,000	-55,000	-55,000
1 - X -	1139,000	1289,000	1421,000	1550,000	
1 - Y -	-60,000	-47,000	-45,000	-45,000	
0 - X -	-100,000	1550,000			
0 - Y -	-65,000	-65,000			

2.3 PI-lines

PI-line number	Co-ordinates [m]				
1 - X -	-100,000	60,000	679,240	680,360	1266,477
1 - Y -	2,500	2,500	2,500	1,843	1,800
1 - X -	1268,076	1550,000			
1 - Y -	2,492	2,500			

2.4 Phreatic Line

Piezo-line 1 is used as phreatic line (groundwater).

2.5 Soil Profiles

Layer number	Material name	Piezo-line at top	Piezo-line at bottom
33	za_mf_mg_l (HL)	1	1
32	za_mf_mg_v (HL)	1	1
31	za_mf_v (HL)	1	1
30	kl_m_s_zl (HL)	1	1

Layer number	Material name	Piezo-line at top	Piezo-line at bottom
29	za_kl_mf_m_l (HL)	1	1
28	kl_m_s_zl (HL)	1	1
27	za_mf_mg_v (HL di...	1	1
26	za_mf_mv (HL)	1	1
25	za_mf_sc_l (HL)	1	1
24	za_mf_mv (HL)	1	1
23	za_mf_sc_l (HL)	1	1
22	za_mf_mv (HL)	1	1
21	za_mf_mg_v (HL di...	1	1
20	za_mf_mv (HL)	1	1
19	le_fz_kl (KR)	1	1
18	za_mf_mg_l (HL)	1	1
17	za_mf_mg_v (HL)	1	1
16	kl_m_s_zl (HL)	1	1
15	za_kl_mf_m_l (HL)	1	1
14	za_mf_mv (HL)	1	1
13	le_fz_kl (KR)	1	1
12	za_zg_gr_v (KR)	1	1
11	za_zg_gr_sc_kl_l_v ...	1	1
10	za_zg_gr_v (KR diep)	1	1
9	kl_s (WA)	1	1
8	fz_ss_m_v (Wa)	1	1
7	kl_s (WA)	1	1
6	fz_ss_m_v (Wa)	1	1
5	fz_ss_m_v (Wa)	1	1
4	kl_s (WA)	1	1
3	si_m_v (Wa)	1	1
2	kl_s (WA)	1	1
1	onbekend	1	1

2.6 Selected Boundaries

The boundary between cohesive top layers and under laying non-cohesive drained layers, is situated at the top of layer number 33: za_mf_mg_l (HL)

The boundary between compressible top layers and under laying non-compressible layers, is situated at the top of layer number 12: za_zg_gr_v (KR)

2.7 Configuration of the Pipe Line

X co-ordinate left point	0,00	[m]
Y co-ordinate left point	4,87	[m]
Z co-ordinate left point	0,00	[m]
X co-ordinate right point	626,80	[m]
Y co-ordinate right point	4,96	[m]
Z co-ordinate right point	1278,80	[m]
Angle left	12,00	[degrees]
Angle right	13,00	[degrees]
Lowest level of pipe (centre bore hole)	-41,00	[m]
Angle of pipe (between radii)	0,00	[degrees]
Bending radius pipe on rollers	1400,00	[m]
Bending radius left, vertical in/out	1400,00	[m]
Bending radius right, vertical in/out	1400,00	[m]
Number of horizontal bends	2	[-]

The pulling direction of the product pipe is from right to left

Bending nr.	X1-coord [m]	Z1-coord [m]	X2-coord [m]	Z2-coord [m]	Bending radius [m]	Direction [-]
1	91,10	166,50	175,20	335,20	2500,00	right
2	469,50	984,90	612,30	1255,00	2500,00	left

2.8 Calculation Verticals

Vertical nr.	L-coord [m]	Z-coord [m]	Additional settlement [mm]
1	0,00	4,87	0,00
2	10,04	2,73	0,00
3	20,07	0,60	0,00
4	30,11	-1,54	0,00
5	40,14	-3,67	0,00
6	50,18	-5,80	0,00
7	60,21	-7,93	0,00
8	70,25	-10,07	0,00
9	80,28	-12,17	0,00
10	90,32	-14,20	0,00
11	100,35	-16,16	0,00
12	110,39	-18,04	0,00
13	120,42	-19,84	0,00
14	130,46	-21,57	0,00
15	140,49	-23,22	0,00
16	150,53	-24,80	0,00
17	160,56	-26,30	0,00
18	170,60	-27,73	0,00
19	180,63	-29,08	0,00
20	190,67	-30,36	0,00
21	200,70	-31,57	0,00
22	210,74	-32,70	0,00
23	220,77	-33,76	0,00
24	230,81	-34,75	0,00
25	240,85	-35,67	0,00
26	250,88	-36,51	0,00
27	260,92	-37,28	0,00
28	270,95	-37,98	0,00
29	280,99	-38,60	0,00
30	291,02	-39,15	0,00
31	301,06	-39,63	0,00
32	311,09	-40,04	0,00
33	321,13	-40,38	0,00
34	331,16	-40,64	0,00
35	341,20	-40,83	0,00
36	351,23	-40,95	0,00
37	361,27	-41,00	0,00
38	371,30	-41,00	0,00
39	381,34	-41,00	0,00
40	391,37	-41,00	0,00
41	401,41	-41,00	0,00
42	411,44	-41,00	0,00
43	421,48	-41,00	0,00
44	431,51	-41,00	0,00
45	441,55	-41,00	0,00
46	451,58	-41,00	0,00
47	461,62	-41,00	0,00
48	471,65	-41,00	0,00
49	481,69	-41,00	0,00
50	491,73	-41,00	0,00
51	501,76	-41,00	0,00
52	511,80	-41,00	0,00
53	521,83	-41,00	0,00
54	531,87	-41,00	0,00
55	541,90	-41,00	0,00
56	551,94	-41,00	0,00
57	561,97	-41,00	0,00
58	572,01	-41,00	0,00
59	582,04	-41,00	0,00
60	592,08	-41,00	0,00
61	602,11	-41,00	0,00

Vertical nr.	L-coord [m]	Z-coord [m]	Additional settlement [mm]
62	612,15	-41,00	0,00
63	622,18	-41,00	0,00
64	632,22	-41,00	0,00
65	642,25	-41,00	0,00
66	652,29	-41,00	0,00
67	662,32	-41,00	0,00
68	672,36	-41,00	0,00
69	682,39	-41,00	0,00
70	692,43	-41,00	0,00
71	702,46	-41,00	0,00
72	712,50	-41,00	0,00
73	722,54	-41,00	0,00
74	732,57	-41,00	0,00
75	742,61	-41,00	0,00
76	752,64	-41,00	0,00
77	762,68	-41,00	0,00
78	772,71	-41,00	0,00
79	782,75	-41,00	0,00
80	792,78	-41,00	0,00
81	802,82	-41,00	0,00
82	812,85	-41,00	0,00
83	822,89	-41,00	0,00
84	832,92	-41,00	0,00
85	842,96	-41,00	0,00
86	852,99	-41,00	0,00
87	863,03	-41,00	0,00
88	873,06	-41,00	0,00
89	883,10	-41,00	0,00
90	893,13	-41,00	0,00
91	903,17	-41,00	0,00
92	913,20	-41,00	0,00
93	923,24	-41,00	0,00
94	933,27	-41,00	0,00
95	943,31	-41,00	0,00
96	953,35	-41,00	0,00
97	963,38	-41,00	0,00
98	973,42	-41,00	0,00
99	983,45	-41,00	0,00
100	993,49	-41,00	0,00
101	1003,52	-41,00	0,00
102	1013,56	-41,00	0,00
103	1023,59	-41,00	0,00
104	1033,63	-41,00	0,00
105	1043,66	-41,00	0,00
106	1053,70	-41,00	0,00
107	1063,73	-41,00	0,00
108	1073,77	-40,98	0,00
109	1083,80	-40,89	0,00
110	1093,84	-40,73	0,00
111	1103,87	-40,50	0,00
112	1113,91	-40,20	0,00
113	1123,94	-39,83	0,00
114	1133,98	-39,38	0,00
115	1144,01	-38,86	0,00
116	1154,05	-38,27	0,00
117	1164,08	-37,60	0,00
118	1174,12	-36,86	0,00
119	1184,15	-36,06	0,00
120	1194,19	-35,17	0,00
121	1204,23	-34,22	0,00
122	1214,26	-33,19	0,00
123	1224,30	-32,09	0,00
124	1234,33	-30,92	0,00
125	1244,37	-29,67	0,00

Vertical nr.	L-coord [m]	Z-coord [m]	Additional settlement [mm]
126	1254,40	-28,35	0,00
127	1264,44	-26,95	0,00
128	1274,47	-25,48	0,00
129	1284,51	-23,94	0,00
130	1294,54	-22,32	0,00
131	1304,58	-20,62	0,00
132	1314,61	-18,86	0,00
133	1324,65	-17,01	0,00
134	1334,68	-15,09	0,00
135	1344,72	-13,10	0,00
136	1354,75	-11,02	0,00
137	1364,79	-8,87	0,00
138	1374,82	-6,65	0,00
139	1384,86	-4,35	0,00
140	1394,89	-2,03	0,00
141	1404,93	0,28	0,00
142	1414,96	2,60	0,00
143	1425,00	4,92	0,00

Locations of the calculation verticals; L represents distance along the pipe line projection in the horizontal plane, incremented with the entry co-ordinate.

2.9 Material Types

Name	Gamma unsat [kN/m³]	Gamma sat [kN/m³]	Cohesion [kN/m²]	Phi [degrees]	Cu top [kN/m²]	Cu bottom [kN/m²]	Emod top [kN/m²]	Emod bottom [kN/m²]
za_mf_mg_v (HL)	18,00	19,00	0,00	32,50	0,00	0,00	15000	35000
kl_m_s_zl (HL)	16,00	16,00	5,00	22,50	0,00	0,00	5000	5000
za_mf_v (HL)	19,00	20,00	0,00	35,00	0,00	0,00	20000	20000
za_mf_mg_l (HL)	18,00	19,00	0,00	30,00	0,00	0,00	15000	15000
za_kl_mf_m_l (...)	16,00	17,00	5,00	30,00	0,00	0,00	30000	30000
za_mf_mv (HL)	19,00	20,00	0,00	32,50	0,00	0,00	35000	35000
za_mf_sc_l (HL)	18,00	19,00	0,00	30,00	0,00	0,00	25000	25000
le_fz_kl (KR)	18,00	18,00	5,00	25,00	0,00	0,00	5000	5000
za_zg_gr_v (KR)	19,00	20,00	0,00	37,50	0,00	0,00	50000	75000
za_zg_gr_sc_kl...	19,00	20,00	0,00	35,00	0,00	0,00	65000	65000
kl_s (WA)	19,00	19,00	5,00	27,50	0,00	0,00	20000	20000
fz_ss_m_v (Wa)	19,00	20,00	0,00	32,50	0,00	0,00	50000	50000
si_m_v (Wa)	19,00	20,00	0,00	30,00	0,00	0,00	40000	40000
onbekend	19,00	20,00	0,00	30,00	0,00	0,00	40000	40000
za_mf_mg_v (H...	18,00	19,00	0,00	32,50	0,00	0,00	35000	50000
za_zg_gr_v (KR...	19,00	20,00	0,00	37,50	0,00	0,00	75000	100000

Name	Adhesion A [kN/m²]	Delta D [degrees]	Nu [-]
za_mf_mg_v (HL)	-	-	0,35
kl_m_s_zl (HL)	-	-	0,35
za_mf_v (HL)	-	-	0,35
za_mf_mg_l (HL)	-	-	0,35
za_kl_mf_m_l (...)	-	-	0,35
za_mf_mv (HL)	-	-	0,35
za_mf_sc_l (HL)	-	-	0,35
le_fz_kl (KR)	-	-	0,35
za_zg_gr_v (KR)	-	-	0,35
za_zg_gr_sc_kl...	-	-	0,35
kl_s (WA)	-	-	0,35
fz_ss_m_v (Wa)	-	-	0,35
si_m_v (Wa)	-	-	0,35
onbekend	-	-	0,35
za_mf_mg_v (H...	-	-	0,35
za_zg_gr_v (KR...	-	-	0,35

2.10 Product Pipe Material Data

Material	Steel
Quality	FE360
Negative wall thickness tolerance	0 [%]
Yield strength (Re)	350 [N/mm ²]
Partial material factor	1,10 [-]
Partial material factor for test pressure	1,00 [-]
Young's modulus	205800 [N/mm ²]
Outer diameter product pipe	1016,00 [mm]
Wall thickness (Nominal)	16,00 [mm]
Unit weight pipe material	78,50 [kN/m ³]
Design pressure	0,00 [bar]
Test pressure	0,00 [bar]
Temperature variation	0,00 [deg C]

2.11 Pipe Engineering Data

Pipe filled with water on rollers	No
Part of cross section filled with fluid	0 [%]
Unit weight fluid	10,00 [kN/m ³]
Relative displacement	10,00 [mm]
Compression index	20,00 [-]
Linear settlement coefficient (alpha_g) for steel	0,00 [mm/mmK]
Linear settlement coefficient (alpha_g) for PE	0,00 [mm/mmK]
Modulus of subgrade reaction drilling fluid (Kv)	500,00 [kN/m ³]
Phi drilling fluid	15,00 [degrees]
Cohesion drilling fluid	5,00 [kN/m ²]
Bedding angle	120 [degrees]
Load angle	180 [degrees]
Factor of friction pipe-roller (f1)	0,10 [-]
Friction pipe-drilling fluid (f2)	0,000050 [N/mm ²]
Factor of friction pipe-soil (f3)	0,20 [-]
Special stress analysis	not used

2.12 Geometry

2.13 Drilling Fluid Data

Diameter pilot hole	0,375	[m]
Outer diameter pilot pipe	0,168	[m]
Diameter preream hole	1,320	[m]
Outer diameter drillpipe	0,168	[m]
Diameter bore hole product pipe	1,320	[m]
Outer diameter product pipe	1,016	[m]
Annular back flow rate pilot	1200,0	[liter/minute]
Annular back flow rate pre-reaming	1999,8	[liter/minute]
Annular back flow rate ream and pull-back	1800,0	[liter/minute]
Circulation loss factor pilot	0,30	[-]
Circulation loss factor pre-reaming	0,20	[-]
Circulation loss factor ream and pull-back	0,20	[-]
Unit weight drilling fluid (gamma)	11,1	[kN/m ³]
Yieldpoint drilling fluid (Tau)	0,014	[kN/m ²]
Plastic viscosity drilling fluid (Mu)	0,000014	[kN.s/m ²]

2.14 Factors

Safety factor implosion (Long)	3,0	[-]
Safety factor implosion (Short)	1,5	[-]
Contingency factor on total unit weight		
material types below and above phreatic level	1,10	[-]
Contingency factor on Cu/cohesion	1,40	[-]
Contingency factor on Phi	1,10	[-]
Contingency factor on E-modulus	1,25	[-]
Contingency factor on pulling force	2,00	[-]
Contingency factor on modulus of subgrade reaction	1,60	[-]
Contingency factor on soil load Qn	1,10	[-]
Contingency factor on pressure borehole	1,10	[-]
Steel: Contingency factor on bending radius	1,10	[-]
Contingency factor on bending moment (Steel)	1,15	[-]
Contingency factor on bending moment (Polyethene)	1,40	[-]
Steel: Load factor on design pressure	1,25	[-]
Steel: Load factor on design pressure (combination)	1,15	[-]
Steel: Load factor on test pressure	1,10	[-]
Steel: Load factor installation	1,10	[-]
Steel: Load factor on soil load Qn	1,50	[-]
Steel: Load factor on temperature	1,10	[-]
Steel: Load factor on traffic load	1,35	[-]
Factor of importance (S)	1,00	[-]
Allowable deflection of steel pipe	15,00	[%]
Allowable piggability of steel pipe	5,00	[%]
Allowable deflection of polyethene pipe	8,00	[%]
Allowable piggability of polyethene pipe	5,00	[%]
Unit weight water	10,10	[kN/m ³]
Safety factor cover (drained layer)	0,50	[-]
Safety factor cover (undrained layer)	0,50	[-]

3 Drilling Fluid Pressures

3.1 Drilling Fluid Data

Vertical nr.	Drilling fluid pressures pilot [kN/m ²]			
	Max, deformation	Max, soil cover	Min, left	Min, right
1	0	0	0	420
2	138	122	27	441
3	223	311	53	461
4	305	504	80	482
5	381	674	107	503
6	347	564	133	523
7	331	500	160	544
8	362	537	187	565
9	565	967	213	585
10	596	1000	239	605
11	666	1130	263	623
12	731	1250	287	641
13	778	1329	310	658
14	631	953	332	674
15	624	919	354	690
16	995	1767	374	704
17	1108	2019	394	718
18	1185	2179	413	731
19	1251	2311	431	743
20	1316	2439	448	754
21	1330	2434	464	765
22	1325	2384	480	774
23	1342	2402	494	783
24	1443	2652	508	791
25	1491	2754	521	798
26	1527	2825	534	805
27	1558	2884	545	810
28	1584	2933	556	815
29	1607	2976	566	819
30	1626	3011	575	822
31	1642	3041	583	825
32	1656	3066	591	826
33	1667	3086	597	827
34	1675	3100	603	827
35	1681	3110	608	826
36	1684	3116	612	825
37	1685	3117	616	822
38	1674	3094	619	819
39	1667	3080	622	817
40	1661	3065	625	814
41	1654	3050	628	811
42	1647	3035	631	808
43	1647	3036	633	805
44	1651	3045	636	802
45	1655	3054	639	799
46	1660	3062	642	796
47	1664	3071	645	793
48	1668	3080	648	790
49	1672	3089	651	787
50	1676	3098	654	784
51	1681	3107	657	781
52	1684	3115	660	778
53	1683	3112	663	775
54	1682	3109	666	773
55	1682	3109	669	770
56	1683	3111	672	767
57	1684	3114	675	764

Vertical nr.	Drilling fluid pressures pilot [kN/m ²]			
	Max, deformation	Max, soil cover	Min, left	Min, right
58	1686	3117	677	761
59	1687	3120	680	758
60	1690	3125	683	755
61	1692	3130	686	752
62	1695	3137	689	749
63	1697	3140	692	746
64	1693	3132	695	743
65	1690	3124	698	740
66	1691	3127	701	737
67	1695	3135	704	734
68	1698	3143	707	731
69	1168	2014	710	728
70	1168	2015	713	726
71	1169	2016	716	723
72	1169	2018	719	720
73	1139	1954	722	717
74	1098	1866	724	714
75	1092	1851	727	711
76	1092	1852	730	708
77	1092	1852	733	705
78	1093	1855	736	702
79	1095	1860	739	699
80	1098	1865	742	696
81	1102	1873	745	693
82	1107	1884	748	690
83	1109	1888	751	687
84	1110	1892	754	684
85	1112	1894	757	682
86	1113	1897	760	679
87	1114	1900	763	676
88	1115	1903	766	673
89	1114	1900	768	670
90	1109	1890	771	667
91	1105	1881	774	664
92	1101	1873	777	661
93	1098	1866	780	658
94	1095	1860	783	655
95	1093	1854	786	652
96	1091	1849	789	649
97	1093	1854	792	646
98	1095	1859	795	643
99	1098	1864	798	640
100	1100	1871	801	638
101	1104	1878	804	635
102	1107	1885	807	632
103	1111	1894	810	629
104	1116	1903	812	626
105	1113	1898	815	623
106	1111	1894	818	620
107	1109	1890	821	617
108	1106	1884	824	614
109	1101	1873	826	610
110	1092	1856	827	605
111	1081	1834	828	600
112	1066	1806	827	593
113	1049	1772	826	586
114	1028	1731	824	578
115	1005	1677	821	570
116	980	1614	817	560
117	951	1544	813	550
118	919	1463	808	539
119	884	1373	802	527
120	845	1270	795	514

Vertical nr.	Drilling fluid pressures pilot [kN/m ²]			
	Max, deformation	Max, soil cover	Min, left	Min, right
121	801	1155	787	501
122	750	1022	779	486
123	741	1062	769	471
124	786	1210	759	455
125	786	1270	748	438
126	899	1574	737	421
127	991	1775	724	402
128	1026	1833	711	383
129	620	903	697	363
130	589	860	682	342
131	580	862	666	320
132	606	941	649	297
133	706	1210	632	274
134	639	1080	613	250
135	581	974	594	225
136	479	768	574	199
137	526	939	553	172
138	445	796	532	144
139	352	633	509	115
140	251	438	486	87
141	193	305	464	58
142	128	140	441	29
143	0	0	418	0

Vertical nr.	Drilling fluid pressures preream [kN/m ²]			
	Max, deformation	Max, soil cover	Min, left	Min, right
1	0	0	0	0
2	138	54	24	27
3	223	157	48	53
4	305	285	73	80
5	381	419	97	107
6	347	455	121	133
7	331	473	145	160
8	362	531	169	187
9	565	872	193	213
10	596	952	216	239
11	666	1096	238	263
12	731	1234	260	287
13	778	1329	280	310
14	631	953	300	332
15	624	919	319	354
16	995	1767	337	374
17	1108	2019	354	394
18	1185	2179	370	413
19	1251	2311	386	431
20	1316	2439	401	448
21	1330	2434	414	464
22	1325	2384	428	478
23	1342	2402	440	489
24	1443	2652	451	500
25	1491	2754	462	509
26	1527	2825	472	518
27	1558	2884	481	526
28	1584	2933	489	533
29	1607	2976	496	540
30	1626	3011	503	546
31	1642	3041	509	550
32	1656	3066	514	554
33	1667	3086	518	558
34	1675	3100	522	560
35	1681	3110	524	562
36	1684	3116	526	563

Vertical nr.	Drilling fluid pressures preream [kN/m ²]			
	Max, deformation	Max, soil cover	Min, left	Min, right
37	1685	3117	527	563
38	1674	3094	528	562
39	1667	3080	528	562
40	1661	3065	529	561
41	1654	3050	529	561
42	1647	3035	529	560
43	1647	3036	530	560
44	1651	3045	530	559
45	1655	3054	531	559
46	1660	3062	531	558
47	1664	3071	532	558
48	1668	3080	532	557
49	1672	3089	533	557
50	1676	3098	533	556
51	1681	3107	534	556
52	1684	3115	534	555
53	1683	3112	535	555
54	1682	3109	535	554
55	1682	3109	536	554
56	1683	3111	536	553
57	1684	3114	537	553
58	1686	3117	537	552
59	1687	3120	538	552
60	1690	3125	538	551
61	1692	3130	539	551
62	1695	3137	539	550
63	1697	3140	540	550
64	1693	3132	540	549
65	1690	3124	541	549
66	1691	3127	541	548
67	1695	3135	542	548
68	1698	3143	542	547
69	1168	1650	543	547
70	1168	1651	543	546
71	1169	1652	544	546
72	1169	1653	544	545
73	1139	1538	545	545
74	1098	1398	545	544
75	1092	1375	546	544
76	1092	1375	546	543
77	1092	1375	547	543
78	1093	1376	547	542
79	1095	1376	548	542
80	1098	1377	548	541
81	1102	1378	549	541
82	1107	1380	549	540
83	1109	1380	550	540
84	1110	1381	550	539
85	1112	1381	551	539
86	1113	1382	551	538
87	1114	1382	552	538
88	1115	1383	552	537
89	1114	1382	553	537
90	1109	1381	553	536
91	1105	1380	554	536
92	1101	1378	554	535
93	1098	1377	555	535
94	1095	1376	555	534
95	1093	1375	556	534
96	1091	1375	556	534
97	1093	1375	557	533
98	1095	1376	557	533
99	1098	1377	558	532

Vertical nr.	Drilling fluid pressures prereum [kN/m ²]			
	Max, deformation	Max, soil cover	Min, left	Min, right
100	1100	1378	558	532
101	1104	1379	559	531
102	1107	1380	559	531
103	1111	1381	560	530
104	1116	1383	560	530
105	1113	1382	561	529
106	1111	1381	561	529
107	1109	1381	562	528
108	1106	1378	562	527
109	1101	1369	561	526
110	1092	1352	560	524
111	1081	1329	558	521
112	1066	1299	555	517
113	1049	1262	551	512
114	1028	1218	547	507
115	1005	1168	542	500
116	980	1112	536	493
117	951	1050	529	485
118	919	982	521	477
119	884	910	513	467
120	845	833	503	457
121	801	753	493	446
122	750	670	482	434
123	741	706	471	421
124	786	790	455	408
125	786	849	438	393
126	899	1315	421	378
127	991	1714	402	362
128	1026	1833	383	345
129	620	903	363	328
130	589	860	342	309
131	580	862	320	290
132	606	941	297	270
133	706	1179	274	249
134	639	1034	250	227
135	581	912	225	204
136	479	721	199	181
137	526	748	172	157
138	445	598	144	131
139	352	446	115	105
140	251	290	87	79
141	193	173	58	53
142	128	65	29	27
143	0	0	0	0

Vertical nr.	Drilling fluid pressures pull back [kN/m ²]			
	Max, deformation	Max, soil cover	Min, left	Min, right
1	0	0	0	0
2	138	54	26	24
3	223	157	51	48
4	305	285	77	73
5	381	419	103	97
6	347	455	128	121
7	331	473	154	145
8	362	531	179	169
9	565	872	205	193
10	596	952	229	216
11	666	1096	253	238
12	731	1234	276	260
13	778	1329	298	280
14	631	953	319	300
15	624	919	339	319

Vertical nr.	Drilling fluid pressures pull back [kN/m ²]			
	Max, deformation	Max, soil cover	Min, left	Min, right
16	995	1767	358	337
17	1108	2019	377	354
18	1185	2179	395	370
19	1251	2311	412	386
20	1316	2439	428	401
21	1330	2434	443	414
22	1325	2384	458	428
23	1342	2402	472	440
24	1443	2652	484	451
25	1491	2754	496	462
26	1527	2825	508	472
27	1558	2884	518	481
28	1584	2933	528	489
29	1607	2976	537	496
30	1626	3011	545	503
31	1642	3041	550	509
32	1656	3066	554	514
33	1667	3086	558	518
34	1675	3100	560	522
35	1681	3110	562	524
36	1684	3116	563	526
37	1685	3117	563	527
38	1674	3094	562	528
39	1667	3080	562	528
40	1661	3065	561	529
41	1654	3050	561	529
42	1647	3035	560	529
43	1647	3036	560	530
44	1651	3045	559	530
45	1655	3054	559	531
46	1660	3062	558	531
47	1664	3071	558	532
48	1668	3080	557	532
49	1672	3089	557	533
50	1676	3098	556	533
51	1681	3107	556	534
52	1684	3115	555	534
53	1683	3112	555	535
54	1682	3109	554	535
55	1682	3109	554	536
56	1683	3111	553	536
57	1684	3114	553	537
58	1686	3117	552	537
59	1687	3120	552	538
60	1690	3125	551	538
61	1692	3130	551	539
62	1695	3137	550	539
63	1697	3140	550	540
64	1693	3132	549	540
65	1690	3124	549	541
66	1691	3127	548	541
67	1695	3135	548	542
68	1698	3143	547	542
69	1168	1650	547	543
70	1168	1651	546	543
71	1169	1652	546	544
72	1169	1653	545	544
73	1139	1538	545	545
74	1098	1398	544	545
75	1092	1375	544	546
76	1092	1375	543	546
77	1092	1375	543	547
78	1093	1376	542	547

Vertical nr.	Drilling fluid pressures pull back [kN/m ²]			
	Max, deformation	Max, soil cover	Min, left	Min, right
79	1095	1376	542	548
80	1098	1377	541	548
81	1102	1378	541	549
82	1107	1380	540	549
83	1109	1380	540	550
84	1110	1381	539	550
85	1112	1381	539	551
86	1113	1382	538	551
87	1114	1382	538	552
88	1115	1383	537	552
89	1114	1382	537	553
90	1109	1381	536	553
91	1105	1380	536	554
92	1101	1378	535	554
93	1098	1377	535	555
94	1095	1376	534	555
95	1093	1375	534	556
96	1091	1375	534	556
97	1093	1375	533	557
98	1095	1376	533	557
99	1098	1377	532	558
100	1100	1378	532	558
101	1104	1379	531	559
102	1107	1380	531	559
103	1111	1381	530	560
104	1116	1383	530	560
105	1113	1382	529	561
106	1111	1381	529	561
107	1109	1381	528	562
108	1106	1378	527	562
109	1101	1369	526	561
110	1092	1352	524	560
111	1081	1329	521	558
112	1066	1299	517	555
113	1049	1262	512	551
114	1028	1218	507	547
115	1005	1168	500	541
116	980	1112	493	532
117	951	1050	485	523
118	919	982	477	513
119	884	910	467	502
120	845	833	457	490
121	801	753	446	478
122	750	670	434	464
123	741	706	421	450
124	786	790	408	435
125	786	849	393	419
126	899	1315	378	403
127	991	1714	362	385
128	1026	1833	345	367
129	620	903	328	348
130	589	860	309	328
131	580	862	290	307
132	606	941	270	286
133	706	1179	249	263
134	639	1034	227	240
135	581	912	204	216
136	479	721	181	191
137	526	748	157	165
138	445	598	131	139
139	352	446	105	111
140	251	290	79	84
141	193	173	53	56

Vertical nr.	Drilling fluid pressures pull back [kN/m ²]			
	Max, deformation	Max, soil cover	Min, left	Min, right
142	128	65	27	28
143	0	0	0	0

The minimum required drilling fluid pressure is calculated and can be compared with the calculated maximum allowable drilling fluid pressure. The maximum pressure based on deformation indicates the formation of cracks around the borehole, while the maximum pressure based on soilcover indicates a frac-out towards the surface.

3.2 Equilibrium between Drilling Fluid Pressure and Pore Pressure

Vertical nr.	Static column pressure			
	Drilling fluid [kN/m ²]	Water [kN/m ²]	Safety [-]	Result
1	0	0	-	sufficient
2	24	0	-	sufficient
3	47	19	2,47	sufficient
4	71	41	1,74	sufficient
5	95	62	1,52	sufficient
6	118	84	1,41	sufficient
7	142	105	1,35	sufficient
8	166	127	1,31	sufficient
9	189	148	1,28	sufficient
10	212	169	1,25	sufficient
11	233	188	1,24	sufficient
12	254	207	1,23	sufficient
13	274	226	1,22	sufficient
14	293	243	1,21	sufficient
15	312	260	1,20	sufficient
16	329	276	1,19	sufficient
17	346	291	1,19	sufficient
18	362	305	1,19	sufficient
19	377	319	1,18	sufficient
20	391	332	1,18	sufficient
21	405	344	1,18	sufficient
22	417	356	1,17	sufficient
23	429	366	1,17	sufficient
24	440	376	1,17	sufficient
25	450	385	1,17	sufficient
26	459	394	1,17	sufficient
27	468	402	1,16	sufficient
28	476	409	1,16	sufficient
29	483	415	1,16	sufficient
30	489	421	1,16	sufficient
31	494	426	1,16	sufficient
32	499	430	1,16	sufficient
33	502	433	1,16	sufficient
34	505	436	1,16	sufficient
35	507	438	1,16	sufficient
36	509	439	1,16	sufficient
37	509	439	1,16	sufficient
38	509	439	1,16	sufficient
39	509	439	1,16	sufficient
40	509	439	1,16	sufficient
41	509	439	1,16	sufficient
42	509	439	1,16	sufficient
43	509	439	1,16	sufficient
44	509	439	1,16	sufficient
45	509	439	1,16	sufficient
46	509	439	1,16	sufficient
47	509	439	1,16	sufficient
48	509	439	1,16	sufficient
49	509	439	1,16	sufficient
50	509	439	1,16	sufficient
51	509	439	1,16	sufficient

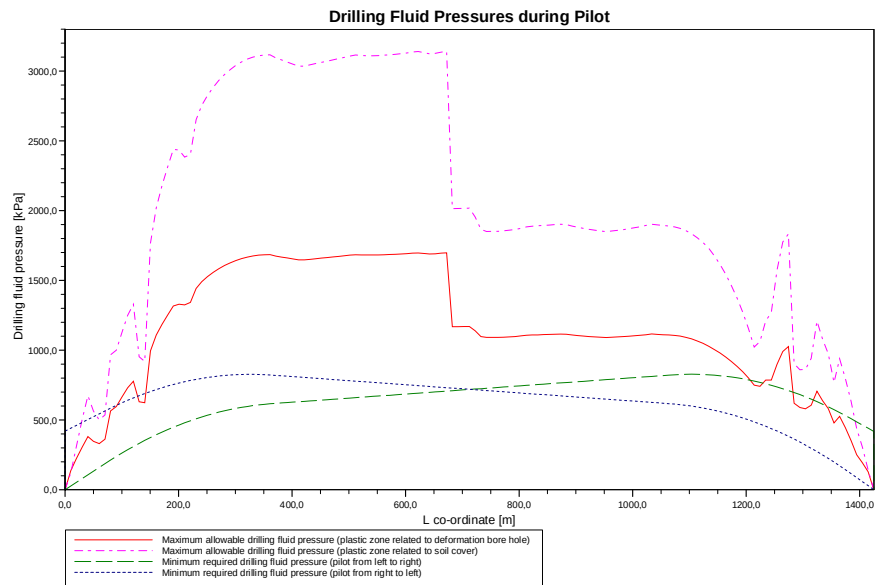
Vertical nr.	Static column pressure			
	Drilling fluid [kN/m ²]	Water [kN/m ²]	Safety [-]	Result
52	509	439	1,16	sufficient
53	509	439	1,16	sufficient
54	509	439	1,16	sufficient
55	509	439	1,16	sufficient
56	509	439	1,16	sufficient
57	509	439	1,16	sufficient
58	509	439	1,16	sufficient
59	510	439	1,16	sufficient
60	510	439	1,16	sufficient
61	510	439	1,16	sufficient
62	510	439	1,16	sufficient
63	510	439	1,16	sufficient
64	510	439	1,16	sufficient
65	510	439	1,16	sufficient
66	510	439	1,16	sufficient
67	510	439	1,16	sufficient
68	510	439	1,16	sufficient
69	510	433	1,18	sufficient
70	510	433	1,18	sufficient
71	510	433	1,18	sufficient
72	510	433	1,18	sufficient
73	510	433	1,18	sufficient
74	510	433	1,18	sufficient
75	510	433	1,18	sufficient
76	510	433	1,18	sufficient
77	510	433	1,18	sufficient
78	510	433	1,18	sufficient
79	510	433	1,18	sufficient
80	510	433	1,18	sufficient
81	510	433	1,18	sufficient
82	510	433	1,18	sufficient
83	510	433	1,18	sufficient
84	510	433	1,18	sufficient
85	510	433	1,18	sufficient
86	510	433	1,18	sufficient
87	510	433	1,18	sufficient
88	510	433	1,18	sufficient
89	510	433	1,18	sufficient
90	510	433	1,18	sufficient
91	510	433	1,18	sufficient
92	510	433	1,18	sufficient
93	510	433	1,18	sufficient
94	510	433	1,18	sufficient
95	510	433	1,18	sufficient
96	510	433	1,18	sufficient
97	510	433	1,18	sufficient
98	510	432	1,18	sufficient
99	510	432	1,18	sufficient
100	510	432	1,18	sufficient
101	510	432	1,18	sufficient
102	510	432	1,18	sufficient
103	510	432	1,18	sufficient
104	510	432	1,18	sufficient
105	510	432	1,18	sufficient
106	510	432	1,18	sufficient
107	510	432	1,18	sufficient
108	510	432	1,18	sufficient
109	509	431	1,18	sufficient
110	507	430	1,18	sufficient
111	504	427	1,18	sufficient
112	501	424	1,18	sufficient
113	497	421	1,18	sufficient
114	492	416	1,18	sufficient

Vertical nr.	Static column pressure			
	Drilling fluid [kN/m ²]	Water [kN/m ²]	Safety [-]	Result
115	486	411	1,18	sufficient
116	480	405	1,18	sufficient
117	472	398	1,19	sufficient
118	464	391	1,19	sufficient
119	455	382	1,19	sufficient
120	445	373	1,19	sufficient
121	435	364	1,19	sufficient
122	423	353	1,20	sufficient
123	411	342	1,20	sufficient
124	398	330	1,20	sufficient
125	384	318	1,21	sufficient
126	370	304	1,21	sufficient
127	354	290	1,22	sufficient
128	338	283	1,20	sufficient
129	321	267	1,20	sufficient
130	303	251	1,21	sufficient
131	284	233	1,22	sufficient
132	264	216	1,23	sufficient
133	244	197	1,24	sufficient
134	223	178	1,25	sufficient
135	200	157	1,27	sufficient
136	177	137	1,30	sufficient
137	154	115	1,34	sufficient
138	129	92	1,39	sufficient
139	103	69	1,49	sufficient
140	78	46	1,70	sufficient
141	52	22	2,32	sufficient
142	26	0	-	sufficient
143	0	0	-	sufficient

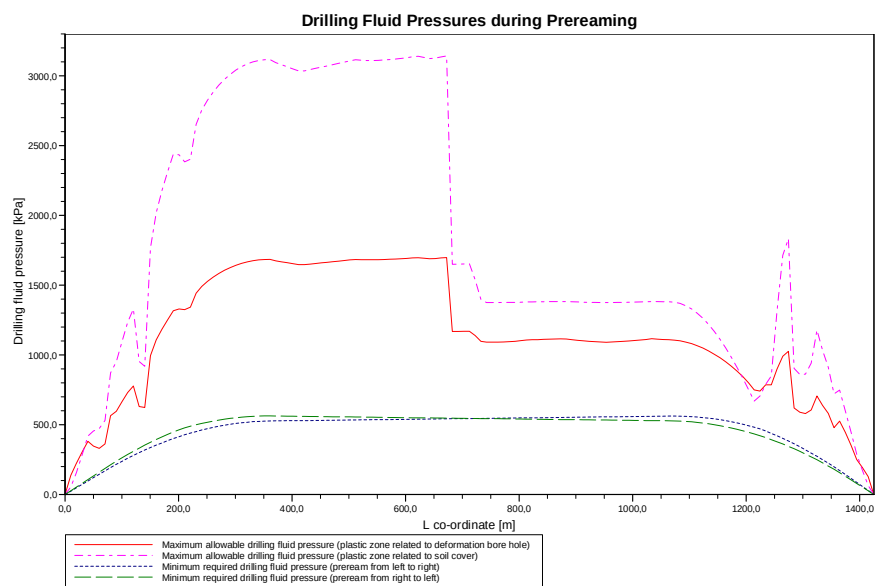
The static drilling fluid pressure is calculated and can be compared with the calculated groundwater pressure. The quotient of the drilling fluid pressure and the groundwater pressure yields the safety factor, which should be higher than the requested factor of safety of 1,10.

3.3 Drilling Fluid Pressure Plots

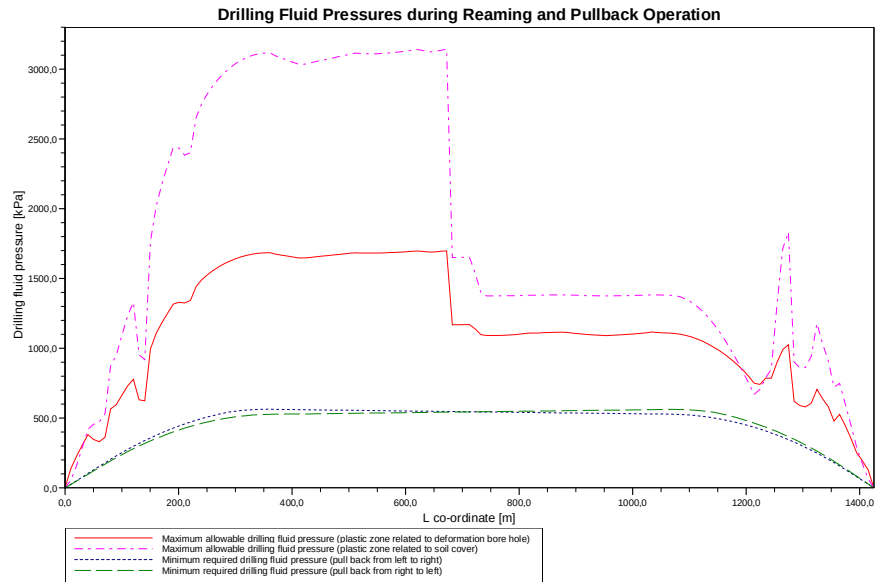
3.3.1 Drilling Fluid Pressures during Pilot



3.3.2 Drilling Fluid Pressures during Prereaming



3.3.3 Drilling Fluid Pressures during Reaming and Pullback Operation



4 Soil Mechanical Parameters

4.1 Soil Mechanical Parameters (Pipe: 1016mm_wd16mm)

The list with data and issues is shown hereafter:

Note: safety factors not applied.

Pv;p	Passive soil load	kN/m ²
Pv;n	Neutral soil load	kN/m ²
Ph;n	Neutral horizontal soil load	kN/m ²
Pv,r;n	Reduced neutral soil load	kN/m ²
kv;top	Vertical modulus of subgrade reaction upward	kN/m ³
kv;top,max	Maximum vertical modulus of subgrade reaction upward	kN/m ³
dv	Vertical displacement	mm
kv	Vertical modulus of subgrade reaction downward	kN/m ³
Pv,e	Vertical bearing capacity	kN/m ²
kh	Horizontal modulus of subgrade reaction	kN/m ³
Ph,e	Horizontal bearing capacity	kN/m ²
tmax	Maximal friction pipe-lubricant	kN/m ²
dmax	Displacement at maximal friction	mm

Vertical nr.	Pv;p [kN/m ²]	Pv;n [kN/m ²]	Ph;n [kN/m ²]	Pv,r;n [kN/m ²]	kv;top [kN/m ³]
1	0	0	0	0	0
2	45	31	23	31	7506
3	122	58	43	58	8596
4	221	79	59	79	10219
5	339	99	52	70	12383
6	405	116	58	79	12480
7	437	129	60	80	7564
8	747	141	58	78	2169
9	963	162	61	82	8102
10	1035	182	64	87	13579
11	1315	200	65	87	14701
12	1401	218	66	89	14749
13	697	235	69	93	15723
14	729	252	69	93	11919
15	2041	265	63	85	7219
16	2205	282	66	89	8704
17	2325	291	70	95	15195
18	2453	303	72	97	24233
19	2580	316	54	73	29573
20	2715	332	44	60	31663
21	2501	343	39	52	33250
22	2553	354	34	46	33600
23	2909	364	31	42	33533
24	2996	374	29	39	34358
25	3076	384	28	37	35200
26	3144	392	27	36	36328
27	3204	400	26	36	38024
28	3256	407	26	35	39483
29	3301	413	26	35	40091
30	3340	419	26	35	40581
31	3372	424	25	34	40968
32	3399	428	25	34	41267
33	3420	432	25	34	41488
34	3436	434	25	34	41643
35	3446	436	25	34	41737
36	3452	438	25	34	41779
37	3453	438	25	34	41774
38	3441	437	25	34	41638
39	3423	434	25	34	41427
40	3405	431	25	34	41201
41	3386	428	25	34	40956

Vertical nr.	Pv;p [kN/m ²]	Pv;n [kN/m ²]	Ph;n [kN/m ²]	Pv;r;n [kN/m ²]	kv;top [kN/m ³]
42	3367	425	25	34	40691
43	3367	425	25	34	40583
44	3379	428	25	34	40570
45	3390	430	25	34	40556
46	3402	432	25	34	40542
47	3413	434	25	34	40528
48	3425	437	25	34	40513
49	3437	439	25	34	40498
50	3448	441	25	34	40482
51	3460	443	25	34	40465
52	3470	445	25	34	40449
53	3467	445	25	34	40431
54	3465	444	25	34	40413
55	3465	443	25	34	40462
56	3468	442	26	34	40552
57	3471	442	26	34	40651
58	3475	441	26	35	40761
59	3480	440	26	35	40884
60	3486	439	26	35	41022
61	3493	439	26	35	41179
62	3501	438	26	35	41357
63	3506	437	26	35	41457
64	3497	437	26	35	41298
65	3488	436	26	35	41142
66	3490	436	26	35	41259
67	3499	438	26	35	41514
68	3508	440	26	35	41744
69	1219	185	25	33	41952
70	1220	185	25	33	42142
71	1220	186	25	33	42315
72	1221	186	25	33	42474
73	1058	173	25	33	42621
74	883	157	24	33	42756
75	856	154	24	33	42881
76	856	154	24	33	42998
77	856	154	24	33	43106
78	856	154	24	33	43168
79	856	154	24	33	43219
80	856	154	24	33	43285
81	856	154	24	33	43373
82	856	154	24	33	43497
83	856	154	24	33	43849
84	856	154	24	33	44214
85	856	154	25	33	44566
86	856	154	25	34	44905
87	856	154	25	34	45233
88	856	154	25	34	45549
89	856	154	25	33	45458
90	856	154	24	33	44851
91	856	154	24	33	44318
92	856	154	24	33	43848
93	856	154	24	33	43429
94	856	154	24	33	43054
95	856	154	24	33	42716
96	856	154	24	33	42461
97	856	154	24	33	42701
98	856	154	24	33	42967
99	856	154	24	33	43264
100	856	154	24	33	43597
101	856	154	24	33	43972
102	856	154	24	33	44399
103	856	154	24	33	44889
104	856	154	25	34	45394
105	856	154	25	33	45096

Vertical nr.	Pv;p [kN/m ²]	Pv;n [kN/m ²]	Ph;n [kN/m ²]	Pv;r;n [kN/m ²]	kv;top [kN/m ³]
106	856	154	24	33	44815
107	856	154	24	33	44549
108	854	154	24	33	44271
109	845	153	24	33	43913
110	830	152	24	33	43476
111	807	150	24	33	42968
112	778	147	24	33	42391
113	742	143	24	33	41753
114	701	138	24	33	41056
115	654	133	24	33	40414
116	603	127	24	33	39696
117	548	121	24	32	38538
118	490	114	24	32	37329
119	431	105	24	32	36322
120	370	97	23	31	35693
121	309	87	23	31	34796
122	250	77	22	30	33560
123	303	86	23	31	33170
124	374	96	24	32	32737
125	442	103	25	34	30616
126	1045	161	39	52	27446
127	1972	225	57	77	18255
128	2237	283	66	89	9709
129	2075	268	61	83	2128
130	719	247	66	89	4174
131	696	235	68	91	8889
132	667	220	69	93	13525
133	1352	208	66	89	15066
134	1264	189	64	87	12478
135	1101	176	65	88	9992
136	916	162	65	88	9856
137	473	144	66	89	12328
138	535	125	59	80	9142
139	380	105	54	73	7191
140	249	85	63	85	6721
141	144	64	47	64	6721
142	57	37	27	37	6721
143	0	0	0	0	0

Vertical nr.	dv [mm]	kv [kN/m ³]	Pv;e [kN/m ²]	kh [kN/m ³]	Ph;e [kN/m ²]	tmax [kN/m ²]	dmax [mm]
1	0	9673	188	6771	0	0,05	8
2	0	11813	1343	8269	116	0,05	8
3	0	13588	2163	9512	291	0,05	8
4	0	8875	2934	6212	486	0,05	8
5	0	3398	1759	2378	666	0,05	8
6	0	6806	1556	4764	405	0,05	8
7	0	12573	2282	8801	437	0,05	8
8	0	14554	5132	10188	1003	0,05	8
9	0	14603	4703	10222	1124	0,05	8
10	0	15321	6323	10724	1035	0,05	8
11	0	9947	7203	6963	1315	0,05	8
12	0	8455	5258	5918	1401	0,05	8
13	0	14323	3901	10026	697	0,05	8
14	0	23839	9976	16687	729	0,05	8
15	0	30152	17108	21106	2041	0,05	8
16	0	32547	18183	22783	2205	0,05	8
17	0	33230	18789	23261	2325	0,05	8
18	0	33215	19534	23250	2453	0,05	8
19	0	34065	16764	23846	2580	0,05	8
20	0	35078	15822	24554	2715	0,05	8
21	0	37128	18712	25990	2501	0,05	8
22	0	39348	22060	27544	2553	0,05	8
23	0	40945	23420	28661	2909	0,05	8

Vertical nr.	dv [mm]	kv [kN/m ³]	Pv;e [kN/m ²]	kh [kN/m ³]	Ph;e [kN/m ²]	tmax [kN/m ²]	dmax [mm]
24	0	42221	24048	29555	2996	0,05	8
25	0	43334	24631	30334	3076	0,05	8
26	0	44043	25168	30830	3144	0,05	8
27	0	44601	25661	31221	3204	0,05	8
28	0	45031	26107	31521	3256	0,05	8
29	0	45353	26508	31747	3301	0,05	8
30	0	45584	26864	31909	3340	0,05	8
31	0	45737	27175	32016	3372	0,05	8
32	0	45822	27441	32075	3399	0,05	8
33	0	45848	27661	32093	3420	0,05	8
34	0	45822	27837	32075	3436	0,05	8
35	0	45750	27967	32025	3446	0,05	8
36	0	45639	28053	31947	3452	0,05	8
37	0	45491	28093	31844	3453	0,05	8
38	0	45386	27983	31770	3441	0,05	8
39	0	45314	27799	31720	3423	0,05	8
40	0	45236	27616	31665	3405	0,05	8
41	0	45151	27433	31606	3386	0,05	8
42	0	45060	27250	31542	3367	0,05	8
43	0	45058	27276	31541	3367	0,05	8
44	0	45109	27417	31576	3379	0,05	8
45	0	45162	27559	31613	3390	0,05	8
46	0	45216	27700	31651	3402	0,05	8
47	0	45271	27842	31690	3413	0,05	8
48	0	45329	27984	31730	3425	0,05	8
49	0	45388	28125	31772	3437	0,05	8
50	0	45449	28267	31814	3448	0,05	8
51	0	45512	28408	31858	3460	0,05	8
52	0	45577	28535	31904	3470	0,05	8
53	0	45644	28488	31951	3467	0,05	8
54	0	45713	28441	31999	3465	0,05	8
55	0	45960	28394	32172	3465	0,05	8
56	0	46325	28347	32428	3468	0,05	8
57	0	46727	28301	32709	3471	0,05	8
58	0	47175	28254	33022	3475	0,05	8
59	0	45568	28207	31898	3480	0,05	8
60	0	40998	28160	28698	3486	0,05	8
61	0	36437	28113	25506	3493	0,05	8
62	0	31832	28067	22283	3501	0,05	8
63	0	28889	28020	20222	3506	0,05	8
64	0	30124	27973	21087	3497	0,05	8
65	0	31356	27926	21949	3488	0,05	8
66	0	32625	27970	22837	3490	0,05	8
67	0	33955	28067	23769	3499	0,05	8
68	0	35250	28165	24675	3508	0,05	8
69	0	36546	12101	25582	1895	0,05	8
70	0	37847	12106	26493	1896	0,05	8
71	0	39149	12111	27404	1897	0,05	8
72	0	40455	12116	28318	1898	0,05	8
73	0	41763	11329	29234	1781	0,05	8
74	0	43074	10310	30151	1625	0,05	8
75	0	44388	10143	31071	1599	0,05	8
76	0	45703	10143	31992	1599	0,05	8
77	0	47022	10143	32915	1599	0,05	8
78	0	43438	10143	30407	1601	0,05	8
79	0	37438	10143	26207	1604	0,05	8
80	0	31410	10143	21987	1608	0,05	8
81	0	25407	6925	17785	1614	0,05	8
82	0	19381	4577	13567	1621	0,05	8
83	0	20593	4085	14415	1624	0,05	8
84	0	20762	3789	14533	1626	0,05	8
85	0	20924	4287	14647	1628	0,05	8
86	0	21940	4742	15358	1630	0,05	8
87	0	23334	5312	16334	1632	0,05	8

Vertical nr.	dv [mm]	kv [kN/m ³]	Pv;e [kN/m ²]	kh [kN/m ³]	Ph;e [kN/m ²]	tmax [kN/m ²]	dmax [mm]
88	0	24027	5607	16819	1634	0,05	8
89	0	24027	5607	16819	1632	0,05	8
90	0	26315	6271	18421	1625	0,05	8
91	0	29672	7350	20770	1619	0,05	8
92	0	32958	9013	23070	1614	0,05	8
93	0	36224	10143	25357	1609	0,05	8
94	0	39399	10143	27579	1604	0,05	8
95	0	42537	10143	29776	1600	0,05	8
96	0	45058	10143	31540	1597	0,05	8
97	0	42221	10143	29555	1600	0,05	8
98	0	39358	10143	27551	1604	0,05	8
99	0	36467	10143	25527	1608	0,05	8
100	0	33538	9449	23477	1612	0,05	8
101	0	30523	7658	21366	1617	0,05	8
102	0	27491	6631	19244	1622	0,05	8
103	0	24397	5711	17078	1628	0,05	8
104	0	24027	5607	16819	1635	0,05	8
105	0	24027	5607	16819	1631	0,05	8
106	0	24426	5719	17098	1628	0,05	8
107	0	25838	6129	18087	1625	0,05	8
108	0	27325	6573	19128	1620	0,05	8
109	0	29127	7115	20389	1608	0,05	8
110	0	31247	7799	21873	1587	0,05	8
111	0	33704	9321	23593	1558	0,05	8
112	0	36402	9643	25481	1522	0,05	8
113	0	39356	9408	27549	1477	0,05	8
114	0	42552	9128	29786	1424	0,05	8
115	0	45507	8803	31855	1363	0,05	8
116	0	46955	8433	32869	1294	0,05	8
117	0	46168	8017	32318	1215	0,05	8
118	0	45326	7557	31728	1126	0,05	8
119	0	44433	7051	31103	1027	0,05	8
120	0	43490	6499	30443	918	0,05	8
121	0	42501	5902	29751	799	0,05	8
122	0	41470	5260	29029	672	0,05	8
123	0	40395	5838	28277	782	0,05	8
124	0	38976	6205	27283	833	0,05	8
125	0	36988	5907	25892	1014	0,05	8
126	0	36001	9185	25201	1580	0,05	8
127	0	34622	14611	24236	1985	0,05	8
128	0	32804	18268	22963	2237	0,05	8
129	0	30962	17357	21674	2075	0,05	8
130	0	23883	9488	16718	719	0,05	8
131	0	12732	3892	8912	696	0,05	8
132	0	3185	3666	2230	667	0,05	8
133	0	2115	3475	1481	1352	0,05	8
134	0	7297	6833	5108	1264	0,05	8
135	0	12604	5771	8823	1101	0,05	8
136	0	15008	4612	10506	1033	0,05	8
137	0	11794	2776	8256	473	0,05	8
138	0	10344	3732	7241	836	0,05	8
139	0	10782	3834	7547	657	0,05	8
140	0	11069	3116	7748	477	0,05	8
141	0	8205	1791	5744	304	0,05	8
142	0	6852	1165	4796	139	0,05	8
143	0	6721	141	4705	1	0,05	8

Maximum soil load : Pv;n;max = 445 kN/m²
Maximum reduced soil load : Pv;r;n;max = 97 kN/m²
Maximum vertical modulus of subgrade reaction (without safety factor) kv;max = 47175 kN/m³
Maximum vertical modulus of subgrade reaction (with safety factor): kv;max = 95699 kN/m³

5 Data for Stress Analysis

5.1 General data

Pipeline diameter	:	Do = 1016,00 mm
Wall thickness	:	t = 16,0 mm
Unit weight pipeline material	:	gamma_s = 78,50 kN/m ³
Unit weight drilling fluid pullback operation	:	gamma_b = 11,10 kN/m ³
Minimum bending radius	:	Rmin = 1222 m
Bending radius on rollers	:	Rrol = 1400 m
Friction coefficient pipe/rollers	:	f1 = 0,10
Friction between pipe and drilling fluid	:	f2 = 0,000050 N/mm ²
Friction coefficient pipe / soil	:	f3 = 0,20
Maximal modulus of subgrade reaction	:	kv, max = 95699 kN/m ³

5.2 Buoyancy Control

The friction between soil and pipe is partially caused by buoyancy of the pipeline in the drilling fluid. Uplift forces resulting from buoyancy can be neutralized by filling the pipeline. The optimal volume of fluid placed in the pipe provides the most advantageous distribution of buoyant forces.

Buoyancy of the pipeline when filled with fluid for 0%

Uplift forces	:	900	[kg/m]
Weight of pipeline (including filling)	:	395	[kg/m]

Result	:	505	[kg/m] (Pipeline moves upwards)

5.3 Calculation Pulling Force

During the pullback operation the pipe experiences friction which is based on:

- friction between pipe and pipe-roller (f1 = 0,10)
- friction between pipe and drilling fluid (f2 = 0,000050 [N/mm²])
- friction between pipe and soil (f3 = 0,20)

Due to the friction a pulling force is induced in the pipeline.

The pulling direction of the product pipe is from right to left

This calculation takes into account that the length of the pipe on the rollers decreases while pulling back the pipeline. During the pull back operation the bore hole is supposed to be stable.

Characteristic points	Length pipe in bore hole (m)	Expected pulling force (kN)
T1	0	565
T2	45	606
T3	362	1151
T4	1066	1706
T5	1359	2273
T6	1433	2330

The calculated pulling force is the mean value. It is recommended to use a contingency factor of at least 1.4 for the stress analysis. In the subsequent pipe stress analysis a factor of 2,00 is used and a load factor of 1,10 (steel only).

The maximum representative pulling force is 20093 kN, calculation factor excluded. At this pulling force level the stresses in the pipeline are equal to the yield strength.

6 Stress Analysis of Pipe: 1016mm_wd16mm

6.1 Material Data of Pipe: 1016mm_wd16mm

The list with data and issues is shown hereafter:

Material pipeline	:	Steel FE360
Outer diameter	:	Do = 1016,00 mm
Wall thickness	:	t = 16,00 mm
Negative wall thickness tolerance	:	0,00 %
Design pressure	:	pd = 0,00 bar
Test pressure	:	pt = 0,00 bar
Temperature variation	:	dt = 0,00 deg Celcius
Length pipeline	:	L = 1433 m
Young's modulus	:	E = 205800 N/mm ²
Yield strength	:	Re = 350 N/mm ²
Partial material factor	:	gamma_m = 1,10
Partial material factor for test pressure	:	gamma_mtest = 1,00
Unit weight pipeline material	:	gamma_s = 78,50 kN/m ³
Contingency factor on bending radius	:	sf = 1,10
Bedding angle	:	beta = 120 degrees
Load angle	:	alpha = 180 degrees
Moment coefficient soil top (indirect)	:	kt' = 0,061
Moment coefficient soil bottom (indirect)	:	kb' = 0,083
Moment coefficient soil top (direct)	:	kt = 0,131
Moment coefficient soil bottom (direct)	:	kb = 0,138
Deflection coefficient (indirect)	:	ky' = 0,048
Deflection coefficient (direct)	:	ky = 0,089
Maximal vertical soil load	:	Pv;r;n;max = 97 kN/m ²
Maximal modulus of subgrade reaction	:	kv;max = 95699 kN/m ³
Load factor installation	:	f_install = 1,10
Load factor on soil load Qn	:	f_Qn1 = 1,50
Load factor on design pressure	:	f_pd = 1,25
Load factor on design pressure (combination)	:	f_pd;comb = 1,15
Load factor on test pressure	:	f_pt = 1,10
Load factor on temperature	:	f_temp = 1,10
Contingency factor on bending moment	:	f_M = 1,15
Contingency factor on bending radius	:	f_R = 1,10
Contingency factor on soil load Qn	:	f_Qn2 = 1,10
Contingency factor on modulus of subgrade reaction	:	f_kv = 1,60
Overall safety factor on moment (contribution of 3 factors)	:	f_k = f_M * f_install / f_R = 1,15
Linear settlement coefficient	:	alpha_g = 1,17E-5 mm/mmK

6.2 Results Stress Analysis of Pipe: 1016mm_wd16mm

In the calculation 5 load combinations are considered:

- Load combination 1A: start pull-back operation
- Load combination 1B: end of pull-back operation
- Load combination 2: application internal pressure
- Load combination 3: pipeline in operation, no inner pressure
- Load combination 4: pipeline in operation, pressure applied

The nominal wall thickness is 16,0 mm. The calculation hereafter will prove that the pipeline wall thickness is sufficient. The calculations are in accordance with NEN 3650 and NEN 3651.

6.2.1 Load Combination 1A: Start Pullback Operation

Axial stress:

$\sigma_b = M_b/W_b = f_k \cdot E \cdot I_b / (R_{rol} \cdot W_b)$	=	86	[N/mm ²]
$\sigma_t = f_{pull} \cdot T1/A$	=	25	[N/mm ²]
Maximum axial stress $\sigma_{a,max}$	=	111	[N/mm ²]

In this load combination the tangential stress is negligible.

6.2.2 Load Combination 1B: End Pullback Operation

Axial stress:

$$\sigma_b = M_b/W_b = f_k \cdot E \cdot I_b / (R_{min} \cdot W_b) = 98 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_t = f_{pull} \cdot T_{max}/A = 102 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Maximum axial stress } \sigma_{a,max} = 200 \text{ N/mm}^2$$

Tangential stress:

Load q_r on pipeline due to reaction of soil in bends (according to NEN 3650-1 annex 5 D3.3):

$$q_r = k_v \cdot Y = (0.322 \cdot \lambda^2 \cdot E \cdot I) / (f_R \cdot D_o \cdot R)$$

$$\lambda = (k_v \cdot D_o / (4 \cdot E \cdot I))^{0.25} = 3,7E-4 \text{ mm}^{-1}$$

$$q_r = 0,05067 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{qr} = k' \cdot q_r \cdot (r_g/W_w) \cdot D_o = 50 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Maximum tangential stress } \sigma_{t,max} = 50 \text{ N/mm}^2$$

6.2.3 Load Combination 2: Application Internal Pressure

Due to internal pressure :

$$\sigma_{py} = p_d \cdot (D_o - t) / (2 \cdot t) = 0 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{px} = 0.5 \cdot \sigma_{py} = 0 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{ptest} = s_f \cdot p_t \cdot (D_o - t) / (2 \cdot t) = 0 \text{ N/mm}^2$$

6.2.4 Load Combination 3: In Operation (Situation without Pressure)

Axial stress:

$$\sigma_b = M_b/W_b = f_k \cdot E \cdot I_b / (R_{rol} \cdot W_b) = 98 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Maximum axial stress } \sigma_{a,max} = 98 \text{ N/mm}^2$$

Tangential stress:

$$\sigma_{qr} = k' \cdot q_r \cdot (r_g/W_w) \cdot D_o = 50 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{qn} = k \cdot q_n \cdot (r_g/W_w) \cdot D_o = 262 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Maximum tangential stress } \sigma_{t,max} = 312 \text{ N/mm}^2$$

6.2.5 Load Combination 4: In Operation (with Internal Pressure)

Axial stress:

$$\sigma_b = M_b/W_b = f_k \cdot E \cdot I_b / (R_{rol} \cdot W_b) = 98 \text{ N/mm}^2$$

Due to internal pressure :

$$\sigma_{py} = p_d \cdot (D_o - t) / (2 \cdot t) = 0 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{px} = 0.5 \cdot \sigma_{py} = 0 \text{ N/mm}^2$$

$\sigma_{ptest} = sf \cdot pt \cdot (D_o - t) / (2 \cdot t)$	=	0	N/mm ²
$\sigma_{Temp} = dt \cdot \gamma_t \cdot \alpha_g \cdot E$	=	0	N/mm ²
Maximum axial stress $\sigma_{a,max}$	=	98	N/mm ²
Tangential stress:			
$\sigma_{qr} = k' \cdot q_r \cdot (r_g / W_w) \cdot D_o$	=	50	N/mm ²
$\sigma_{qn} = k \cdot q_n \cdot (r_g / W_w) \cdot D_o$	=	262	N/mm ²
Rerounding factor F_{rr}	=	1,000	
Rerounding factor F'_{rr}	=	1,000	
$\sigma_{t,max} = \sigma_{py} + ((F'_{rr} \cdot \sigma_{qr}) + (F_{rr} \cdot \sigma_{qn}))$			
Maximum tangential stress $\sigma_{t,max}$	=	312	N/mm ²

6.3 Check on Calculated Stresses of Pipe: 1016mm_wd16mm

According to NEN 3650-2 art.5 D.3.1 the calculated stresses for the load combinations, must meet the following conditions (note: $R_e = 350$ [N/mm²]) :

Load combination 1

$$\sigma_v \leq R_e / \gamma_m$$

Load combination 2

$$\sigma_{ptest} \leq R_e / \gamma_{test}$$

$$\sigma_{py} \leq R_e / \gamma_m$$

$$\sigma_{pm} \leq 1.1 \cdot R_e / \gamma_m$$

Load combinations 3 and 4

$$\sigma_{vmax} \leq 0.85(R_e + R_{e,20deg}) / \gamma_m$$

All stresses in all conditions are allowable.

	Max allowable stress [N/mm ²]	Load combination1A	Load combination1B	Load combination2	Load combination3	Load combination4
σ_v	318,18	111	230	-	-	-
σ_{ptest}	350,00	-	-	0	-	-
σ_{py}	318,18	-	-	0	-	-
σ_{pm}	350,00	-	-	0	-	-
σ_{vmax}	540,91	-	-	-	371	371

Stresses in pipeline [N/mm²]

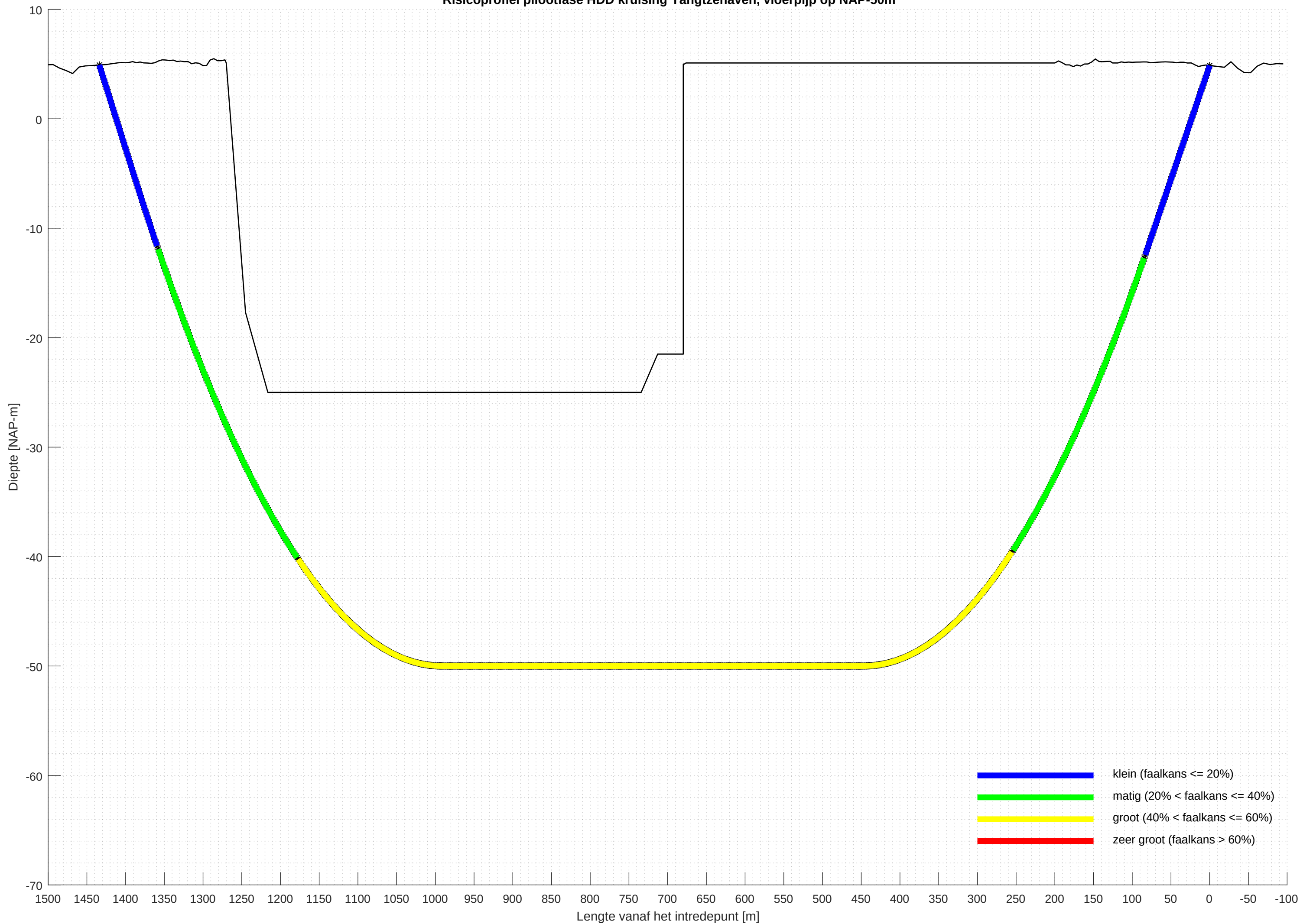
The deflection of the pipeline is 17,6 mm (1,73% x D_o). The maximum allowable deflection of the pipeline is 152,4 mm (15,00% x D_o). The deflection is allowable.

For piggability the maximum allowable deflection of the pipeline is 50,8 mm (5,00% x D_o). The deflection is allowable.

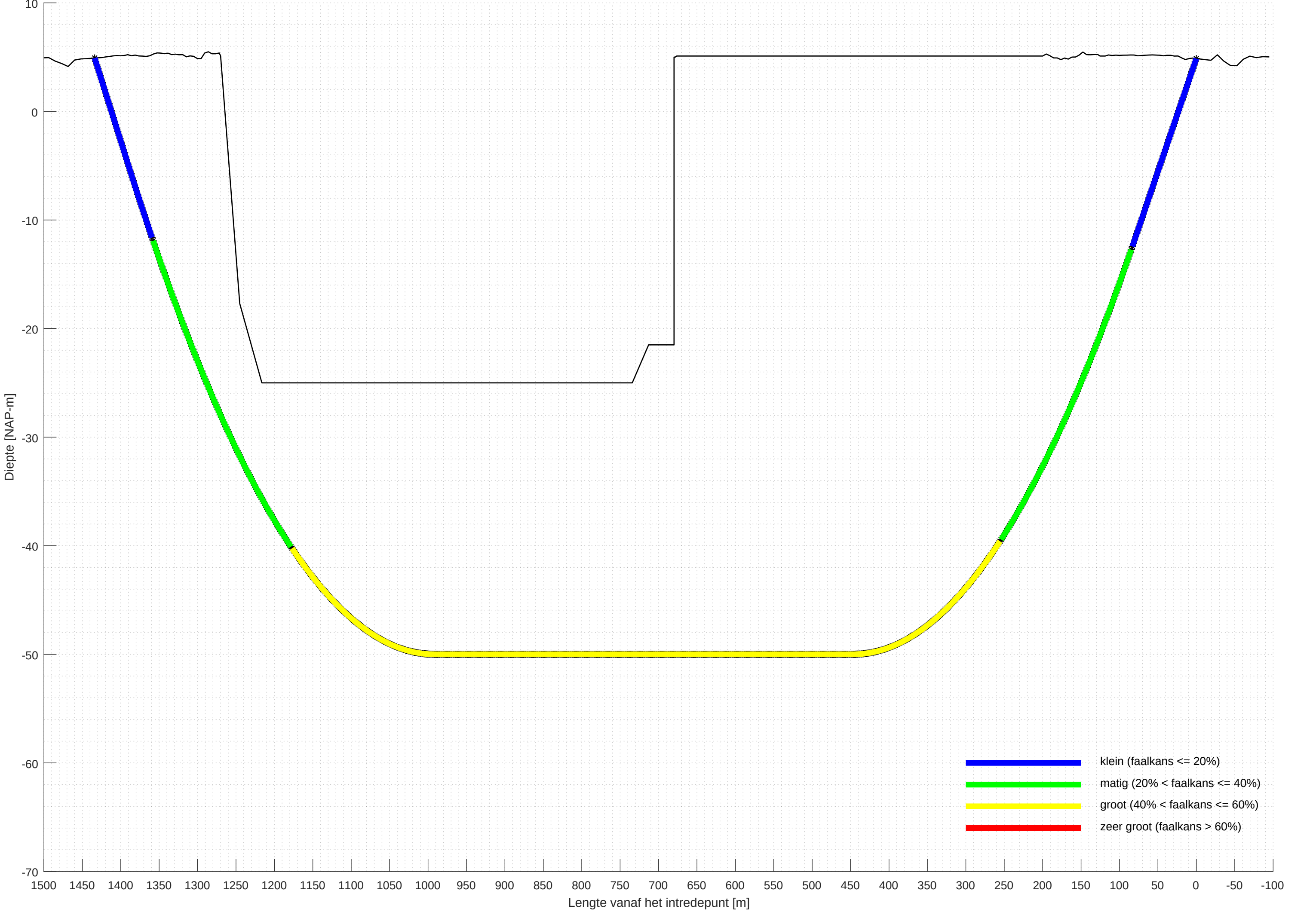
End of Report

C Risico's HDD uitvoering met vloerpijp op NAP-50m

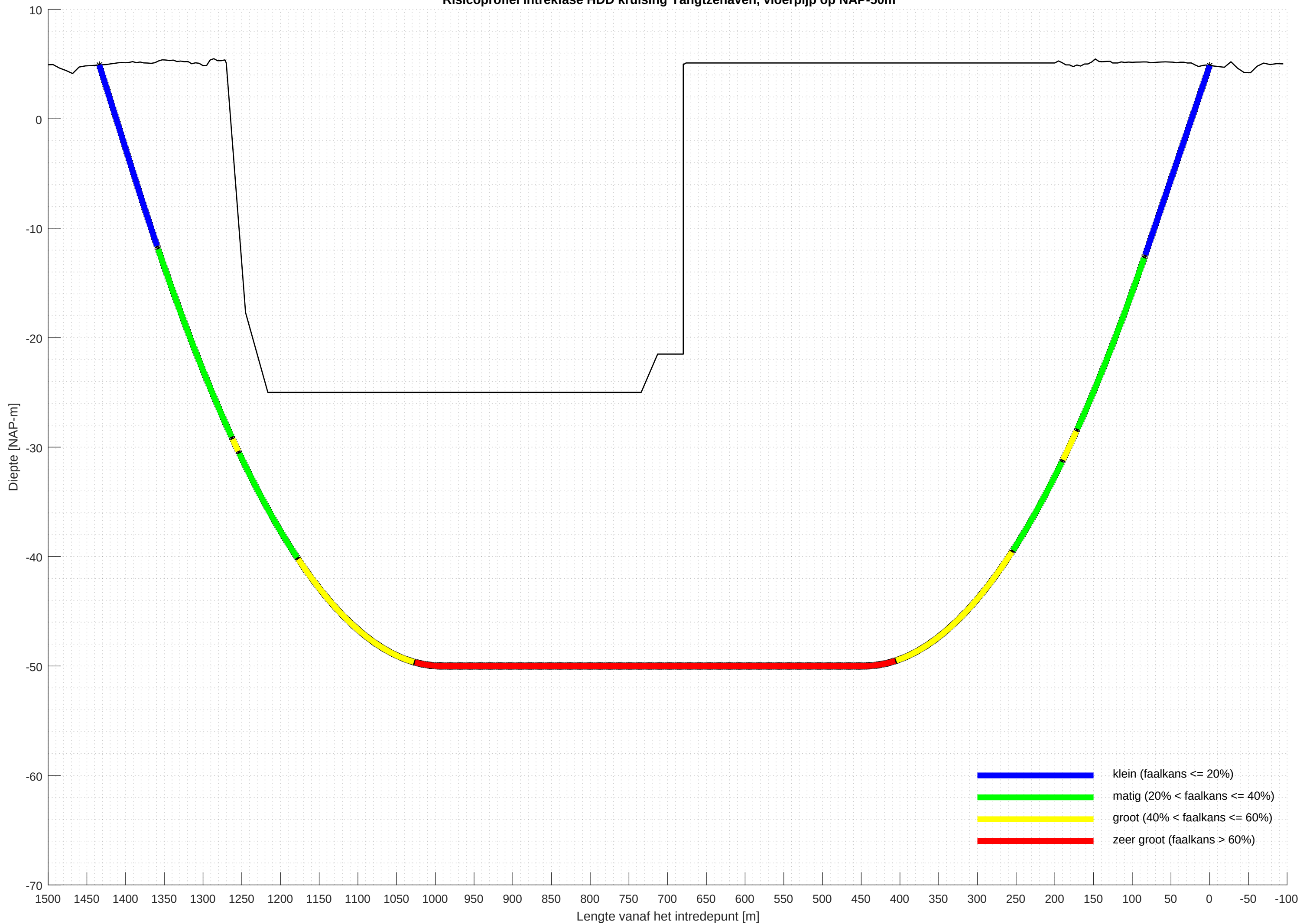
Risicoprofiel pilootfase HDD kruising Yangtzehaven, vloerpijp op NAP-50m



Risicoprofiel ruimenfase HDD kruising Yangtzehaven, vloerpijp op NAP-50m

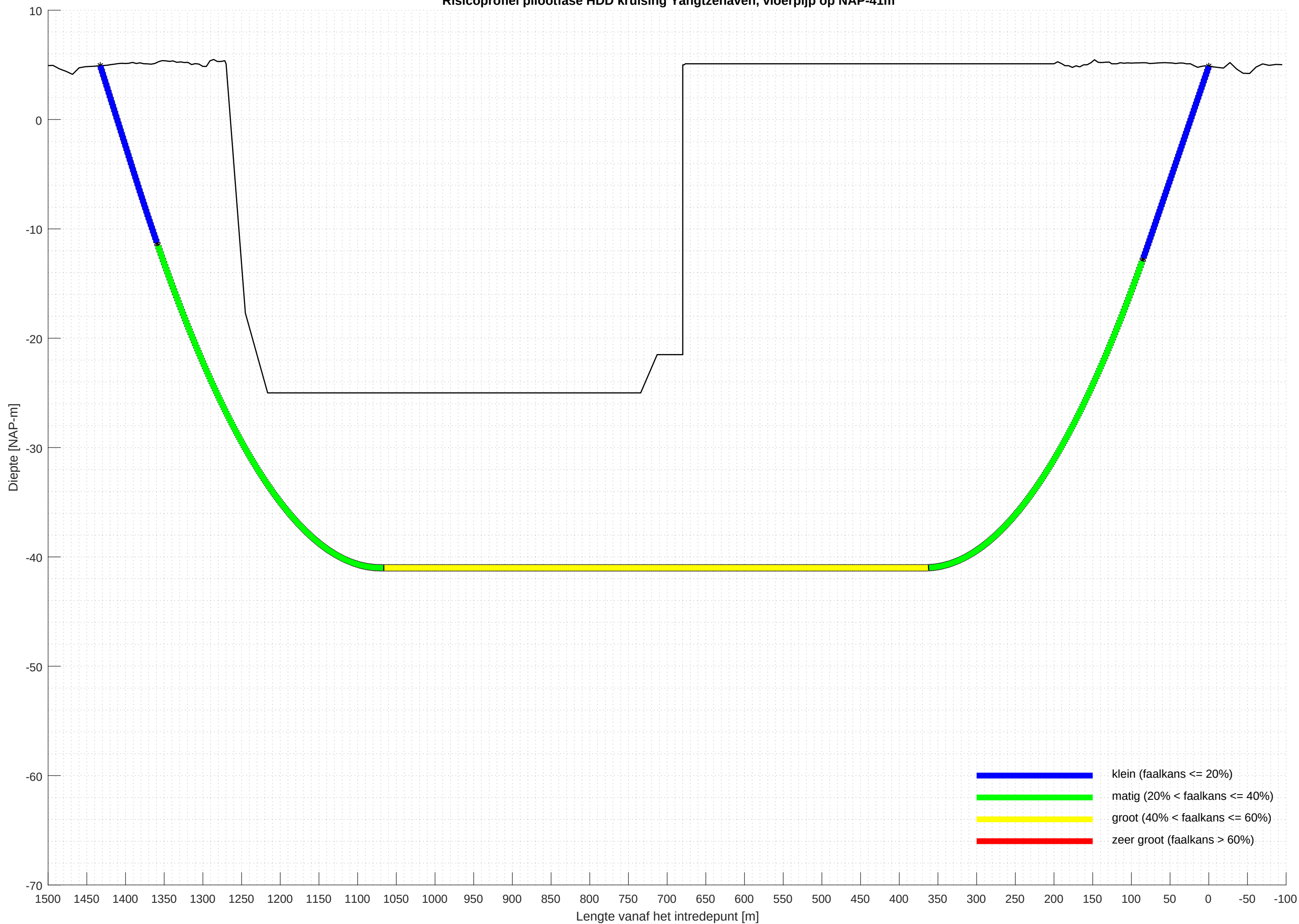


Risicoprofiel intrekfase HDD kruising Yangtzehaven, vloerpijp op NAP-50m

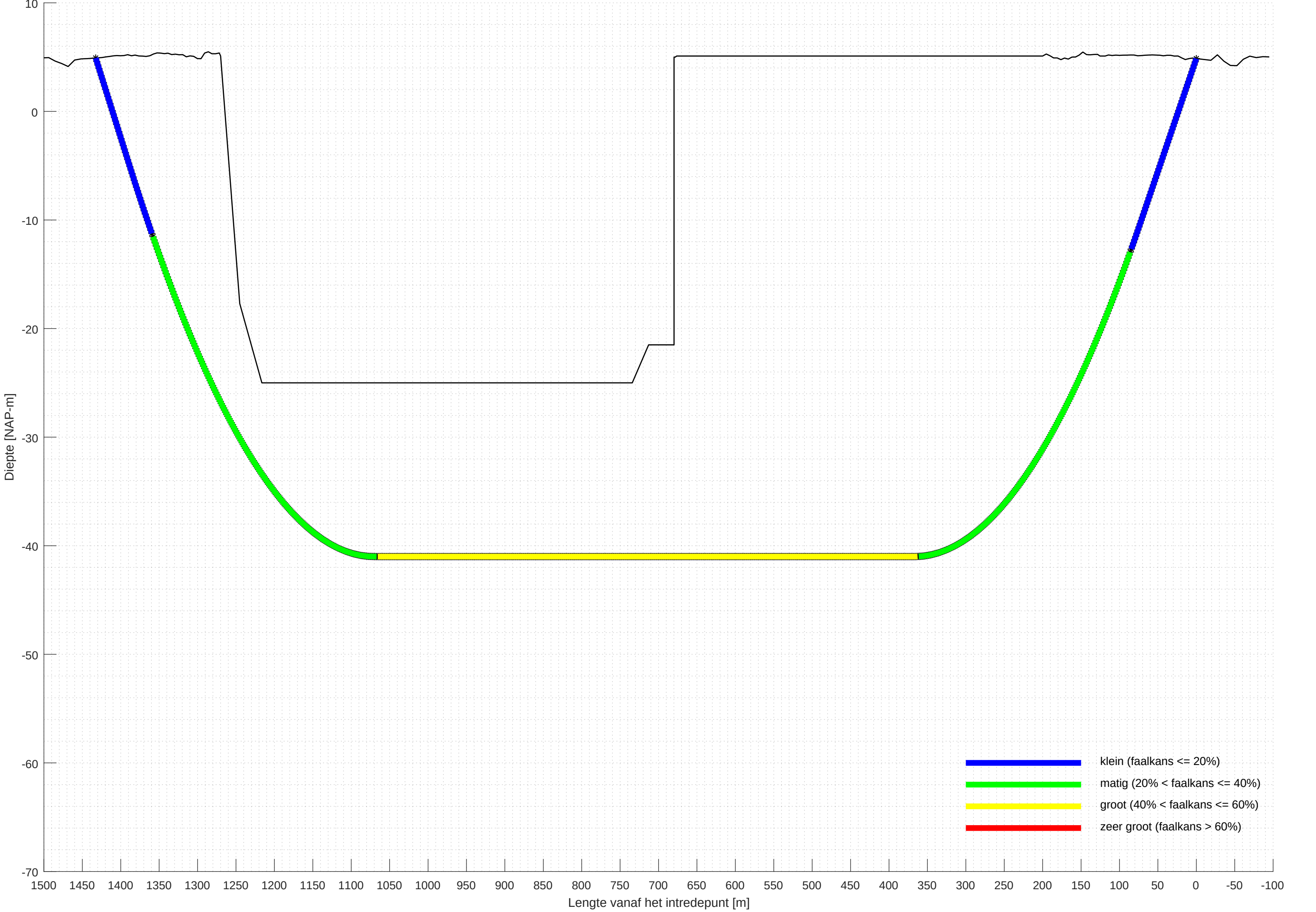


D Risico's HDD uitvoering met vloerpijp op NAP-41m

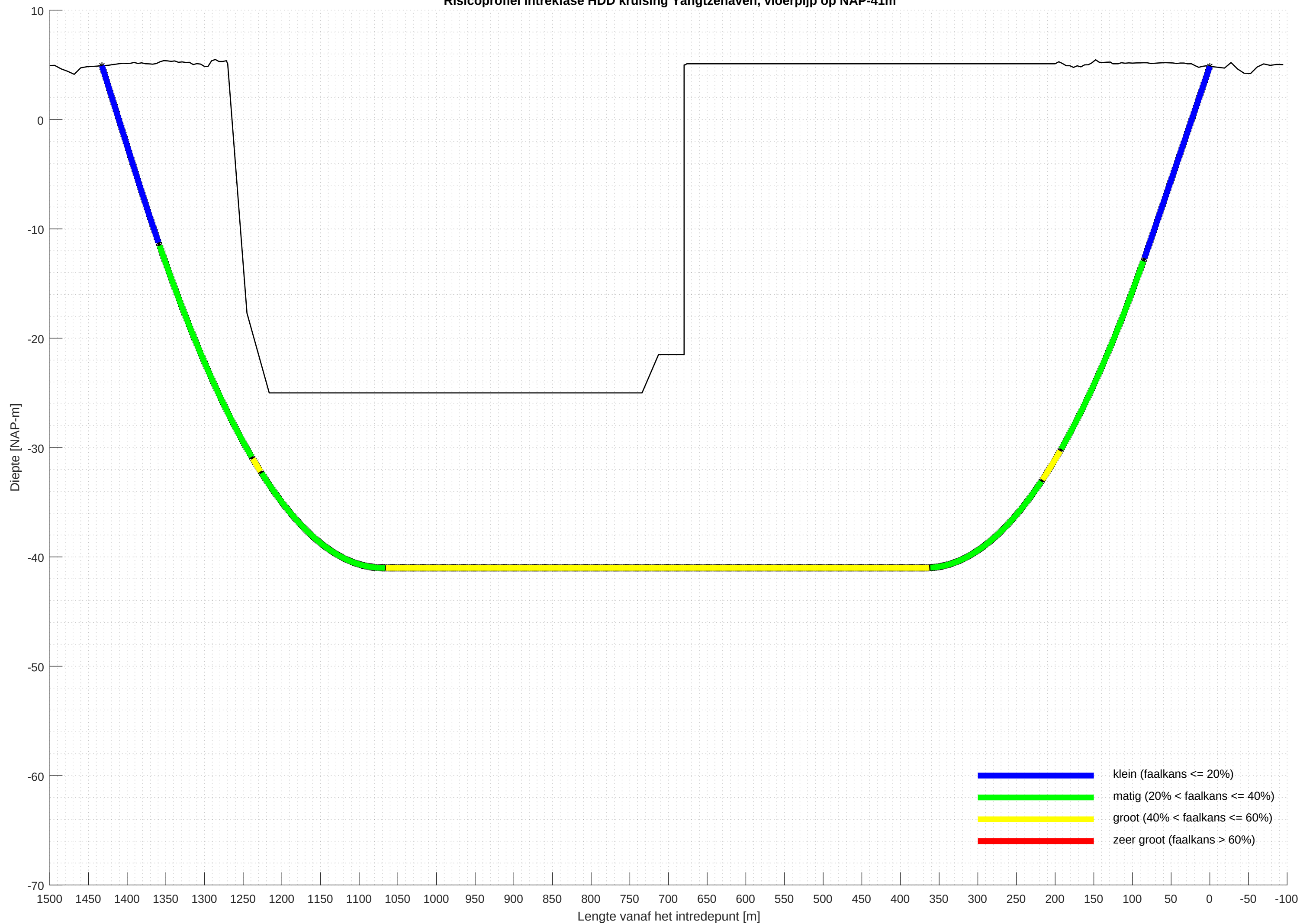
Risicoprofiel pilootfase HDD kruising Yangtzehaven, vloerpijp op NAP-41m



Risicoprofiel ruimenfase HDD kruising Yangtzehaven, vloerpijp op NAP-41m

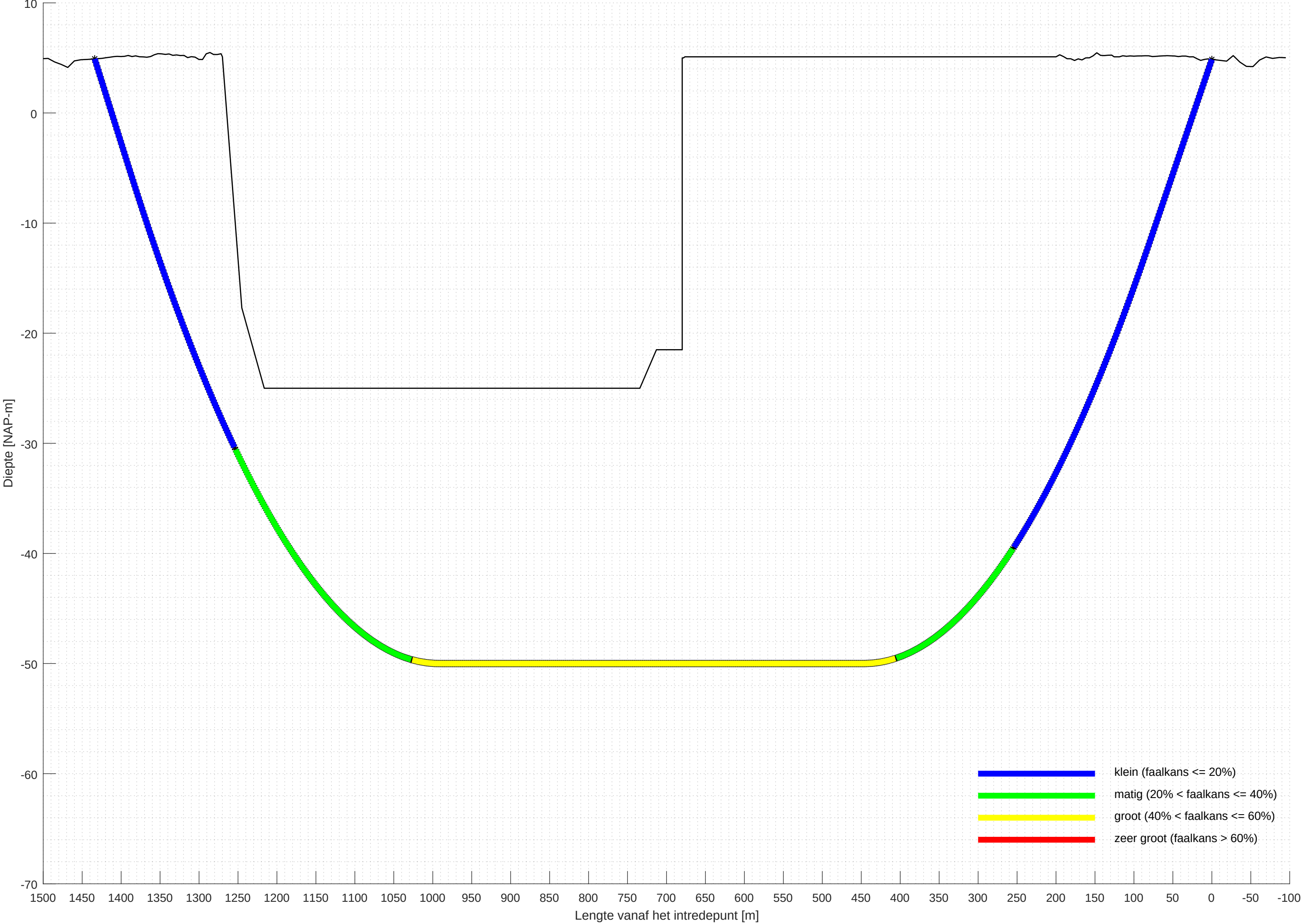


Risicoprofiel intrekfase HDD kruising Yangtzehaven, vloerpijp op NAP-41m

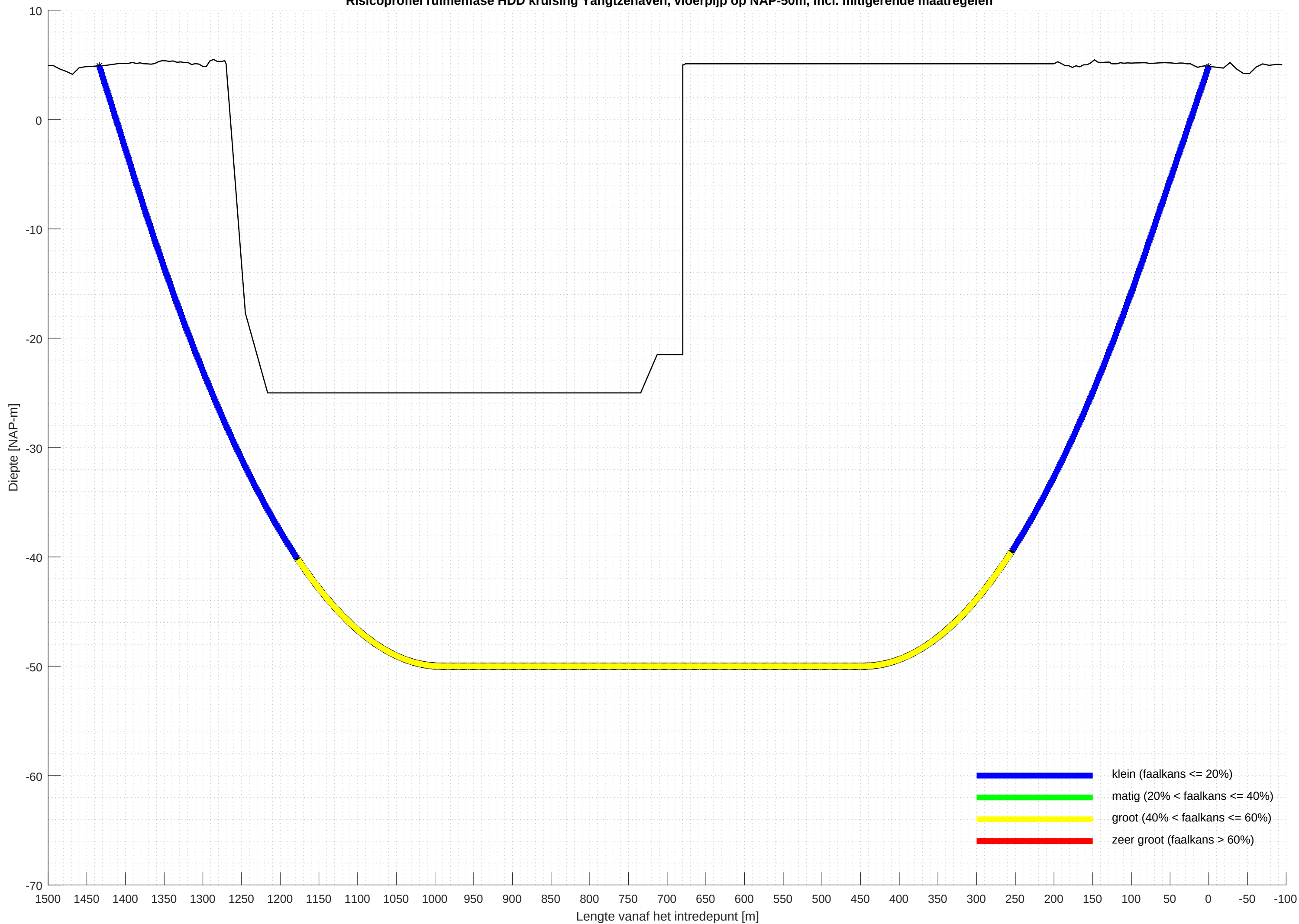


E Risico's HDD uitvoering inclusief mitigerende maatregelen met vloerpijp op NAP-50m

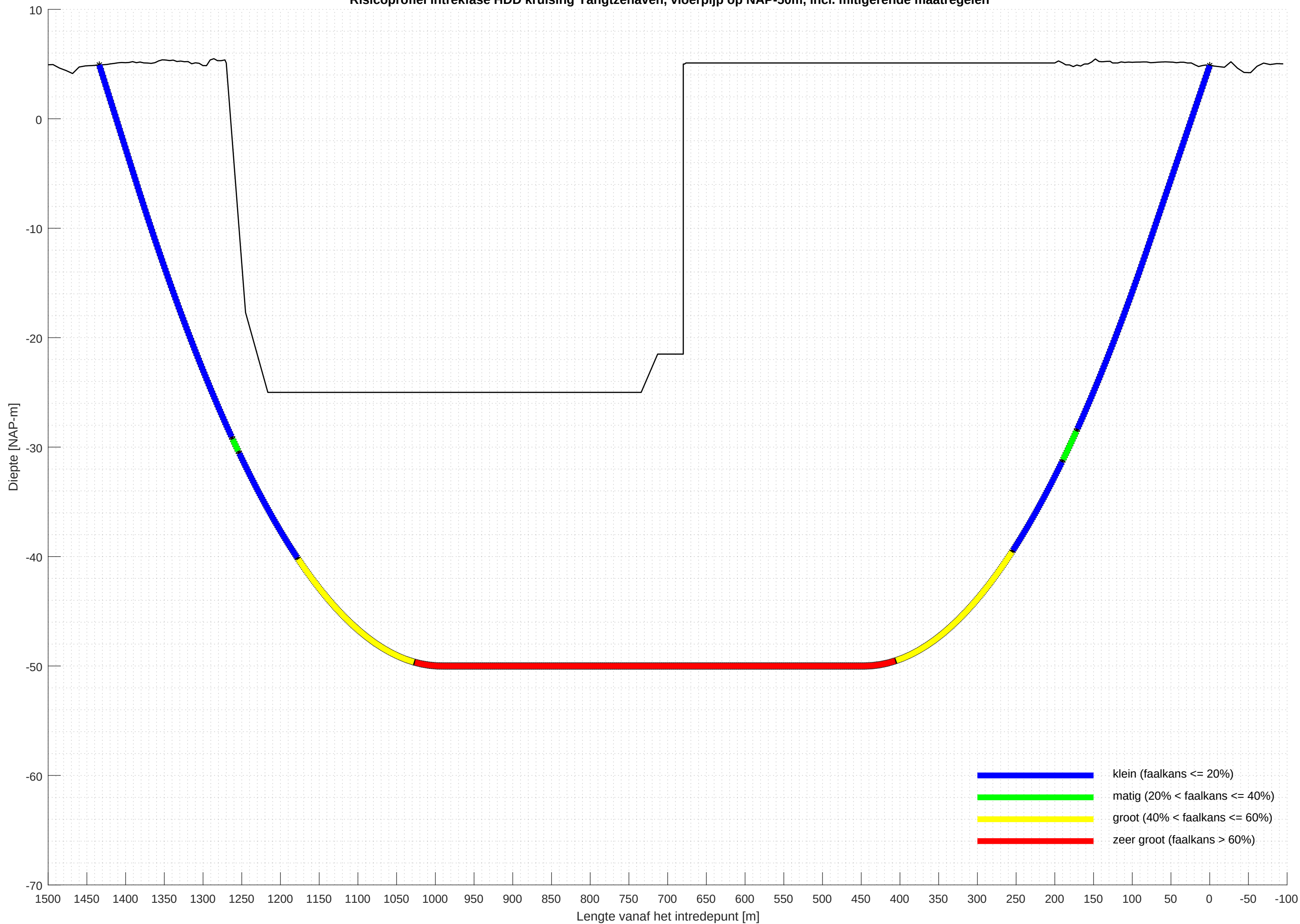
Risicoprofiel pilootfase HDD kruising Yangtzehaven, vloerpijp op NAP-50m, incl. mitigerende maatregelen



Risicoprofiel ruimenfase HDD kruising Yangtzehaven, vloerpijp op NAP-50m, incl. mitigerende maatregelen

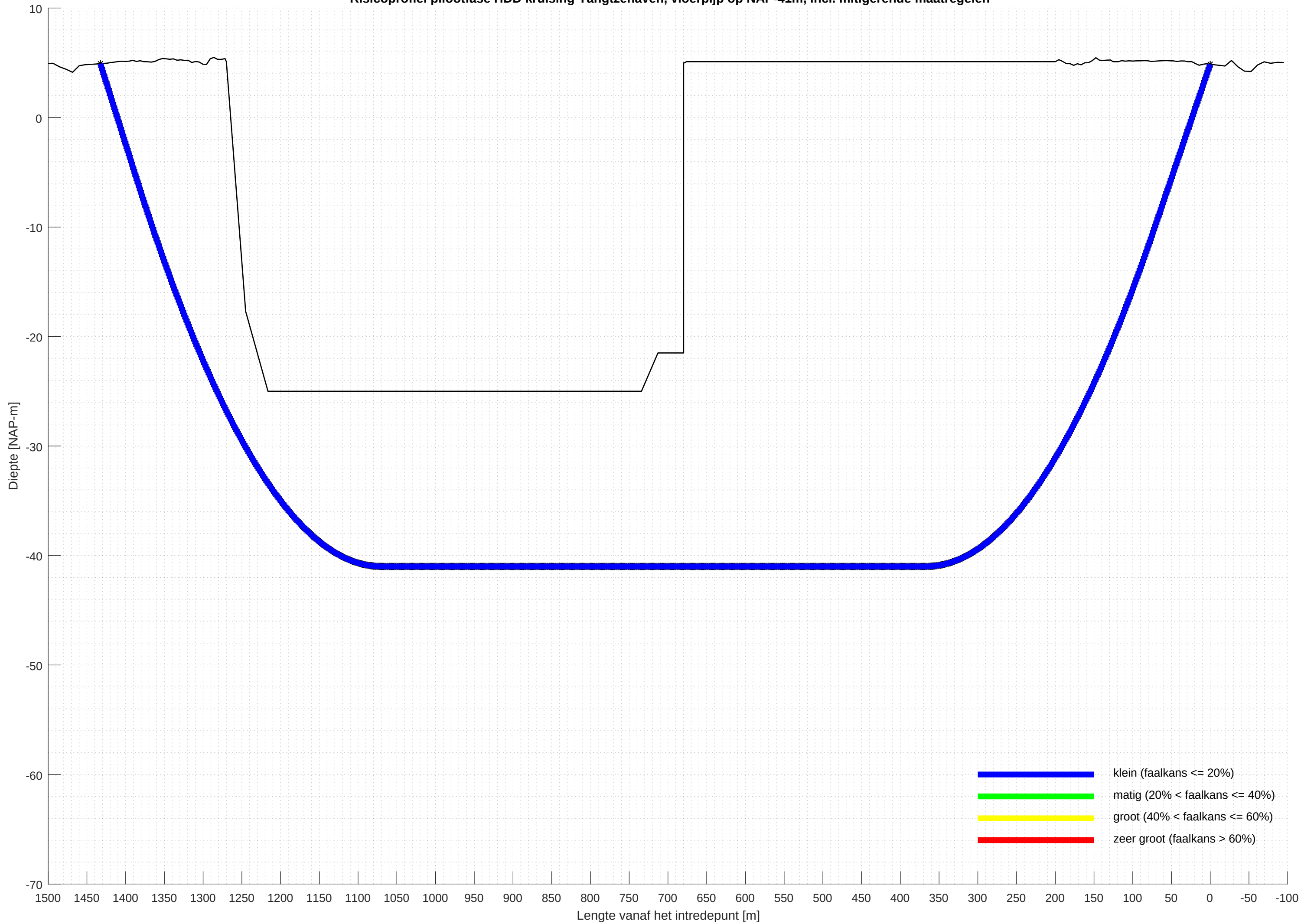


Risicoprofiel intrekfase HDD kruising Yangtzehaven, vloerpijp op NAP-50m, incl. mitigerende maatregelen

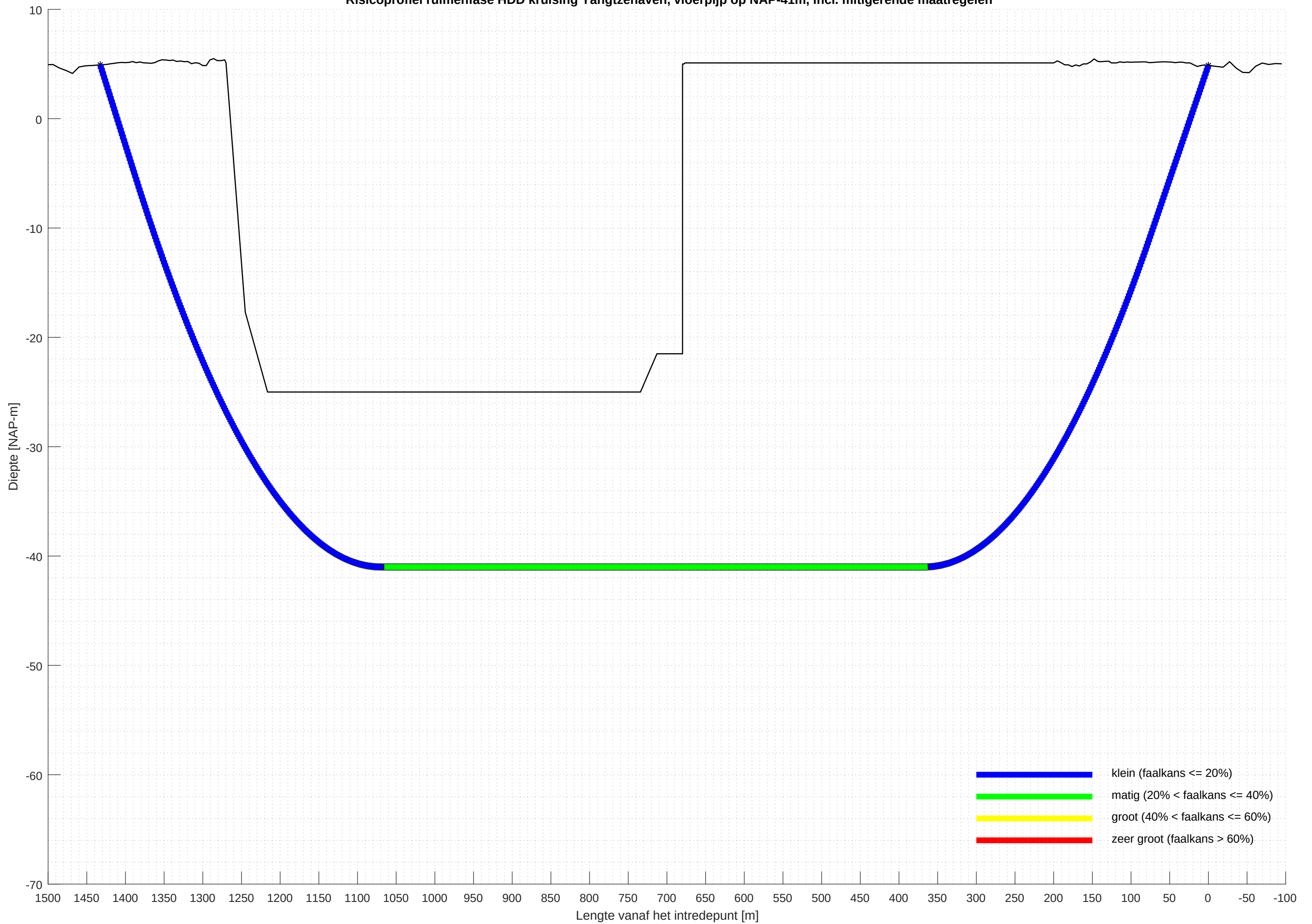


F Risico's HDD uitvoering inclusief mitigerende maatregelen met vloerpijp op NAP-41m

Risicoprofiel pilootfase HDD kruising Yangtzehaven, vloerpijp op NAP-41m, incl. mitigerende maatregelen



Risicoprofiel ruimenfase HDD kruising Yangtzehaven, vloerpijp op NAP-41m, incl. mitigerende maatregelen



Risicoprofiel intrekfase HDD kruising Yangtzehaven, vloerpijp op NAP-41m, incl. mitigerende maatregelen

