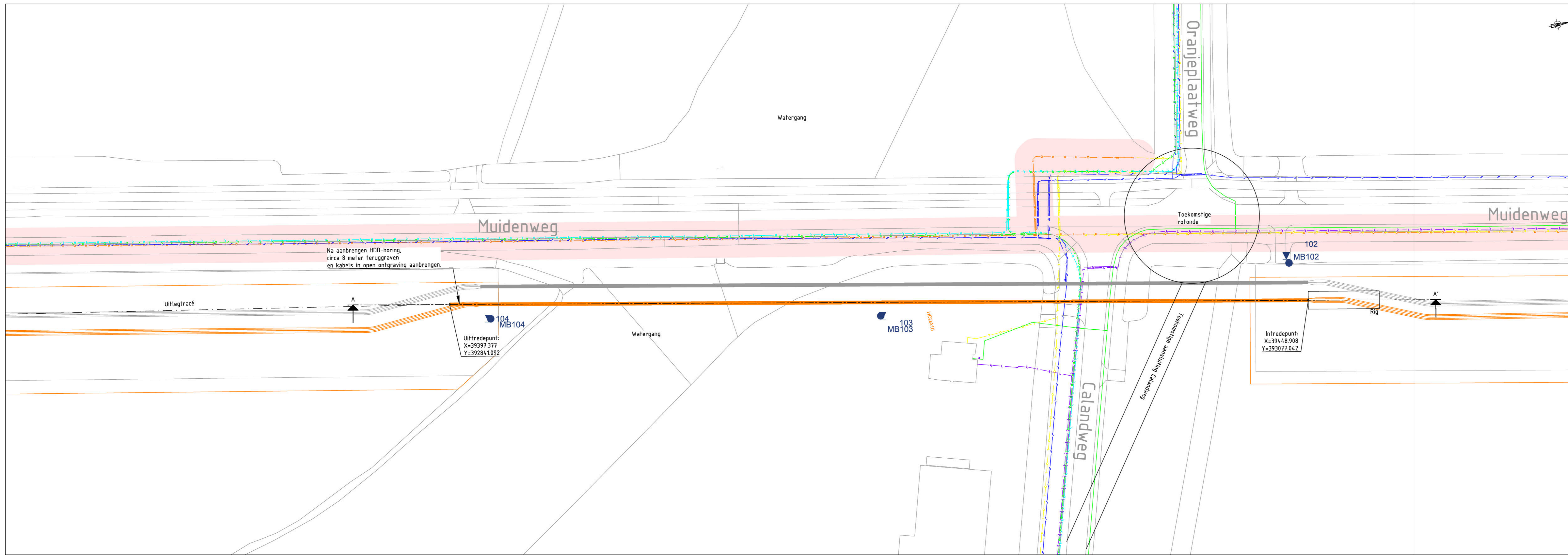


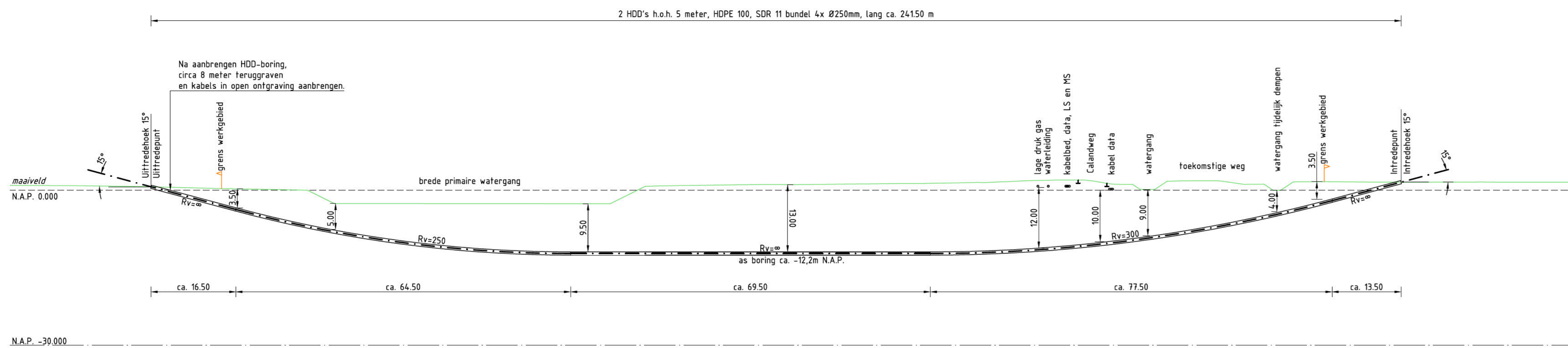
Net op Zee – Nederwiek 1

Aanvraag watervergunning Waterschap Scheldestromen

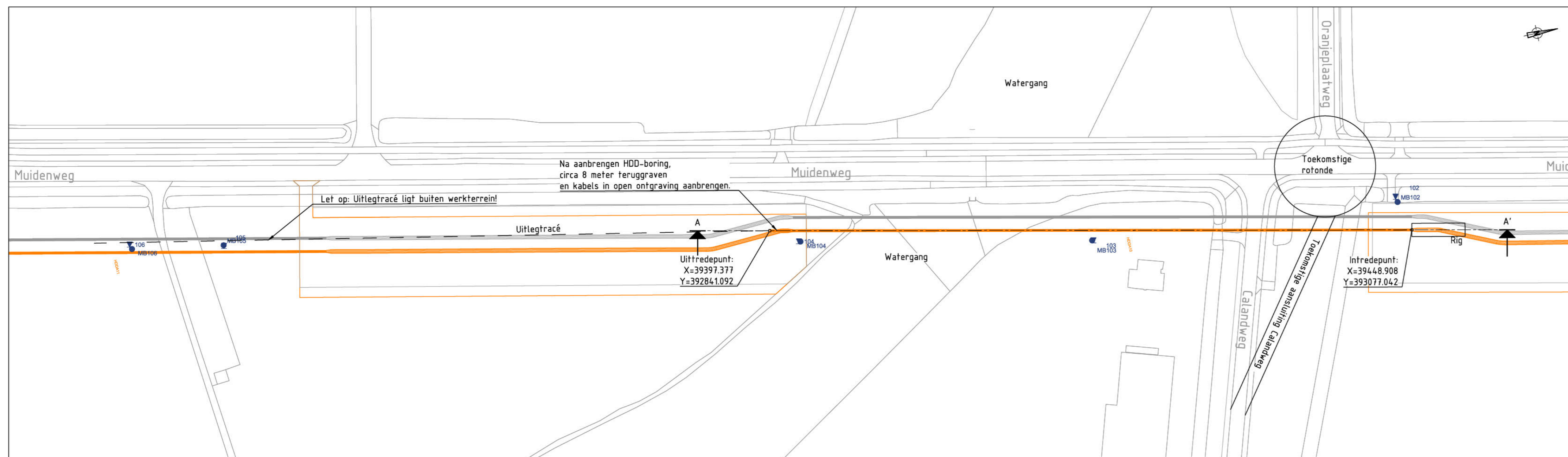
Bijlage 6b: Callandweg



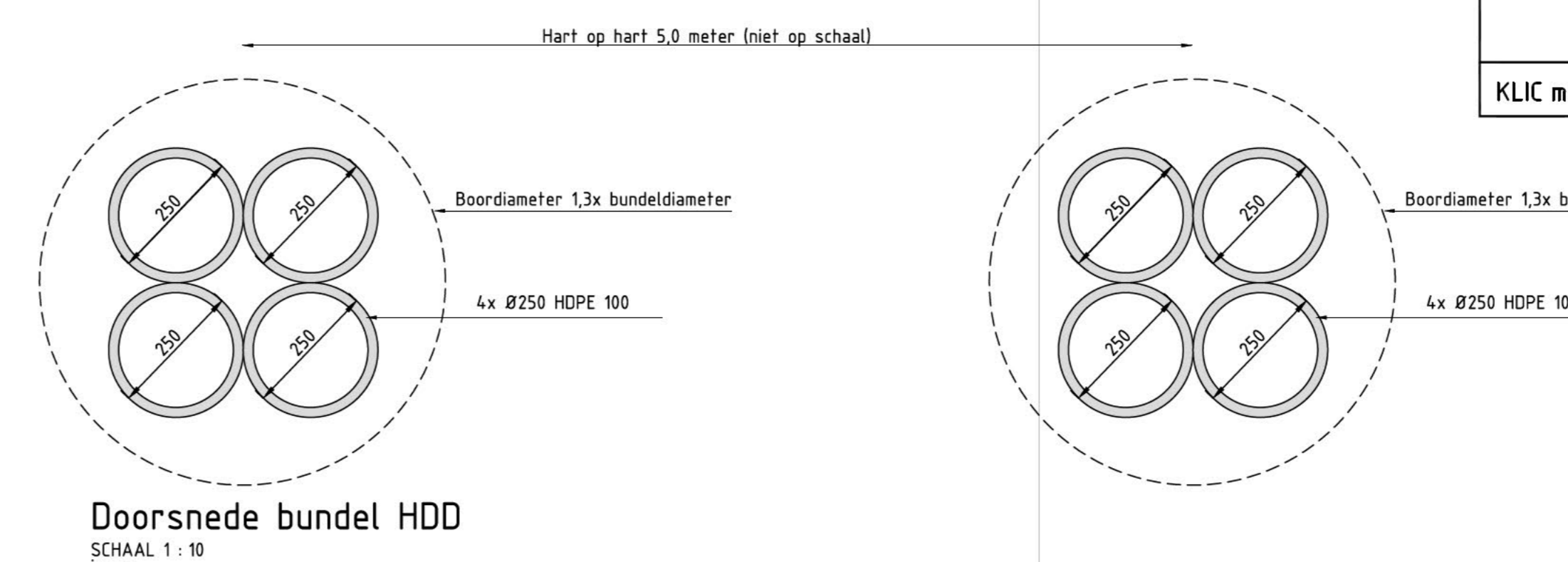
Overzicht
SCHAAL 1: 500



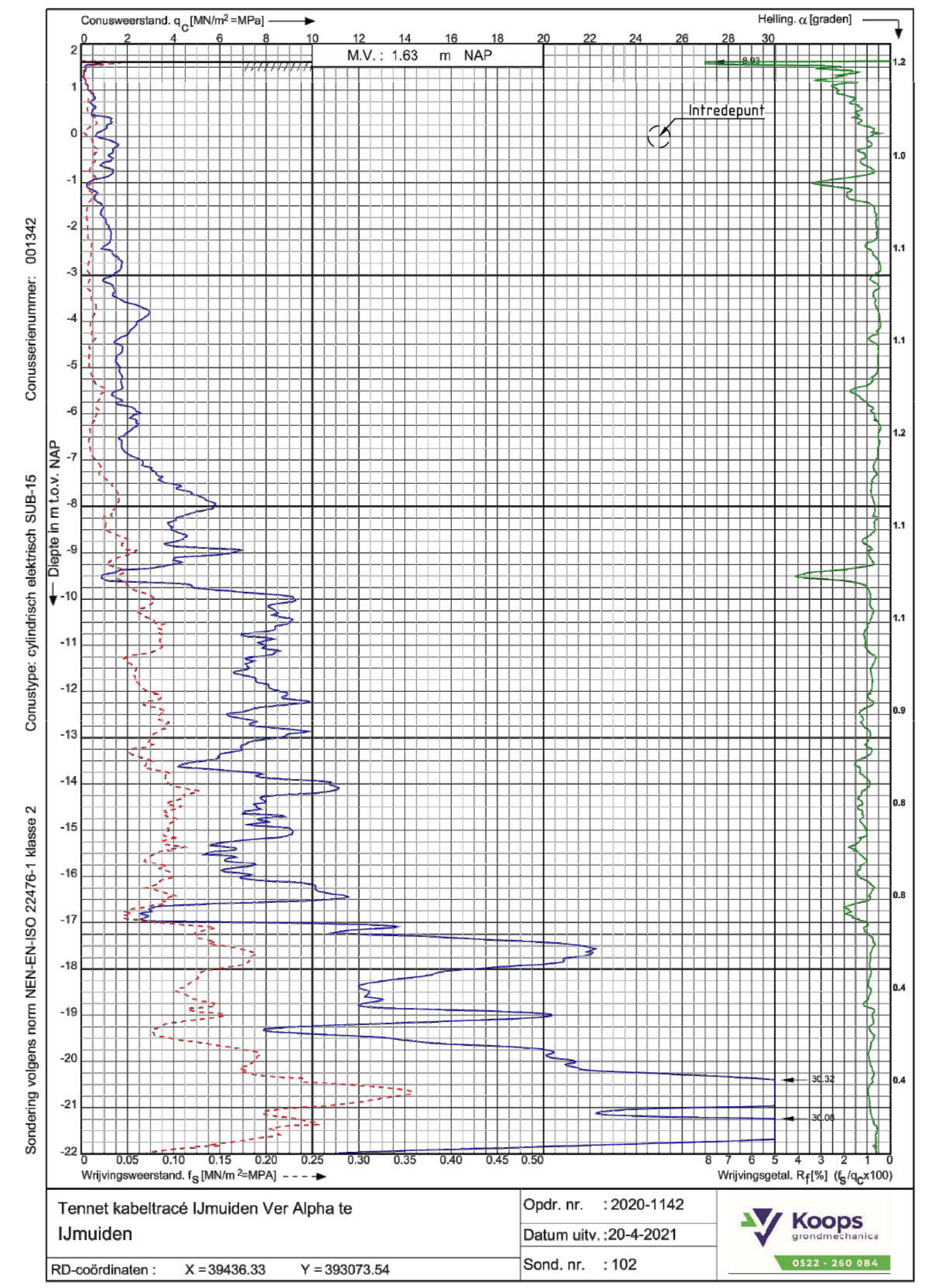
Lengte profiel boring Calandweg (10) DWP A-A'
SCHAAL 1: 500
(Lengte profiel gegenereerd uit de AHN3)



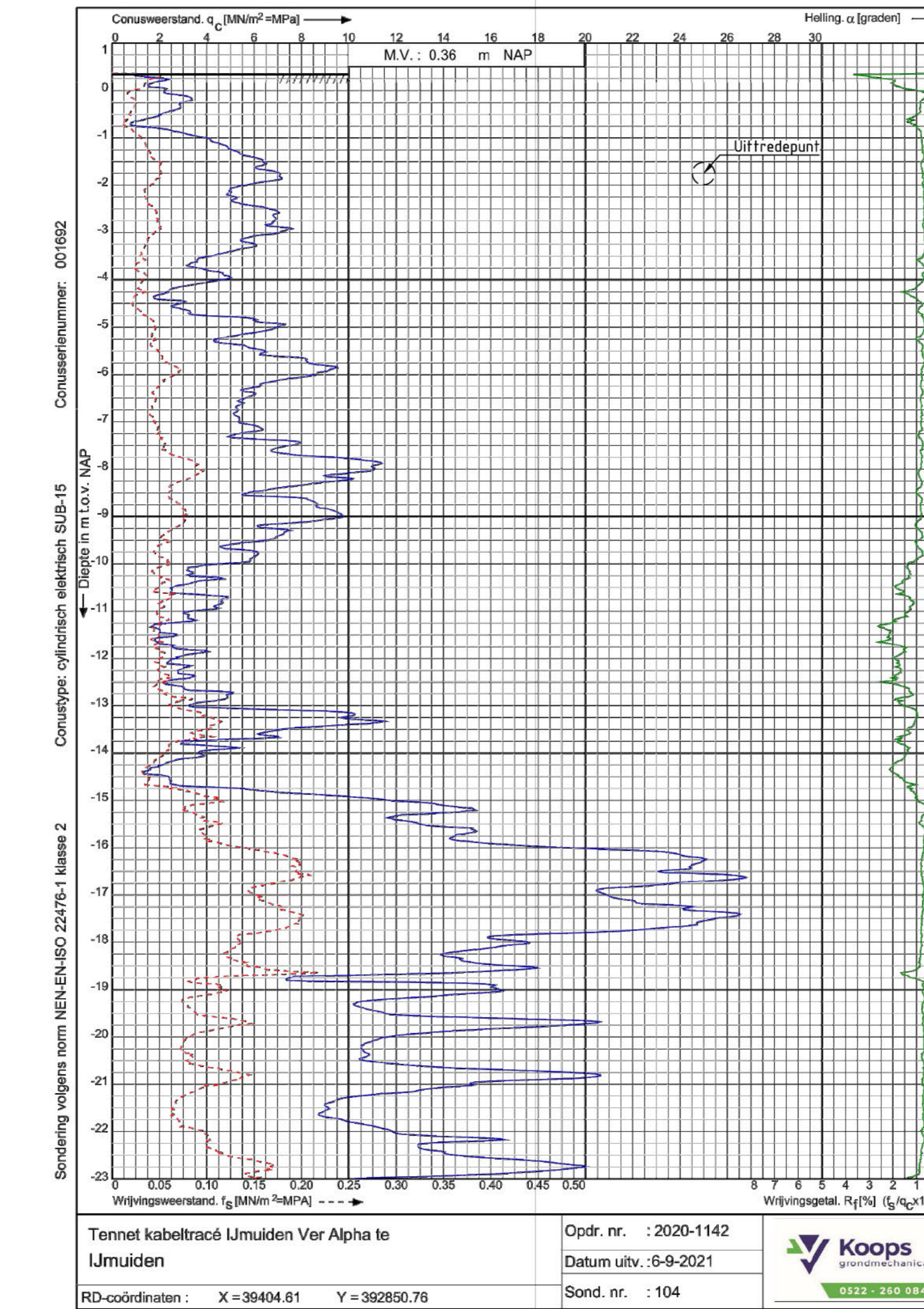
Overzicht uitlegtrack
SCHAAL 1: 1000



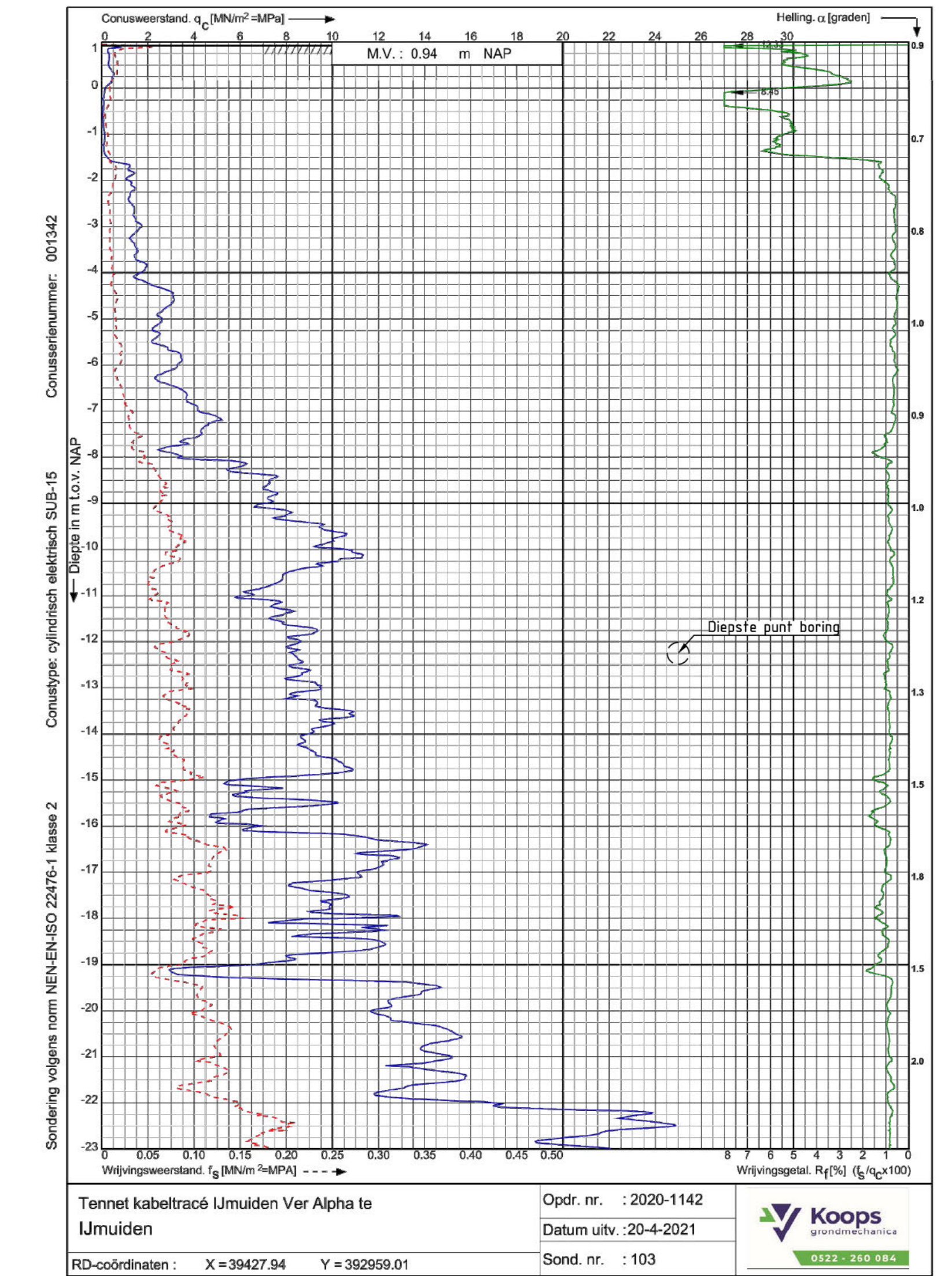
Doorsnede bundel HDD
SCHAAL 1: 10
in mm



Tennet kabeltracé IJmuiden Ver Alpha to IJmuiden
RD-coördinaten: X = 39448.908 Y = 393071.042
Opdr. nr.: 2020-1142
Datum uitv.: 20-4-2021
Sond. nr.: 102
Koops



Tennet kabeltracé IJmuiden Ver Alpha to IJmuiden
RD-coördinaten: X = 38404.81 Y = 382850.78
Opdr. nr.: 2020-1142
Datum uitv.: 16-9-2021
Sond. nr.: 103
Koops



Tennet kabeltracé IJmuiden Ver Alpha to IJmuiden
RD-coördinaten: X = 39427.94 Y = 382859.01
Opdr. nr.: 2020-1142
Datum uitv.: 20-4-2021
Sond. nr.: 104
Koops

Legenda bestaande K&L

- Electra MS
- Electra LS
- LD geleiding
- LD geleiding
- Waterleiding
- Waterleiding
- Sondering
- Drondboring
- Greens werkgebied

Opmerkingen:
• Bestaande kabels en leidingen zijn ingetekend aan de hand van KLIC meldingen
• Exacte locatie van de bestaande kabels en leidingen tijdens uitvoering bepalen door middel van proefsluven

Opmerkingen:

Alle maten in m, tenzij anders vermeld.
Alle hoogmaten in m, ten opzichte van N.A.P.

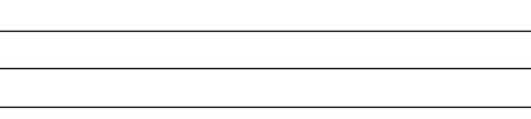
Rev. Datum. Get. Gez. WIJZIGING

ONTWERP: Tensei
GETEKEND: J.B. van't Hof
DATUM: 30-11-2022

PROJECT: Net op Zee
SCHAAL: 200
FORMAAT: A0

ONTWERP: Vergunningstekening
Horizontal gestuurde boring Calandweg (10)

TTB-07861



Sterkteberekening van een horizontaal gestuurde boring conform NEN 3650/3651:2020		Sigma 2022 1.3 ©	
Algemene gegevens			
Naam van het project	: TenneT Nederwiek 1		
Projectonderdeel	: HDDN10 Calandweg Ø250mm, SDR 11 (100pct gevuld)		
Materiaalgegevens			
Materiaalsoort:	PE		
Kwaliteit:	PE 100 SDR 11		
Lange-duur treksterkte	MRS	= 10	N/mm ²
Materiaalfactor	γ_M	= 1,25	-
Toelaatbare langeduur spanning	$\bar{\sigma}_t$	= 8,00	N/mm ²
Elasticiteitsmodulus korte duur	E	= 1.100	N/mm ²
Elasticiteitsmodulus lange duur	E'	= 200	N/mm ²
Lineaire uitzettingscoëfficiënt	α_g	= 20,0·10 ⁻⁵	mm/(mm·K)
Alfa Tangentieel / Alfa Axiaal	α_σ	= 0,65	-
Soortelijk gewicht buis	ρ_L	= 9,55	kN/m ³
Toelaatbare deflectie	δ	= 8,00	%
Leidinggegevens			
Uitwendige middellijn	D _e	= 250,00	mm
Wanddikte	d _n	= 22,8	mm
Procesgegevens			
Soort leiding (Vloeistof / Gas / Drukloos)		= Vloeistof	
Ontwerpdruk	p _d	= 0	N/mm ²
Volumieke massa medium	ρ	= 1000	kg/m ³
Temperatuurverschil	Δt	= 30	°
Uitvoeringsaspecten, tracé boring, in- en uittredehoeken			
Totale lengte	L	= 242,75	m
Lengte 1e rechte deel	L ₁	= 13,50	m
Lengte neergaande bocht	L ₂	= 77,50	m
Lengte 2e rechte deel	L ₃	= 69,50	m
Lengte opgaande bocht	L ₄	= 65,45	m
Lengte 3e rechte deel	L ₅	= 16,80	m
Straal maaiveld/rollenbaan	R _r	= 300,00	m
Straal neergaande bocht	R ₁	= 300,00	m
Straal opgaande bocht	R ₂	= 250,00	m
Intrede-hoek (bij boorstelling)	α_1	= 15,00 / 26,79	° / %
Uittrede-hoek (bij rollenbaan)	α_2	= 15,00 / 26,79	° / %
Belastinghoek	α	= 30	°
Ondersteuningshoek	β	= 30	°
Horizontale steundrukhoek	γ	= 120	°
Grondmechanisch onderzoek uitgevoerd	γ	= 1,1	
<p>The diagram illustrates the layout of a horizontal borehole. It starts with a horizontal segment of length L₁ at an angle α_1 to the horizontal. This is followed by a downward curve with radius R₁ and length L₂. A horizontal segment of length L₃ follows, then an upward curve with radius R₂ and length L₄. Finally, there is a horizontal segment of length L₅ that ends at an angle α_2 to the horizontal. The total length of the borehole is L. A radius R_r is also indicated for the overall layout. A small inset shows a cross-section of the drilling rig.</p>			

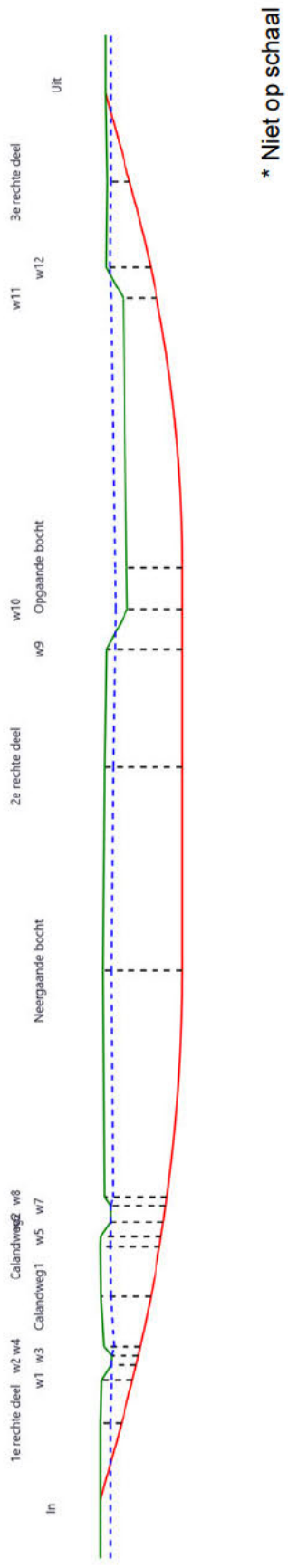
Sterkteberekening van een horizontaal gestuurde boring conform NEN 3650/3651:2020		Sigma 2022 1.3 ©	
Uitvoeringsaspecten			
Diameter boorstang	D_b	= 114	mm
<i>Tijdens pilot</i>			
Diameter boorkop/boorgat	D_p	= 170	mm
Soortelijk gewicht boorvloeistof	$\rho_{m,p}$	= 11,5	kN/m ³
Zwichtspanning boorvloeistof	$\tau_{y,p}$	= 13,4	Pa
Plastische viscositeit boorvloeistof	η_p	= 0,009	Pa·s
Debiet boorvloeistof	$Q_{m,p}$	= 100	l/min
<i>Tijdens ruimgang</i>			
Boorstangen koppelen tijden ruimen			
Diameter ruimer/boorgat	$D_{g,r}$	= 780	mm
Soortelijk gewicht boorvloeistof	$\rho_{m,r}$	= 11,5	kN/m ³
Zwichtspanning boorvloeistof	$\tau_{y,r}$	= 13,4	Pa
Plastische viscositeit boorvloeistof	η_r	= 0,009	Pa·s
Debiet boorvloeistof	$Q_{m,r}$	= 500	l/min
<i>Tijdens intrekken</i>			
Equivalent diameter bundel	D_{eq}	= 500	mm
Soortelijk gewicht boorvloeistof	$\rho_{m,i}$	= 11,5	kN/m ³
Zwichtspanning boorvloeistof	$\tau_{y,i}$	= 13,4	Pa
Plastische viscositeit boorvloeistof	η_i	= 0,009	Pa·s
Debiet boorvloeistof	$Q_{m,i}$	= 300	l/min
Aantal buizen in de bundel	n	= 4	
De bundelbuizen worden niet gekoppeld			
Gewicht vulling/extra gewicht op rollenbaan	$g_{vul, r}$	= 0,328	N/mm ¹
Gewicht vulling/extra gewicht tpv boorgang	$g_{vul, b}$	= 0,328	N/mm ¹
Onzekerheids- en wrijvingsfactoren			
Totaalfactor bij boring met bundels	f	= 1,8	
Belastingfactor, bovengronds	$f_{k,b}$	= 1,1	
Belastingfactor, ondergronds	$f_{k,o}$	= 1,4	
Onzekerheidsfactor straal, ondergronds	$f_{r,o}$	= 0,9	
Wrijvingscoëff. met rollenbaan	f_1	= 0,1	
Wrijving tussen leiding/boorvloeistof	f_2	= 0,00005	N/mm ²
Wrijving tussen leiding/boorgangwand	f_3	= 0,2	

Grondmechanische gegevens en verkeersbelasting

Locatie	Afstand t.o.v. intredepunt [m]	Dekking t.o.v. maaiveld [m]	G.W.S. t.o.v. maaiveld [m]	Grondsoort	Volumiek gewicht droge grond [kN/m ³]	Volumiek gewicht natte grond [kN/m ³]	Wrijvingshoek grond [°]
1e rechte deel	13,5	3,50	1,65	Zand	17,67	19,87	35,00
w1	20,88	5,20	1,65	Zand	17,67	20,36	35,00
w2	23,33	4,20	0,00	Zand	0,00	19,70	35,00
w3	25,05	4,50	0,00	Zand	0,00	19,79	35,00
w4	26,5	6,10	1,65	Zand	17,67	20,48	35,00
Calandweg1	35,07	8,40	1,65	Zand	17,67	20,57	35,00
Calandweg2	43,58	10,00	1,65	Zand	17,67	20,65	35,00
w5	45,22	10,20	1,65	Zand	17,67	20,66	35,00
w6	47,63	8,90	0,00	Zand	0,00	18,85	35,00
w7	50,43	9,30	0,00	Zand	0,00	18,92	35,00
w8	51,89	10,50	1,40	Zand	14,01	19,94	35,00
Neergaande bocht	91,0	13,30	1,40	Zand	14,01	20,14	35,00
2e rechte deel	125,95	13,00	1,40	Zand	14,01	20,12	35,00
w9	146,1	12,70	1,40	Zand	14,01	20,12	32,50
w10	152,9	9,20	-2,00	Zand	0,00	20,71	35,00
Opgaande bocht	160,14	9,30	-2,00	Zand	0,00	20,76	35,00
w11	206,57	5,70	-2,00	Zand	0,00	20,66	35,00
w12	211,91	7,50	0,60	Zand	18,40	20,83	35,00
3e rechte deel	227	3,80	0,60	Zand	18,40	20,75	35,00

Locatie	Gemiddelde verticale beddingconstante [N/mm ³]	Effectieve cohesie [kN/m ²]	E-modulus ondergrond [MN/m ²]	Verkeersbelasting
1e rechte deel	-	0,00	75,00	Geen
w1	0,0500	0,00	75,00	Geen
w2	0,0500	0,00	75,00	Geen
w3	0,0500	0,00	75,00	Geen
w4	0,0500	0,00	75,00	Grafiek 1/2 x II
Calandweg1	0,0500	0,00	75,00	Grafiek I
Calandweg2	0,0500	0,00	75,00	Grafiek I
w5	0,0500	0,00	75,00	Grafiek 1/2 x II
w6	0,0500	0,00	75,00	Geen
w7	0,0500	0,00	75,00	Geen
w8	0,0500	0,00	75,00	Geen
Neergaande bocht	0,0500	0,00	75,00	Geen
2e rechte deel	-	0,00	75,00	Geen
w9	-	0,00	45,00	Geen
w10	-	0,00	75,00	Geen
Opgaande bocht	-	0,00	75,00	Geen
w11	0,0500	0,00	75,00	Geen
w12	0,0500	0,00	75,00	Geen
3e rechte deel	-	0,00	75,00	Geen

Locatie	Gereduceerde grondbelasting	Sondering
1e rechte deel	Geen	102
w1	Geen	102
w2	Geen	102
w3	Geen	102
w4	Geen	102
Calandweg1	Geen	102
Calandweg2	Homogeen (zand)	102
w5	Homogeen (zand)	102
w6	Homogeen (zand)	103
w7	Homogeen (zand)	103
w8	Homogeen (zand)	103
Neergaande bocht	Homogeen (zand)	103
2e rechte deel	Homogeen (zand)	103
w9	Homogeen (zand)	103
w10	Homogeen (zand)	104
Opgaande bocht	Geen	104
w11	Geen	104
w12	Geen	104
3e rechte deel	Geen	104



* Niet op schaal

Sterkteberekening van een horizontaal gestuurde boring conform NEN 3650/3651:2020	Sigma 2022 1.3 ©
---	------------------

2. Eigenschappen van de leiding

Inwendige middellijn	$D_i = D_e - 2 \cdot d_n$	= 204,40	mm
Gemiddelde middellijn	$D_g = (D_e + D_i)/2$	= 227,20	mm
Uitwendige middellijn+bekleding	$D_o = D_e + 2 \cdot e$	= 250,00	mm
Uitwendige straal	$r_e = D_e / 2$	= 125,00	mm
Inwendige straal	$r_i = D_i / 2$	= 102,20	mm
Gemiddelde straal	$r_g = (r_e + r_i) / 2$	= 113,60	mm
Traagheidsmoment buis	$I_b = (D_e^4 - D_i^4) \cdot \pi/64$	= 106.064.835,12	mm ⁴
Weerstandsmoment buis	$W_b = I_b / r_e$	= 848.518,68	mm ³
Wandtraagheidsmoment	$I_w = d_n^3 / 12$	= 987,70	mm ⁴ /mm ¹
Wandweerstandsmoment	$W_w = d_n^2 / 6$	= 86,64	mm ³ /mm ¹
Oppervlakte leiding	$A = \pi \cdot (D_e^2 - D_i^2) / 4$	= 16.273,95	mm ²
Gewicht leiding	$g = \rho_L \cdot A$	= 0,1554	N/mm ¹

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

	<i>Leiding op rollenbaan/maaiveld</i>		<i>Leiding in boorgat</i>	
Gewicht mediumleiding	g	= 0,1554 N/mm ¹	g	= 0,1554 N/mm ¹
Gewicht vulling	g_{vul}	= 0,328 N/mm ¹ +	g_{vul}	= 0,328 N/mm ¹ +
Totaal gewicht	g_{rol}	= 0,4834 N/mm ¹	g_{gat}	= 0,4834 N/mm ¹

4. Berekening van de trekkrachten en spanningen bovengronds

4.1 Berekening van de benodigde trekkrachten op rollenbaan/maaiveld

Trekkraft T_1 tijdens verschillende stadia [N]	L [m]	T_1 [N]
Starten met trekken	242,75	21.123
Na intrekken van L_5	225,95	19.661
Na intrekken van $L_5 + L_4$	160,50	13.966
Na intrekken van $L_5 + L_4 + L_3$	91,00	7.918
Na intrekken van $L_5 + L_4 + L_3 + L_2$	13,50	1.175

$$T_1 = f \cdot L \cdot g_{rol} \cdot f_1 = 1,8 \cdot L \cdot 0,4834 \cdot 0,1$$

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

Spanningen σ_t tijdens verschillende stadia [N/mm ²]	T_1 [N]	σ_t [N/mm ²]
Starten met trekken	21.123	1,30
Na intrekken van L_5	19.661	1,21
Na intrekken van $L_5 + L_4$	13.966	0,86
Na intrekken van $L_5 + L_4 + L_3$	7.918	0,49
Na intrekken van $L_5 + L_4 + L_3 + L_2$	1.175	0,07

$$\sigma_t = \frac{T_1}{A} = \frac{T_1}{16.273,95}$$

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

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

$$M_b = 1,1 \cdot 1.100 \cdot \frac{106.064.835}{300.000} = 427.794,83 \text{ Nmm}$$

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

$$\sigma_b = \frac{427.794,83}{848.519} = 0,50 \text{ N/mm}^2$$

4.4 Totalisatie van de optredende spanningen op rollenbaan/maaiveld

Spanningen σ_a tijdens verschillende stadia [N/mm ²]	σ_t [N/mm ²]	σ_a [N/mm ²]
Starten met trekken	1,30	1,63
Na intrekken van L ₅	1,21	1,54
Na intrekken van L ₅ + L ₄	0,86	1,19
Na intrekken van L ₅ + L ₄ + L ₃	0,49	0,81
Na intrekken van L ₅ + L ₄ + L ₃ + L ₂	0,07	0,40

$$\sigma_a = \alpha_{\sigma} \cdot \sigma_b + \sigma_t = 0,65 \cdot 0,50 + \sigma_t$$

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

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

Aantal buizen in de bundel $n = 4$

De bundelbuizen worden niet gekoppeld $\rightarrow f_b = 1/n^{0,3} = 0,660$

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

66,0% van de omtrek van de leiding komt in aanraking met bentoniet.

Hieruit volgt: $D_{e,omtrek} = 518,17 \text{ mm}^1$

Gewicht van de leiding (+vulling) in het boorgat $g_{gat} = 0,483 \text{ N/mm}^1$

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

Gelet hierop is $g_{eff} = |g_{gat} - g_{opw}| = 0,0811 \text{ N/mm}^1$

Trekkkracht T_2 en T_{3a} tijdens verschillende stadia [N]	L [m]	T_2 [N]	T_{3a} [N]
Na intrekken van L_5	16,80	1.274	-
Na intrekken van $L_5 + L_4$	82,25	-	6.237
Na intrekken van $L_5 + L_4 + L_3$	151,75	11.507	-
Na intrekken van $L_5 + L_4 + L_3 + L_2$	229,25	-	17.383
Geheel ingetrokken	242,75	18.407	-

Rechte delen: $T_2 = f \cdot L \cdot (D_{e,omtr} \cdot f_2 + g_{eff} \cdot f_3) = 1,8 \cdot L \cdot (518,17 \cdot 0,00005 + 0,0811 \cdot 0,2)$

Gebogen delen: $T_{3a} = f \cdot L_B \cdot (D_{e,omtr} \cdot f_2 + g_{eff} \cdot f_3) = 1,8 \cdot L \cdot (518,17 \cdot 0,00005 + 0,0811 \cdot 0,2)$

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

Locatie	λ [mm ⁻¹]	R [m]	Q_r [N/mm ²]	T_{3b} [N]
w1	0,0023	300	0,0029	716
w2	0,0023	300	0,0029	716
w3	0,0023	300	0,0029	716
w4	0,0023	300	0,0029	716
Calandweg1	0,0023	300	0,0029	716
Calandweg2	0,0023	300	0,0029	716
w5	0,0023	300	0,0029	716
w6	0,0023	300	0,0029	716
w7	0,0023	300	0,0029	716
w8	0,0023	300	0,0029	716
Neergaande bocht	0,0023	300	0,0029	716
w11	0,0023	250	0,0035	859
w12	0,0023	250	0,0035	859

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

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

$$T_{3b} = f \cdot 4 \cdot \frac{Q_r}{2} \cdot D_o \cdot \frac{\pi}{\lambda} \cdot f_3 = 1,8 \cdot 4 \cdot \frac{Q_r}{2} \cdot 250 \cdot \frac{\pi}{\lambda} \cdot 0,2$$

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

Trekkraft T_{bocht} tijdens verschillende stadia [N]	T_1 [N] (f = 1)	T_2 / T_{3a} [N] (f = 1)	$T_{3b,neer}$ [N] (f = 1)	$T_{3b,op}$ [N] (f = 1)	T_{bocht} [N]
Neergaande bocht	7.759	3.465	398	-	11.621
Opgaande bocht	653	9.657	398	477	11.185

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

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

Trekkraft T_{3c} tijdens verschillende stadia [N]	α [°]	T_{bocht} [N]	T_{3c} [N]
Neergaande bocht	7,50	11.621	1.092
Opgaande bocht	7,50	11.185	1.051

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

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

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

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

5.4 Totalisatie van de trekkraften in fase II

Trekkraft T_{tot} tijdens verschillende stadia [N]	T_1 [N]	T_2 / T_{3a} [N]	$T_{3b,neer}$ [N]	$T_{3c,neer}$ [N]	$T_{3b,op}$ [N]	$T_{3c,op}$ [N]	T_{tot} [N]
Na intrekken van L_5	19.661	1.274	-	-	-	-	20.935
Na intrekken van $L_5 + L_4$	13.966	6.237	716	1.092	-	-	22.011
Na intrekken van $L_5 + L_4 + L_3$	7.918	11.507	716	1.092	-	-	21.233
Na intrekken van $L_5 + L_4 + L_3 + L_2$	1.175	17.383	716	1.092	859	1.051	22.277
Geheel ingetrokken	0	18.407	716	1.092	859	1.051	22.126

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

5.5 Karakteristieke waarden van de benodigde trekkrachten in fase II

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

Trekkracht T_{tot} tijdens verschillende stadia [N]	T_1 [N]	T_2 / T_{3a} [N]	$T_{3b,neer}$ [N]	$T_{3c,neer}$ [N]	$T_{3b,op}$ [N]	$T_{3c,op}$ [N]	T_{tot} [N]
Na intrekken van L_5	10.923	708	-	-	-	-	11.631
Na intrekken van $L_5 + L_4$	7.759	3.465	398	607	-	-	12.228
Na intrekken van $L_5 + L_4 + L_3$	4.399	6.393	398	607	-	-	11.796
Na intrekken van $L_5 + L_4 + L_3 + L_2$	653	9.657	398	607	477	584	12.376
Geheel ingetrokken	0	10.226	398	607	477	584	12.292

De maximale karakteristieke waarde voor de benodigde trekkracht bedraagt **12.376 N** ($\approx 1,3$ ton).

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

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

Spanningen σ_t tijdens verschillende stadia [N/mm ²]	T_{tot} [N]	σ_t [N/mm ²]
Na intrekken van L_5	20.935	1,29
Na intrekken van $L_5 + L_4$	22.011	1,35
Na intrekken van $L_5 + L_4 + L_3$	21.233	1,30
Na intrekken van $L_5 + L_4 + L_3 + L_2$	22.277	1,37
Geheel ingetrokken	22.126	1,36

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

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

5.7.1 Neergaande bocht

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

$$M_b = 1,4 \cdot 1.100 \cdot \frac{106.064.835,12}{0,9 \cdot 300.000} = 604.962,39 \text{ Nmm}$$

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

$$\sigma_b = \frac{604.962,39}{848.518,68} = 0,71 \text{ N/mm}^2$$

5.7.2 Opgaande bocht

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

$$M_b = 1,4 \cdot 1.100 \cdot \frac{106.064.835,12}{0,9 \cdot 250.000} = 725.954,87 \text{ Nmm}$$

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

$$\sigma_b = \frac{725.954,87}{848.518,68} = 0,86 \text{ N/mm}^2$$

5.8 Totalisatie van de spanningen in het boorgat tijdens de trekoperatie

Spanningen σ_a tijdens verschillende stadia [N/mm ²]	T_{tot} [N]	σ_t [N/mm ²]	σ_b [N/mm ²]	σ_a [N/mm ²]
Na intrekken van L ₅	20.935	1,29	-	1,29
Na intrekken van L ₅ + L ₄	22.011	1,35	0,71	1,82
Na intrekken van L ₅ + L ₄ + L ₃	21.233	1,30	-	1,30
Na intrekken van L ₅ + L ₄ + L ₃ + L ₂	22.277	1,37	0,86	1,92
Geheel ingetrokken	22.126	1,36	-	1,36

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

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

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

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

$$D_g/d_n = 227,20/22,80 = 9,96 \rightarrow D_g/d_n \leq 20 \rightarrow \text{Dikwandige leiding}$$

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

$$\sigma_p = \frac{125,00^2 + 102,20^2}{125,00^2 - 102,20^2} \cdot 0 = 0,00 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{y1} = \sigma_p = 0,00 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{pl} = \nu \cdot \sigma_p = 0,4 \cdot 0,00 = 0,00 \text{ N/mm}^2$$

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

6.2 Berekening reroundingfactor f_{rr}

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

$$f_{rr} = 1 / \left(1 + \frac{2 \cdot 0 \cdot 113,6^3 \cdot 0,143}{1100 \cdot 987,70} \right) = 1,00$$

6.3.1 Berekening van de neutrale grondbelasting Q_n

Locatie	Dekking t.o.v. maaiveld [m]	G.W.S. t.o.v. maaiveld [m]	Grondsoort	q_{droog} [kN/m ²]	q_{nat} [kN/m ²]	q_n [kN/m ²]	Q_n [N/mm ¹]
1e rechte deel	3,50	1,65	Zand	32,07	21,94	54,01	13,50
w1	5,20	1,65	Zand	32,07	44,01	76,08	19,02
w2	4,20	0,00	Zand	0,00	49,01	49,01	12,25
w3	4,50	0,00	Zand	0,00	52,96	52,96	13,24
w4	6,10	1,65	Zand	32,07	55,75	87,82	21,96
Calandweg1	8,40	1,65	Zand	32,07	85,23	117,30	29,33
Calandweg2	10,00	1,65	Zand	32,07	106,17	138,24	34,56
w5	10,20	1,65	Zand	32,07	108,81	140,88	35,22
w6	8,90	0,00	Zand	0,00	95,54	95,54	23,89
w7	9,30	0,00	Zand	0,00	100,55	100,55	25,14
w8	10,50	1,40	Zand	21,58	108,60	130,17	32,54
Neergaande bocht	13,30	1,40	Zand	21,58	144,63	166,21	41,55
2e rechte deel	13,00	1,40	Zand	21,58	140,73	162,31	40,58
w9	12,70	1,40	Zand	21,58	137,09	158,67	39,67
w10	9,20	-2,00	Zand	0,00	209,59	117,59	29,40
Opgaande bocht	9,30	-2,00	Zand	0,00	212,37	119,37	29,84
w11	5,70	-2,00	Zand	0,00	129,54	72,54	18,13
w12	7,50	0,60	Zand	12,14	89,10	101,24	25,31
3e rechte deel	3,80	0,60	Zand	12,14	41,04	53,18	13,30

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

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

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

$$Q_n = q_n \cdot D_o = (1,1 \cdot \gamma_d \cdot H_d + 1,1 \cdot \gamma_n \cdot H_n - \gamma_w \cdot H_w) \cdot 250$$

6.3.2 Berekening van de gereduceerde neutrale grondbelasting Q_{nr}

Locatie	h [m]	GWS [m]	γ' [kN/m ³]
Calandweg2	10,00	1,65	13,82
w5	10,20	1,65	13,81
w6	8,90	0,00	10,74
w7	9,30	0,00	10,81
w8	10,50	1,40	12,40
Neergaande bocht	13,30	1,40	12,50
2e rechte deel	13,00	1,40	12,49
w9	12,70	1,40	12,49
w10	9,20	-2,00	12,78

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

Locatie	Gereduceerde grondbelasting	B_1 [m]	$8 \cdot B_1$ [m]	$q_{n,r}$ [kN/m ²]	$Q_{n,r}$ [N/mm ¹]
Calandweg2	Homogeen (zand)	0,39	3,12	18,05 ⁽¹⁾	4,51
w5	Homogeen (zand)	0,39	3,12	18,03 ⁽¹⁾	4,51
w6	Homogeen (zand)	0,39	3,12	14,01 ⁽¹⁾	3,50
w7	Homogeen (zand)	0,39	3,12	14,11 ⁽¹⁾	3,53
w8	Homogeen (zand)	0,39	3,12	16,19 ⁽¹⁾	4,05
Neergaande bocht	Homogeen (zand)	0,39	3,12	16,32 ⁽¹⁾	4,08
2e rechte deel	Homogeen (zand)	0,39	3,12	16,31 ⁽¹⁾	4,08
w9	Homogeen (zand)	0,39	3,12	16,53 ⁽¹⁾	4,13
w10	Homogeen (zand)	0,39	3,12	16,68 ⁽¹⁾	4,17

$$R = \frac{D_{gr}}{2} = \frac{780}{2} = 390 \text{ mm}$$

$$B_1 = \frac{1}{2} \cdot D_o + D_o \cdot \tan(45^\circ - \frac{1}{2} \cdot \varphi) \geq R$$

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

Indien gereduceerde grondbelasting volgens berekeningswijze 'Homogeen (zand)': ($h \geq 8 \cdot B_1$):

$$q_{n,r1} = \frac{B_1 \cdot (\gamma' - c/B_1)}{K \cdot \tan(\varphi)} \cdot \left(1 - e^{-\frac{K \cdot h \cdot \tan \varphi}{B_1}}\right) \quad (1)$$

$$Q_{n,r} = q_{n,r} \cdot D_o = q_{n,r} \cdot 250$$

6.3.3 Overzicht berekende (gereduceerde) neutrale gronddrukken

Locatie	q_n [kN/m ²]	Q_n [N/mm ¹]	$q_{n,r}$ [kN/m ²]	$Q_{n,r}$ [N/mm ¹]
1e rechte deel	54,01	13,50	-	-
w1	76,08	19,02	-	-
w2	49,01	12,25	-	-
w3	52,96	13,24	-	-
w4	87,82	21,96	-	-
Calandweg1	117,30	29,33	-	-
Calandweg2	138,24	34,56	18,05	4,51
w5	140,88	35,22	18,03	4,51
w6	95,54	23,89	14,01	3,50
w7	100,55	25,14	14,11	3,53
w8	130,17	32,54	16,19	4,05
Neergaande bocht	166,21	41,55	16,32	4,08
2e rechte deel	162,31	40,58	16,31	4,08
w9	158,67	39,67	16,53	4,13
w10	117,59	29,40	16,68	4,17
Opgaande bocht	119,37	29,84	-	-
w11	72,54	18,13	-	-
w12	101,24	25,31	-	-
3e rechte deel	53,18	13,30	-	-

6.4 Berekening van de verkeersbelasting Q_v

Locatie	Dekking t.o.v. maaiveld [m]	Verkeersbelasting	q_v [kN/m ²]	Q_v [N/mm ¹]
1e rechte deel	3,50	Geen	0,00	0,00
w1	5,20	Geen	0,00	0,00
w2	4,20	Geen	0,00	0,00
w3	4,50	Geen	0,00	0,00
w4	6,10	Grafiek ½ x II	1,58	0,39
Calandweg1	8,40	Grafiek I	5,44	1,36
Calandweg2	10,00	Grafiek I	4,23	1,06
w5	10,20	Grafiek ½ x II	0,81	0,20
w6	8,90	Geen	0,00	0,00
w7	9,30	Geen	0,00	0,00
w8	10,50	Geen	0,00	0,00
Neergaande bocht	13,30	Geen	0,00	0,00
2e rechte deel	13,00	Geen	0,00	0,00
w9	12,70	Geen	0,00	0,00
w10	9,20	Geen	0,00	0,00
Opgaande bocht	9,30	Geen	0,00	0,00
w11	5,70	Geen	0,00	0,00
w12	7,50	Geen	0,00	0,00
3e rechte deel	3,80	Geen	0,00	0,00

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

6.5 Momenten en spanningen t.g.v. bovenbelastingen

Locatie	Q _n [N/mm ¹]	Q _{n,r} [N/mm ¹]	Q _v [N/mm ¹]	Q _{boven} [N/mm ¹]	M _q [Nmm]	σ _q [N/mm ²]
1e rechte deel	13,50	-	0,00	13,50	394,18 ⁽¹⁾	4,55
w1	19,02	-	0,00	19,02	555,27 ⁽¹⁾	6,41
w2	12,25	-	0,00	12,25	357,74 ⁽¹⁾	4,13
w3	13,24	-	0,00	13,24	386,55 ⁽¹⁾	4,46
w4	21,96	-	0,39	22,35	652,49 ⁽¹⁾	7,53
Calandweg1	29,33	-	1,36	30,69	895,89 ⁽¹⁾	10,34
Calandweg2	34,56	4,51	1,06	5,57	162,63 ⁽²⁾	1,88
w5	35,22	4,51	0,20	4,71	137,56 ⁽²⁾	1,59
w6	23,89	3,50	0,00	3,50	102,23 ⁽²⁾	1,18
w7	25,14	3,53	0,00	3,53	102,99 ⁽²⁾	1,19
w8	32,54	4,05	0,00	4,05	118,15 ⁽²⁾	1,36
Neergaande bocht	41,55	4,08	0,00	4,08	119,13 ⁽²⁾	1,38
2e rechte deel	40,58	4,08	0,00	4,08	119,02 ⁽²⁾	1,37
w9	39,67	4,13	0,00	4,13	120,64 ⁽²⁾	1,39
w10	29,40	4,17	0,00	4,17	121,74 ⁽²⁾	1,41
Opgaande bocht	29,84	-	0,00	29,84	871,29 ⁽¹⁾	10,06
w11	18,13	-	0,00	18,13	529,44 ⁽¹⁾	6,11
w12	25,31	-	0,00	25,31	738,96 ⁽¹⁾	8,53
3e rechte deel	13,30	-	0,00	13,30	388,18 ⁽¹⁾	4,48

$$M_q = K_b \cdot (Q_n + Q_v) \cdot r_g = 0,257 \cdot (Q_n + Q_v) \cdot 113,60 \quad (1)$$

$$M_q = K_b \cdot (Q_{n,r} + Q_v) \cdot r_g = 0,257 \cdot (Q_{n,r} + Q_v) \cdot 113,60 \quad (2)$$

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

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

Locatie	R [m]	Q _r [N/mm ²]	σ _{qr} [N/mm ²]
w1	300	0,0029	0,19
w2	300	0,0029	0,19
w3	300	0,0029	0,19
w4	300	0,0029	0,19
Calandweg1	300	0,0029	0,19
Calandweg2	300	0,0029	0,19
w5	300	0,0029	0,19
w6	300	0,0029	0,19
w7	300	0,0029	0,19
w8	300	0,0029	0,19
Neergaande bocht	300	0,0029	0,19
w11	250	0,0035	0,22
w12	250	0,0035	0,22

$$\sigma_{qr} = K_{b,ind} \cdot Q_r \cdot D_o \cdot \frac{r_u}{W_w} = 0,179 \cdot Q_r \cdot 250 \cdot \frac{125,00}{86,64}$$

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

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

$$\sigma_{ax} = 30 \cdot 0,0002 \cdot 1100 = 6,60 \text{ N/mm}^2$$

7. Toetsing op minimale ringstijfheid S_N

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

$$S_N = 1100 \cdot \frac{987,70}{227,2^3} = 0,0926 \text{ N/mm}^2 = 92,64 \text{ kN/m}^2$$

Minimaal vereiste ringstijfheid = 2 kN/m²

8. Toetsing op implosie: berekening van de alzijdige overdruk

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

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

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

$$p_{o,kort} = \frac{1}{1,5 \cdot (1 - 0,4^2)} \cdot \frac{24 \cdot 1.100,00 \cdot 987,70}{227,20^3} = 1,76 \text{ N/mm}^2$$

$$p_{o,lang} = \frac{1}{3 \cdot (1 - 0,4^2)} \cdot \frac{24 \cdot 200,00 \cdot 987,70}{227,20^3} = 0,16 \text{ N/mm}^2$$

Conclusie: Kans op implosie bij **16,04** m grondwater boven de leiding

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

Locatie	σ_q [N/mm ²]	σ_{qr} [N/mm ²]	α_σ [-]	σ_{y2} [N/mm ²]
1e rechte deel	4,55	-	0,65	2,96
w1	6,41	0,19	0,65	4,29
w2	4,13	0,19	0,65	2,80
w3	4,46	0,19	0,65	3,02
w4	7,53	0,19	0,65	5,02
Calandweg1	10,34	0,19	0,65	6,84
Calandweg2	1,88	0,19	0,65	1,34
w5	1,59	0,19	0,65	1,15
w6	1,18	0,19	0,65	0,89
w7	1,19	0,19	0,65	0,89
w8	1,36	0,19	0,65	1,01
Neergaande bocht	1,38	0,19	0,65	1,01
2e rechte deel	1,37	-	0,65	0,89
w9	1,39	-	0,65	0,91
w10	1,41	-	0,65	0,91
Opgaande bocht	10,06	-	0,65	6,54
w11	6,11	0,22	0,65	4,12
w12	8,53	0,22	0,65	5,69
3e rechte deel	4,48	-	0,65	2,91

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

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

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

9.2 Optredende spanningen in langsrichting van de leiding

Locatie	σ_{pl} [N/mm ²]	σ_{ax} [N/mm ²]	σ_b [N/mm ²]	α_{σ} [-]	σ_x [N/mm ²]
1e rechte deel	0,00	6,60	-	-	6,60
w1	0,00	6,60	0,71	0,65	7,06
w2	0,00	6,60	0,71	0,65	7,06
w3	0,00	6,60	0,71	0,65	7,06
w4	0,00	6,60	0,71	0,65	7,06
Calandweg1	0,00	6,60	0,71	0,65	7,06
Calandweg2	0,00	6,60	0,71	0,65	7,06
w5	0,00	6,60	0,71	0,65	7,06
w6	0,00	6,60	0,71	0,65	7,06
w7	0,00	6,60	0,71	0,65	7,06
w8	0,00	6,60	0,71	0,65	7,06
Neergaande bocht	0,00	6,60	0,71	0,65	7,06
2e rechte deel	0,00	6,60	-	-	6,60
w9	0,00	6,60	-	-	6,60
w10	0,00	6,60	-	-	6,60
Opgaande bocht	0,00	6,60	-	-	6,60
w11	0,00	6,60	0,86	0,65	7,16
w12	0,00	6,60	0,86	0,65	7,16
3e rechte deel	0,00	6,60	-	-	6,60

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

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

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

10. Berekening van de optredende en toelaatbare deflectie

Locatie	Q_n [N/mm ¹]	$Q_{n,r}$ [N/mm ¹]	Q_v [N/mm ¹]	Q_r [N/mm ²]	δ_Y [mm]	δ_Y/D_g [%]
1e rechte deel	13,50	-	0,00	-	4,86 ⁽¹⁾	2,14
w1	19,02	-	0,00	0,0029	6,85 ⁽¹⁾	3,01
w2	12,25	-	0,00	0,0029	4,41 ⁽¹⁾	1,94
w3	13,24	-	0,00	0,0029	4,77 ⁽¹⁾	2,10
w4	21,96	-	0,39	0,0029	7,97 ⁽¹⁾	3,51
Calandweg1	29,33	-	1,36	0,0029	10,80 ⁽¹⁾	4,75
Calandweg2	34,56	4,51	1,06	0,0029	2,37 ⁽²⁾	0,80
w5	35,22	4,51	0,20	0,0029	2,17 ⁽²⁾	0,73
w6	23,89	3,50	0,00	0,0029	1,64 ⁽²⁾	0,56
w7	25,14	3,53	0,00	0,0029	1,66 ⁽²⁾	0,56
w8	32,54	4,05	0,00	0,0029	1,90 ⁽²⁾	0,64
Neergaande bocht	41,55	4,08	0,00	0,0029	1,92 ⁽²⁾	0,65
2e rechte deel	40,58	4,08	0,00	-	1,91 ⁽²⁾	0,65
w9	39,67	4,13	0,00	-	1,85 ⁽²⁾	0,61
w10	29,40	4,17	0,00	-	1,96 ⁽²⁾	0,66
Opgaande bocht	29,84	-	0,00	-	10,74 ⁽¹⁾	4,73
w11	18,13	-	0,00	0,0035	6,53 ⁽¹⁾	2,87
w12	25,31	-	0,00	0,0035	9,11 ⁽¹⁾	4,01
3e rechte deel	13,30	-	0,00	-	4,78 ⁽¹⁾	2,11

$$\delta_Y = \frac{(0,089 \cdot Q - 0,095 \cdot Q_{n,h} + 0,048 \cdot Q_r) \cdot r_g^3}{E' \cdot I_w} \quad (1)$$

$$\delta_Y = \frac{(0,089 \cdot (Q_n + \frac{1}{2} \cdot Q_v) - 0,095 \cdot (1 - \sin \varphi) \cdot (Q_n + \frac{1}{2} \cdot Q_v) + 0,048 \cdot Q_r) \cdot 113,60^3}{200 \cdot 987,70}$$

$$\delta_Y = \frac{(0,089 \cdot Q - 0,095 \cdot Q_{n,r} + 0,048 \cdot Q_r) \cdot r_g^3}{E' \cdot I_w} \quad (2)$$

$$\delta_Y = \frac{(0,089 \cdot (Q_{n,r} + \frac{1}{2} \cdot Q_v) - 0,095 \cdot \frac{(1 - \sin \varphi)}{(1 + \sin \varphi)} \cdot (Q_{n,r} + \frac{1}{2} \cdot Q_v) + 0,048 \cdot Q_r) \cdot 113,60^3}{200 \cdot 987,70}$$

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

11. Berekening van de boorspoeldrukken

Locatie	H [m]	σ_{vert} [kN/m ²]	σ_{hor} [kN/m ²]	σ_o' [kN/m ²]	p'_f [kN/m ²]	E_{100} [MN/m ²]
1e rechte deel	3,50	41,42	17,66	29,54	46,49	55,12
w1	5,20	56,71	24,18	40,45	63,65	65,42
w2	4,20	33,22	14,17	23,69	37,28	52,51
w3	4,50	35,96	15,33	25,65	40,36	54,58
w4	6,10	64,86	27,66	46,26	72,79	70,28
Calandweg1	8,40	85,23	36,34	60,79	95,65	81,23
Calandweg2	10,00	99,76	42,54	71,15	111,96	88,18
w5	10,20	101,59	43,32	72,45	114,01	89,02
w6	8,90	63,51	27,08	45,30	71,28	73,31
w7	9,30	66,96	28,55	47,76	75,15	75,21
w8	10,50	91,79	39,14	65,47	103,01	85,57
Neergaande bocht	13,30	116,71	49,77	83,24	130,98	96,69
2e rechte deel	13,00	114,01	48,61	81,31	127,95	95,55
w9	12,70	111,52	51,60	81,56	125,38	56,68
w10	9,20	81,21	34,63	57,92	91,14	81,33
Opgaande bocht	9,30	82,52	35,19	58,85	92,61	81,94
w11	5,70	50,06	21,35	35,70	56,18	63,88
w12	7,50	71,70	30,57	51,14	80,47	75,46
3e rechte deel	3,80	38,40	16,37	27,39	43,10	54,70

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

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

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

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

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

Locatie	G [MN/m ²]	Q [-]	u [N/mm ²]	v [-]	p _{lim} [N/mm ²]	90% p _{lim} [bar] 1
1e rechte deel	28,48	0,00060	0,0185	0,2989	0,72	6,44
w1	33,80	0,00069	0,0355	0,2989	0,94	8,47
w2	27,13	0,00050	0,0420	0,2989	0,64	5,73
w3	28,20	0,00052	0,0450	0,2989	0,68	6,12
w4	36,31	0,00073	0,0445	0,2989	1,06	9,51
Calandweg1	41,97	0,00083	0,0675	0,2989	1,34	12,03
Calandweg2	45,56	0,00090	0,0835	0,2989	1,53	13,76
w5	45,99	0,00090	0,0855	0,2989	1,55	13,98
w6	37,88	0,00069	0,0890	0,2989	1,10	9,93
w7	38,86	0,00070	0,0930	0,2989	1,15	10,37
w8	44,21	0,00085	0,0910	0,2989	1,45	13,02
Neergaande bocht	49,96	0,00096	0,1190	0,2989	1,77	15,94
2e rechte deel	49,37	0,00094	0,1160	0,2989	1,74	15,63
w9	30,44	0,0014	0,1130	0,3163	1,35	12,13
w10	42,02	0,00079	0,1120	0,2989	1,34	12,09
Opgaande bocht	42,34	0,00080	0,1130	0,2989	1,36	12,24
w11	33,00	0,00062	0,0770	0,2989	0,91	8,16
w12	38,99	0,00075	0,0690	0,2989	1,18	10,58
3e rechte deel	28,26	0,00056	0,0320	0,2989	0,69	6,25

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

$$Q = \frac{\sigma'_0 \cdot \sin(\varphi) + c \cdot \cos(\varphi)}{G}$$

$$u = \gamma_w \cdot H_n$$

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

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

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

11.1 Tijdens pilot

Locatie	$R_{p,max}$ [m]	Δh_{in} [m]	p_{max} [N/mm ²]	p_{max} [bar] 2	p_{min} [N/mm ²]	p_{min} [bar] 3
1e rechte deel	1,10	3,49	0,31	3,09	0,04	0,43
w1	1,03	5,40	0,41	4,13	0,07	0,67
w2	1,20	5,98	0,29	2,90	0,07	0,74
w3	1,18	6,38	0,31	3,10	0,08	0,79
w4	0,99	6,71	0,47	4,67	0,08	0,84
Calandweg1	0,93	8,48	0,60	5,97	0,11	1,06
Calandweg2	0,90	9,98	0,69	6,87	0,13	1,25
w5	0,89	10,24	0,70	6,98	0,13	1,29
w6	1,03	10,60	0,51	5,12	0,13	1,34
w7	1,01	10,99	0,53	5,35	0,14	1,39
w8	0,92	11,19	0,66	6,57	0,14	1,41
Neergaande bocht	0,87	13,72	0,81	8,08	0,18	1,80
2e rechte deel	0,87	13,72	0,79	7,92	0,19	1,89
w9	0,71	13,72	0,65	6,47	0,19	1,94
w10	0,96	13,72	0,63	6,26	0,20	1,95
Opgaande bocht	0,95	13,72	0,63	6,34	0,20	1,97
w11	1,08	9,48	0,42	4,23	0,16	1,60
w12	0,98	8,45	0,53	5,31	0,15	1,49
3e rechte deel	1,14	4,93	0,31	3,08	0,11	1,12

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

$$R_o = \frac{D_p}{2} = \frac{170}{2} = 85 \text{ mm}$$

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

$$v_{m,p} = \frac{Q_{m,p}}{A_p} = \frac{100}{1/4 \cdot \pi \cdot (D_p^2 - D_b^2)} = \frac{100}{1/4 \cdot \pi \cdot (170^2 - 114^2)} = 0,133 \text{ m/s}$$

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

11.2 Tijdens ruimgang

Locatie	$R_{p,max}$ [m]	Δh_{uit} [m]	P_{max} [N/mm ²]	P_{max} [bar] 4	P_{min} [N/mm ²]	P_{min} [bar] 5
3e rechte deel	1,90	4,08	0,17	1,68	0,05 ⁽¹⁾	0,47
w12	3,75	7,60	0,48	4,78	0,09 ⁽¹⁾	0,88
w11	2,85	8,63	0,31	3,14	0,10 ⁽¹⁾	1,00
Opgaande bocht	4,37	12,87	0,63	6,34	0,15 ⁽¹⁾	1,50
w10	4,39	12,87	0,63	6,26	0,15 ⁽¹⁾	1,50
w9	3,25	12,87	0,65	6,47	0,15 ⁽¹⁾	1,50
2e rechte deel	4,01	12,87	0,79	7,92	0,15 ⁽¹⁾	1,50
Neergaande bocht	3,99	12,87	0,81	8,08	0,15 ⁽¹⁾	1,51
w8	4,23	10,34	0,66	6,57	0,12 ⁽¹⁾	1,23
w7	4,64	10,15	0,53	5,35	0,12 ⁽¹⁾	1,21
w6	4,45	9,75	0,50	4,97	0,12 ⁽¹⁾	1,16
w5	4,10	9,39	0,70	6,98	0,11 ⁽¹⁾	1,12
Calandweg2	4,12	9,13	0,69	6,87	0,11 ⁽¹⁾	1,09
Calandweg1	4,20	7,63	0,59	5,91	0,09 ⁽¹⁾	0,92
w4	3,05	5,86	0,37	3,65	0,07 ⁽¹⁾	0,72
w3	2,25	5,53	0,19	1,89	0,07 ⁽¹⁾	0,68
w2	2,10	5,13	0,17	1,69	0,06 ⁽¹⁾	0,63
w1	2,60	4,55	0,29	2,86	0,06 ⁽¹⁾	0,57
1e rechte deel	1,75	2,64	0,16	1,57	0,04 ⁽¹⁾	0,35

$$R_o = \frac{D_{g,r}}{2} = \frac{780}{2} = 390 \text{ mm}$$

$$v_{m,r,uit} = \frac{Q_{m,r}}{A_r} = \frac{500}{1/4 \cdot \pi \cdot (D_{g,r}^2 - D_b^2)} = \frac{500}{1/4 \cdot \pi \cdot (780^2 - 114^2)} = 0,018 \text{ m/s}$$

$$v_{m,r,in} = \frac{Q_{m,r}}{A_p} = \frac{500}{1/4 \cdot \pi \cdot (D_p^2 - D_b^2)} = \frac{500}{1/4 \cdot \pi \cdot (170^2 - 114^2)} = 0,667 \text{ m/s}$$

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

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

11.3 Tijdens intrekken

Locatie	$R_{p,max}$ [m]	Δh_{uit} [m]	P_{max} [N/mm ²]	P_{max} [bar] 6	P_{min} [N/mm ²]	P_{min} [bar] 7
3e rechte deel	1,90	4,08	0,17	1,68	0,05 ⁽¹⁾	0,48
w12	3,75	7,60	0,48	4,78	0,09 ⁽¹⁾	0,89
w11	2,85	8,63	0,31	3,14	0,10 ⁽¹⁾	1,01
Opgaande bocht	4,37	12,87	0,63	6,34	0,15 ⁽¹⁾	1,52
w10	4,39	12,87	0,63	6,26	0,15 ⁽¹⁾	1,52
w9	3,25	12,87	0,65	6,47	0,15 ⁽¹⁾	1,53
2e rechte deel	4,01	12,87	0,79	7,92	0,15 ⁽¹⁾	1,54
Neergaande bocht	3,99	12,87	0,81	8,08	0,16 ⁽¹⁾	1,55
w8	4,23	10,34	0,66	6,57	0,13 ⁽¹⁾	1,28
w7	4,64	10,15	0,53	5,35	0,13 ⁽¹⁾	1,26
w6	4,45	9,75	0,50	4,97	0,12 ⁽¹⁾	1,21
w5	4,10	9,39	0,70	6,98	0,12 ⁽¹⁾	1,17
Calandweg2	4,12	9,13	0,69	6,87	0,11 ⁽¹⁾	1,15
Calandweg1	4,20	7,63	0,59	5,91	0,10 ⁽¹⁾	0,98
w4	3,05	5,86	0,37	3,65	0,08 ⁽²⁾	0,78
w3	2,25	5,53	0,19	1,89	0,07 ⁽²⁾	0,74
w2	2,10	5,13	0,17	1,69	0,07 ⁽²⁾	0,69
w1	2,60	4,55	0,29	2,86	0,06 ⁽²⁾	0,62
1e rechte deel	1,75	2,64	0,16	1,57	0,04 ⁽²⁾	0,40

$$D_{eq} = \sqrt{\sum_{i=1}^n D_{0,i}^2} = 500 \text{ mm}$$

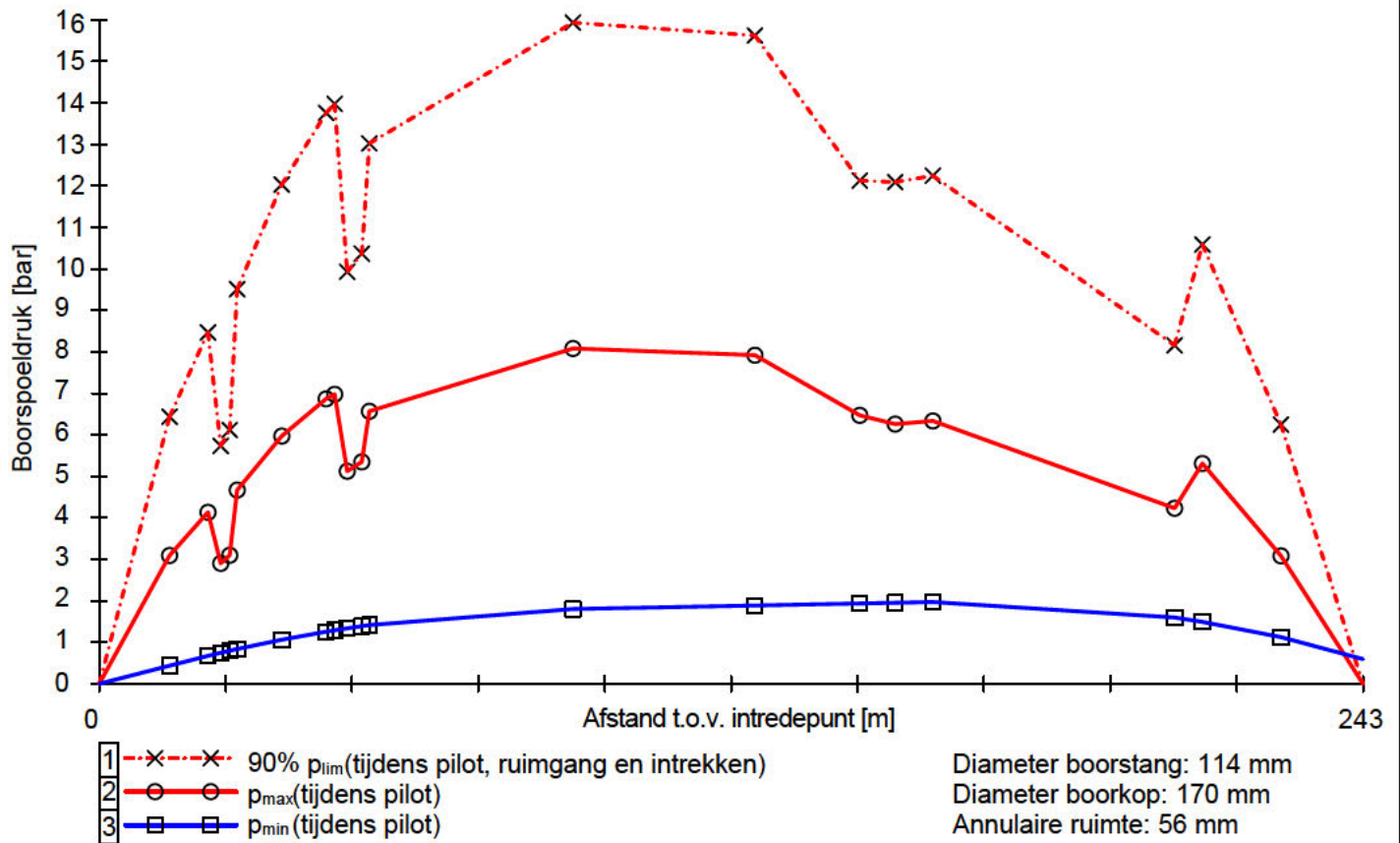
$$R_o = \frac{D_{g,r}}{2} = \frac{780}{2} = 390 \text{ mm}$$

$$v_{m,i,uit} = \frac{Q_{m,i}}{A_i} = \frac{300}{1/4 \cdot \pi \cdot (D_{g,r}^2 - D_{eq}^2)} = \frac{300}{1/4 \cdot \pi \cdot (780^2 - 500^2)} = 0,018 \text{ m/s}$$

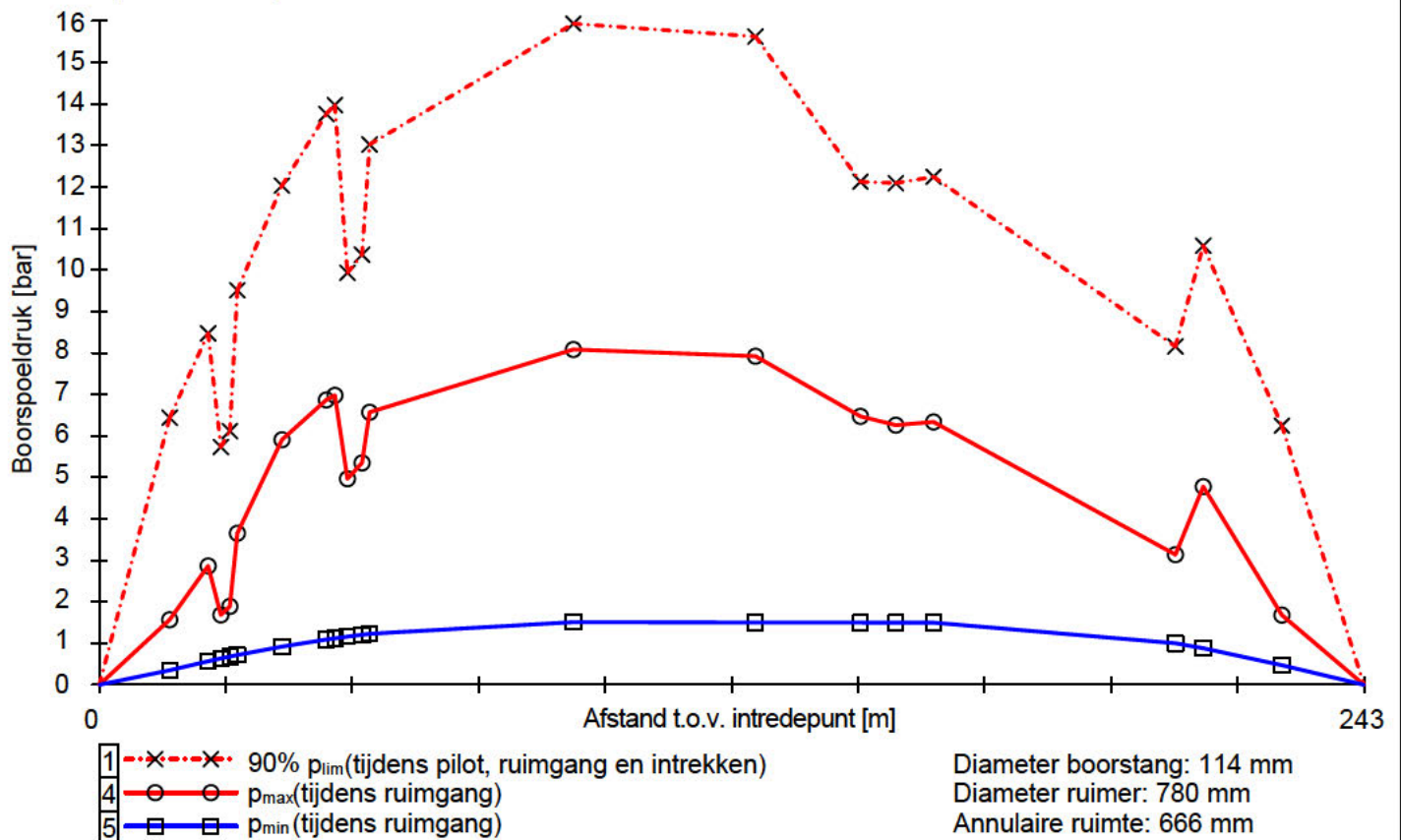
$$p_{min,uit} = \left(\frac{14580 \cdot \eta_i \cdot v_{m,i,uit}}{(D_{g,r} - D_{eq})^2} + \frac{\tau_{y,i}}{D_{g,r} - D_{eq}} \right) \cdot (L_{tot} - L) + \rho_{m,i} \cdot \Delta h_{uit} \quad (1)$$

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

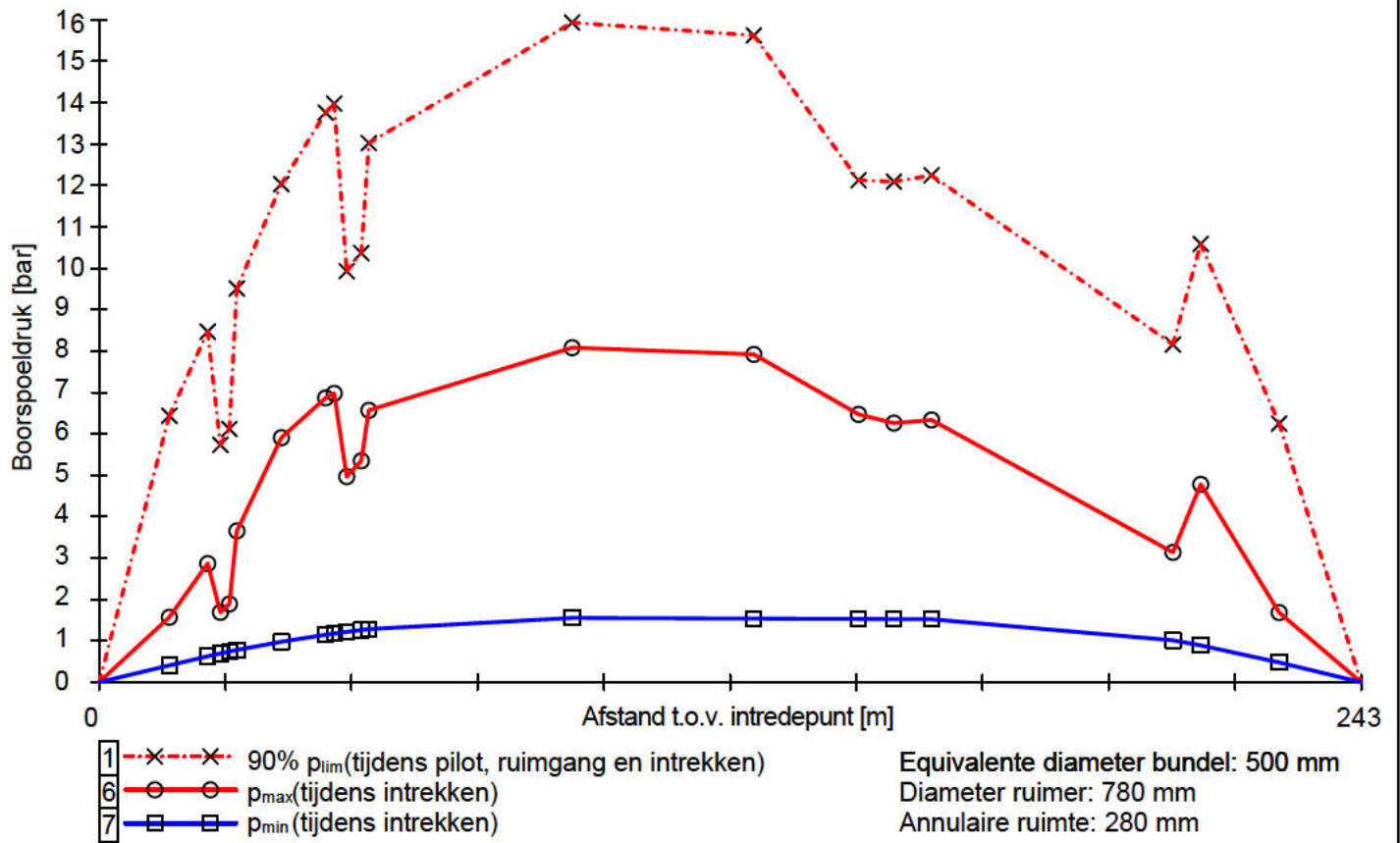
11.4 Boorspoeldrukken tijdens pilot



11.5 Boorspoeldrukken tijdens ruimen

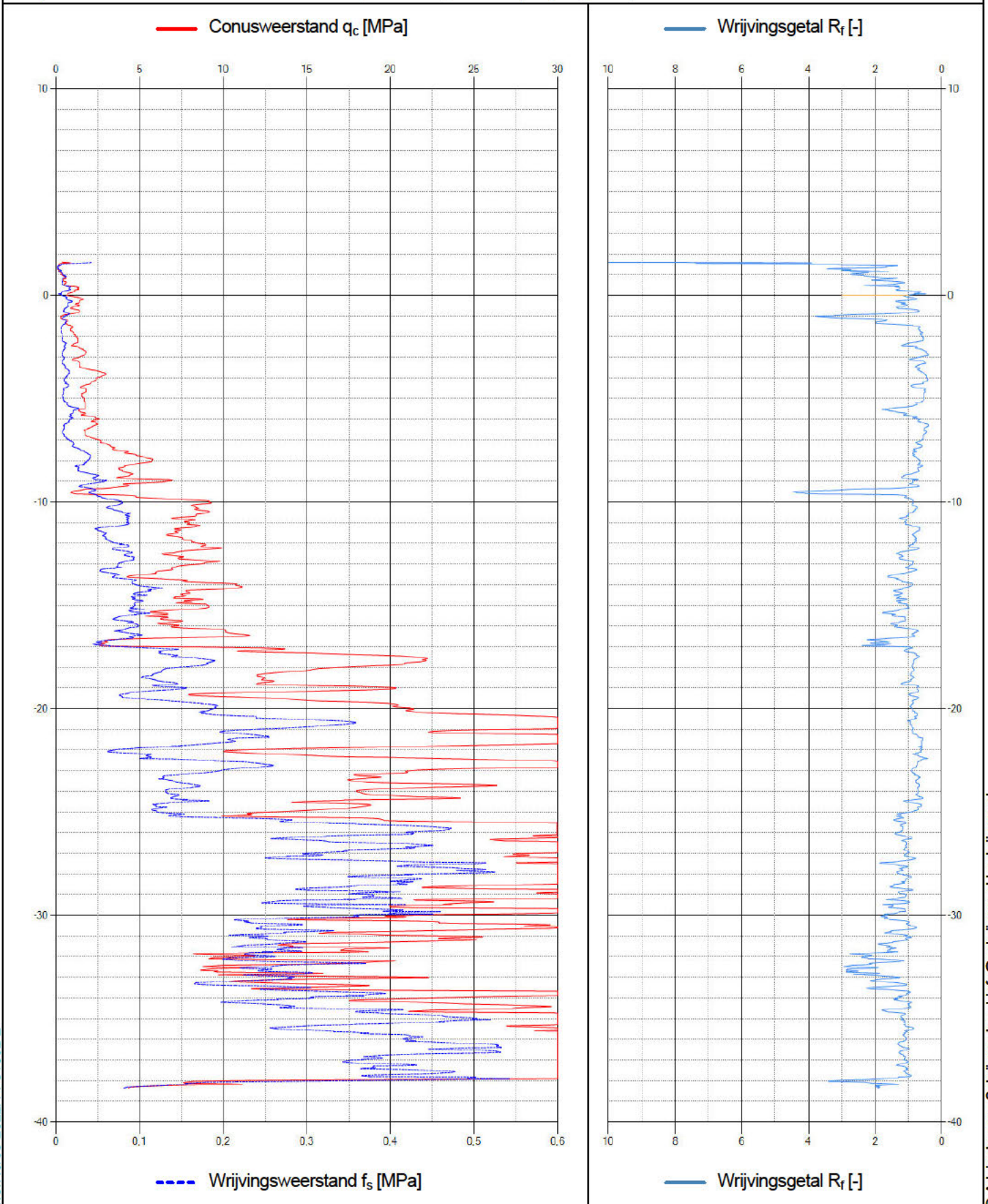


11.6 Boorspoeldrukken tijdens intrekken



Naam van het project : TenneT Nederwiek 1

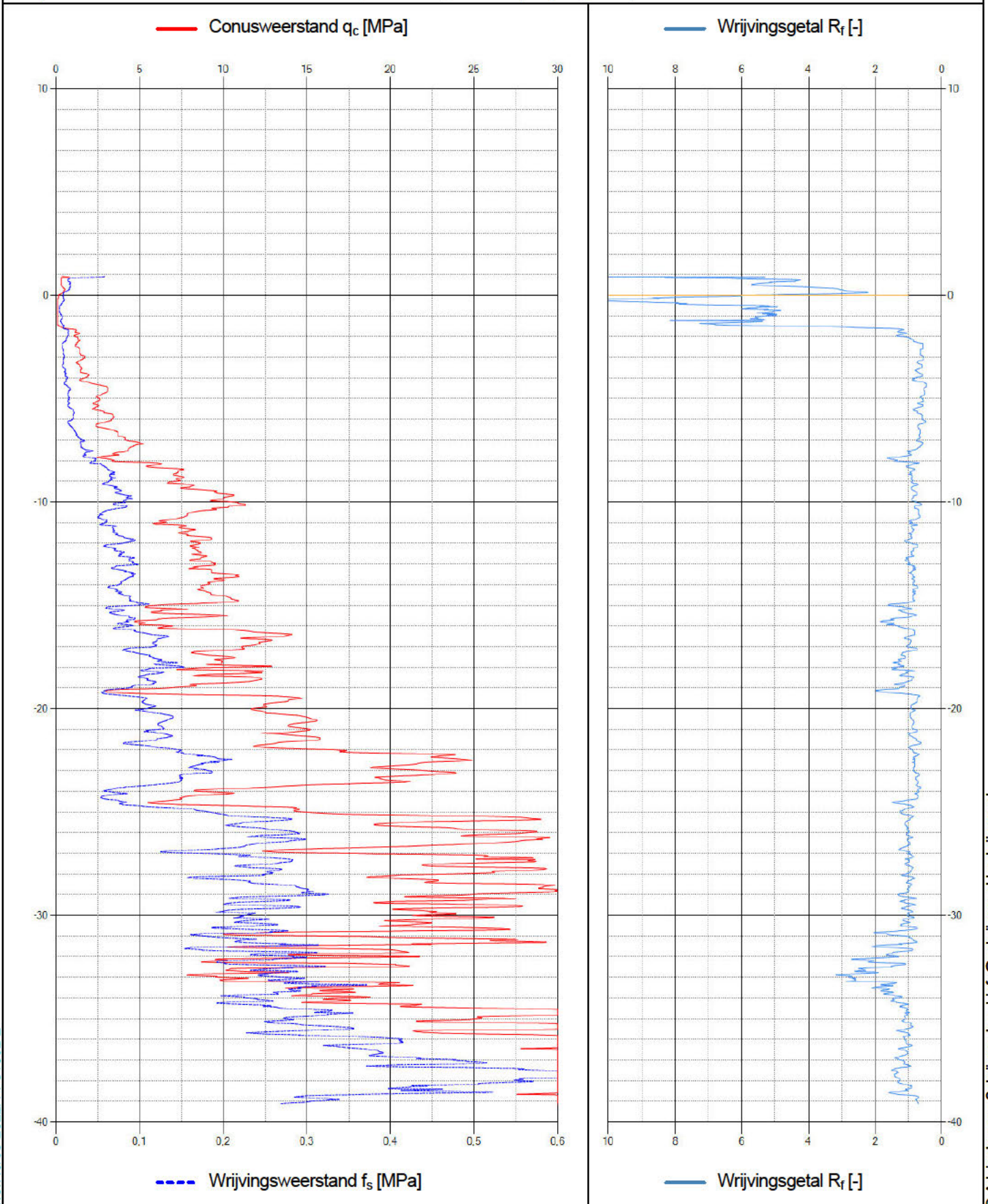
Projectonderdeel : HDDN10 Calandweg Ø250mm, SDR 11 (100pct gevuld)



1.3.7.003-2022/14-31382-2

Naam van het project : TenneT Nederwiek 1

Projectonderdeel : HDDN10 Calandweg Ø250mm, SDR 11 (100pct gevuld)

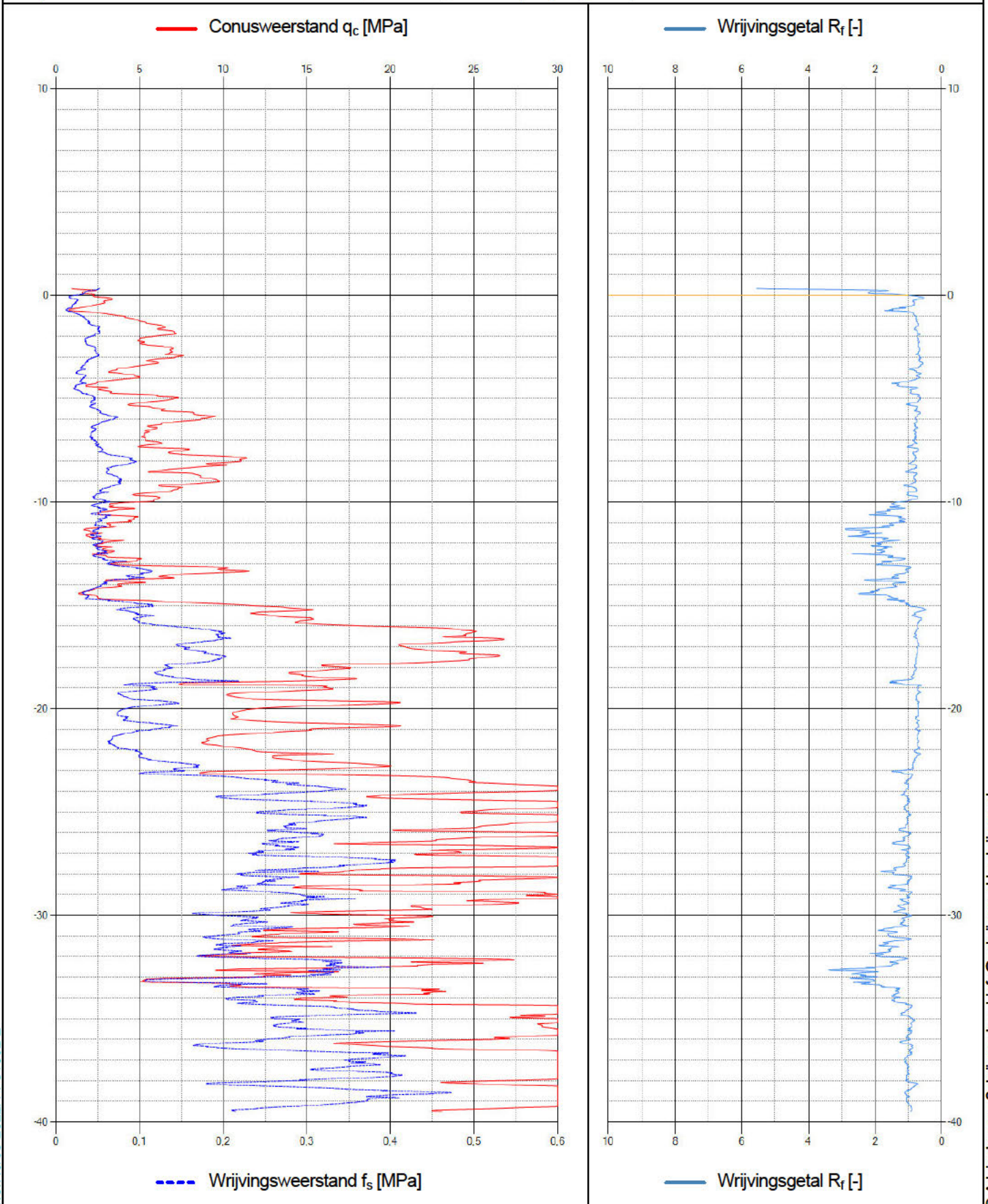


1.3.7.003-2022/14-31382-2

© Adviesbureau Schrijvers b.v. | info@schrijvers.nl | schrijvers.nl

Naam van het project : TenneT Nederwiek 1

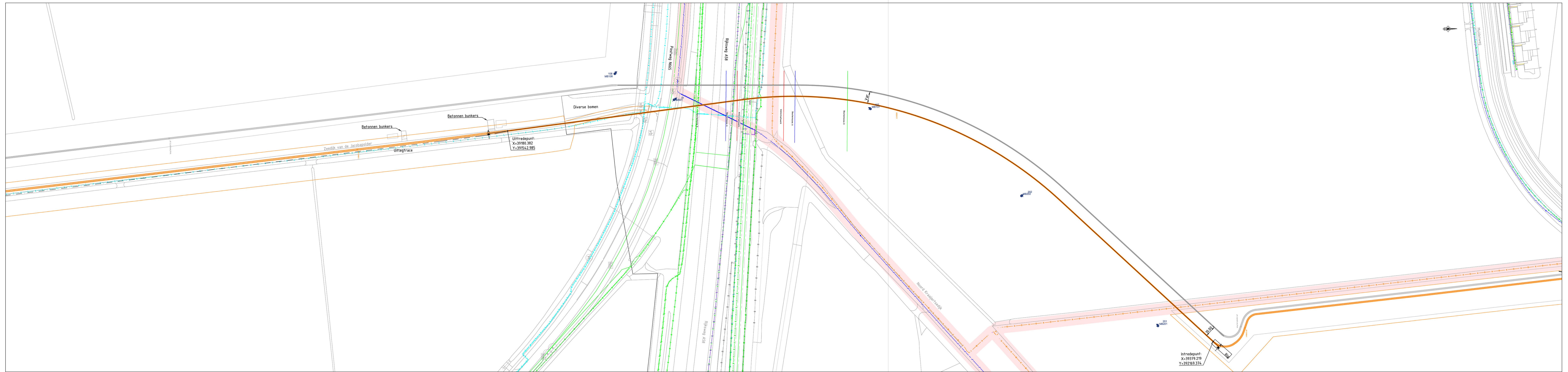
Projectonderdeel : HDDN10 Calandweg Ø250mm, SDR 11 (100pct gevuld)



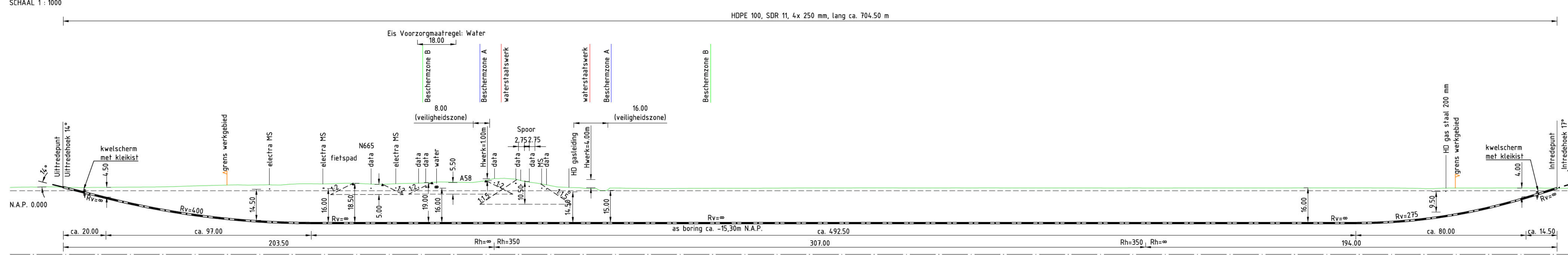
Net op Zee – Nederwiek 1

Aanvraag watervergunning Waterschap Scheldestromen

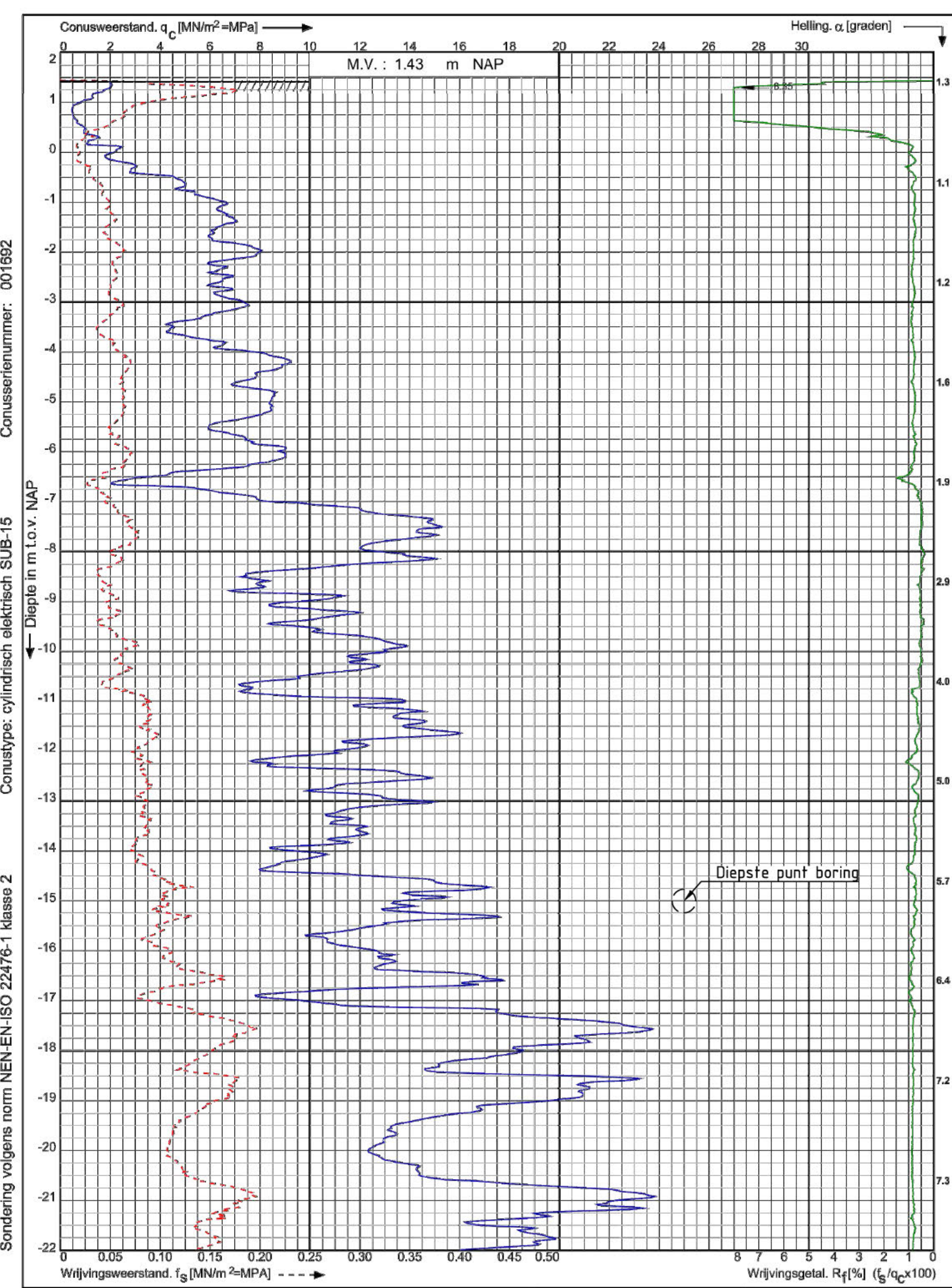
Bijlage 6c: A58



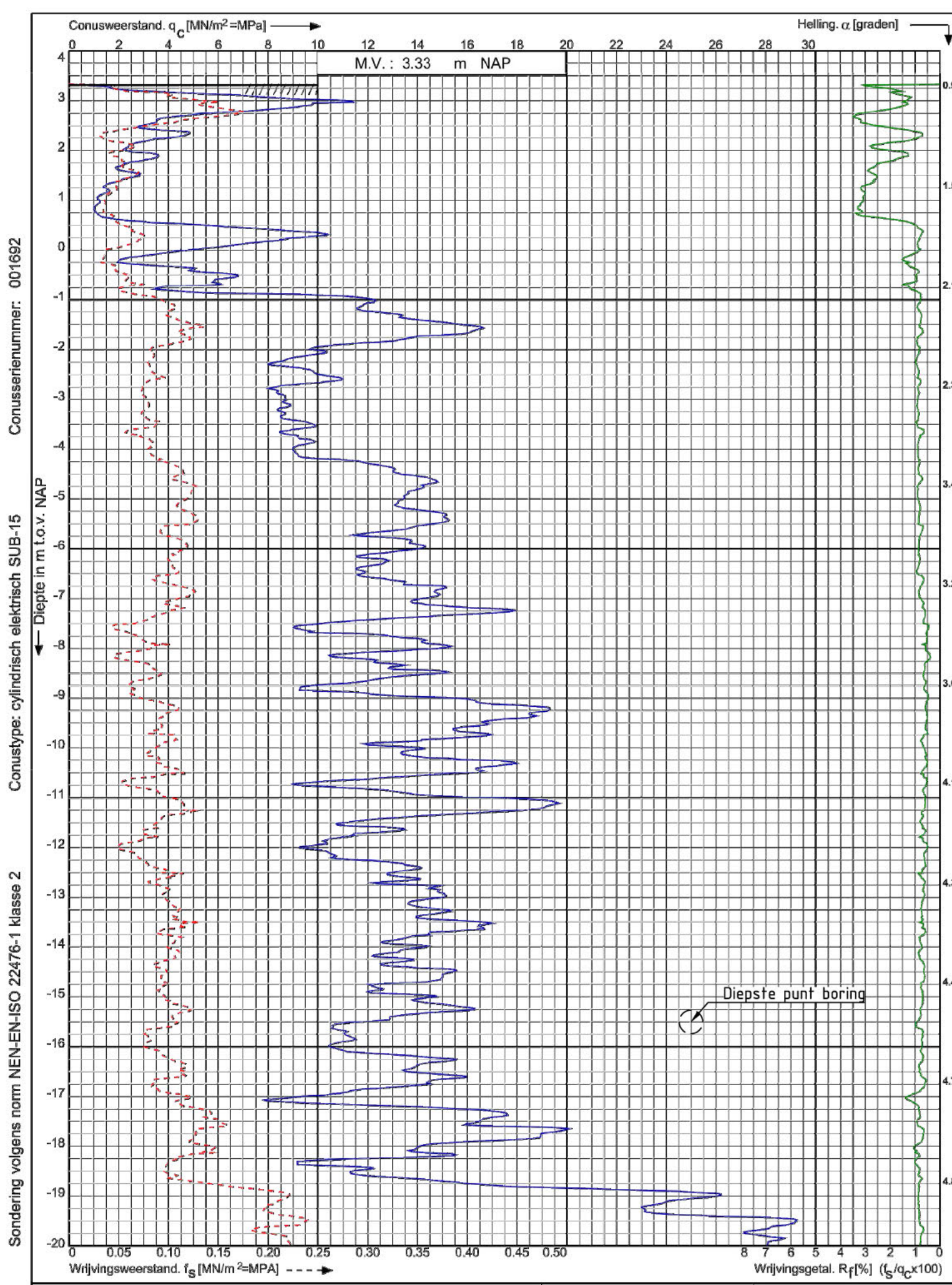
Situatie



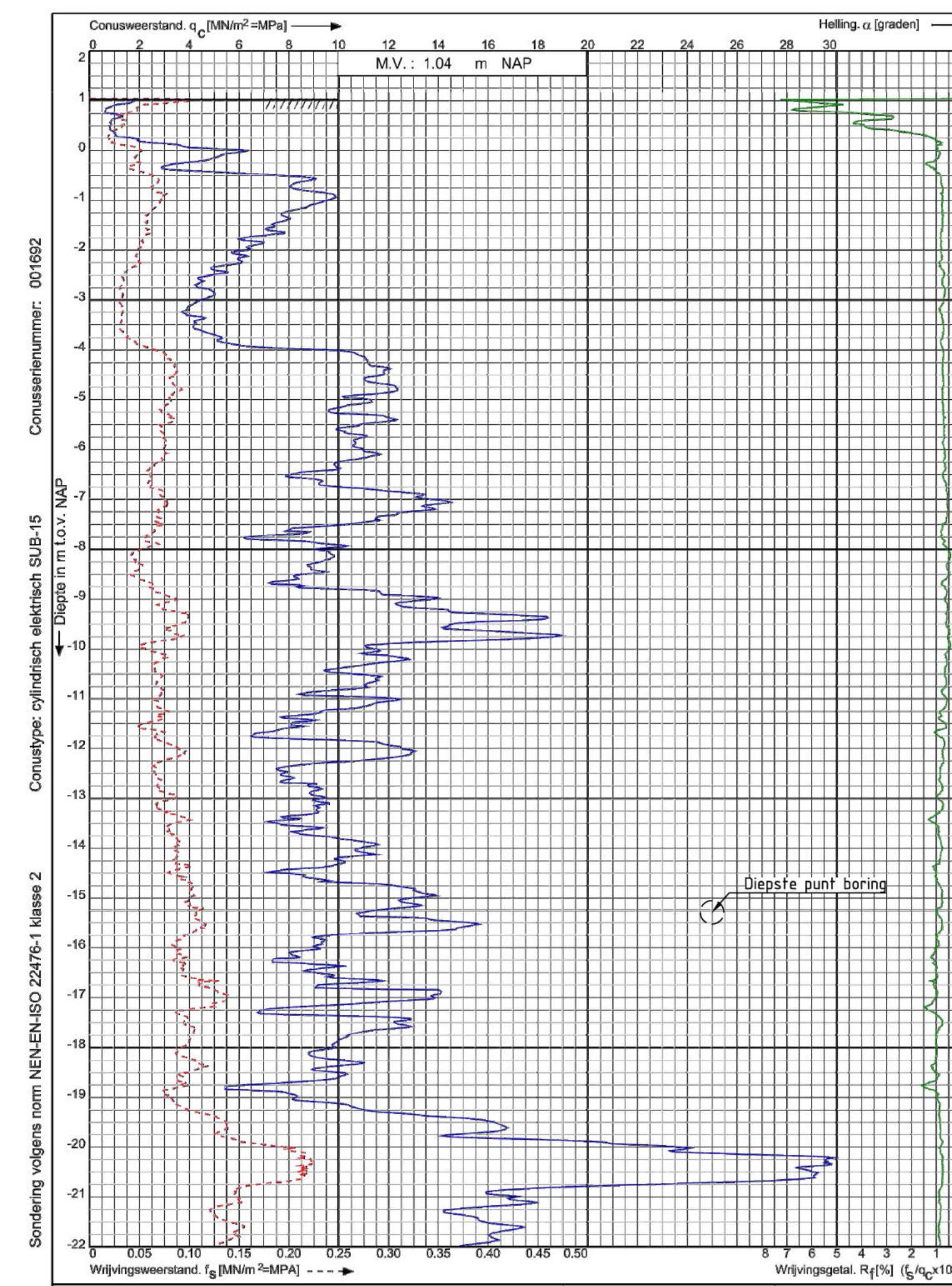
Lengte profiel boring Rijksweg A58 (12) DWP A-A'



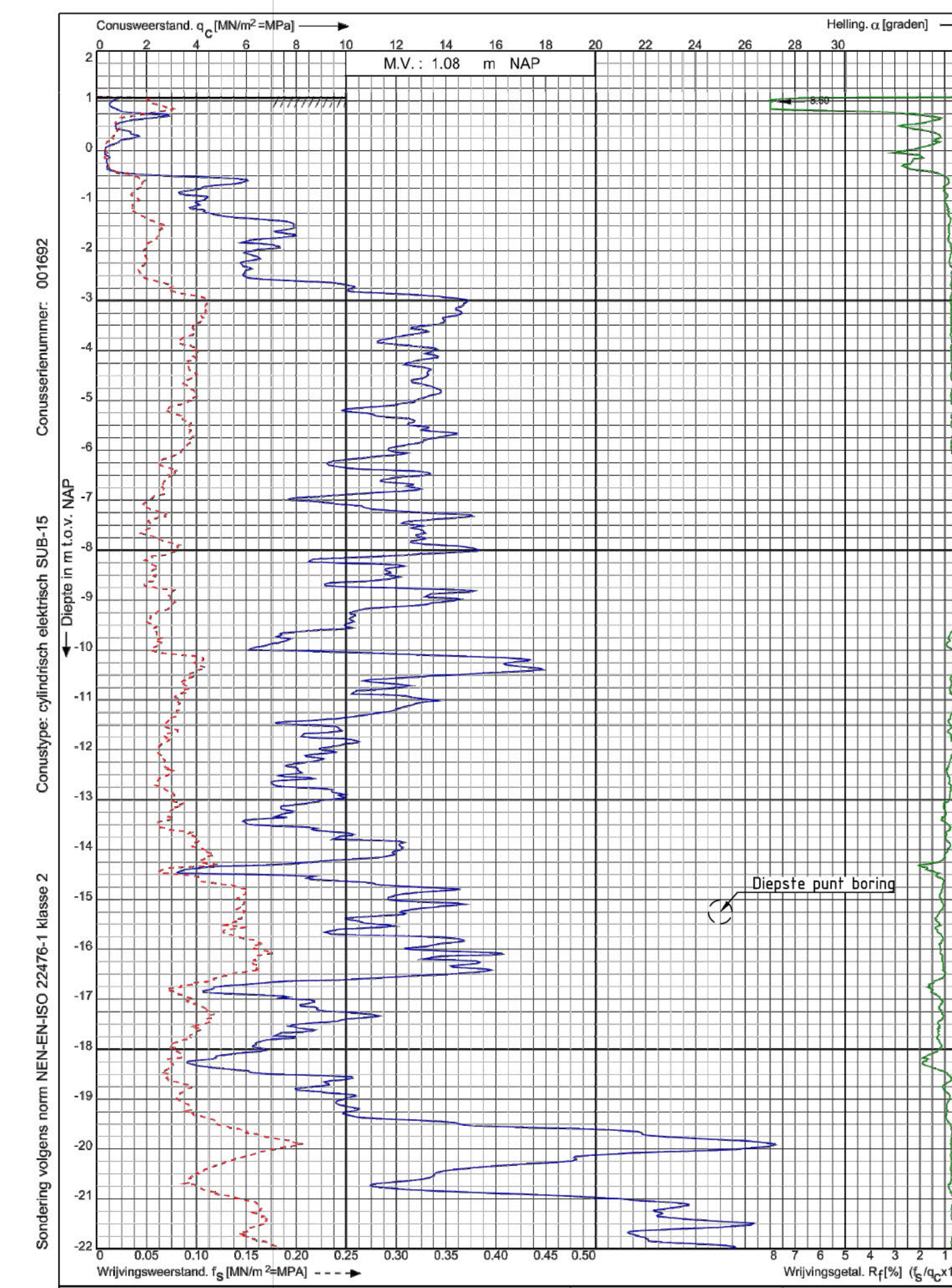
Tunnel kabeltracé Umuuden Ver Alpha te Umuuden
RD-coördinaten: X=39130.99 Y=391840.56
Opdr. nr.: 2020-1142
Datum uitv.: 7-9-2021
Sond. nr.: 108



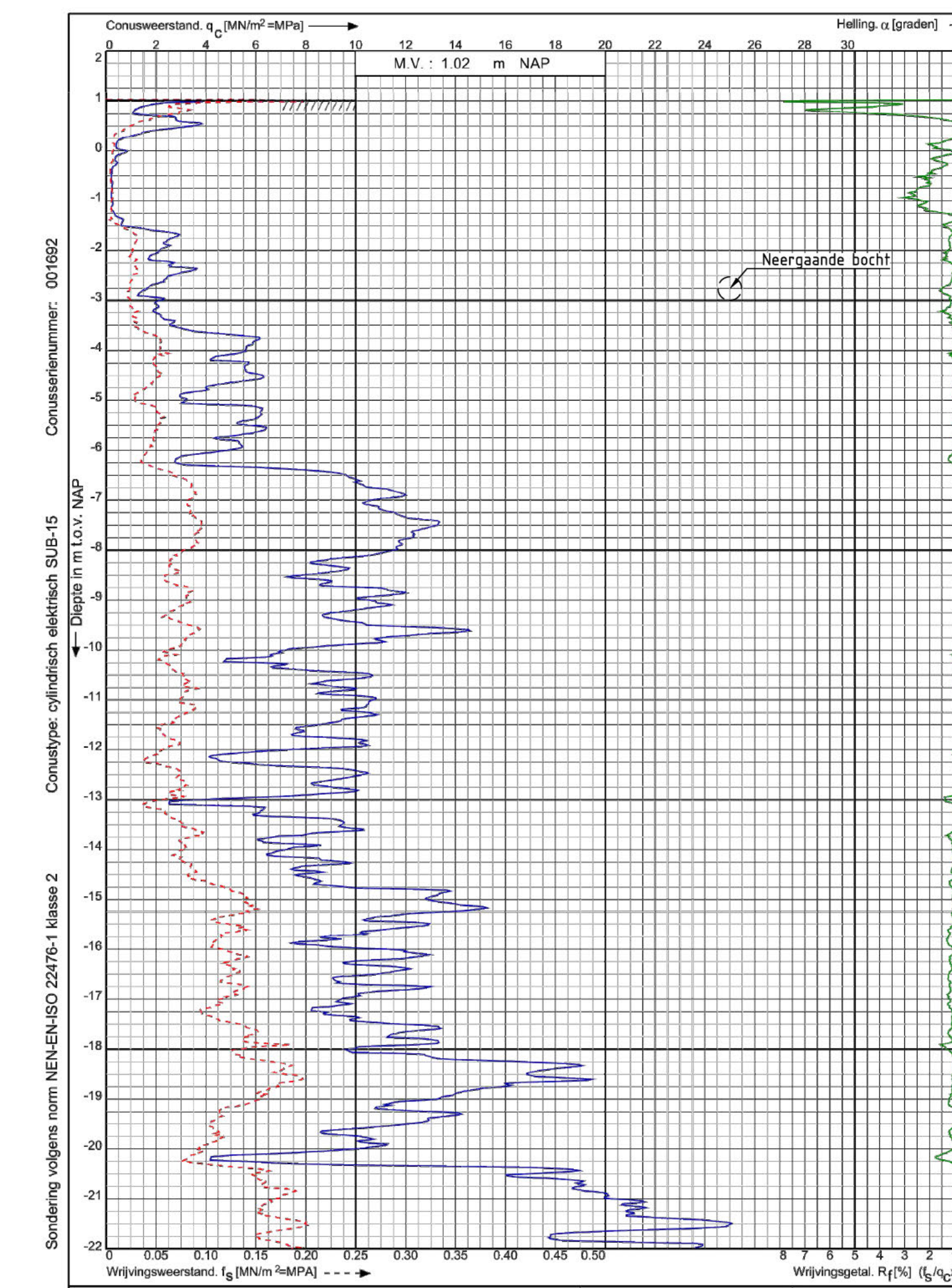
Tunnel kabeltracé Umuuden Ver Alpha te Umuuden
RD-coördinaten: X=39165.47 Y=391693.48
Opdr. nr.: 2020-1142
Datum uitv.: 7-9-2021
Sond. nr.: 131



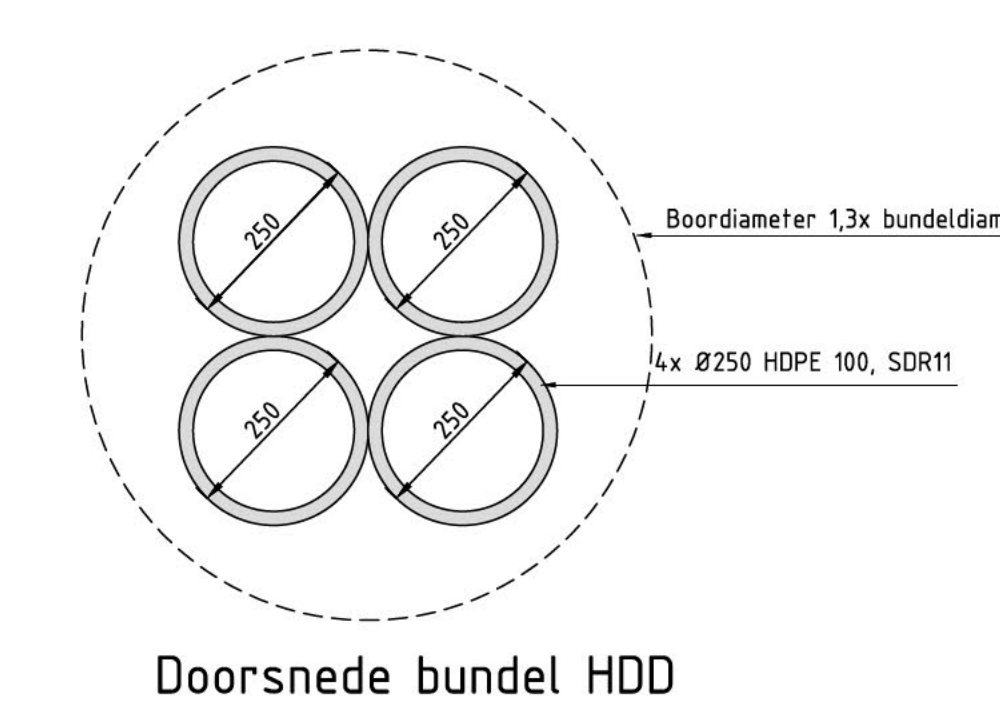
Tunnel kabeltracé Umuuden Ver Alpha te Umuuden
RD-coördinaten: X=39246.98 Y=392031.31
Opdr. nr.: 2020-1142
Datum uitv.: 6-9-2021
Sond. nr.: 107



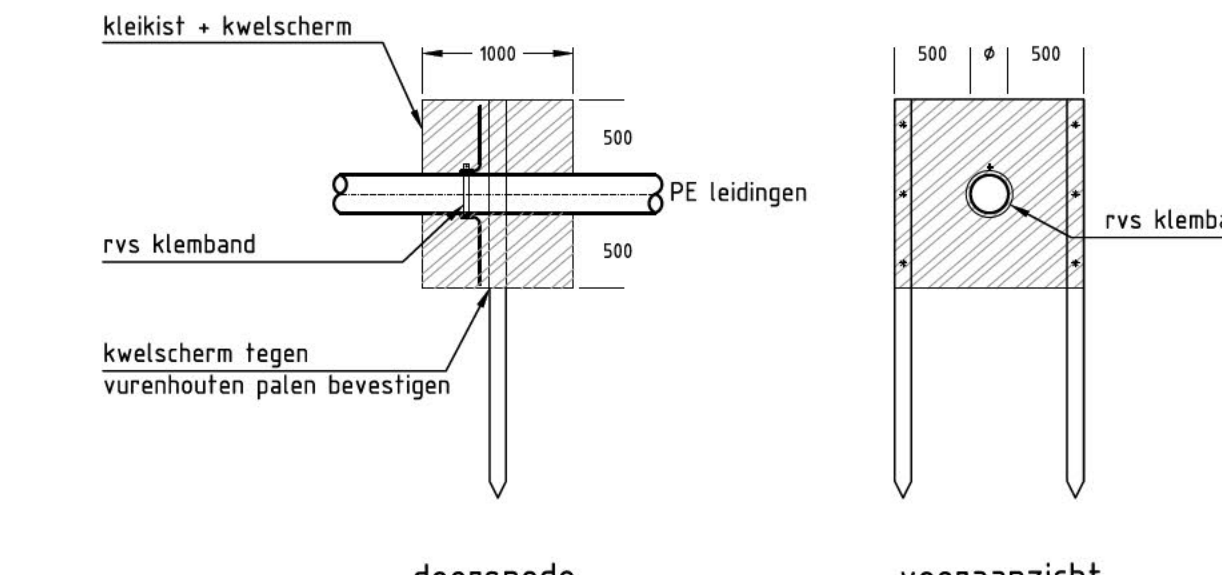
Tunnel kabeltracé Umuuden Ver Alpha te Umuuden
RD-coördinaten: X=39246.98 Y=392031.31
Opdr. nr.: 2020-1142
Datum uitv.: 6-9-2021
Sond. nr.: 202



Tunnel kabeltracé Umuuden Ver Alpha te Umuuden
RD-coördinaten: X=39354.73 Y=392119.88
Opdr. nr.: 2020-1142
Datum uitv.: 6-9-2021
Sond. nr.: 201



Doorsnede bundel HDD



Principe detail

- Legenda bestaende K&L
- Elektra HS
 - Elektra LS
 - Gasleiding
 - Kwetscherm
 - Grondwater
 - Sondboring
 - Grans verprijkelid
- KLIC melding nr(s): 20011918

- Opmerkingen:
- Bestaende kabels en leidingen zijn ingetekend aan de hand van KLIC melding(en)
 - Exacte locatie van de bestaende kabels en leidingen tijdens uitvoering bepalen door middel van proefsterven

Opmerkingen:

Alle maten in m, tenzij anders vermeld. Alle hoogten in m, ten opzichte van N.A.P.

6	02-12-2022	BO	RHW	Uittradede punt 20 meter ingekort, Definitief
5	07-10-2022	BO	RHW	Deel gewijzigd - Metingen toegevoegd - Grans verprijkelid toegevoegd
4	02-09-2022	RHW	JH	HDD nummer toegevoegd
3	05-08-2022	RHW	JH	Tracé gewijzigd
2	28-07-2022	BO	RHW	Rekeningnummer gewijzigd
1	23-06-2022	BO	JH	Concept

Rev. Datum Oet. Dez. WJZGINS

DIPRACHTGEVER: tennet
 DWTW/SP : Faw7
 PROJEKT : Net op Zee
 PROJECT : Vergunningstekening
 ONDERWERP : Horizontaal gestuurde boring kruising A58 (12)

GETEKEND : [Signature]
 SCHAAK : 20198
 DATUM : 02-12-2022
 FORMAAT : A4 (210x297)

HDDN12
 TEGENING NR.: TTB-07983

Berekening van de veiligheidszone conform NEN 3650/3651:2020		Sigma 2022 1.3 ©	
Algemene gegevens			
Naam van het project	: TenneT Nederwiek 1		
Projectonderdeel	: VZ noordzijde HDDN12 Rijksweg A58 4xØ250mm SDR11		
Gegevens van de leiding			
Soort leiding (Vloeistof / Gas / Drukloos)	= Drukloos		
Uitwendige middellijn	D_e	= 250	mm
Wanddikte	d_n	= 22,8	mm
Inwendige middellijn	D_i	= 204,4	mm
Gegevens waterstaatswerk i.v.m. berekening veiligheidszone			
Waterstaatswerk: Niet Verheeld			
Hoogteverschil kruin-maaiveld	H_{werk}	= 4	m
Berekening van de breedte van de ontgrondingskuil			
Breedte erosiekrater = 0 m			
Berekening van de lengte van de ontgrondingskuil			
Lengte erosiekrater = 0 m			
Berekening van de veiligheidszone			
Veiligheidszone = $4 \cdot H_{werk} = 4 \cdot 4,00 = 16,00$ m			
		01-12-2022 15:29:48	

Berekening van de veiligheidszone conform NEN 3650/3651:2020		Sigma 2022 1.3 ©	
Algemene gegevens			
Naam van het project : TenneT Nederwiek 1			
Projectonderdeel : VZ zuidzijde HDDN12 Rijksweg A58 4xØ250mm SDR11			
Gegevens van de leiding			
Soort leiding (Vloeistof / Gas / Drukloos)		= Drukloos	
Uitwendige middellijn		D_e	= 250 mm
Wanddikte		d_n	= 22,8 mm
Inwendige middellijn		D_i	= 204,4 mm
Gegevens waterstaatswerk i.v.m. berekening veiligheidszone			
Waterstaatswerk: Niet Verheeld			
Hoogteverschil kruin-maaiveld		H_{werk}	= 2 m
Berekening van de breedte van de ontgrondingskuil			
Breedte erosiekrater = 0 m			
Berekening van de lengte van de ontgrondingskuil			
Lengte erosiekrater = 0 m			
Berekening van de veiligheidszone			
Veiligheidszone = $4 \cdot H_{werk} = 4 \cdot 2,00 = 8,00$ m			
		01-12-2022 15:30:09	

Sterkteberekening van een horizontaal gestuurde boring conform NEN 3650/3651:2020		Sigma 2022 1.3 ©	
Algemene gegevens			
Naam van het project	: TenneT Nederwiek 1		
Projectonderdeel	: HDDN12 Rijksweg A58 Ø250mm, SDR 11 (blijvend 100pct gevuld)		
Materiaalgegevens			
Materiaalsoort:	PE		
Kwaliteit:	PE 100 SDR 11		
Lange-duur treksterkte	MRS = 10		N/mm ²
Materiaalfactor	$\gamma_M = 1,25$		-
Toelaatbare langeduur spanning	$\bar{\sigma}_t = 8,00$		N/mm ²
Elasticiteitsmodulus korte duur	E = 1.100		N/mm ²
Elasticiteitsmodulus lange duur	E' = 200		N/mm ²
Lineaire uitzettingscoëfficiënt	$\alpha_g = 20,0 \cdot 10^{-5}$		mm/(mm·K)
Alfa Tangentieel / Alfa Axiaal	$\alpha_\sigma = 0,65$		-
Soortelijk gewicht buis	$\rho_L = 9,55$		kN/m ³
Toelaatbare deflectie	$\delta = 8,00$		%
Leidinggegevens			
Uitwendige middellijn	D _e = 250,00		mm
Wanddikte	d _n = 22,8		mm
Procesgegevens			
Soort leiding (Vloeistof / Gas / Drukloos)		= Vloeistof	
Ontwerpdruk	p _d = 0		N/mm ²
Volumieke massa medium	$\rho = 1000$		kg/m ³
Temperatuurverschil	$\Delta t = 30$		°
Uitvoeringsaspecten, tracé boring, in- en uittredehoeken			
Totale lengte	L = 708,35		m
Lengte 1e rechte deel	L ₁ = 15,50		m
Lengte neergaande bocht	L ₂ = 81,59		m
Lengte 2e rechte deel	L ₃ = 492,50		m
Lengte opgaande bocht	L ₄ = 97,74		m
Lengte 3e rechte deel	L ₅ = 21,02		m
Straal maaiveld/rollenbaan	R _r = 100,00		m
Straal neergaande bocht	R ₁ = 275,00		m
Straal opgaande bocht	R ₂ = 400,00		m
Intrede-hoek (bij boorstelling)	$\alpha_1 = 17,00 / 30,57$		° / %
Uittrede-hoek (bij rollenbaan)	$\alpha_2 = 14,00 / 24,93$		° / %
Belastinghoek	$\alpha = 30$		°
Ondersteuningshoek	$\beta = 30$		°
Horizontale steundrukhoek	$\gamma = 120$		°
Grondmechanisch onderzoek uitgevoerd	$\gamma = 1,1$		
<p>The diagram illustrates the layout of a horizontal borehole. It starts with a horizontal segment of length L₁ at an angle α_1 to the horizontal. This is followed by a downward curve with radius R₁ and length L₂. A horizontal segment of length L₃ follows, then an upward curve with radius R₂ and length L₄. Finally, there is a horizontal segment of length L₅ that ends at an angle α_2 to the horizontal. The total length of the borehole is L. A radius R_r is also indicated for the final horizontal segment.</p>			

Sterkteberekening van een horizontaal gestuurde boring conform NEN 3650/3651:2020		Sigma 2022 1.3 ©	
Uitvoeringsaspecten			
Diameter boorstang	D_b	= 114	mm
<i>Tijdens pilot</i>			
Diameter boorkop/boorgat	D_p	= 170	mm
Soortelijk gewicht boorvloeistof	$\rho_{m,p}$	= 11,5	kN/m ³
Zwichtspanning boorvloeistof	$\tau_{y,p}$	= 13,4	Pa
Plastische viscositeit boorvloeistof	η_p	= 0,009	Pa·s
Debiet boorvloeistof	$Q_{m,p}$	= 100	l/min
<i>Tijdens ruimgang</i>			
Boorstangen koppelen tijden ruimen			
Diameter ruimer/boorgat	$D_{g,r}$	= 780	mm
Soortelijk gewicht boorvloeistof	$\rho_{m,r}$	= 11,5	kN/m ³
Zwichtspanning boorvloeistof	$\tau_{y,r}$	= 13,4	Pa
Plastische viscositeit boorvloeistof	η_r	= 0,009	Pa·s
Debiet boorvloeistof	$Q_{m,r}$	= 500	l/min
<i>Tijdens intrekken</i>			
Equivalent diameter bundel	D_{eq}	= 500	mm
Soortelijk gewicht boorvloeistof	$\rho_{m,i}$	= 11,5	kN/m ³
Zwichtspanning boorvloeistof	$\tau_{y,i}$	= 13,4	Pa
Plastische viscositeit boorvloeistof	η_i	= 0,009	Pa·s
Debiet boorvloeistof	$Q_{m,i}$	= 300	l/min
Aantal buizen in de bundel	n	= 4	
De bundelbuizen worden niet gekoppeld			
Gewicht vulling/extra gewicht op rollenbaan	$g_{vul, r}$	= 0,328	N/mm ¹
Gewicht vulling/extra gewicht tpv boorgang	$g_{vul, b}$	= 0,328	N/mm ¹
Onzekerheids- en wrijvingsfactoren			
Totaalfactor bij boring met bundels	f	= 1,8	
Belastingfactor, bovengronds	$f_{k,b}$	= 1,1	
Belastingfactor, ondergronds	$f_{k,o}$	= 1,4	
Onzekerheidsfactor straal, ondergronds	$f_{r,o}$	= 0,9	
Wrijvingscoëff. met rollenbaan	f_1	= 0,1	
Wrijving tussen leiding/boorvloeistof	f_2	= 0,00005	N/mm ²
Wrijving tussen leiding/boorgangwand	f_3	= 0,2	

Grondmechanische gegevens en verkeersbelasting

Locatie	Afstand t.o.v. intredepunt [m]	Dekking t.o.v. maaiveld [m]	G.W.S. t.o.v. maaiveld [m]	Grondsoort	Volumiek gewicht droge grond [kN/m ³]	Volumiek gewicht natte grond [kN/m ³]	Wrijvingshoek grond [°]
1e rechte deel	15,50	4,50	1,30	Zand	17,59	19,53	32,50
Neergaande bocht	97,09	16,20	1,30	Zand	17,59	20,41	32,50
2e rechte deel	342,57	16,20	1,30	Zand	16,45	20,79	32,50
w1	427,77	16,10	1,00	Zand	16,28	20,90	35,00
w2	429,67	14,90	0,00	Zand	0,00	20,66	35,00
w3	432,57	14,90	0,00	Zand	0,00	20,66	35,00
w4	434,27	16,00	1,00	Zand	16,29	20,90	35,00
spoor1	473,47	20,40	3,50	Zand	18,73	20,74	35,00
spoor2	482,27	20,50	3,50	Zand	18,89	20,94	35,00
A58-1	492,07	18,80	3,00	Zand	17,44	20,92	35,00
A58-2	520,37	18,30	3,00	Zand	17,44	20,92	35,00
N665-1	542,89	17,20	1,80	Zand	17,63	20,66	35,00
N665-2	557,03	16,30	1,80	Zand	18,00	20,33	35,00
Opgaande bocht	586,59	18,30	3,00	Zand	16,17	20,91	35,00
3e rechte deel	692,07	4,50	1,80	Zand	15,36	20,96	35,00

Locatie	Gemiddelde verticale beddingconstante [N/mm ³]	Effectieve cohesie [kN/m ²]	E-modulus ondergrond [MN/m ²]	Verkeersbelasting
1e rechte deel	-	0,00	45,00	Geen
Neergaande bocht	0,0490	0,00	45,00	Geen
2e rechte deel	-	0,00	45,00	Geen
w1	-	0,00	75,00	Geen
w2	-	0,00	75,00	Geen
w3	-	0,00	75,00	Geen
w4	-	0,00	75,00	Geen
spoor1	-	0,00	75,00	Grafiek I
spoor2	-	0,00	75,00	Grafiek I
A58-1	-	0,00	75,00	Grafiek I
A58-2	-	0,00	75,00	Grafiek I
N665-1	-	0,00	75,00	Grafiek I
N665-2	-	0,00	75,00	Grafiek I
Opgaande bocht	-	0,00	75,00	Grafiek I
3e rechte deel	-	0,00	75,00	Geen

Locatie	Gereduceerde grondbelasting	Sondering
1e rechte deel	Geen	201
Neergaande bocht	Homogeen (zand)	201
2e rechte deel	Homogeen (zand)	202
w1	Homogeen (zand)	107
w2	Homogeen (zand)	107
w3	Homogeen (zand)	107
w4	Homogeen (zand)	107
spoor1	Homogeen (zand)	107
spoor2	Homogeen (zand)	31
A58-1	Homogeen (zand)	31
A58-2	Homogeen (zand)	31
N665-1	Homogeen (zand)	31
N665-2	Homogeen (zand)	108
Opgaande bocht	Homogeen (zand)	108
3e rechte deel	Geen	108



* Niet op schaal

Sterkteberekening van een horizontaal gestuurde boring conform NEN 3650/3651:2020		Sigma 2022 1.3 ©		
2. Eigenschappen van de leiding				
Inwendige middellijn	$D_i = D_e - 2 \cdot d_n$	= 204,40	mm	
Gemiddelde middellijn	$D_g = (D_e + D_i)/2$	= 227,20	mm	
Uitwendige middellijn+bekleding	$D_o = D_e + 2 \cdot e$	= 250,00	mm	
Uitwendige straal	$r_e = D_e / 2$	= 125,00	mm	
Inwendige straal	$r_i = D_i / 2$	= 102,20	mm	
Gemiddelde straal	$r_g = (r_e + r_i) / 2$	= 113,60	mm	
Traagheidsmoment buis	$I_b = (D_e^4 - D_i^4) \cdot \pi/64$	= 106.064.835,12	mm ⁴	
Weerstandsmoment buis	$W_b = I_b / r_e$	= 848.518,68	mm ³	
Wandtraagheidsmoment	$I_w = d_n^3 / 12$	= 987,70	mm ⁴ /mm ¹	
Wandweerstandsmoment	$W_w = d_n^2 / 6$	= 86,64	mm ³ /mm ¹	
Oppervlakte leiding	$A = \pi \cdot (D_e^2 - D_i^2) / 4$	= 16.273,95	mm ²	
Gewicht leiding	$g = \rho_L \cdot A$	= 0,1554	N/mm ¹	
3. Berekening van het gewicht van de leiding tijdens het intrekken van de leiding				
	<i>Leiding op rollenbaan/maaiveld</i>		<i>Leiding in boorgat</i>	
Gewicht mediumleiding	$g = 0,1554$	N/mm ¹	$g = 0,1554$	N/mm ¹
Gewicht vulling	$g_{vul} = 0,328$	N/mm ¹ +	$g_{vul} = 0,328$	N/mm ¹ +
Totaal gewicht	$g_{rol} = 0,4834$	N/mm ¹	$g_{gat} = 0,4834$	N/mm ¹
4. Berekening van de trekkrachten en spanningen bovengronds				
4.1 Berekening van de benodigde trekkrachten op rollenbaan/maaiveld				
Trekkraft T_1 tijdens verschillende stadia [N]	L [m]	T_1 [N]		
Starten met trekken	708,35	61.637		
Na intrekken van L_5	687,33	59.808		
Na intrekken van $L_5 + L_4$	589,59	51.303		
Na intrekken van $L_5 + L_4 + L_3$	97,09	8.448		
Na intrekken van $L_5 + L_4 + L_3 + L_2$	15,50	1.349		
$T_1 = f \cdot L \cdot g_{rol} \cdot f_1 = 1,8 \cdot L \cdot 0,4834 \cdot 0,1$				
4.2 Berekening van de optredende spanningen t.g.v. de trekkrachten op rollenbaan/maaiveld				
Spanningen σ_t tijdens verschillende stadia [N/mm ²]	T_1 [N]	σ_t [N/mm ²]		
Starten met trekken	61.637	3,79		
Na intrekken van L_5	59.808	3,68		
Na intrekken van $L_5 + L_4$	51.303	3,15		
Na intrekken van $L_5 + L_4 + L_3$	8.448	0,52		
Na intrekken van $L_5 + L_4 + L_3 + L_2$	1.349	0,08		
$\sigma_t = \frac{T_1}{A} = \frac{T_1}{16.273,95}$				

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

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

$$M_b = 1,1 \cdot 1.100 \cdot \frac{106.064.835}{100.000} = 1.283.384,50 \text{ Nmm}$$

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

$$\sigma_b = \frac{1.283.384,50}{848.519} = 1,51 \text{ N/mm}^2$$

4.4 Totalisatie van de optredende spanningen op rollenbaan/maaiveld

Spanningen σ_a tijdens verschillende stadia [N/mm ²]	σ_t [N/mm ²]	σ_a [N/mm ²]
Starten met trekken	3,79	4,77
Na intrekken van L ₅	3,68	4,66
Na intrekken van L ₅ + L ₄	3,15	4,14
Na intrekken van L ₅ + L ₄ + L ₃	0,52	1,50
Na intrekken van L ₅ + L ₄ + L ₃ + L ₂	0,08	1,07

$$\sigma_a = \alpha_{\sigma} \cdot \sigma_b + \sigma_t = 0,65 \cdot 1,51 + \sigma_t$$

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

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

Aantal buizen in de bundel $n = 4$

De bundelbuizen worden niet gekoppeld $\rightarrow f_b = 1/n^{0,3} = 0,660$

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

66,0% van de omtrek van de leiding komt in aanraking met bentoniet.

Hieruit volgt: $D_{e,omtrek} = 518,17 \text{ mm}^1$

Gewicht van de leiding (+vulling) in het boorgat $g_{gat} = 0,483 \text{ N/mm}^1$

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

Gelet hierop is $g_{eff} = |g_{gat} - g_{opw}| = 0,0811 \text{ N/mm}^1$

Trekkkracht T_2 en T_{3a} tijdens verschillende stadia [N]	L [m]	T_2 [N]	T_{3a} [N]
Na intrekken van L_5	21,02	1.594	-
Na intrekken van $L_5 + L_4$	118,76	-	9.005
Na intrekken van $L_5 + L_4 + L_3$	611,26	46.350	-
Na intrekken van $L_5 + L_4 + L_3 + L_2$	692,85	-	52.537
Geheel ingetrokken	708,35	53.712	-

Rechte delen: $T_2 = f \cdot L \cdot (D_{e,omtr} \cdot f_2 + g_{eff} \cdot f_3) = 1,8 \cdot L \cdot (518,17 \cdot 0,00005 + 0,0811 \cdot 0,2)$

Gebogen delen: $T_{3a} = f \cdot L_B \cdot (D_{e,omtr} \cdot f_2 + g_{eff} \cdot f_3) = 1,8 \cdot L \cdot (518,17 \cdot 0,00005 + 0,0811 \cdot 0,2)$

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

Locatie	λ [mm ⁻¹]	R [m]	Q_r [N/mm ²]	T_{3b} [N]
Neergaande bocht	0,0023	275,0	0,0031	777

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

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

$$T_{3b} = f \cdot 4 \cdot \frac{Q_r}{2} \cdot D_o \cdot \frac{\pi}{\lambda} \cdot f_3 = 1,8 \cdot 4 \cdot \frac{Q_r}{2} \cdot 250 \cdot \frac{\pi}{\lambda} \cdot 0,2$$

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

Trekkraft T_{bocht} tijdens verschillende stadia [N]	T_1 [N] (f = 1)	T_2 / T_{3a} [N] (f = 1)	$T_{3b,\text{neer}}$ [N] (f = 1)	$T_{3b,\text{op}}$ [N] (f = 1)	T_{bocht} [N]
Neergaande bocht	28.502	5.003	432	-	33.936
Opgaande bocht	749	29.187	432	0	30.368

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

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

Trekkraft T_{3c} tijdens verschillende stadia [N]	α [°]	T_{bocht} [N]	T_{3c} [N]
Neergaande bocht	8,50	33.936	3.612
Opgaande bocht	7,00	30.368	3.232

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

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

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

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

5.4 Totalisatie van de trekkrachten in fase II

Trekkraft T_{tot} tijdens verschillende stadia [N]	T_1 [N]	T_2 / T_{3a} [N]	$T_{3b,\text{neer}}$ [N]	$T_{3c,\text{neer}}$ [N]	$T_{3b,\text{op}}$ [N]	$T_{3c,\text{op}}$ [N]	T_{tot} [N]
Na intrekken van L_5	59.808	1.594	-	-	-	-	61.402
Na intrekken van $L_5 + L_4$	51.303	9.005	777	3.612	-	-	64.697
Na intrekken van $L_5 + L_4 + L_3$	8.448	46.350	777	3.612	-	-	59.187
Na intrekken van $L_5 + L_4 + L_3 + L_2$	1.349	52.537	777	3.612	0	3.232	60.939
Geheel ingetrokken	0	53.712	777	3.612	0	3.232	60.766

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

5.5 Karakteristieke waarden van de benodigde trekkrachten in fase II

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

Trekkracht T_{tot} tijdens verschillende stadia [N]	T_1 [N]	T_2 / T_{3a} [N]	$T_{3b,neer}$ [N]	$T_{3c,neer}$ [N]	$T_{3b,op}$ [N]	$T_{3c,op}$ [N]	T_{tot} [N]
Na intrekken van L_5	33.227	885	-	-	-	-	34.112
Na intrekken van $L_5 + L_4$	28.502	5.003	432	2.006	-	-	35.943
Na intrekken van $L_5 + L_4 + L_3$	4.693	25.750	432	2.006	-	-	32.882
Na intrekken van $L_5 + L_4 + L_3 + L_2$	749	29.187	432	2.006	0	1.795	33.855
Geheel ingetrokken	0	29.840	432	2.006	0	1.795	33.759

De maximale karakteristieke waarde voor de benodigde trekkracht bedraagt **35.943 N** ($\approx 3,6$ ton).

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

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

Spanningen σ_t tijdens verschillende stadia [N/mm ²]	T_{tot} [N]	σ_t [N/mm ²]
Na intrekken van L_5	61.402	3,77
Na intrekken van $L_5 + L_4$	64.697	3,98
Na intrekken van $L_5 + L_4 + L_3$	59.187	3,64
Na intrekken van $L_5 + L_4 + L_3 + L_2$	60.939	3,74
Geheel ingetrokken	60.766	3,73

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

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

5.7.1 Neergaande bocht

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

$$M_b = 1,4 \cdot 1.100 \cdot \frac{106.064.835,12}{0,9 \cdot 275.000} = 659.958,97 \text{ Nmm}$$

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

$$\sigma_b = \frac{659.958,97}{848.518,68} = 0,78 \text{ N/mm}^2$$

5.7.2 Opgaande bocht

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

$$M_b = 1,4 \cdot 1.100 \cdot \frac{106.064.835,12}{0,9 \cdot 400.000} = 453.721,79 \text{ Nmm}$$

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

$$\sigma_b = \frac{453.721,79}{848.518,68} = 0,53 \text{ N/mm}^2$$

5.8 Totalisatie van de spanningen in het boorgat tijdens de trekoperatie

Spanningen σ_a tijdens verschillende stadia [N/mm ²]	T_{tot} [N]	σ_t [N/mm ²]	σ_b [N/mm ²]	σ_a [N/mm ²]
Na intrekken van L ₅	61.402	3,77	-	3,77
Na intrekken van L ₅ + L ₄	64.697	3,98	0,78	4,48
Na intrekken van L ₅ + L ₄ + L ₃	59.187	3,64	-	3,64
Na intrekken van L ₅ + L ₄ + L ₃ + L ₂	60.939	3,74	0,53	4,09
Geheel ingetrokken	60.766	3,73	-	3,73

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

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

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

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

$$D_g/d_n = 227,20/22,80 = 9,96 \rightarrow D_g/d_n \leq 20 \rightarrow \text{Dikwandige leiding}$$

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

$$\sigma_p = \frac{125,00^2 + 102,20^2}{125,00^2 - 102,20^2} \cdot 0 = 0,00 \text{ N/mm}^2$$

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

$$\sigma_{pl} = \nu \cdot \sigma_p = 0,4 \cdot 0,00 = 0,00 \text{ N/mm}^2$$

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

6.2 Berekening reroundingfactor f_{rr}

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

$$f_{rr} = 1 / \left(1 + \frac{2 \cdot 0 \cdot 113,6^3 \cdot 0,143}{1100 \cdot 987,70} \right) = 1,00$$

6.3.1 Berekening van de neutrale grondbelasting Q_n

Locatie	Dekking t.o.v. maaiveld [m]	G.W.S. t.o.v. maaiveld [m]	Grondsoort	q_{droog} [kN/m ²]	q_{nat} [kN/m ²]	q_n [kN/m ²]	Q_n [N/mm ¹]
1e rechte deel	4,50	1,30	Zand	25,15	36,75	61,90	15,47
Neergaande bocht	16,20	1,30	Zand	25,15	185,52	210,67	52,67
2e rechte deel	16,20	1,30	Zand	23,52	191,75	215,27	53,82
w1	16,10	1,00	Zand	17,91	196,15	214,06	53,51
w2	14,90	0,00	Zand	0,00	189,62	189,62	47,40
w3	14,90	0,00	Zand	0,00	189,62	189,62	47,40
w4	16,00	1,00	Zand	17,92	194,85	212,77	53,19
spoor1	20,40	3,50	Zand	72,11	216,56	288,67	72,17
spoor2	20,50	3,50	Zand	72,73	221,58	294,30	73,58
A58-1	18,80	3,00	Zand	57,55	205,59	263,14	65,79
A58-2	18,30	3,00	Zand	57,55	199,08	256,64	64,16
N665-1	17,20	1,80	Zand	34,91	195,98	230,89	57,72
N665-2	16,30	1,80	Zand	35,64	179,26	214,90	53,73
Opgaande bocht	18,30	3,00	Zand	53,36	198,92	252,28	63,07
3e rechte deel	4,50	1,80	Zand	30,41	35,25	65,66	16,42

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

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

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

$$Q_n = q_n \cdot D_o = (1,1 \cdot \gamma_d \cdot H_d + 1,1 \cdot \gamma_n \cdot H_n - \gamma_w \cdot H_w) \cdot 250$$

6.3.2 Berekening van de gereduceerde neutrale grondbelasting Q_{nr}

Locatie	h [m]	GWS [m]	γ' [kN/m ³]
Neergaande bocht	16,20	1,30	13,00
2e rechte deel	16,20	1,30	13,29
w1	16,10	1,00	13,30
w2	14,90	0,00	12,73
w3	14,90	0,00	12,73
w4	16,00	1,00	13,30
spoor1	20,40	3,50	14,15
spoor2	20,50	3,50	14,36
A58-1	18,80	3,00	14,00
A58-2	18,30	3,00	14,02
N665-1	17,20	1,80	13,42
N665-2	16,30	1,80	13,18
Opgaande bocht	18,30	3,00	13,79

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

Locatie	Gereduceerde grondbelasting	B_1 [m]	$8 \cdot B_1$ [m]	$q_{n,r}$ [kN/m ²]	$Q_{n,r}$ [N/mm ¹]
Neergaande bocht	Homogeen (zand)	0,39	3,12	17,21 ⁽¹⁾	4,30
2e rechte deel	Homogeen (zand)	0,39	3,12	17,58 ⁽¹⁾	4,40
w1	Homogeen (zand)	0,39	3,12	17,37 ⁽¹⁾	4,34
w2	Homogeen (zand)	0,39	3,12	16,62 ⁽¹⁾	4,16
w3	Homogeen (zand)	0,39	3,12	16,62 ⁽¹⁾	4,16
w4	Homogeen (zand)	0,39	3,12	17,37 ⁽¹⁾	4,34
spoor1	Homogeen (zand)	0,39	3,12	18,48 ⁽¹⁾	4,62
spoor2	Homogeen (zand)	0,39	3,12	18,75 ⁽¹⁾	4,69
A58-1	Homogeen (zand)	0,39	3,12	18,28 ⁽¹⁾	4,57
A58-2	Homogeen (zand)	0,39	3,12	18,32 ⁽¹⁾	4,58
N665-1	Homogeen (zand)	0,39	3,12	17,53 ⁽¹⁾	4,38
N665-2	Homogeen (zand)	0,39	3,12	17,22 ⁽¹⁾	4,31
Opgaande bocht	Homogeen (zand)	0,39	3,12	18,01 ⁽¹⁾	4,50

$$R = \frac{D_{gr}}{2} = \frac{780}{2} = 390 \text{ mm}$$

$$B_1 = \frac{1}{2} \cdot D_o + D_o \cdot \tan(45^\circ - \frac{1}{2} \cdot \varphi) \geq R$$

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

Indien gereduceerde grondbelasting volgens berekeningswijze 'Homogeen (zand)': ($h \geq 8 \cdot B_1$):

$$q_{n,r1} = \frac{B_1 \cdot (\gamma' - c/B_1)}{K \cdot \tan(\varphi)} \cdot \left(1 - e^{-\frac{K \cdot h \cdot \tan \varphi}{B_1}}\right) \quad (1)$$

$$Q_{n,r} = q_{n,r} \cdot D_o = q_{n,r} \cdot 250$$

6.3.3 Overzicht berekende (gereduceerde) neutrale gronddrukken

Locatie	q_n [kN/m ²]	Q_n [N/mm ¹]	$q_{n,r}$ [kN/m ²]	$Q_{n,r}$ [N/mm ¹]
1e rechte deel	61,90	15,47	-	-
Neergaande bocht	210,67	52,67	17,21	4,30
2e rechte deel	215,27	53,82	17,58	4,40
w1	214,06	53,51	17,37	4,34
w2	189,62	47,40	16,62	4,16
w3	189,62	47,40	16,62	4,16
w4	212,77	53,19	17,37	4,34
spoor1	288,67	72,17	18,48	4,62
spoor2	294,30	73,58	18,75	4,69
A58-1	263,14	65,79	18,28	4,57
A58-2	256,64	64,16	18,32	4,58
N665-1	230,89	57,72	17,53	4,38
N665-2	214,90	53,73	17,22	4,31
Opgaande bocht	252,28	63,07	18,01	4,50
3e rechte deel	65,66	16,42	-	-

6.4 Berekening van de verkeersbelasting Q_v

Locatie	Dekking t.o.v. maaiveld [m]	Verkeersbelasting	q_v [kN/m ²]	Q_v [N/mm ¹]
1e rechte deel	4,50	Geen	0,00	0,00
Neergaande bocht	16,20	Geen	0,00	0,00
2e rechte deel	16,20	Geen	0,00	0,00
w1	16,10	Geen	0,00	0,00
w2	14,90	Geen	0,00	0,00
w3	14,90	Geen	0,00	0,00
w4	16,00	Geen	0,00	0,00
spoor1	20,40	Grafiek I	1,27	0,32
spoor2	20,50	Grafiek I	1,25	0,31
A58-1	18,80	Grafiek I	1,47	0,37
A58-2	18,30	Grafiek I	1,54	0,39
N665-1	17,20	Grafiek I	1,73	0,43
N665-2	16,30	Grafiek I	1,90	0,47
Opgaande bocht	18,30	Grafiek I	1,54	0,39
3e rechte deel	4,50	Geen	0,00	0,00

$$Q_v = q_v \cdot D_0 = q_v \cdot 250$$

6.5 Momenten en spanningen t.g.v. bovenbelastingen

Locatie	Q_n [N/mm ¹]	$Q_{n,r}$ [N/mm ¹]	Q_v [N/mm ¹]	Q_{boven} [N/mm ¹]	M_q [Nmm]	σ_q [N/mm ²]
1e rechte deel	15,47	-	0,00	15,47	451,79 ⁽¹⁾	5,21
Neergaande bocht	52,67	4,30	0,00	4,30	125,58 ⁽²⁾	1,45
2e rechte deel	53,82	4,40	0,00	4,40	128,32 ⁽²⁾	1,48
w1	53,51	4,34	0,00	4,34	126,75 ⁽²⁾	1,46
w2	47,40	4,16	0,00	4,16	121,32 ⁽²⁾	1,40
w3	47,40	4,16	0,00	4,16	121,32 ⁽²⁾	1,40
w4	53,19	4,34	0,00	4,34	126,78 ⁽²⁾	1,46
spoor1	72,17	4,62	0,32	4,94	144,14 ⁽²⁾	1,66
spoor2	73,58	4,69	0,31	5,00	146,02 ⁽²⁾	1,69
A58-1	65,79	4,57	0,37	4,94	144,17 ⁽²⁾	1,66
A58-2	64,16	4,58	0,39	4,97	144,96 ⁽²⁾	1,67
N665-1	57,72	4,38	0,43	4,81	140,57 ⁽²⁾	1,62
N665-2	53,73	4,31	0,47	4,78	139,55 ⁽²⁾	1,61
Opgaande bocht	63,07	4,50	0,39	4,89	142,69 ⁽²⁾	1,65
3e rechte deel	16,42	-	0,00	16,42	479,27 ⁽¹⁾	5,53

$$M_q = K_b \cdot (Q_n + Q_v) \cdot r_g = 0,257 \cdot (Q_n + Q_v) \cdot 113,60 \quad (1)$$

$$M_q = K_b \cdot (Q_{n,r} + Q_v) \cdot r_g = 0,257 \cdot (Q_{n,r} + Q_v) \cdot 113,60 \quad (2)$$

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

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

Locatie	R [m]	Q_r [N/mm ²]	σ_{qr} [N/mm ²]
Neergaande bocht	275,0	0,0031	0,20

$$\sigma_{qr} = K_{b,ind} \cdot Q_r \cdot D_o \cdot \frac{r_u}{W_w} = 0,179 \cdot Q_r \cdot 250 \cdot \frac{125,00}{86,64}$$

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

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

$$\sigma_{ax} = 30 \cdot 0,0002 \cdot 1100 = 6,60 \text{ N/mm}^2$$

7. Toetsing op minimale ringstijfheid S_N

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

$$S_N = 1100 \cdot \frac{987,70}{227,2^3} = 0,0926 \text{ N/mm}^2 = 92,64 \text{ kN/m}^2$$

Minimaal vereiste ringstijfheid = 2 kN/m²

8. Toetsing op implosie: berekening van de alzijdige overdruk

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

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

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

$$p_{o,kort} = \frac{1}{1,5 \cdot (1 - 0,4^2)} \cdot \frac{24 \cdot 1.100,00 \cdot 987,70}{227,20^3} = 1,76 \text{ N/mm}^2$$

$$p_{o,lang} = \frac{1}{3 \cdot (1 - 0,4^2)} \cdot \frac{24 \cdot 200,00 \cdot 987,70}{227,20^3} = 0,16 \text{ N/mm}^2$$

Conclusie: Kans op implosie bij **16,04 m** grondwater boven de leiding

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

Locatie	σ_q [N/mm ²]	σ_{qr} [N/mm ²]	α_σ [-]	σ_{y2} [N/mm ²]
1e rechte deel	5,21	-	0,65	3,39
Neergaande bocht	1,45	0,20	0,65	1,07
2e rechte deel	1,48	-	0,65	0,96
w1	1,46	-	0,65	0,95
w2	1,40	-	0,65	0,91
w3	1,40	-	0,65	0,91
w4	1,46	-	0,65	0,95
spoor1	1,66	-	0,65	1,08
spoor2	1,69	-	0,65	1,10
A58-1	1,66	-	0,65	1,08
A58-2	1,67	-	0,65	1,09
N665-1	1,62	-	0,65	1,05
N665-2	1,61	-	0,65	1,05
Opgaande bocht	1,65	-	0,65	1,07
3e rechte deel	5,53	-	0,65	3,60

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

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

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

9.2 Optredende spanningen in langsrichting van de leiding

Locatie	σ_{pl} [N/mm ²]	σ_{ax} [N/mm ²]	σ_b [N/mm ²]	α_{σ} [-]	σ_x [N/mm ²]
1e rechte deel	0,00	6,60	-	-	6,60
Neergaande bocht	0,00	6,60	0,78	0,65	7,11
2e rechte deel	0,00	6,60	-	-	6,60
w1	0,00	6,60	-	-	6,60
w2	0,00	6,60	-	-	6,60
w3	0,00	6,60	-	-	6,60
w4	0,00	6,60	-	-	6,60
spoor1	0,00	6,60	-	-	6,60
spoor2	0,00	6,60	-	-	6,60
A58-1	0,00	6,60	-	-	6,60
A58-2	0,00	6,60	-	-	6,60
N665-1	0,00	6,60	-	-	6,60
N665-2	0,00	6,60	-	-	6,60
Opgaande bocht	0,00	6,60	-	-	6,60
3e rechte deel	0,00	6,60	-	-	6,60

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

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

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

10. Berekening van de optredende en toelaatbare deflectie

Locatie	Q_n [N/mm ¹]	$Q_{n,r}$ [N/mm ¹]	Q_v [N/mm ¹]	Q_r [N/mm ²]	δ_y [mm]	δ_y/D_g [%]
1e rechte deel	15,47	-	0,00	-	5,17 ⁽¹⁾	2,28
Neergaande bocht	52,67	4,30	0,00	0,0031	1,93 ⁽²⁾	0,63
2e rechte deel	53,82	4,40	0,00	-	1,97 ⁽²⁾	0,65
w1	53,51	4,34	0,00	-	2,04 ⁽²⁾	0,69
w2	47,40	4,16	0,00	-	1,95 ⁽²⁾	0,66
w3	47,40	4,16	0,00	-	1,95 ⁽²⁾	0,66
w4	53,19	4,34	0,00	-	2,04 ⁽²⁾	0,69
spoor1	72,17	4,62	0,32	-	2,24 ⁽²⁾	0,76
spoor2	73,58	4,69	0,31	-	2,27 ⁽²⁾	0,77
A58-1	65,79	4,57	0,37	-	2,23 ⁽²⁾	0,75
A58-2	64,16	4,58	0,39	-	2,24 ⁽²⁾	0,76
N665-1	57,72	4,38	0,43	-	2,16 ⁽²⁾	0,73
N665-2	53,73	4,31	0,47	-	2,13 ⁽²⁾	0,72
Opgaande bocht	63,07	4,50	0,39	-	2,20 ⁽²⁾	0,74
3e rechte deel	16,42	-	0,00	-	5,91 ⁽¹⁾	2,60

$$\delta_y = \frac{(0,089 \cdot Q - 0,095 \cdot Q_{n,h} + 0,048 \cdot Q_r) \cdot r_g^3}{E' \cdot I_w} \quad (1)$$

$$\delta_y = \frac{(0,089 \cdot (Q_n + \frac{1}{2} \cdot Q_v) - 0,095 \cdot (1 - \sin \varphi) \cdot (Q_n + \frac{1}{2} \cdot Q_v) + 0,048 \cdot Q_r) \cdot 113,60^3}{200 \cdot 987,70}$$

$$\delta_y = \frac{(0,089 \cdot Q - 0,095 \cdot Q_{n,r} + 0,048 \cdot Q_r) \cdot r_g^3}{E' \cdot I_w} \quad (2)$$

$$\delta_y = \frac{(0,089 \cdot (Q_{n,r} + \frac{1}{2} \cdot Q_v) - 0,095 \cdot \frac{(1 - \sin \varphi)}{(1 + \sin \varphi)} \cdot (Q_{n,r} + \frac{1}{2} \cdot Q_v) + 0,048 \cdot Q_r) \cdot 113,60^3}{200 \cdot 987,70}$$

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

11. Berekening van de boorspoeldrukken

Locatie	H [m]	σ_{vert} [kN/m ²]	σ_{hor} [kN/m ²]	σ_o' [kN/m ²]	p'_r [kN/m ²]	E_{100} [MN/m ²]
1e rechte deel	4,50	45,60	21,10	33,35	51,27	35,40
Neergaande bocht	16,20	148,25	68,60	108,42	166,68	65,32
2e rechte deel	16,20	152,05	70,35	111,20	170,95	66,02
w1	16,10	150,70	64,26	107,48	169,13	109,73
w2	14,90	130,85	55,80	93,32	146,85	103,28
w3	14,90	130,85	55,80	93,32	146,85	103,28
w4	16,00	149,81	63,88	106,85	168,13	109,40
spoor1	20,40	209,24	89,22	149,23	234,83	127,43
spoor2	20,50	213,72	91,14	152,43	239,86	128,66
A58-1	18,80	190,05	81,04	135,55	213,29	121,66
A58-2	18,30	185,54	79,12	132,33	208,23	120,15
N665-1	17,20	164,09	69,97	117,03	184,16	113,96
N665-2	16,30	152,44	65,00	108,72	171,08	109,95
Opgaande bocht	18,30	181,94	77,58	129,76	204,19	119,12
3e rechte deel	4,50	49,58	21,14	35,36	55,65	60,77

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

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

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

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

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

Locatie	G [MN/m ²]	Q [-]	u [N/mm ²]	v [-]	p _{lim} [N/mm ²]	90% p _{lim} [bar] 1
1e rechte deel	19,01	0,00094	0,0320	0,3163	0,62	5,56
Neergaande bocht	35,08	0,0017	0,1490	0,3163	1,71	15,39
2e rechte deel	35,46	0,0017	0,1490	0,3163	1,74	15,68
w1	56,69	0,0011	0,1510	0,2989	2,19	19,67
w2	53,36	0,0010	0,1490	0,2989	1,97	17,71
w3	53,36	0,0010	0,1490	0,2989	1,97	17,71
w4	56,52	0,0011	0,1500	0,2989	2,17	19,57
spoor1	65,83	0,0013	0,1690	0,2989	2,82	25,34
spoor2	66,47	0,0013	0,1700	0,2989	2,86	25,76
A58-1	62,86	0,0012	0,1580	0,2989	2,61	23,46
A58-2	62,07	0,0012	0,1530	0,2989	2,55	22,98
N665-1	58,88	0,0011	0,1540	0,2989	2,33	20,98
N665-2	56,80	0,0011	0,1450	0,2989	2,20	19,76
Opgaande bocht	61,55	0,0012	0,1530	0,2989	2,52	22,64
3e rechte deel	31,40	0,00065	0,0270	0,2989	0,84	7,53

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

$$Q = \frac{\sigma'_0 \cdot \sin(\varphi) + c \cdot \cos(\varphi)}{G}$$

$$u = \gamma_w \cdot H_n$$

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

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

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

11.1 Tijdens pilot

Locatie	$R_{p,max}$ [m]	Δh_{in} [m]	p_{max} [N/mm ²]	p_{max} [bar] 2	p_{min} [N/mm ²]	p_{min} [bar] 3
1e rechte deel	0,88	4,53	0,29	2,85	0,06	0,56
Neergaande bocht	0,66	16,55	0,82	8,24	0,21	2,14
2e rechte deel	0,65	16,55	0,84	8,38	0,27	2,74
w1	0,82	16,55	1,00	10,00	0,30	2,95
w2	0,85	16,55	0,91	9,08	0,30	2,96
w3	0,85	16,55	0,91	9,08	0,30	2,96
w4	0,82	16,55	0,99	9,95	0,30	2,97
spoor1	0,75	16,55	1,27	12,73	0,31	3,06
spoor2	0,74	16,55	1,29	12,93	0,31	3,08
A58-1	0,76	16,55	1,18	11,80	0,31	3,11
A58-2	0,77	16,55	1,15	11,54	0,32	3,18
N665-1	0,80	16,55	1,06	10,63	0,32	3,23
N665-2	0,81	16,55	1,00	10,01	0,33	3,27
Opgaande bocht	0,77	16,55	1,14	11,39	0,33	3,34
3e rechte deel	1,06	3,52	0,36	3,65	0,21	2,10

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

$$R_o = \frac{D_p}{2} = \frac{170}{2} = 85 \text{ mm}$$

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

$$v_{m,p} = \frac{Q_{m,p}}{A_p} = \frac{100}{1/4 \cdot \pi \cdot (D_p^2 - D_b^2)} = \frac{100}{1/4 \cdot \pi \cdot (170^2 - 114^2)} = 0,133 \text{ m/s}$$

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

11.2 Tijdens ruimgang

Locatie	$R_{p,max}$ [m]	Δh_{uit} [m]	P_{max} [N/mm ²]	P_{max} [bar] 4	P_{min} [N/mm ²]	P_{min} [bar] 5
3e rechte deel	2,25	3,94	0,23	2,25	0,05 ⁽¹⁾	0,46
Opgaande bocht	3,55	16,97	1,14	11,39	0,20 ⁽¹⁾	1,98
N665-2	3,72	16,97	1,00	10,01	0,20 ⁽¹⁾	1,98
N665-1	3,65	16,97	1,06	10,63	0,20 ⁽¹⁾	1,98
A58-2	3,53	16,97	1,15	11,54	0,20 ⁽¹⁾	1,99
A58-1	3,51	16,97	1,18	11,80	0,20 ⁽¹⁾	1,99
spoor2	3,40	16,97	1,29	12,93	0,20 ⁽¹⁾	2,00
spoor1	3,42	16,97	1,27	12,73	0,20 ⁽¹⁾	2,00
w4	3,75	16,97	0,99	9,95	0,20 ⁽¹⁾	2,01
w3	3,89	16,97	0,91	9,08	0,20 ⁽¹⁾	2,01
w2	3,89	16,97	0,91	9,08	0,20 ⁽¹⁾	2,01
w1	3,74	16,97	1,00	10,00	0,20 ⁽¹⁾	2,01
2e rechte deel	3,00	16,97	0,84	8,38	0,20 ⁽¹⁾	2,02
Neergaande bocht	3,03	16,97	0,82	8,24	0,21 ⁽¹⁾	2,07
1e rechte deel	2,25	4,95	0,20	2,05	0,06 ⁽²⁾	0,56

$$R_o = \frac{D_{g,r}}{2} = \frac{780}{2} = 390 \text{ mm}$$

$$v_{m,r,uit} = \frac{Q_{m,r}}{A_r} = \frac{500}{1/4 \cdot \pi \cdot (D_{g,r}^2 - D_b^2)} = \frac{500}{1/4 \cdot \pi \cdot (780^2 - 114^2)} = 0,018 \text{ m/s}$$

$$v_{m,r,in} = \frac{Q_{m,r}}{A_p} = \frac{500}{1/4 \cdot \pi \cdot (D_p^2 - D_b^2)} = \frac{500}{1/4 \cdot \pi \cdot (170^2 - 114^2)} = 0,667 \text{ m/s}$$

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

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

11.3 Tijdens intrekken

Locatie	$R_{p,max}$ [m]	Δh_{uit} [m]	P_{max} [N/mm ²]	P_{max} [bar] 6	P_{min} [N/mm ²]	P_{min} [bar] 7
3e rechte deel	2,25	3,94	0,23	2,25	0,05 ⁽¹⁾	0,46
Opgaande bocht	3,55	16,97	1,14	11,39	0,20 ⁽¹⁾	2,01
N665-2	3,72	16,97	1,00	10,01	0,20 ⁽²⁾	2,02
N665-1	3,65	16,97	1,06	10,63	0,20 ⁽²⁾	2,01
A58-2	3,53	16,97	1,15	11,54	0,20 ⁽²⁾	2,01
A58-1	3,51	16,97	1,18	11,80	0,20 ⁽²⁾	2,00
spoor2	3,40	16,97	1,29	12,93	0,20 ⁽²⁾	2,00
spoor1	3,42	16,97	1,27	12,73	0,20 ⁽²⁾	2,00
w4	3,75	16,97	0,99	9,95	0,20 ⁽²⁾	1,99
w3	3,89	16,97	0,91	9,08	0,20 ⁽²⁾	1,99
w2	3,89	16,97	0,91	9,08	0,20 ⁽²⁾	1,99
w1	3,74	16,97	1,00	10,00	0,20 ⁽²⁾	1,99
2e rechte deel	3,00	16,97	0,84	8,38	0,20 ⁽²⁾	1,97
Neergaande bocht	3,03	16,97	0,82	8,24	0,19 ⁽²⁾	1,92
1e rechte deel	2,25	4,95	0,20	2,05	0,05 ⁽²⁾	0,52

$$D_{eq} = \sqrt{\sum_{i=1}^n D_{0,i}^2} = 500 \text{ mm}$$

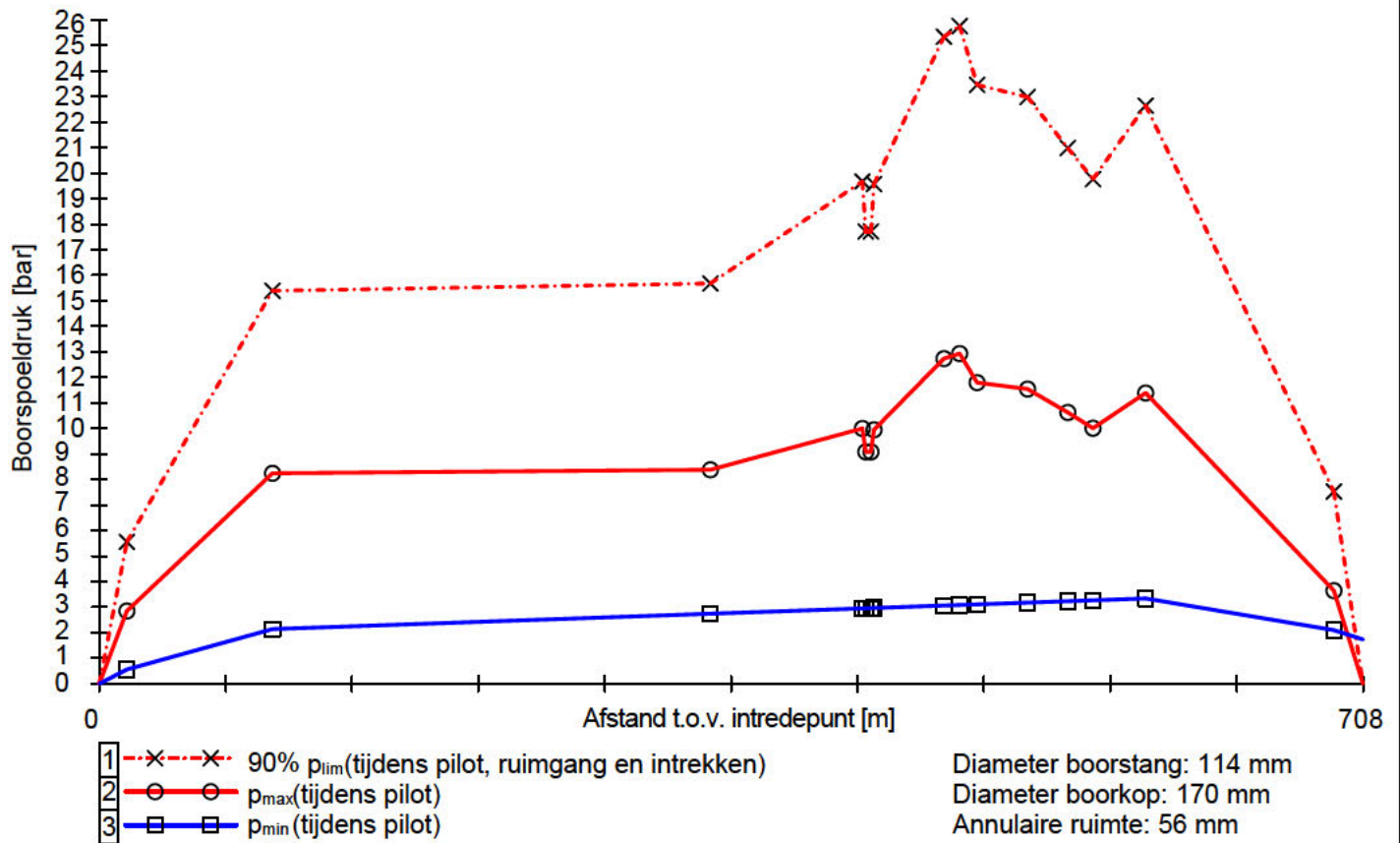
$$R_o = \frac{D_{g,r}}{2} = \frac{780}{2} = 390 \text{ mm}$$

$$v_{m,i,uit} = \frac{Q_{m,i}}{A_i} = \frac{300}{1/4 \cdot \pi \cdot (D_{g,r}^2 - D_{eq}^2)} = \frac{300}{1/4 \cdot \pi \cdot (780^2 - 500^2)} = 0,018 \text{ m/s}$$

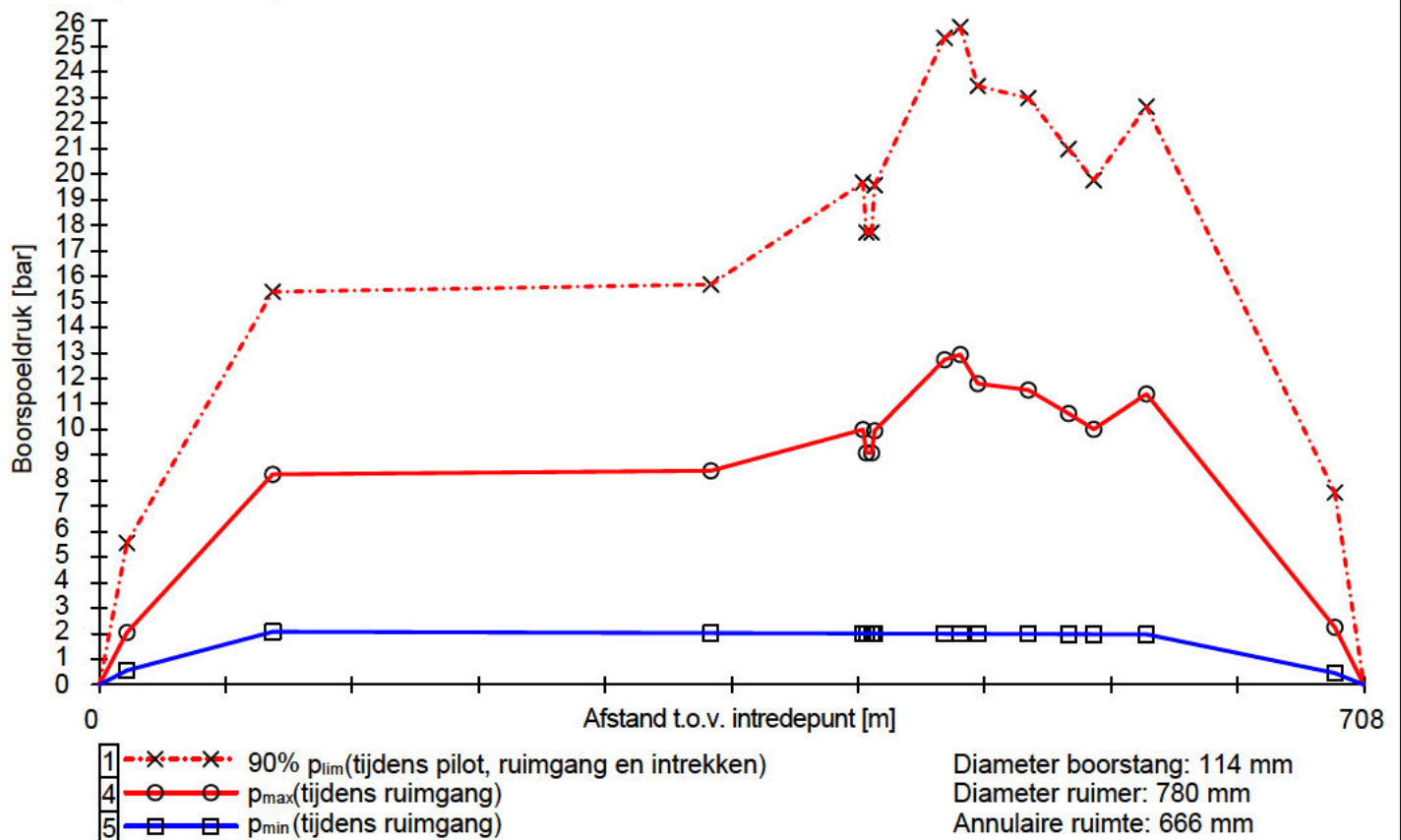
$$p_{min,uit} = \left(\frac{14580 \cdot \eta_i \cdot v_{m,i,uit}}{(D_{g,r} - D_{eq})^2} + \frac{\tau_{y,i}}{D_{g,r} - D_{eq}} \right) \cdot (L_{tot} - L) + \rho_{m,i} \cdot \Delta h_{uit} \quad (1)$$

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

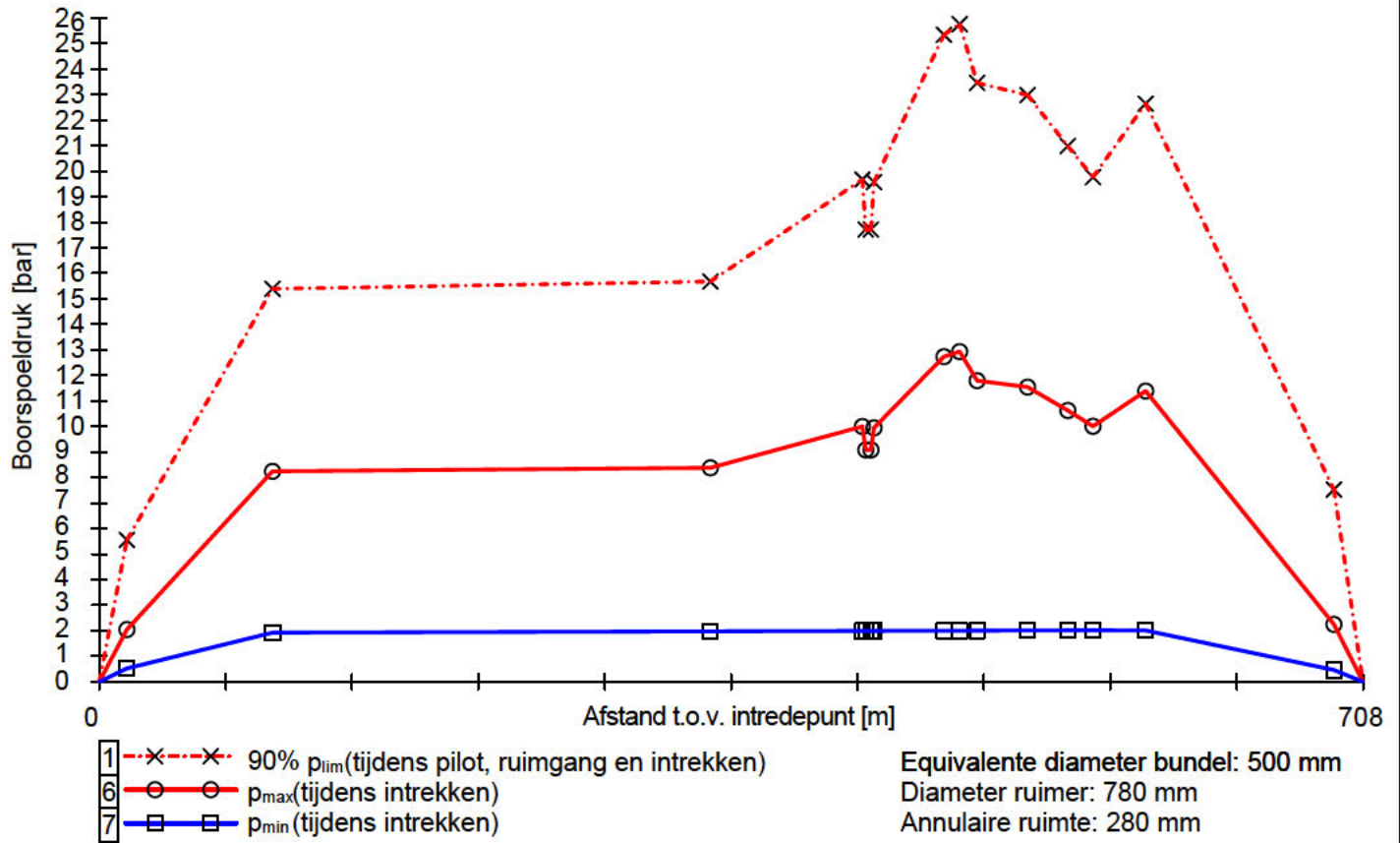
11.4 Boorspoeldrukken tijdens pilot



11.5 Boorspoeldrukken tijdens ruimen

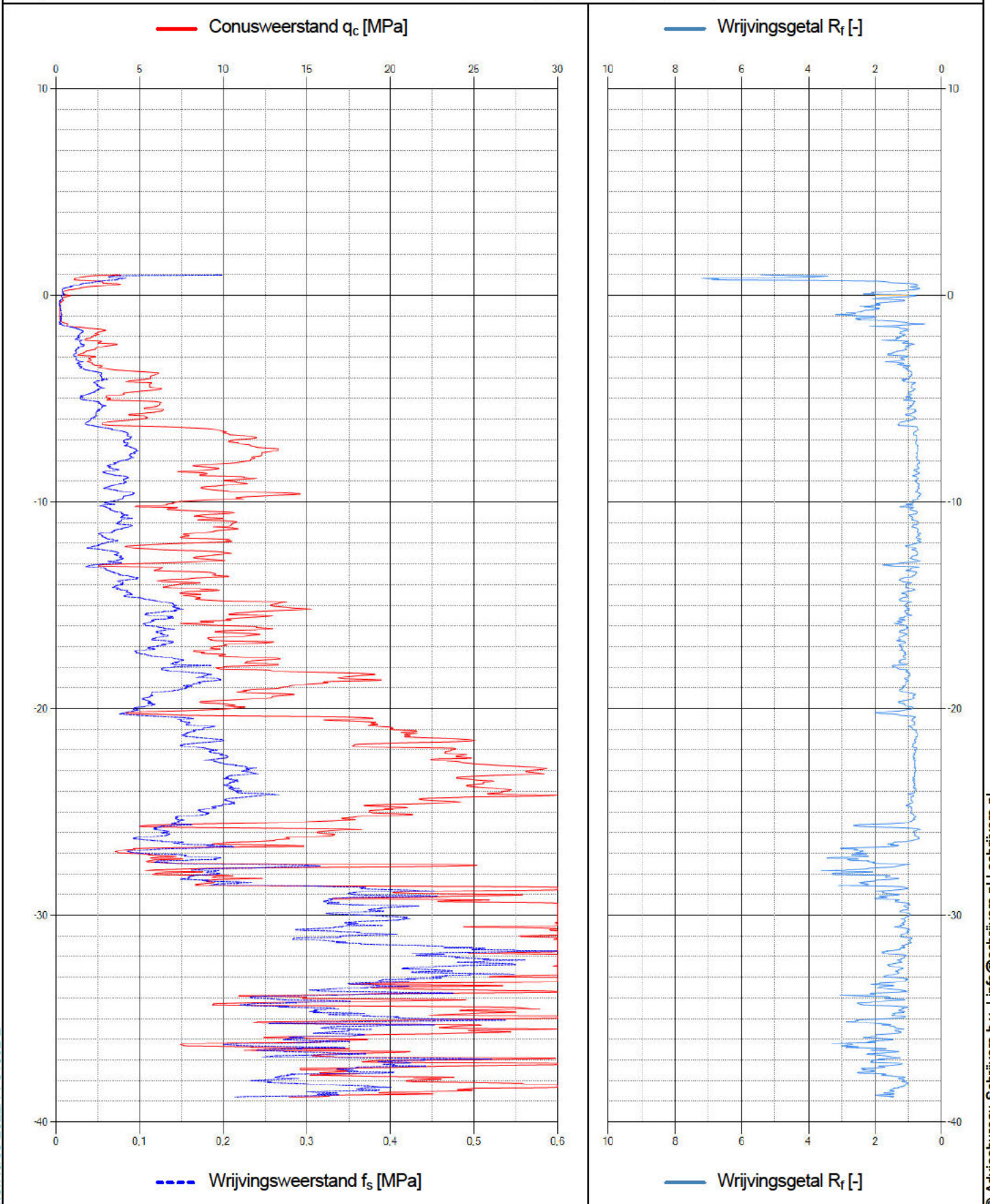


11.6 Boorspoeldrukken tijdens intrekken



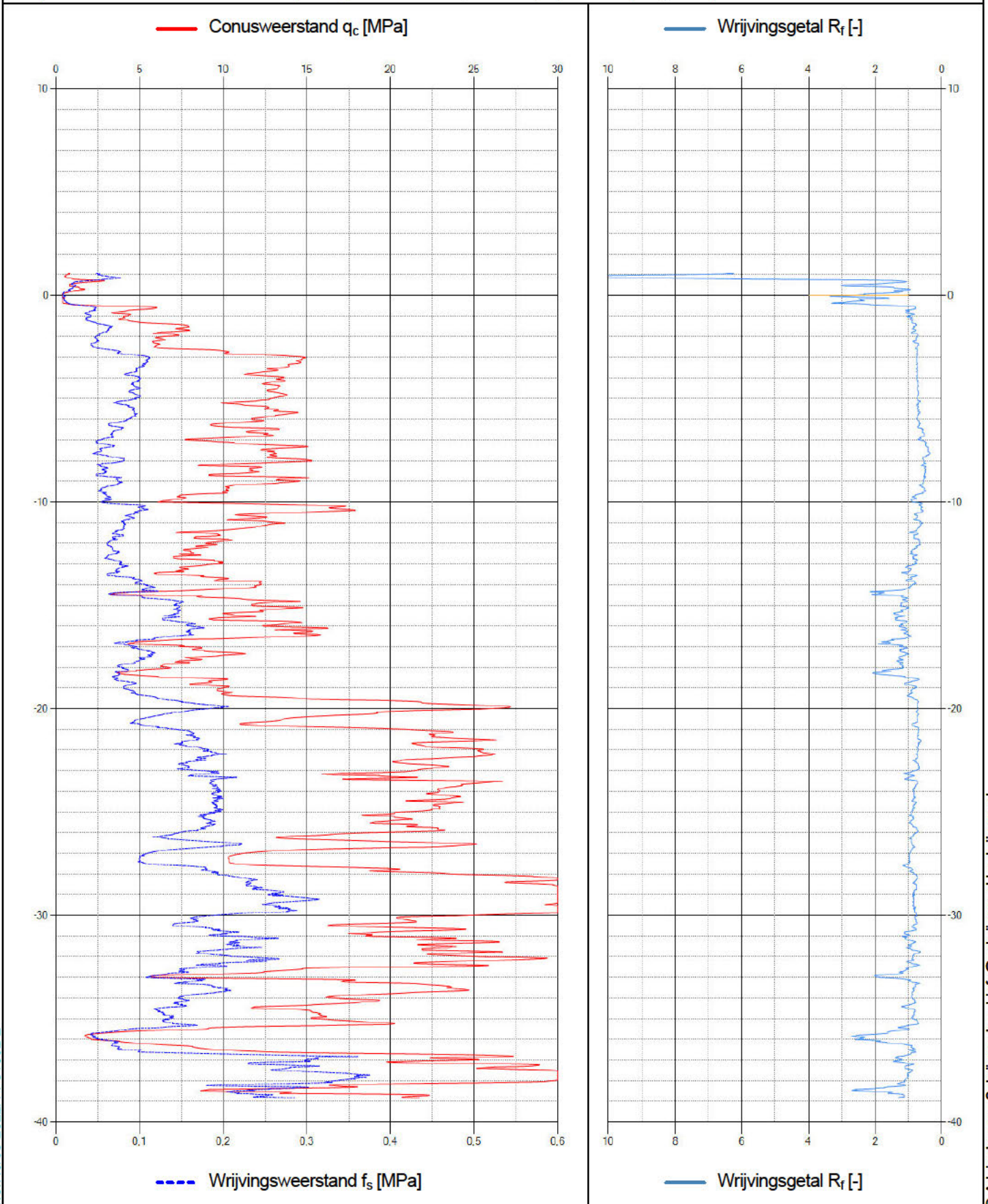
Naam van het project : TenneT Nederwiek 1

Projectonderdeel : HDDN12 Rijksweg A58 Ø250mm, SDR 11 (blijvend 100pct gevuld)



Naam van het project : TenneT Nederwiek 1

Projectonderdeel : HDDN12 Rijksweg A58 Ø250mm, SDR 11 (blijvend 100pct gevuld)

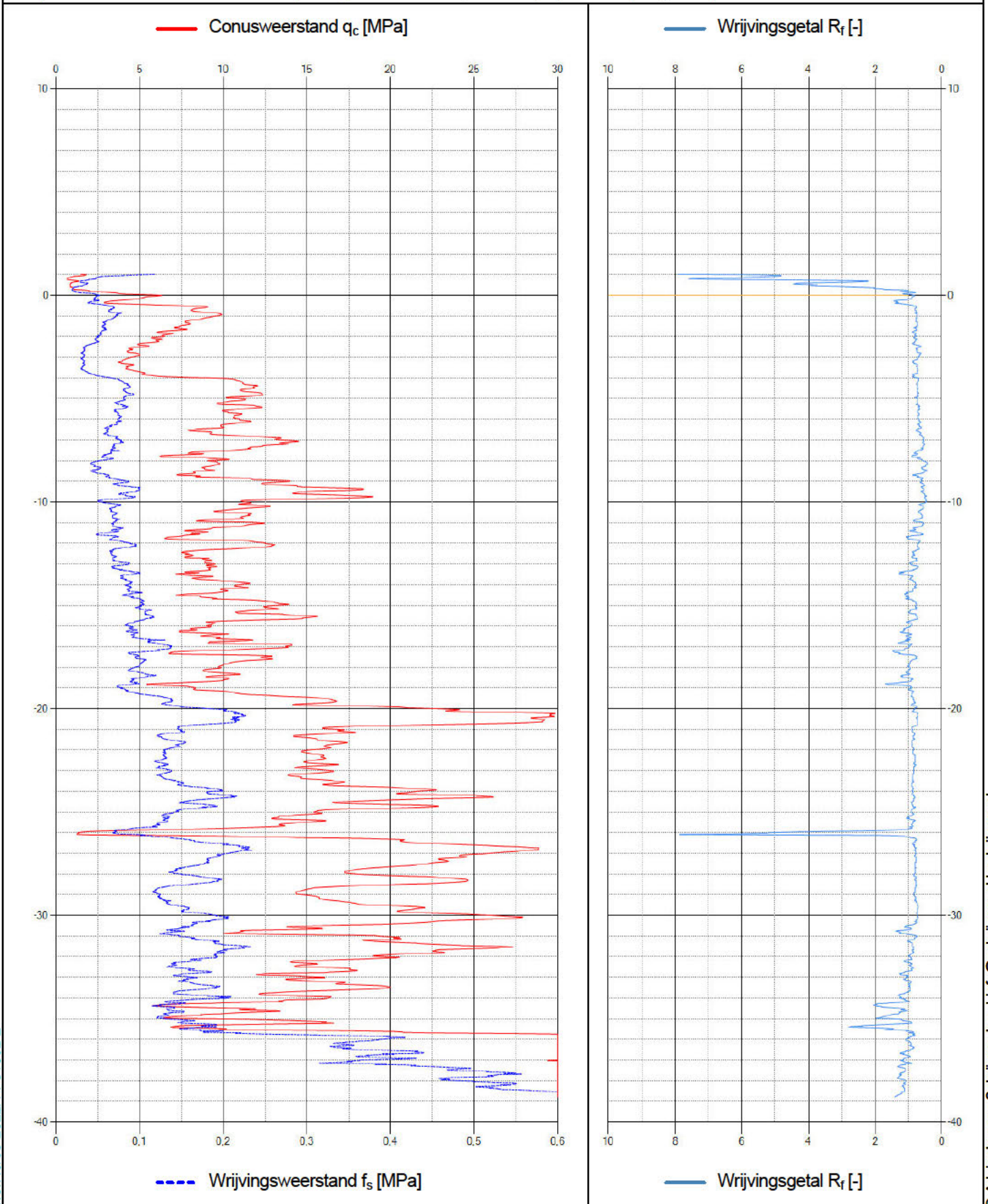


1.3.7.003-2022/14-31382-2

© Adviesbureau Schrijvers b.v. | info@schrijvers.nl | schrijvers.nl

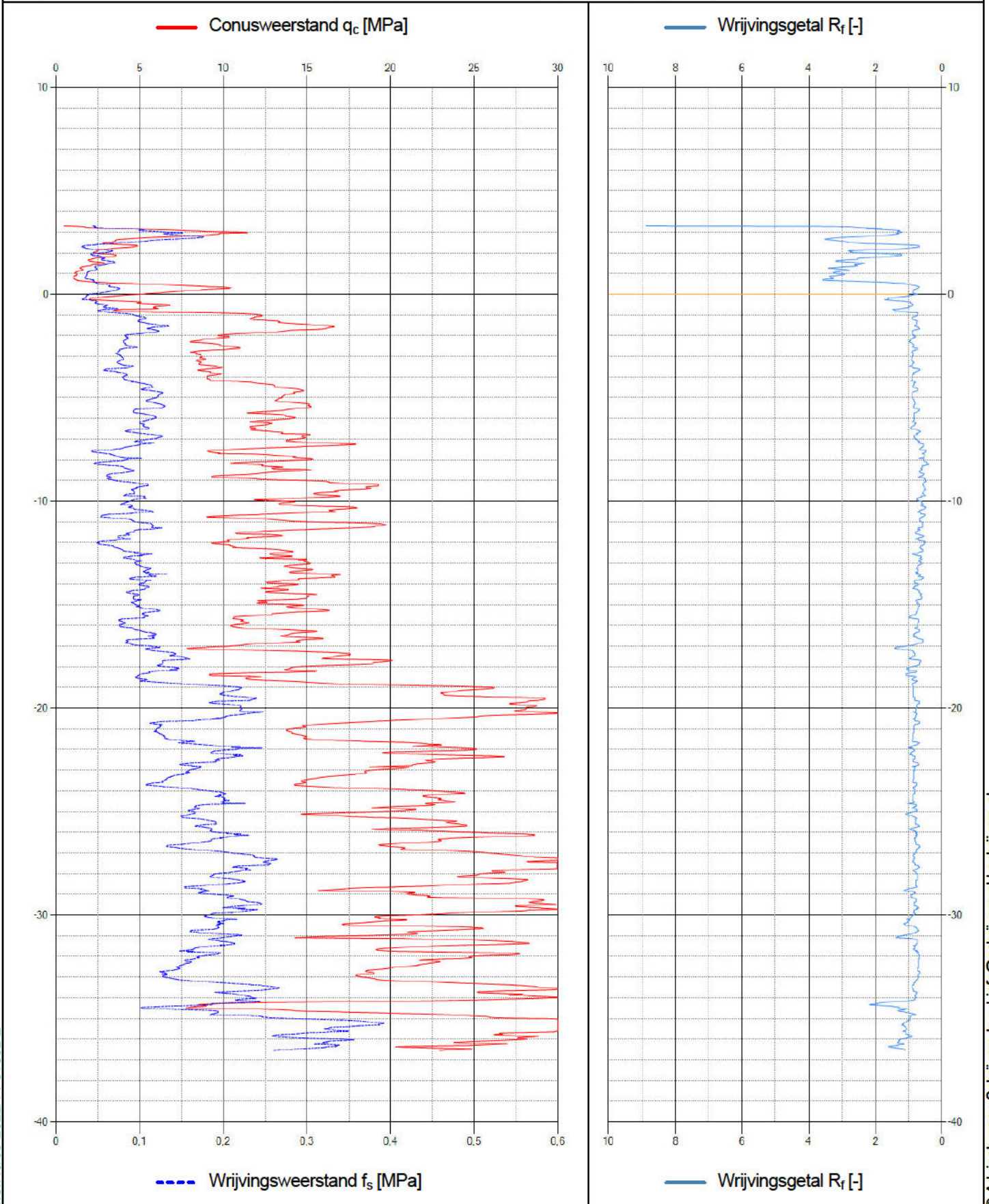
Naam van het project : TenneT Nederwiek 1

Projectonderdeel : HDDN12 Rijksweg A58 Ø250mm, SDR 11 (blijvend 100pct gevuld)



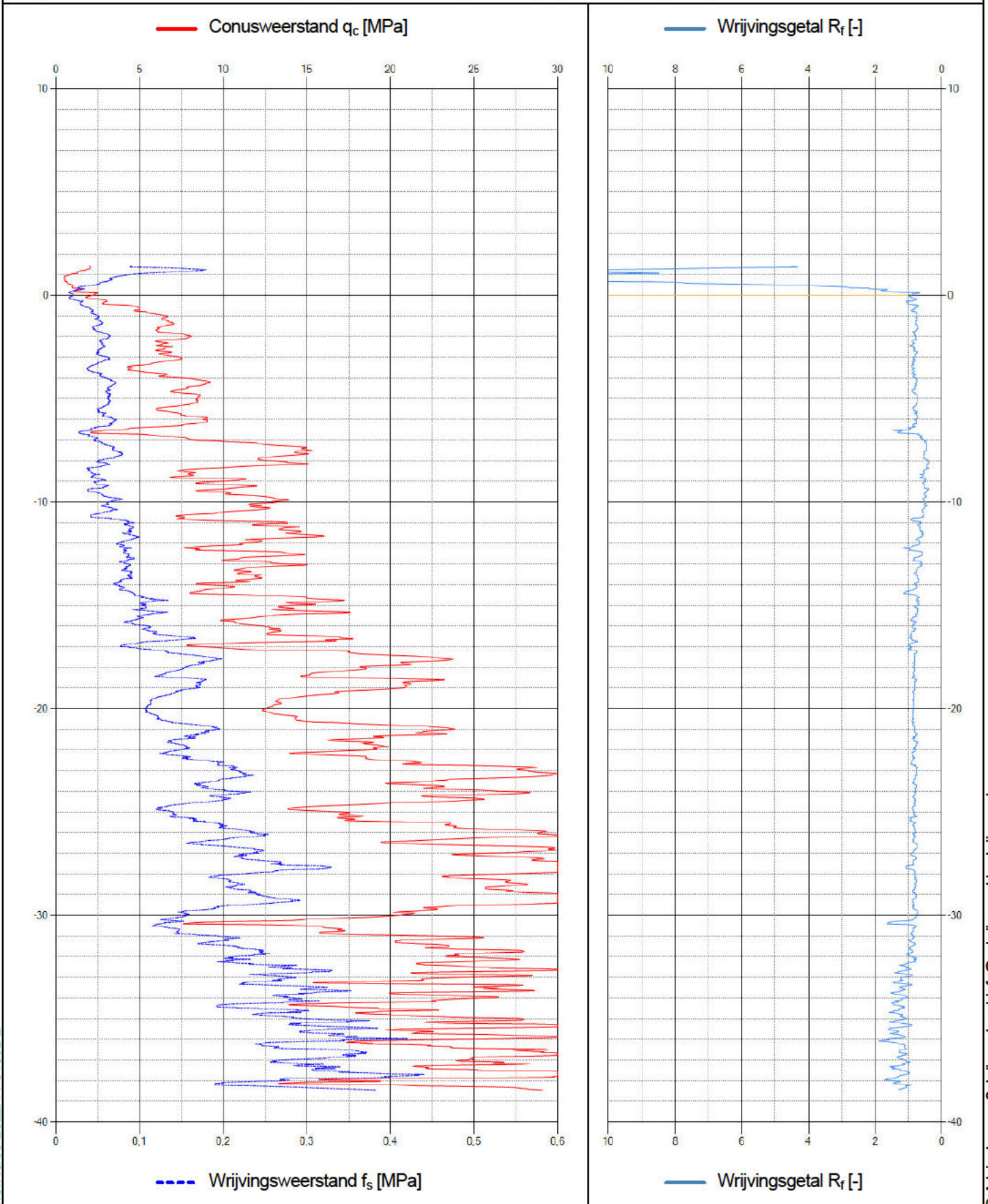
Naam van het project : TenneT Nederwiek 1

Projectonderdeel : HDDN12 Rijksweg A58 Ø250mm, SDR 11 (blijvend 100pct gevuld)



Naam van het project : TenneT Nederwiek 1

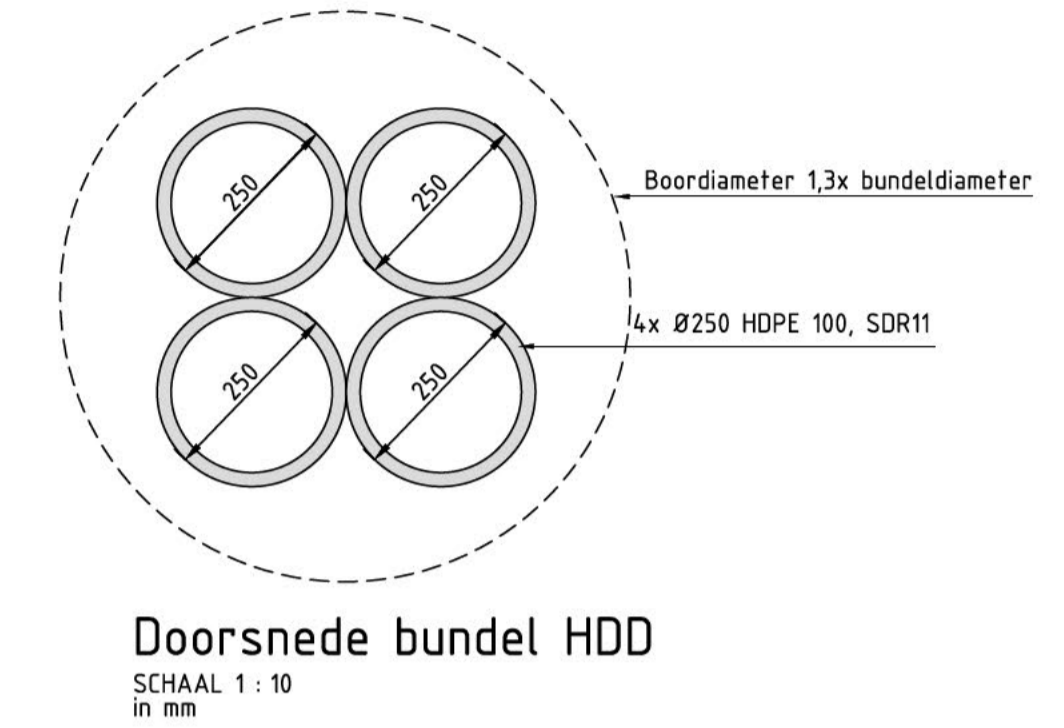
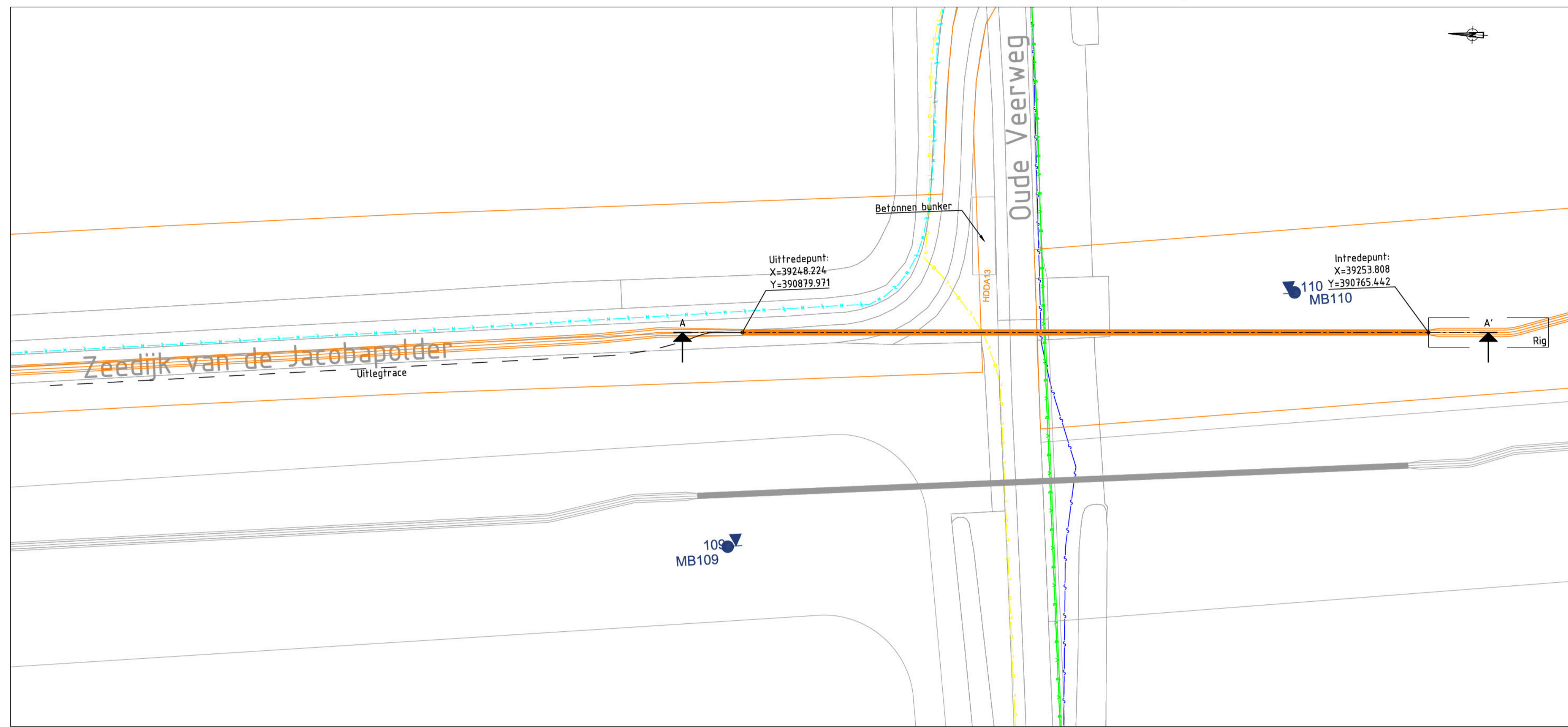
Projectonderdeel : HDDN12 Rijksweg A58 Ø250mm, SDR 11 (blijvend 100pct gevuld)



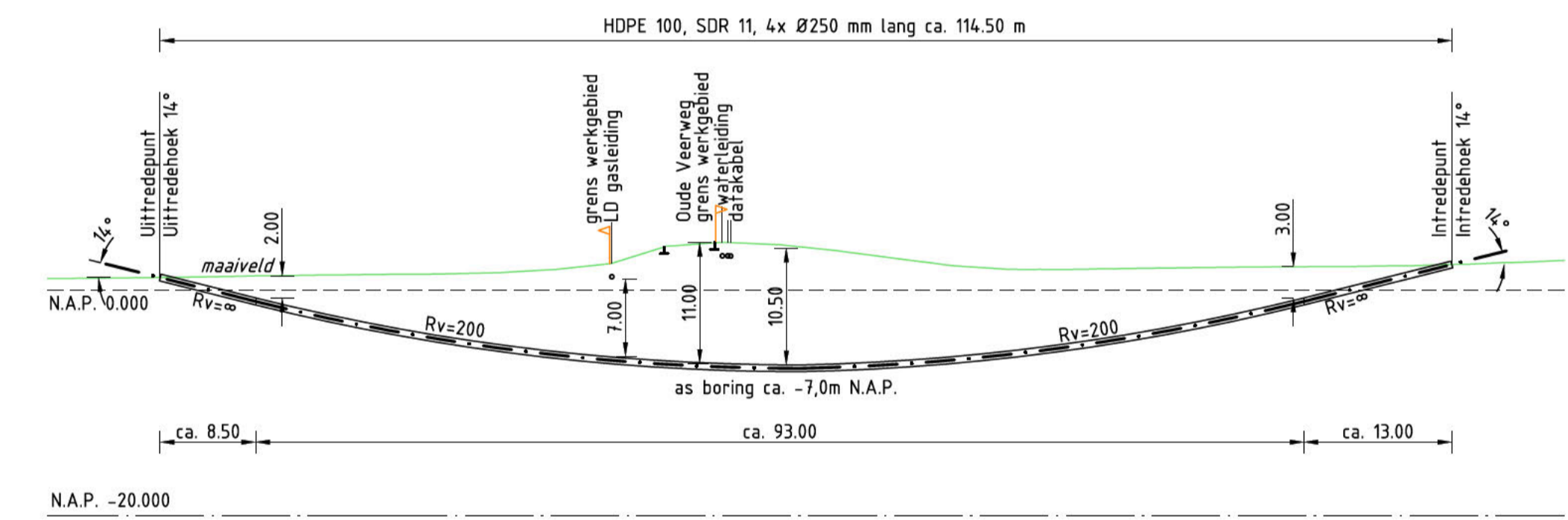
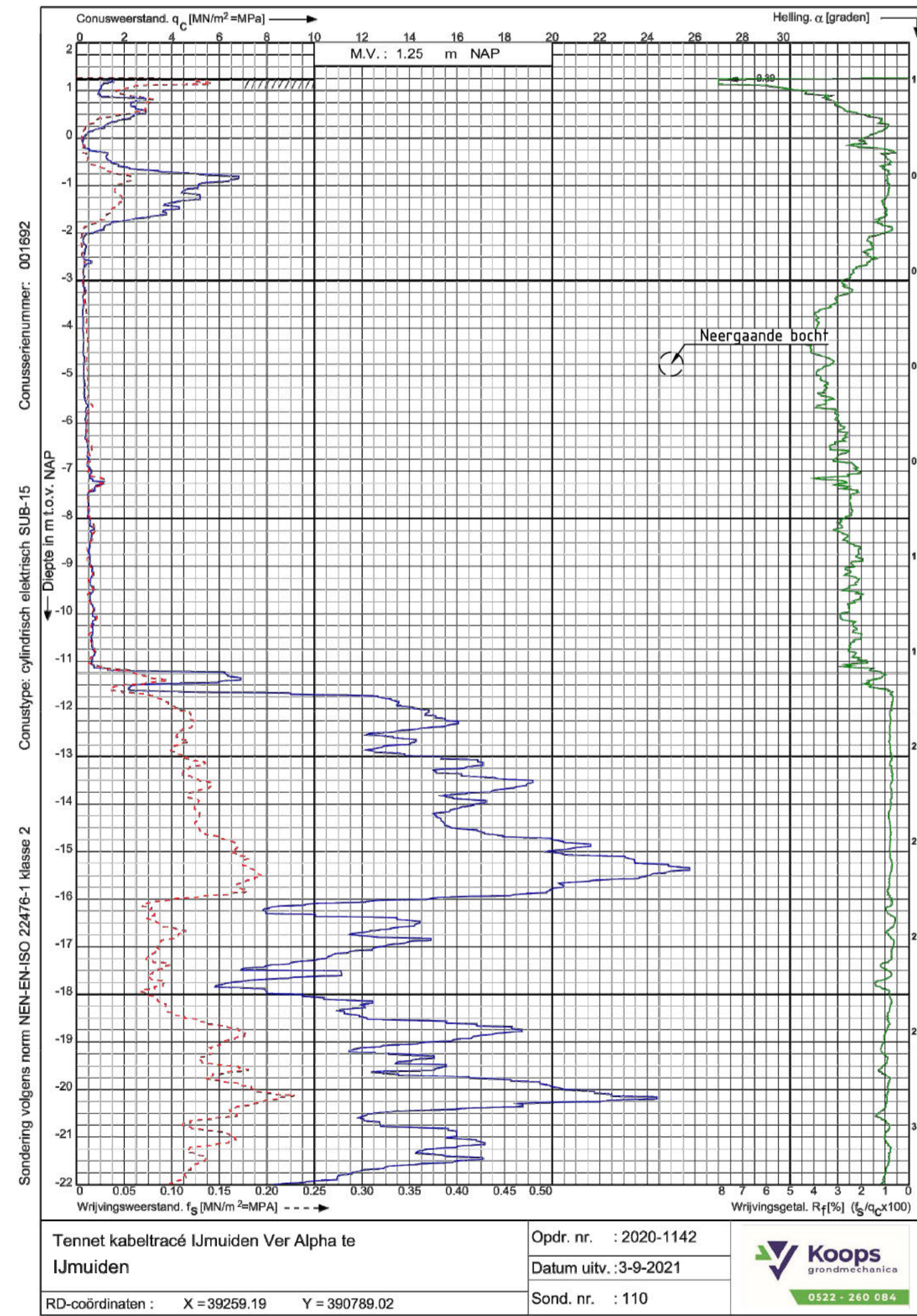
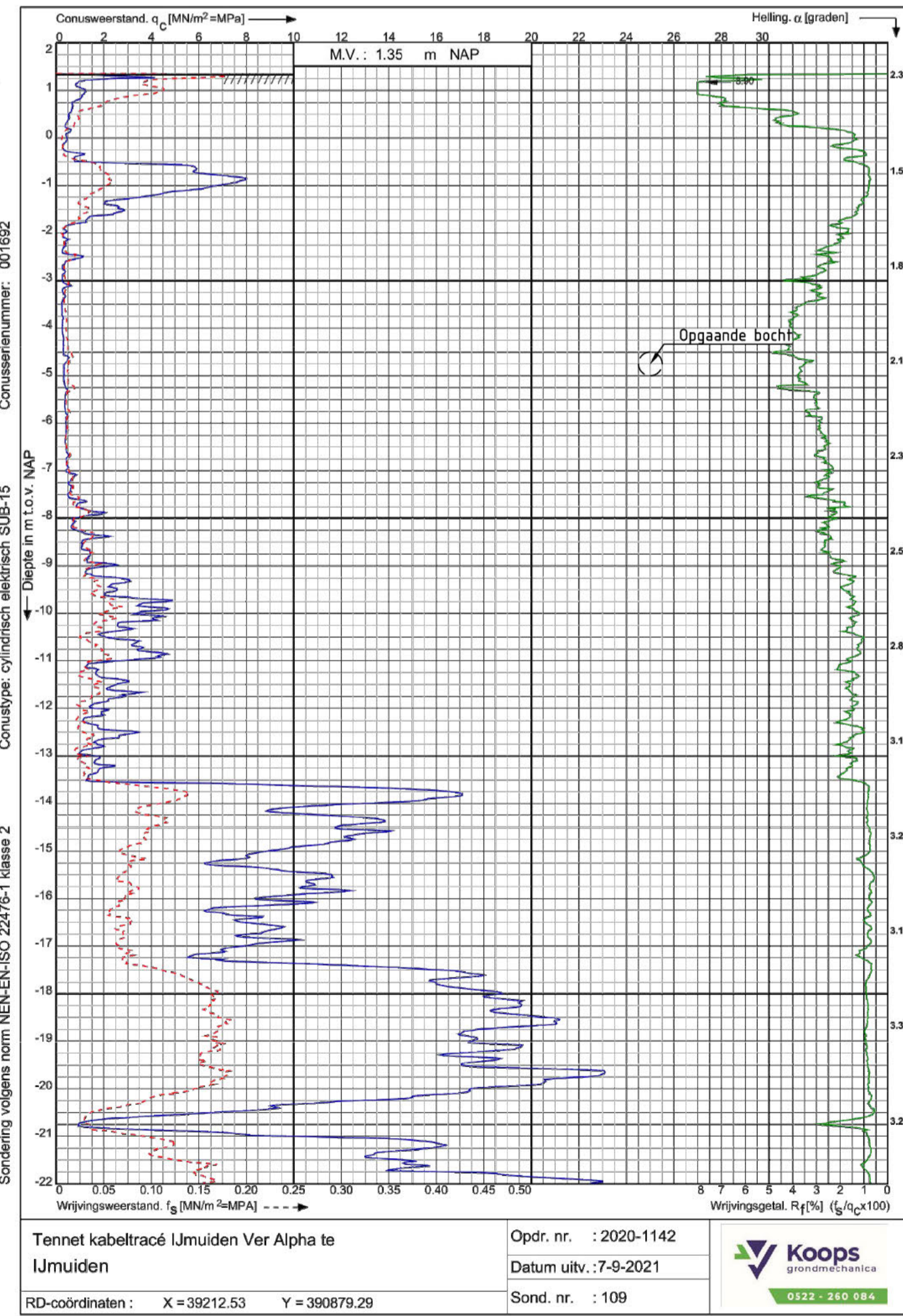
Net op Zee – Nederwiek 1

Aanvraag watervergunning Waterschap Scheldestromen

Bijlage 6d: Oude Veerweg



Situatie
SCHAAL 1 : 500



Lengte profiel boring Oude Veerweg (13) DWP A-A'
SCHAAL 1 : 500
(Lengte profiel gegenereerd uit de AHN3)

Legenda bestaande K&L

	Electra MS
	LD gasleiding
	Dataskap
	Waterleiding
	Sondering
	Grondboring
	Grens werkgebied

KLIC melding nr(s): 200111918

Opmerkingen:

- Bestaande kabels en leidingen zijn ingetekend aan de hand van KLIC melding(en)
- Exacte locatie van de bestaande kabels en leidingen tijdens uitvoering bepalen door middel van proefsluven

Opmerkingen:

Alle maten in m, tenzij anders vermeld. Alle hoogten in m, ten opzichte van N.A.P.

Rev.	Datum	Gez.	Gez.	WIJZIGING
8	02-12-2022	BD	RMW	Definitief, Bundelboring
7	02-09-2022	RMW	JH	HDD nummer toegevoegd
6	26-07-2022	BD	RMW	Tekeningnummer gewijzigd
5	14-04-2022	BD	RMW	Definitief
4	08-04-2022	BD	RMW	Verbinding toegevoegd + bundelboring gewijzigd naar open driehoekconfiguratie + sonderingen toegevoegd
3	29-07-2021	LB	TB	Definitief
2	9-7-2021	JK	LB	Concept definitief
1	08-04-2021	JK	LB	Concept



OPDRACHTGEVER:	ONTWERP : Tennenet	GETEKEND :	DATUM : 02-12-2022
PROJ.NR. :	SCHAAL : zie tek.	FORMAAT : A1	
PROJECT :	Net op Zee Nedenwiek 1		
ONDERWERP :	Vergunningstekening Horizontaal gestuurde boring Oude Veerweg (13)		



HDDN13

TEKENING NR.:

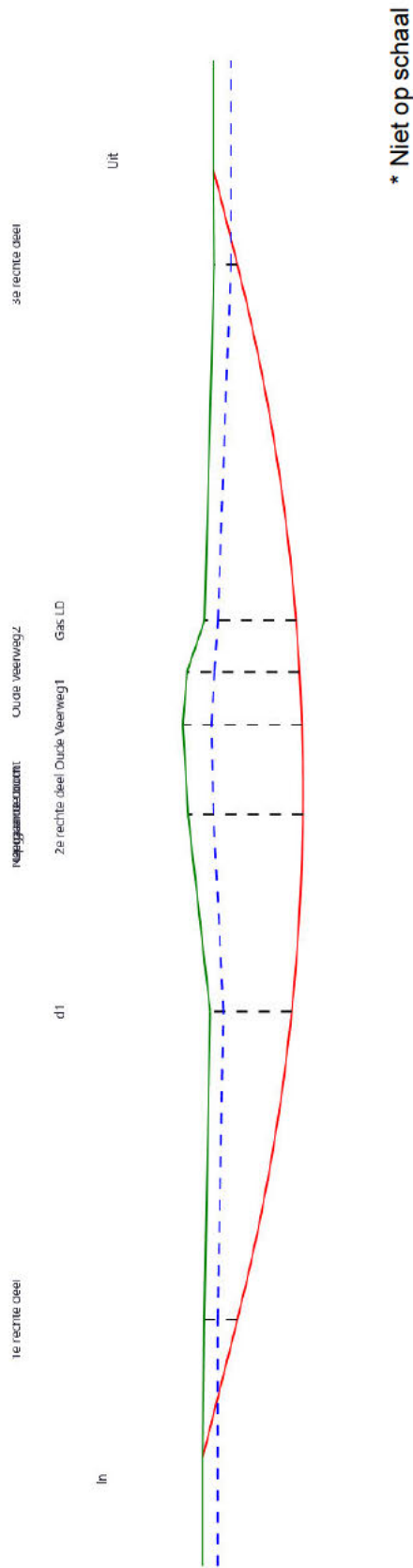
TTB-07864

Sterkteberekening van een horizontaal gestuurde boring conform NEN 3650/3651:2020		Sigma 2022 1.3 ©	
Algemene gegevens			
Naam van het project	: TenneT Nederwiek 1		
Projectonderdeel	: HDDN13 Oude Veerweg Ø250mm, SDR 11 (100pct gevuld)		
Materiaalgegevens			
Materiaalsoort:	PE		
Kwaliteit:	PE 100 SDR 11		
Lange-duur treksterkte	MRS	= 10	N/mm ²
Materiaalfactor	γ_M	= 1,25	-
Toelaatbare langeduur spanning	$\bar{\sigma}_t$	= 8,00	N/mm ²
Elasticiteitsmodulus korte duur	E	= 1.100	N/mm ²
Elasticiteitsmodulus lange duur	E'	= 200	N/mm ²
Lineaire uitzettingscoëfficiënt	α_g	= 20,0·10 ⁻⁵	mm/(mm·K)
Alfa Tangentieel / Alfa Axiaal	α_σ	= 0,65	-
Soortelijk gewicht buis	ρ_L	= 9,55	kN/m ³
Toelaatbare deflectie	δ	= 8,00	%
Leidinggegevens			
Uitwendige middellijn	D _e	= 250,00	mm
Wanddikte	d _n	= 22,8	mm
Procesgegevens			
Soort leiding (Vloeistof / Gas / Drukloos)		= Vloeistof	
Ontwerpdruk	p _d	= 0	N/mm ²
Volumieke massa medium	ρ	= 1000	kg/m ³
Temperatuurverschil	Δt	= 30	°
Uitvoeringsaspecten, tracé boring, in- en uittredehoeken			
Totale lengte	L	= 115,01	m
Lengte 1e rechte deel	L ₁	= 13,00	m
Lengte neergaande bocht	L ₂	= 46,50	m
Lengte 2e rechte deel	L ₃	= 0,01	m
Lengte opgaande bocht	L ₄	= 46,50	m
Lengte 3e rechte deel	L ₅	= 9,00	m
Straal maaiveld/rollenbaan	R _r	= 100,00	m
Straal neergaande bocht	R ₁	= 200,00	m
Straal opgaande bocht	R ₂	= 200,00	m
Intrede-hoek (bij boorstelling)	α_1	= 14,00 / 24,93	° / %
Uittrede-hoek (bij rollenbaan)	α_2	= 14,00 / 24,93	° / %
Belastinghoek	α	= 30	°
Ondersteuningshoek	β	= 30	°
Horizontale steundrukhoek	γ	= 120	°
Grondmechanisch onderzoek uitgevoerd	γ	= 1,1	
<p>The diagram illustrates the layout of a horizontal borehole. It starts with a drilling rig on the left, indicated by an angle α_1. The borehole consists of several segments: a straight section of length L_1, a downward curve of length L_2 with radius R_1, a very short straight section of length L_3, an upward curve of length L_4 with radius R_2, and a final straight section of length L_5. The total length is L. At the end of the borehole, there is a roll-off section with radius R_r and an exit angle α_2. The ground surface is shown as a dashed line.</p>			

Sterkteberekening van een horizontaal gestuurde boring conform NEN 3650/3651:2020				Sigma 2022 1.3 ©			
Uitvoeringsaspecten							
Diameter boorstang		D_b	= 114	mm			
<i>Tijdens pilot</i>							
Diameter boorkop/boorgat		D_p	= 170	mm			
Soortelijk gewicht boorvloeistof		$\rho_{m,p}$	= 11,5	kN/m ³			
Zwichtspanning boorvloeistof		$\tau_{y,p}$	= 13,4	Pa			
Plastische viscositeit boorvloeistof		η_p	= 0,009	Pa·s			
Debiet boorvloeistof		$Q_{m,p}$	= 100	l/min			
<i>Tijdens ruimgang</i>							
Boorstangen koppelen tijden ruimen							
Diameter ruimer/boorgat		$D_{g,r}$	= 780	mm			
Soortelijk gewicht boorvloeistof		$\rho_{m,r}$	= 11,5	kN/m ³			
Zwichtspanning boorvloeistof		$\tau_{y,r}$	= 13,4	Pa			
Plastische viscositeit boorvloeistof		η_r	= 0,009	Pa·s			
Debiet boorvloeistof		$Q_{m,r}$	= 500	l/min			
<i>Tijdens intrekken</i>							
Equivalente diameter bundel		D_{eq}	= 500	mm			
Soortelijk gewicht boorvloeistof		$\rho_{m,i}$	= 11,5	kN/m ³			
Zwichtspanning boorvloeistof		$\tau_{y,i}$	= 13,4	Pa			
Plastische viscositeit boorvloeistof		η_i	= 0,009	Pa·s			
Debiet boorvloeistof		$Q_{m,i}$	= 300	l/min			
Aantal buizen in de bundel		n	= 4				
De bundelbuizen worden niet gekoppeld							
Gewicht vulling/extra gewicht op rollenbaan		$g_{vul, r}$	= 0,328	N/mm ¹			
Gewicht vulling/extra gewicht tpv boorgang		$g_{vul, b}$	= 0,328	N/mm ¹			
Onzekerheids- en wrijvingsfactoren							
Totaalfactor bij boring met bundels		f	= 1,8				
Belastingfactor, bovengronds		$f_{k,b}$	= 1,1				
Belastingfactor, ondergronds		$f_{k,o}$	= 1,4				
Onzekerheidsfactor straal, ondergronds		$f_{r,o}$	= 0,9				
Wrijvingscoëff. met rollenbaan		f_1	= 0,1				
Wrijving tussen leiding/boorvloeistof		f_2	= 0,00005	N/mm ²			
Wrijving tussen leiding/boorgangwand		f_3	= 0,2				
Grondmechanische gegevens en verkeersbelasting							
Locatie	Afstand t.o.v. intredepunt [m]	Dekking t.o.v. maaiveld [m]	G.W.S. t.o.v. maaiveld [m]	Grondsoort	Volumiek gewicht droge grond [kN/m ³]	Volumiek gewicht natte grond [kN/m ³]	Wrijvingshoek grond [°]
1e rechte deel	13	3,00	1,20	Zand	16,27	20,30	27,00
d1	40	7,40	1,20	Klei	16,27	18,33	22,50
Neergaande bocht	57,5	10,40	2,30	Klei	17,46	18,03	27,50
2e rechte deel	57,51	10,40	2,30	Klei	16,39	17,77	27,50
Opgaande bocht	57,52	10,40	2,30	Zand	16,14	17,79	25,00
Oude Veerweg1	65,4	10,80	2,60	Zand	16,57	17,76	25,00
Oude Veerweg2	70	10,20	2,50	Zand	16,45	17,65	25,00
Gas LD	74,5	8,30	1,20	Zand	13,83	17,96	25,00
3e rechte deel	106	2,10	1,50	Zand	14,57	20,00	35,00
						01-12-2022 14:26:55	

Locatie	Gemiddelde verticale beddingconstante [N/mm ³]	Effectieve cohesie [kN/m ²]	E-modulus ondergrond [MN/m ²]	Verkeersbelasting
1e rechte deel	-	0,00	35,00	Geen
d1	0,0110	5,00	3,00	Geen
Neergaande bocht	0,0110	1,00	5,00	Geen
2e rechte deel	0,0110	1,00	5,00	Geen
Opgaande bocht	0,0490	0,00	15,00	Grafiek 1/2 x II
Oude Veerweg1	0,0490	0,00	15,00	Grafiek II
Oude Veerweg2	0,0490	0,00	15,00	Grafiek II
Gas LD	0,0490	0,00	15,00	Grafiek 1/2 x II
3e rechte deel	0,0490	0,00	75,00	Geen

Locatie	Gereduceerde grondbelasting	Sondering
1e rechte deel	Geen	110
d1	Geen	110
Neergaande bocht	Geen	110
2e rechte deel	Geen	109
Opgaande bocht	Geen	109
Oude Veerweg1	Geen	109
Oude Veerweg2	Geen	109
Gas LD	Geen	109
3e rechte deel	Geen	109



2. Eigenschappen van de leiding

Inwendige middellijn	$D_i = D_e - 2 \cdot d_n$	= 204,40	mm
Gemiddelde middellijn	$D_g = (D_e + D_i)/2$	= 227,20	mm
Uitwendige middellijn+bekleding	$D_o = D_e + 2 \cdot e$	= 250,00	mm
Uitwendige straal	$r_e = D_e / 2$	= 125,00	mm
Inwendige straal	$r_i = D_i / 2$	= 102,20	mm
Gemiddelde straal	$r_g = (r_e + r_i) / 2$	= 113,60	mm
Traagheidsmoment buis	$I_b = (D_e^4 - D_i^4) \cdot \pi/64$	= 106.064.835,12	mm ⁴
Weerstandsmoment buis	$W_b = I_b / r_e$	= 848.518,68	mm ³
Wandtraagheidsmoment	$I_w = d_n^3 / 12$	= 987,70	mm ⁴ /mm ¹
Wandweerstandsmoment	$W_w = d_n^2 / 6$	= 86,64	mm ³ /mm ¹
Oppervlakte leiding	$A = \pi \cdot (D_e^2 - D_i^2) / 4$	= 16.273,95	mm ²
Gewicht leiding	$g = \rho_L \cdot A$	= 0,1554	N/mm ¹

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

	<i>Leiding op rollenbaan/maaiveld</i>		<i>Leiding in boorgat</i>	
Gewicht mediumleiding	$g = 0,1554$	N/mm ¹	$g = 0,1554$	N/mm ¹
Gewicht vulling	$g_{vul} = 0,328$	N/mm ¹ +	$g_{vul} = 0,328$	N/mm ¹ +
Totaal gewicht	$g_{rol} = 0,4834$	N/mm ¹	$g_{gat} = 0,4834$	N/mm ¹

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

Trekkraft T_1 tijdens verschillende stadia [N]	L [m]	T_1 [N]
Starten met trekken	115,01	10.008
Na intrekken van L_5	106,01	9.224
Na intrekken van $L_5 + L_4$	59,51	5.178
Na intrekken van $L_5 + L_4 + L_3$	59,50	5.177
Na intrekken van $L_5 + L_4 + L_3 + L_2$	13,00	1.131

$$T_1 = f \cdot L \cdot g_{rol} \cdot f_1 = 1,8 \cdot L \cdot 0,4834 \cdot 0,1$$

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

Spanningen σ_t tijdens verschillende stadia [N/mm ²]	T_1 [N]	σ_t [N/mm ²]
Starten met trekken	10.008	0,61
Na intrekken van L_5	9.224	0,57
Na intrekken van $L_5 + L_4$	5.178	0,32
Na intrekken van $L_5 + L_4 + L_3$	5.177	0,32
Na intrekken van $L_5 + L_4 + L_3 + L_2$	1.131	0,07

$$\sigma_t = \frac{T_1}{A} = \frac{T_1}{16.273,95}$$

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

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

$$M_b = 1,1 \cdot 1.100 \cdot \frac{106.064.835}{100.000} = 1.283.384,50 \text{ Nmm}$$

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

$$\sigma_b = \frac{1.283.384,50}{848.519} = 1,51 \text{ N/mm}^2$$

4.4 Totalisatie van de optredende spanningen op rollenbaan/maaiveld

Spanningen σ_a tijdens verschillende stadia [N/mm ²]	σ_t [N/mm ²]	σ_a [N/mm ²]
Starten met trekken	0,61	1,60
Na intrekken van L ₅	0,57	1,55
Na intrekken van L ₅ + L ₄	0,32	1,30
Na intrekken van L ₅ + L ₄ + L ₃	0,32	1,30
Na intrekken van L ₅ + L ₄ + L ₃ + L ₂	0,07	1,05

$$\sigma_a = \alpha_{\sigma} \cdot \sigma_b + \sigma_t = 0,65 \cdot 1,51 + \sigma_t$$

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

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

Aantal buizen in de bundel $n = 4$

De bundelbuizen worden niet gekoppeld $\rightarrow f_b = 1/n^{0,3} = 0,660$

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

66,0% van de omtrek van de leiding komt in aanraking met bentoniet.

Hieruit volgt: $D_{e,omtrek} = 518,17 \text{ mm}^1$

Gewicht van de leiding (+vulling) in het boorgat $g_{gat} = 0,483 \text{ N/mm}^1$

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

Gelet hierop is $g_{eff} = |g_{gat} - g_{opw}| = 0,0811 \text{ N/mm}^1$

Trekkkracht T_2 en T_{3a} tijdens verschillende stadia [N]	L [m]	T_2 [N]	T_{3a} [N]
Na intrekken van L_5	9,00	682	-
Na intrekken van $L_5 + L_4$	55,50	-	4.208
Na intrekken van $L_5 + L_4 + L_3$	55,51	4.209	-
Na intrekken van $L_5 + L_4 + L_3 + L_2$	102,01	-	7.735
Geheel ingetrokken	115,01	8.721	-

Rechte delen: $T_2 = f \cdot L \cdot (D_{e,omtr} \cdot f_2 + g_{eff} \cdot f_3) = 1,8 \cdot L \cdot (518,17 \cdot 0,00005 + 0,0811 \cdot 0,2)$

Gebogen delen: $T_{3a} = f \cdot L_B \cdot (D_{e,omtr} \cdot f_2 + g_{eff} \cdot f_3) = 1,8 \cdot L \cdot (518,17 \cdot 0,00005 + 0,0811 \cdot 0,2)$

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

Locatie	λ [mm ⁻¹]	R [m]	Q_r [N/mm ²]	T_{3b} [N]
d1	0,0016	200,0	0,0020	736
Neergaande bocht	0,0016	200,0	0,0020	736
2e rechte deel	0,0016	200,0	0,0020	736
Opgaande bocht	0,0023	200,0	0,0043	1.069
Oude Veerweg1	0,0023	200	0,0043	1.069
Oude Veerweg2	0,0023	200	0,0043	1.069
Gas LD	0,0023	200	0,0043	1.069
3e rechte deel	0,0023	200	0,0043	1.069

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

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

$$T_{3b} = f \cdot 4 \cdot \frac{Q_r}{2} \cdot D_o \cdot \frac{\pi}{\lambda} \cdot f_3 = 1,8 \cdot 4 \cdot \frac{Q_r}{2} \cdot 250 \cdot \frac{\pi}{\lambda} \cdot 0,2$$

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

Trekkraft T_{bocht} tijdens verschillende stadia [N]	T_1 [N] (f = 1)	T_2 / T_{3a} [N] (f = 1)	$T_{3b,\text{neer}}$ [N] (f = 1)	$T_{3b,\text{op}}$ [N] (f = 1)	T_{bocht} [N]
Neergaande bocht	2.877	2.338	594	-	5.808
Opgaande bocht	628	4.297	594	594	6.113

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

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

Trekkraft T_{3c} tijdens verschillende stadia [N]	α [°]	T_{bocht} [N]	T_{3c} [N]
Neergaande bocht	7,00	5.808	510
Opgaande bocht	7,00	6.113	536

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

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

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

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

5.4 Totalisatie van de trekkraften in fase II

Trekkraft T_{tot} tijdens verschillende stadia [N]	T_1 [N]	T_2 / T_{3a} [N]	$T_{3b,\text{neer}}$ [N]	$T_{3c,\text{neer}}$ [N]	$T_{3b,\text{op}}$ [N]	$T_{3c,\text{op}}$ [N]	T_{tot} [N]
Na intrekken van L_5	9.224	682	-	-	-	-	9.907
Na intrekken van $L_5 + L_4$	5.178	4.208	1.069	510	-	-	10.965
Na intrekken van $L_5 + L_4 + L_3$	5.177	4.209	1.069	510	-	-	10.965
Na intrekken van $L_5 + L_4 + L_3 + L_2$	1.131	7.735	1.069	510	1.069	536	12.050
Geheel ingetrokken	0	8.721	1.069	510	1.069	536	11.904

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

5.5 Karakteristieke waarden van de benodigde trekkrachten in fase II

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

Trekkracht T_{tot} tijdens verschillende stadia [N]	T_1 [N]	T_2 / T_{3a} [N]	$T_{3b,neer}$ [N]	$T_{3c,neer}$ [N]	$T_{3b,op}$ [N]	$T_{3c,op}$ [N]	T_{tot} [N]
Na intrekken van L_5	5.125	379	-	-	-	-	5.504
Na intrekken van $L_5 + L_4$	2.877	2.338	594	283	-	-	6.092
Na intrekken van $L_5 + L_4 + L_3$	2.876	2.338	594	283	-	-	6.092
Na intrekken van $L_5 + L_4 + L_3 + L_2$	628	4.297	594	283	594	298	6.694
Geheel ingetrokken	0	4.845	594	283	594	298	6.613

De maximale karakteristieke waarde voor de benodigde trekkracht bedraagt **6.694 N** ($\approx 0,7$ ton).

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

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

Spanningen σ_t tijdens verschillende stadia [N/mm ²]	T_{tot} [N]	σ_t [N/mm ²]
Na intrekken van L_5	9.907	0,61
Na intrekken van $L_5 + L_4$	10.965	0,67
Na intrekken van $L_5 + L_4 + L_3$	10.965	0,67
Na intrekken van $L_5 + L_4 + L_3 + L_2$	12.050	0,74
Geheel ingetrokken	11.904	0,73

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

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

5.7.1 Neergaande bocht

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

$$M_b = 1,4 \cdot 1.100 \cdot \frac{106.064.835,12}{0,9 \cdot 200.000} = 907.443,59 \text{ Nmm}$$

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

$$\sigma_b = \frac{907.443,59}{848.518,68} = 1,07 \text{ N/mm}^2$$

5.7.2 Opgaande bocht

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

$$M_b = 1,4 \cdot 1.100 \cdot \frac{106.064.835,12}{0,9 \cdot 200.000} = 907.443,59 \text{ Nmm}$$

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

$$\sigma_b = \frac{907.443,59}{848.518,68} = 1,07 \text{ N/mm}^2$$

5.8 Totalisatie van de spanningen in het boorgat tijdens de trekoperatie

Spanningen σ_a tijdens verschillende stadia [N/mm ²]	T_{tot} [N]	σ_t [N/mm ²]	σ_b [N/mm ²]	σ_a [N/mm ²]
Na intrekken van L ₅	9.907	0,61	-	0,61
Na intrekken van L ₅ + L ₄	10.965	0,67	1,07	1,37
Na intrekken van L ₅ + L ₄ + L ₃	10.965	0,67	-	0,67
Na intrekken van L ₅ + L ₄ + L ₃ + L ₂	12.050	0,74	1,07	1,44
Geheel ingetrokken	11.904	0,73	-	0,73

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

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

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

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

$$D_g/d_n = 227,20/22,80 = 9,96 \rightarrow D_g/d_n \leq 20 \rightarrow \text{Dikwandige leiding}$$

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

$$\sigma_p = \frac{125,00^2 + 102,20^2}{125,00^2 - 102,20^2} \cdot 0 = 0,00 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{y1} = \sigma_p = 0,00 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{pl} = \nu \cdot \sigma_p = 0,4 \cdot 0,00 = 0,00 \text{ N/mm}^2$$

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

6.2 Berekening reroundingfactor f_{rr}

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

$$f_{rr} = 1 / \left(1 + \frac{2 \cdot 0 \cdot 113,6^3 \cdot 0,143}{1100 \cdot 987,70} \right) = 1,00$$

6.3 Berekening van de neutrale grondbelasting Q_n

Locatie	Dekking t.o.v. maaiveld [m]	G.W.S. t.o.v. maaiveld [m]	Grondsoort	q_{droog} [kN/m ²]	q_{nat} [kN/m ²]	q_n [kN/m ²]	Q_n [N/mm ¹]
1e rechte deel	3,00	1,20	Zand	21,48	22,19	43,67	10,92
d1	7,40	1,20	Klei	21,48	63,01	84,49	21,12
Neergaande bocht	10,40	2,30	Klei	44,17	79,65	123,82	30,96
2e rechte deel	10,40	2,30	Klei	41,47	77,33	118,80	29,70
Opgaande bocht	10,40	2,30	Zand	40,83	77,51	118,34	29,59
Oude Veerweg1	10,80	2,60	Zand	47,39	78,20	125,59	31,40
Oude Veerweg2	10,20	2,50	Zand	45,24	72,50	117,73	29,43
Gas LD	8,30	1,20	Zand	18,26	69,27	87,52	21,88
3e rechte deel	2,10	1,50	Zand	24,04	7,20	31,24	7,81

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

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

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

$$Q_n = q_n \cdot D_o = (1,1 \cdot \gamma_d \cdot H_d + 1,1 \cdot \gamma_n \cdot H_n - \gamma_w \cdot H_w) \cdot 250$$

6.4 Berekening van de verkeersbelasting Q_v

Locatie	Dekking t.o.v. maaiveld [m]	Verkeersbelasting	q_v [kN/m ²]	Q_v [N/mm ¹]
1e rechte deel	3,00	Geen	0,00	0,00
d1	7,40	Geen	0,00	0,00
Neergaande bocht	10,40	Geen	0,00	0,00
2e rechte deel	10,40	Geen	0,00	0,00
Opgaande bocht	10,40	Grafiek ½ x II	0,79	0,20
Oude Veerweg1	10,80	Grafiek II	1,50	0,38
Oude Veerweg2	10,20	Grafiek II	1,63	0,41
Gas LD	8,30	Grafiek ½ x II	1,07	0,27
3e rechte deel	2,10	Geen	0,00	0,00

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

6.5 Momenten en spanningen t.g.v. bovenbelastingen

Locatie	Q_n [N/mm ¹]	Q_v [N/mm ¹]	Q_{boven} [N/mm ¹]	M_q [Nmm]	σ_q [N/mm ²]
1e rechte deel	10,92	0,00	10,92	318,74	3,68
d1	21,12	0,00	21,12	616,65	7,12
Neergaande bocht	30,96	0,00	30,96	903,75	10,43
2e rechte deel	29,70	0,00	29,70	867,08	10,01
Opgaande bocht	29,59	0,20	29,78	869,55	10,04
Oude Veerweg1	31,40	0,38	31,77	927,60	10,71
Oude Veerweg2	29,43	0,41	29,84	871,20	10,06
Gas LD	21,88	0,27	22,15	646,64	7,46
3e rechte deel	7,81	0,00	7,81	228,02	2,63

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

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

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

Locatie	R [m]	Q_r [N/mm ²]	σ_{qr} [N/mm ²]
d1	200,0	0,0020	0,13
Neergaande bocht	200,0	0,0020	0,13
2e rechte deel	200,0	0,0020	0,13
Opgaande bocht	200,0	0,0043	0,28
Oude Veerweg1	200	0,0043	0,28
Oude Veerweg2	200	0,0043	0,28
Gas LD	200	0,0043	0,28
3e rechte deel	200	0,0043	0,28

$$\sigma_{qr} = K_{b,ind} \cdot Q_r \cdot D_o \cdot \frac{r_u}{W_w} = 0,179 \cdot Q_r \cdot 250 \cdot \frac{125,00}{86,64}$$

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

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

$$\sigma_{ax} = 30 \cdot 0,0002 \cdot 1100 = 6,60 \text{ N/mm}^2$$

7. Toetsing op minimale ringstijfheid S_N

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

$$S_N = 1100 \cdot \frac{987,70}{227,2^3} = 0,0926 \text{ N/mm}^2 = 92,64 \text{ kN/m}^2$$

Minimaal vereiste ringstijfheid = 2 kN/m²

8. Toetsing op implosie: berekening van de alzijdige overdruk

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

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

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

$$p_{o,kort} = \frac{1}{1,5 \cdot (1 - 0,4^2)} \cdot \frac{24 \cdot 1.100,00 \cdot 987,70}{227,20^3} = 1,76 \text{ N/mm}^2$$

$$p_{o,lang} = \frac{1}{3 \cdot (1 - 0,4^2)} \cdot \frac{24 \cdot 200,00 \cdot 987,70}{227,20^3} = 0,16 \text{ N/mm}^2$$

Conclusie: Kans op implosie bij **16,04** m grondwater boven de leiding

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

Locatie	σ_q [N/mm ²]	σ_{qr} [N/mm ²]	α_{σ} [-]	σ_{y2} [N/mm ²]
1e rechte deel	3,68	-	0,65	2,39
d1	7,12	0,13	0,65	4,71
Neergaande bocht	10,43	0,13	0,65	6,87
2e rechte deel	10,01	0,13	0,65	6,59
Opgaande bocht	10,04	0,28	0,65	6,70
Oude Veerweg1	10,71	0,28	0,65	7,14
Oude Veerweg2	10,06	0,28	0,65	6,72
Gas LD	7,46	0,28	0,65	5,03
3e rechte deel	2,63	0,28	0,65	1,89

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

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

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

9.2 Optredende spanningen in langsrichting van de leiding

Locatie	σ_{pl} [N/mm ²]	σ_{ax} [N/mm ²]	σ_b [N/mm ²]	α_{σ} [-]	σ_x [N/mm ²]
1e rechte deel	0,00	6,60	-	-	6,60
d1	0,00	6,60	1,07	0,65	7,30
Neergaande bocht	0,00	6,60	1,07	0,65	7,30
2e rechte deel	0,00	6,60	1,07	0,65	7,30
Opgaande bocht	0,00	6,60	1,07	0,65	7,30
Oude Veerweg1	0,00	6,60	1,07	0,65	7,30
Oude Veerweg2	0,00	6,60	1,07	0,65	7,30
Gas LD	0,00	6,60	1,07	0,65	7,30
3e rechte deel	0,00	6,60	1,07	0,65	7,30

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

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

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

10. Berekening van de optredende en toelaatbare deflectie

Locatie	Q_n [N/mm ¹]	Q_v [N/mm ¹]	Q_r [N/mm ²]	δ_y [mm]	δ_y/D_g [%]
1e rechte deel	10,92	0,00	-	3,01	1,32
d1	21,12	0,00	0,0020	4,76	2,09
Neergaande bocht	30,96	0,00	0,0020	8,70	3,83
2e rechte deel	29,70	0,00	0,0020	8,35	3,67
Opgaande bocht	29,59	0,20	0,0043	7,52	3,31
Oude Veerweg1	31,40	0,38	0,0043	8,01	3,52
Oude Veerweg2	29,43	0,41	0,0043	7,51	3,31
Gas LD	21,88	0,27	0,0043	5,58	2,46
3e rechte deel	7,81	0,00	0,0043	2,81	1,24

$$\delta_y = \frac{(0,089 \cdot Q - 0,095 \cdot Q_{n,h} + 0,048 \cdot Q_r) \cdot r_0^3}{E' \cdot I_w}$$

$$\delta_y = \frac{(0,089 \cdot (Q_n + \frac{1}{2} \cdot Q_v) - 0,095 \cdot (1 - \sin \varphi) \cdot (Q_n + \frac{1}{2} \cdot Q_v) + 0,048 \cdot Q_r) \cdot 113,60^3}{200 \cdot 987,70}$$

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

11. Berekening van de boorspoeldrukken

Locatie	H [m]	σ_{vert} [kN/m ²]	σ_{hor} [kN/m ²]	σ_o' [kN/m ²]	p'_f [kN/m ²]	E_{100} [MN/m ²]
1e rechte deel	3,00	32,97	18,00	25,48	37,05	23,13
d1	7,40	59,06	36,46	47,76	70,66	2,62
Neergaande bocht	10,40	88,27	47,51	67,89	100,13	5,93
2e rechte deel	10,40	84,12	45,28	64,70	95,46	5,74
Opgaande bocht	10,40	83,75	48,35	66,05	93,96	16,32
Oude Veerweg1	10,80	89,56	51,71	70,63	100,48	16,81
Oude Veerweg2	10,20	83,94	48,46	66,20	94,18	16,28
Gas LD	8,30	60,01	34,65	47,33	67,33	14,03
3e rechte deel	2,10	24,78	10,57	17,67	27,81	41,92

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

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

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

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

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

Locatie	G [MN/m ²]	Q [-]	u [N/mm ²]	v [-]	p_{lim} [N/mm ²]	90% p_{lim} [bar] 1
1e rechte deel	13,91	0,00083	0,0180	0,3532	0,36	3,22
d1	1,79	0,013	0,0620	0,3817	0,33	2,94
Neergaande bocht	3,53	0,0091	0,0810	0,3499	0,53	4,76
2e rechte deel	3,41	0,0090	0,0810	0,3499	0,51	4,59
Opgaande bocht	10,35	0,0027	0,0810	0,3660	0,63	5,63
Oude Veerweg1	10,66	0,0028	0,0820	0,3660	0,66	5,92
Oude Veerweg2	10,32	0,0027	0,0770	0,3660	0,62	5,60
Gas LD	8,90	0,0022	0,0710	0,3660	0,48	4,35
3e rechte deel	21,66	0,00047	0,0060	0,2989	0,46	4,15

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

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

$$u = \gamma_w \cdot H_n$$

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

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

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

11.1 Tijdens pilot

Locatie	$R_{p,max}$ [m]	Δh_{in} [m]	p_{max} [N/mm ²]	p_{max} [bar] 2	p_{min} [N/mm ²]	p_{min} [bar] 3
1e rechte deel	0,93	3,14	0,18	1,78	0,04	0,39
d1	3,70	8,07	0,32	3,23	0,10	1,03
Neergaande bocht	5,20	9,08	0,52	5,25	0,12	1,18
2e rechte deel	5,20	9,08	0,51	5,06	0,12	1,18
Opgaande bocht	0,52	9,08	0,35	3,48	0,12	1,18
Oude Veerweg1	0,51	8,99	0,36	3,65	0,12	1,19
Oude Veerweg2	0,52	8,78	0,34	3,44	0,12	1,18
Gas LD	0,57	8,47	0,27	2,73	0,12	1,16
3e rechte deel	1,05	3,15	0,18	1,75	0,06	0,62

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

$$R_o = \frac{D_p}{2} = \frac{170}{2} = 85 \text{ mm}$$

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

$$v_{m,p} = \frac{Q_{m,p}}{A_p} = \frac{100}{1/4 \cdot \pi \cdot (D_p^2 - D_b^2)} = \frac{100}{1/4 \cdot \pi \cdot (170^2 - 114^2)} = 0,133 \text{ m/s}$$

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

11.2 Tijdens ruimgang

Locatie	$R_{p,max}$ [m]	Δh_{uit} [m]	p_{max} [N/mm ²]	p_{max} [bar] 4	p_{min} [N/mm ²]	p_{min} [bar] 5
3e rechte deel	1,05	2,18	0,06	0,63	0,03 ⁽¹⁾	0,25
Gas LD	2,60	7,50	0,27	2,73	0,09 ⁽¹⁾	0,87
Oude Veerweg2	2,37	7,81	0,34	3,44	0,09 ⁽¹⁾	0,91
Oude Veerweg1	2,33	8,02	0,36	3,65	0,09 ⁽¹⁾	0,93
Opgaande bocht	2,37	8,11	0,35	3,48	0,09 ⁽¹⁾	0,94
2e rechte deel	5,20	8,11	0,45	4,49	0,09 ⁽¹⁾	0,94
Neergaande bocht	5,20	8,11	0,47	4,66	0,09 ⁽¹⁾	0,94
d1	3,70	7,11	0,28	2,83	0,08 ⁽¹⁾	0,83
1e rechte deel	1,50	2,18	0,10	1,04	0,03 ⁽¹⁾	0,27

$$R_o = \frac{D_{g,r}}{2} = \frac{780}{2} = 390 \text{ mm}$$

$$v_{m,r,uit} = \frac{Q_{m,r}}{A_r} = \frac{500}{1/4 \cdot \pi \cdot (D_{g,r}^2 - D_b^2)} = \frac{500}{1/4 \cdot \pi \cdot (780^2 - 114^2)} = 0,018 \text{ m/s}$$

$$v_{m,r,in} = \frac{Q_{m,r}}{A_p} = \frac{500}{1/4 \cdot \pi \cdot (D_p^2 - D_b^2)} = \frac{500}{1/4 \cdot \pi \cdot (170^2 - 114^2)} = 0,667 \text{ m/s}$$

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

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

11.3 Tijdens intrekken

Locatie	$R_{p,max}$ [m]	Δh_{uit} [m]	p_{max} [N/mm ²]	p_{max} [bar] 6	p_{min} [N/mm ²]	p_{min} [bar] 7
3e rechte deel	1,05	2,18	0,06	0,63	0,03 ⁽¹⁾	0,25
Gas LD	2,60	7,50	0,27	2,73	0,09 ⁽¹⁾	0,88
Oude Veerweg2	2,37	7,81	0,34	3,44	0,09 ⁽¹⁾	0,92
Oude Veerweg1	2,33	8,02	0,36	3,65	0,09 ⁽¹⁾	0,95
Opgaande bocht	2,37	8,11	0,35	3,48	0,10 ⁽¹⁾	0,96
2e rechte deel	5,20	8,11	0,45	4,49	0,10 ⁽¹⁾	0,96
Neergaande bocht	5,20	8,11	0,47	4,66	0,10 ⁽¹⁾	0,96
d1	3,70	7,11	0,28	2,83	0,09 ⁽¹⁾	0,85
1e rechte deel	1,50	2,18	0,10	1,04	0,03 ⁽¹⁾	0,30

$$D_{eq} = \sqrt{\sum_{i=1}^n D_{0,i}^2} = 500 \text{ mm}$$

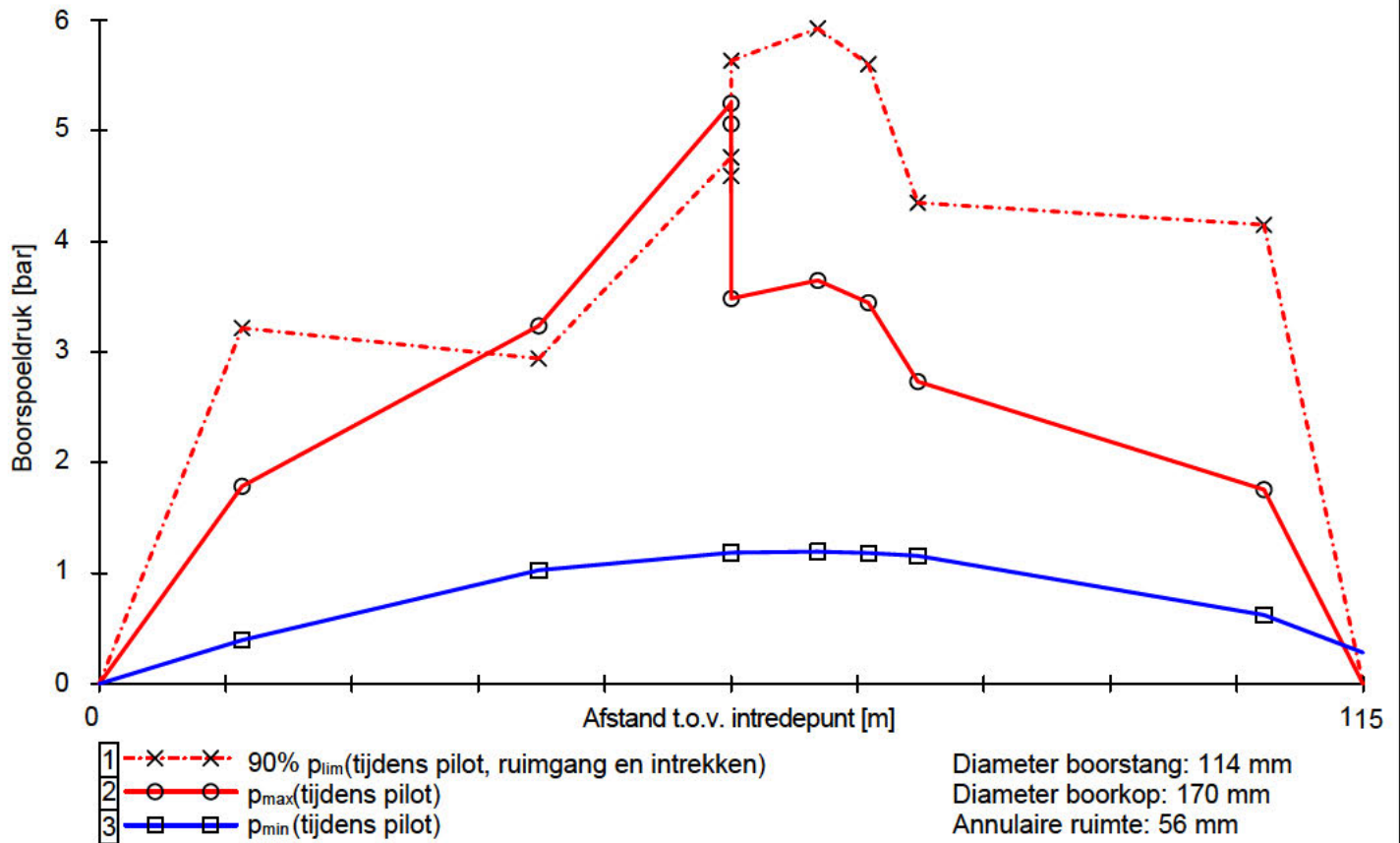
$$R_o = \frac{D_{g,r}}{2} = \frac{780}{2} = 390 \text{ mm}$$

$$v_{m,i,uit} = \frac{Q_{m,i}}{A_i} = \frac{300}{1/4 \cdot \pi \cdot (D_{g,r}^2 - D_{eq}^2)} = \frac{300}{1/4 \cdot \pi \cdot (780^2 - 500^2)} = 0,018 \text{ m/s}$$

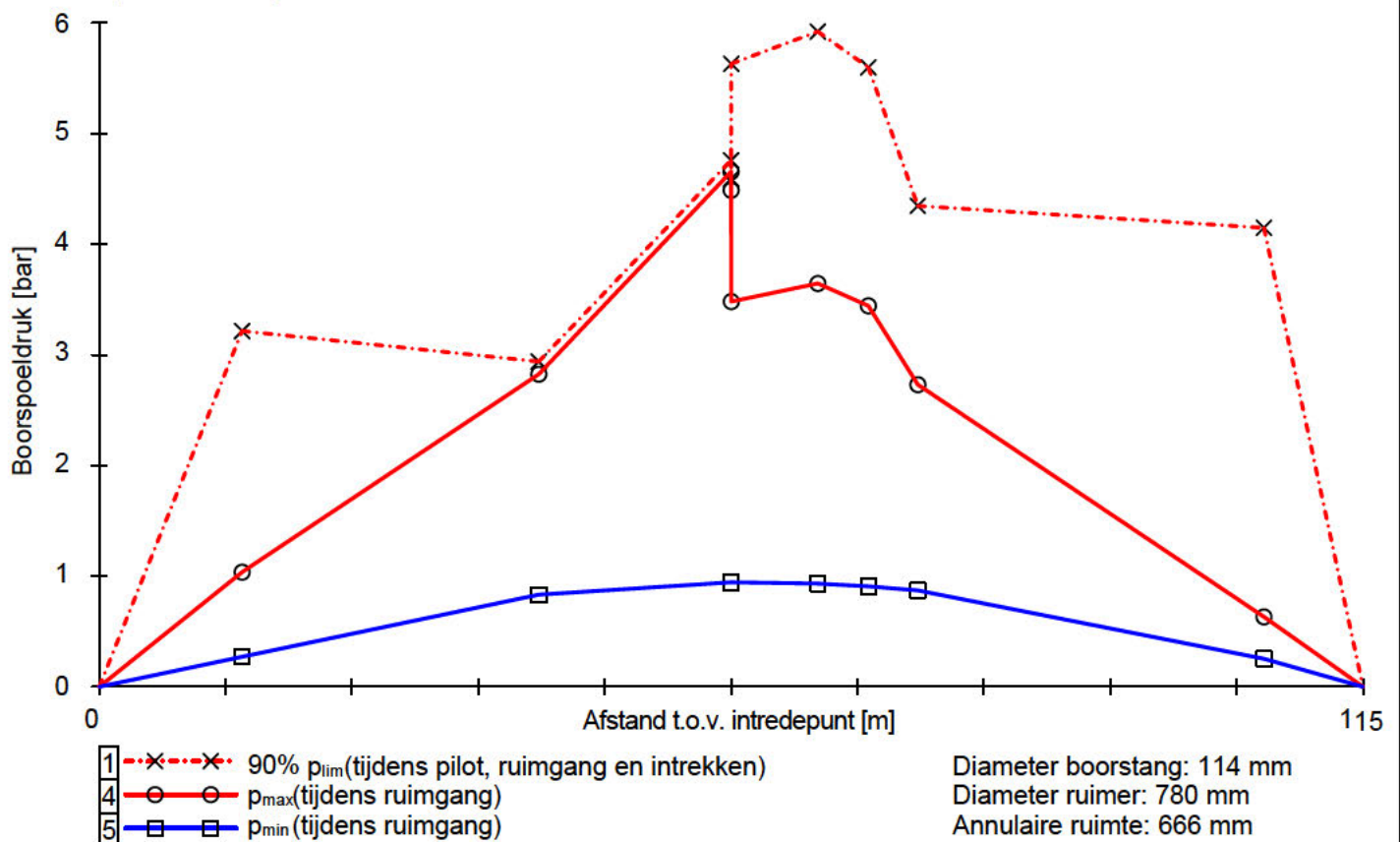
$$p_{min,uit} = \left(\frac{14580 \cdot \eta_i \cdot v_{m,i,uit}}{(D_{g,r} - D_{eq})^2} + \frac{\tau_{y,i}}{D_{g,r} - D_{eq}} \right) \cdot (L_{tot} - L) + \rho_{m,i} \cdot \Delta h_{uit} \quad (1)$$

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

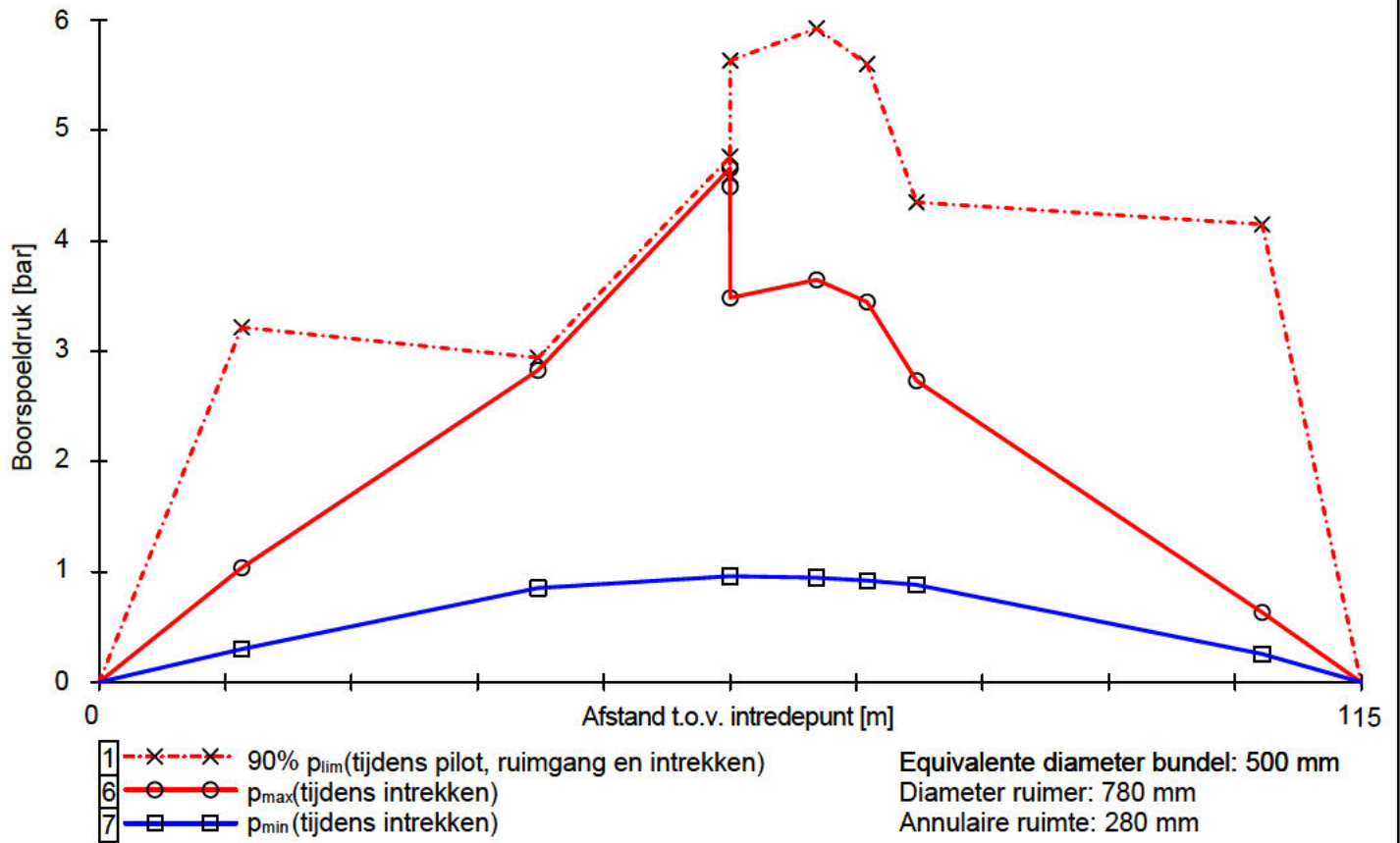
11.4 Boorspoeldrukken tijdens pilot



11.5 Boorspoeldrukken tijdens ruimen

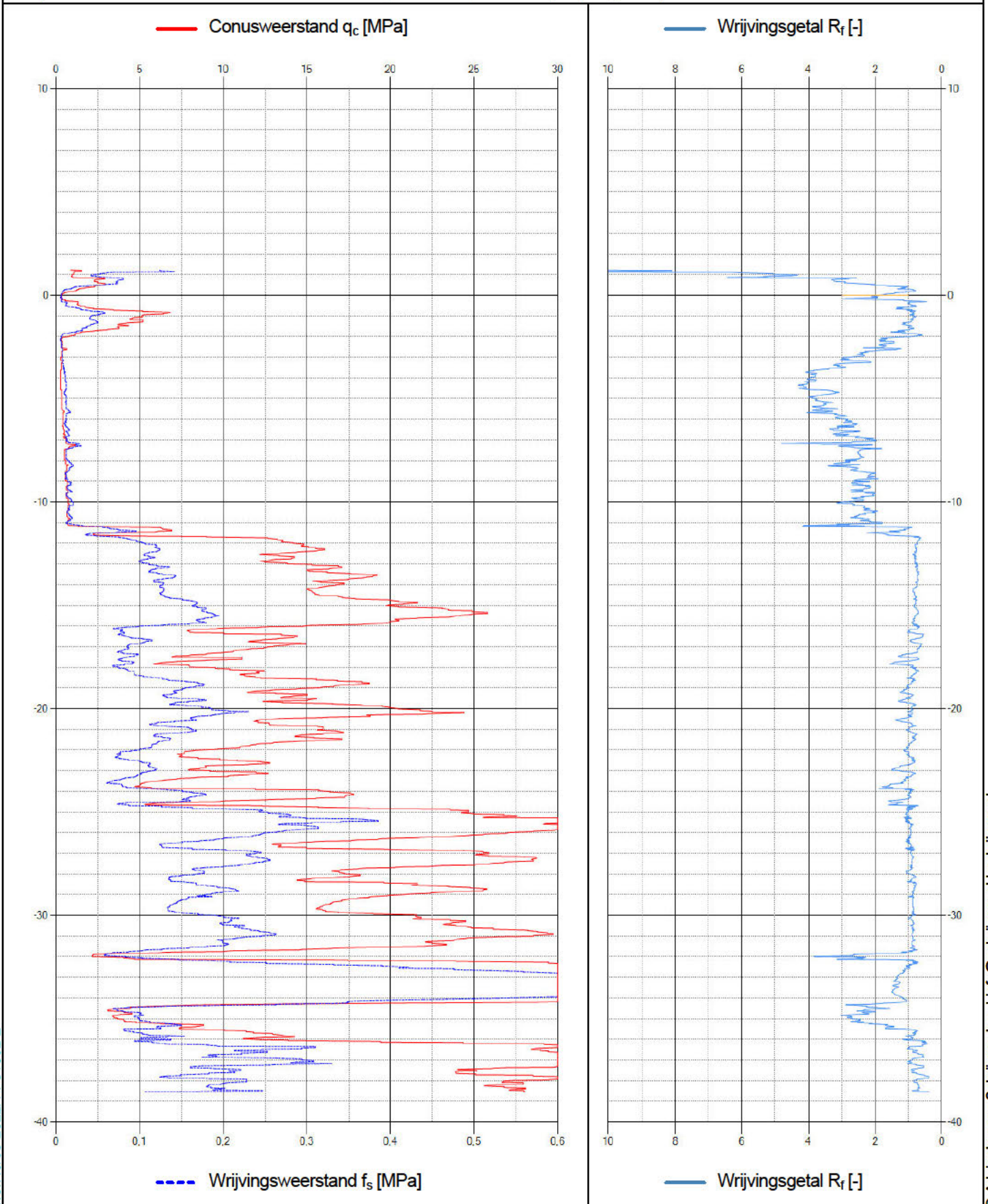


11.6 Boorspoeldrukken tijdens intrekken



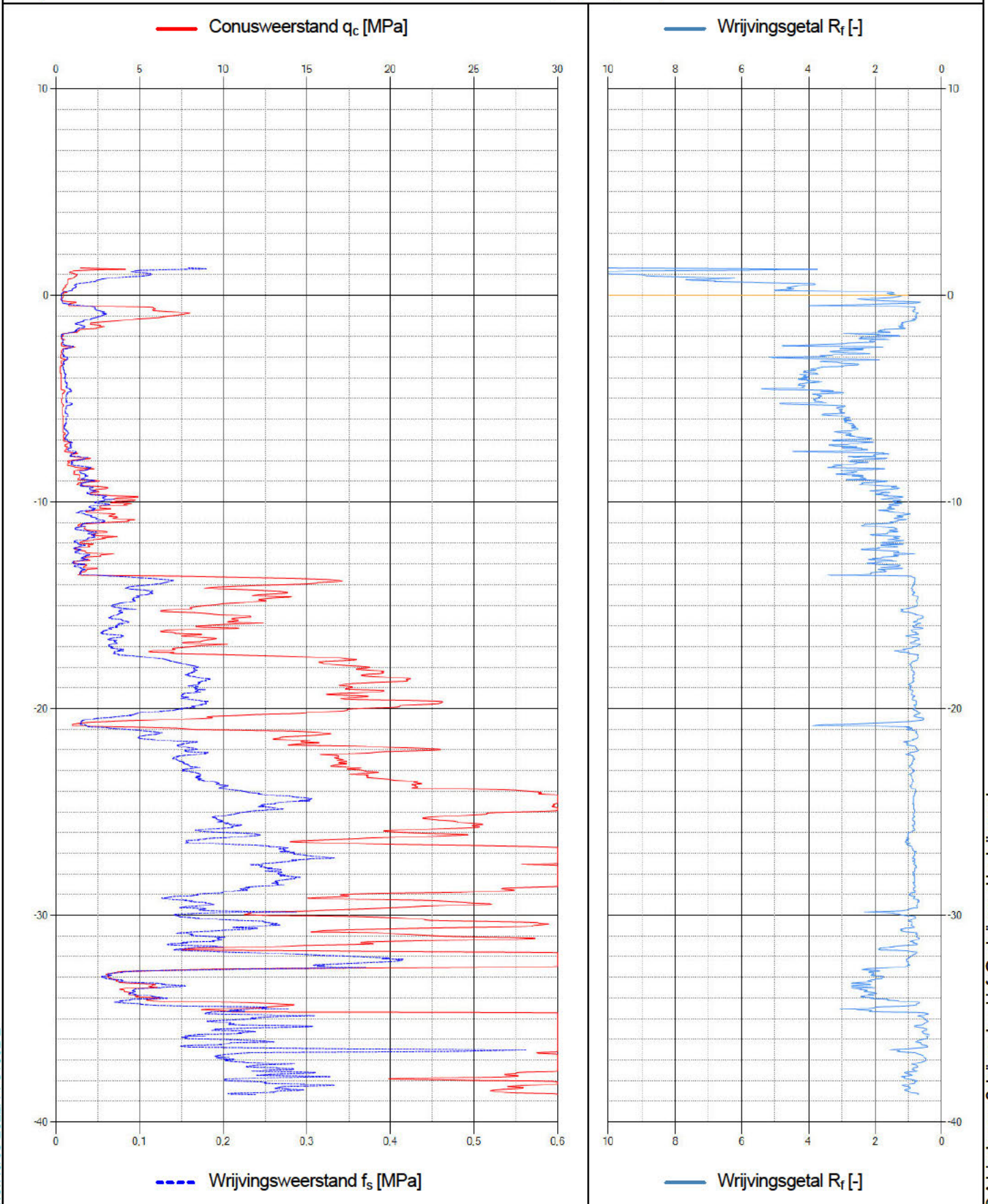
Naam van het project : TenneT Nederwiek 1

Projectonderdeel : HDDN13 Oude Veerweg Ø250mm, SDR 11 (100pct gevuld)



Naam van het project : TenneT Nederwiek 1

Projectonderdeel : HDDN13 Oude Veerweg Ø250mm, SDR 11 (100pct gevuld)



1.3.7.0/03-2022/14-31382-2

© Adviesbureau Schrijvers b.v. | info@schrijvers.nl | schrijvers.nl

Net op Zee – Nederwiek 1

Aanvraag watervergunning Waterschap Scheldestromen

Bijlage 6e: Quarlepolderweg

Sterkteberekening van een horizontaal gestuurde boring conform NEN 3650/3651:2020		Sigma 2022 1.3 ©	
Algemene gegevens			
Naam van het project	: TenneT Nederwiek 1		
Projectonderdeel	: HDDN21 Quarlespolderweg en Bernhardweg West Ø250mm, SDR 11 (blijvend 100pct gevuld)		
Materiaalgegevens			
Materiaalsoort:	PE		
Kwaliteit:	PE 100 SDR 11		
Lange-duur treksterkte	MRS	= 10	N/mm ²
Materiaalfactor	γ_M	= 1,25	-
Toelaatbare langeduur spanning	$\bar{\sigma}_t$	= 8,00	N/mm ²
Elasticiteitsmodulus korte duur	E	= 1.100	N/mm ²
Elasticiteitsmodulus lange duur	E'	= 200	N/mm ²
Lineaire uitzettingscoëfficiënt	α_g	= 20,0·10 ⁻⁵	mm/(mm·K)
Alfa Tangentieel / Alfa Axiaal	α_σ	= 0,65	-
Soortelijk gewicht buis	ρ_L	= 9,55	kN/m ³
Toelaatbare deflectie	δ	= 8,00	%
Leidinggegevens			
Uitwendige middellijn	D _e	= 250,00	mm
Wanddikte	d _n	= 22,8	mm
Procesgegevens			
Soort leiding (Vloeistof / Gas / Drukloos)		= Vloeistof	
Ontwerpdruk	p _d	= 0	N/mm ²
Volumieke massa medium	ρ	= 1000	kg/m ³
Temperatuurverschil	Δt	= 30	°
Uitvoeringsaspecten, tracé boring, in- en uittredehoeken			
Totale lengte	L	= 995,51	m
Lengte 1e rechte deel	L ₁	= 15,01	m
Lengte neergaande bocht	L ₂	= 64,50	m
Lengte 2e rechte deel	L ₃	= 835,00	m
Lengte opgaande bocht	L ₄	= 60,50	m
Lengte 3e rechte deel	L ₅	= 20,50	m
Straal maaiveld/rollenbaan	R _r	= 250,00	m
Straal neergaande bocht	R ₁	= 250,00	m
Straal opgaande bocht	R ₂	= 250,00	m
Intrede-hoek (bij boorstelling)	α_1	= 15,00 / 26,79	° / %
Uittrede-hoek (bij rollenbaan)	α_2	= 13,00 / 23,09	° / %
Belastinghoek	α	= 30	°
Ondersteuningshoek	β	= 30	°
Horizontale steundrukhoek	γ	= 120	°
Grondmechanisch onderzoek uitgevoerd	γ	= 1,1	
<p>The diagram illustrates the layout of a horizontal borehole. It starts with a horizontal segment of length L₁ at an angle α_1 to the ground surface. This is followed by a downward curve with radius R₁ and length L₂. A horizontal segment of length L₃ follows, then an upward curve with radius R₂ and length L₄. Finally, there is a horizontal segment of length L₅ that ends at an angle α_2 to the ground surface. The total length of the borehole is L. A radius R_r is also indicated for the ground surface profile.</p>			

Sterkteberekening van een horizontaal gestuurde boring conform NEN 3650/3651:2020				Sigma 2022 1.3 ©			
Uitvoeringsaspecten							
Diameter boorstang		D_b	= 114	mm			
<i>Tijdens pilot</i>							
Diameter boorkop/boorgat		D_p	= 215	mm			
Soortelijk gewicht boorvloeistof		$\rho_{m,p}$	= 11,5	kN/m ³			
Zwichtspanning boorvloeistof		$\tau_{y,p}$	= 13,4	Pa			
Plastische viscositeit boorvloeistof		η_p	= 0,009	Pa·s			
Debiet boorvloeistof		$Q_{m,p}$	= 600	l/min			
<i>Tijdens ruimgang</i>							
Boorstangen koppelen tijden ruimen							
Diameter ruimer/boorgat		$D_{g,r}$	= 780	mm			
Soortelijk gewicht boorvloeistof		$\rho_{m,r}$	= 11,5	kN/m ³			
Zwichtspanning boorvloeistof		$\tau_{y,r}$	= 13,4	Pa			
Plastische viscositeit boorvloeistof		η_r	= 0,009	Pa·s			
Debiet boorvloeistof		$Q_{m,r}$	= 2000,0	l/min			
<i>Tijdens intrekken</i>							
Equivalente diameter bundel		D_{eq}	= 500	mm			
Soortelijk gewicht boorvloeistof		$\rho_{m,i}$	= 11,5	kN/m ³			
Zwichtspanning boorvloeistof		$\tau_{y,i}$	= 13,4	Pa			
Plastische viscositeit boorvloeistof		η_i	= 0,009	Pa·s			
Debiet boorvloeistof		$Q_{m,i}$	= 1400	l/min			
Aantal buizen in de bundel		n	= 4				
De bundelbuizen worden niet gekoppeld							
Gewicht vulling/extra gewicht op rollenbaan		$g_{vul, r}$	= 0,328	N/mm ¹			
Gewicht vulling/extra gewicht tpv boorgang		$g_{vul, b}$	= 0,328	N/mm ¹			
Onzekerheids- en wrijvingsfactoren							
Totaalfactor bij boring met bundels		f	= 1,8				
Belastingfactor, bovengronds		$f_{k,b}$	= 1,1				
Belastingfactor, ondergronds		$f_{k,o}$	= 1,4				
Onzekerheidsfactor straal, ondergronds		$f_{r,o}$	= 0,9				
Wrijvingscoëff. met rollenbaan		f_1	= 0,1				
Wrijving tussen leiding/boorvloeistof		f_2	= 0,00005	N/mm ²			
Wrijving tussen leiding/boorgangwand		f_3	= 0,2				
Grondmechanische gegevens en verkeersbelasting							
Locatie	Afstand t.o.v. intredepunt [m]	Dekking t.o.v. maaiveld [m]	G.W.S. t.o.v. maaiveld [m]	Grondsoort	Volumiek gewicht droge grond [kN/m ³]	Volumiek gewicht natte grond [kN/m ³]	Wrijvingshoek grond [°]
1e rechte deel	14,5	4,50	2,00	Zand	19,31	20,91	35,00
Neergaande bocht	79	11,00	2,00	Zand	19,31	20,98	35,00
Bernhardweg West	126,4	11,70	2,00	Zand	19,23	20,98	35,00
Beschermzone B	135,5	11,90	2,00	Zand	19,23	20,97	32,50
Waterstaatswerk-1	149,7	13,40	2,50	Zand	19,39	20,97	35,00
Waterstaatswerk-2	163,8	11,50	1,90	Zand	19,19	20,98	35,00
Beschermzone A	178	10,10	1,90	Zand	17,09	20,93	35,00
Beschermzone B	234,5	10,00	1,00	Zand	15,21	20,91	35,00
2e rechte deel	495,5	13,50	1,50	Klei	17,76	15,39	22,50
Opgaande bocht	914	12,00	1,90	Klei	18,00	15,09	22,50
3e rechte deel	974,5	4,50	1,90	Klei	17,67	14,32	15,00
						29-11-2022 12:32:49	

Locatie	Gemiddelde verticale beddingconstante [N/mm ³]	Effectieve cohesie [kN/m ²]	E-modulus ondergrond [MN/m ²]	Verkeersbelasting
1e rechte deel	-	0,00	75,00	Geen
Neergaande bocht	0,0490	0,00	75,00	Grafiek ½ x II
Bernhardweg West	-	0,00	75,00	Grafiek I
Beschermzone B	-	0,00	45,00	Grafiek ½ x II
Waterstaatswerk-1	-	0,00	75,00	Grafiek ½ x II
Waterstaatswerk-2	-	0,00	75,00	Grafiek I
Beschermzone A	-	0,00	75,00	Grafiek I
Beschermzone B	-	0,00	75,00	Geen
2e rechte deel	-	0,00	1,50	Geen
Opgaande bocht	-	0,00	1,50	Geen
3e rechte deel	0,0110	1,00	0,50	Geen

Locatie	Gereduceerde grondbelasting	Sondering
1e rechte deel	Geen	4
Neergaande bocht	Homogeen (zand)	4
Bernhardweg West	Homogeen (zand)	4
Beschermzone B	Homogeen (zand)	4
Waterstaatswerk-1	Homogeen (zand)	4
Waterstaatswerk-2	Homogeen (zand)	4
Beschermzone A	Homogeen (zand)	114
Beschermzone B	Homogeen (zand)	114
2e rechte deel	Geen	113
Opgaande bocht	Geen	113
3e rechte deel	Geen	113



* Niet op schaal

Sterkteberekening van een horizontaal gestuurde boring conform NEN 3650/3651:2020	Sigma 2022 1.3 ©
---	------------------

2. Eigenschappen van de leiding

Inwendige middellijn	$D_i = D_e - 2 \cdot d_n$	= 204,40	mm
Gemiddelde middellijn	$D_g = (D_e + D_i)/2$	= 227,20	mm
Uitwendige middellijn+bekleding	$D_o = D_e + 2 \cdot e$	= 250,00	mm
Uitwendige straal	$r_e = D_e / 2$	= 125,00	mm
Inwendige straal	$r_i = D_i / 2$	= 102,20	mm
Gemiddelde straal	$r_g = (r_e + r_i) / 2$	= 113,60	mm
Traagheidsmoment buis	$I_b = (D_e^4 - D_i^4) \cdot \pi/64$	= 106.064.835,12	mm ⁴
Weerstandsmoment buis	$W_b = I_b / r_e$	= 848.518,68	mm ³
Wandtraagheidsmoment	$I_w = d_n^3 / 12$	= 987,70	mm ⁴ /mm ¹
Wandweerstandsmoment	$W_w = d_n^2 / 6$	= 86,64	mm ³ /mm ¹
Oppervlakte leiding	$A = \pi \cdot (D_e^2 - D_i^2) / 4$	= 16.273,95	mm ²
Gewicht leiding	$g = \rho_L \cdot A$	= 0,1554	N/mm ¹

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

	<i>Leiding op rollenbaan/maaiveld</i>		<i>Leiding in boorgat</i>	
Gewicht mediumleiding	g	= 0,1554 N/mm ¹	g	= 0,1554 N/mm ¹
Gewicht vulling	g_{vul}	= 0,328 N/mm ¹ +	g_{vul}	= 0,328 N/mm ¹ +
Totaal gewicht	g_{rol}	= 0,4834 N/mm ¹	g_{gat}	= 0,4834 N/mm ¹

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

Trekkraft T_1 tijdens verschillende stadia [N]	L [m]	T_1 [N]
Starten met trekken	995,51	86.624
Na intrekken van L_5	975,01	84.840
Na intrekken van $L_5 + L_4$	914,51	79.576
Na intrekken van $L_5 + L_4 + L_3$	79,51	6.919
Na intrekken van $L_5 + L_4 + L_3 + L_2$	15,01	1.306

$$T_1 = f \cdot L \cdot g_{rol} \cdot f_1 = 1,8 \cdot L \cdot 0,4834 \cdot 0,1$$

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

Spanningen σ_t tijdens verschillende stadia [N/mm ²]	T_1 [N]	σ_t [N/mm ²]
Starten met trekken	86.624	5,32
Na intrekken van L_5	84.840	5,21
Na intrekken van $L_5 + L_4$	79.576	4,89
Na intrekken van $L_5 + L_4 + L_3$	6.919	0,43
Na intrekken van $L_5 + L_4 + L_3 + L_2$	1.306	0,08

$$\sigma_t = \frac{T_1}{A} = \frac{T_1}{16.273,95}$$

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

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

$$M_b = 1,1 \cdot 1.100 \cdot \frac{106.064.835}{250.000} = 513.353,80 \text{ Nmm}$$

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

$$\sigma_b = \frac{513.353,80}{848.519} = 0,61 \text{ N/mm}^2$$

4.4 Totalisatie van de optredende spanningen op rollenbaan/maaiveld

Spanningen σ_a tijdens verschillende stadia [N/mm ²]	σ_t [N/mm ²]	σ_a [N/mm ²]
Starten met trekken	5,32	5,72
Na intrekken van L ₅	5,21	5,61
Na intrekken van L ₅ + L ₄	4,89	5,28
Na intrekken van L ₅ + L ₄ + L ₃	0,43	0,82
Na intrekken van L ₅ + L ₄ + L ₃ + L ₂	0,08	0,47

$$\sigma_a = \alpha_{\sigma} \cdot \sigma_b + \sigma_t = 0,65 \cdot 0,61 + \sigma_t$$

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

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

Aantal buizen in de bundel $n = 4$

De bundelbuizen worden niet gekoppeld $\rightarrow f_b = 1/n^{0,3} = 0,660$

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

66,0% van de omtrek van de leiding komt in aanraking met bentoniet.

Hieruit volgt: $D_{e,omtrek} = 518,17 \text{ mm}^1$

Gewicht van de leiding (+vulling) in het boorgat $g_{gat} = 0,483 \text{ N/mm}^1$

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

Gelet hierop is $g_{eff} = |g_{gat} - g_{opw}| = 0,0811 \text{ N/mm}^1$

Trekkracht T_2 en T_{3a} tijdens verschillende stadia [N]	L [m]	T_2 [N]	T_{3a} [N]
Na intrekken van L_5	20,50	1.554	-
Na intrekken van $L_5 + L_4$	81,00	-	6.142
Na intrekken van $L_5 + L_4 + L_3$	916,00	69.458	-
Na intrekken van $L_5 + L_4 + L_3 + L_2$	980,50	-	74.349
Geheel ingetrokken	995,51	75.487	-

Rechte delen: $T_2 = f \cdot L \cdot (D_{e,omtr} \cdot f_2 + g_{eff} \cdot f_3) = 1,8 \cdot L \cdot (518,17 \cdot 0,00005 + 0,0811 \cdot 0,2)$

Gebogen delen: $T_{3a} = f \cdot L_B \cdot (D_{e,omtr} \cdot f_2 + g_{eff} \cdot f_3) = 1,8 \cdot L \cdot (518,17 \cdot 0,00005 + 0,0811 \cdot 0,2)$

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

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

$$\lambda = \sqrt[4]{\frac{250,00 \cdot 0,0490}{4 \cdot 1.100 \cdot 106.064.835,12}} = 0,0023 \text{ mm}^{-1}$$

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

$$Q_{r1} = \frac{0,322 \cdot 0,0023^2 \cdot 1.100 \cdot 106.064.835,12}{250,00 \cdot 0,9 \cdot 250.000} = 0,0034 \text{ N/mm}^2$$

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

$$T_{3b} = 1,8 \cdot 4 \cdot \frac{0,0034}{2} \cdot 250,00 \cdot \frac{\pi}{0,0023} \cdot 0,2 = 854,87 \text{ N}$$

5.2.2 Opgaande bocht

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

$$\lambda = \sqrt[4]{\frac{250,00 \cdot 0,0110}{4 \cdot 1.100 \cdot 106.064.835,12}} = 0,0016 \text{ mm}^{-1}$$

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

$$Q_{r2} = \frac{0,322 \cdot 0,0016^2 \cdot 1.100 \cdot 106.064.835,12}{250,00 \cdot 0,9 \cdot 250.000} = 0,0016 \text{ N/mm}^2$$

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

$$T_{3b} = 1,8 \cdot 4 \cdot \frac{0,0016}{2} \cdot 250,00 \cdot \frac{\pi}{0,0016} \cdot 0,2 = 588,43 \text{ N}$$

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

Trekkraft T_{bocht} tijdens verschillende stadia [N]	T_1 [N] (f = 1)	T_2 / T_{3a} [N] (f = 1)	$T_{3b,neer}$ [N] (f = 1)	$T_{3b,op}$ [N] (f = 1)	T_{bocht} [N]
Neergaande bocht	44.209	3.412	475	-	48.096
Opgaande bocht	726	41.305	475	327	42.832

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

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

Trekkraft T_{3c} tijdens verschillende stadia [N]	α [°]	T_{bocht} [N]	T_{3c} [N]
Neergaande bocht	7,50	48.096	4.520
Opgaande bocht	6,50	42.832	4.025

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

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

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

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

5.4 Totalisatie van de trekkrachten in fase II

Trekkraft T_{tot} tijdens verschillende stadia [N]	T_1 [N]	T_2 / T_{3a} [N]	$T_{3b,neer}$ [N]	$T_{3c,neer}$ [N]	$T_{3b,op}$ [N]	$T_{3c,op}$ [N]	T_{tot} [N]
Na intrekken van L_5	84.840	1.554	-	-	-	-	86.395
Na intrekken van $L_5 + L_4$	79.576	6.142	855	4.520	-	-	91.093
Na intrekken van $L_5 + L_4 + L_3$	6.919	69.458	855	4.520	-	-	81.751
Na intrekken van $L_5 + L_4 + L_3 + L_2$	1.306	74.349	855	4.520	588	4.025	85.109
Geheel ingetrokken	0	75.487	855	4.520	588	4.025	84.941

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

5.5 Karakteristieke waarden van de benodigde trekkrachten in fase II

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

Trekkracht T_{tot} tijdens verschillende stadia [N]	T_1 [N]	T_2 / T_{3a} [N]	$T_{3b,neer}$ [N]	$T_{3c,neer}$ [N]	$T_{3b,op}$ [N]	$T_{3c,op}$ [N]	T_{tot} [N]
Na intrekken van L_5	47.134	864	-	-	-	-	47.997
Na intrekken van $L_5 + L_4$	44.209	3.412	475	2.511	-	-	50.607
Na intrekken van $L_5 + L_4 + L_3$	3.844	38.588	475	2.511	-	-	45.417
Na intrekken van $L_5 + L_4 + L_3 + L_2$	726	41.305	475	2.511	327	2.236	47.283
Geheel ingetrokken	0	41.937	475	2.511	327	2.236	47.190

De maximale karakteristieke waarde voor de benodigde trekkracht bedraagt **50.607 N** ($\approx 5,1$ ton).

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

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

Spanningen σ_t tijdens verschillende stadia [N/mm ²]	T_{tot} [N]	σ_t [N/mm ²]
Na intrekken van L_5	86.395	5,31
Na intrekken van $L_5 + L_4$	91.093	5,60
Na intrekken van $L_5 + L_4 + L_3$	81.751	5,02
Na intrekken van $L_5 + L_4 + L_3 + L_2$	85.109	5,23
Geheel ingetrokken	84.941	5,22

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

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

5.7.1 Neergaande bocht

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

$$M_b = 1,4 \cdot 1.100 \cdot \frac{106.064.835,12}{0,9 \cdot 250.000} = 725.954,87 \text{ Nmm}$$

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

$$\sigma_b = \frac{725.954,87}{848.518,68} = 0,86 \text{ N/mm}^2$$

5.7.2 Opgaande bocht

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

$$M_b = 1,4 \cdot 1.100 \cdot \frac{106.064.835,12}{0,9 \cdot 250.000} = 725.954,87 \text{ Nmm}$$

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

$$\sigma_b = \frac{725.954,87}{848.518,68} = 0,86 \text{ N/mm}^2$$

5.8 Totalisatie van de spanningen in het boorgat tijdens de trekoperatie

Spanningen σ_a tijdens verschillende stadia [N/mm ²]	T_{tot} [N]	σ_t [N/mm ²]	σ_b [N/mm ²]	σ_a [N/mm ²]
Na intrekken van L ₅	86.395	5,31	-	5,31
Na intrekken van L ₅ + L ₄	91.093	5,60	0,86	6,15
Na intrekken van L ₅ + L ₄ + L ₃	81.751	5,02	-	5,02
Na intrekken van L ₅ + L ₄ + L ₃ + L ₂	85.109	5,23	0,86	5,79
Geheel ingetrokken	84.941	5,22	-	5,22

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

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

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

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

$$D_g/d_n = 227,20/22,80 = 9,96 \rightarrow D_g/d_n \leq 20 \rightarrow \text{Dikwandige leiding}$$

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

$$\sigma_p = \frac{125,00^2 + 102,20^2}{125,00^2 - 102,20^2} \cdot 0 = 0,00 \text{ N/mm}^2$$

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

$$\sigma_{pl} = \nu \cdot \sigma_p = 0,4 \cdot 0,00 = 0,00 \text{ N/mm}^2$$

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

6.2 Berekening reroundingfactor f_{rr}

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

$$f_{rr} = 1 / \left(1 + \frac{2 \cdot 0 \cdot 113,6^3 \cdot 0,143}{1100 \cdot 987,70} \right) = 1,00$$

6.3.1 Berekening van de neutrale grondbelasting Q_n

Locatie	Dekking t.o.v. maaiveld [m]	G.W.S. t.o.v. maaiveld [m]	Grondsoort	q_{droog} [kN/m ²]	q_{nat} [kN/m ²]	q_n [kN/m ²]	Q_n [N/mm ¹]
1e rechte deel	4,50	2,00	Zand	42,48	32,50	74,98	18,75
Neergaande bocht	11,00	2,00	Zand	42,48	117,70	160,18	40,05
Bernhardweg West	11,70	2,00	Zand	42,31	126,86	169,16	42,29
Beschermzone B	11,90	2,00	Zand	42,31	129,36	171,67	42,92
Waterstaatswer..	13,40	2,50	Zand	53,32	142,43	195,75	48,94
Waterstaatswer..	11,50	1,90	Zand	40,11	125,55	165,66	41,41
Beschermzone A	10,10	1,90	Zand	35,72	106,79	142,51	35,63
Beschermzone B	10,00	1,00	Zand	16,73	117,01	133,74	33,44
2e rechte deel	13,50	1,50	Klei	29,30	83,15	112,45	28,11
Opgaande bocht	12,00	1,90	Klei	37,62	66,65	104,27	26,07
3e rechte deel	4,50	1,90	Klei	36,93	14,96	51,89	12,97

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

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

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

$$Q_n = q_n \cdot D_o = (1,1 \cdot \gamma_d \cdot H_d + 1,1 \cdot \gamma_n \cdot H_n - \gamma_w \cdot H_w) \cdot 250$$

6.3.2 Berekening van de gereduceerde neutrale grondbelasting Q_{nr}

Locatie	h [m]	GWS [m]	γ' [kN/m ³]
Neergaande bocht	11,00	2,00	14,56
Bernhardweg West	11,70	2,00	14,46
Beschermzone B	11,90	2,00	14,43
Waterstaatswer..	13,40	2,50	14,61
Waterstaatswer..	11,50	1,90	14,40
Beschermzone A	10,10	1,90	14,11
Beschermzone B	10,00	1,00	13,37

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

Locatie	Gereduceerde grondbelasting	B_1 [m]	$8 \cdot B_1$ [m]	$q_{n,r}$ [kN/m ²]	$Q_{n,r}$ [N/mm ¹]
Neergaande bocht	Homogeen (zand)	0,39	3,12	19,02 ⁽¹⁾	4,75
Bernhardweg West	Homogeen (zand)	0,39	3,12	18,88 ⁽¹⁾	4,72
Beschermzone B	Homogeen (zand)	0,39	3,12	19,08 ⁽¹⁾	4,77
Waterstaatswer..	Homogeen (zand)	0,39	3,12	19,08 ⁽¹⁾	4,77
Waterstaatswer..	Homogeen (zand)	0,39	3,12	18,81 ⁽¹⁾	4,70
Beschermzone A	Homogeen (zand)	0,39	3,12	18,42 ⁽¹⁾	4,61
Beschermzone B	Homogeen (zand)	0,39	3,12	17,46 ⁽¹⁾	4,37

$$R = \frac{D_{gr}}{2} = \frac{780}{2} = 390 \text{ mm}$$

$$B_1 = \frac{1}{2} \cdot D_o + D_o \cdot \tan(45^\circ - \frac{1}{2} \cdot \varphi) \geq R$$

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

Indien gereduceerde grondbelasting volgens berekeningswijze 'Homogeen (zand)': ($h \geq 8 \cdot B_1$):

$$q_{n,r1} = \frac{B_1 \cdot (\gamma' - c/B_1)}{K \cdot \tan(\varphi)} \cdot (1 - e^{-\frac{K \cdot h \cdot \tan \varphi}{B_1}}) \quad (1)$$

$$Q_{n,r} = q_{n,r} \cdot D_o = q_{n,r} \cdot 250$$

6.3.3 Overzicht berekende (gereduceerde) neutrale gronddrukken

Locatie	q_n [kN/m ²]	Q_n [N/mm ¹]	$q_{n,r}$ [kN/m ²]	$Q_{n,r}$ [N/mm ¹]
1e rechte deel	74,98	18,75	-	-
Neergaande bocht	160,18	40,05	19,02	4,75
Bernhardweg West	169,16	42,29	18,88	4,72
Beschermzone B	171,67	42,92	19,08	4,77
Waterstaatswer..	195,75	48,94	19,08	4,77
Waterstaatswer..	165,66	41,41	18,81	4,70
Beschermzone A	142,51	35,63	18,42	4,61
Beschermzone B	133,74	33,44	17,46	4,37
2e rechte deel	112,45	28,11	-	-
Opgaande bocht	104,27	26,07	-	-
3e rechte deel	51,89	12,97	-	-

6.4 Berekening van de verkeersbelasting Q_v

Locatie	Dekking t.o.v. maaiveld [m]	Verkeersbelasting	q_v [kN/m ²]	Q_v [N/mm ¹]
1e rechte deel	4,50	Geen	0,00	0,00
Neergaande bocht	11,00	Grafiek ½ x II	0,73	0,18
Bernhardweg West	11,70	Grafiek I	3,32	0,83
Beschermzone B	11,90	Grafiek ½ x II	0,65	0,16
Waterstaatswer..	13,40	Grafiek ½ x II	0,55	0,14
Waterstaatswer..	11,50	Grafiek I	3,41	0,85
Beschermzone A	10,10	Grafiek I	4,17	1,04
Beschermzone B	10,00	Geen	0,00	0,00
2e rechte deel	13,50	Geen	0,00	0,00
Opgaande bocht	12,00	Geen	0,00	0,00
3e rechte deel	4,50	Geen	0,00	0,00

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

6.5 Momenten en spanningen t.g.v. bovenbelastingen

Locatie	Q_n [N/mm ¹]	$Q_{n,r}$ [N/mm ¹]	Q_v [N/mm ¹]	Q_{boven} [N/mm ¹]	M_q [Nmm]	σ_q [N/mm ²]
1e rechte deel	18,75	-	0,00	18,75	547,30 ⁽¹⁾	6,32
Neergaande bocht	40,05	4,75	0,18	4,94	144,15 ⁽²⁾	1,66
Bernhardweg West	42,29	4,72	0,83	5,55	162,05 ⁽²⁾	1,87
Beschermzone B	42,92	4,77	0,16	4,93	144,07 ⁽²⁾	1,66
Waterstaatswer..	48,94	4,77	0,14	4,91	143,27 ⁽²⁾	1,65
Waterstaatswer..	41,41	4,70	0,85	5,56	162,21 ⁽²⁾	1,87
Beschermzone A	35,63	4,61	1,04	5,65	164,90 ⁽²⁾	1,90
Beschermzone B	33,44	4,37	0,00	4,37	127,44 ⁽²⁾	1,47
2e rechte deel	28,11	-	0,00	28,11	820,76 ⁽¹⁾	9,47
Opgaande bocht	26,07	-	0,00	26,07	761,05 ⁽¹⁾	8,78
3e rechte deel	12,97	-	0,00	12,97	378,70 ⁽¹⁾	4,37

$$M_q = K_b \cdot (Q_n + Q_v) \cdot r_g = 0,257 \cdot (Q_n + Q_v) \cdot 113,60 \quad (1)$$

$$M_q = K_b \cdot (Q_{n,r} + Q_v) \cdot r_g = 0,257 \cdot (Q_{n,r} + Q_v) \cdot 113,60 \quad (2)$$

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

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

6.6.1 Neergaande bocht

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

$$\sigma_{qr} = 0,179 \cdot 0,0034 \cdot 250,00 \cdot \frac{125,00}{86,64} = 0,22 \text{ N/mm}^2$$

6.6.2 Opgaande bocht

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

$$\sigma_{qr} = 0,179 \cdot 0,0016 \cdot 250,00 \cdot \frac{125,00}{86,64} = 0,10 \text{ N/mm}^2$$

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

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

$$\sigma_{ax} = 30 \cdot 0,0002 \cdot 1100 = 6,60 \text{ N/mm}^2$$

7. Toetsing op minimale ringstijfheid S_N

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

$$S_N = 1100 \cdot \frac{987,70}{227,2^3} = 0,0926 \text{ N/mm}^2 = 92,64 \text{ kN/m}^2$$

Minimaal vereiste ringstijfheid = 2 kN/m²

8. Toetsing op implosie: berekening van de alzijdige overdruk

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

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

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

$$p_{o, \text{kort}} = \frac{1}{1,5 \cdot (1 - 0,4^2)} \cdot \frac{24 \cdot 1.100,00 \cdot 987,70}{227,20^3} = 1,76 \text{ N/mm}^2$$

$$p_{o, \text{lang}} = \frac{1}{3 \cdot (1 - 0,4^2)} \cdot \frac{24 \cdot 200,00 \cdot 987,70}{227,20^3} = 0,16 \text{ N/mm}^2$$

Conclusie: Kans op implosie bij **16,04 m** grondwater boven de leiding

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

Locatie	σ_q [N/mm ²]	σ_{qr} [N/mm ²]	α_σ [-]	σ_{y2} [N/mm ²]
1e rechte deel	6,32	-	0,65	4,11
Neergaande bocht	1,66	0,22	0,65	1,23
Bernhardweg West	1,87	-	0,65	1,22
Beschermzone B	1,66	-	0,65	1,08
Waterstaatswer..	1,65	-	0,65	1,07
Waterstaatswer..	1,87	-	0,65	1,22
Beschermzone A	1,90	-	0,65	1,24
Beschermzone B	1,47	-	0,65	0,96
2e rechte deel	9,47	-	0,65	6,16
Opgaande bocht	8,78	-	0,65	5,71
3e rechte deel	4,37	0,10	0,65	2,91

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

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

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

9.2 Optredende spanningen in langsrichting van de leiding

Locatie	σ_{pl} [N/mm ²]	σ_{ax} [N/mm ²]	σ_b [N/mm ²]	α_{σ} [-]	σ_x [N/mm ²]
1e rechte deel	0,00	6,60	-	-	6,60
Neergaande bocht	0,00	6,60	0,86	0,65	7,16
Bernhardweg West	0,00	6,60	-	-	6,60
Beschermzone B	0,00	6,60	-	-	6,60
Waterstaatswer..	0,00	6,60	-	-	6,60
Waterstaatswer..	0,00	6,60	-	-	6,60
Beschermzone A	0,00	6,60	-	-	6,60
Beschermzone B	0,00	6,60	-	-	6,60
2e rechte deel	0,00	6,60	-	-	6,60
Opgaande bocht	0,00	6,60	-	-	6,60
3e rechte deel	0,00	6,60	0,86	0,65	7,16

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

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

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

10. Berekening van de optredende en toelaatbare deflectie

Locatie	Q_n [N/mm ¹]	$Q_{n,r}$ [N/mm ¹]	Q_v [N/mm ¹]	Q_r [N/mm ²]	δ_y [mm]	δ_y/D_g [%]
1e rechte deel	18,75	-	0,00	-	6,75 ⁽¹⁾	2,97
Neergaande bocht	40,05	4,75	0,18	0,0034	2,28 ⁽²⁾	0,77
Bernhardweg West	42,29	4,72	0,83	-	2,41 ⁽²⁾	0,81
Beschermzone B	42,92	4,77	0,16	-	2,18 ⁽²⁾	0,71
Waterstaatswer..	48,94	4,77	0,14	-	2,27 ⁽²⁾	0,77
Waterstaatswer..	41,41	4,70	0,85	-	2,41 ⁽²⁾	0,81
Beschermzone A	35,63	4,61	1,04	-	2,41 ⁽²⁾	0,81
Beschermzone B	33,44	4,37	0,00	-	2,05 ⁽²⁾	0,69
2e rechte deel	28,11	-	0,00	-	6,33 ⁽¹⁾	2,79
Opgaande bocht	26,07	-	0,00	-	5,87 ⁽¹⁾	2,58
3e rechte deel	12,97	-	0,00	0,0016	1,79 ⁽¹⁾	0,79

$$\delta_y = \frac{(0,089 \cdot Q - 0,095 \cdot Q_{n,h} + 0,048 \cdot Q_r) \cdot r_g^3}{E' \cdot I_w} \quad (1)$$

$$\delta_y = \frac{(0,089 \cdot (Q_n + \frac{1}{2} \cdot Q_v) - 0,095 \cdot (1 - \sin \varphi) \cdot (Q_n + \frac{1}{2} \cdot Q_v) + 0,048 \cdot Q_r) \cdot 113,60^3}{200 \cdot 987,70}$$

$$\delta_y = \frac{(0,089 \cdot Q - 0,095 \cdot Q_{n,r} + 0,048 \cdot Q_r) \cdot r_g^3}{E' \cdot I_w} \quad (2)$$

$$\delta_y = \frac{(0,089 \cdot (Q_{n,r} + \frac{1}{2} \cdot Q_v) - 0,095 \cdot (1 - \sin \varphi) / (1 + \sin \varphi) \cdot (Q_{n,r} + \frac{1}{2} \cdot Q_v) + 0,048 \cdot Q_r) \cdot 113,60^3}{200 \cdot 987,70}$$

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

11. Berekening van de boorspoeldrukken

Locatie	H [m]	σ_{vert} [kN/m ²]	σ_{hor} [kN/m ²]	σ_o' [kN/m ²]	p'_f [kN/m ²]	E_{100} [MN/m ²]
1e rechte deel	4,50	57,63	24,58	41,10	64,68	64,95
Neergaande bocht	11,00	116,76	49,79	83,28	131,04	94,92
Bernhardweg West	11,70	122,97	52,44	87,70	138,01	97,55
Beschermzone B	11,90	124,69	57,70	91,19	140,19	58,96
Waterstaatswer..	13,40	142,86	60,92	101,89	160,33	104,93
Waterstaatswer..	11,50	120,24	51,28	85,76	134,95	96,53
Beschermzone A	10,10	103,54	44,15	73,85	116,21	89,53
Beschermzone B	10,00	94,91	40,47	67,69	106,52	86,73
2e rechte deel	13,50	72,11	44,51	58,31	80,63	1,65
Opgaande bocht	12,00	68,64	42,38	55,51	76,75	1,55
3e rechte deel	4,50	38,37	28,44	33,40	43,01	0,30

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

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

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

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

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

Locatie	G [MN/m ²]	Q [-]	u [N/mm ²]	v [-]	p_{lim} [N/mm ²]	90% p_{lim} [bar] 1
1e rechte deel	33,55	0,00070	0,0250	0,2989	0,94	8,44
Neergaande bocht	49,04	0,00097	0,0900	0,2989	1,73	15,58
Bernhardweg West	50,40	0,00100	0,0970	0,2989	1,81	16,29
Beschermzone B	31,67	0,0015	0,0990	0,3163	1,44	13,00
Waterstaatswer..	54,21	0,0011	0,1090	0,2989	2,04	18,39
Waterstaatswer..	49,87	0,00099	0,0960	0,2989	1,78	16,00
Beschermzone A	46,26	0,00092	0,0820	0,2989	1,57	14,13
Beschermzone B	44,81	0,00087	0,0900	0,2989	1,48	13,34
2e rechte deel	1,13	0,020	0,1200	0,3817	0,36	3,23
Opgaande bocht	1,06	0,020	0,1010	0,3817	0,33	2,95
3e rechte deel	0,28	0,034	0,0260	0,4257	0,12	1,04

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

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

$$u = \gamma_w \cdot H_n$$

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

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

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

11.1 Tijdens pilot

Locatie	$R_{p,max}$ [m]	Δh_{in} [m]	p_{max} [N/mm ²]	p_{max} [bar] 2	p_{min} [N/mm ²]	p_{min} [bar] 3
1e rechte deel	1,28	3,75	0,41	4,06	0,05	0,45
Neergaande bocht	1,09	12,40	0,77	7,75	0,15	1,54
Bernhardweg West	1,08	12,40	0,81	8,12	0,16	1,60
Beschermzone B	0,86	12,40	0,68	6,81	0,16	1,61
Waterstaatswer..	1,04	12,40	0,92	9,16	0,16	1,63
Waterstaatswer..	1,08	12,40	0,80	7,98	0,17	1,65
Beschermzone A	1,12	12,40	0,70	7,03	0,17	1,67
Beschermzone B	1,15	12,40	0,67	6,71	0,17	1,75
2e rechte deel	6,75	12,40	0,36	3,58	0,21	2,11
Opgaande bocht	6,00	12,40	0,33	3,27	0,27	2,68
3e rechte deel	2,25	6,10	0,11	1,15	0,20	2,04

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

$$R_o = \frac{D_p}{2} = \frac{215}{2} = 107,5 \text{ mm}$$

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

$$v_{m,p} = \frac{Q_{m,p}}{A_p} = \frac{600}{1/4 \cdot \pi \cdot (D_p^2 - D_b^2)} = \frac{600}{1/4 \cdot \pi \cdot (215^2 - 114^2)} = 0,383 \text{ m/s}$$

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

11.2 Tijdens ruimgang

Locatie	$R_{p,max}$ [m]	Δh_{uit} [m]	p_{max} [N/mm ²]	p_{max} [bar] 4	p_{min} [N/mm ²]	p_{min} [bar] 5
3e rechte deel	2,25	4,72	0,10	1,04	0,05 ⁽¹⁾	0,55
Opgaande bocht	6,00	11,02	0,32	3,16	0,13 ⁽¹⁾	1,28
2e rechte deel	6,75	11,02	0,35	3,49	0,14 ⁽¹⁾	1,37
Beschermzone B	4,19	11,02	0,67	6,71	0,14 ⁽¹⁾	1,42
Beschermzone A	4,08	11,02	0,70	7,03	0,14 ⁽¹⁾	1,43
Waterstaatswer..	3,93	11,02	0,80	7,98	0,14 ⁽¹⁾	1,43
Waterstaatswer..	3,76	11,02	0,92	9,16	0,14 ⁽¹⁾	1,44
Beschermzone B	3,14	11,02	0,68	6,81	0,14 ⁽¹⁾	1,44
Bernhardweg West	3,90	11,02	0,81	8,12	0,14 ⁽¹⁾	1,44
Neergaande bocht	3,95	11,02	0,77	7,75	0,15 ⁽¹⁾	1,45
1e rechte deel	2,25	2,37	0,26	2,55	0,05 ⁽²⁾	0,45

$$R_o = \frac{D_{g,r}}{2} = \frac{780}{2} = 390 \text{ mm}$$

$$v_{m,r,uit} = \frac{Q_{m,r}}{A_r} = \frac{2000,0}{1/4 \cdot \pi \cdot (D_{g,r}^2 - D_b^2)} = \frac{2000,0}{1/4 \cdot \pi \cdot (780^2 - 114^2)} = 0,071 \text{ m/s}$$

$$v_{m,r,in} = \frac{Q_{m,r}}{A_p} = \frac{2000,0}{1/4 \cdot \pi \cdot (D_p^2 - D_b^2)} = \frac{2000,0}{1/4 \cdot \pi \cdot (215^2 - 114^2)} = 1,277 \text{ m/s}$$

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

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

11.3 Tijdens intrekken

Locatie	$R_{p,max}$ [m]	Δh_{uit} [m]	p_{max} [N/mm ²]	p_{max} [bar] 6	p_{min} [N/mm ²]	p_{min} [bar] 7
3e rechte deel	2,25	4,72	0,10	1,04	0,06 ⁽¹⁾	0,55
Opgaande bocht	6,00	11,02	0,32	3,16	0,13 ⁽¹⁾	1,31
2e rechte deel	6,75	11,02	0,35	3,49	0,15 ⁽¹⁾	1,51
Beschermzone B	4,19	11,02	0,67	6,71	0,15 ⁽²⁾	1,47
Beschermzone A	4,08	11,02	0,70	7,03	0,15 ⁽²⁾	1,46
Waterstaatswer..	3,93	11,02	0,80	7,98	0,15 ⁽²⁾	1,46
Waterstaatswer..	3,76	11,02	0,92	9,16	0,15 ⁽²⁾	1,46
Beschermzone B	3,14	11,02	0,68	6,81	0,15 ⁽²⁾	1,45
Bernhardweg West	3,90	11,02	0,81	8,12	0,15 ⁽²⁾	1,45
Neergaande bocht	3,95	11,02	0,77	7,75	0,14 ⁽²⁾	1,44
1e rechte deel	2,25	2,37	0,26	2,55	0,04 ⁽²⁾	0,43

$$D_{eq} = \sqrt{\sum_{i=1}^n D_{0,i}^2} = 500 \text{ mm}$$

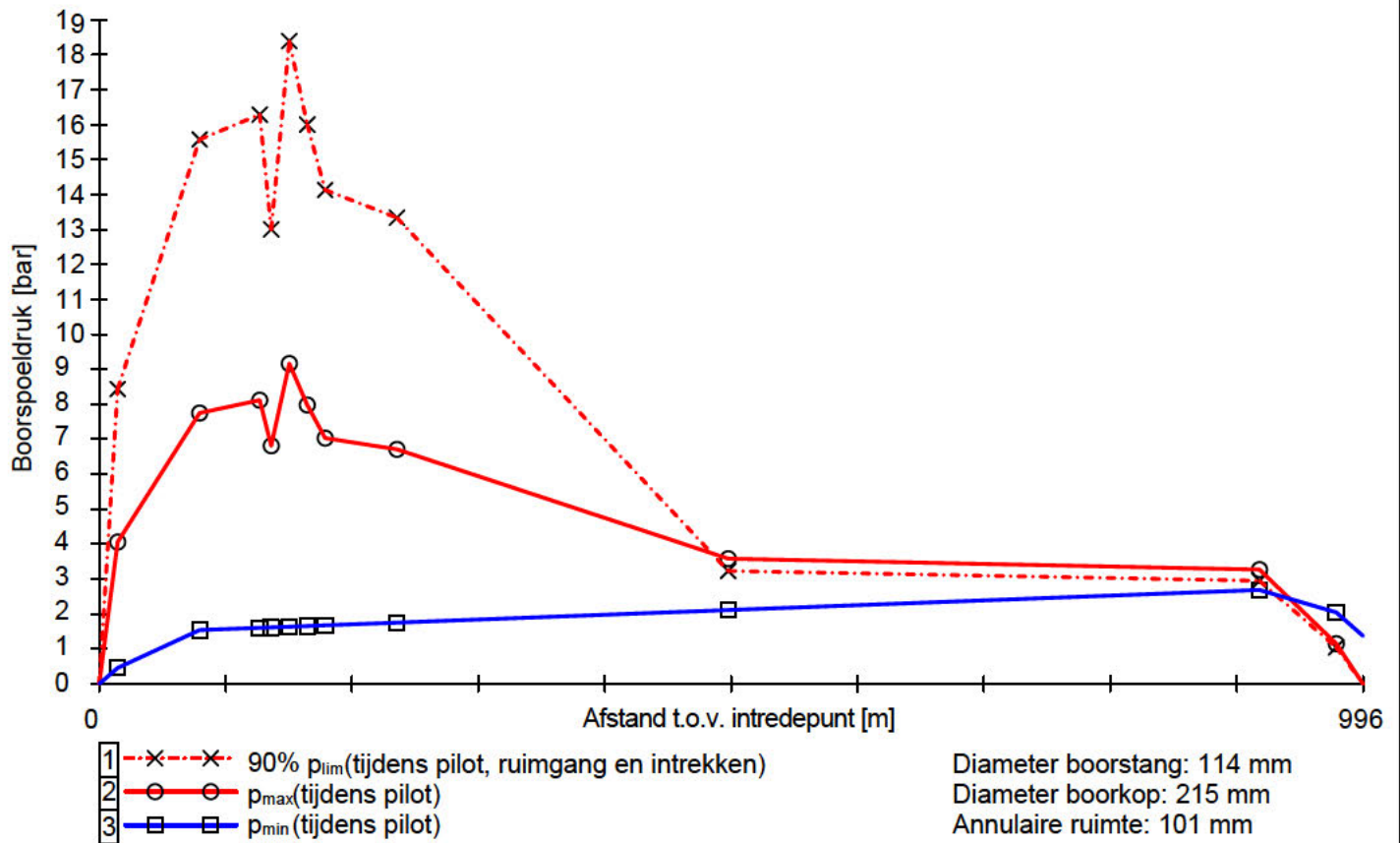
$$R_o = \frac{D_{g,r}}{2} = \frac{780}{2} = 390 \text{ mm}$$

$$v_{m,i,uit} = \frac{Q_{m,i}}{A_i} = \frac{1400}{1/4 \cdot \pi \cdot (D_{g,r}^2 - D_{eq}^2)} = \frac{1400}{1/4 \cdot \pi \cdot (780^2 - 500^2)} = 0,083 \text{ m/s}$$

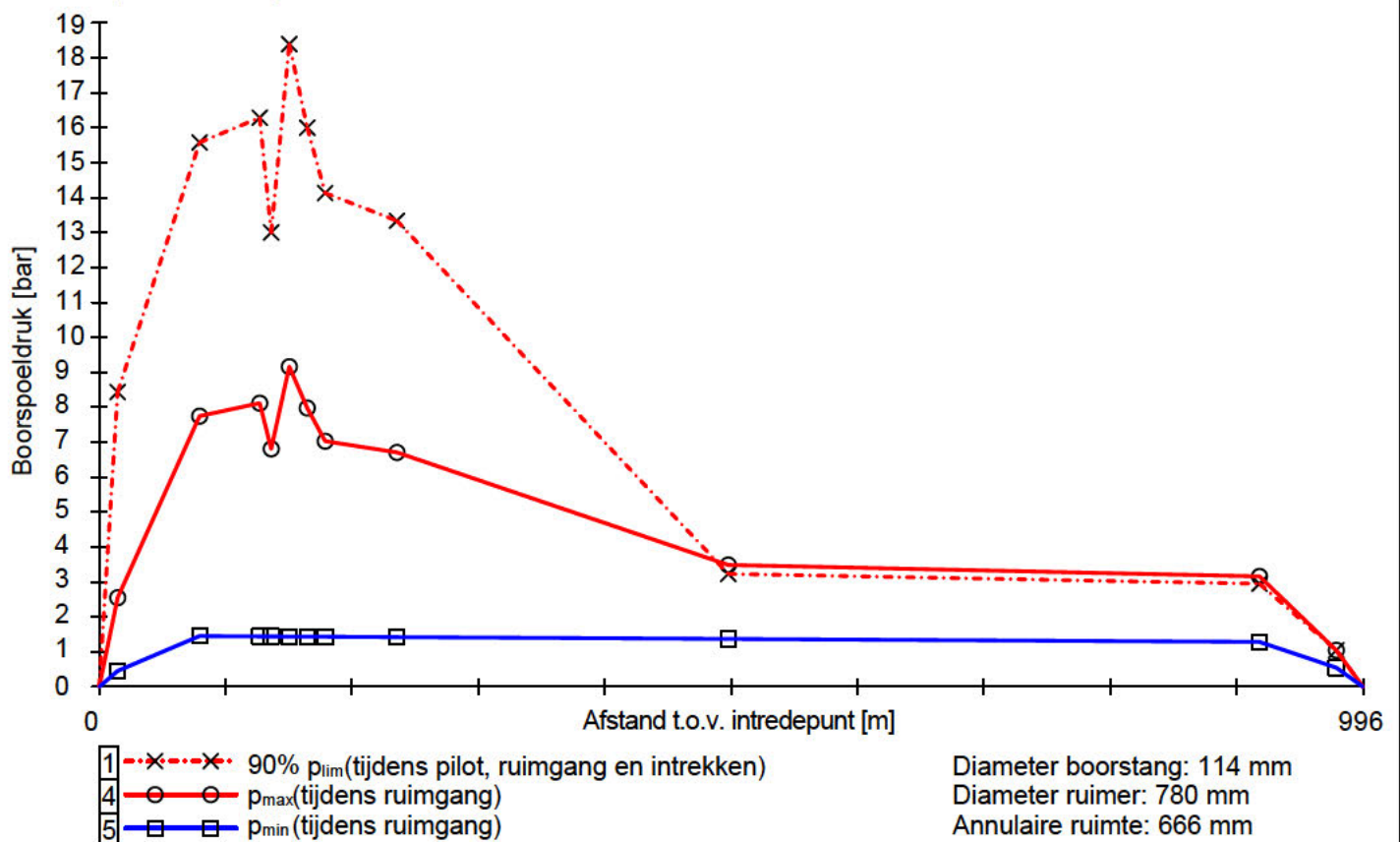
$$p_{min,uit} = \left(\frac{14580 \cdot \eta_i \cdot v_{m,i,uit}}{(D_{g,r} - D_{eq})^2} + \frac{\tau_{y,i}}{D_{g,r} - D_{eq}} \right) \cdot (L_{tot} - L) + \rho_{m,i} \cdot \Delta h_{uit} \quad (1)$$

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

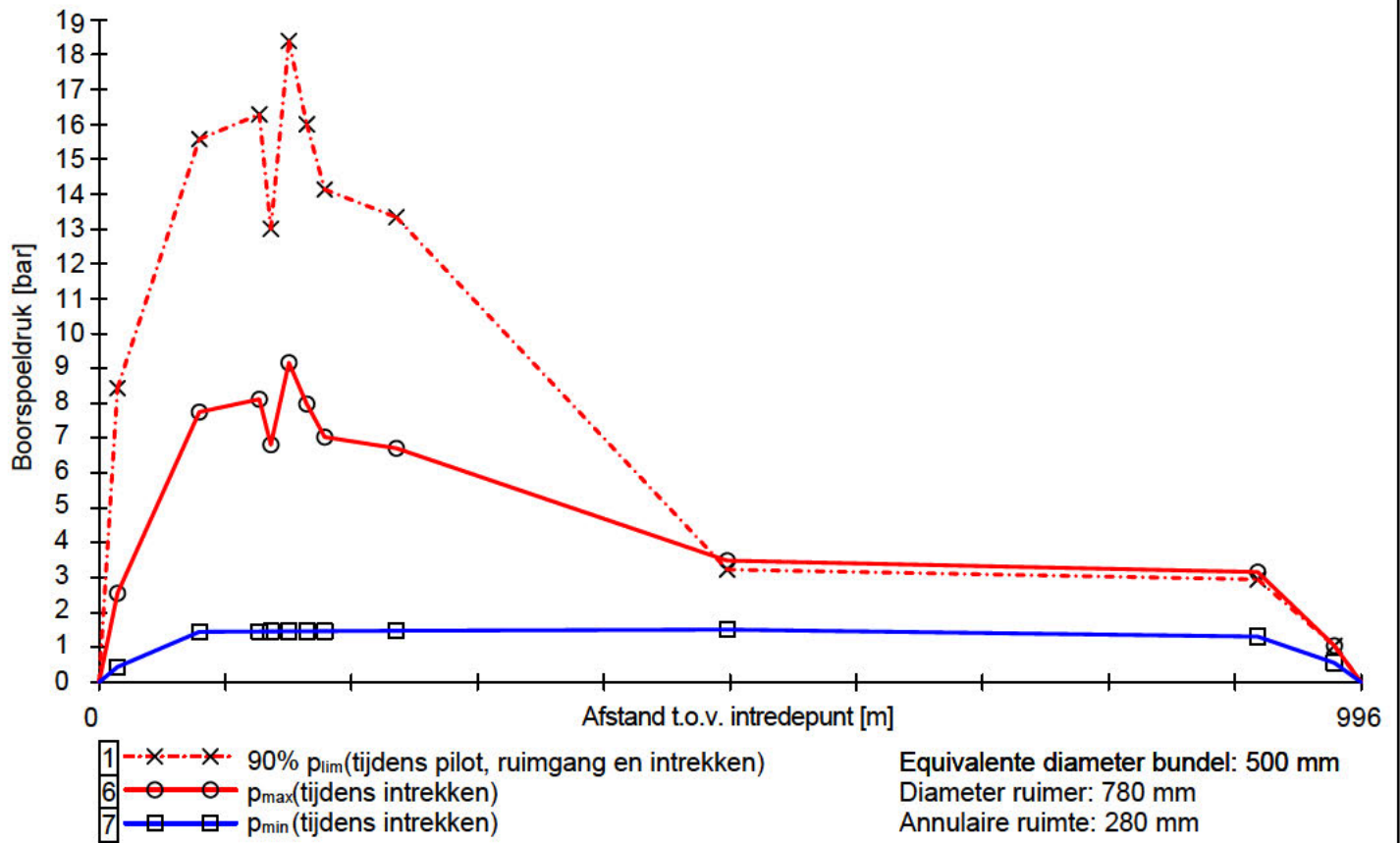
11.4 Boorspoeldrukken tijdens pilot



11.5 Boorspoeldrukken tijdens ruimen

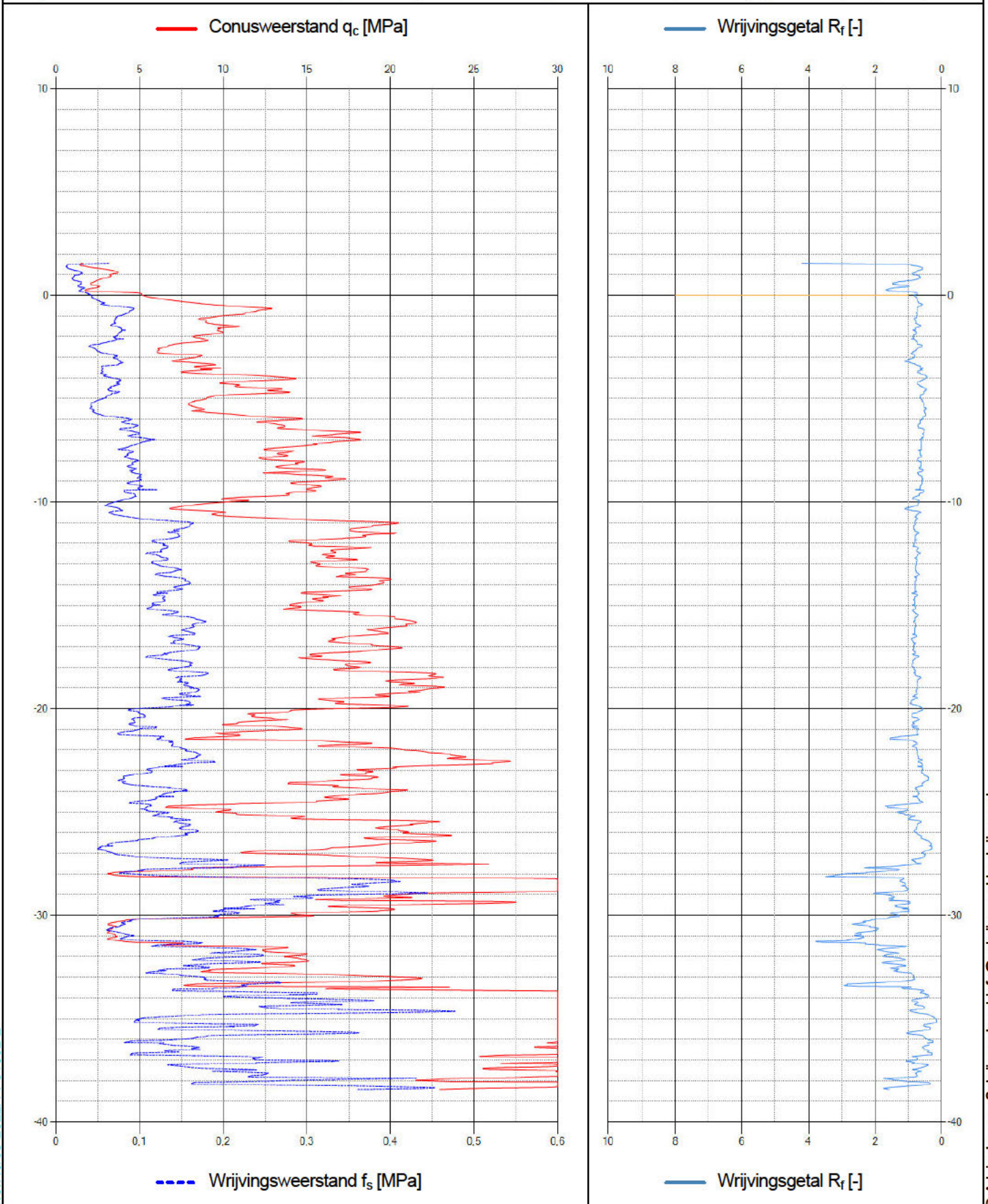


11.6 Boorspoeldrukken tijdens intrekken



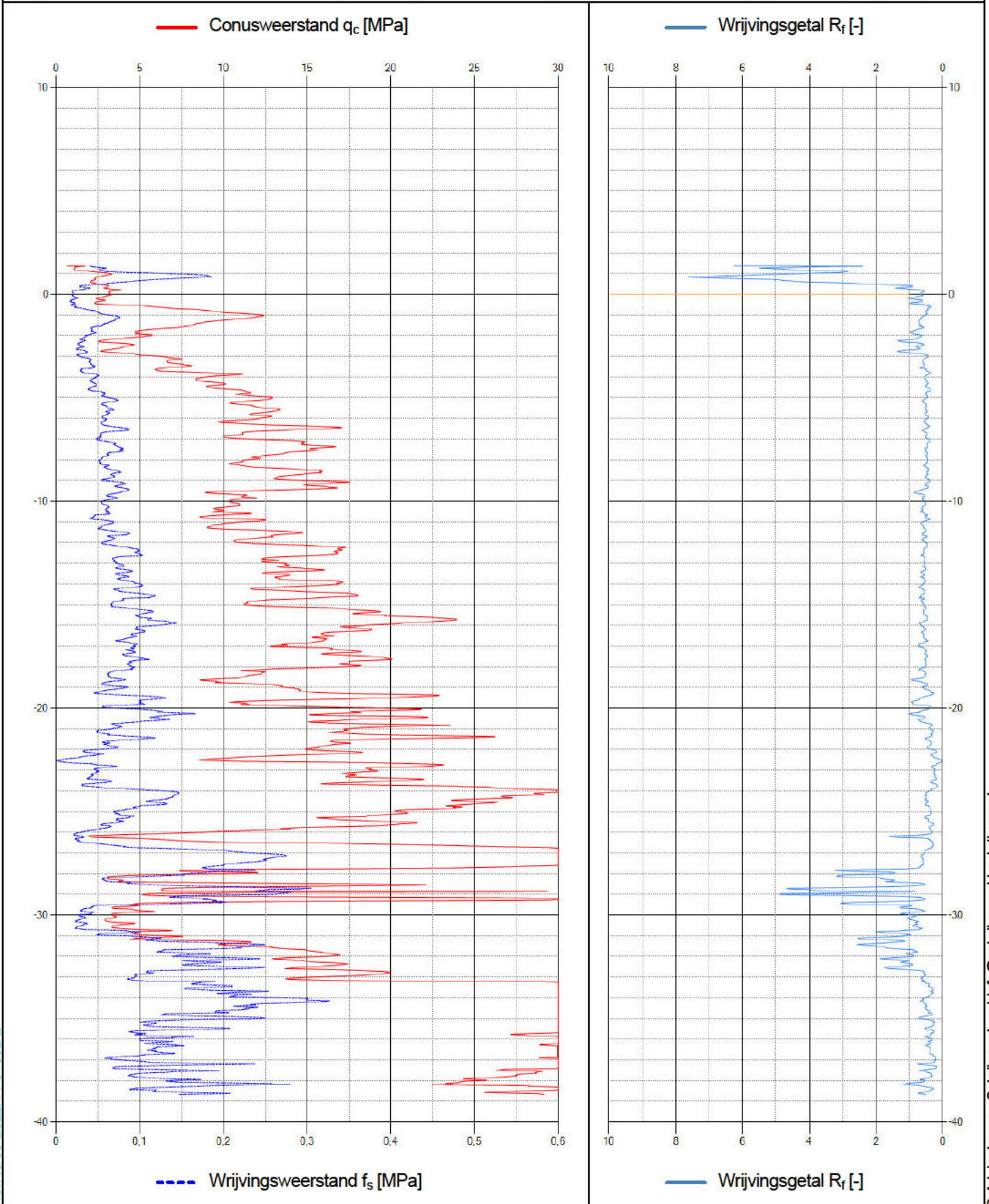
Naam van het project : TenneT Nederwiek 1

Projectonderdeel : HDDN21 Quarlespolderweg en Bernhardweg West Ø250mm, SDR 11 (blijvend 100pct gevuld)



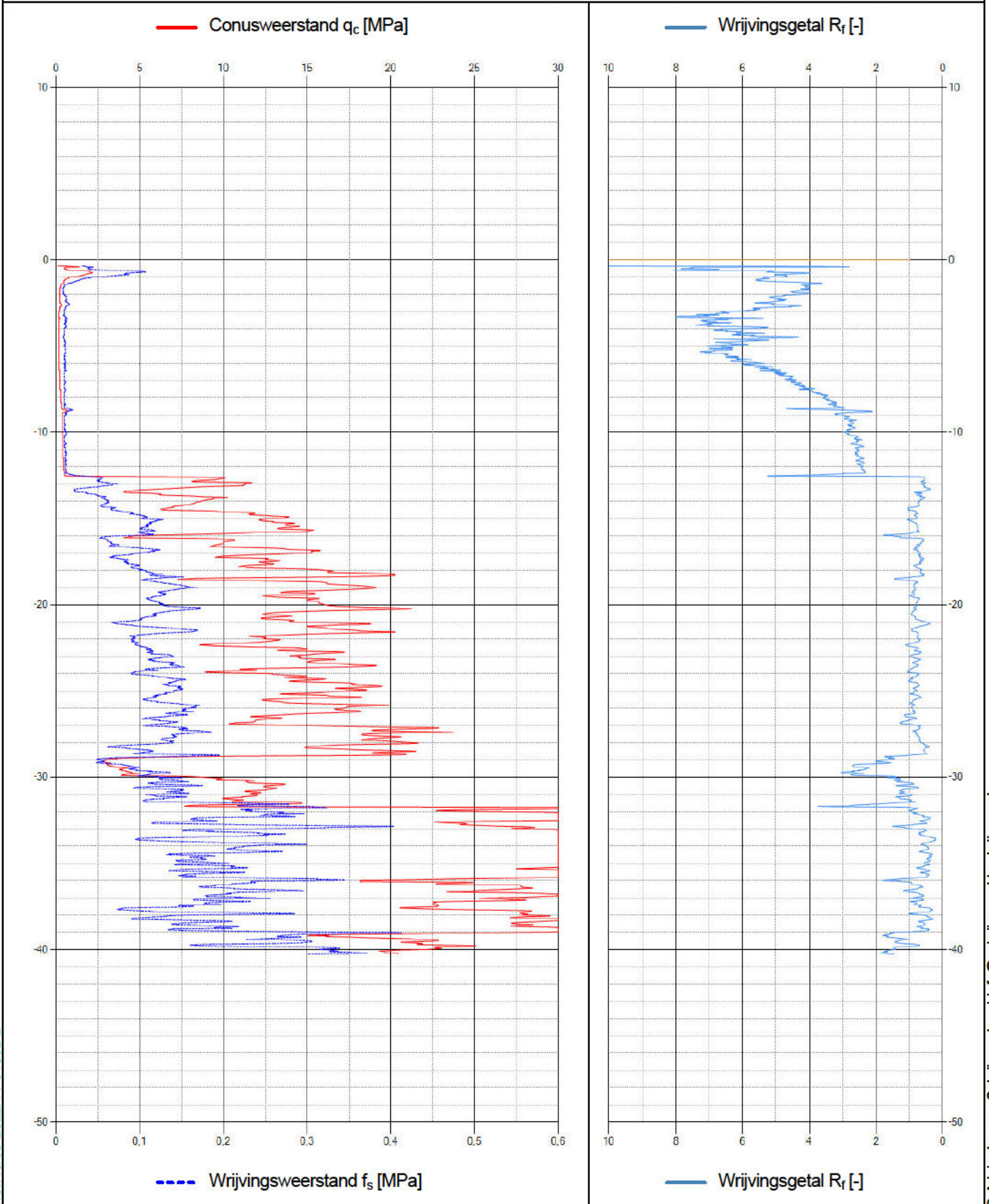
Naam van het project : TenneT Nederwiek 1

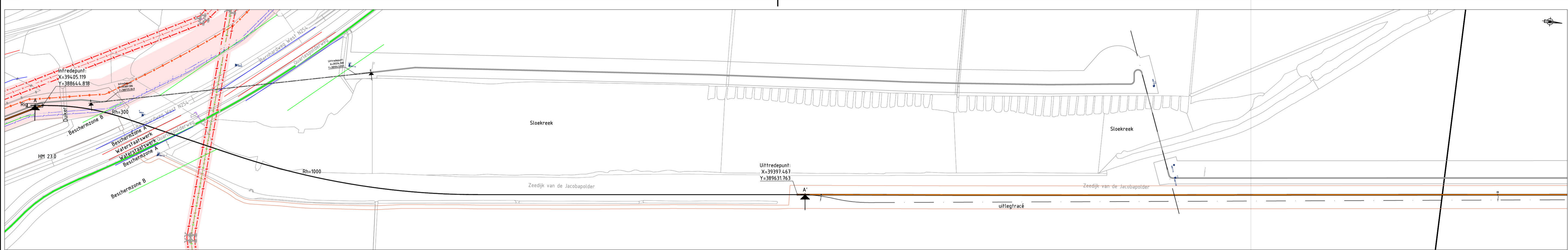
Projectonderdeel : HDDN21 Quarlespolderweg en Bernhardweg West Ø250mm, SDR 11 (blijvend 100pct gevuld)



Naam van het project : TenneT Nederwiek 1

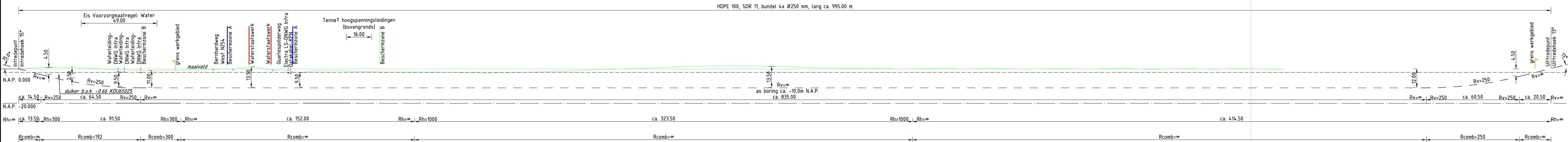
Projectonderdeel : HDDN21 Quarlespolderweg en Bernhardweg West Ø250mm, SDR 11 (blijvend 100pct gevuld)





Overzicht

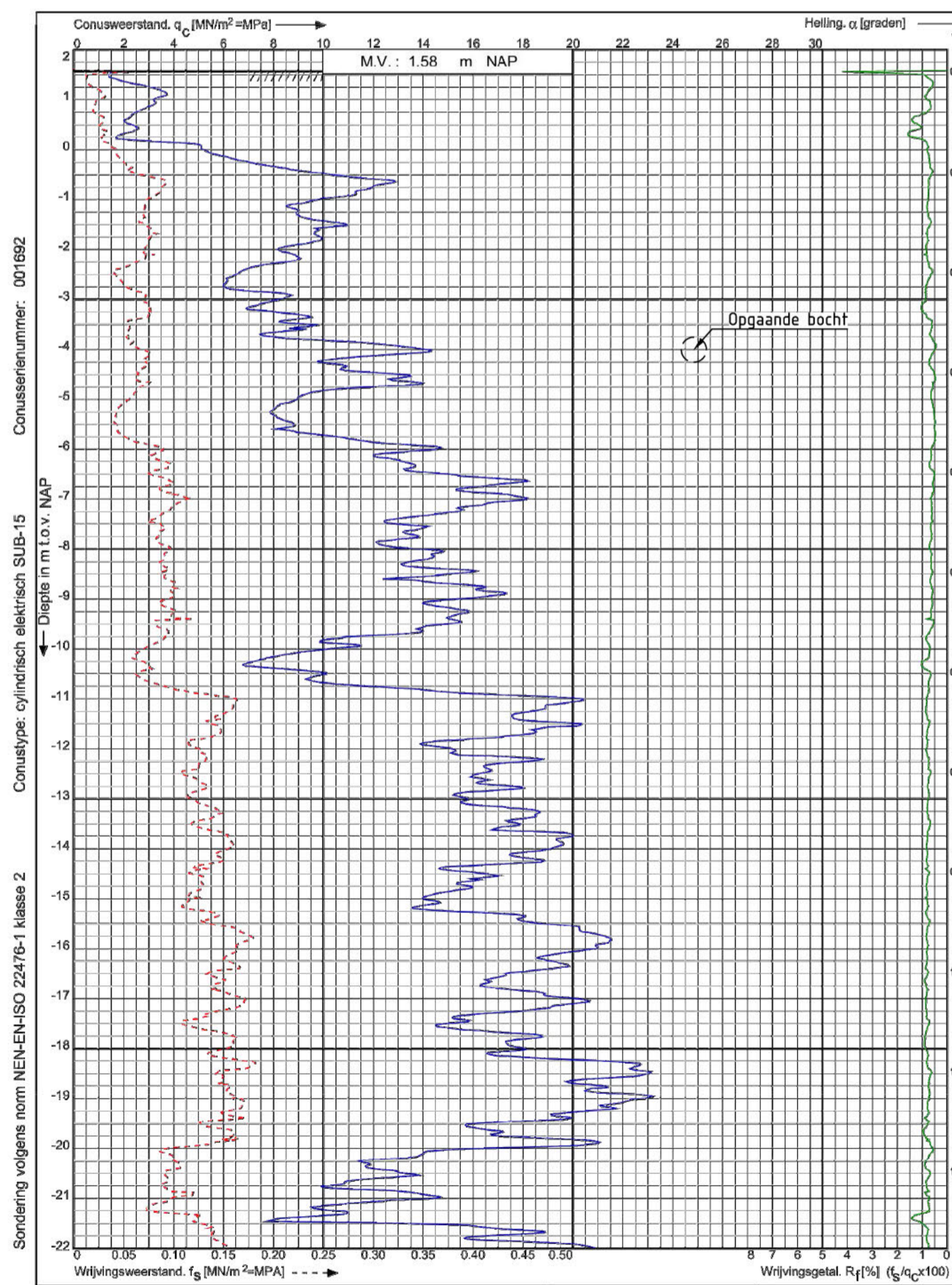
SCHAAL 1 : 2000



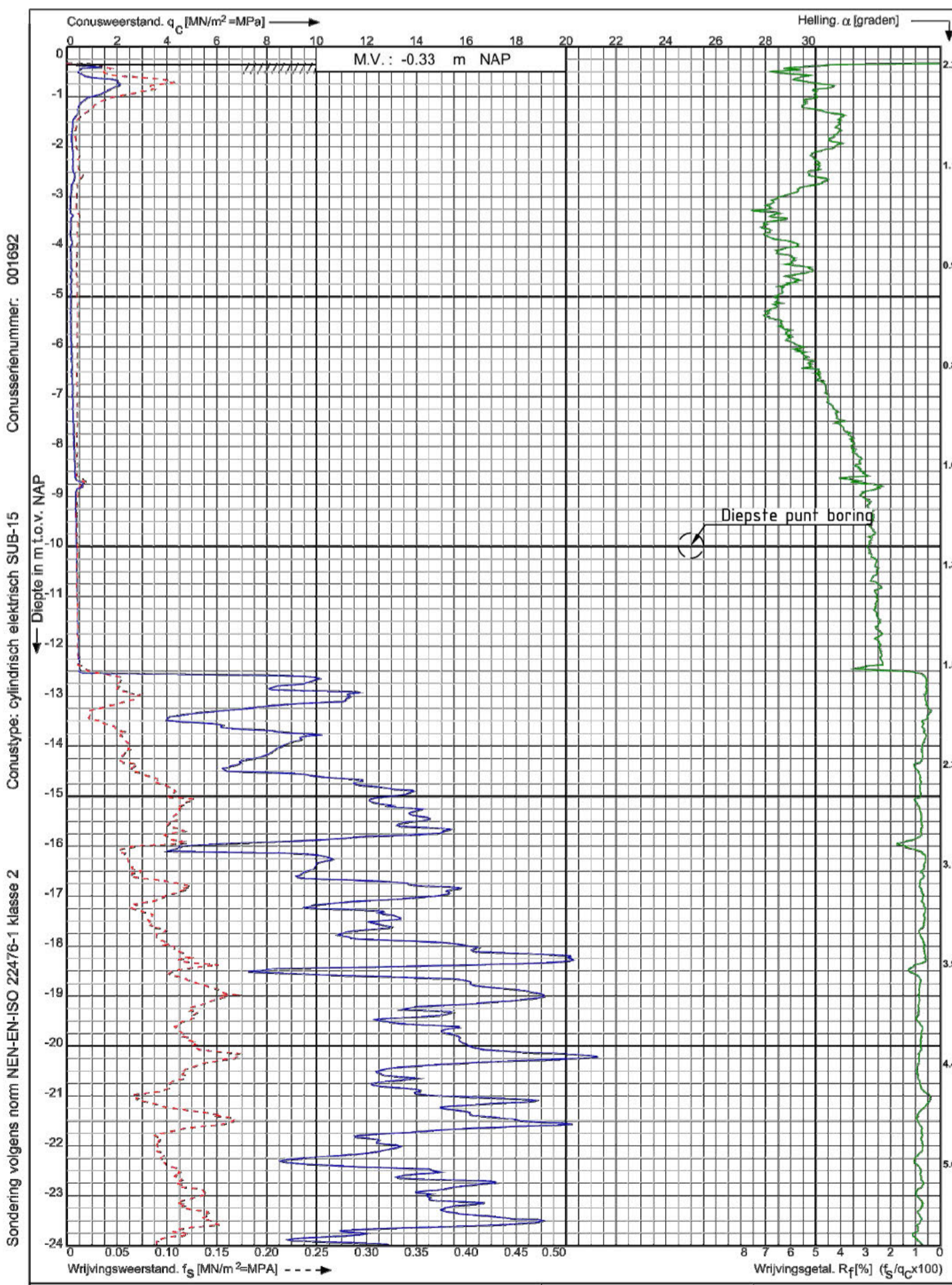
Lengte profiel boring Quarlespolderweg en Bernhardweg West- HDDN21 - DWP A-A'

SCHAAL 1 : 1000

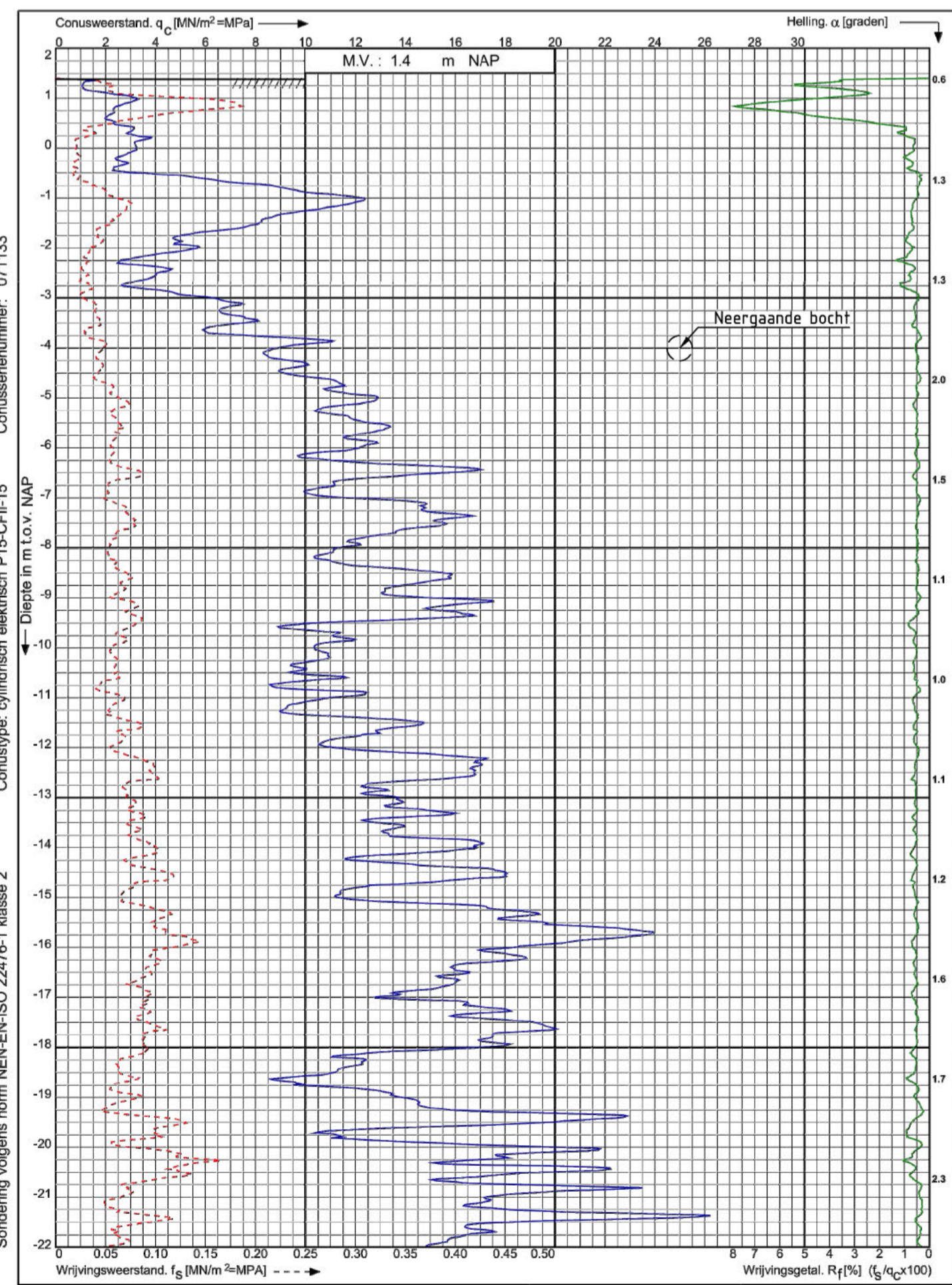
(Lengte profiel gegeneerd uit de AHN3)



Tennet kabeltracé IJmuiden Ver Alpha te IJmuiden
 RD-coördinaten: X=39402.14 Y=388774.74
 Opdr. nr.: :2020-1142
 Datum uitv.:1-9-2021
 Sond. nr.: :4
 Koops grondmechanica



Tennet kabeltracé IJmuiden Ver Alpha te IJmuiden
 RD-coördinaten: X=39303.54 Y=389033.43
 Opdr. nr.: :2020-1142
 Datum uitv.:7-9-2021
 Sond. nr.: :113
 Koops grondmechanica



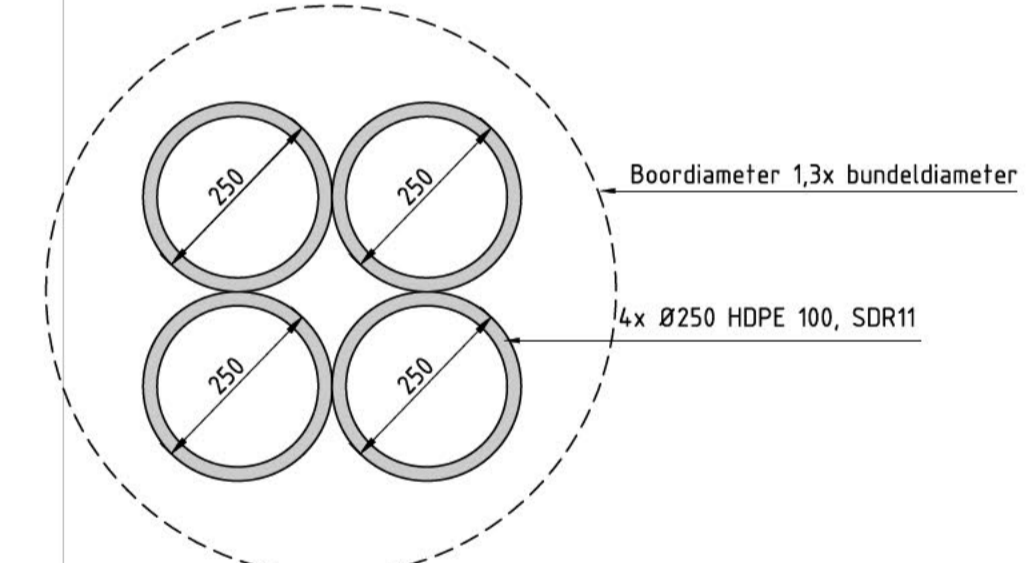
Tennet kabeltracé IJmuiden Ver Alpha te IJmuiden
 RD-coördinaten: X=39454.86 Y=388803.48
 Opdr. nr.: :2020-1142
 Datum uitv.:28-6-2021
 Sond. nr.: :114
 Koops grondmechanica

Legenda bestaande K&L

- Electra LS
- Electra HS
- HD gasleiding
- Gasleiding
- Waterleiding
- Sandering
- Grondboring
- Grens werkgebied

KLIC melding nr(s): 170008747

- Opmerkingen:**
- Bestaande kabels en leidingen zijn ingetekend aan de hand van KLIC melding(en)
 - Exacte locatie van de bestaande kabels en leidingen tijdens uitvoering bepalen door middel van proefsleuven



Doorsnede bundel HDD
 SCHAAL 1 : 10
 in mm

Opmerkingen:
 Alle maten in m, tenzij anders vermeld.
 Alle hoogtematen in m, ten opzichte van N.A.P.

ARCADIS Design & Consultancy for roads and built assets

2	14-03-2023	BD	RHW	Definitief, namen toegevoegd van beheerders van kabels & leidingen o.b.v. KLIC
1	28-11-2022	BD	RHW	Concept
Rev.	Datum	Get.	Gez.	WUZIGING

Tennet Taking power further

OPDRACHTGEVER: Tennet
 ONTWERP: Tennet
 PROJ.NR.: :
 PROJECT: Net op Zee Nederwiek 1

DATUM: :14-03-2023
 SCHAAL: :zie tek.
 FORMAAT: :A1 (594x959)

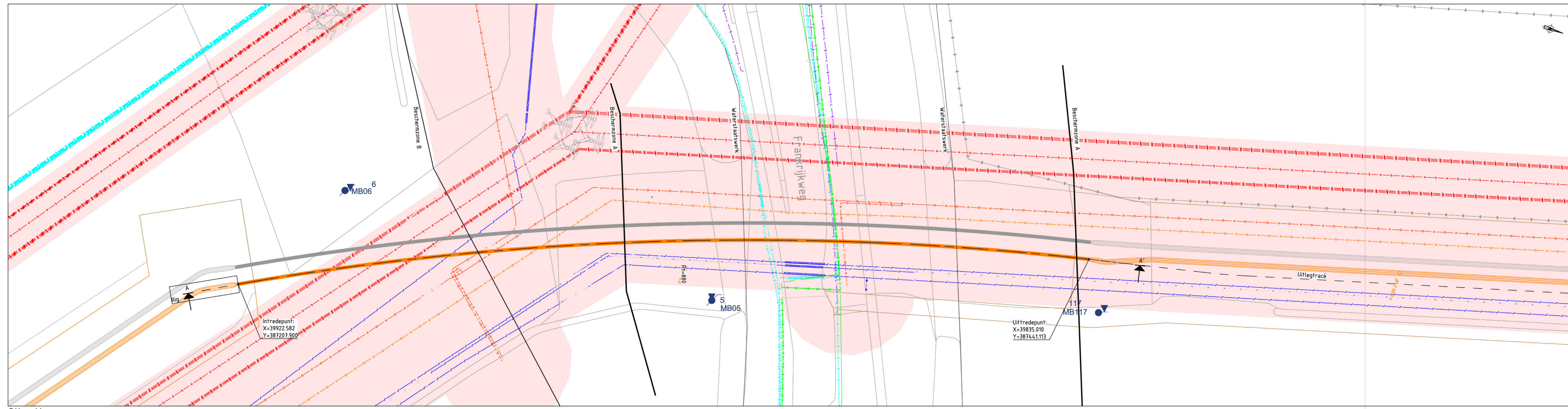
HDDN21
 TEKENING NR.: TTB-07848

ONDERWERP: Vergunningstekening gestuurde boring Quarlespolderweg en Bernhardweg West

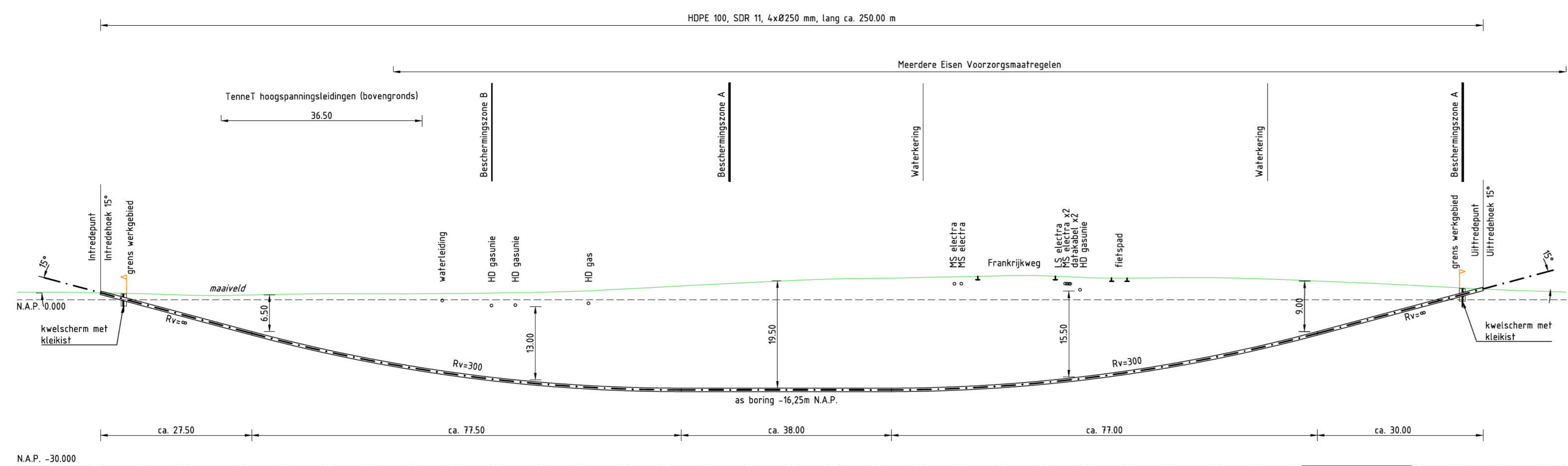
Net op Zee – Nederwiek 1

Aanvraag watervergunning Waterschap Scheldestromen

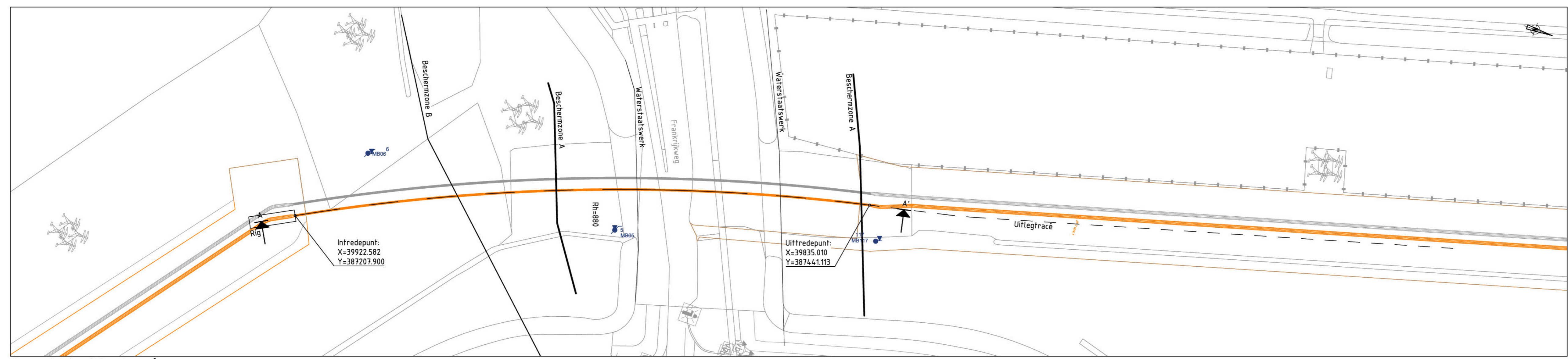
Bijlage 6f: Frankrijkweg



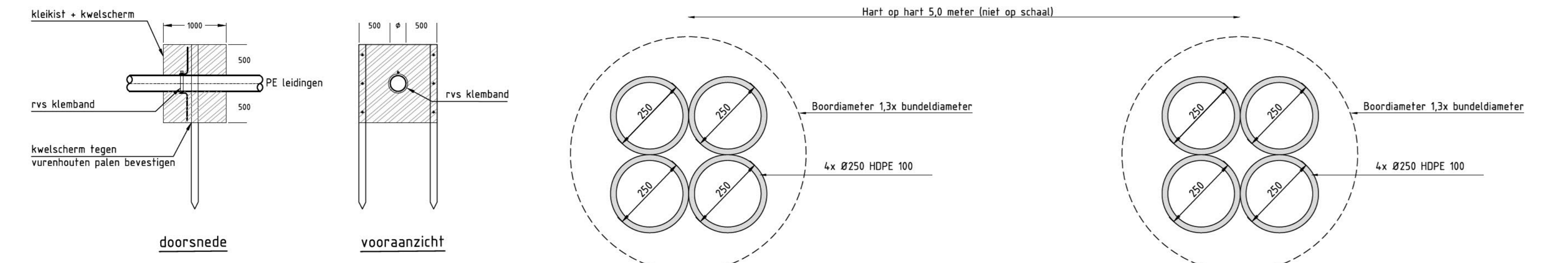
Situatie
SCHAAL 1 : 500



Lengte profiel boring Frankrijkweg (N22) DWP A-A'
SCHAAL 1 : 500
(Lengte profiel gegenereerd uit de AHN3)

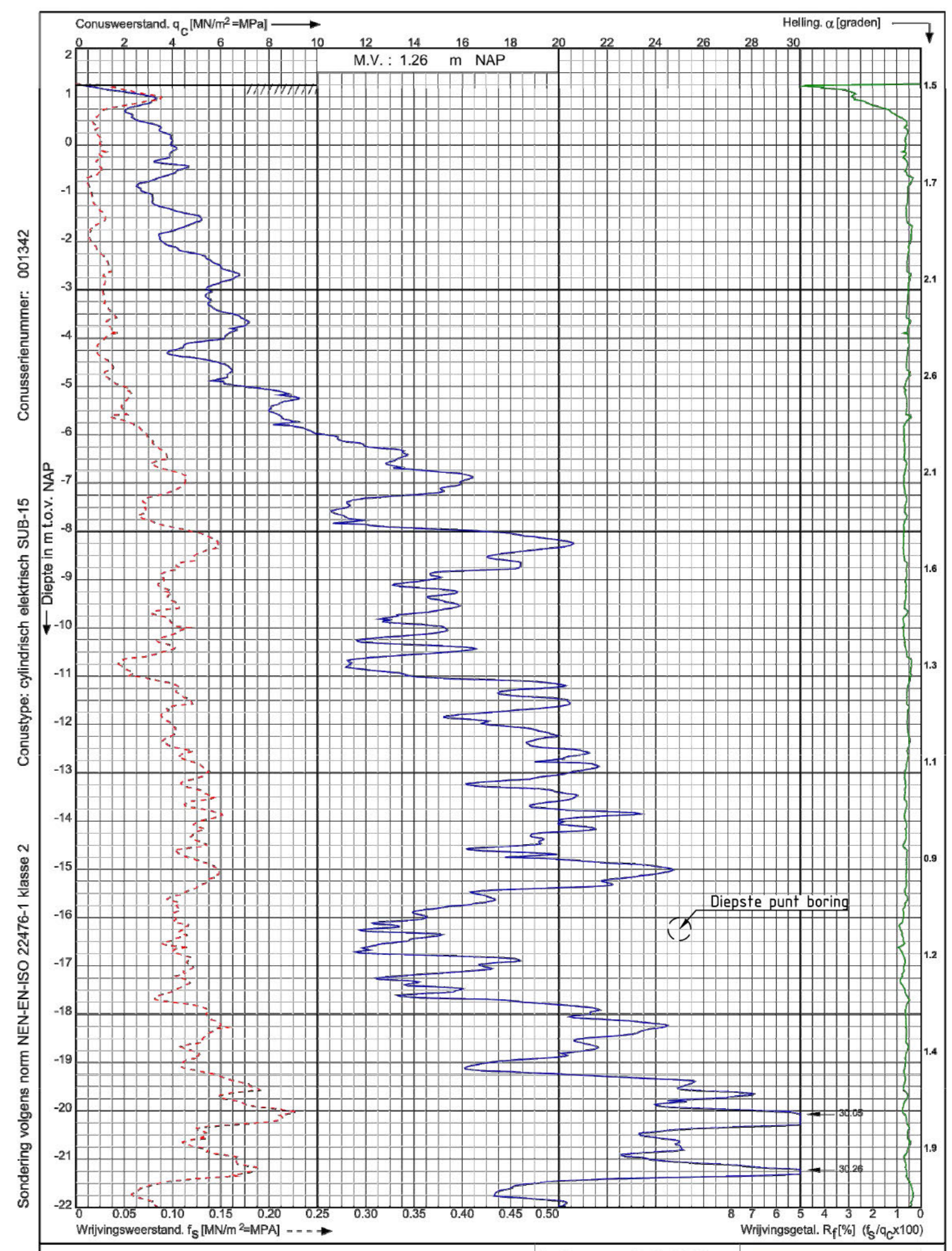


Overzicht uitlegtracé
SCHAAL 1 : 1000

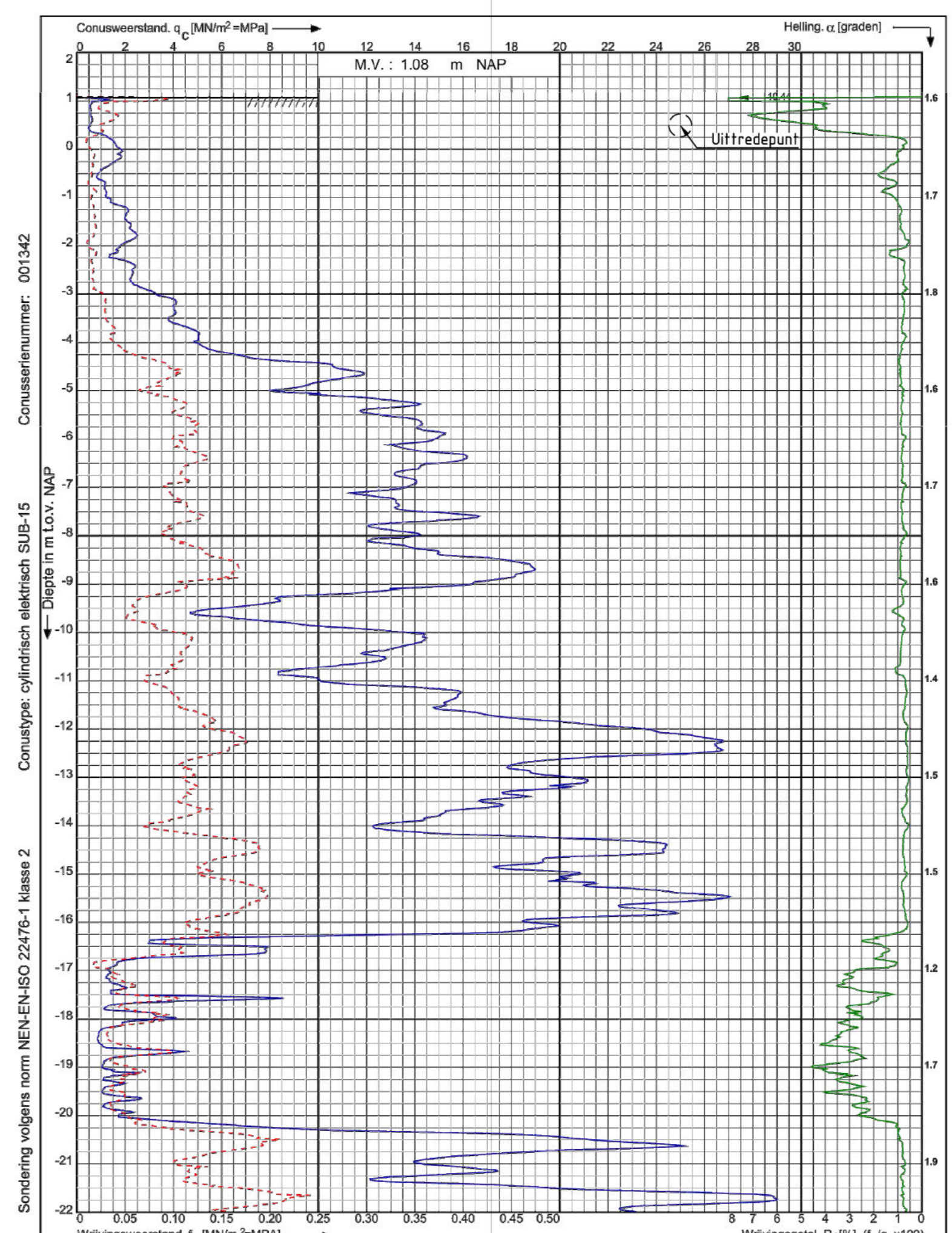


Principe detail
SCHAAL 1 : 10
maten in mm

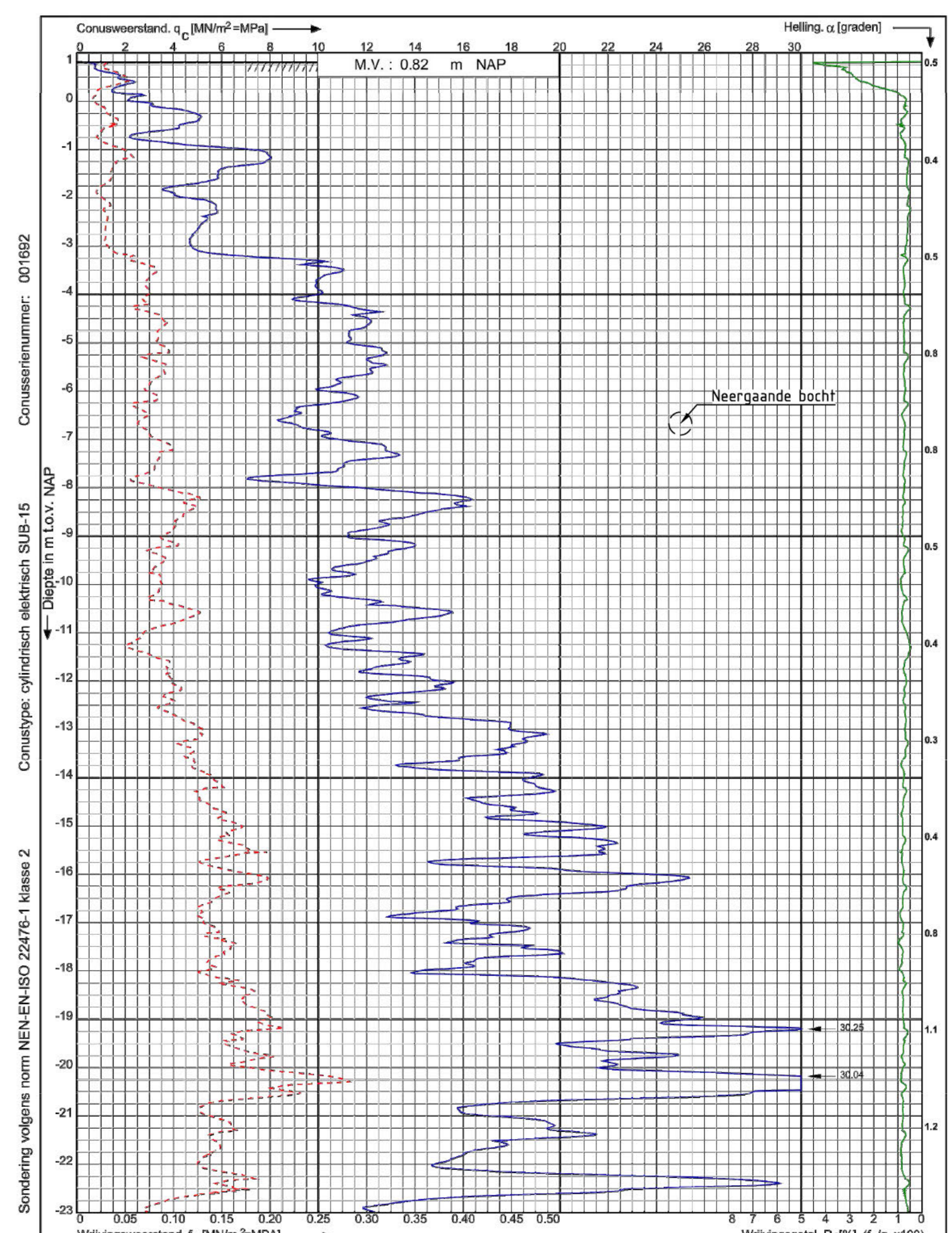
Doorsnede bundel HDD
SCHAAL 1 : 10
in mm



Tennet kabeltracé IJmuiden Ver Alpha to IJmuiden
RD-coördinaten : X = 39882.17 Y = 387340.58
Opdr. nr. : 2020-1142
Datum ultv. : 10-2-2021
Sond. nr. : 5
Koops



Tennet kabeltracé IJmuiden Ver Alpha to IJmuiden
RD-coördinaten : X = 39848.14 Y = 387450.38
Opdr. nr. : 2020-1142
Datum ultv. : 19-4-2021
Sond. nr. : 117
Koops



Tennet kabeltracé IJmuiden Ver Alpha to IJmuiden
RD-coördinaten : X = 39886.09 Y = 387230.14
Opdr. nr. : 2020-1142
Datum ultv. : 20-10-2020
Sond. nr. : 6
Koops

Legenda bestaande K&L

Electra HS	Electra LS
HD gasolie	HD gas
Gasolie	Gasolie
Waterleiding	Waternet
Sondering	Sondering
Grens verloopgebied	Grens verloopgebied

KLIC melding nr(s): 200111922

- Opmerkingen:
- Bestaande kabels en leidingen zijn ingetekend aan de hand van KLIC meldingen
 - Exacte locatie van de bestaande kabels en leidingen tijdens uitvoering bepalen door middel van proefsleuven

Opmerkingen:
Alle maten in m, tenzij anders vermeld.
Alle hoogten in m, ten opzichte van N.A.P.

ARCADIS

Tennet
Taking power further

OPDRACHTGEVER: TenneT
ONTWERP: TenneT
PROJEKT: Net op Zee Nederwiek 1
ONDERWERP: Vergunningstekening Horizontaal gestuurde boring Frankrijkweg (22)

GETEKEND: [Signature]
SCHAAL: 2x A4
FORMAAT: A4

DATUM: 02-10-2022

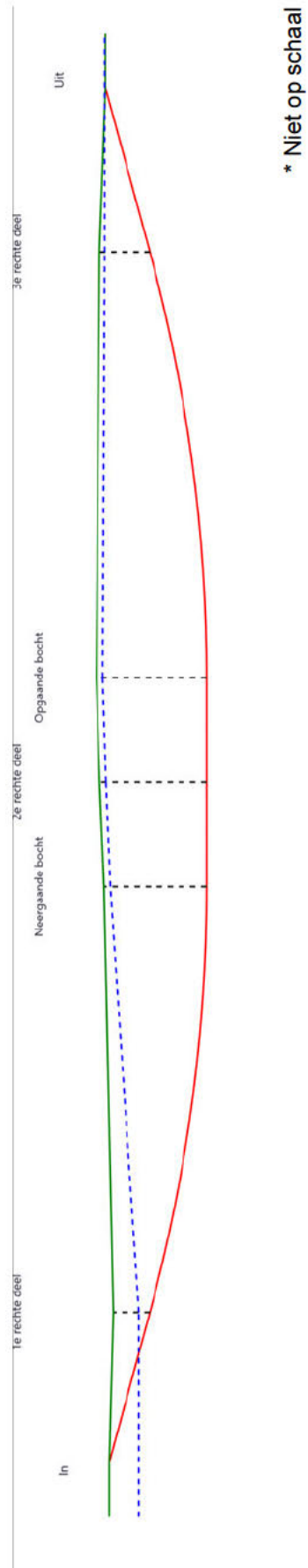
HDDN22
TEKONING NR.: TTB-07868

Sterkteberekening van een horizontaal gestuurde boring conform NEN 3650/3651:2020		Sigma 2022 1.3 ©	
Algemene gegevens			
Naam van het project	: TenneT Nederwiek 1		
Projectonderdeel	: HDDN22 Frankrijkweg Ø250mm, SDR 11 (blijvend 100pct gevuld)		
Materiaalgegevens			
Materiaalsoort:	PE		
Kwaliteit:	PE 100 SDR 11		
Lange-duur treksterkte	MRS	= 10	N/mm ²
Materiaalfactor	γ_M	= 1,25	-
Toelaatbare langeduur spanning	$\bar{\sigma}_t$	= 8,00	N/mm ²
Elasticiteitsmodulus korte duur	E	= 1.100	N/mm ²
Elasticiteitsmodulus lange duur	E'	= 200	N/mm ²
Lineaire uitzettingscoëfficiënt	α_g	= 20,0·10 ⁻⁵	mm/(mm·K)
Alfa Tangentieel / Alfa Axiaal	α_σ	= 0,65	-
Soortelijk gewicht buis	ρ_L	= 9,55	kN/m ³
Toelaatbare deflectie	δ	= 8,00	%
Leidinggegevens			
Uitwendige middellijn	D _e	= 250,00	mm
Wanddikte	d _n	= 22,8	mm
Procesgegevens			
Soort leiding (Vloeistof / Gas / Drukloos)		= Vloeistof	
Ontwerpdruk	p _d	= 0	N/mm ²
Volumieke massa medium	ρ	= 1000	kg/m ³
Temperatuurverschil	Δt	= 30	°
Uitvoeringsaspecten, tracé boring, in- en uittredehoeken			
Totale lengte	L	= 254,35	m
Lengte 1e rechte deel	L ₁	= 28,28	m
Lengte neergaande bocht	L ₂	= 78,54	m
Lengte 2e rechte deel	L ₃	= 38,00	m
Lengte opgaande bocht	L ₄	= 78,54	m
Lengte 3e rechte deel	L ₅	= 30,99	m
Straal maaiveld/rollenbaan	R _r	= 100,00	m
Straal neergaande bocht	R ₁	= 300,00	m
Straal opgaande bocht	R ₂	= 300,00	m
Intrede-hoek (bij boorstelling)	α_1	= 15,00 / 26,79	° / %
Uittrede-hoek (bij rollenbaan)	α_2	= 15,00 / 26,79	° / %
Belastinghoek	α	= 30	°
Ondersteuningshoek	β	= 30	°
Horizontale steundrukhoek	γ	= 120	°
Grondmechanisch onderzoek uitgevoerd	γ	= 1,1	
<p>The diagram illustrates the layout of a horizontal borehole. It starts with a horizontal segment of length L₁ at an angle α_1 to the horizontal. This is followed by a downward curve of length L₂ with radius R₁. A horizontal segment of length L₃ follows, then an upward curve of length L₄ with radius R₂. Finally, there is a horizontal segment of length L₅ that ends at an angle α_2 to the horizontal. The total length of the borehole is L. A radius R_r is also indicated for the final horizontal segment.</p>			

Sterkteberekening van een horizontaal gestuurde boring conform NEN 3650/3651:2020					Sigma 2022 1.3 ©		
Uitvoeringsaspecten							
Diameter boorstang		D_b	= 114	mm			
<i>Tijdens pilot</i>							
Diameter boorkop/boorgat		D_p	= 170	mm			
Soortelijk gewicht boorvloeistof		$\rho_{m,p}$	= 11,5	kN/m ³			
Zwichtspanning boorvloeistof		$\tau_{y,p}$	= 13,4	Pa			
Plastische viscositeit boorvloeistof		η_p	= 0,009	Pa·s			
Debiet boorvloeistof		$Q_{m,p}$	= 100	l/min			
<i>Tijdens ruimgang</i>							
Boorstangen koppelen tijden ruimen							
Diameter ruimer/boorgat		$D_{g,r}$	= 780	mm			
Soortelijk gewicht boorvloeistof		$\rho_{m,r}$	= 11,5	kN/m ³			
Zwichtspanning boorvloeistof		$\tau_{y,r}$	= 13,4	Pa			
Plastische viscositeit boorvloeistof		η_r	= 0,009	Pa·s			
Debiet boorvloeistof		$Q_{m,r}$	= 500,0	l/min			
<i>Tijdens intrekken</i>							
Equivalente diameter bundel		D_{eq}	= 500	mm			
Soortelijk gewicht boorvloeistof		$\rho_{m,i}$	= 11,5	kN/m ³			
Zwichtspanning boorvloeistof		$\tau_{y,i}$	= 13,4	Pa			
Plastische viscositeit boorvloeistof		η_i	= 0,009	Pa·s			
Debiet boorvloeistof		$Q_{m,i}$	= 300	l/min			
Aantal buizen in de bundel		n	= 4				
De bundelbuizen worden niet gekoppeld							
Gewicht vulling/extra gewicht op rollenbaan		$g_{vul, r}$	= 0,328	N/mm ¹			
Gewicht vulling/extra gewicht tpv boorgang		$g_{vul, b}$	= 0,328	N/mm ¹			
Onzekerheids- en wrijvingsfactoren							
Totaalfactor bij boring met bundels		f	= 1,8				
Belastingfactor, bovengronds		$f_{k,b}$	= 1,1				
Belastingfactor, ondergronds		$f_{k,o}$	= 1,4				
Onzekerheidsfactor straal, ondergronds		$f_{r,o}$	= 0,9				
Wrijvingscoëff. met rollenbaan		f_1	= 0,1				
Wrijving tussen leiding/boorvloeistof		f_2	= 0,00005	N/mm ²			
Wrijving tussen leiding/boorgangwand		f_3	= 0,2				
Grondmechanische gegevens en verkeersbelasting							
Locatie	Afstand t.o.v. intredepunt [m]	Dekking t.o.v. maaiveld [m]	G.W.S. t.o.v. maaiveld [m]	Grondsoort	Volumiek gewicht droge grond [kN/m ³]	Volumiek gewicht natte grond [kN/m ³]	Wrijvingshoek grond [°]
1e rechte deel	28,28	6,60	4,60	Zand	19,51	21,00	35,00
Neergaande bocht	106,82	18,50	1,15	Zand	19,55	21,00	35,00
2e rechte deel	125,82	19,30	1,15	Zand	18,43	21,00	35,00
Opgaande bocht	144,82	19,90	1,15	Zand	18,43	21,00	35,00
3e rechte deel	223,36	9,10	0,95	Zand	14,80	20,74	35,00

Locatie	Gemiddelde verticale beddingconstante [N/mm ³]	Effectieve cohesie [kN/m ²]	E-modulus ondergrond [MN/m ²]	Verkeersbelasting
1e rechte deel	-	0,00	75,00	Geen
Neergaande bocht	0,0490	0,00	75,00	Geen
2e rechte deel	-	0,00	75,00	Grafiek I
Opgaande bocht	0,0490	0,00	75,00	Grafiek I
3e rechte deel	-	0,00	75,00	Geen

Locatie	Gereduceerde grondbelasting	Sondering
1e rechte deel	Geen	6
Neergaande bocht	Homogeen (zand)	5
2e rechte deel	Homogeen (zand)	5
Opgaande bocht	Homogeen (zand)	5
3e rechte deel	Geen	117



Sterkteberekening van een horizontaal gestuurde boring conform NEN 3650/3651:2020	Sigma 2022 1.3 ©
---	------------------

2. Eigenschappen van de leiding

Inwendige middellijn	$D_i = D_e - 2 \cdot d_n$	= 204,40	mm
Gemiddelde middellijn	$D_g = (D_e + D_i)/2$	= 227,20	mm
Uitwendige middellijn+bekleding	$D_o = D_e + 2 \cdot e$	= 250,00	mm
Uitwendige straal	$r_e = D_e / 2$	= 125,00	mm
Inwendige straal	$r_i = D_i / 2$	= 102,20	mm
Gemiddelde straal	$r_g = (r_e + r_i) / 2$	= 113,60	mm
Traagheidsmoment buis	$I_b = (D_e^4 - D_i^4) \cdot \pi / 64$	= 106.064.835,12	mm ⁴
Weerstandsmoment buis	$W_b = I_b / r_e$	= 848.518,68	mm ³
Wandtraagheidsmoment	$I_w = d_n^3 / 12$	= 987,70	mm ⁴ /mm ¹
Wandweerstandsmoment	$W_w = d_n^2 / 6$	= 86,64	mm ³ /mm ¹
Oppervlakte leiding	$A = \pi \cdot (D_e^2 - D_i^2) / 4$	= 16.273,95	mm ²
Gewicht leiding	$g = \rho_L \cdot A$	= 0,1554	N/mm ¹

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

	<i>Leiding op rollenbaan/maaiveld</i>		<i>Leiding in boorgat</i>	
Gewicht mediumleiding	g	= 0,1554 N/mm ¹	g	= 0,1554 N/mm ¹
Gewicht vulling	g _{vul}	= 0,328 N/mm ¹ +	g _{vul}	= 0,328 N/mm ¹ +
Totaal gewicht	g _{rol}	= 0,4834 N/mm ¹	g _{gat}	= 0,4834 N/mm ¹

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

Trekkraft T ₁ tijdens verschillende stadia [N]	L [m]	T ₁ [N]
Starten met trekken	254,35	22.132
Na intrekken van L ₅	223,36	19.436
Na intrekken van L ₅ + L ₄	144,82	12.602
Na intrekken van L ₅ + L ₄ + L ₃	106,82	9.295
Na intrekken van L ₅ + L ₄ + L ₃ + L ₂	28,28	2.461

$$T_1 = f \cdot L \cdot g_{rol} \cdot f_1 = 1,8 \cdot L \cdot 0,4834 \cdot 0,1$$

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

Spanningen σ_t tijdens verschillende stadia [N/mm ²]	T ₁ [N]	σ_t [N/mm ²]
Starten met trekken	22.132	1,36
Na intrekken van L ₅	19.436	1,19
Na intrekken van L ₅ + L ₄	12.602	0,77
Na intrekken van L ₅ + L ₄ + L ₃	9.295	0,57
Na intrekken van L ₅ + L ₄ + L ₃ + L ₂	2.461	0,15

$$\sigma_t = \frac{T_1}{A} = \frac{T_1}{16.273,95}$$

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

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

$$M_b = 1,1 \cdot 1.100 \cdot \frac{106.064.835}{100.000} = 1.283.384,50 \text{ Nmm}$$

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

$$\sigma_b = \frac{1.283.384,50}{848.519} = 1,51 \text{ N/mm}^2$$

4.4 Totalisatie van de optredende spanningen op rollenbaan/maaiveld

Spanningen σ_a tijdens verschillende stadia [N/mm ²]	σ_t [N/mm ²]	σ_a [N/mm ²]
Starten met trekken	1,36	2,34
Na intrekken van L ₅	1,19	2,18
Na intrekken van L ₅ + L ₄	0,77	1,76
Na intrekken van L ₅ + L ₄ + L ₃	0,57	1,55
Na intrekken van L ₅ + L ₄ + L ₃ + L ₂	0,15	1,13

$$\sigma_a = \alpha_{\sigma} \cdot \sigma_b + \sigma_t = 0,65 \cdot 1,51 + \sigma_t$$

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

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

Aantal buizen in de bundel $n = 4$

De bundelbuizen worden niet gekoppeld $\rightarrow f_b = 1/n^{0,3} = 0,660$

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

66,0% van de omtrek van de leiding komt in aanraking met bentoniet.

Hieruit volgt: $D_{e,omtrek} = 518,17 \text{ mm}^1$

Gewicht van de leiding (+vulling) in het boorgat $g_{gat} = 0,483 \text{ N/mm}^1$

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

Gelet hierop is $g_{eff} = |g_{gat} - g_{opw}| = 0,0811 \text{ N/mm}^1$

Trekkracht T_2 en T_{3a} tijdens verschillende stadia [N]	L [m]	T_2 [N]	T_{3a} [N]
Na intrekken van L_5	30,99	2.350	-
Na intrekken van $L_5 + L_4$	109,53	-	8.305
Na intrekken van $L_5 + L_4 + L_3$	147,53	11.187	-
Na intrekken van $L_5 + L_4 + L_3 + L_2$	226,07	-	17.142
Geheel ingetrokken	254,35	19.287	-

Rechte delen: $T_2 = f \cdot L \cdot (D_{e,omtr} \cdot f_2 + g_{eff} \cdot f_3) = 1,8 \cdot L \cdot (518,17 \cdot 0,00005 + 0,0811 \cdot 0,2)$

Gebogen delen: $T_{3a} = f \cdot L_B \cdot (D_{e,omtr} \cdot f_2 + g_{eff} \cdot f_3) = 1,8 \cdot L \cdot (518,17 \cdot 0,00005 + 0,0811 \cdot 0,2)$

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

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

$$\lambda = \sqrt[4]{\frac{250,00 \cdot 0,0490}{4 \cdot 1.100 \cdot 106.064.835,12}} = 0,0023 \text{ mm}^{-1}$$

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

$$Q_{r1} = \frac{0,322 \cdot 0,0023^2 \cdot 1.100 \cdot 106.064.835,12}{250,00 \cdot 0,9 \cdot 300.000} = 0,0029 \text{ N/mm}^2$$

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

$$T_{3b} = 1,8 \cdot 4 \cdot \frac{0,0029}{2} \cdot 250,00 \cdot \frac{\pi}{0,0023} \cdot 0,2 = 712,39 \text{ N}$$

5.2.2 Opgaande bocht

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

$$\lambda = \sqrt[4]{\frac{250,00 \cdot 0,0490}{4 \cdot 1.100 \cdot 106.064.835,12}} = 0,0023 \text{ mm}^{-1}$$

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

$$Q_{r2} = \frac{0,322 \cdot 0,0023^2 \cdot 1.100 \cdot 106.064.835,12}{250,00 \cdot 0,9 \cdot 300.000} = 0,0029 \text{ N/mm}^2$$

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

$$T_{3b} = 1,8 \cdot 4 \cdot \frac{0,0029}{2} \cdot 250,00 \cdot \frac{\pi}{0,0023} \cdot 0,2 = 712,39 \text{ N}$$

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

Trekkraft T_{bocht} tijdens verschillende stadia [N]	T_1 [N] (f = 1)	T_2 / T_{3a} [N] (f = 1)	$T_{3b,neer}$ [N] (f = 1)	$T_{3b,op}$ [N] (f = 1)	T_{bocht} [N]
Neergaande bocht	7.001	4.614	396	-	12.011
Opgaande bocht	1.367	9.523	396	396	11.682

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

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

Trekkraft T_{3c} tijdens verschillende stadia [N]	α [°]	T_{bocht} [N]	T_{3c} [N]
Neergaande bocht	7,50	12.011	1.129
Opgaande bocht	7,50	11.682	1.098

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

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

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

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

5.4 Totalisatie van de trekkrachten in fase II

Trekkraft T_{tot} tijdens verschillende stadia [N]	T_1 [N]	T_2 / T_{3a} [N]	$T_{3b,neer}$ [N]	$T_{3c,neer}$ [N]	$T_{3b,op}$ [N]	$T_{3c,op}$ [N]	T_{tot} [N]
Na intrekken van L_5	19.436	2.350	-	-	-	-	21.786
Na intrekken van $L_5 + L_4$	12.602	8.305	712	1.129	-	-	22.748
Na intrekken van $L_5 + L_4 + L_3$	9.295	11.187	712	1.129	-	-	22.323
Na intrekken van $L_5 + L_4 + L_3 + L_2$	2.461	17.142	712	1.129	712	1.098	23.254
Geheel ingetrokken	0	19.287	712	1.129	712	1.098	22.938

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

5.5 Karakteristieke waarden van de benodigde trekkrachten in fase II

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

Trekkracht T_{tot} tijdens verschillende stadia [N]	T_1 [N]	T_2 / T_{3a} [N]	$T_{3b,neer}$ [N]	$T_{3c,neer}$ [N]	$T_{3b,op}$ [N]	$T_{3c,op}$ [N]	T_{tot} [N]
Na intrekken van L_5	10.798	1.305	-	-	-	-	12.103
Na intrekken van $L_5 + L_4$	7.001	4.614	396	627	-	-	12.638
Na intrekken van $L_5 + L_4 + L_3$	5.164	6.215	396	627	-	-	12.402
Na intrekken van $L_5 + L_4 + L_3 + L_2$	1.367	9.523	396	627	396	610	12.919
Geheel ingetrokken	0	10.715	396	627	396	610	12.743

De maximale karakteristieke waarde voor de benodigde trekkracht bedraagt **12.919 N** ($\approx 1,3$ ton).

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

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

Spanningen σ_t tijdens verschillende stadia [N/mm ²]	T_{tot} [N]	σ_t [N/mm ²]
Na intrekken van L_5	21.786	1,34
Na intrekken van $L_5 + L_4$	22.748	1,40
Na intrekken van $L_5 + L_4 + L_3$	22.323	1,37
Na intrekken van $L_5 + L_4 + L_3 + L_2$	23.254	1,43
Geheel ingetrokken	22.938	1,41

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

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

5.7.1 Neergaande bocht

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

$$M_b = 1,4 \cdot 1.100 \cdot \frac{106.064.835,12}{0,9 \cdot 300.000} = 604.962,39 \text{ Nmm}$$

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

$$\sigma_b = \frac{604.962,39}{848.518,68} = 0,71 \text{ N/mm}^2$$

5.7.2 Opgaande bocht

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

$$M_b = 1,4 \cdot 1.100 \cdot \frac{106.064.835,12}{0,9 \cdot 300.000} = 604.962,39 \text{ Nmm}$$

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

$$\sigma_b = \frac{604.962,39}{848.518,68} = 0,71 \text{ N/mm}^2$$

5.8 Totalisatie van de spanningen in het boorgat tijdens de trekoperatie

Spanningen σ_a tijdens verschillende stadia [N/mm ²]	T_{tot} [N]	σ_t [N/mm ²]	σ_b [N/mm ²]	σ_a [N/mm ²]
Na intrekken van L ₅	21.786	1,34	-	1,34
Na intrekken van L ₅ + L ₄	22.748	1,40	0,71	1,86
Na intrekken van L ₅ + L ₄ + L ₃	22.323	1,37	-	1,37
Na intrekken van L ₅ + L ₄ + L ₃ + L ₂	23.254	1,43	0,71	1,89
Geheel ingetrokken	22.938	1,41	-	1,41

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

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

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

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

$$D_g/d_n = 227,20/22,80 = 9,96 \rightarrow D_g/d_n \leq 20 \rightarrow \text{Dikwandige leiding}$$

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

$$\sigma_p = \frac{125,00^2 + 102,20^2}{125,00^2 - 102,20^2} \cdot 0 = 0,00 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{y1} = \sigma_p = 0,00 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{pl} = \nu \cdot \sigma_p = 0,4 \cdot 0,00 = 0,00 \text{ N/mm}^2$$

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

6.2 Berekening reroundingfactor f_{rr}

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

$$f_{rr} = 1 / \left(1 + \frac{2 \cdot 0 \cdot 113,6^3 \cdot 0,143}{1100 \cdot 987,70} \right) = 1,00$$

6.3.1 Berekening van de neutrale grondbelasting Q_n

Locatie	Dekking t.o.v. maaiveld [m]	G.W.S. t.o.v. maaiveld [m]	Grondsoort	q_{droog} [kN/m ²]	q_{nat} [kN/m ²]	q_n [kN/m ²]	Q_n [N/mm ¹]
1e rechte deel	6,60	4,60	Zand	98,72	26,20	124,92	31,23
Neergaande bocht	18,50	1,15	Zand	24,73	227,29	252,02	63,00
2e rechte deel	19,30	1,15	Zand	23,31	237,77	261,08	65,27
Opgaande bocht	19,90	1,15	Zand	23,31	245,63	268,94	67,23
3e rechte deel	9,10	0,95	Zand	15,47	104,43	119,90	29,98

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

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

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

$$Q_n = q_n \cdot D_o = (1,1 \cdot \gamma_d \cdot H_d + 1,1 \cdot \gamma_n \cdot H_n - \gamma_w \cdot H_w) \cdot 250$$

6.3.2 Berekening van de gereduceerde neutrale grondbelasting Q_{nr}

Locatie	h [m]	GWS [m]	γ' [kN/m ³]
Neergaande bocht	18,50	1,15	13,62
2e rechte deel	19,30	1,15	13,53
Opgaande bocht	19,90	1,15	13,51

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

Locatie	Gereduceerde grondbelasting	B_1 [m]	$8 \cdot B_1$ [m]	$q_{n,r}$ [kN/m ²]	$Q_{n,r}$ [N/mm ¹]
Neergaande bocht	Homogeen (zand)	0,39	3,12	17,79 ⁽¹⁾	4,45
2e rechte deel	Homogeen (zand)	0,39	3,12	17,67 ⁽¹⁾	4,42
Opgaande bocht	Homogeen (zand)	0,39	3,12	17,65 ⁽¹⁾	4,41

$$R = \frac{D_{gr}}{2} = \frac{780}{2} = 390 \text{ mm}$$

$$B_1 = 1/2 \cdot D_o + D_o \cdot \tan(45^\circ - 1/2 \cdot \varphi) \geq R$$

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

Indien gereduceerde grondbelasting volgens berekeningswijze 'Homogeen (zand)': ($h \geq 8 \cdot B_1$):

$$q_{n,r1} = \frac{B_1 \cdot (\gamma' - c/B_1)}{K \cdot \tan(\varphi)} \cdot \left(1 - e^{-\frac{K \cdot h \cdot \tan \varphi}{B_1}}\right) \quad (1)$$

$$Q_{n,r} = q_{n,r} \cdot D_o = q_{n,r} \cdot 250$$

6.3.3 Overzicht berekende (gereduceerde) neutrale gronddrukken

Locatie	q_n [kN/m ²]	Q_n [N/mm ¹]	$q_{n,r}$ [kN/m ²]	$Q_{n,r}$ [N/mm ¹]
1e rechte deel	124,92	31,23	-	-
Neergaande bocht	252,02	63,00	17,79	4,45
2e rechte deel	261,08	65,27	17,67	4,42
Opgaande bocht	268,94	67,23	17,65	4,41
3e rechte deel	119,90	29,98	-	-

6.4 Berekening van de verkeersbelasting Q_v

Locatie	Dekking t.o.v. maaiveld [m]	Verkeersbelasting	q_v [kN/m ²]	Q_v [N/mm ¹]
1e rechte deel	6,60	Geen	0,00	0,00
Neergaande bocht	18,50	Geen	0,00	0,00
2e rechte deel	19,30	Grafiek I	1,40	0,35
Opgaande bocht	19,90	Grafiek I	1,33	0,33
3e rechte deel	9,10	Geen	0,00	0,00

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

6.5 Momenten en spanningen t.g.v. bovenbelastingen

Locatie	Q_n [N/mm ¹]	$Q_{n,r}$ [N/mm ¹]	Q_v [N/mm ¹]	Q_{boven} [N/mm ¹]	M_q [Nmm]	σ_q [N/mm ²]
1e rechte deel	31,23	-	0,00	31,23	911,77 ⁽¹⁾	10,52
Neergaande bocht	63,00	4,45	0,00	4,45	129,87 ⁽²⁾	1,50
2e rechte deel	65,27	4,42	0,35	4,77	139,19 ⁽²⁾	1,61
Opgaande bocht	67,23	4,41	0,33	4,74	138,51 ⁽²⁾	1,60
3e rechte deel	29,98	-	0,00	29,98	875,13 ⁽¹⁾	10,10

$$M_q = K_b \cdot (Q_n + Q_v) \cdot r_g = 0,257 \cdot (Q_n + Q_v) \cdot 113,60 \quad (1)$$

$$M_q = K_b \cdot (Q_{n,r} + Q_v) \cdot r_g = 0,257 \cdot (Q_{n,r} + Q_v) \cdot 113,60 \quad (2)$$

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

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

6.6.1 Neergaande bocht

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

$$\sigma_{qr} = 0,179 \cdot 0,0029 \cdot 250,00 \cdot \frac{125,00}{86,64} = 0,18 \text{ N/mm}^2$$

6.6.2 Opgaande bocht

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

$$\sigma_{qr} = 0,179 \cdot 0,0029 \cdot 250,00 \cdot \frac{125,00}{86,64} = 0,18 \text{ N/mm}^2$$

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

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

$$\sigma_{ax} = 30 \cdot 0,0002 \cdot 1100 = 6,60 \text{ N/mm}^2$$

7. Toetsing op minimale ringstijfheid S_N

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

$$S_N = 1100 \cdot \frac{987,70}{227,2^3} = 0,0926 \text{ N/mm}^2 = 92,64 \text{ kN/m}^2$$

Minimaal vereiste ringstijfheid = 2 kN/m²

8. Toetsing op implosie: berekening van de alzijdige overdruk

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

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

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

$$p_{o,kort} = \frac{1}{1,5 \cdot (1 - 0,4^2)} \cdot \frac{24 \cdot 1.100,00 \cdot 987,70}{227,20^3} = 1,76 \text{ N/mm}^2$$

$$p_{o,lang} = \frac{1}{3 \cdot (1 - 0,4^2)} \cdot \frac{24 \cdot 200,00 \cdot 987,70}{227,20^3} = 0,16 \text{ N/mm}^2$$

Conclusie: Kans op implosie bij 16,04 m grondwater boven de leiding

9. Berekening van het totaal aan optredende spanningen

9.1 Optredende spanningen in omtreksrichting van de leiding

Locatie	σ_q [N/mm ²]	σ_{qr} [N/mm ²]	α_σ [-]	σ_{y2} [N/mm ²]
1e rechte deel	10,52	-	0,65	6,84
Neergaande bocht	1,50	0,18	0,65	1,09
2e rechte deel	1,61	-	0,65	1,04
Opgaande bocht	1,60	0,18	0,65	1,16
3e rechte deel	10,10	-	0,65	6,57

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

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

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

9.2 Optredende spanningen in langsrichting van de leiding

Locatie	σ_{pl} [N/mm ²]	σ_{ax} [N/mm ²]	σ_b [N/mm ²]	α_{σ} [-]	σ_x [N/mm ²]
1e rechte deel	0,00	6,60	-	-	6,60
Neergaande bocht	0,00	6,60	0,71	0,65	7,06
2e rechte deel	0,00	6,60	-	-	6,60
Opgaande bocht	0,00	6,60	0,71	0,65	7,06
3e rechte deel	0,00	6,60	-	-	6,60

Rechte delen: $\sigma_x = \sigma_{pl} + \sigma_{ax}$ Bochten: $\sigma_x = \sigma_{pl} + \alpha_A \cdot \sigma_b + \sigma_{ax}$ Toelaatbare spanning: $\sigma_{td} = \bar{\sigma}_t = 8,00$ N/mm²

10. Berekening van de optredende en toelaatbare deflectie

Locatie	Q_n [N/mm ¹]	$Q_{n,r}$ [N/mm ¹]	Q_v [N/mm ¹]	Q_r [N/mm ²]	δ_Y [mm]	δ_Y/D_g [%]
1e rechte deel	31,23	-	0,00	-	11,24⁽¹⁾	4,95
Neergaande bocht	63,00	4,45	0,00	0,0029	2,09⁽²⁾	0,71
2e rechte deel	65,27	4,42	0,35	-	2,16⁽²⁾	0,73
Opgaande bocht	67,23	4,41	0,33	0,0029	2,15⁽²⁾	0,73
3e rechte deel	29,98	-	0,00	-	10,79⁽¹⁾	4,75

$$\delta_Y = \frac{(0,089 \cdot Q - 0,095 \cdot Q_{n,h} + 0,048 \cdot Q_r) \cdot r_g^3}{E' \cdot I_w} \quad (1)$$

$$\delta_Y = \frac{(0,089 \cdot (Q_n + \frac{1}{2} \cdot Q_v) - 0,095 \cdot (1 - \sin \varphi) \cdot (Q_n + \frac{1}{2} \cdot Q_v) + 0,048 \cdot Q_r) \cdot 113,60^3}{200 \cdot 987,70}$$

$$\delta_Y = \frac{(0,089 \cdot Q - 0,095 \cdot Q_{n,r} + 0,048 \cdot Q_r) \cdot r_g^3}{E' \cdot I_w} \quad (2)$$

$$\delta_Y = \frac{(0,089 \cdot (Q_{n,r} + \frac{1}{2} \cdot Q_v) - 0,095 \cdot \frac{(1 - \sin \varphi)}{(1 + \sin \varphi)} \cdot (Q_{n,r} + \frac{1}{2} \cdot Q_v) + 0,048 \cdot Q_r) \cdot 113,60^3}{200 \cdot 987,70}$$

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

11. Berekening van de boorspoeldrukken

Locatie	H [m]	σ_{vert} [kN/m ²]	σ_{hor} [kN/m ²]	σ_o' [kN/m ²]	p'_f [kN/m ²]	E_{100} [MN/m ²]
1e rechte deel	6,60	99,77	42,54	71,16	111,97	83,83
Neergaande bocht	18,50	178,17	75,97	127,07	199,95	119,06
2e rechte deel	19,30	184,27	78,58	131,42	206,80	121,18
Opgaande bocht	19,90	189,72	80,90	135,31	212,92	123,00
3e rechte deel	9,10	84,95	36,22	60,58	95,33	82,12

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

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

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

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

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

Locatie	G [MN/m ²]	Q [-]	u [N/mm ²]	v [-]	p_{lim} [N/mm ²]	90% p_{lim} [bar] 1
1e rechte deel	43,31	0,00094	0,0200	0,2989	1,44	12,95
Neergaande bocht	61,51	0,0012	0,1735	0,2989	2,50	22,54
2e rechte deel	62,61	0,0012	0,1815	0,2989	2,58	23,21
Opgaande bocht	63,55	0,0012	0,1875	0,2989	2,64	23,78
3e rechte deel	42,43	0,00082	0,0815	0,2989	1,35	12,18

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

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

$$u = \gamma_w \cdot H_n$$

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

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

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

11.1 Tijdens pilot

Locatie	$R_{p,max}$ [m]	Δh_{in} [m]	p_{max} [N/mm ²]	p_{max} [bar] 2	p_{min} [N/mm ²]	p_{min} [bar] 3
1e rechte deel	0,88	7,32	0,61	6,12	0,09	0,91
Neergaande bocht	0,78	17,54	1,15	11,46	0,23	2,28
2e rechte deel	0,77	17,54	1,18	11,82	0,23	2,33
Opgaande bocht	0,77	17,54	1,21	12,12	0,24	2,37
3e rechte deel	0,94	7,32	0,61	6,12	0,14	1,39

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

$$R_o = \frac{D_p}{2} = \frac{170}{2} = 85 \text{ mm}$$

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

$$v_{m,p} = \frac{Q_{m,p}}{A_p} = \frac{100}{1/4 \cdot \pi \cdot (D_p^2 - D_b^2)} = \frac{100}{1/4 \cdot \pi \cdot (170^2 - 114^2)} = 0,133 \text{ m/s}$$

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

11.2 Tijdens ruimgang

Locatie	$R_{p,max}$ [m]	Δh_{uit} [m]	p_{max} [N/mm ²]	p_{max} [bar] 4	p_{min} [N/mm ²]	p_{min} [bar] 5
3e rechte deel	4,31	8,02	0,61	6,12	0,09 ⁽¹⁾	0,93
Opgaande bocht	3,53	18,24	1,21	12,12	0,21 ⁽¹⁾	2,12
2e rechte deel	3,55	18,24	1,18	11,82	0,21 ⁽¹⁾	2,12
Neergaande bocht	3,58	18,24	1,15	11,46	0,21 ⁽¹⁾	2,13
1e rechte deel	3,30	8,02	0,54	5,39	0,09 ⁽²⁾	0,92

$$R_o = \frac{D_{g,r}}{2} = \frac{780}{2} = 390 \text{ mm}$$

$$v_{m,r,uit} = \frac{Q_{m,r}}{A_r} = \frac{500,0}{1/4 \cdot \pi \cdot (D_{g,r}^2 - D_b^2)} = \frac{500,0}{1/4 \cdot \pi \cdot (780^2 - 114^2)} = 0,018 \text{ m/s}$$

$$v_{m,r,in} = \frac{Q_{m,r}}{A_p} = \frac{500,0}{1/4 \cdot \pi \cdot (D_p^2 - D_b^2)} = \frac{500,0}{1/4 \cdot \pi \cdot (170^2 - 114^2)} = 0,667 \text{ m/s}$$

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

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

11.3 Tijdens intrekken

Locatie	$R_{p,max}$ [m]	Δh_{uit} [m]	p_{max} [N/mm ²]	p_{max} [bar] 6	p_{min} [N/mm ²]	p_{min} [bar] 7
3e rechte deel	4,31	8,02	0,61	6,12	0,09 ⁽²⁾	0,89
Opgaande bocht	3,53	18,24	1,21	12,12	0,20 ⁽²⁾	2,05
2e rechte deel	3,55	18,24	1,18	11,82	0,20 ⁽²⁾	2,04
Neergaande bocht	3,58	18,24	1,15	11,46	0,20 ⁽²⁾	2,04
1e rechte deel	3,30	8,02	0,54	5,39	0,08 ⁽²⁾	0,85

$$D_{eq} = \sqrt{\sum_{i=1}^n D_{0,i}^2} = 500 \text{ mm}$$

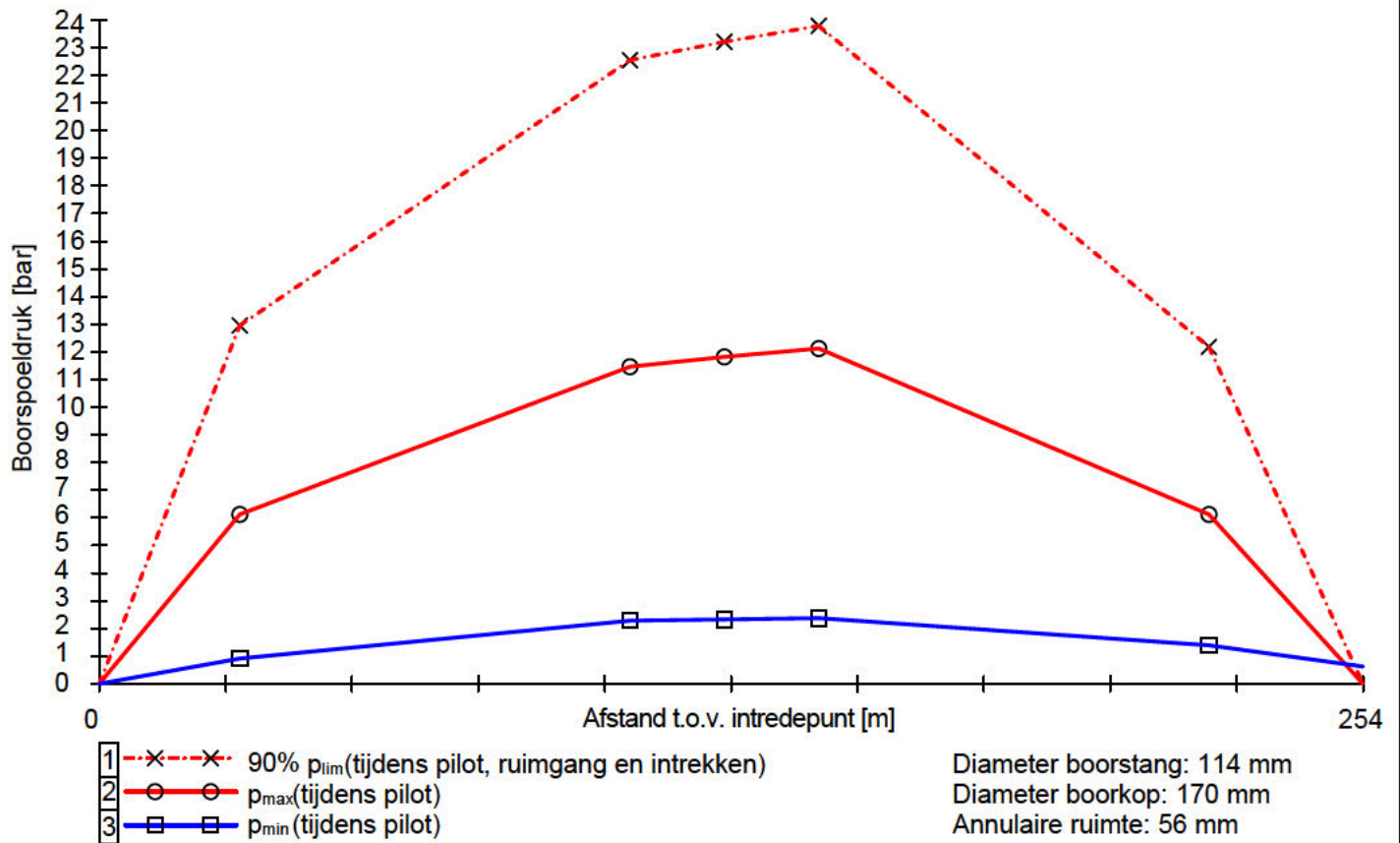
$$R_o = \frac{D_{g,r}}{2} = \frac{780}{2} = 390 \text{ mm}$$

$$v_{m,i,uit} = \frac{Q_{m,i}}{A_i} = \frac{300}{1/4 \cdot \pi \cdot (D_{g,r}^2 - D_{eq}^2)} = \frac{300}{1/4 \cdot \pi \cdot (780^2 - 500^2)} = 0,018 \text{ m/s}$$

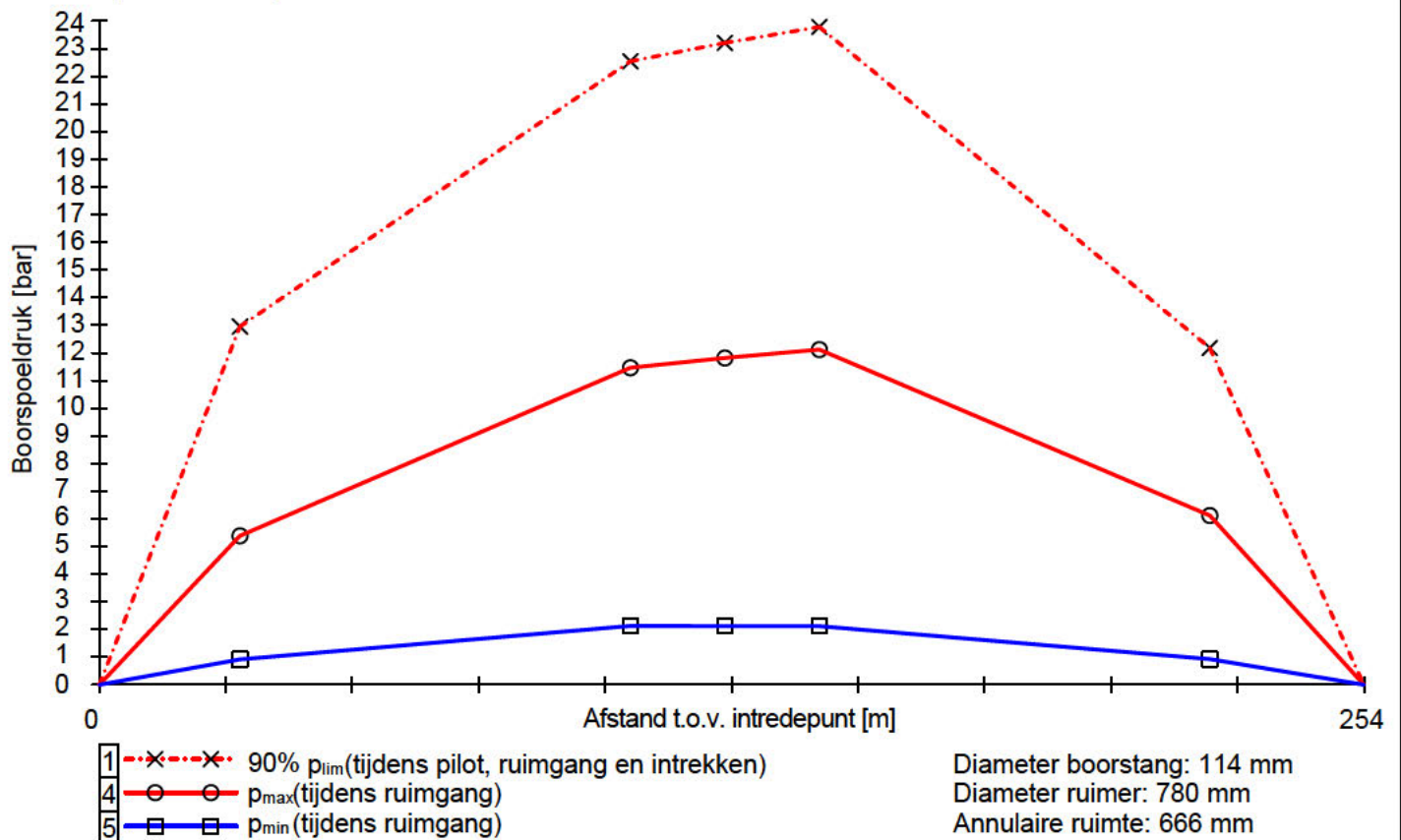
$$p_{min,uit} = \left(\frac{14580 \cdot \eta_i \cdot v_{m,i,uit}}{(D_{g,r} - D_{eq})^2} + \frac{\tau_{y,i}}{D_{g,r} - D_{eq}} \right) \cdot (L_{tot} - L) + \rho_{m,i} \cdot \Delta h_{uit} \quad (1)$$

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

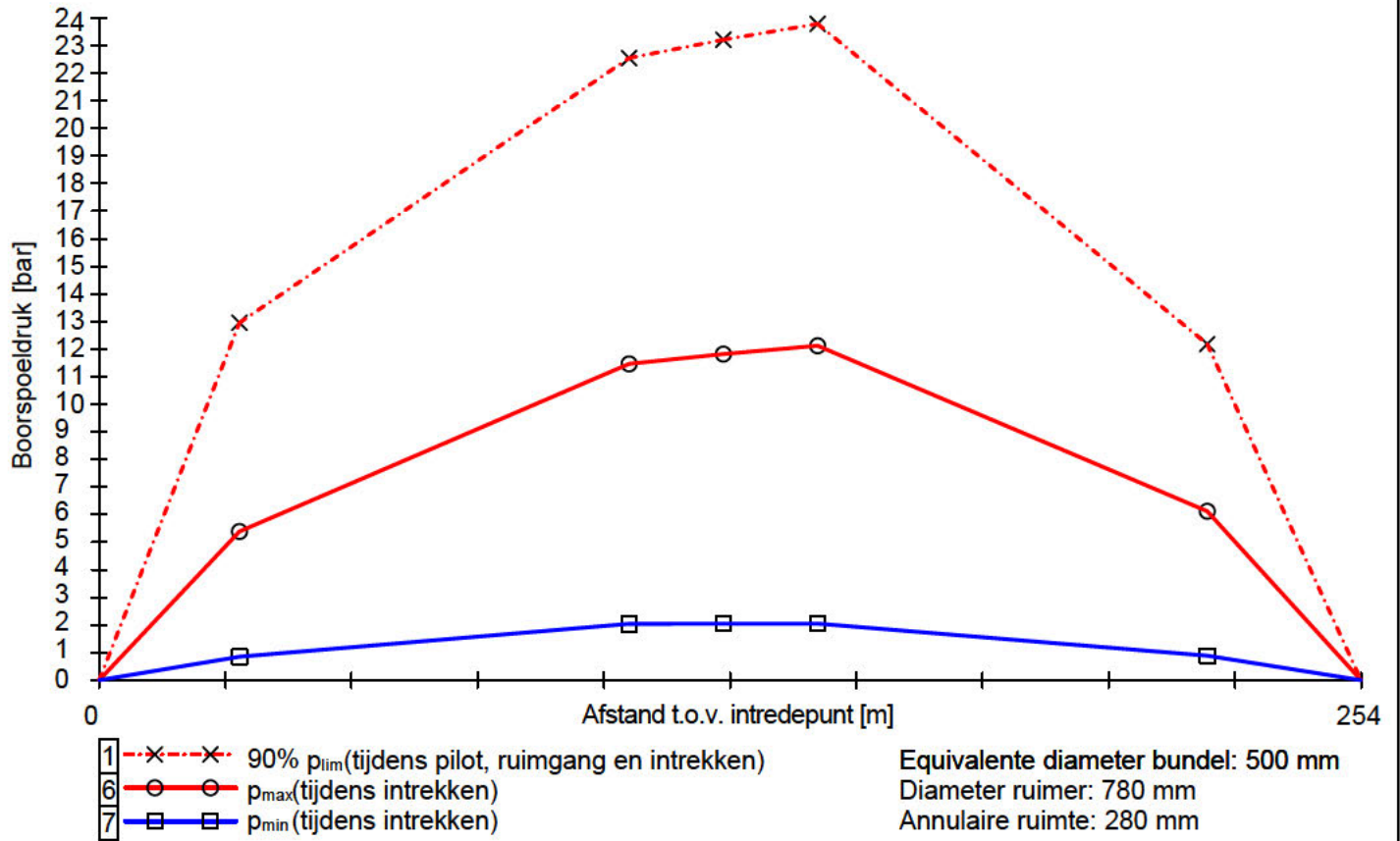
11.4 Boorspoeldrukken tijdens pilot



11.5 Boorspoeldrukken tijdens ruimen

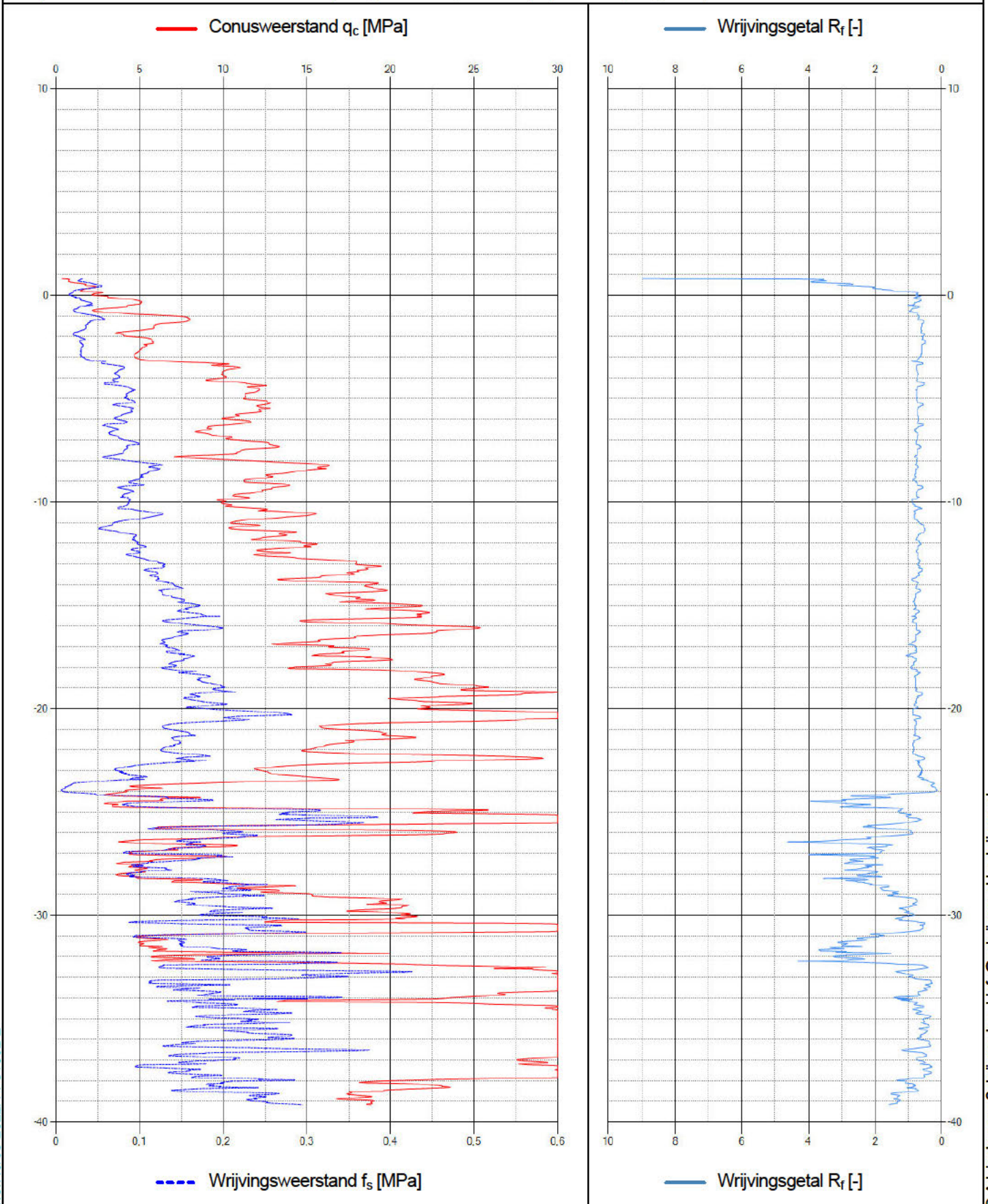


11.6 Boorspoeldrukken tijdens intrekken



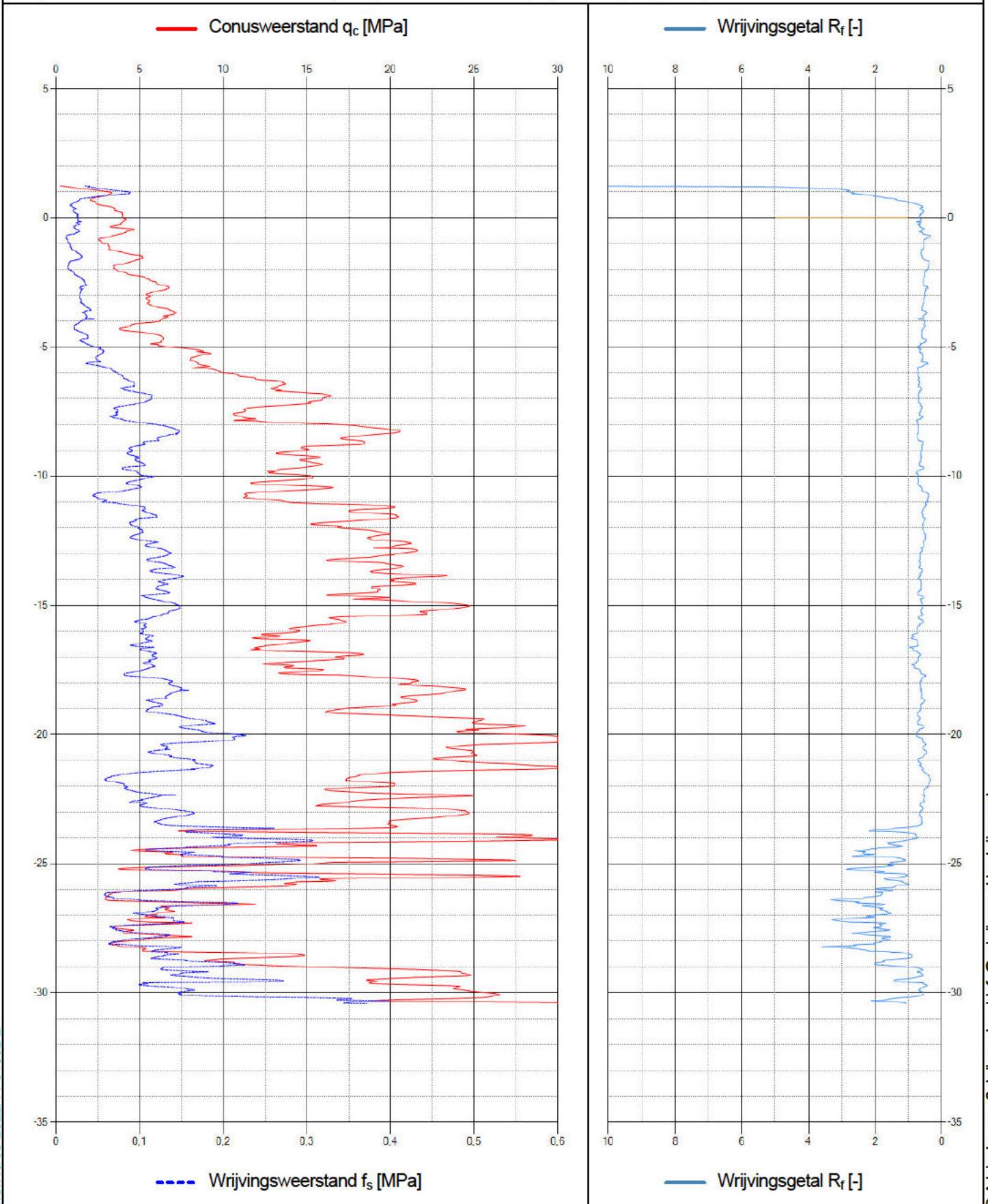
Naam van het project : TenneT Nederwiek 1

Projectonderdeel : HDDN22 Frankrijkweg Ø250mm, SDR 11 (blijvend 100pct gevuld)



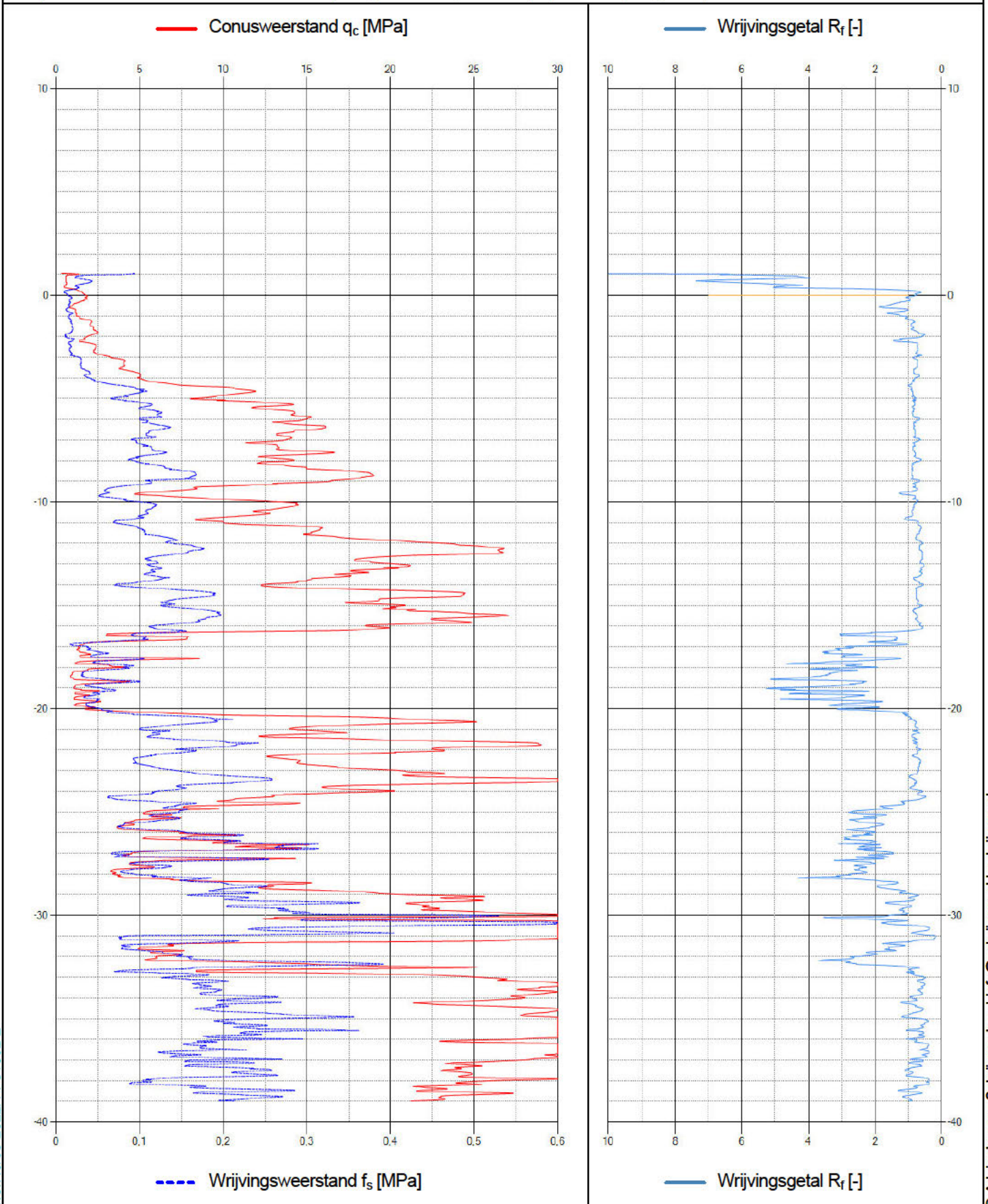
Naam van het project : TenneT Nederwiek 1

Projectonderdeel : HDDN22 Frankrijkweg Ø250mm, SDR 11 (blijvend 100pct gevuld)



Naam van het project : TenneT Nederwiek 1

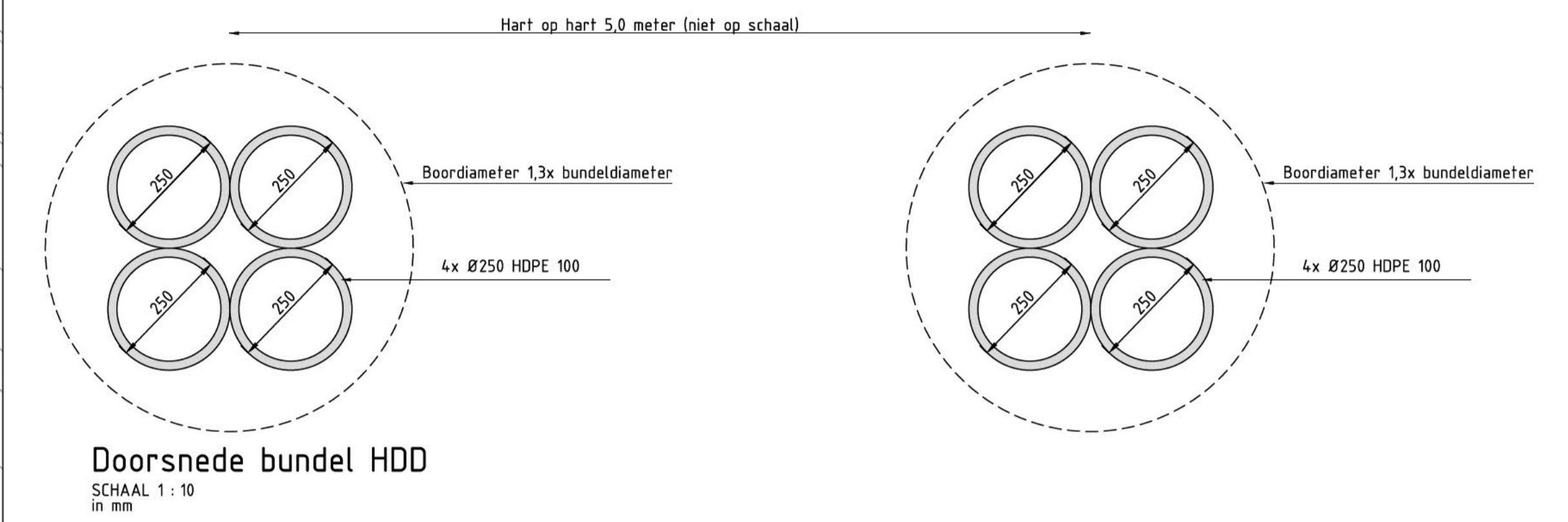
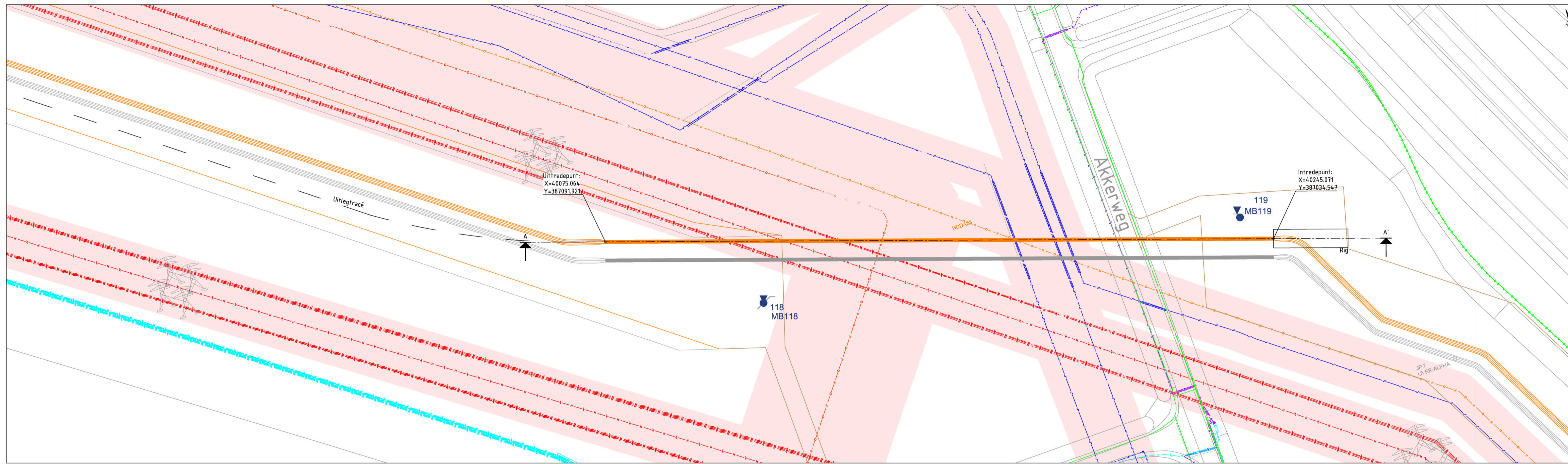
Projectonderdeel : HDDN22 Frankrijkweg Ø250mm, SDR 11 (blijvend 100pct gevuld)



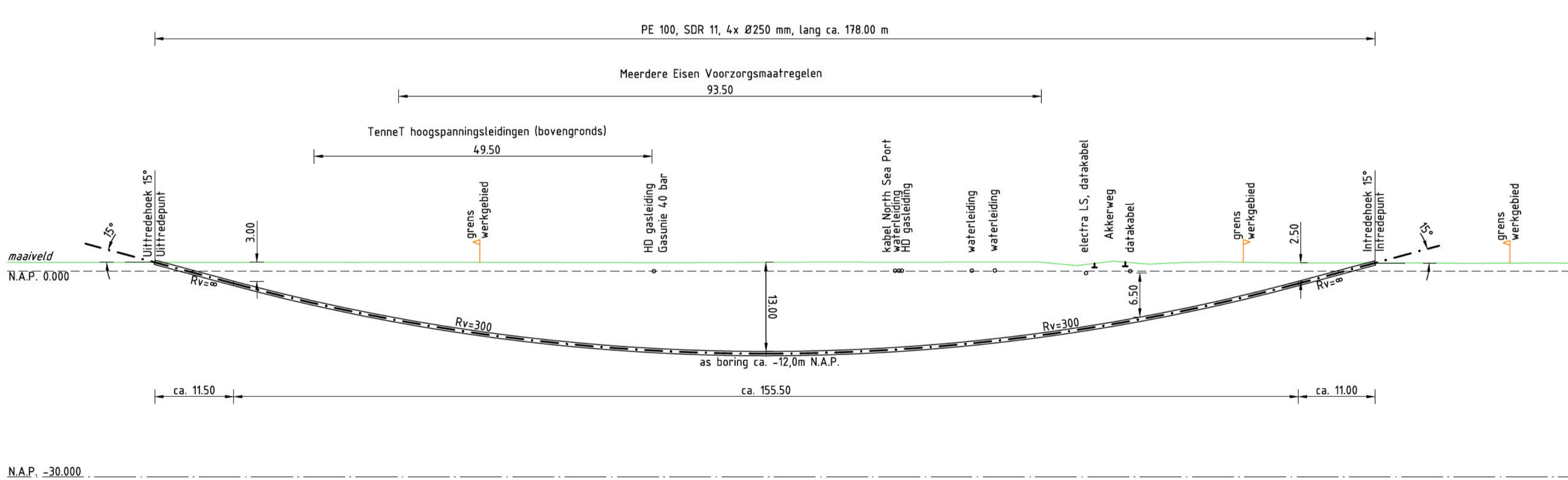
Net op Zee – Nederwiek 1

Aanvraag watervergunning Waterschap Scheldestromen

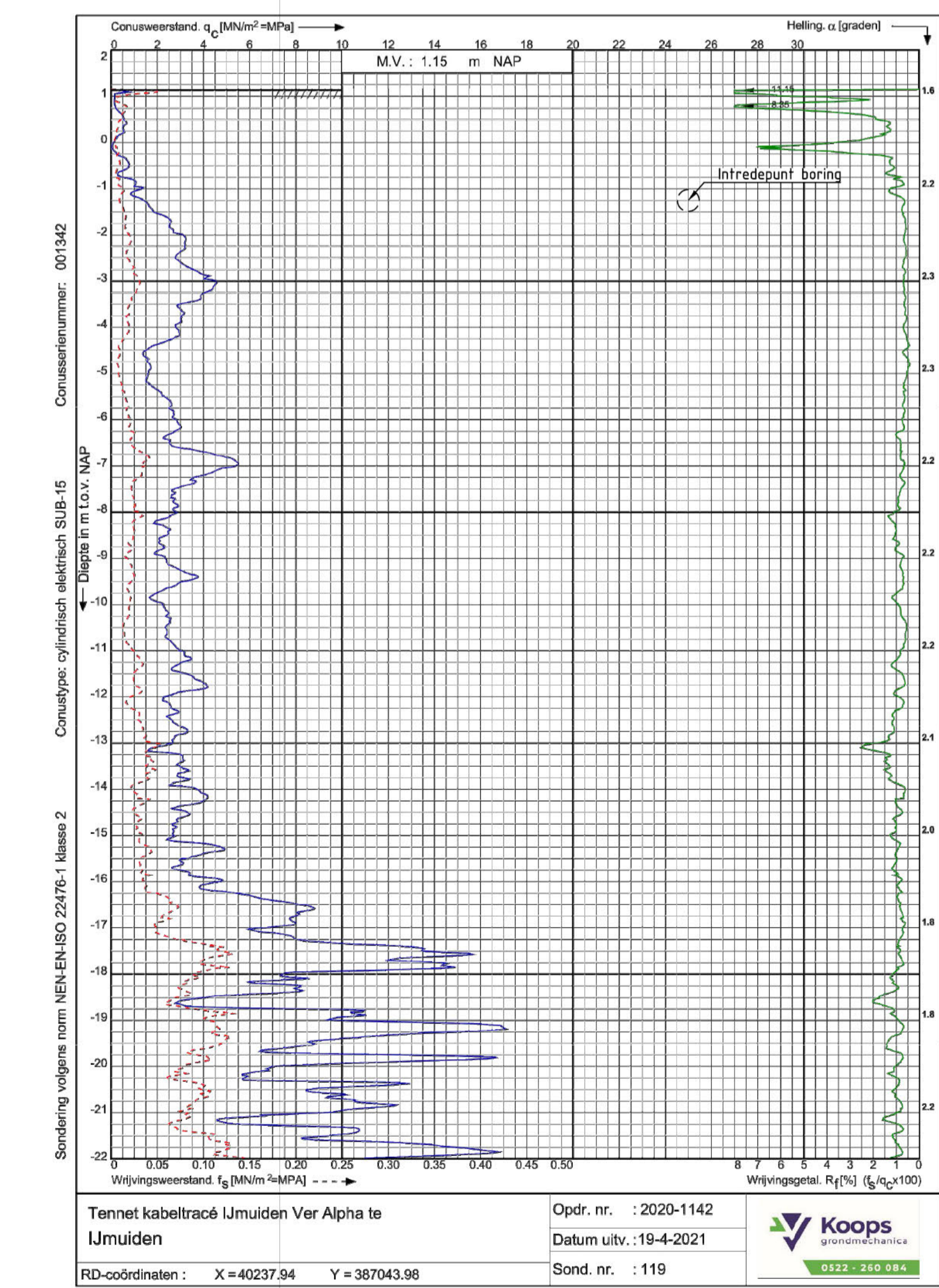
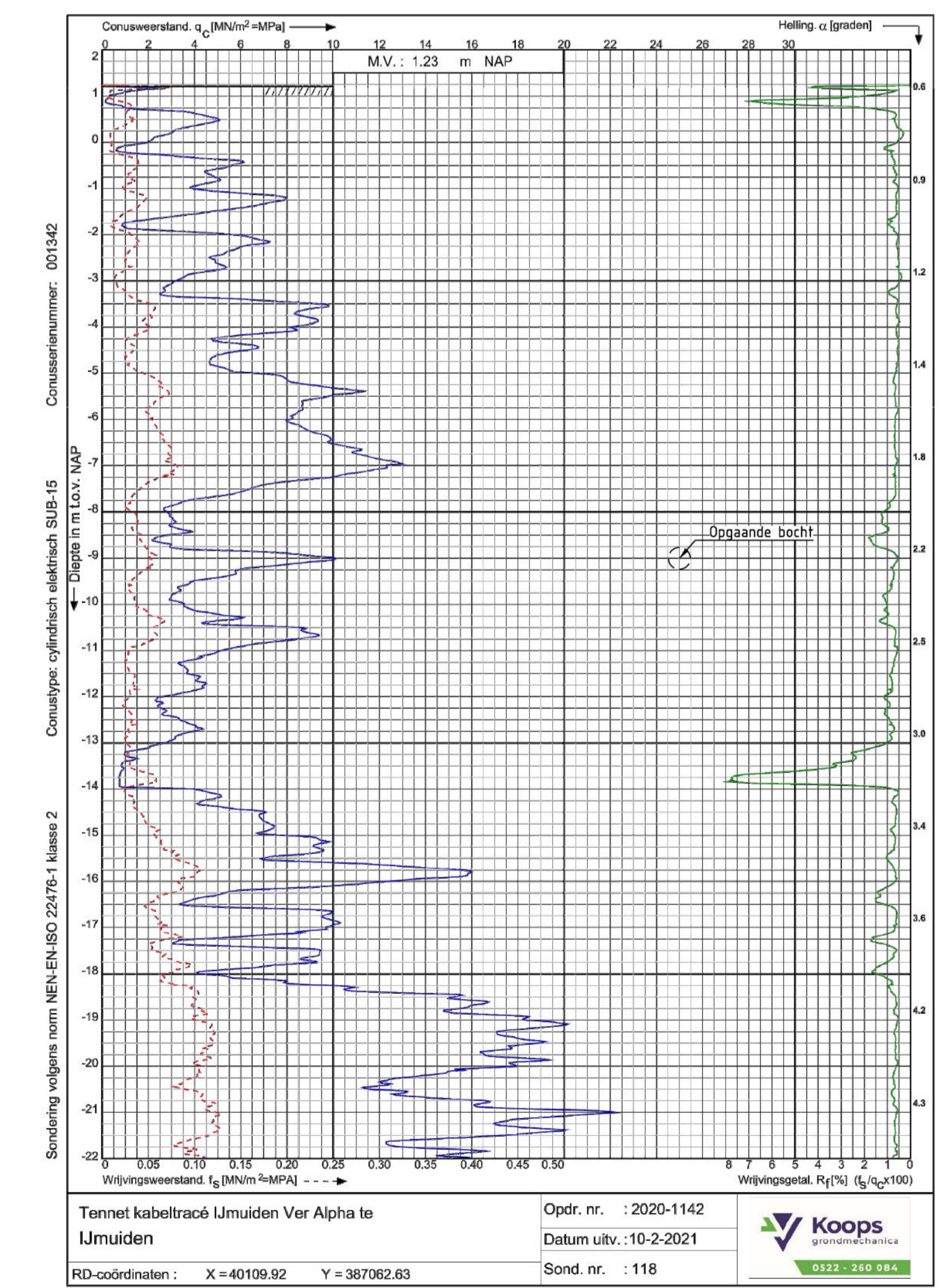
Bijlage 6g: Akkerweg



Overzicht inclusief uitlegtracé
SCHAAL 1:500



Lengte profiel boring Akkerweg (23) DWP A-A'
SCHAAL 1:500
(Lengte profiel gegenereerd uit de AHN3)



Legenda bestaande K&L

- Electra HS
- Electra MS
- HD galeiding
- Waterleiding
- Databel
- Sondering
- Grondboring
- Grens werkgelied

KLIC melding nr(s): 200111922

- Opmerkingen:**
- Bestaande kabels en leidingen zijn ingetekend aan de hand van KLIC meldingen)
 - Exacte locatie van de bestaande kabels en leidingen tijdens uitvoering bepalen door middel van proefsluven

Opmerkingen:

Alle maten in m, tenzij anders vermeld.
Alle hoogtematen in m, ten opzichte van N.A.P.

OPDRACHTGEVER:	GETEKEND:	DATUM:
ONTWERP: Tennet	BD	02-12-2022
PROJ.NR.:	SCHAAL: zie tek.	FORMAAT: A1 (594x1260)

PROJECT: **Net op Zee Nederwiek 1**

ONDERWERP: **Horizontaal gestuurde boring Akkerweg (23)**

HDDN23
TEKENING NR.: TTB-07870



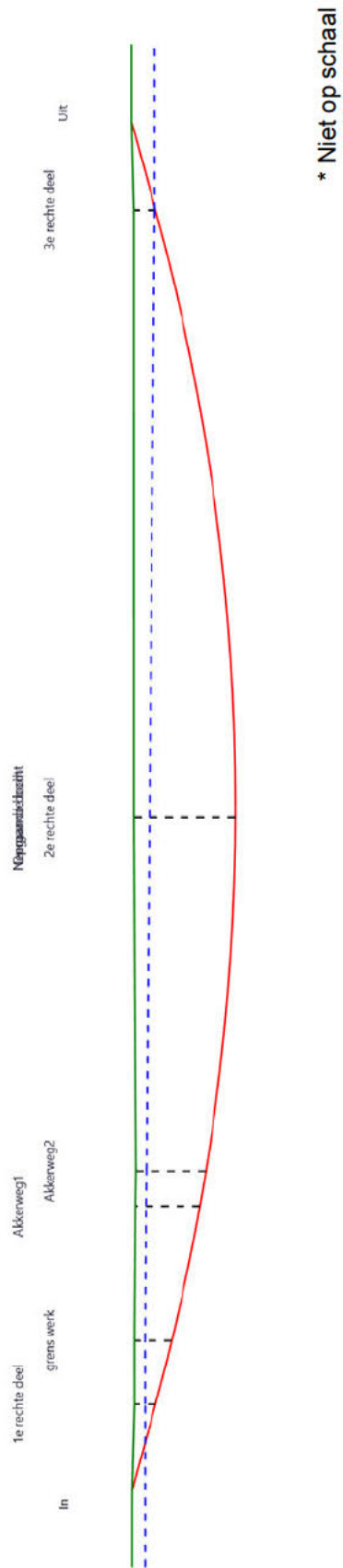
C:\Users\idm6864\ARCADIS\UUV A-B Boorplannen - Alpha\Werktekening Alpha-03

Sterkteberekening van een horizontaal gestuurde boring conform NEN 3650/3651:2020		Sigma 2022 1.3 ©	
Algemene gegevens			
Naam van het project	: TenneT Nederwiek 1		
Projectonderdeel	: HDDN23 Akkerweg Ø250mm, SDR 11 (100pct gevuld)		
Materiaalgegevens			
Materiaalsoort:	PE		
Kwaliteit:	PE 100 SDR 11		
Lange-duur treksterkte	MRS = 10		N/mm ²
Materiaalfactor	$\gamma_M = 1,25$		-
Toelaatbare langeduur spanning	$\bar{\sigma}_t = 8,00$		N/mm ²
Elasticiteitsmodulus korte duur	E = 1.100		N/mm ²
Elasticiteitsmodulus lange duur	E' = 200		N/mm ²
Lineaire uitzettingscoëfficiënt	$\alpha_g = 20,0 \cdot 10^{-5}$		mm/(mm·K)
Alfa Tangentieel / Alfa Axiaal	$\alpha_\sigma = 0,65$		-
Soortelijk gewicht buis	$\rho_L = 9,55$		kN/m ³
Toelaatbare deflectie	$\delta = 8,00$		%
Leidinggegevens			
Uitwendige middellijn	D _e = 250,00		mm
Wanddikte	d _n = 22,8		mm
Procesgegevens			
Soort leiding (Vloeistof / Gas / Drukloos)		= Vloeistof	
Ontwerpdruk	p _d = 0		N/mm ²
Volumieke massa medium	$\rho = 1000$		kg/m ³
Temperatuurverschil	$\Delta t = 30$		°
Uitvoeringsaspecten, tracé boring, in- en uittredehoeken			
Totale lengte	L = 180,59		m
Lengte 1e rechte deel	L ₁ = 11,60		m
Lengte neergaande bocht	L ₂ = 78,54		m
Lengte 2e rechte deel	L ₃ = 0,01		m
Lengte opgaande bocht	L ₄ = 78,54		m
Lengte 3e rechte deel	L ₅ = 11,90		m
Straal maaiveld/rollenbaan	R _r = 300,00		m
Straal neergaande bocht	R ₁ = 300,00		m
Straal opgaande bocht	R ₂ = 300,00		m
Intrede-hoek (bij boorstelling)	$\alpha_1 = 15,00 / 26,79$		° / %
Uittrede-hoek (bij rollenbaan)	$\alpha_2 = 15,00 / 26,79$		° / %
Belastinghoek	$\alpha = 30$		°
Ondersteuningshoek	$\beta = 30$		°
Horizontale steundrukhoek	$\gamma = 120$		°
Grondmechanisch onderzoek uitgevoerd	$\gamma = 1,1$		
<p>The diagram illustrates the layout of a horizontal borehole. It starts with a horizontal segment of length L₁ (11,60 m) at an entry angle α_1. This is followed by a downward curve with radius R₁ (300,00 m) and length L₂ (78,54 m). A very short horizontal segment L₃ (0,01 m) follows, then an upward curve with radius R₂ (300,00 m) and length L₄ (78,54 m). The borehole ends with a horizontal segment L₅ (11,90 m) at an exit angle α_2. The total length L is 180,59 m. A reference radius R_r (300,00 m) is also shown for the ground surface/rollenbaan.</p>			

Sterkteberekening van een horizontaal gestuurde boring conform NEN 3650/3651:2020					Sigma 2022 1.3 ©		
Uitvoeringsaspecten							
Diameter boorstang		D_b	= 114	mm			
<i>Tijdens pilot</i>							
Diameter boorkop/boorgat		D_p	= 170	mm			
Soortelijk gewicht boorvloeistof		$\rho_{m,p}$	= 11,5	kN/m ³			
Zwichtspanning boorvloeistof		$\tau_{y,p}$	= 13,4	Pa			
Plastische viscositeit boorvloeistof		η_p	= 0,009	Pa·s			
Debiet boorvloeistof		$Q_{m,p}$	= 100	l/min			
<i>Tijdens ruimgang</i>							
Boorstangen koppelen tijden ruimen							
Diameter ruimer/boorgat		$D_{g,r}$	= 780	mm			
Soortelijk gewicht boorvloeistof		$\rho_{m,r}$	= 11,5	kN/m ³			
Zwichtspanning boorvloeistof		$\tau_{y,r}$	= 13,4	Pa			
Plastische viscositeit boorvloeistof		η_r	= 0,009	Pa·s			
Debiet boorvloeistof		$Q_{m,r}$	= 500	l/min			
<i>Tijdens intrekken</i>							
Equivalente diameter bundel		D_{eq}	= 500	mm			
Soortelijk gewicht boorvloeistof		$\rho_{m,i}$	= 11,5	kN/m ³			
Zwichtspanning boorvloeistof		$\tau_{y,i}$	= 13,4	Pa			
Plastische viscositeit boorvloeistof		η_i	= 0,009	Pa·s			
Debiet boorvloeistof		$Q_{m,i}$	= 300	l/min			
Aantal buizen in de bundel		n	= 4				
De bundelbuizen worden niet gekoppeld							
Gewicht vulling/extra gewicht op rollenbaan		$g_{vul, r}$	= 0,328	N/mm ¹			
Gewicht vulling/extra gewicht tpv boorgang		$g_{vul, b}$	= 0,328	N/mm ¹			
Onzekerheids- en wrijvingsfactoren							
Totaalfactor bij boring met bundels		f	= 1,8				
Belastingfactor, bovengronds		$f_{k,b}$	= 1,1				
Belastingfactor, ondergronds		$f_{k,o}$	= 1,4				
Onzekerheidsfactor straal, ondergronds		$f_{r,o}$	= 0,9				
Wrijvingscoëff. met rollenbaan		f_1	= 0,1				
Wrijving tussen leiding/boorvloeistof		f_2	= 0,00005	N/mm ²			
Wrijving tussen leiding/boorgangwand		f_3	= 0,2				
Grondmechanische gegevens en verkeersbelasting							
Locatie	Afstand t.o.v. intredepunt [m]	Dekking t.o.v. maaiveld [m]	G.W.S. t.o.v. maaiveld [m]	Grondsoort	Volumiek gewicht droge grond [kN/m ³]	Volumiek gewicht natte grond [kN/m ³]	Wrijvingshoek grond [°]
1e rechte deel	11,60	2,70	1,35	Zand	15,61	20,08	35,00
grens werk	19,85	4,80	1,35	Zand	15,92	20,47	35,00
Akkerweg1	37,42	8,30	1,35	Zand	15,61	20,80	35,00
Akkerweg2	41,98	9,00	1,35	Zand	15,61	20,81	35,00
Neergaande bocht	88,68	13,00	2,00	Zand	16,30	20,80	32,50
2e rechte deel	88,69	13,00	2,00	Zand	18,81	20,78	35,00
Opgaande bocht	88,7	13,00	2,00	Zand	18,73	20,78	35,00
3e rechte deel	168,69	2,80	2,70	Zand	19,05	21,00	35,00
					01-12-2022 14:54:13		

Locatie	Gemiddelde verticale beddingconstante [N/mm ³]	Effectieve cohesie [kN/m ²]	E-modulus ondergrond [MN/m ²]	Verkeersbelasting
1e rechte deel	-	0,00	75,00	Geen
grens werk	0,0490	0,00	75,00	Grafiek 1/2 x II
Akkerweg1	0,0490	0,00	75,00	Grafiek I
Akkerweg2	0,0490	0,00	75,00	Grafiek I
Neergaande bocht	0,0490	0,00	45,00	Grafiek 1/2 x II
2e rechte deel	0,0490	0,00	75,00	Geen
Opgaande bocht	0,0490	0,00	75,00	Geen
3e rechte deel	-	0,00	75,00	Geen

Locatie	Gereduceerde grondbelasting	Sondering
1e rechte deel	Geen	119
grens werk	Geen	119
Akkerweg1	Geen	119
Akkerweg2	Geen	119
Neergaande bocht	Homogeen (zand)	119
2e rechte deel	Homogeen (zand)	118
Opgaande bocht	Homogeen (zand)	118
3e rechte deel	Geen	118



2. Eigenschappen van de leiding

Inwendige middellijn	$D_i = D_e - 2 \cdot d_n$	= 204,40	mm
Gemiddelde middellijn	$D_g = (D_e + D_i)/2$	= 227,20	mm
Uitwendige middellijn+bekleding	$D_o = D_e + 2 \cdot e$	= 250,00	mm
Uitwendige straal	$r_e = D_e / 2$	= 125,00	mm
Inwendige straal	$r_i = D_i / 2$	= 102,20	mm
Gemiddelde straal	$r_g = (r_e + r_i) / 2$	= 113,60	mm
Traagheidsmoment buis	$I_b = (D_e^4 - D_i^4) \cdot \pi / 64$	= 106.064.835,12	mm ⁴
Weerstandsmoment buis	$W_b = I_b / r_e$	= 848.518,68	mm ³
Wandtraagheidsmoment	$I_w = d_n^3 / 12$	= 987,70	mm ⁴ /mm ¹
Wandweerstandsmoment	$W_w = d_n^2 / 6$	= 86,64	mm ³ /mm ¹
Oppervlakte leiding	$A = \pi \cdot (D_e^2 - D_i^2) / 4$	= 16.273,95	mm ²
Gewicht leiding	$g = \rho_L \cdot A$	= 0,1554	N/mm ¹

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

	<i>Leiding op rollenbaan/maaiveld</i>		<i>Leiding in boorgat</i>	
Gewicht mediumleiding	g	= 0,1554 N/mm ¹	g	= 0,1554 N/mm ¹
Gewicht vulling	g_{vul}	= 0,328 N/mm ¹ +	g_{vul}	= 0,328 N/mm ¹ +
Totaal gewicht	g_{rol}	= 0,4834 N/mm ¹	g_{gat}	= 0,4834 N/mm ¹

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

Trekkraft T_1 tijdens verschillende stadia [N]	L [m]	T_1 [N]
Starten met trekken	180,59	15.714
Na intrekken van L_5	168,69	14.679
Na intrekken van $L_5 + L_4$	90,15	7.844
Na intrekken van $L_5 + L_4 + L_3$	90,14	7.844
Na intrekken van $L_5 + L_4 + L_3 + L_2$	11,60	1.009

$$T_1 = f \cdot L \cdot g_{rol} \cdot f_1 = 1,8 \cdot L \cdot 0,4834 \cdot 0,1$$

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

Spanningen σ_t tijdens verschillende stadia [N/mm ²]	T_1 [N]	σ_t [N/mm ²]
Starten met trekken	15.714	0,97
Na intrekken van L_5	14.679	0,90
Na intrekken van $L_5 + L_4$	7.844	0,48
Na intrekken van $L_5 + L_4 + L_3$	7.844	0,48
Na intrekken van $L_5 + L_4 + L_3 + L_2$	1.009	0,06

$$\sigma_t = \frac{T_1}{A} = \frac{T_1}{16.273,95}$$

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

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

$$M_b = 1,1 \cdot 1.100 \cdot \frac{106.064.835}{300.000} = 427.794,83 \text{ Nmm}$$

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

$$\sigma_b = \frac{427.794,83}{848.519} = 0,50 \text{ N/mm}^2$$

4.4 Totalisatie van de optredende spanningen op rollenbaan/maaiveld

Spanningen σ_a tijdens verschillende stadia [N/mm ²]	σ_t [N/mm ²]	σ_a [N/mm ²]
Starten met trekken	0,97	1,29
Na intrekken van L ₅	0,90	1,23
Na intrekken van L ₅ + L ₄	0,48	0,81
Na intrekken van L ₅ + L ₄ + L ₃	0,48	0,81
Na intrekken van L ₅ + L ₄ + L ₃ + L ₂	0,06	0,39

$$\sigma_a = \alpha_{\sigma} \cdot \sigma_b + \sigma_t = 0,65 \cdot 0,50 + \sigma_t$$

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

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

Aantal buizen in de bundel $n = 4$

De bundelbuizen worden niet gekoppeld $\rightarrow f_b = 1/n^{0,3} = 0,660$

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

66,0% van de omtrek van de leiding komt in aanraking met bentoniet.

Hieruit volgt: $D_{e,omtrek} = 518,17 \text{ mm}^1$

Gewicht van de leiding (+vulling) in het boorgat $g_{gat} = 0,483 \text{ N/mm}^1$

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

Gelet hierop is $g_{eff} = |g_{gat} - g_{opw}| = 0,0811 \text{ N/mm}^1$

Trekkracht T_2 en T_{3a} tijdens verschillende stadia [N]	L [m]	T_2 [N]	T_{3a} [N]
Na intrekken van L_5	11,90	902	-
Na intrekken van $L_5 + L_4$	90,44	-	6.858
Na intrekken van $L_5 + L_4 + L_3$	90,45	6.859	-
Na intrekken van $L_5 + L_4 + L_3 + L_2$	168,99	-	12.814
Geheel ingetrokken	180,59	13.694	-

Rechte delen: $T_2 = f \cdot L \cdot (D_{e,omtr} \cdot f_2 + g_{eff} \cdot f_3) = 1,8 \cdot L \cdot (518,17 \cdot 0,00005 + 0,0811 \cdot 0,2)$

Gebogen delen: $T_{3a} = f \cdot L_B \cdot (D_{e,omtr} \cdot f_2 + g_{eff} \cdot f_3) = 1,8 \cdot L \cdot (518,17 \cdot 0,00005 + 0,0811 \cdot 0,2)$

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

Locatie	λ [mm ⁻¹]	R [m]	Q_r [N/mm ²]	T_{3b} [N]
grens werk	0,0023	300	0,0029	712
Akkerweg1	0,0023	300	0,0029	712
Akkerweg2	0,0023	300	0,0029	712
Neergaande bocht	0,0023	300	0,0029	712
2e rechte deel	0,0023	300	0,0029	712
Opgaande bocht	0,0023	300	0,0029	712

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

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

$$T_{3b} = f \cdot 4 \cdot \frac{Q_r}{2} \cdot D_o \cdot \frac{\pi}{\lambda} \cdot f_3 = 1,8 \cdot 4 \cdot \frac{Q_r}{2} \cdot 250 \cdot \frac{\pi}{\lambda} \cdot 0,2$$

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

Trekkraft T_{bocht} tijdens verschillende stadia [N]	T_1 [N] (f = 1)	T_2 / T_{3a} [N] (f = 1)	$T_{3b,neer}$ [N] (f = 1)	$T_{3b,op}$ [N] (f = 1)	T_{bocht} [N]
Neergaande bocht	4.358	3.810	396	-	8.564
Opgaande bocht	561	7.119	396	0	8.075

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

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

Trekkraft T_{3c} tijdens verschillende stadia [N]	α [°]	T_{bocht} [N]	T_{3c} [N]
Neergaande bocht	7,50	8.564	805
Opgaande bocht	7,50	8.075	759

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

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

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

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

5.4 Totalisatie van de trekkraften in fase II

Trekkraft T_{tot} tijdens verschillende stadia [N]	T_1 [N]	T_2 / T_{3a} [N]	$T_{3b,neer}$ [N]	$T_{3c,neer}$ [N]	$T_{3b,op}$ [N]	$T_{3c,op}$ [N]	T_{tot} [N]
Na intrekken van L_5	14.679	902	-	-	-	-	15.581
Na intrekken van $L_5 + L_4$	7.844	6.858	712	805	-	-	16.219
Na intrekken van $L_5 + L_4 + L_3$	7.844	6.859	712	805	-	-	16.219
Na intrekken van $L_5 + L_4 + L_3 + L_2$	1.009	12.814	712	805	0	759	16.100
Geheel ingetrokken	0	13.694	712	805	0	759	15.970

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

5.5 Karakteristieke waarden van de benodigde trekkrachten in fase II

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

Trekkracht T_{tot} tijdens verschillende stadia [N]	T_1 [N]	T_2 / T_{3a} [N]	$T_{3b,neer}$ [N]	$T_{3c,neer}$ [N]	$T_{3b,op}$ [N]	$T_{3c,op}$ [N]	T_{tot} [N]
Na intrekken van L_5	8.155	501	-	-	-	-	8.656
Na intrekken van $L_5 + L_4$	4.358	3.810	396	447	-	-	9.011
Na intrekken van $L_5 + L_4 + L_3$	4.358	3.810	396	447	-	-	9.011
Na intrekken van $L_5 + L_4 + L_3 + L_2$	561	7.119	396	447	0	422	8.944
Geheel ingetrokken	0	7.608	396	447	0	422	8.872

De maximale karakteristieke waarde voor de benodigde trekkracht bedraagt **9.011 N** ($\approx 1,0$ ton).

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

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

Spanningen σ_t tijdens verschillende stadia [N/mm ²]	T_{tot} [N]	σ_t [N/mm ²]
Na intrekken van L_5	15.581	0,96
Na intrekken van $L_5 + L_4$	16.219	1,00
Na intrekken van $L_5 + L_4 + L_3$	16.219	1,00
Na intrekken van $L_5 + L_4 + L_3 + L_2$	16.100	0,99
Geheel ingetrokken	15.970	0,98

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

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

5.7.1 Neergaande bocht

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

$$M_b = 1,4 \cdot 1.100 \cdot \frac{106.064.835,12}{0,9 \cdot 300.000} = 604.962,39 \text{ Nmm}$$

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

$$\sigma_b = \frac{604.962,39}{848.518,68} = 0,71 \text{ N/mm}^2$$

5.7.2 Opgaande bocht

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

$$M_b = 1,4 \cdot 1.100 \cdot \frac{106.064.835,12}{0,9 \cdot 300.000} = 604.962,39 \text{ Nmm}$$

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

$$\sigma_b = \frac{604.962,39}{848.518,68} = 0,71 \text{ N/mm}^2$$

5.8 Totalisatie van de spanningen in het boorgat tijdens de trekoperatie

Spanningen σ_a tijdens verschillende stadia [N/mm ²]	T_{tot} [N]	σ_t [N/mm ²]	σ_b [N/mm ²]	σ_a [N/mm ²]
Na intrekken van L ₅	15.581	0,96	-	0,96
Na intrekken van L ₅ + L ₄	16.219	1,00	0,71	1,46
Na intrekken van L ₅ + L ₄ + L ₃	16.219	1,00	-	1,00
Na intrekken van L ₅ + L ₄ + L ₃ + L ₂	16.100	0,99	0,71	1,45
Geheel ingetrokken	15.970	0,98	-	0,98

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

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

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

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

$$D_g/d_n = 227,20/22,80 = 9,96 \rightarrow D_g/d_n \leq 20 \rightarrow \text{Dikwandige leiding}$$

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

$$\sigma_p = \frac{125,00^2 + 102,20^2}{125,00^2 - 102,20^2} \cdot 0 = 0,00 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{y1} = \sigma_p = 0,00 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{pl} = \nu \cdot \sigma_p = 0,4 \cdot 0,00 = 0,00 \text{ N/mm}^2$$

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

6.2 Berekening reroundingfactor f_{rr}

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

$$f_{rr} = 1 / \left(1 + \frac{2 \cdot 0 \cdot 113,6^3 \cdot 0,143}{1100 \cdot 987,70} \right) = 1,00$$

6.3.1 Berekening van de neutrale grondbelasting Q_n

Locatie	Dekking t.o.v. maaiveld [m]	G.W.S. t.o.v. maaiveld [m]	Grondsoort	q_{droog} [kN/m ²]	q_{nat} [kN/m ²]	q_n [kN/m ²]	Q_n [N/mm ¹]
1e rechte deel	2,70	1,35	Zand	23,18	16,32	39,50	9,87
grens werk	4,80	1,35	Zand	23,64	43,18	66,82	16,71
Akkerweg1	8,30	1,35	Zand	23,18	89,52	112,70	28,17
Akkerweg2	9,00	1,35	Zand	23,18	98,62	121,80	30,45
Neergaande bocht	13,00	2,00	Zand	35,86	141,68	177,54	44,39
2e rechte deel	13,00	2,00	Zand	41,38	141,44	182,82	45,71
Opgaande bocht	13,00	2,00	Zand	41,21	141,44	182,64	45,66
3e rechte deel	2,80	2,70	Zand	56,58	1,31	57,89	14,47

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

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

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

$$Q_n = q_n \cdot D_o = (1,1 \cdot \gamma_d \cdot H_d + 1,1 \cdot \gamma_n \cdot H_n - \gamma_w \cdot H_w) \cdot 250$$

6.3.2 Berekening van de gereduceerde neutrale grondbelasting Q_{nr}

Locatie	h [m]	GWS [m]	γ' [kN/m ³]
Neergaande bocht	13,00	2,00	13,66
2e rechte deel	13,00	2,00	14,06
Opgaande bocht	13,00	2,00	14,05

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

Locatie	Gereduceerde grondbelasting	B ₁ [m]	8·B ₁ [m]	q _{n,r} [kN/m ²]	Q _{n,r} [N/mm ¹]
Neergaande bocht	Homogeen (zand)	0,39	3,12	18,07 ⁽¹⁾	4,52
2e rechte deel	Homogeen (zand)	0,39	3,12	18,37 ⁽¹⁾	4,59
Opgaande bocht	Homogeen (zand)	0,39	3,12	18,35 ⁽¹⁾	4,59

$$R = \frac{D_{gr}}{2} = \frac{780}{2} = 390 \text{ mm}$$

$$B_1 = \frac{1}{2} \cdot D_0 + D_0 \cdot \tan(45^\circ - \frac{1}{2} \cdot \varphi) \geq R$$

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

Indien gereduceerde grondbelasting volgens berekeningswijze 'Homogeen (zand)': (h ≥ 8·B₁):

$$q_{n,r1} = \frac{B_1 \cdot (\gamma' - c/B_1)}{K \cdot \tan(\varphi)} \cdot (1 - e^{-\frac{K \cdot h \cdot \tan \varphi}{B_1}}) \quad (1)$$

$$Q_{n,r} = q_{n,r} \cdot D_0 = q_{n,r} \cdot 250$$

6.3.3 Overzicht berekende (gereduceerde) neutrale gronddrukken

Locatie	q _n [kN/m ²]	Q _n [N/mm ¹]	q _{n,r} [kN/m ²]	Q _{n,r} [N/mm ¹]
1e rechte deel	39,50	9,87	-	-
grens werk	66,82	16,71	-	-
Akkerweg1	112,70	28,17	-	-
Akkerweg2	121,80	30,45	-	-
Neergaande bocht	177,54	44,39	18,07	4,52
2e rechte deel	182,82	45,71	18,37	4,59
Opgaande bocht	182,64	45,66	18,35	4,59
3e rechte deel	57,89	14,47	-	-

6.4 Berekening van de verkeersbelasting Q_v

Locatie	Dekking t.o.v. maaiveld [m]	Verkeersbelasting	q _v [kN/m ²]	Q _v [N/mm ¹]
1e rechte deel	2,70	Geen	0,00	0,00
grens werk	4,80	Grafiek ½ x II	2,11	0,53
Akkerweg1	8,30	Grafiek I	5,53	1,38
Akkerweg2	9,00	Grafiek I	4,94	1,23
Neergaande bocht	13,00	Grafiek ½ x II	0,57	0,14
2e rechte deel	13,00	Geen	0,00	0,00
Opgaande bocht	13,00	Geen	0,00	0,00
3e rechte deel	2,80	Geen	0,00	0,00

$$Q_v = q_v \cdot D_0 = q_v \cdot 250$$

6.5 Momenten en spanningen t.g.v. bovenbelastingen

Locatie	Q_n [N/mm ¹]	$Q_{n,r}$ [N/mm ¹]	Q_v [N/mm ¹]	Q_{boven} [N/mm ¹]	M_q [Nmm]	σ_q [N/mm ²]
1e rechte deel	9,87	-	0,00	9,87	288,30 ⁽¹⁾	3,33
grens werk	16,71	-	0,53	17,23	503,17 ⁽¹⁾	5,81
Akkerweg1	28,17	-	1,38	29,56	862,93 ⁽¹⁾	9,96
Akkerweg2	30,45	-	1,23	31,68	925,02 ⁽¹⁾	10,68
Neergaande bocht	44,39	4,52	0,14	4,66	136,07 ⁽²⁾	1,57
2e rechte deel	45,71	4,59	0,00	4,59	134,06 ⁽²⁾	1,55
Opgaande bocht	45,66	4,59	0,00	4,59	133,93 ⁽²⁾	1,55
3e rechte deel	14,47	-	0,00	14,47	422,52 ⁽¹⁾	4,88

$$M_q = K_b \cdot (Q_n + Q_v) \cdot r_g = 0,257 \cdot (Q_n + Q_v) \cdot 113,60 \quad (1)$$

$$M_q = K_b \cdot (Q_{n,r} + Q_v) \cdot r_g = 0,257 \cdot (Q_{n,r} + Q_v) \cdot 113,60 \quad (2)$$

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

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

Locatie	R [m]	Q_r [N/mm ²]	σ_{qr} [N/mm ²]
grens werk	300	0,0029	0,18
Akkerweg1	300	0,0029	0,18
Akkerweg2	300	0,0029	0,18
Neergaande bocht	300	0,0029	0,18
2e rechte deel	300	0,0029	0,18
Opgaande bocht	300	0,0029	0,18

$$\sigma_{qr} = K_{b,ind} \cdot Q_r \cdot D_o \cdot \frac{r_u}{W_w} = 0,179 \cdot Q_r \cdot 250 \cdot \frac{125,00}{86,64}$$

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

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

$$\sigma_{ax} = 30 \cdot 0,0002 \cdot 1100 = \mathbf{6,60 \text{ N/mm}^2}$$

7. Toetsing op minimale ringstijfheid S_N

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

$$S_N = 1100 \cdot \frac{987,70}{227,2^3} = 0,0926 \text{ N/mm}^2 = \mathbf{92,64 \text{ kN/m}^2}$$

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

8. Toetsing op implosie: berekening van de alzijdige overdruk

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

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

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

$$p_{o,kort} = \frac{1}{1,5 \cdot (1 - 0,4^2)} \cdot \frac{24 \cdot 1.100,00 \cdot 987,70}{227,20^3} = 1,76 \text{ N/mm}^2$$

$$p_{o,lang} = \frac{1}{3 \cdot (1 - 0,4^2)} \cdot \frac{24 \cdot 200,00 \cdot 987,70}{227,20^3} = 0,16 \text{ N/mm}^2$$

Conclusie: Kans op implosie bij **16,04 m** grondwater boven de leiding

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

Locatie	σ_q [N/mm ²]	σ_{qr} [N/mm ²]	α_{σ} [-]	σ_{y2} [N/mm ²]
1e rechte deel	3,33	-	0,65	2,16
grens werk	5,81	0,18	0,65	3,89
Akkerweg1	9,96	0,18	0,65	6,59
Akkerweg2	10,68	0,18	0,65	7,06
Neergaande bocht	1,57	0,18	0,65	1,14
2e rechte deel	1,55	0,18	0,65	1,13
Opgaande bocht	1,55	0,18	0,65	1,12
3e rechte deel	4,88	-	0,65	3,17

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

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

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

9.2 Optredende spanningen in langsrichting van de leiding

Locatie	σ_{pl} [N/mm ²]	σ_{ax} [N/mm ²]	σ_b [N/mm ²]	α_{σ} [-]	σ_x [N/mm ²]
1e rechte deel	0,00	6,60	-	-	6,60
grens werk	0,00	6,60	0,71	0,65	7,06
Akkerweg1	0,00	6,60	0,71	0,65	7,06
Akkerweg2	0,00	6,60	0,71	0,65	7,06
Neergaande bocht	0,00	6,60	0,71	0,65	7,06
2e rechte deel	0,00	6,60	0,71	0,65	7,06
Opgaande bocht	0,00	6,60	0,71	0,65	7,06
3e rechte deel	0,00	6,60	-	-	6,60

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

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

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

10. Berekening van de optredende en toelaatbare deflectie

Locatie	Q_n [N/mm ¹]	$Q_{n,r}$ [N/mm ¹]	Q_v [N/mm ¹]	Q_r [N/mm ²]	δ_Y [mm]	δ_Y/D_g [%]
1e rechte deel	9,87	-	0,00	-	3,55⁽¹⁾	1,56
grens werk	16,71	-	0,53	0,0029	6,11⁽¹⁾	2,69
Akkerweg1	28,17	-	1,38	0,0029	10,39⁽¹⁾	4,57
Akkerweg2	30,45	-	1,23	0,0029	11,18⁽¹⁾	4,92
Neergaande bocht	44,39	4,52	0,14	0,0029	2,06⁽²⁾	0,68
2e rechte deel	45,71	4,59	0,00	0,0029	2,16⁽²⁾	0,73
Opgaande bocht	45,66	4,59	0,00	0,0029	2,15⁽²⁾	0,73
3e rechte deel	14,47	-	0,00	-	5,21⁽¹⁾	2,29

$$\delta_Y = \frac{(0,089 \cdot Q - 0,095 \cdot Q_{n,h} + 0,048 \cdot Q_r) \cdot r_g^3}{E' \cdot I_w} \quad (1)$$

$$\delta_Y = \frac{(0,089 \cdot (Q_n + \frac{1}{2} \cdot Q_v) - 0,095 \cdot (1 - \sin \varphi) \cdot (Q_n + \frac{1}{2} \cdot Q_v) + 0,048 \cdot Q_r) \cdot 113,60^3}{200 \cdot 987,70}$$

$$\delta_Y = \frac{(0,089 \cdot Q - 0,095 \cdot Q_{n,r} + 0,048 \cdot Q_r) \cdot r_g^3}{E' \cdot I_w} \quad (2)$$

$$\delta_Y = \frac{(0,089 \cdot (Q_{n,r} + \frac{1}{2} \cdot Q_v) - 0,095 \cdot \frac{(1 - \sin \varphi)}{(1 + \sin \varphi)} \cdot (Q_{n,r} + \frac{1}{2} \cdot Q_v) + 0,048 \cdot Q_r) \cdot 113,60^3}{200 \cdot 987,70}$$

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

11. Berekening van de boorspoeldrukken

Locatie	H [m]	σ_{vert} [kN/m ²]	σ_{hor} [kN/m ²]	σ_o' [kN/m ²]	p'_f [kN/m ²]	E_{100} [MN/m ²]
1e rechte deel	2,70	30,30	12,92	21,61	34,01	47,14
grens werk	4,80	49,24	21,00	35,12	55,26	61,31
Akkerweg1	8,30	81,08	34,57	57,82	90,99	79,62
Akkerweg2	9,00	87,38	37,26	62,32	98,07	82,77
Neergaande bocht	13,00	127,64	59,06	93,35	143,50	59,96
2e rechte deel	13,00	132,00	56,29	94,14	148,14	101,41
Opgaande bocht	13,00	131,85	56,23	94,04	147,98	101,36
3e rechte deel	2,80	47,67	20,33	34,00	53,50	57,06

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

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

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

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

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

Locatie	G [MN/m ²]	Q [-]	u [N/mm ²]	v [-]	p_{lim} [N/mm ²]	90% p_{lim} [bar] 1
1e rechte deel	24,35	0,00051	0,0135	0,2989	0,55	4,98
grens werk	31,68	0,00064	0,0345	0,2989	0,84	7,59
Akkerweg1	41,14	0,00081	0,0695	0,2989	1,29	11,61
Akkerweg2	42,76	0,00084	0,0765	0,2989	1,37	12,37
Neergaande bocht	32,20	0,0016	0,1100	0,3163	1,48	13,36
2e rechte deel	52,39	0,0010	0,1100	0,2989	1,93	17,35
Opgaande bocht	52,37	0,0010	0,1100	0,2989	1,93	17,33
3e rechte deel	29,48	0,00066	0,0010	0,2989	0,77	6,95

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

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

$$u = \gamma_w \cdot H_n$$

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

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

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

11.1 Tijdens pilot

Locatie	$R_{p,max}$ [m]	Δh_{in} [m]	p_{max} [N/mm ²]	p_{max} [bar] 2	p_{min} [N/mm ²]	p_{min} [bar] 3
1e rechte deel	1,19	3,00	0,24	2,39	0,04	0,37
grens werk	1,07	5,09	0,37	3,72	0,06	0,63
Akkerweg1	0,95	8,71	0,58	5,79	0,11	1,09
Akkerweg2	0,93	9,47	0,62	6,18	0,12	1,19
Neergaande bocht	0,68	13,22	0,70	7,04	0,17	1,74
2e rechte deel	0,84	13,22	0,87	8,68	0,17	1,74
Opgaande bocht	0,84	13,22	0,87	8,68	0,17	1,74
3e rechte deel	1,05	3,00	0,32	3,23	0,08	0,76

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

$$R_o = \frac{D_p}{2} = \frac{170}{2} = 85 \text{ mm}$$

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

$$v_{m,p} = \frac{Q_{m,p}}{A_p} = \frac{100}{1/4 \cdot \pi \cdot (D_p^2 - D_b^2)} = \frac{100}{1/4 \cdot \pi \cdot (170^2 - 114^2)} = 0,133 \text{ m/s}$$

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

11.2 Tijdens ruimgang

Locatie	$R_{p,max}$ [m]	Δh_{uit} [m]	p_{max} [N/mm ²]	p_{max} [bar] 4	p_{min} [N/mm ²]	p_{min} [bar] 5
3e rechte deel	1,40	3,08	0,14	1,36	0,04 ⁽¹⁾	0,36
Opgaande bocht	3,84	13,30	0,87	8,68	0,15 ⁽¹⁾	1,55
2e rechte deel	3,84	13,30	0,87	8,68	0,15 ⁽¹⁾	1,55
Neergaande bocht	3,12	13,30	0,70	7,04	0,15 ⁽¹⁾	1,55
Akkerweg2	4,27	9,55	0,62	6,18	0,11 ⁽¹⁾	1,13
Akkerweg1	4,15	8,79	0,56	5,64	0,10 ⁽¹⁾	1,04
grens werk	2,40	5,17	0,24	2,41	0,06 ⁽¹⁾	0,63
1e rechte deel	1,35	3,08	0,10	0,97	0,04 ⁽²⁾	0,38

$$R_o = \frac{D_{g,r}}{2} = \frac{780}{2} = 390 \text{ mm}$$

$$v_{m,r,uit} = \frac{Q_{m,r}}{A_r} = \frac{500}{1/4 \cdot \pi \cdot (D_{g,r}^2 - D_b^2)} = \frac{500}{1/4 \cdot \pi \cdot (780^2 - 114^2)} = 0,018 \text{ m/s}$$

$$v_{m,r,in} = \frac{Q_{m,r}}{A_p} = \frac{500}{1/4 \cdot \pi \cdot (D_p^2 - D_b^2)} = \frac{500}{1/4 \cdot \pi \cdot (170^2 - 114^2)} = 0,667 \text{ m/s}$$

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

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

11.3 Tijdens intrekken

Locatie	$R_{p,max}$ [m]	Δh_{uit} [m]	p_{max} [N/mm ²]	p_{max} [bar] 6	p_{min} [N/mm ²]	p_{min} [bar] 7
3e rechte deel	1,40	3,08	0,14	1,36	0,04 ⁽¹⁾	0,36
Opgaande bocht	3,84	13,30	0,87	8,68	0,15 ⁽²⁾	1,54
2e rechte deel	3,84	13,30	0,87	8,68	0,15 ⁽²⁾	1,54
Neergaande bocht	3,12	13,30	0,70	7,04	0,15 ⁽²⁾	1,54
Akkerweg2	4,27	9,55	0,62	6,18	0,11 ⁽²⁾	1,10
Akkerweg1	4,15	8,79	0,56	5,64	0,10 ⁽²⁾	1,01
grens werk	2,40	5,17	0,24	2,41	0,06 ⁽²⁾	0,59
1e rechte deel	1,35	3,08	0,10	0,97	0,03 ⁽²⁾	0,35

$$D_{eq} = \sqrt{\frac{n}{\sum_{i=1}^n} D_{0,i}^2} = 500 \text{ mm}$$

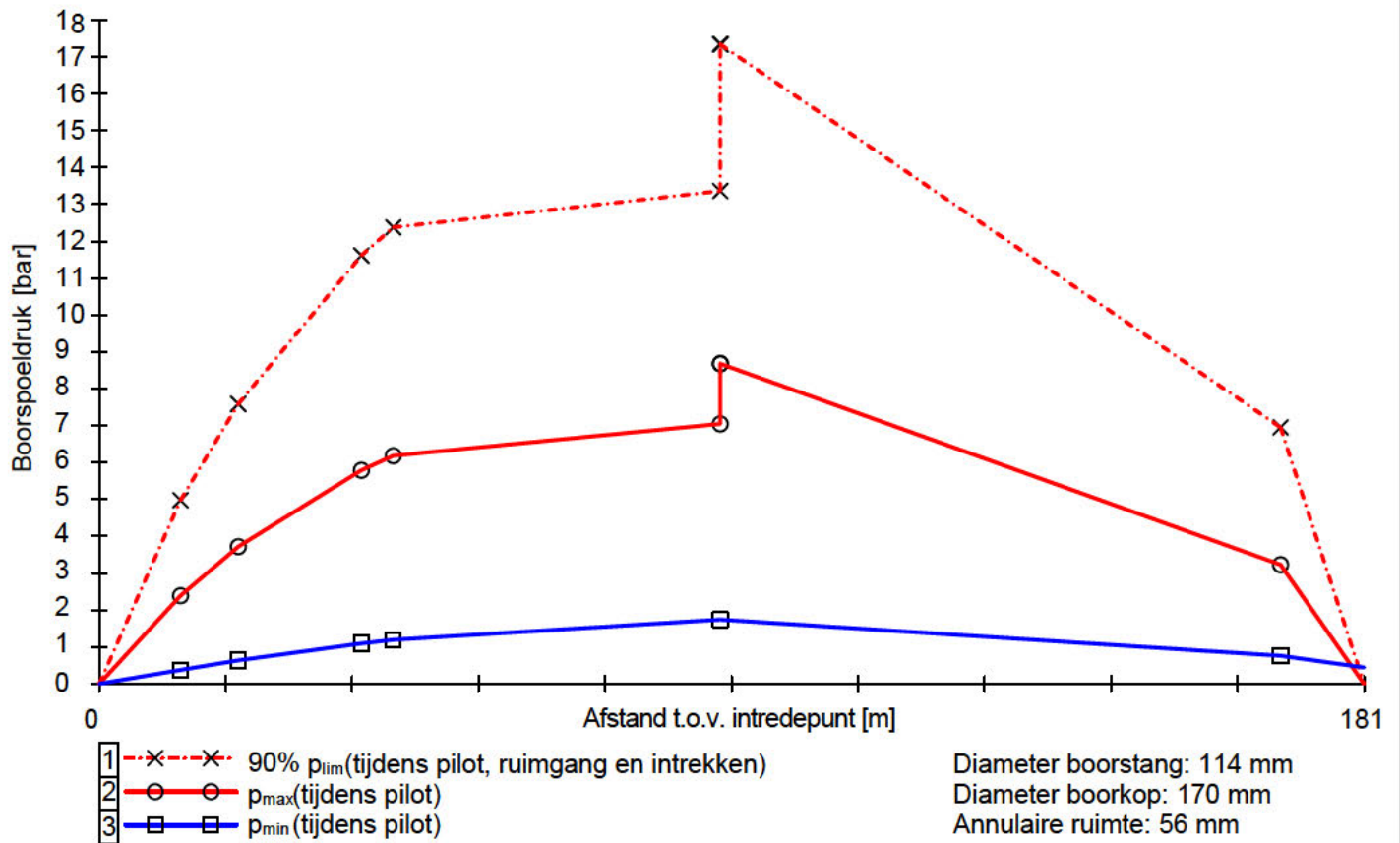
$$R_o = \frac{D_{g,r}}{2} = \frac{780}{2} = 390 \text{ mm}$$

$$v_{m,i,uit} = \frac{Q_{m,i}}{A_i} = \frac{300}{1/4 \cdot \pi \cdot (D_{g,r}^2 - D_{eq}^2)} = \frac{300}{1/4 \cdot \pi \cdot (780^2 - 500^2)} = 0,018 \text{ m/s}$$

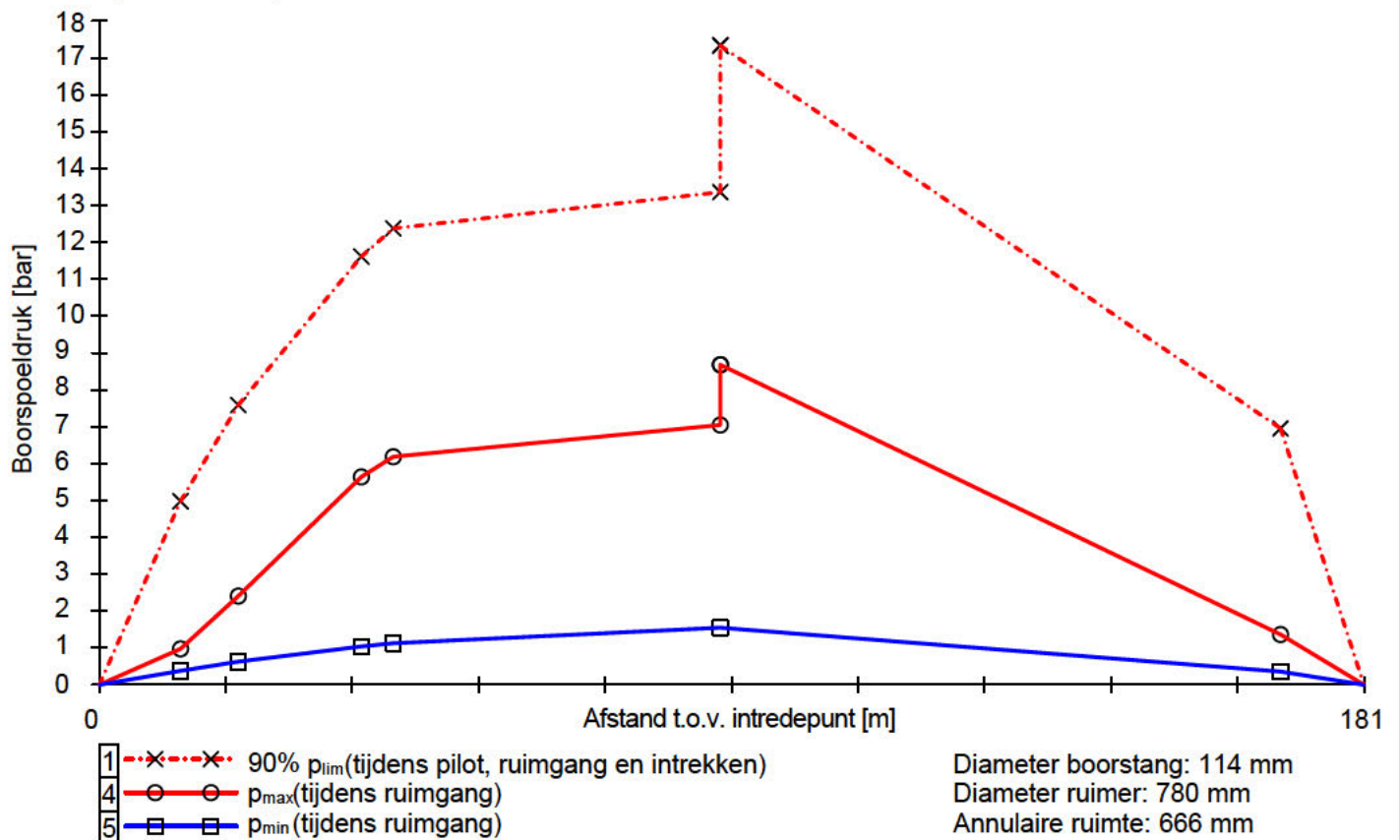
$$p_{min,uit} = \left(\frac{14580 \cdot \eta_i \cdot v_{m,i,uit}}{(D_{g,r} - D_{eq})^2} + \frac{\tau_{y,i}}{D_{g,r} - D_{eq}} \right) \cdot (L_{tot} - L) + \rho_{m,i} \cdot \Delta h_{uit} \quad (1)$$

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

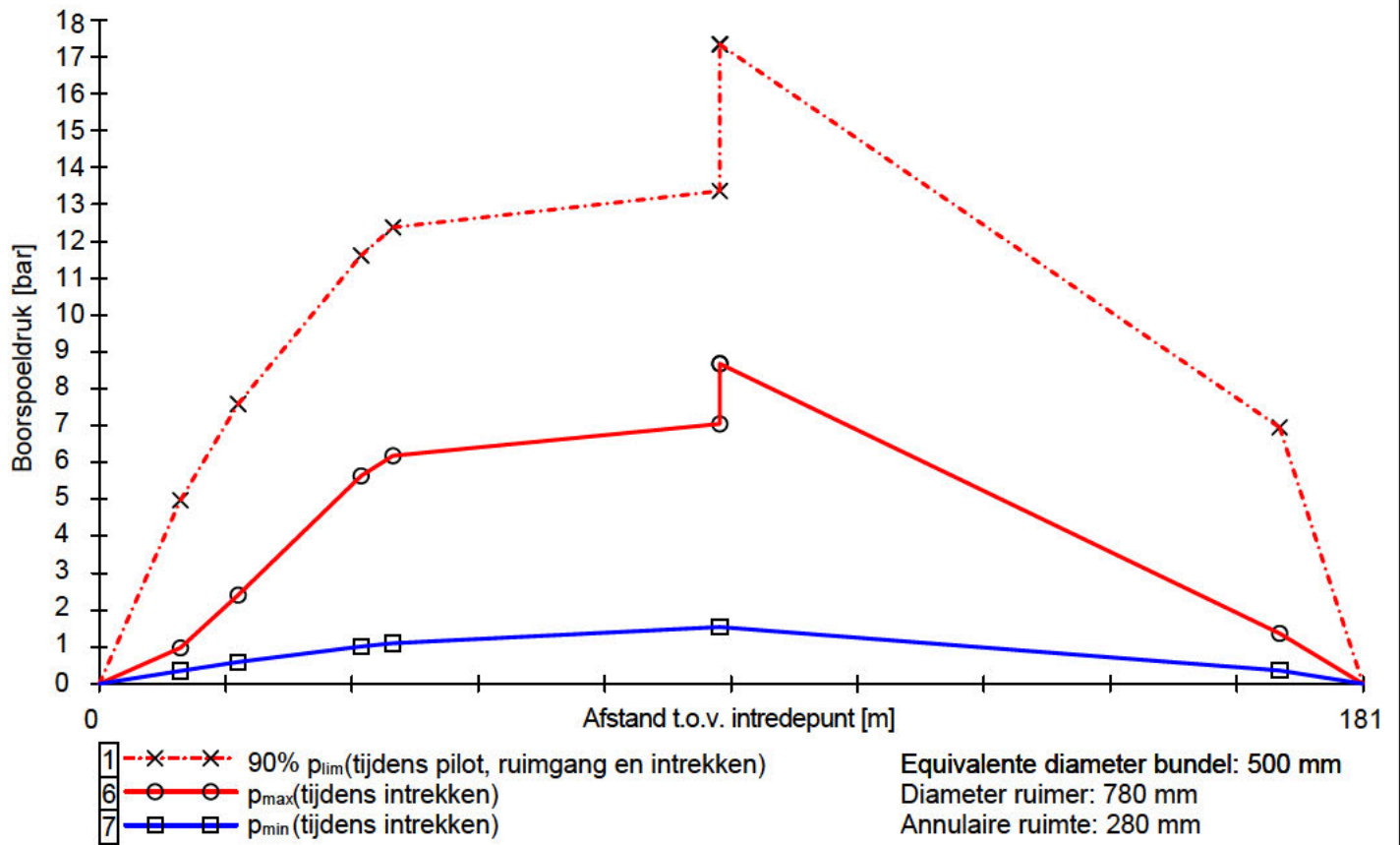
11.4 Boorspoeldrukken tijdens pilot



11.5 Boorspoeldrukken tijdens ruimen

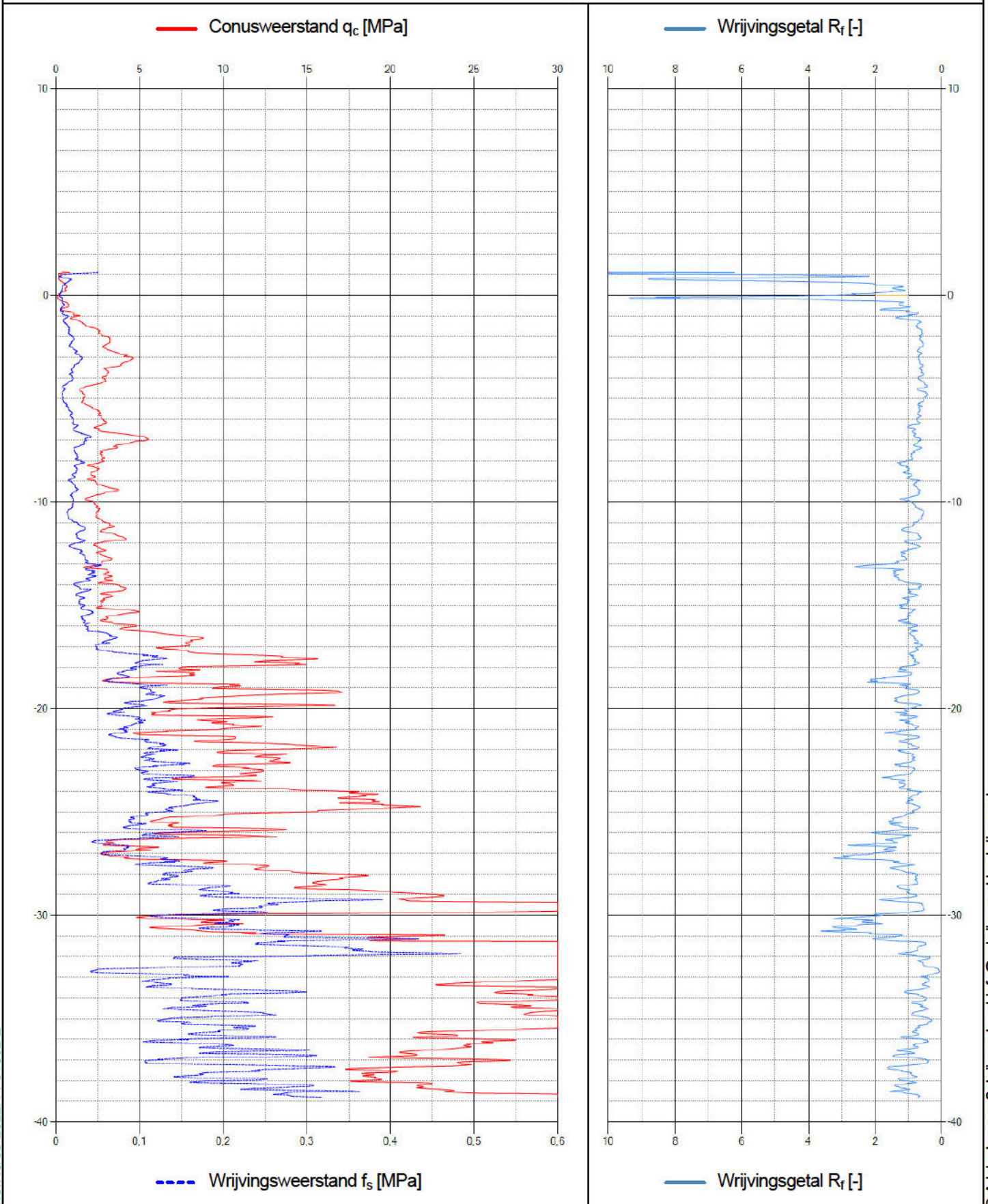


11.6 Boorspoeldrukken tijdens intrekken



Naam van het project : TenneT Nederwiek 1

Projectonderdeel : HDDN23 Akkerweg Ø250mm, SDR 11 (100pct gevuld)

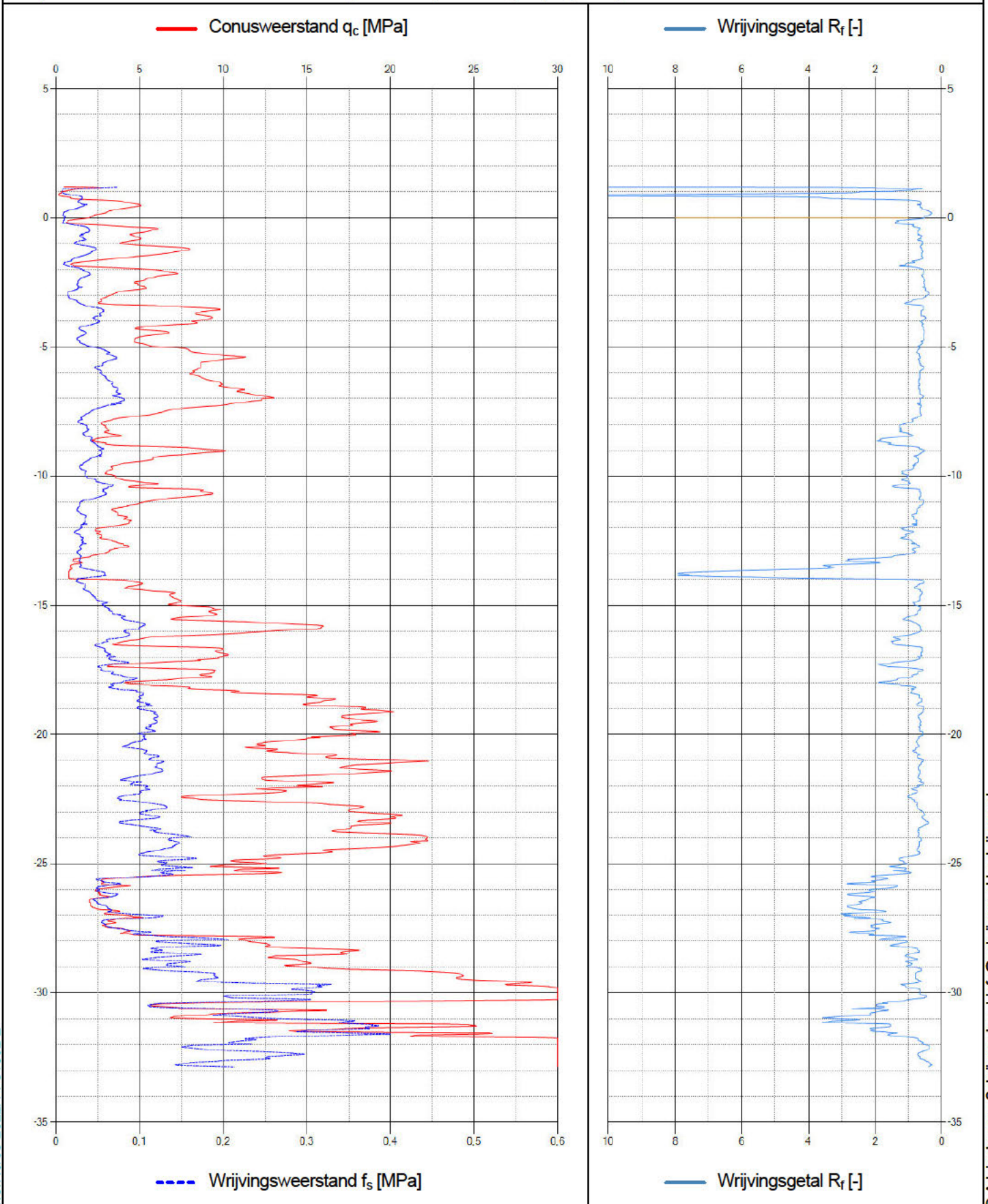


1.3.7.0/03-2022/14-31382-2

© Adviesbureau Schrijvers b.v. | info@schrijvers.nl | schrijvers.nl

Naam van het project : TenneT Nederwiek 1

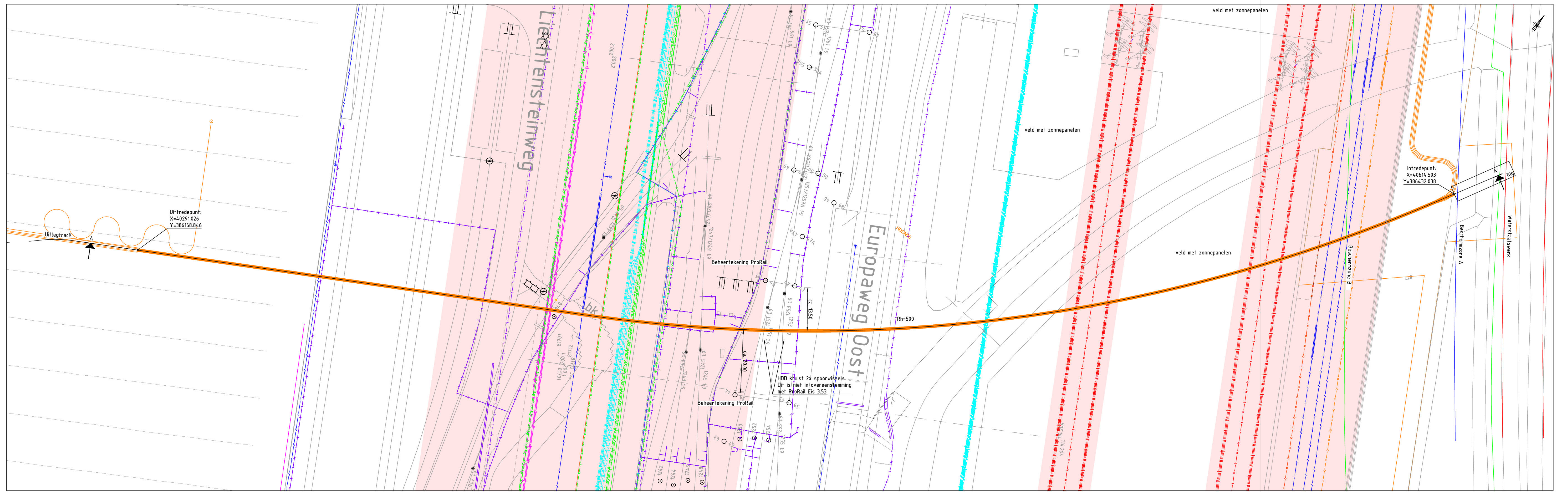
Projectonderdeel : HDDN23 Akkerweg Ø250mm, SDR 11 (100pct gevuld)



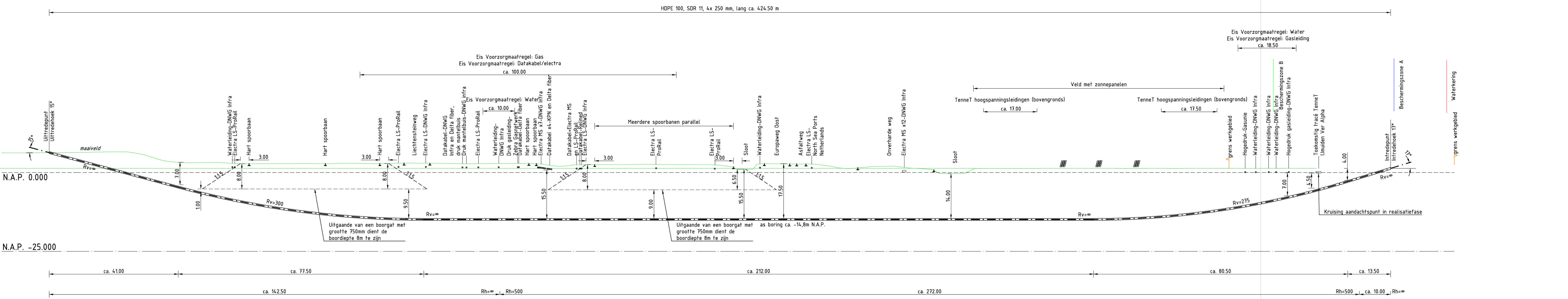
Net op Zee – Nederwiek 1

Aanvraag watervergunning Waterschap Scheldestromen

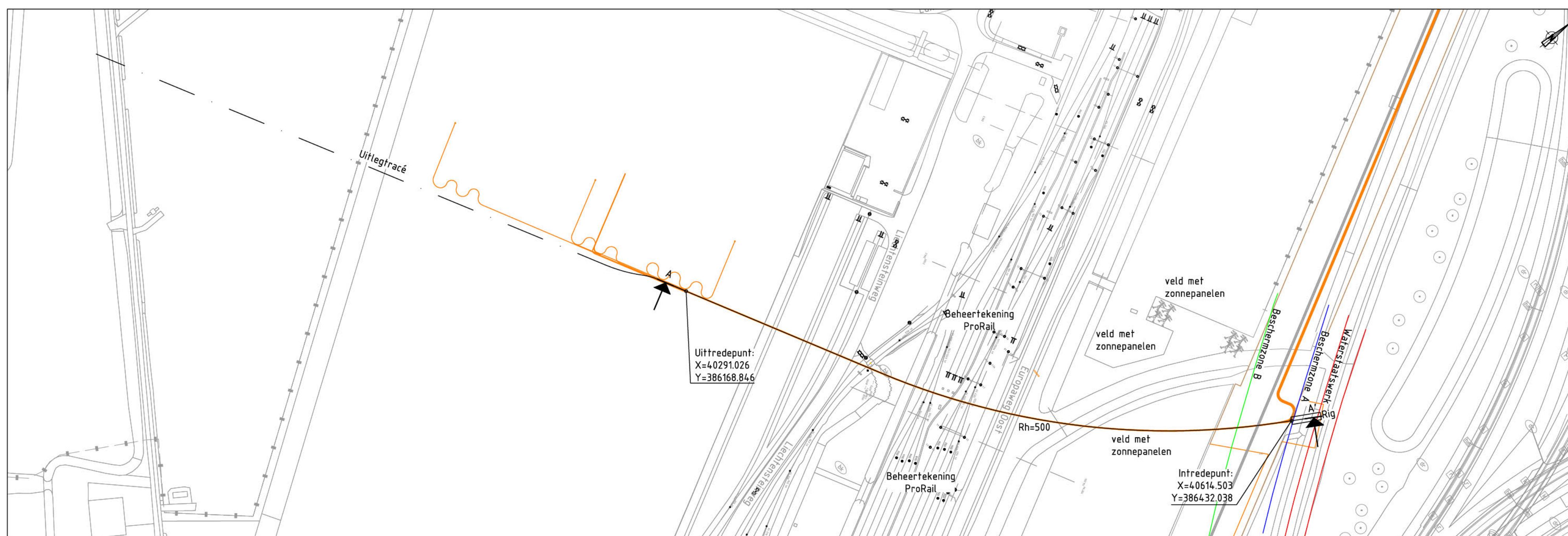
Bijlage 6h: Liechtensteinweg



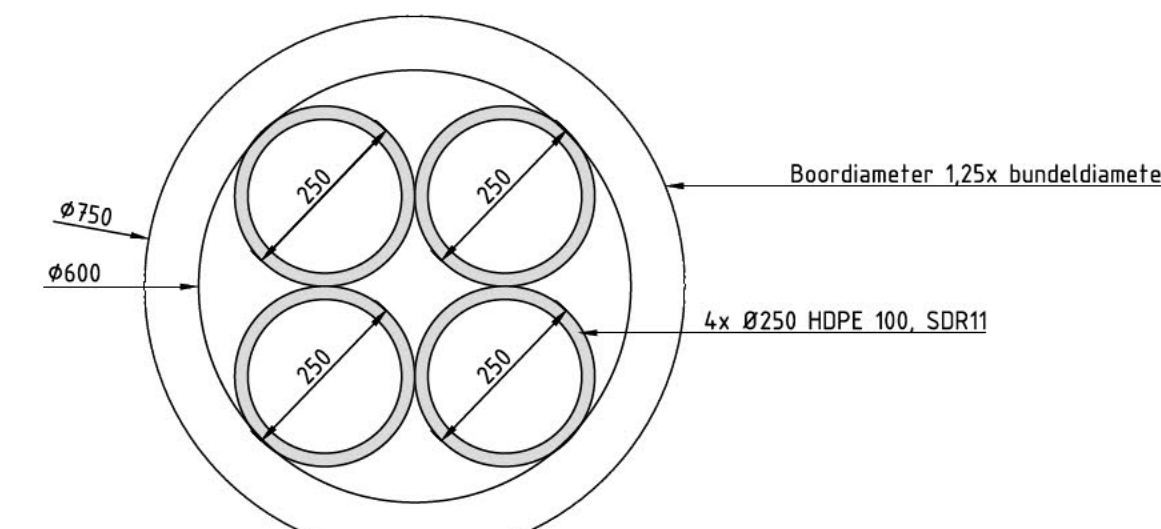
Situatie
SCHAAL 1: 500



Lengte profiel boring Liechtensteinweg (28) DWP A-A'
SCHAAL 1: 500
(Lengte profiel gegenereerd uit de AHN3)



Overzicht uitlegtracé
SCHAAL 1: 2000



Doorsnede bundel HDD
SCHAAL 1: 10
in mm

Legenda bestaande K&L

Electra HS
Electra LS
Electra HS
Druk North Sea Port
HD gasleiding
Waterleiding
Dakakabel
Sondering
Grondboring
Grens vergebied

KLIC melding nr(s): 20011935

- Opmerkingen:**
- Bestaande kabels en leidingen zijn ingetekend aan de hand van KLIC melding(en)
 - Exacte locatie van de bestaande kabels en leidingen tijdens uitvoering bepalen door middel van proefsluizen

Opmerkingen:
Alle maten in m, tenzij anders vermeld.
Alle hoogten in m, ten opzichte van N.A.P.

8	14-03-2022	BD	RHW	Namen toegevoegd van beheerders van kabels & leidingen o.b.v. KLIC
7	03-02-2022	JH	RHW	Grenzen van Beschermzone A, B en Waterstaalwerk aangepast o.b.v. exacte OS-File
6	02-12-2021	BD	RHW	Definitief tracé bij uitredpunt gewijzigd
5	07-11-2022	BD	RHW	Concept ProRail beheertekening toegevoegd
4	02-09-2022	RHW	JH	Intrredpunt aangepast!
3	05-08-2022	RHW	JH	Variante 2 gekozen
2	26-07-2022	BD	RHW	Tekeningnummer gewijzigd
1	23-06-2022	BD	RHW	Concept
Rev.	Datum	Col.	Sex	WIJZIGING

OPDRACHTGEVER: TenneT
ONTWERP: TenneT
PROJECT: Net op Zee Nederwiek 1
ONDERWOP: Vergunningstekening Horizontaal gestuurde boring Liechtensteinweg (28)

ARCADIS
Project & Company
Infrastructure

TenneT
Taking Power further

OPDRACHTGEVER: TenneT
ONTWERP: TenneT
PROJECT: Net op Zee Nederwiek 1
ONDERWOP: Vergunningstekening Horizontaal gestuurde boring Liechtensteinweg (28)

GETEKEND: [Signature]
SCHAAAL: zie tek.
DATUM: 14-03-2022
FORMAAT: A4 (84x1198)

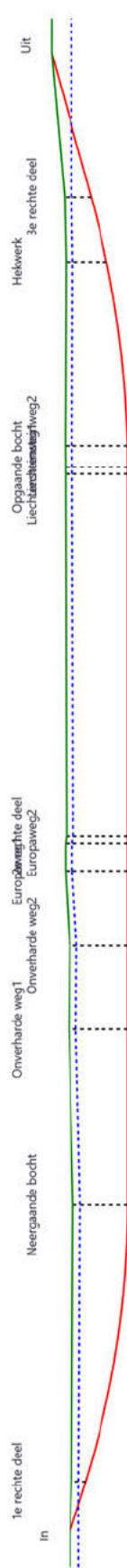
HDDN28
TEKENING NR.: TTB-07871

Sterkteberekening van een horizontaal gestuurde boring conform NEN 3650/3651:2020		Sigma 2022 1.3 ©	
Algemene gegevens			
Naam van het project	: TenneT Nederwiek 1		
Projectonderdeel	: HDDN28 Liechtensteinweg Ø250mm, SDR 11 (100pct gevuld)		
Materiaalgegevens			
Materiaalsoort:	PE		
Kwaliteit:	PE 100 SDR 11		
Lange-duur treksterkte	MRS = 10		N/mm ²
Materiaalfactor	$\gamma_M = 1,25$		-
Toelaatbare langeduur spanning	$\bar{\sigma}_t = 8,00$		N/mm ²
Elasticiteitsmodulus korte duur	E = 1.100		N/mm ²
Elasticiteitsmodulus lange duur	E' = 200		N/mm ²
Lineaire uitzettingscoëfficiënt	$\alpha_g = 20,0 \cdot 10^{-5}$		mm/(mm·K)
Alfa Tangentieel / Alfa Axiaal	$\alpha_\sigma = 0,65$		-
Soortelijk gewicht buis	$\rho_L = 9,55$		kN/m ³
Toelaatbare deflectie	$\delta = 8,00$		%
Leidinggegevens			
Uitwendige middellijn	D _e = 250,00		mm
Wanddikte	d _n = 22,8		mm
Procesgegevens			
Soort leiding (Vloeistof / Gas / Drukloos)		= Vloeistof	
Ontwerpdruk	p _d = 0		N/mm ²
Volumieke massa medium	$\rho = 1000$		kg/m ³
Temperatuurverschil	$\Delta t = 30$		°
Uitvoeringsaspecten, tracé boring, in- en uittredehoeken			
Totale lengte	L = 429,00		m
Lengte 1e rechte deel	L ₁ = 14,22		m
Lengte neergaande bocht	L ₂ = 81,59		m
Lengte 2e rechte deel	L ₃ = 212,00		m
Lengte opgaande bocht	L ₄ = 78,54		m
Lengte 3e rechte deel	L ₅ = 42,65		m
Straal maaiveld/rollenbaan	R _r = 100,00		m
Straal neergaande bocht	R ₁ = 275,00		m
Straal opgaande bocht	R ₂ = 300,00		m
Intrede-hoek (bij boorstelling)	$\alpha_1 = 17,00 / 30,57$		° / %
Uittrede-hoek (bij rollenbaan)	$\alpha_2 = 15,00 / 26,79$		° / %
Belastinghoek	$\alpha = 30$		°
Ondersteuningshoek	$\beta = 30$		°
Horizontale steundrukhoek	$\gamma = 120$		°
Geen grondmechanisch onderzoek uitgevoerd	$\gamma = 1,1$		
<p>The diagram illustrates the layout of a horizontal borehole. It starts with a horizontal segment of length L₁ at an entry angle α_1. This is followed by a downward curve with radius R₁ and length L₂. A horizontal segment of length L₃ follows, then an upward curve with radius R₂ and length L₄. Finally, there is a horizontal segment of length L₅ ending at an exit angle α_2. The total length is L. A reference radius R_r is also indicated for the ground surface profile.</p>			

Sterkteberekening van een horizontaal gestuurde boring conform NEN 3650/3651:2020				Sigma 2022 1.3 ©			
Uitvoeringsaspecten							
Diameter boorstang		D_b	= 114	mm			
<i>Tijdens pilot</i>							
Diameter boorkop/boorgat		D_p	= 170	mm			
Soortelijk gewicht boorvloeistof		$\rho_{m,p}$	= 11,5	kN/m ³			
Zwichtspanning boorvloeistof		$\tau_{y,p}$	= 13,4	Pa			
Plastische viscositeit boorvloeistof		η_p	= 0,009	Pa·s			
Debiet boorvloeistof		$Q_{m,p}$	= 100	l/min			
<i>Tijdens ruimgang</i>							
Boorstangen koppelen tijden ruimen							
Diameter ruimer/boorgat		$D_{g,r}$	= 750	mm			
Soortelijk gewicht boorvloeistof		$\rho_{m,r}$	= 11,5	kN/m ³			
Zwichtspanning boorvloeistof		$\tau_{y,r}$	= 13,4	Pa			
Plastische viscositeit boorvloeistof		η_r	= 0,009	Pa·s			
Debiet boorvloeistof		$Q_{m,r}$	= 500,0	l/min			
<i>Tijdens intrekken</i>							
Equivalente diameter bundel		D_{eq}	= 500	mm			
Soortelijk gewicht boorvloeistof		$\rho_{m,i}$	= 11,5	kN/m ³			
Zwichtspanning boorvloeistof		$\tau_{y,i}$	= 13,4	Pa			
Plastische viscositeit boorvloeistof		η_i	= 0,009	Pa·s			
Debiet boorvloeistof		$Q_{m,i}$	= 300	l/min			
Aantal buizen in de bundel		n	= 4				
De bundelbuizen worden niet gekoppeld							
Gewicht vulling/extra gewicht op rollenbaan		$g_{vul, r}$	= 0,328	N/mm ¹			
Gewicht vulling/extra gewicht tpv boorgang		$g_{vul, b}$	= 0,328	N/mm ¹			
Onzekerheids- en wrijvingsfactoren							
Totaalfactor bij boring met bundels		f	= 1,8				
Belastingfactor, bovengronds		$f_{k,b}$	= 1,1				
Belastingfactor, ondergronds		$f_{k,o}$	= 1,4				
Onzekerheidsfactor straal, ondergronds		$f_{r,o}$	= 0,9				
Wrijvingscoëff. met rollenbaan		f_1	= 0,1				
Wrijving tussen leiding/boorvloeistof		f_2	= 0,00005	N/mm ²			
Wrijving tussen leiding/boorgangwand		f_3	= 0,2				
Grondmechanische gegevens en verkeersbelasting							
Locatie	Afstand t.o.v. intredepunt [m]	Dekking t.o.v. maaiveld [m]	G.W.S. t.o.v. maaiveld [m]	Grondsoort	Volumiek gewicht droge grond [kN/m ³]	Volumiek gewicht natte grond [kN/m ³]	Wrijvingshoek grond [°]
1e rechte deel	15,16	4,00	2,00	Klei	17,00	17,00	17,50
Neergaande bocht	95,81	15,30	2,00	Zand	18,00	20,00	32,50
Onverharde weg1	146,31	16,50	2,00	Zand	18,00	20,00	32,50
Onverharde weg2	170,31	16,30	2,00	Zand	18,00	20,00	32,50
Europaweg1	191,81	17,50	2,00	Zand	18,00	20,00	32,50
Europaweg2	199,81	17,50	2,00	Zand	18,00	20,00	32,50
2e rechte deel	201,81	17,20	2,00	Zand	17,00	20,00	32,50
Liechtensteinweg1	305,81	17,50	2,00	Zand	18,00	20,00	32,50
Opgaande bocht	307,81	17,50	2,00	Zand	17,00	20,00	32,50
Liechtensteinweg2	313,81	17,50	2,00	Zand	18,00	20,00	32,50
Hekwerk	367,20	11,50	2,00	Zand	18,00	20,00	32,50
3e rechte deel	386,30	7,50	2,00	Klei	17,00	17,00	17,50
						02-12-2022 09:58:12	

Locatie	Gemiddelde verticale beddingconstante [N/mm ³]	Effectieve cohesie [kN/m ²]	E-modulus ondergrond [MN/m ²]	Verkeersbelasting
1e rechte deel	0,0050	5,00	2,00	Geen
Neergaande bocht	0,0490	0,00	45,00	Geen
Onverharde weg1	-	0,00	45,00	Grafiek II
Onverharde weg2	-	0,00	45,00	Grafiek II
Europaweg1	-	0,00	45,00	Grafiek I
Europaweg2	-	0,00	45,00	Grafiek I
2e rechte deel	-	0,00	45,00	Grafiek I
Liechtensteinweg1	-	0,00	45,00	Grafiek I
Opgaande bocht	0,0490	0,00	45,00	Grafiek I
Liechtensteinweg2	0,0490	0,00	45,00	Grafiek I
Hekwerk	0,0490	0,00	45,00	Grafiek I
3e rechte deel	0,0050	5,00	2,00	Geen

Locatie	Gereduceerde grondbelasting
1e rechte deel	Geen
Neergaande bocht	Homogeen (zand)
Onverharde weg1	Homogeen (zand)
Onverharde weg2	Homogeen (zand)
Europaweg1	Homogeen (zand)
Europaweg2	Homogeen (zand)
2e rechte deel	Homogeen (zand)
Liechtensteinweg1	Homogeen (zand)
Opgaande bocht	Homogeen (zand)
Liechtensteinweg2	Homogeen (zand)
Hekwerk	Homogeen (zand)
3e rechte deel	Geen



* Niet op schaal

2. Eigenschappen van de leiding

Inwendige middellijn	$D_i = D_e - 2 \cdot d_n$	= 204,40	mm
Gemiddelde middellijn	$D_g = (D_e + D_i)/2$	= 227,20	mm
Uitwendige middellijn+bekleding	$D_o = D_e + 2 \cdot e$	= 250,00	mm
Uitwendige straal	$r_e = D_e / 2$	= 125,00	mm
Inwendige straal	$r_i = D_i / 2$	= 102,20	mm
Gemiddelde straal	$r_g = (r_e + r_i) / 2$	= 113,60	mm
Traagheidsmoment buis	$I_b = (D_e^4 - D_i^4) \cdot \pi/64$	= 106.064.835,12	mm ⁴
Weerstandsmoment buis	$W_b = I_b / r_e$	= 848.518,68	mm ³
Wandtraagheidsmoment	$I_w = d_n^3 / 12$	= 987,70	mm ⁴ /mm ¹
Wandweerstandsmoment	$W_w = d_n^2 / 6$	= 86,64	mm ³ /mm ¹
Oppervlakte leiding	$A = \pi \cdot (D_e^2 - D_i^2) / 4$	= 16.273,95	mm ²
Gewicht leiding	$g = \rho_L \cdot A$	= 0,1554	N/mm ¹

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

	<i>Leiding op rollenbaan/maaiveld</i>		<i>Leiding in boorgat</i>	
Gewicht mediumleiding	$g = 0,1554$	N/mm ¹	$g = 0,1554$	N/mm ¹
Gewicht vulling	$g_{vul} = 0,328$	N/mm ¹ +	$g_{vul} = 0,328$	N/mm ¹ +
Totaal gewicht	$g_{rol} = 0,4834$	N/mm ¹	$g_{gat} = 0,4834$	N/mm ¹

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

Trekkraft T_1 tijdens verschillende stadia [N]	L [m]	T_1 [N]
Starten met trekken	429,00	37.329
Na intrekken van L_5	386,35	33.618
Na intrekken van $L_5 + L_4$	307,81	26.784
Na intrekken van $L_5 + L_4 + L_3$	95,81	8.337
Na intrekken van $L_5 + L_4 + L_3 + L_2$	14,22	1.237

$$T_1 = f \cdot L \cdot g_{rol} \cdot f_1 = 1,8 \cdot L \cdot 0,4834 \cdot 0,1$$

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

Spanningen σ_t tijdens verschillende stadia [N/mm ²]	T_1 [N]	σ_t [N/mm ²]
Starten met trekken	37.329	2,29
Na intrekken van L_5	33.618	2,07
Na intrekken van $L_5 + L_4$	26.784	1,65
Na intrekken van $L_5 + L_4 + L_3$	8.337	0,51
Na intrekken van $L_5 + L_4 + L_3 + L_2$	1.237	0,08

$$\sigma_t = \frac{T_1}{A} = \frac{T_1}{16.273,95}$$

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

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

$$M_b = 1,1 \cdot 1.100 \cdot \frac{106.064.835}{100.000} = 1.283.384,50 \text{ Nmm}$$

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

$$\sigma_b = \frac{1.283.384,50}{848.519} = 1,51 \text{ N/mm}^2$$

4.4 Totalisatie van de optredende spanningen op rollenbaan/maaiveld

Spanningen σ_a tijdens verschillende stadia [N/mm ²]	σ_t [N/mm ²]	σ_a [N/mm ²]
Starten met trekken	2,29	3,28
Na intrekken van L ₅	2,07	3,05
Na intrekken van L ₅ + L ₄	1,65	2,63
Na intrekken van L ₅ + L ₄ + L ₃	0,51	1,50
Na intrekken van L ₅ + L ₄ + L ₃ + L ₂	0,08	1,06

$$\sigma_a = \alpha_{\sigma} \cdot \sigma_b + \sigma_t = 0,65 \cdot 1,51 + \sigma_t$$

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

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

Aantal buizen in de bundel $n = 4$

De bundelbuizen worden niet gekoppeld $\rightarrow f_b = 1/n^{0,3} = 0,660$

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

66,0% van de omtrek van de leiding komt in aanraking met bentoniet.

Hieruit volgt: $D_{e,omtrek} = 518,17 \text{ mm}^1$

Gewicht van de leiding (+vulling) in het boorgat $g_{gat} = 0,483 \text{ N/mm}^1$

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

Gelet hierop is $g_{eff} = |g_{gat} - g_{opw}| = 0,0811 \text{ N/mm}^1$

Trekkkracht T_2 en T_{3a} tijdens verschillende stadia [N]	L [m]	T_2 [N]	T_{3a} [N]
Na intrekken van L_5	42,65	3.234	-
Na intrekken van $L_5 + L_4$	121,19	-	9.189
Na intrekken van $L_5 + L_4 + L_3$	333,19	25.265	-
Na intrekken van $L_5 + L_4 + L_3 + L_2$	414,78	-	31.452
Geheel ingetrokken	429,00	32.530	-

Rechte delen: $T_2 = f \cdot L \cdot (D_{e,omtr} \cdot f_2 + g_{eff} \cdot f_3) = 1,8 \cdot L \cdot (518,17 \cdot 0,00005 + 0,0811 \cdot 0,2)$

Gebogen delen: $T_{3a} = f \cdot L_B \cdot (D_{e,omtr} \cdot f_2 + g_{eff} \cdot f_3) = 1,8 \cdot L \cdot (518,17 \cdot 0,00005 + 0,0811 \cdot 0,2)$

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

Locatie	λ [mm ⁻¹]	R [m]	Q_r [N/mm ²]	T_{3b} [N]
1e rechte deel	0,0013	275,0	0,00099	439
Neergaande bocht	0,0023	275,0	0,0031	777
Opgaande bocht	0,0023	300	0,0029	712
Liechtensteinw..	0,0023	300	0,0029	712
Hekwerk	0,0023	300	0,0029	712
3e rechte deel	0,0013	300	0,00091	403

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

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

$$T_{3b} = f \cdot 4 \cdot \frac{Q_r}{2} \cdot D_o \cdot \frac{\pi}{\lambda} \cdot f_3 = 1,8 \cdot 4 \cdot \frac{Q_r}{2} \cdot 250 \cdot \frac{\pi}{\lambda} \cdot 0,2$$

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

Trekkraft T_{bocht} tijdens verschillende stadia [N]	T_1 [N] (f = 1)	T_2 / T_{3a} [N] (f = 1)	$T_{3b,neer}$ [N] (f = 1)	$T_{3b,op}$ [N] (f = 1)	T_{bocht} [N]
Neergaande bocht	14.880	5.105	432	-	20.417
Opgaande bocht	687	17.473	432	396	18.988

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

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

Trekkraft T_{3c} tijdens verschillende stadia [N]	α [°]	T_{bocht} [N]	T_{3c} [N]
Neergaande bocht	8,50	20.417	2.173
Opgaande bocht	7,50	18.988	2.021

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

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

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

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

5.4 Totalisatie van de trekkrachten in fase II

Trekkraft T_{tot} tijdens verschillende stadia [N]	T_1 [N]	T_2 / T_{3a} [N]	$T_{3b,neer}$ [N]	$T_{3c,neer}$ [N]	$T_{3b,op}$ [N]	$T_{3c,op}$ [N]	T_{tot} [N]
Na intrekken van L_5	33.618	3.234	-	-	-	-	36.852
Na intrekken van $L_5 + L_4$	26.784	9.189	777	2.173	-	-	38.924
Na intrekken van $L_5 + L_4 + L_3$	8.337	25.265	777	2.173	-	-	36.552
Na intrekken van $L_5 + L_4 + L_3 + L_2$	1.237	31.452	777	2.173	712	2.021	38.136
Geheel ingetrokken	0	32.530	777	2.173	712	2.021	37.977

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

5.5 Karakteristieke waarden van de benodigde trekkrachten in fase II

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

Trekkracht T_{tot} tijdens verschillende stadia [N]	T_1 [N]	T_2 / T_{3a} [N]	$T_{3b,neer}$ [N]	$T_{3c,neer}$ [N]	$T_{3b,op}$ [N]	$T_{3c,op}$ [N]	T_{tot} [N]
Na intrekken van L_5	18.677	1.797	-	-	-	-	20.473
Na intrekken van $L_5 + L_4$	14.880	5.105	432	1.207	-	-	21.624
Na intrekken van $L_5 + L_4 + L_3$	4.632	14.036	432	1.207	-	-	20.307
Na intrekken van $L_5 + L_4 + L_3 + L_2$	687	17.473	432	1.207	396	1.123	21.187
Geheel ingetrokken	0	18.072	432	1.207	396	1.123	21.098

De maximale karakteristieke waarde voor de benodigde trekkracht bedraagt **21.624 N** ($\approx 2,2$ ton).

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

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

Spanningen σ_t tijdens verschillende stadia [N/mm ²]	T_{tot} [N]	σ_t [N/mm ²]
Na intrekken van L_5	36.852	2,26
Na intrekken van $L_5 + L_4$	38.924	2,39
Na intrekken van $L_5 + L_4 + L_3$	36.552	2,25
Na intrekken van $L_5 + L_4 + L_3 + L_2$	38.136	2,34
Geheel ingetrokken	37.977	2,33

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

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

5.7.1 Neergaande bocht

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

$$M_b = 1,4 \cdot 1.100 \cdot \frac{106.064.835,12}{0,9 \cdot 275.000} = 659.958,97 \text{ Nmm}$$

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

$$\sigma_b = \frac{659.958,97}{848.518,68} = 0,78 \text{ N/mm}^2$$

5.7.2 Opgaande bocht

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

$$M_b = 1,4 \cdot 1.100 \cdot \frac{106.064.835,12}{0,9 \cdot 300.000} = 604.962,39 \text{ Nmm}$$

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

$$\sigma_b = \frac{604.962,39}{848.518,68} = 0,71 \text{ N/mm}^2$$

5.8 Totalisatie van de spanningen in het boorgat tijdens de trekoperatie

Spanningen σ_a tijdens verschillende stadia [N/mm ²]	T_{tot} [N]	σ_t [N/mm ²]	σ_b [N/mm ²]	σ_a [N/mm ²]
Na intrekken van L ₅	36.852	2,26	-	2,26
Na intrekken van L ₅ + L ₄	38.924	2,39	0,78	2,90
Na intrekken van L ₅ + L ₄ + L ₃	36.552	2,25	-	2,25
Na intrekken van L ₅ + L ₄ + L ₃ + L ₂	38.136	2,34	0,71	2,81
Geheel ingetrokken	37.977	2,33	-	2,33

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

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

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

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

$$D_g/d_n = 227,20/22,80 = 9,96 \rightarrow D_g/d_n \leq 20 \rightarrow \text{Dikwandige leiding}$$

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

$$\sigma_p = \frac{125,00^2 + 102,20^2}{125,00^2 - 102,20^2} \cdot 0 = 0,00 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{y1} = \sigma_p = 0,00 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{pl} = \nu \cdot \sigma_p = 0,4 \cdot 0,00 = 0,00 \text{ N/mm}^2$$

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

6.2 Berekening reroundingfactor f_{rr}

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

$$f_{rr} = 1 / \left(1 + \frac{2 \cdot 0 \cdot 113,6^3 \cdot 0,143}{1100 \cdot 987,70} \right) = 1,00$$

6.3.1 Berekening van de neutrale grondbelasting Q_n

Locatie	Dekking t.o.v. maaiveld [m]	G.W.S. t.o.v. maaiveld [m]	Grondsoort	q_{droog} [kN/m ²]	q_{nat} [kN/m ²]	q_n [kN/m ²]	Q_n [N/mm ¹]
1e rechte deel	4,00	2,00	Klei	37,40	17,40	54,80	13,70
Neergaande bocht	15,30	2,00	Zand	39,60	159,60	199,20	49,80
Onverharde weg1	16,50	2,00	Zand	39,60	174,00	213,60	53,40
Onverharde weg2	16,30	2,00	Zand	39,60	171,60	211,20	52,80
Europaweg1	17,50	2,00	Zand	39,60	186,00	225,60	56,40
Europaweg2	17,50	2,00	Zand	39,60	186,00	225,60	56,40
2e rechte deel	17,20	2,00	Zand	37,40	182,40	219,80	54,95
Liechtensteinw..	17,50	2,00	Zand	39,60	186,00	225,60	56,40
Opgaande bocht	17,50	2,00	Zand	37,40	186,00	223,40	55,85
Liechtensteinw..	17,50	2,00	Zand	39,60	186,00	225,60	56,40
Hekwerk	11,50	2,00	Zand	39,60	114,00	153,60	38,40
3e rechte deel	7,50	2,00	Klei	37,40	47,85	85,25	21,31

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

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

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

$$Q_n = q_n \cdot D_o = (1,1 \cdot \gamma_d \cdot H_d + 1,1 \cdot \gamma_n \cdot H_n - \gamma_w \cdot H_w) \cdot 250$$

6.3.2 Berekening van de gereduceerde neutrale grondbelasting Q_{nr}

Locatie	h [m]	GWS [m]	γ' [kN/m ³]
Neergaande bocht	15,30	2,00	13,02
Onverharde weg1	16,50	2,00	12,95
Onverharde weg2	16,30	2,00	12,96
Europaweg1	17,50	2,00	12,89
Europaweg2	17,50	2,00	12,89
2e rechte deel	17,20	2,00	12,78
Liechtensteinw..	17,50	2,00	12,89
Opgaande bocht	17,50	2,00	12,77
Liechtensteinw..	17,50	2,00	12,89
Hekwerk	11,50	2,00	13,36

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

Locatie	Gereduceerde grondbelasting	B_1 [m]	$8 \cdot B_1$ [m]	$q_{n,r}$ [kN/m ²]	$Q_{n,r}$ [N/mm ¹]
Neergaande bocht	Homogeen (zand)	0,38	3,00	16,56 ⁽¹⁾	4,14
Onverharde weg1	Homogeen (zand)	0,38	3,00	16,47 ⁽¹⁾	4,12
Onverharde weg2	Homogeen (zand)	0,38	3,00	16,48 ⁽¹⁾	4,12
Europaweg1	Homogeen (zand)	0,38	3,00	16,40 ⁽¹⁾	4,10
Europaweg2	Homogeen (zand)	0,38	3,00	16,40 ⁽¹⁾	4,10
2e rechte deel	Homogeen (zand)	0,38	3,00	16,26 ⁽¹⁾	4,06
Liechtensteinw..	Homogeen (zand)	0,38	3,00	16,40 ⁽¹⁾	4,10
Opgaande bocht	Homogeen (zand)	0,38	3,00	16,24 ⁽¹⁾	4,06
Liechtensteinw..	Homogeen (zand)	0,38	3,00	16,40 ⁽¹⁾	4,10
Hekwerk	Homogeen (zand)	0,38	3,00	16,99 ⁽¹⁾	4,25

$$R = \frac{D_{gr}}{2} = \frac{750}{2} = 375 \text{ mm}$$

$$B_1 = \frac{1}{2} D_o + D_o \cdot \tan(45^\circ - \frac{1}{2} \cdot \varphi) \geq R$$

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

Indien gereduceerde grondbelasting volgens berekeningswijze 'Homogeen (zand)': ($h \geq 8 \cdot B_1$):

$$q_{n,r1} = \frac{B_1 \cdot (\gamma' - c/B_1)}{K \cdot \tan(\varphi)} \cdot \left(1 - e^{-\frac{K \cdot h \cdot \tan \varphi}{B_1}}\right) \quad (1)$$

$$Q_{n,r} = q_{n,r} \cdot D_o = q_{n,r} \cdot 250$$

6.3.3 Overzicht berekende (gereduceerde) neutrale gronddrukken

Locatie	q_n [kN/m ²]	Q_n [N/mm ¹]	$q_{n,r}$ [kN/m ²]	$Q_{n,r}$ [N/mm ¹]
1e rechte deel	54,80	13,70	-	-
Neergaande bocht	199,20	49,80	16,56	4,14
Onverharde weg1	213,60	53,40	16,47	4,12
Onverharde weg2	211,20	52,80	16,48	4,12
Europaweg1	225,60	56,40	16,40	4,10
Europaweg2	225,60	56,40	16,40	4,10
2e rechte deel	219,80	54,95	16,26	4,06
Liechtensteinw..	225,60	56,40	16,40	4,10
Opgaande bocht	223,40	55,85	16,24	4,06
Liechtensteinw..	225,60	56,40	16,40	4,10
Hekwerk	153,60	38,40	16,99	4,25
3e rechte deel	85,25	21,31	-	-

6.4 Berekening van de verkeersbelasting Q_v

Locatie	Dekking t.o.v. maaiveld [m]	Verkeersbelasting	q_v [kN/m ²]	Q_v [N/mm ¹]
1e rechte deel	4,00	Geen	0,00	0,00
Neergaande bocht	15,30	Geen	0,00	0,00
Onverharde weg1	16,50	Grafiek II	0,79	0,20
Onverharde weg2	16,30	Grafiek II	0,81	0,20
Europaweg1	17,50	Grafiek I	1,67	0,42
Europaweg2	17,50	Grafiek I	1,67	0,42
2e rechte deel	17,20	Grafiek I	1,73	0,43
Liechtensteinw..	17,50	Grafiek I	1,67	0,42
Opgaande bocht	17,50	Grafiek I	1,67	0,42
Liechtensteinw..	17,50	Grafiek I	1,67	0,42
Hekwerk	11,50	Grafiek I	3,41	0,85
3e rechte deel	7,50	Geen	0,00	0,00

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

6.5 Momenten en spanningen t.g.v. bovenbelastingen

Locatie	Q_n [N/mm ¹]	$Q_{n,r}$ [N/mm ¹]	Q_v [N/mm ¹]	Q_{boven} [N/mm ¹]	M_q [Nmm]	σ_q [N/mm ²]
1e rechte deel	13,70	-	0,00	13,70	399,97 ⁽¹⁾	4,62
Neergaande bocht	49,80	4,14	0,00	4,14	120,89 ⁽²⁾	1,40
Onverharde weg1	53,40	4,12	0,20	4,31	125,97 ⁽²⁾	1,45
Onverharde weg2	52,80	4,12	0,20	4,32	126,19 ⁽²⁾	1,46
Europaweg1	56,40	4,10	0,42	4,52	131,91 ⁽²⁾	1,52
Europaweg2	56,40	4,10	0,42	4,52	131,91 ⁽²⁾	1,52
2e rechte deel	54,95	4,06	0,43	4,50	131,25 ⁽²⁾	1,51
Liechtensteinw..	56,40	4,10	0,42	4,52	131,91 ⁽²⁾	1,52
Opgaande bocht	55,85	4,06	0,42	4,48	130,74 ⁽²⁾	1,51
Liechtensteinw..	56,40	4,10	0,42	4,52	131,91 ⁽²⁾	1,52
Hekwerk	38,40	4,25	0,85	5,10	148,91 ⁽²⁾	1,72
3e rechte deel	21,31	-	0,00	21,31	622,22 ⁽¹⁾	7,18

$$M_q = K_b \cdot (Q_n + Q_v) \cdot r_g = 0,257 \cdot (Q_n + Q_v) \cdot 113,60 \quad (1)$$

$$M_q = K_b \cdot (Q_{n,r} + Q_v) \cdot r_g = 0,257 \cdot (Q_{n,r} + Q_v) \cdot 113,60 \quad (2)$$

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

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

Locatie	R [m]	Q_r [N/mm ²]	σ_{qr} [N/mm ²]
1e rechte deel	275,0	0,00099	0,064
Neergaande bocht	275,0	0,0031	0,20
Opgaande bocht	300	0,0029	0,18
Liechtensteinw..	300	0,0029	0,18
Hekwerk	300	0,0029	0,18
3e rechte deel	300	0,00091	0,059

$$\sigma_{qr} = K_{b,ind} \cdot Q_r \cdot D_o \cdot \frac{r_u}{W_w} = 0,179 \cdot Q_r \cdot 250 \cdot \frac{125,00}{86,64}$$

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

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

$$\sigma_{ax} = 30 \cdot 0,0002 \cdot 1100 = 6,60 \text{ N/mm}^2$$

7. Toetsing op minimale ringstijfheid S_N

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

$$S_N = 1100 \cdot \frac{987,70}{227,2^3} = 0,0926 \text{ N/mm}^2 = 92,64 \text{ kN/m}^2$$

Minimaal vereiste ringstijfheid = 2 kN/m²

8. Toetsing op implosie: berekening van de alzijdige overdruk

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

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

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

$$p_{o,kort} = \frac{1}{1,5 \cdot (1 - 0,4^2)} \cdot \frac{24 \cdot 1.100,00 \cdot 987,70}{227,20^3} = 1,76 \text{ N/mm}^2$$

$$p_{o,lang} = \frac{1}{3 \cdot (1 - 0,4^2)} \cdot \frac{24 \cdot 200,00 \cdot 987,70}{227,20^3} = 0,16 \text{ N/mm}^2$$

Conclusie: Kans op implosie bij **16,04 m** grondwater boven de leiding

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

Locatie	σ_q [N/mm ²]	σ_{qr} [N/mm ²]	α_σ [-]	σ_{y2} [N/mm ²]
1e rechte deel	4,62	0,064	0,65	3,04
Neergaande bocht	1,40	0,20	0,65	1,04
Onverharde weg1	1,45	-	0,65	0,95
Onverharde weg2	1,46	-	0,65	0,95
Europaweg1	1,52	-	0,65	0,99
Europaweg2	1,52	-	0,65	0,99
2e rechte deel	1,51	-	0,65	0,98
Liechtensteinw..	1,52	-	0,65	0,99
Opgaande bocht	1,51	0,18	0,65	1,10
Liechtensteinw..	1,52	0,18	0,65	1,11
Hekwerk	1,72	0,18	0,65	1,24
3e rechte deel	7,18	0,059	0,65	4,71

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

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

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

9.2 Optredende spanningen in langsrichting van de leiding

Locatie	σ_{pl} [N/mm ²]	σ_{ax} [N/mm ²]	σ_b [N/mm ²]	α_{σ} [-]	σ_x [N/mm ²]
1e rechte deel	0,00	6,60	0,78	0,65	7,11
Neergaande bocht	0,00	6,60	0,78	0,65	7,11
Onverharde weg1	0,00	6,60	-	-	6,60
Onverharde weg2	0,00	6,60	-	-	6,60
Europaweg1	0,00	6,60	-	-	6,60
Europaweg2	0,00	6,60	-	-	6,60
2e rechte deel	0,00	6,60	-	-	6,60
Liechtensteinw..	0,00	6,60	-	-	6,60
Opgaande bocht	0,00	6,60	0,71	0,65	7,06
Liechtensteinw..	0,00	6,60	0,71	0,65	7,06
Hekwerk	0,00	6,60	0,71	0,65	7,06
3e rechte deel	0,00	6,60	0,71	0,65	7,06

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

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

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

10. Berekening van de optredende en toelaatbare deflectie

Locatie	Q_n [N/mm ¹]	$Q_{n,r}$ [N/mm ¹]	Q_v [N/mm ¹]	Q_r [N/mm ²]	δ_Y [mm]	δ_Y/D_g [%]
1e rechte deel	13,70	-	0,00	0,00099	2,29 ⁽¹⁾	1,01
Neergaande bocht	49,80	4,14	0,00	0,0031	1,86 ⁽²⁾	0,61
Onverharde weg1	53,40	4,12	0,20	-	1,89 ⁽²⁾	0,62
Onverharde weg2	52,80	4,12	0,20	-	1,89 ⁽²⁾	0,62
Europaweg1	56,40	4,10	0,42	-	1,93 ⁽²⁾	0,63
Europaweg2	56,40	4,10	0,42	-	1,93 ⁽²⁾	0,63
2e rechte deel	54,95	4,06	0,43	-	1,92 ⁽²⁾	0,63
Liechtensteinw..	56,40	4,10	0,42	-	1,93 ⁽²⁾	0,63
Opgaande bocht	55,85	4,06	0,42	0,0029	1,91 ⁽²⁾	0,63
Liechtensteinw..	56,40	4,10	0,42	0,0029	1,93 ⁽²⁾	0,63
Hekwerk	38,40	4,25	0,85	0,0029	2,10 ⁽²⁾	0,69
3e rechte deel	21,31	-	0,00	0,00091	3,57 ⁽¹⁾	1,57

$$\delta_Y = \frac{(0,089 \cdot Q - 0,095 \cdot Q_{n,h} + 0,048 \cdot Q_r) \cdot r_g^3}{E' \cdot I_w} \quad (1)$$

$$\delta_Y = \frac{(0,089 \cdot (Q_n + \frac{1}{2} \cdot Q_v) - 0,095 \cdot (1 - \sin \varphi) \cdot (Q_n + \frac{1}{2} \cdot Q_v) + 0,048 \cdot Q_r) \cdot 113,60^3}{200 \cdot 987,70}$$

$$\delta_Y = \frac{(0,089 \cdot Q - 0,095 \cdot Q_{n,r} + 0,048 \cdot Q_r) \cdot r_g^3}{E' \cdot I_w} \quad (2)$$

$$\delta_Y = \frac{(0,089 \cdot (Q_{n,r} + \frac{1}{2} \cdot Q_v) - 0,095 \cdot \frac{(1 - \sin \varphi)}{(1 + \sin \varphi)} \cdot (Q_{n,r} + \frac{1}{2} \cdot Q_v) + 0,048 \cdot Q_r) \cdot 113,60^3}{200 \cdot 987,70}$$

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

11. Berekening van de boorspoeldrukken

Locatie	H [m]	σ_{vert} [kN/m ²]	σ_{hor} [kN/m ²]	σ_o' [kN/m ²]	p'_r [kN/m ²]	E_{100} [MN/m ²]
1e rechte deel	4,00	41,82	29,24	35,53	50,98	1,24
Neergaande bocht	15,30	141,55	65,49	103,52	159,14	63,51
Onverharde weg1	16,50	151,36	70,04	110,70	170,18	65,77
Onverharde weg2	16,30	149,73	69,28	109,50	168,34	65,40
Europaweg1	17,50	159,55	73,82	116,68	179,38	67,59
Europaweg2	17,50	159,55	73,82	116,68	179,38	67,59
2e rechte deel	17,20	155,27	71,84	113,56	174,57	66,72
Liechtensteinw..	17,50	159,55	73,82	116,68	179,38	67,59
Opgaande bocht	17,50	157,73	72,98	115,35	177,33	67,26
Liechtensteinw..	17,50	159,55	73,82	116,68	179,38	67,59
Hekwerk	11,50	110,45	51,11	80,78	124,18	55,77
3e rechte deel	7,50	60,91	42,59	51,75	72,08	1,76

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

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

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

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

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

Locatie	G [MN/m ²]	Q [-]	u [N/mm ²]	v [-]	p _{lim} [N/mm ²]	90% p _{lim} [bar]
1e rechte deel	1,03	0,015	0,0200	0,4115	0,18	1,63
Neergaande bocht	34,11	0,0016	0,1330	0,3163	1,63	14,70
Onverharde weg1	35,32	0,0017	0,1450	0,3163	1,73	15,58
Onverharde weg2	35,12	0,0017	0,1430	0,3163	1,71	15,43
Europaweg1	36,30	0,0017	0,1550	0,3163	1,81	16,31
Europaweg2	36,30	0,0017	0,1550	0,3163	1,81	16,31
2e rechte deel	35,83	0,0017	0,1520	0,3163	1,77	15,95
Liechtensteinw..	36,30	0,0017	0,1550	0,3163	1,81	16,31
Opgaande bocht	36,12	0,0017	0,1550	0,3163	1,80	16,17
Liechtensteinw..	36,30	0,0017	0,1550	0,3163	1,81	16,31
Hekwerk	29,95	0,0014	0,0950	0,3163	1,31	11,83
3e rechte deel	1,47	0,014	0,0550	0,4115	0,28	2,48

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

$$Q = \frac{\sigma'_0 \cdot \sin(\varphi) + c \cdot \cos(\varphi)}{G}$$

$$u = \gamma_w \cdot H_n$$

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

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

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

11.1 Tijdens pilot

Locatie	$R_{p,max}$ [m]	Δh_{in} [m]	p_{max} [N/mm ²]	p_{max} [bar] 2	p_{min} [N/mm ²]	p_{min} [bar] 3
1e rechte deel	2,00	4,44	0,18	1,76	0,05	0,55
Neergaande bocht	0,67	16,17	0,78	7,82	0,21	2,09
Onverharde weg1	0,66	16,17	0,83	8,31	0,22	2,22
Onverharde weg2	0,66	16,17	0,82	8,23	0,23	2,28
Europaweg1	0,65	16,17	0,87	8,72	0,23	2,33
Europaweg2	0,65	16,17	0,87	8,72	0,23	2,35
2e rechte deel	0,65	16,17	0,85	8,53	0,24	2,35
Liechtensteinw..	0,65	16,17	0,87	8,72	0,26	2,61
Opgaande bocht	0,65	16,17	0,87	8,65	0,26	2,61
Liechtensteinw..	0,65	16,11	0,87	8,72	0,26	2,62
Hekwerk	0,71	10,31	0,62	6,23	0,21	2,09
3e rechte deel	3,75	5,96	0,27	2,74	0,16	1,63

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

$$R_o = \frac{D_p}{2} = \frac{170}{2} = 85 \text{ mm}$$

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

$$v_{m,p} = \frac{Q_{m,p}}{A_p} = \frac{100}{1/4 \cdot \pi \cdot (D_p^2 - D_b^2)} = \frac{100}{1/4 \cdot \pi \cdot (170^2 - 114^2)} = 0,133 \text{ m/s}$$

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

11.2 Tijdens ruimgang

Locatie	$R_{p,max}$ [m]	Δh_{uit} [m]	P_{max} [N/mm ²]	P_{max} [bar] 4	P_{min} [N/mm ²]	P_{min} [bar] 5
3e rechte deel	3,75	11,05	0,25	2,48	0,13 ⁽¹⁾	1,28
Hekwerk	3,12	15,40	0,62	6,23	0,18 ⁽¹⁾	1,78
Liechtensteinw..	2,85	21,20	0,87	8,72	0,25 ⁽¹⁾	2,46
Opgaande bocht	2,86	21,26	0,87	8,65	0,25 ⁽¹⁾	2,47
Liechtensteinw..	2,85	21,26	0,87	8,72	0,25 ⁽¹⁾	2,47
2e rechte deel	2,87	21,26	0,85	8,53	0,24 ⁽²⁾	2,40
Europaweg2	2,85	21,26	0,87	8,72	0,24 ⁽²⁾	2,39
Europaweg1	2,85	21,26	0,87	8,72	0,24 ⁽²⁾	2,37
Onverharde weg2	2,90	21,26	0,82	8,23	0,23 ⁽²⁾	2,32
Onverharde weg1	2,89	21,26	0,83	8,31	0,23 ⁽²⁾	2,25
Neergaande bocht	2,94	21,26	0,78	7,82	0,21 ⁽²⁾	2,12
1e rechte deel	2,00	9,53	0,14	1,38	0,06 ⁽²⁾	0,55

$$R_o = \frac{D_{g,r}}{2} = \frac{750}{2} = 375 \text{ mm}$$

$$v_{m,r,uit} = \frac{Q_{m,r}}{A_r} = \frac{500,0}{1/4 \cdot \pi \cdot (D_{g,r}^2 - D_b^2)} = \frac{500,0}{1/4 \cdot \pi \cdot (750^2 - 114^2)} = 0,019 \text{ m/s}$$

$$v_{m,r,in} = \frac{Q_{m,r}}{A_p} = \frac{500,0}{1/4 \cdot \pi \cdot (D_p^2 - D_b^2)} = \frac{500,0}{1/4 \cdot \pi \cdot (170^2 - 114^2)} = 0,667 \text{ m/s}$$

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

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

11.3 Tijdens intrekken

Locatie	$R_{p,max}$ [m]	Δh_{uit} [m]	p_{max} [N/mm ²]	p_{max} [bar] 6	p_{min} [N/mm ²]	p_{min} [bar] 7
3e rechte deel	3,75	11,05	0,25	2,48	0,08 ⁽²⁾	0,77
Hekwerk	3,12	15,40	0,62	6,23	0,13 ⁽²⁾	1,26
Liechtensteinw..	2,85	21,20	0,87	8,72	0,19 ⁽²⁾	1,92
Opgaande bocht	2,86	21,26	0,87	8,65	0,19 ⁽²⁾	1,93
Liechtensteinw..	2,85	21,26	0,87	8,72	0,19 ⁽²⁾	1,93
2e rechte deel	2,87	21,26	0,85	8,53	0,19 ⁽²⁾	1,90
Europaweg2	2,85	21,26	0,87	8,72	0,19 ⁽²⁾	1,90
Europaweg1	2,85	21,26	0,87	8,72	0,19 ⁽²⁾	1,90
Onverharde weg2	2,90	21,26	0,82	8,23	0,19 ⁽²⁾	1,90
Onverharde weg1	2,89	21,26	0,83	8,31	0,19 ⁽²⁾	1,89
Neergaande bocht	2,94	21,26	0,78	7,82	0,19 ⁽²⁾	1,88
1e rechte deel	2,00	9,53	0,14	1,38	0,05 ⁽²⁾	0,51

$$D_{eq} = \sqrt{\sum_{i=1}^n D_{0,i}^2} = 500 \text{ mm}$$

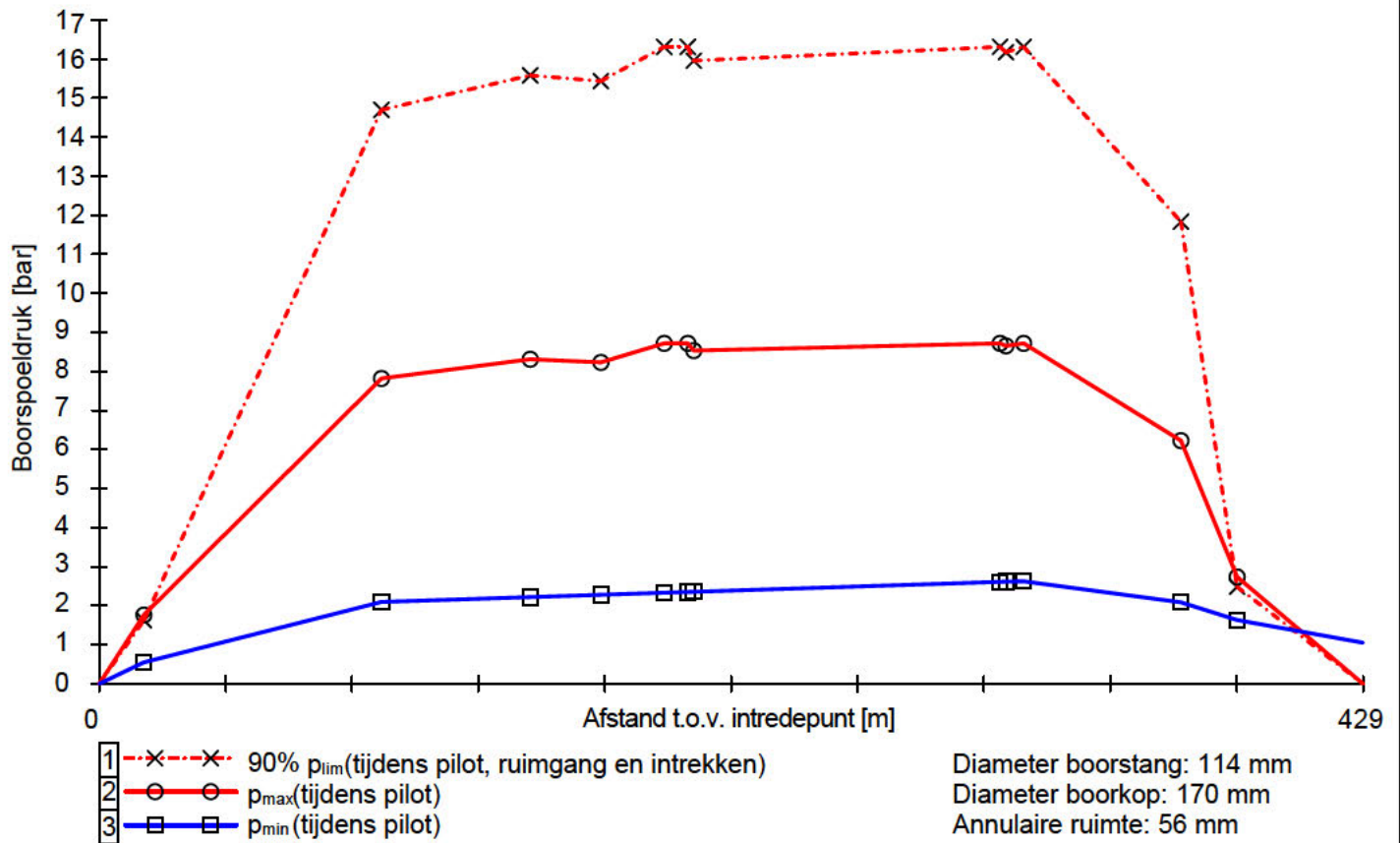
$$R_o = \frac{D_{g,r}}{2} = \frac{750}{2} = 375 \text{ mm}$$

$$v_{m,i,uit} = \frac{Q_{m,i}}{A_i} = \frac{300}{1/4 \cdot \pi \cdot (D_{g,r}^2 - D_{eq}^2)} = \frac{300}{1/4 \cdot \pi \cdot (750^2 - 500^2)} = 0,020 \text{ m/s}$$

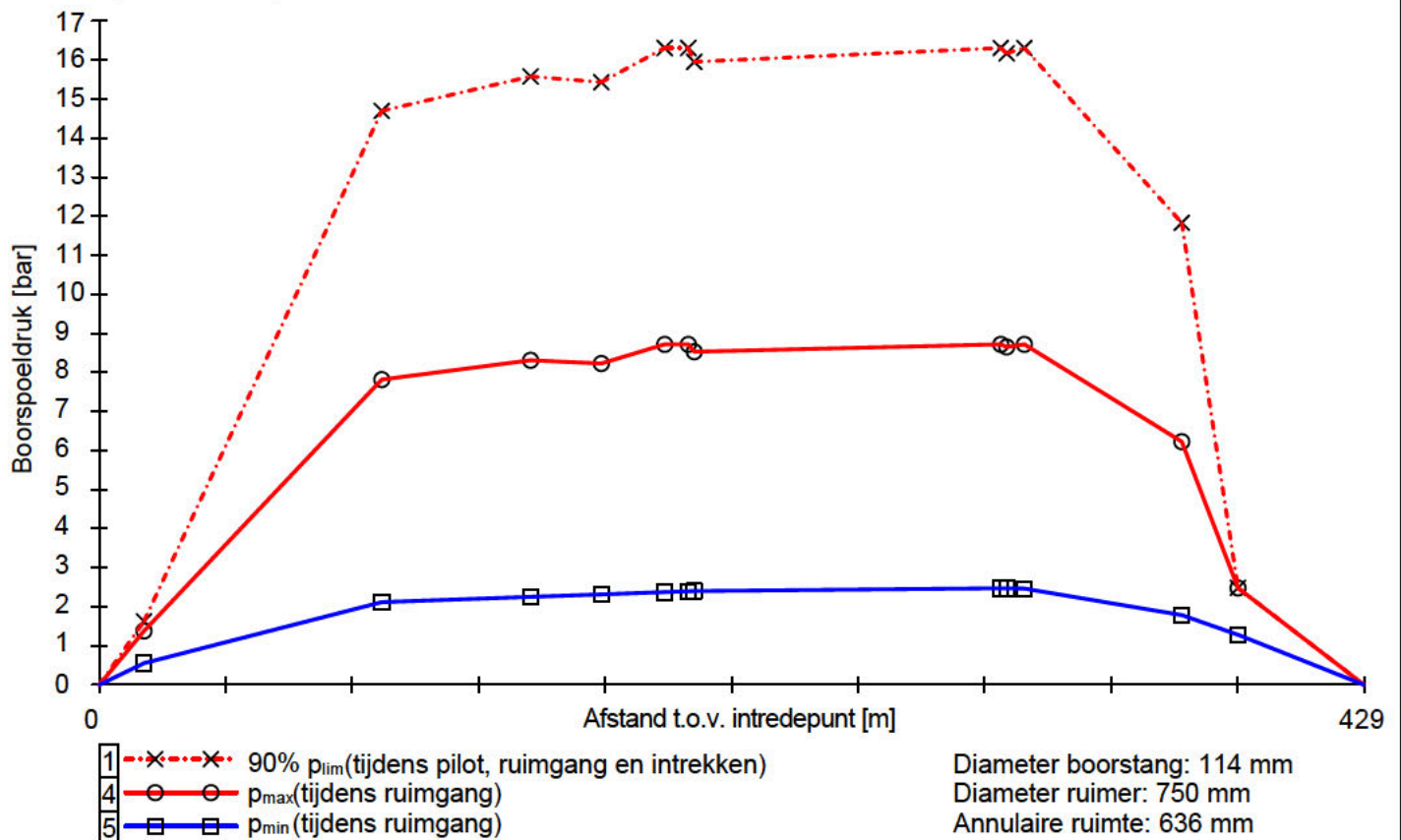
$$p_{min,uit} = \left(\frac{14580 \cdot \eta_i \cdot v_{m,i,uit}}{(D_{g,r} - D_{eq})^2} + \frac{\tau_{y,i}}{D_{g,r} - D_{eq}} \right) \cdot (L_{tot} - L) + \rho_{m,i} \cdot \Delta h_{uit} \quad (1)$$

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

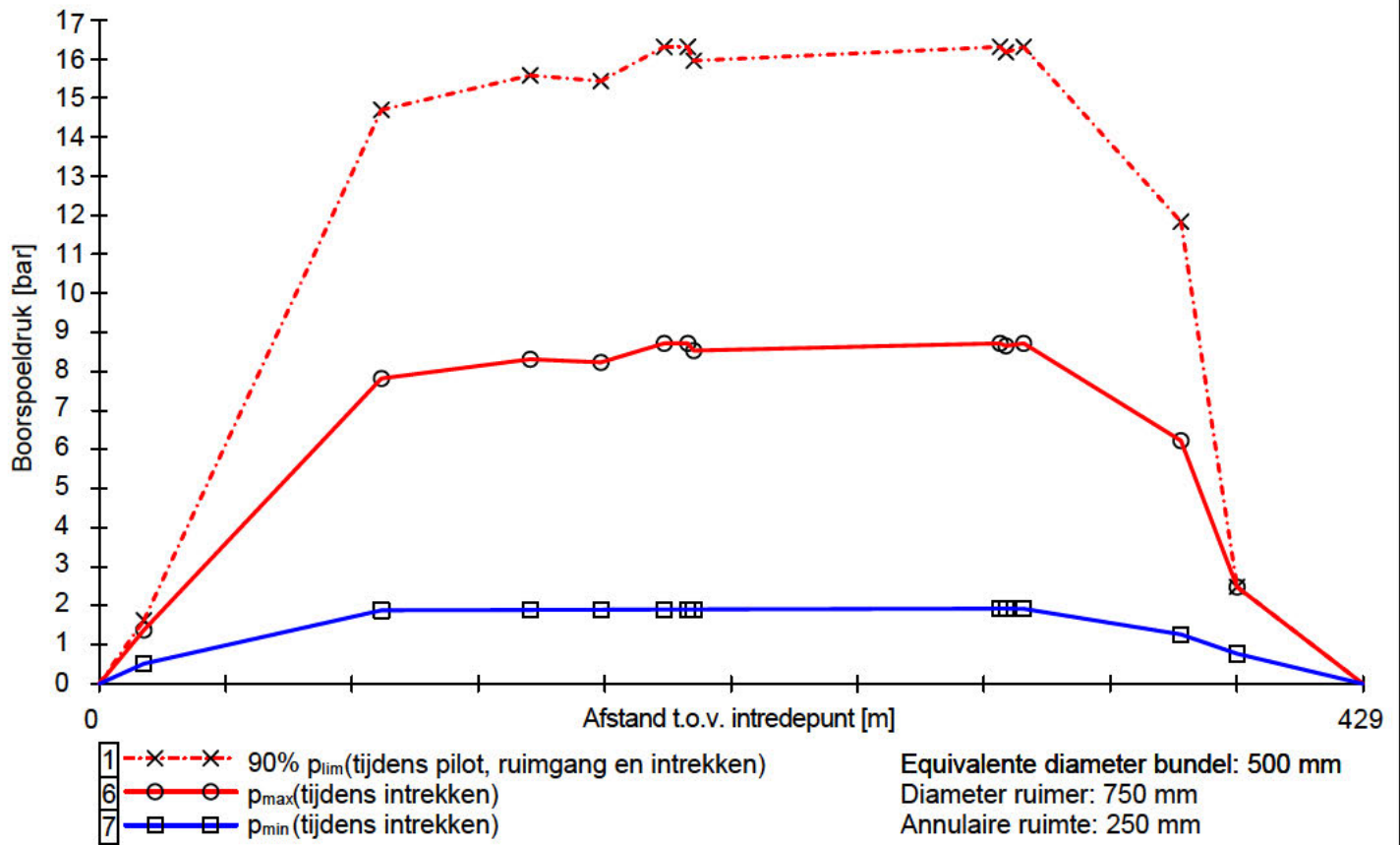
11.4 Boorspoeldrukken tijdens pilot



11.5 Boorspoeldrukken tijdens ruimen



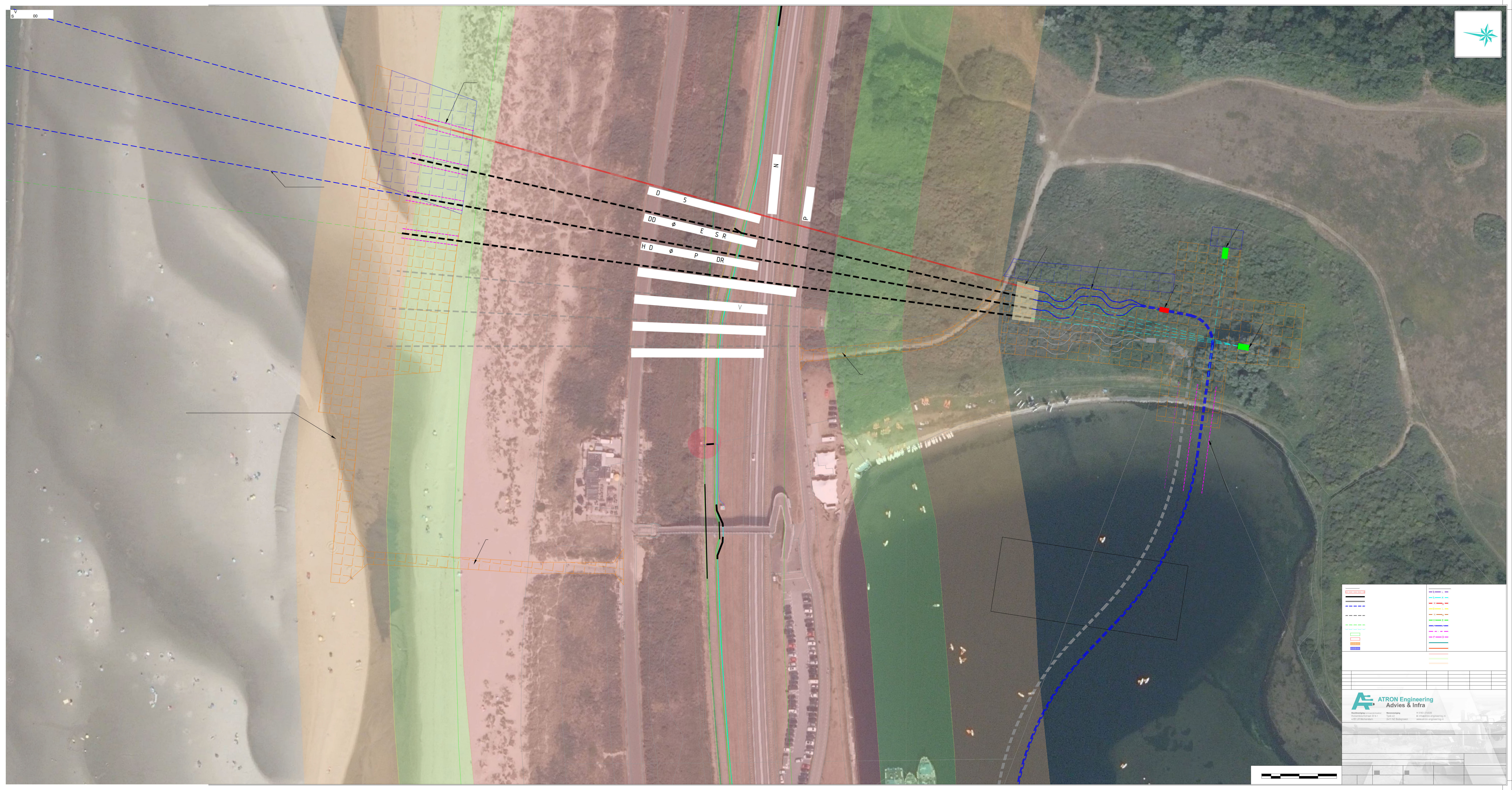
11.6 Boorspoeldrukken tijdens intrekken



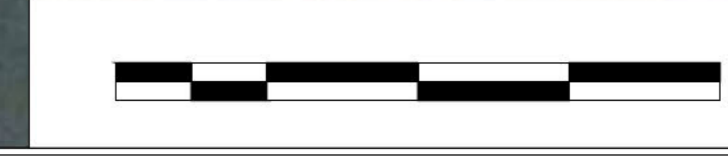
Net op Zee – Nederwiek 1

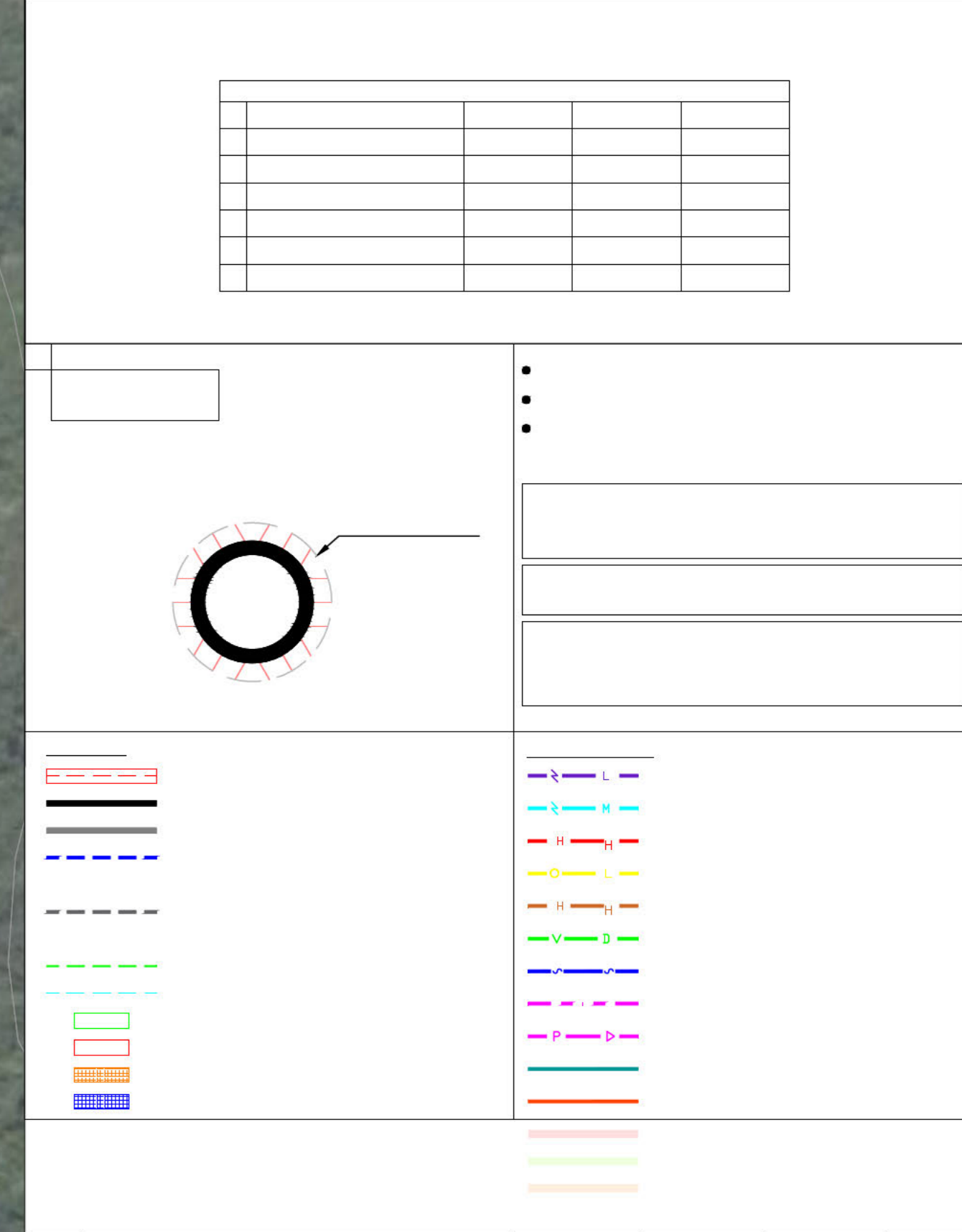
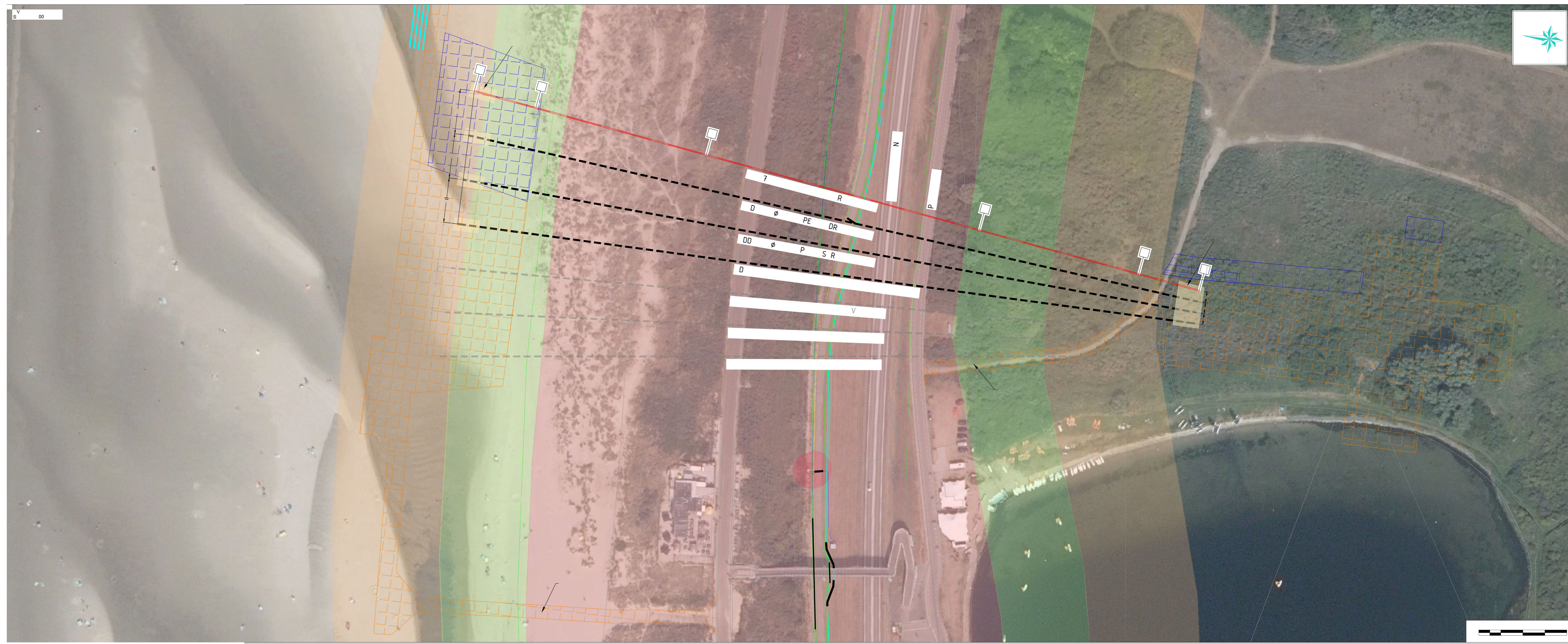
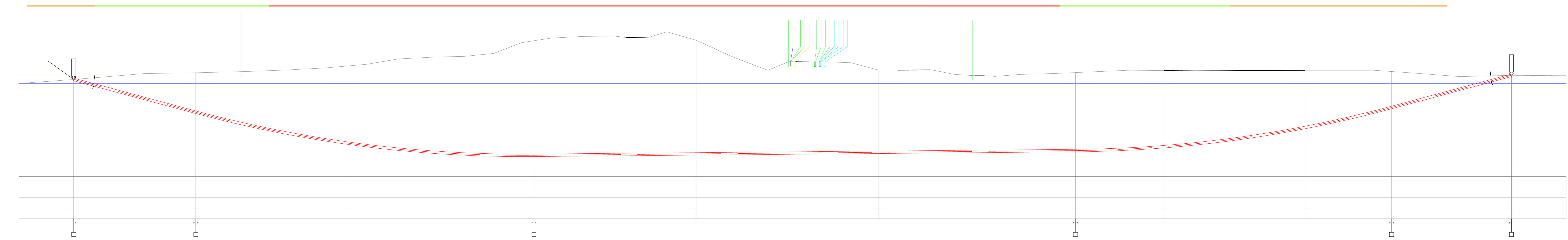
Aanvraag watervergunning Waterschap Scheldestromen

Bijlage 7: Technische tekening boring Veerse Gatdam



--	--





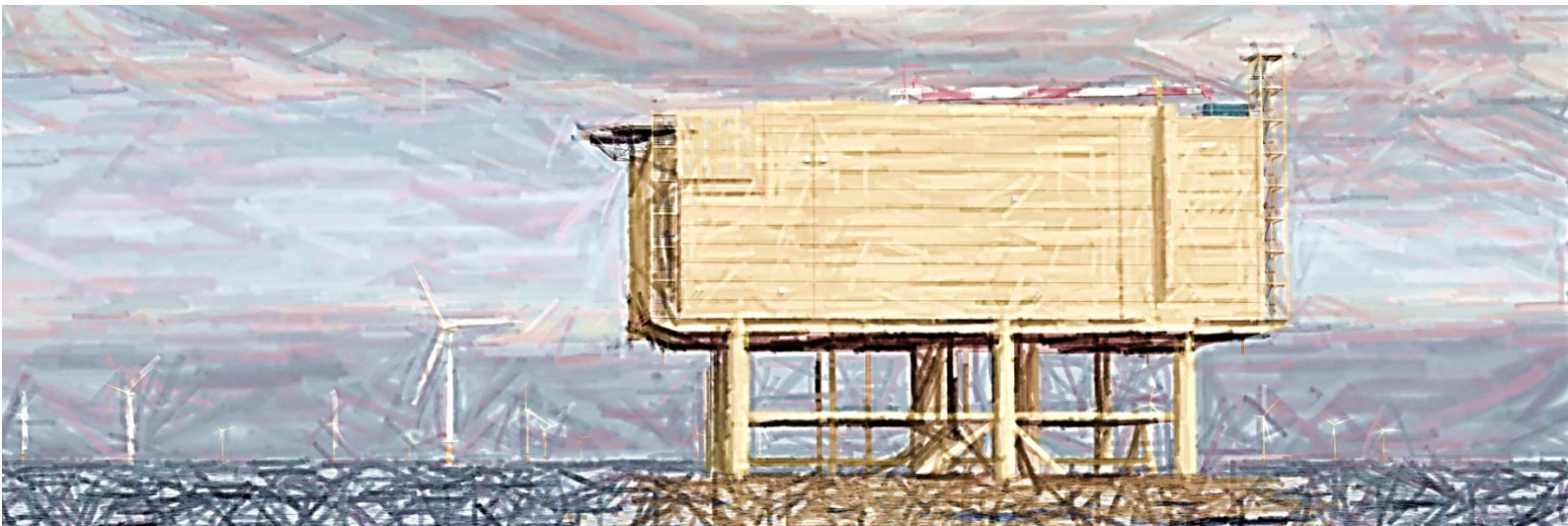
Net op Zee – Nederwiek 1

Aanvraag watervergunning Waterschap Scheldestromen

Bijlage 8: Stabiliteit waterkeringen Net op Zee – Nederwiek 1

Net op zee Nederwiek 1

Stabiliteit waterkeringen



Datum: 05-07-2023
Versienummer: 1.0
Status: Definitief

In opdracht van:



Ministerie van Economische Zaken
en Klimaat

INHOUDSOPGAVE

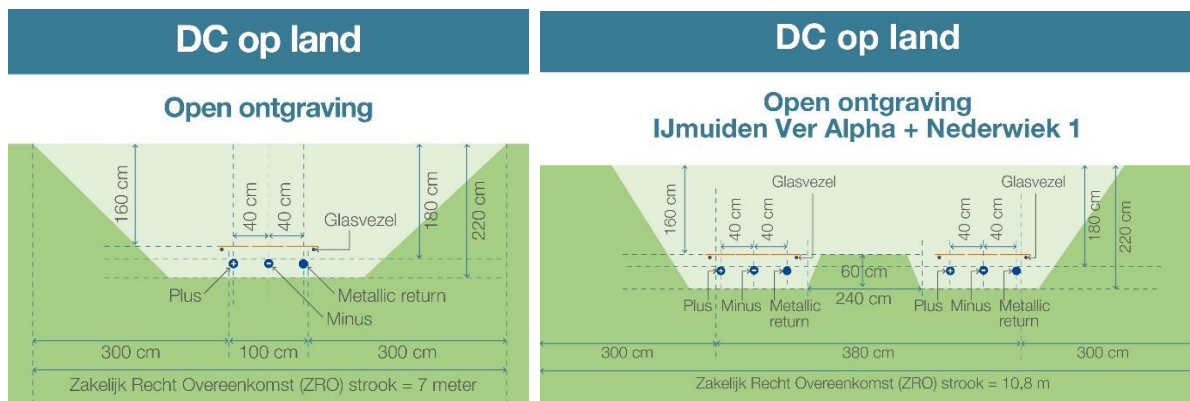
1	Inleiding.....	2
2	Achtergrond en gegevens	3
2.1	Deeltracé A1 – Veerse Gatdam.....	5
2.2	Deeltracé A2 – Spoorlijn en A58	7
2.3	Deeltracé A3 – Westelijk N254	8
2.4	Deeltracé A4 – Westelijk N62	10
2.5	Deeltracé A5 – Aansluiting met converterstation	12
2.6	Converterstation	12
3	Beoordeling per deelgebied.....	14
3.1	Beoordeling deeltracé A1 – Veerse Gatdam.....	14
3.2	Beoordeling deeltracé A2 – Spoorlijn en A58	15
3.3	Beoordeling deeltracé A3 – Westelijk N254	15
3.4	Beoordeling deeltracé A4 – Westelijk N62	17
3.5	Beoordeling deeltracé A5 – Aansluiting met converterstation	17
3.6	Beoordeling converterstation.....	18
4	Conclusie	20
	Colofon.....	21

1 Inleiding

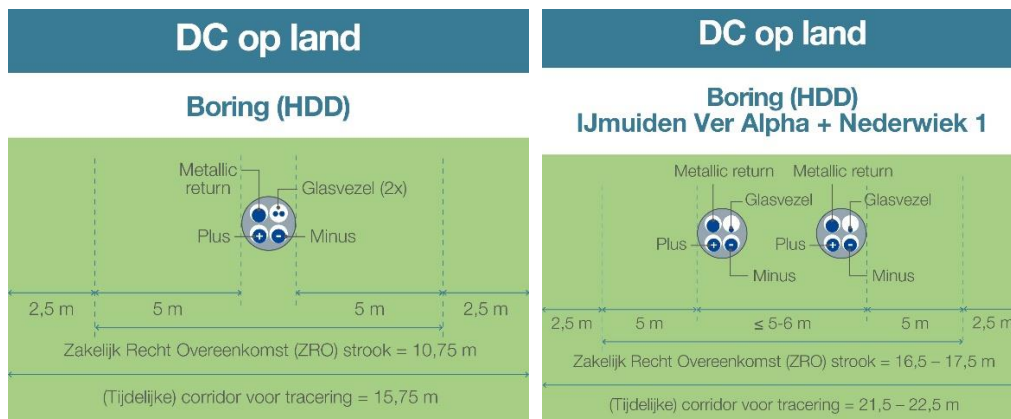
Deze rapportage betreft een quickscan van de onderdelen van het Net op zee Nederwiek 1 in of nabij waterkeringen. Het betreft het kabeltracé waar deze waterkeringen kruist of parallel daaraan loopt en in de beschermingszones van deze keringen valt. Daarnaast is ook de locatie van het converterstation onderzocht. Hiervoor is het wenselijk om vooraf en op hoofdlijnen (zonder vergaande inhoudelijke berekeningen) helder te hebben of en waar significante effecten zijn te verwachten met waterveiligheid.

Op basis van expert judgement is in deze memo beoordeeld of er aanleiding is om effecten te verwachten met betrekking tot het aspect waterveiligheid. Een aantasting van de stabiliteit van een waterkering kan een negatief effect hebben op waterveiligheid en daarmee op het overstromingsrisico van gebieden beschermd door waterkeringen. In de waterveiligheidsbeoordeling is onderscheid gemaakt tussen twee situaties, namelijk de aanlegfase en de gebruiksfase. Daarnaast is er met betrekking tot het kabeltracé op land gekeken naar twee manieren van aanleg, namelijk door middel van:

- Open ontgravingen (zie Figuur 1 voor dwarsprofiel) en;
- Boringen (zie Figuur 2, langsdoorsnede zijn locatie specifiek).



Figuur 1 Dwarsprofiel met afmetingen open ontgraving en open ontgraving i.c.m. Net op zee IJmuiden Ver Alpha



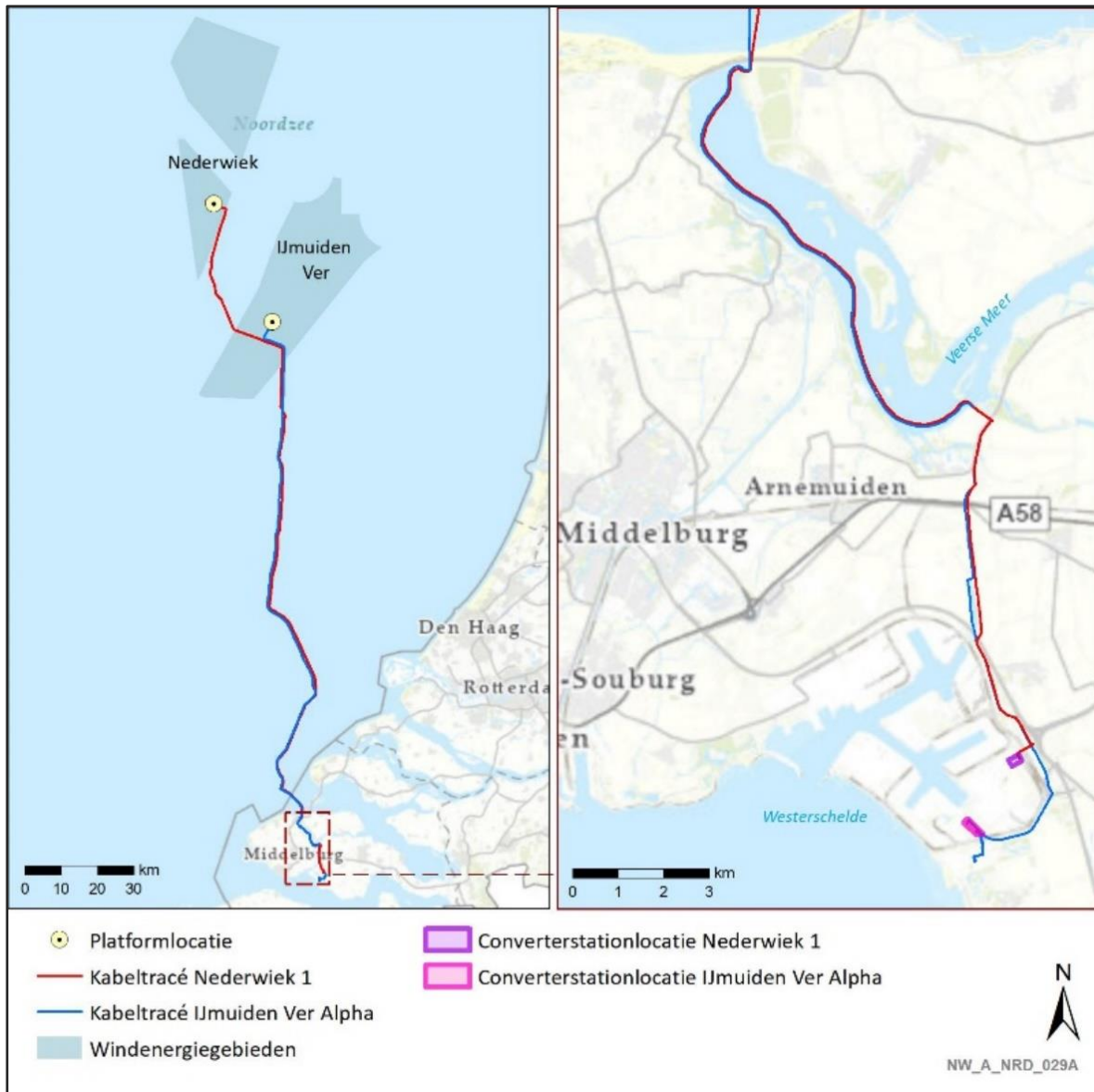
Figuur 2 Dwarsprofiel en onderlinge afstand bij boringen en boringen i.c.m. Net op zee IJmuiden Ver Alpha

Met name de boringen die onder de waterkering doorlopen, hebben in potentie de grootste bijdrage in het vergroten van het overstromingsrisico. De boringen onder waterkeringen door, maar ook degene die parallel lopen aan een waterkering, zijn echter al deels in detail uitgewerkt (en beoordeeld) of worden volgens de geldende NEN-normen (NEN3650/3651) uitgewerkt. Hieruit kan geconcludeerd worden dat de boringen voor het Net op zee Nederwiek 1 met hun in- en uittredepunt nagenoeg altijd buiten de beschermingszone (of beschermingszone A) vallen en de kans op een significante bijdrage aan de overstromingskans verwaarloosbaar is. Bij de uitwerking van de boringen die een waterkring kruisen is ook expliciet aandacht besteed aan het voorkomen van het vergroten van de kans op kwel dan wel *piping*. Daarbij is er verschil tussen de situaties waar de kering direct buitenwater (tijdens stormcondities) moet keren en de situaties waarbij de kering aan beide zijden droog is (in geval van enkele regionale keringen). Hier is in de volgende paragrafen nader op in gegaan.

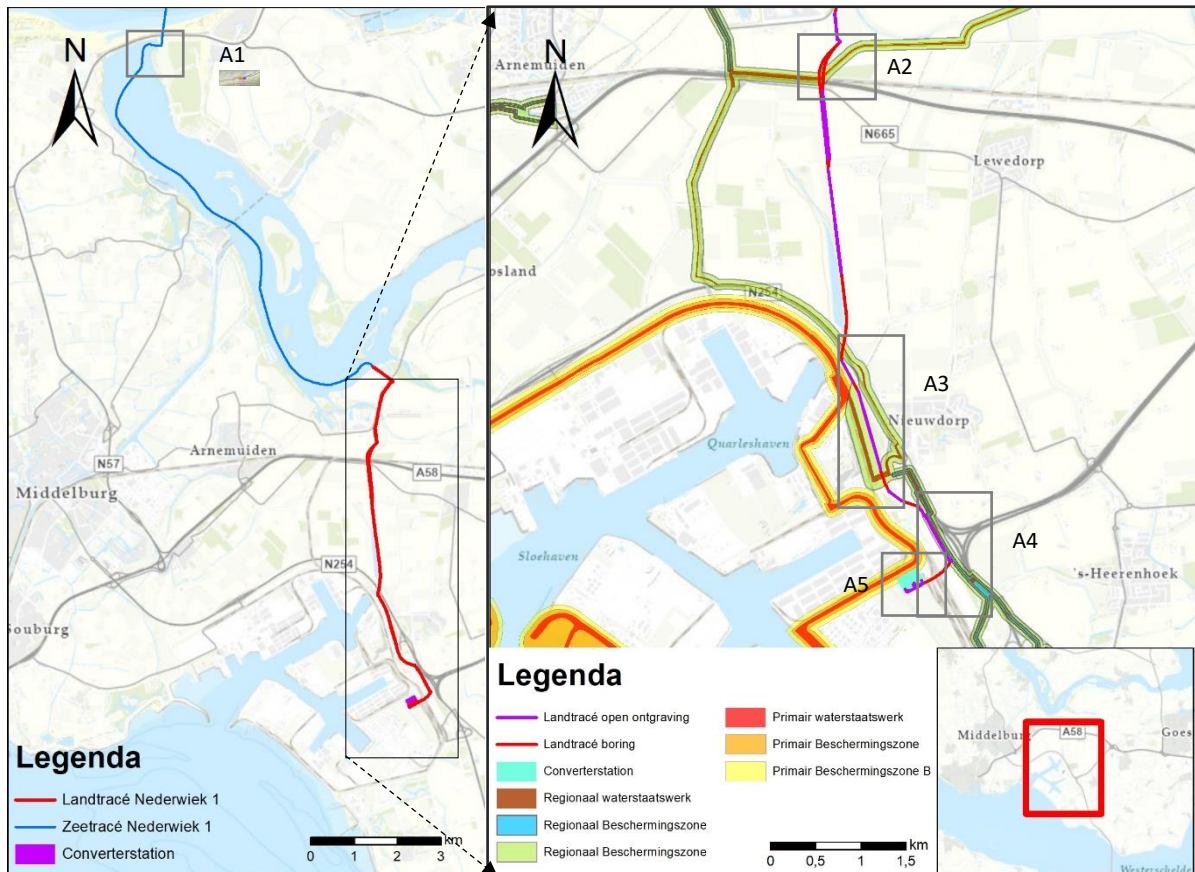
Tevens zijn, waar mogelijk relevant geacht, de cumulatie van effecten meegenomen die kunnen ontstaan door de aanleg van Net op zee IJmuiden Ver Alpha die een vergelijkbaar kabeltracé volgt, zie Figuur 3.

2 Achtergrond en gegevens

Het kabeltracé van het Net op zee Nederwiek 1 komt ter plaatse van de Veerse Gatdam aan op land. Daar kruist het kabeltracé de Veerse Gatdam middels horizontaal gestuurde boringen. Daarna doorkruist het kabeltracé het Veerse Meer in de lengte waarna het kabeltracé op land verder gaat en diverse regionale waterkeringen kruist voordat het kabeltracé nabij de Liechtensteinweg aansluit op het converterstation dat nabij een primaire waterkering is gepland. Voor de beoordeling waterveiligheid waterkeringen is het kabeltracé in deelgebieden opgedeeld, zie genummerde kaders in Figuur 4. Deze deelgebieden zijn in de volgende paragrafen verder beschreven.



Figuur 3 Overzicht kabeltracé Net op zee Nederwiek 1 en parallelle ligging van Net op zee Ijmuiden Ver Alpha



Figuur 4 Overzicht boringen en open ontgravingen kabeltracé Net op zee Nederwiek 1 op land met de vijf deelgebieden voor de waterveiligheidsbeschouwing.

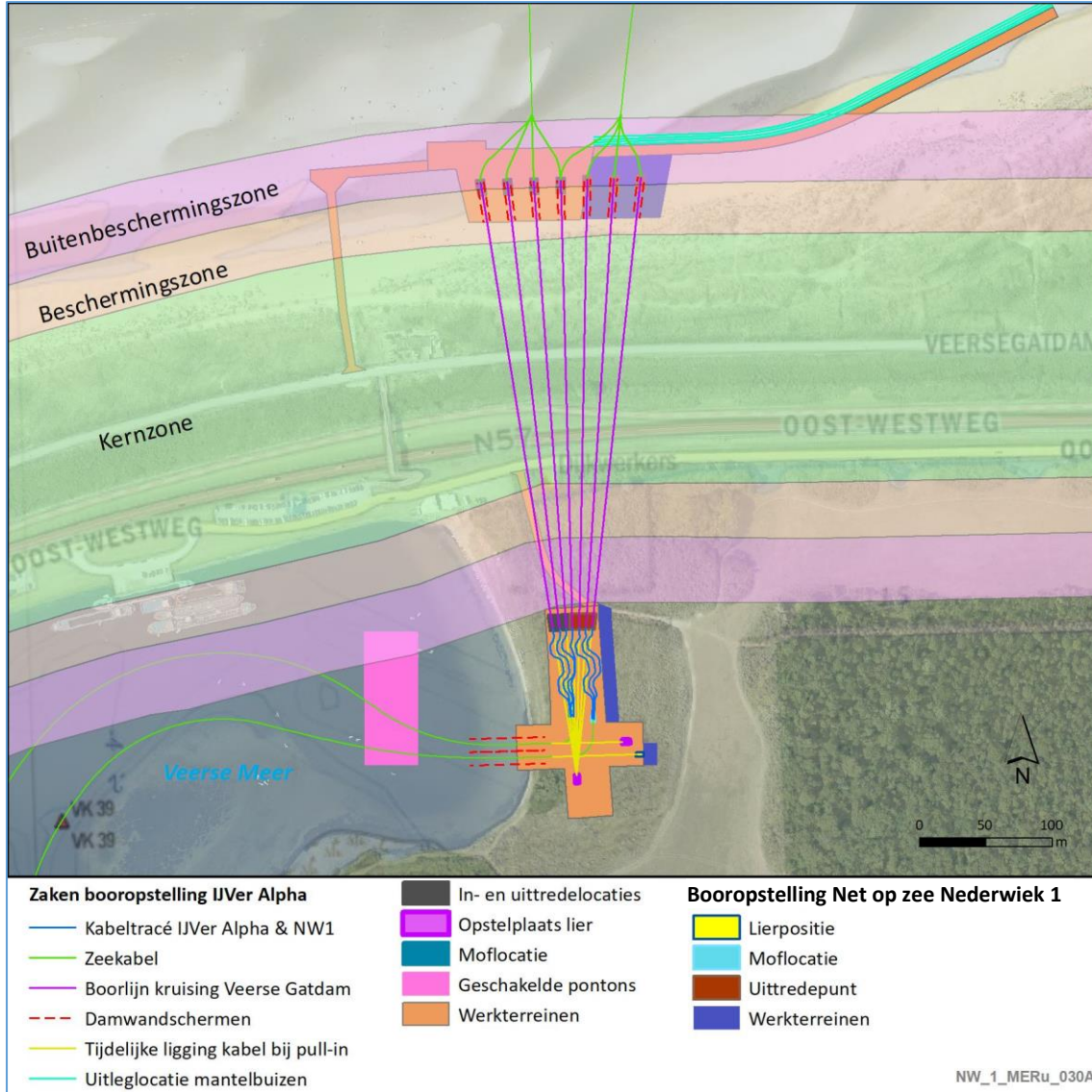
2.1 Deeltracé A1 – Veerse Gatdam

De Veerse Gatdam is een primaire waterkering (traject 29-1) in beheer bij Rijkswaterstaat. Dijktraject 29-1 is in de Waterwet opgenomen en heeft een signaleringswaarde 1:3.000 per jaar¹ en een ondergrenswaarde (maximaal toelaatbare overstromingskans) van 1:1.000 per jaar. De Veerse Gatdam keert het Noordzeewater en voorkomt hoge waterstanden in het achterliggende gebied, onder andere het Veerse Meer.

Bij de kruising van de Veerse Gatdam komen drie kabels van het Net op zee Nederwiek 1 ieder in een aparte boring te liggen (vergelijkbaar met de vier kabels van Net op zee IJmuiden Ver Alpha). De vierde kabel, de glasvezelkabel, van Net op zee Nederwiek 1, wordt gecombineerd met de boring voor glasvezelkabel voor Net op zee IJmuiden Ver Alpha. De kruising onder de waterkering door wordt uitgevoerd met mantelbuizen waarin de kabels zullen worden aangelegd. Dit is uitvoerig beschreven in het rapport “Aanlanding kabels bij Veerse Gatdam, Nederwiek 1”, rapport 11208418-002-GEO-0001, versie 2.0 van 20-12-2022. De kabels zullen worden geïnstalleerd in drie mantelbuizen met een diameter van circa 450 mm. De mantelbuizen worden door middel van parallelle horizontaal gestuurde boringen aangelegd, ze hebben een lengte van circa 340 m. Het bovenaanzicht van de aanlandingslocatie is in Figuur 5 weergegeven. De dwarsdoorsnede is weergegeven in Figuur 6. Voor de glasvezelverbinding van Net op zee Nederwiek 1 wordt gebruik gemaakt van de boring van Net op zee IJmuiden Ver Alpha, zodat beide glasvezelverbindingen

¹ <https://wetten.overheid.nl/BWBR0025458/2021-01-01>

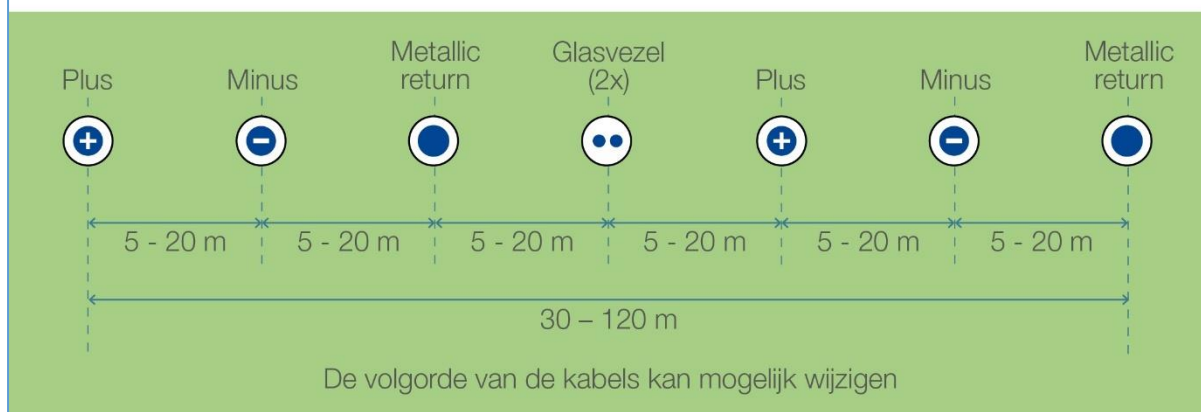
worden gecombineerd in één boring. De intredepunten van de boringen ten zuiden van de Veerse Gatdam bevinden zich in het achterland van de waterkering buiten de beschermingszone van de kering. De uittredepunten bevinden zich in het voorland van de waterkering buiten de 'beschermingszone' (en valt in de 'buitenbeschermingszone').



Figuur 5 Bovenaanzicht horizontaal gestuurde boringen met de kruising Veerse Gatdam met de boring voor Net op zee IJmuiden Ver Alpha en Net op zee Nederwiek 1

Kruising Veerse Gatdam

Boringen (HDD) Ijmuiden Ver Alpha + Nederwiek 1

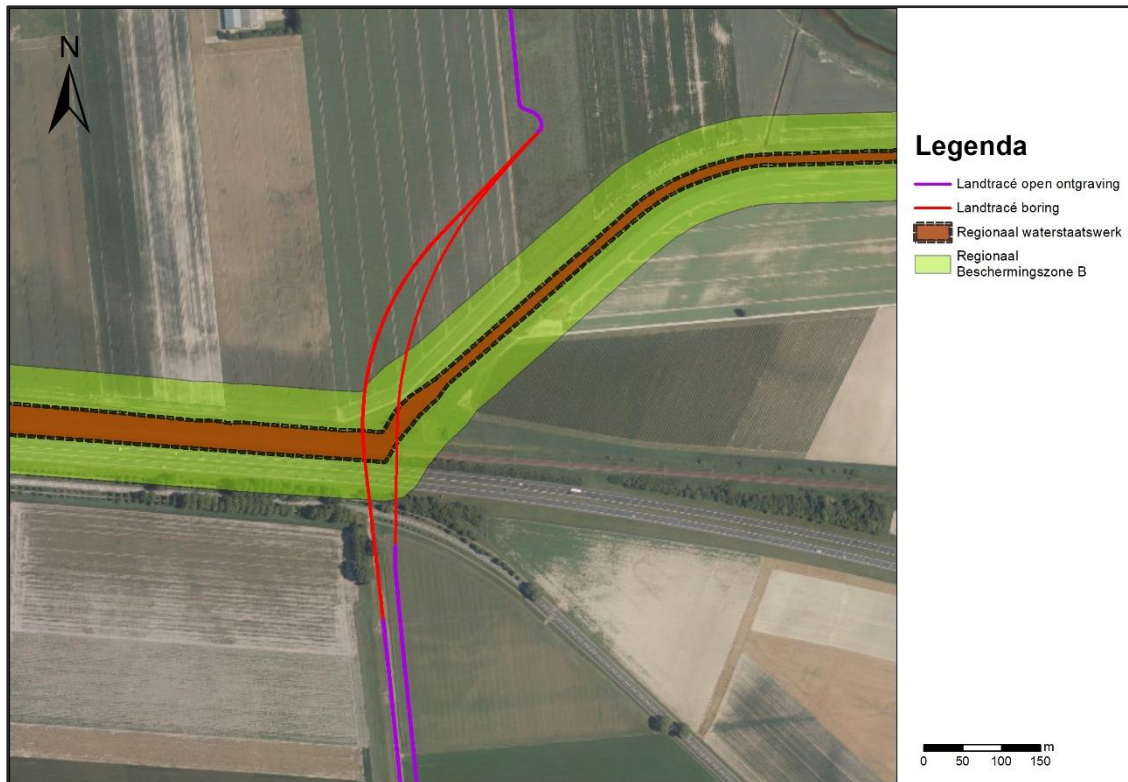


Figuur 6 Dwarsdoorsnede horizontaal gestuurde boringen Veerse Gatdam Net op zee Ijmuiden Ver Alpha (linker 3) en Net op zee Nederwiek 1 (rechter drie), middelste boring t.b.v. glasvezel wordt voor Net op zee Ijmuiden Ver Alpha en Net op zee Nederwiek 1 gebruikt

2.2 Deeltracé A2 – Spoorlijn en A58

Het kabeltracé verlaat het Veerse Meer aan de zuidzijde nabij De Piet en gaat in zuidelijke richting naar de spoorlijn en de A58, waar het tevens de regionale kering kruist. Het kabeltracé valt daar samen met de regionale waterkering (voorheen een primaire waterkering die recentelijk is afgewaardeerd naar regionale waterkering). Het kabeltracé wordt met een boring aangelegd waarbij zowel het in- als uittredepunt van de boring ruim buiten beschermingszone B ligt. De waterkering is in beheer bij waterschap Scheldestromen en keert niet direct water. Het is een voormalige primaire kering die is afgewaardeerd naar regionale kering en eventuele hoge waterstanden vanaf het Veerse Meer kan keren of door compartimentering grootschaligere overstromingen kan voorkomen.

Aan de zuidzijde van de regionale kering bevindt zich de Zeedijk van de Jacobapolder. Dit (voormalige) dijktracé heeft geen status van primaire waterkering of regionale waterkering en is dan ook niet in deze memo als zodanig opgenomen.



Figuur 7 Ligging van het tracé met begin en eind van de boring buiten beschermingszones B

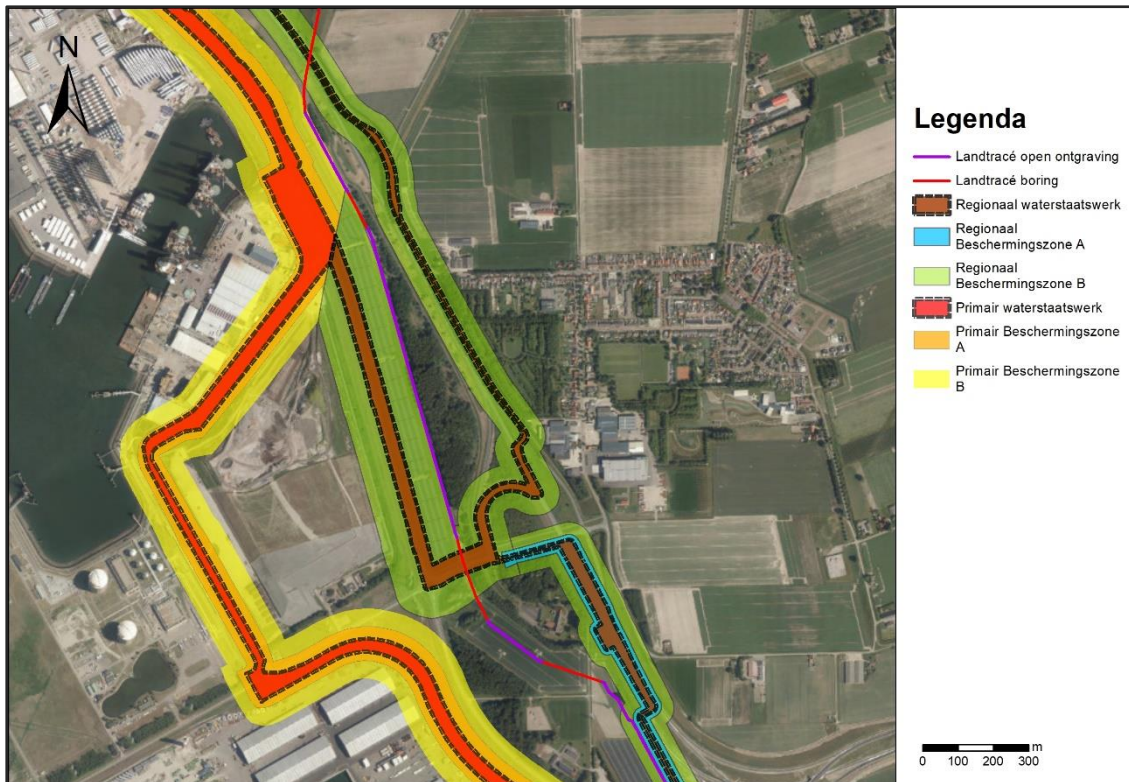
2.3 Deeltracé A3 – Westelijk N254

Het deeltracé A3 gaat met een boring onder de regionale kering door, zie Figuur 8. De boring (A3.1, zie Figuur 8) start in beschermingszone B van de regionale kering en passeert vervolgens de kering en beide beschermingszones van de regionale waterkering. De boring eindigt echter in de beschermingszone B (7 m naast de buitenrand ervan) van de primaire waterkering. Het betreft de beschermingszone van traject 29-4 uit de Waterwet met een signaleringswaarde én ondergrens van 1:1.000 per jaar². De primaire kering keert direct het buitenwater van de haven van Vlissingen-Oost.

Het kabeltracé vervolgt richting het zuiden waar het deels samenvalt met de beschermingszone van de primaire waterkering (maximaal 7 m vanaf de buitenkant van de 50m brede zone). Een deel zal ook met een boring worden uitgevoerd, maar hier valt het kabeltracé buiten de Beschermingszone B van de primaire waterkering.

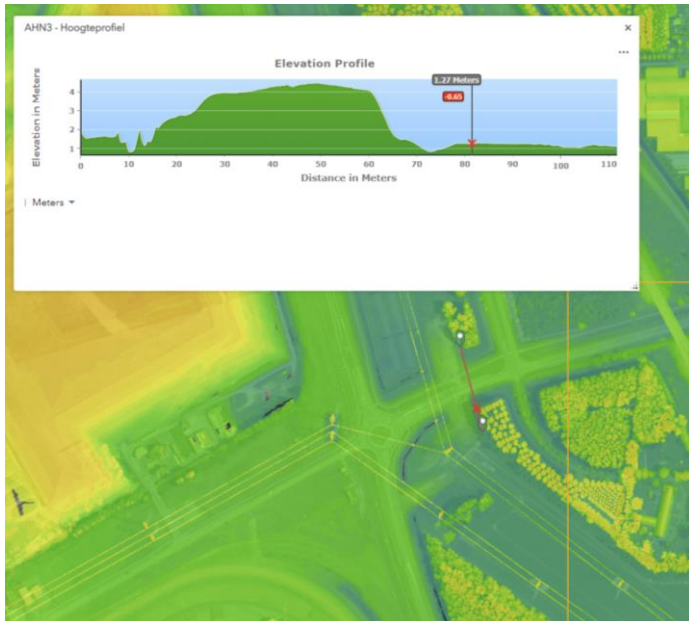
Het kabeltracé volgend naar het zuiden, blijft deze (maximaal 1 á 2 m) in of op de rand van de 50 m beschermingszone B lopen, maar hier verandert de kering van primaire kering naar een regionale kering. De waterkeringen (primaire en regionaal) zijn in beheer bij waterschap Scheldestromen. De regionale kering betreft een afgewaardeerde primaire waterkering (voormalige scheidingsdijk tussen dijkkring 29 en dijkkring 30) en keert geen direct buitenwater.

² <https://wetten.overheid.nl/BWBR0025458/2021-07-01>



Figuur 8 Locatie aanduiding met twee boringen onder regionale keringen en parallel tracé net in of buiten beschermingszone B (van primaire en regionale kering)

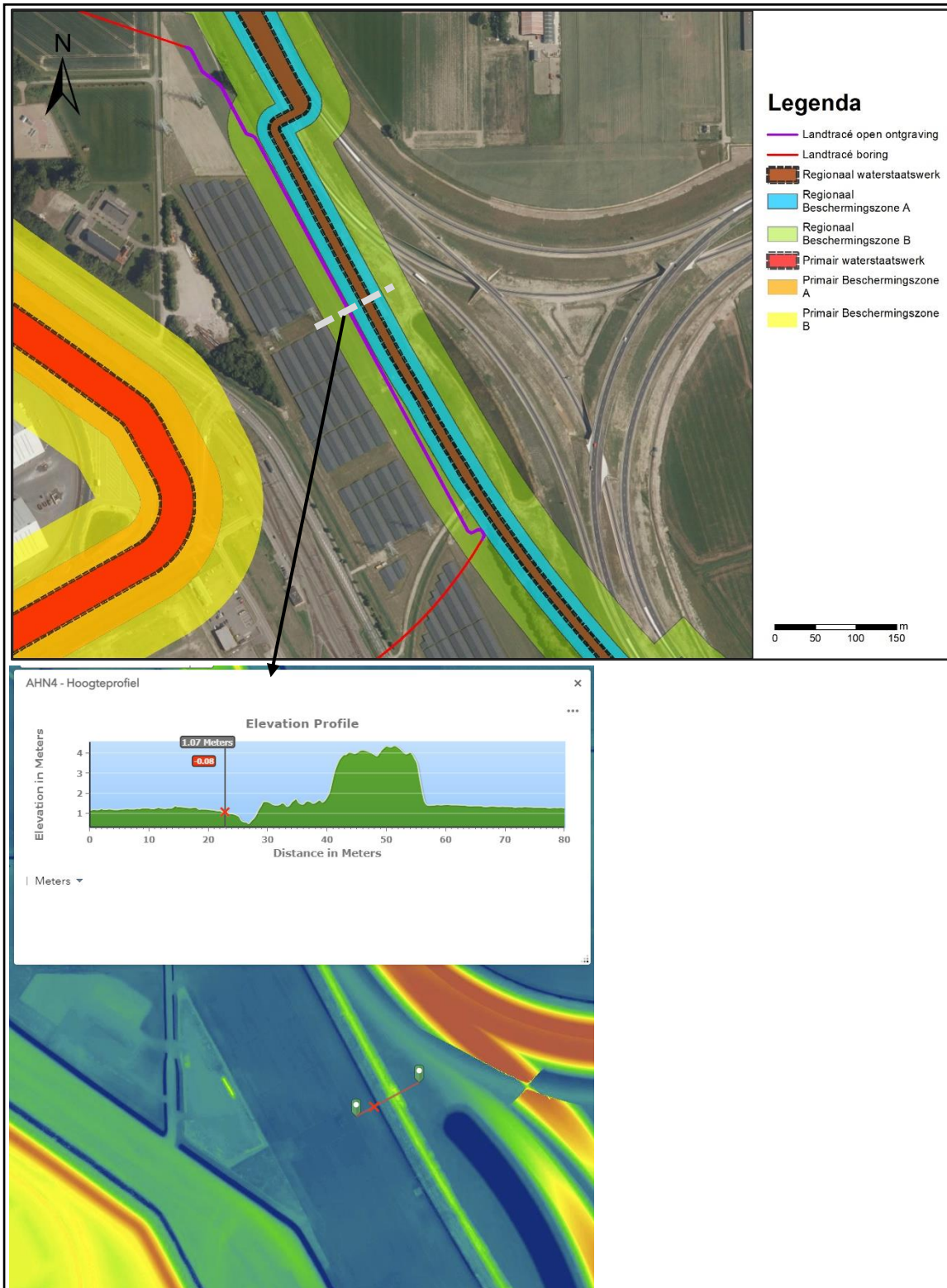
De zuidelijke boring in dit deeltracé gaat onder de regionale kering (voormalige primaire kering) door. De kering heeft in normale omstandigheden geen water te keren. De boring staat gepland net iets westelijker dan waar het indicatieve dwarsprofiel in Figuur 9 is genomen, namelijk precies onder de locatie waar extra grond is aangebracht (zichtbaar aan de kleuren in Figuur 9). Het dwarsprofiel in Figuur 9 laat zelfs al een brede en solide waterkering zien. Het intredepunt van de boring aan de noordzijde bevindt zich in de beschermingszone B en het uitredepunt bevindt zich aan de zuidzijde van de kering, ver voorbij de uiterste rand van beschermingszone B. De boring van Net op zee Nederwiek 1 is enkele meters oostelijk van die van Net op zee IJmuiden Ver Alpha gepland.



Figuur 9 Indicatief dwarsprofiel (net iets oostelijker dan waar de boring plaatsvindt) over regionale waterkering waar boring onder door gaat (zuidelijke boring in Figuur 8).

2.4 Deeltracé A4 – Westelijk N62

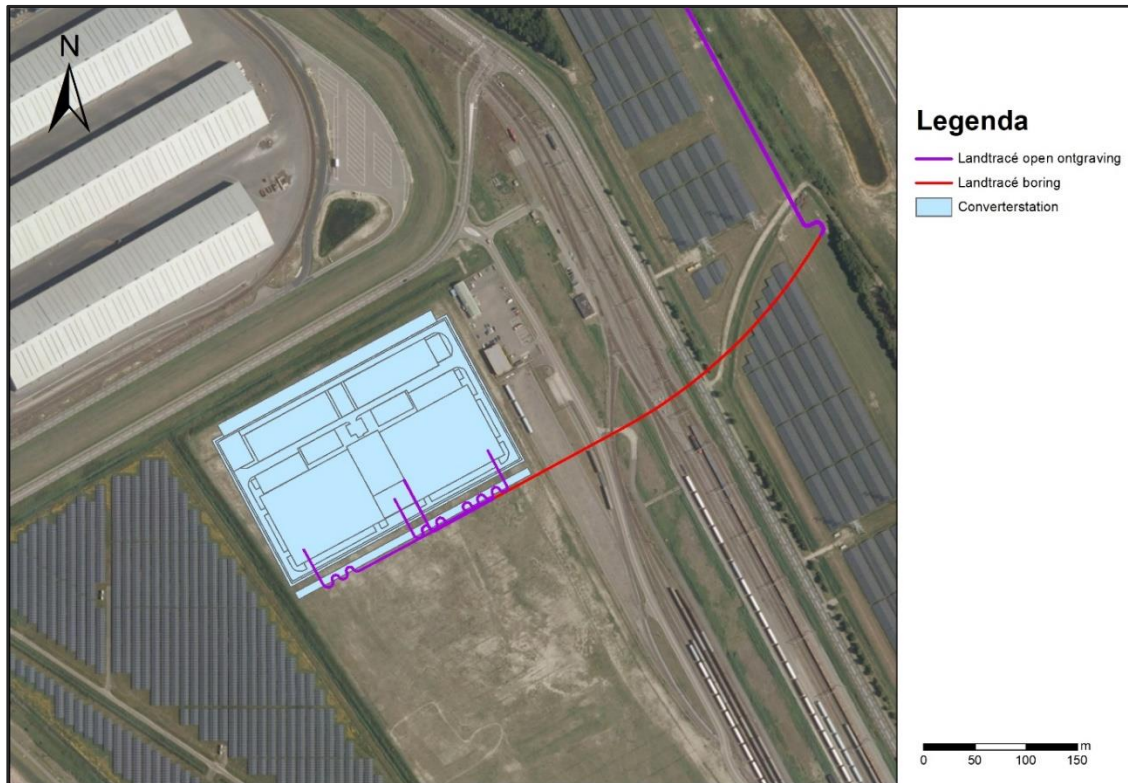
Deeltracé 4 valt over een lengte van circa 600 m samen met beschermingszone B. Over een lengte van circa 350 m is de afstand ten opzichte van beschermingszone A circa 5 meter, maar nog wel aan de overzijde van de sloot, gezien vanaf de waterkering. De overige 250 m neemt de afstand geleidelijk toe tot circa 15 m. De locatie waar het kabeltracé de beschermingszone B verlaat is opgenomen in deeltracé A5 (zie paragraaf 2.5). De waterkering wordt niet direct door water belast, maar kan grootschaligere overstromingen voorkomen door de compartimenterende werking. De regionale waterkering is in beheer bij waterschap Scheldestromen.



Figuur 10 Ligging van het kabeltracé binnen Beschermingszone B met indicatief AHN4-profiel van de waterkering

2.5 Deeltracé A5 – Aansluiting met converterstation

Deeltracé A5 bevat geen kruisingen met waterkeringen. Deeltracé 5 gaat vanuit beschermingszone B van de regionale waterkering met een ruim 400 m lange boring richting het geplande converterstation, zie Figuur 11 en Figuur 12.



Figuur 11 indicatief overzicht van het tracé en de locatie van het converterstation

Het converterstation ten zuidwesten van de Liechtensteinweg is deels gelegen in de Beschermingszone B van de primaire waterkering (traject 29-4 met een signaleringswaarde én ondergrens van 1:1.000 per jaar conform de Waterwet³).

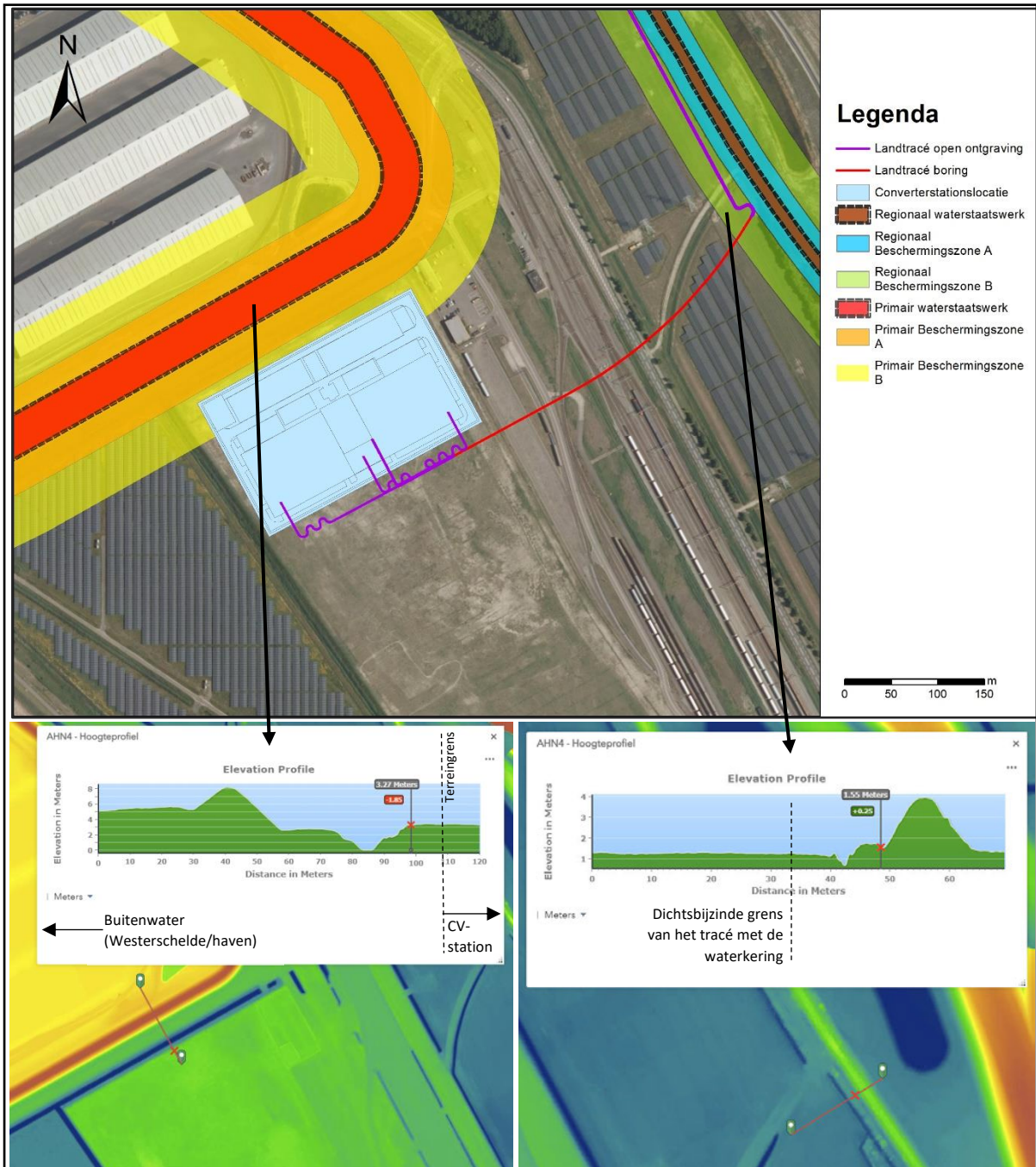
Deeltracé A5 start met ‘slinger’ in het tracé, zie Figuur 12. Het tracé blijft daarbij geheel binnen beschermingszone B en aan de overzijde (ten opzichte van de regionale kering) van de sloot/greppel. De waterkering wordt niet direct door water belast, maar kan grootschaligere overstromingen voorkomen door de compartimenterende werking. De regionale waterkering is in beheer bij waterschap Scheldestromen.

2.6 Converterstation

In Figuur 12 is links onder ter indicatie de ligging van het converterstation ten opzichte van de waterkering opgenomen. Het converterstation is vanaf de waterkering gezien ruim voorbij de sloot gepland, maar valt nog wel deels in de beschermingszone B. De primaire waterkering keert (in theorie) direct buitenwater, namelijk het water vanuit de Westerschelde/haven. Echter gezien het relatief hoge voorland (NAP +5 m) zal dat alleen plaatsvinden tijdens zware stormomstandigheden

³ <https://wetten.overheid.nl/BWBR0025458/2021-07-01>

(met een theoretische kans van voorkomen van eens in de 100 tot een paar honderd jaar). Het converterstation wordt op heipalen gefundeerd. Het betreft een groot aantal grondverdringende heipalen (ordegrootte 3.000) met een afmeting van circa maximaal 50x50 cm.



Figuur 12 Deeltracé 5 met beschermingszones van primaire waterkering en regionale waterkering en indicatief AHN4-profiel van de waterkeringen met aanduiding tot waar het converterstation en tracé zijn gepland.

3 Beoordeling per deelgebied

3.1 Beoordeling deeltracé A1 – Veerse Gatdam

De mogelijke effecten op de stabiliteit van Veerse Gatdam door de aanlanding en het kruisen van de dam zijn door Deltares uitvoerig beoordeeld en beschreven in het rapport “Aanlanding kabels bij Veerse Gatdam, Nederwiek 1”, rapport 11208418-002-GEO-0001, versie 2.0 van 20-12-2022. In deze memo zijn de resultaten overgenomen, daarbij is ervan uitgegaan dat de aanleg buiten het stormseizoen plaatsvindt.

De belangrijkste conclusies ten aanzien van de beïnvloeding van de waterkering die worden gegeven zijn:

- De beschouwing van de verschillende potentiële dijkfaalmechanismen wijst uit dat de uitvoering van de gestuurde boringen (HDD's⁴) geen negatief effect heeft op de stabiliteit van de waterkering.
- De werkzaamheden ter plaatse van de vooroever zijn geen bedreiging voor de waterkering. De geometrische toets voor zettingsvloeiing is voldoende. Ook binnendijks zal de waterkering niet worden beïnvloed door zettingsvloeiing.
- De graafwerkzaamheden op het strand en installatie van damwanden hebben geen negatieve invloed op de waterkering.

Daarnaast worden er nog een aantal aandachtspunten gegeven, namelijk:

- In verband met het risico op kwel en *piping* is het noodzakelijk om de annulus van de boorgang te vullen met een uithardende boorvloeistof (zoals *drill-grout*). Het is noodzakelijk om de gehele boorgang te vullen tijdens het intrekken. Aan de zeezijde is na injectie te overwegen om de kans op onvolledige vulling van de annulus te verminderen.
- Bij toepassing van de uithardende boorvloeistof dient te worden toegezien op de werkwijze en de samenstelling van de boorvloeistof.
- De mantelbuizen dienen te worden afgesloten om waterstroming tussen de zeezijde en landzijde te voorkomen.

Naast de voorgaande conclusies uit “Aanlanding kabels bij Veerse Gatdam, Nederwiek 1”, rapport 11208418-002-GEO-0001, versie 2.0 van 20-12-2022 zijn de resultaten tevens verwerkt in Tabel 1. Hierin is geen cumulerend en significant effect te verwachten van Net op zee IJmuiden Ver Alpha en Net op zee Nederwiek 1. Doordat de boringen voldoende ver uit elkaar liggen en de cumulerende zakkingen marginaal zijn (circa 5 mm), voor de mechanisme *piping* en macrostabiliteit is er geen versterkend effect te verwachten doordat er meerdere boring naast elkaar liggen.

Tabel 1 Beoordeling boring in deeltracé A1 (buiten de beschermingszone)

Faalmechanisme	Aanlegfase	Gebruiksfase
Hoogte en erosie (GEKB)	Geen effect. Bij normale uitvoering is de zakking marginaal (5mm).	Geen effect, marginale zetting.
Piping (STPH)	Geen effect te verwachten, uitgaande van den juiste uitvoering van de boring, afdichting en vulling van het boorgat.	Geen effect te verwachten, uitgaande van den juiste uitvoering van de boring, afdichting en vulling van het boorgat

⁴ Horizontal Directional Drillings

Macrostabiliteit buitenwaarts & binnenwaarts (STBU & STBI)	Geen effect, uitgaande van de aanleg buiten het stormseizoen tussen september en november. Binnenzijde ligt op ruime afstand (>200m) zodat invloed hiervan op de waterkering onwaarschijnlijk is.	Geen effect. Situatie in gebruiksfase is gunstiger dan tijdens de aanlegfase.
---	---	---

Tevens zijn nog aanvullende beoordelingen uitgevoerd (zie rapport 11208418-002-GEO-0001, versie 2.0 van 20-12-2022) op het mogelijk optreden van afschuiving en zettingsvloeiing aan de binnen- en/of aan de buitenzijde. Hieruit volgt dat ook de kans op optreden van die mechanisme niet significant worden beïnvloed door de boringen.

3.2 Beoordeling deeltracé A2 – Spoorlijn en A58

Het deeltracé A2 bevat een boring waarvan de in- en uittredepunten ruim buiten de beschermingszones B vallen. Voor de boring geldt dat alles ruim buiten de veiligheidszone volgens de NEN3650/3651 wordt uitgevoerd én buiten de beschermingszone B, zowel het in- als uittredepunt. Hier zijn geen waterveiligheidsaspecten te verwachten. De waterkering heeft in normale omstandigheden geen water te keren. Voor de volledigheid is de beoordeling in Tabel 2 opgenomen. Hierin is geen cumulerend en significant effect te verwachten van Net op zee IJmuiden Ver Alpha en Net op zee Nederwiek 1.

Tabel 2 Beoordeling boring onder regionale waterkering in deeltracé A2

Faalmechanisme	Aanlegfase	Gebruiksfase
Hoogte en erosie (GEKB)	Geen effect, omdat kerende hoogte niet wordt aangetast en zakking marginaal wordt.	Geen effect, omdat kerende hoogte niet wordt aangetast en zakking marginaal wordt.
Piping (STPH)	Geen effect, boring begint en eindigt ruim buiten beschermingszone B.	Geen effect, boring begint en eindigt ruim buiten beschermingszone B.
Macrostabiliteit buitenwaarts & binnenwaarts (STBU & STBI)	Geen effect, boring begint en eindigt ruim buiten beschermingszone B.	Geen effect, boring begint en eindigt ruim buiten beschermingszone B.

3.3 Beoordeling deeltracé A3 – Westelijk N254

Dit deeltracé bestaat uit boringen in het noorden (zie Tabel 3), open ontgravingen in het middendeel (zie Tabel 4) en een boring in het zuiden (zie Tabel 5).

Van de boring in het noorden van dit deeltracé is geen effect te verwachten voor waterveiligheid, aangezien de boring voor een klein deel (bij de start) in de beschermingszone B valt, maar nog ruim 25 m uit de slootrand en conform de NEN3650/3651 wordt aangelegd. Tevens is voor het uittredepunt ook geen effect op de waterveiligheid te verwachten, omdat het uittredepunt 35 m buiten de beschermingszone van de regionale kering valt. Het uittredepunt komt wel in de beschermingszone B van de primaire kering. Hier is echter geen effect op de waterveiligheid te verwachten aangezien dit nog 43 m uit de rand van beschermingszone A valt en zelfs 75 m uit de rand van de sloot die grenst aan de dijk.

Het kabeltracé vervolgt richting het zuiden waar het dus deels samenvalt met de beschermingszone B van de primaire waterkering (maximaal 7 m aan de buitenkant van de 50 m brede zone). Net zoals hiervoor beschreven is er ook hier geen effect op de waterveiligheid te verwachten en neemt de afstand tot de sloot zelfs toe tot meer dan 90 m. Daar waar de primaire kering afbuigt naar het zuidwesten gaat de kering richting het zuiden als regionale kering verder en dus ook de beschermingszone B waar het tracé op de rand ervan is gesitueerd. Hier is geen effect op de waterveiligheid te verwachten, aangezien dit bijna 90 m van de sloot is. Het betreft tevens een kering die geen direct buitenwater keert.

Tabel 3 Beoordeling boringen onder regionale waterkering in deeltracé A3

Faalmechanisme	Aanlegfase	Gebruiksfase
Hoogte en erosie (GEKB)	Geen effect, omdat kerende hoogte niet wordt aangetast	Geen effect, omdat kerende hoogte niet wordt aangetast
Piping (STPH)	Geen effect, indien goede afdichting van de boring wordt verzorgd en boringen worden uitgevoerd in een periode dat geen grote (verschillen) in waterstanden worden verwacht	Geen effect, indien goede afdichting van de boring wordt verzorgd.
Macrostabieliteit buitenwaarts & binnenwaarts (STBU & STBI)	Geen effect, omdat intrede- en uittredepunt op ruime afstand (30m) van beschermingszone A liggen	Geen effect, omdat intrede- en uittredepunt op ruime afstand (30m) van beschermingszone A liggen

Tabel 4 Beoordeling open ontgravingen in beschermingszone B (primaire kering én regionale kering) in deeltracé A3

Faalmechanisme	Aanlegfase	Gebruiksfase
Hoogte en erosie (GEKB)	Geen effect, omdat kerende hoogte niet wordt aangetast	Geen effect, omdat kerende hoogte niet wordt aangetast
Piping (STPH)	Geen effect, ontgraving vindt aan de buitenrand van de beschermingszone plaats meer dan 75 m uit de sloot	Geen effect, tracé bevindt zich aan de buitenrand van de beschermingszone meer dan 75m uit de sloot
Macrostabieliteit buitenwaarts (STBU)	Geen effect, ontgraving vindt aan binnenzijde plaats, dus geen effect op buitenzijde	Geen effect, tracé bevindt zich aan binnenzijde van de kering, dus geen effect op buitenzijde
Macrostabieliteit binnenwaarts (STBI)	Geen effect, ontgraving vindt aan de buitenrand van de beschermingszone B plaats, meer dan 75m uit de sloot	Geen effect, tracé bevindt zich aan de buitenrand van de beschermingszone B, meer dan 75m uit de sloot

Tabel 5 Beoordeling boring onder regionale waterkering in deeltracé A3

Faalmechanisme	Aanlegfase	Gebruiksfase
Hoogte en erosie (GEKB)	Geen effect, omdat kerende hoogte niet wordt aangetast	Geen effect, omdat kerende hoogte niet wordt aangetast
Piping (STPH)	Geen effect, ontgraving vindt in beschermingszone B plaats van een normaal niet waterkerende waterkering	Geen effect, boring bevindt zich buiten beschermingszone A van brede kering en uittrede punt boring bevindt zich ver (80m) uit de uiterste rand van beschermingszone B
Macrostabieliteit buitenwaarts & binnenwaarts (STBU & STBI)	Geen effect, flauw talud en zeer brede kering	Geen effect, flauw talud en zeer brede kering

3.4 Beoordeling deeltracé A4 – Westelijk N62

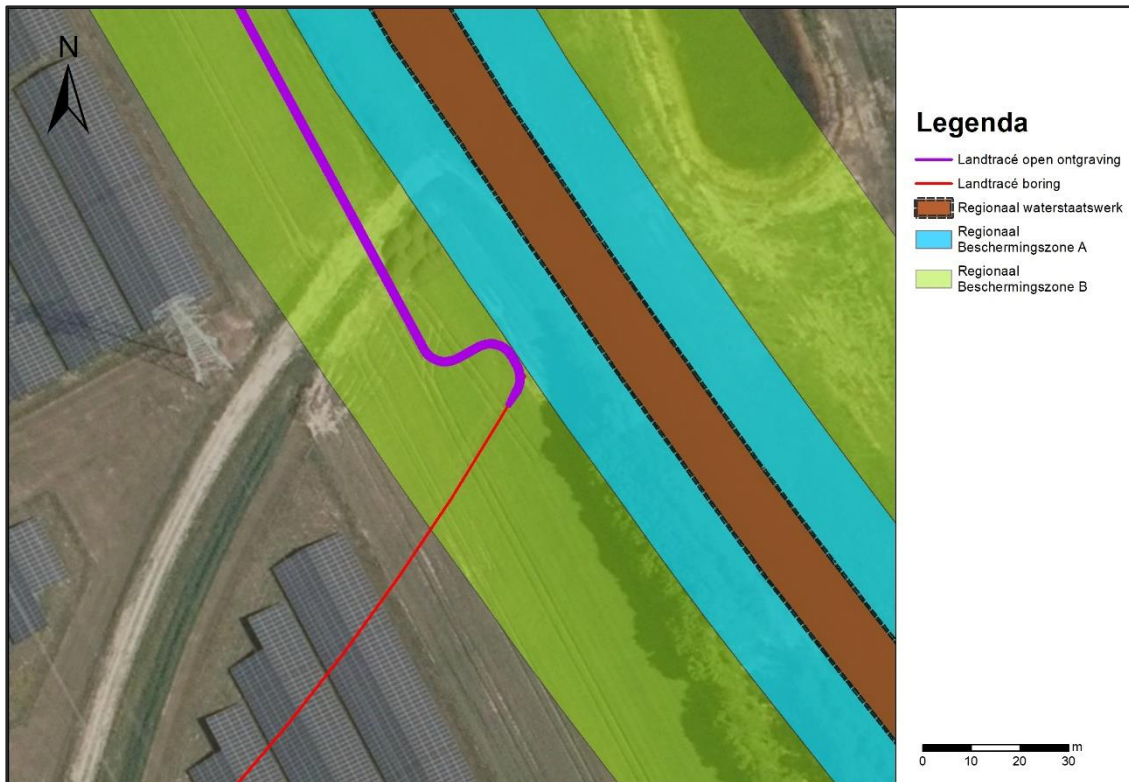
Deeltracé A4 ligt geheel in beschermingszone B, voor een deel relatief dicht tegen beschermingszone A. Daarmee ligt het kabeltracé in de zone waarbij er geen directe impact is te verwachten op de waterveiligheid. Tevens bevindt zich de open ontgraving in de aanlegfase aan de overzijde (circa 15 m afstand) van de sloot, gezien vanaf de waterkering. Ook dat is voor de waterveiligheid een gunstige locatie, aangezien het aannemelijker is dat een eventuele glijcirkel door de sloot zal gaan dan een verderop gelegen ontgraving (wat tevens alleen in de aanlegfase het geval is). Daarbij wordt opgemerkt dat de waterkering geen water keert in dagelijkse omstandigheden.

Tabel 6 Beoordeling open ontgraving in deeltracé A4

Faalmechanisme	Aanlegfase	Gebruiksfase
Hoogte en erosie (GEKB)	Geen effect, omdat kerende hoogte niet wordt aangetast	Geen effect, omdat kerende hoogte niet wordt aangetast
Piping (STPH)	Geen effect, ontgraving vindt in beschermingszone B buiten de sloot	Geen effect, tracé bevindt zich in beschermingszone B, parallel aan de waterkering en aan de buitenzijde van de sloot
Macrostabieliteit buitenwaarts & binnenwaarts (STBU & STBI)	Geen effect, ontgraving bevindt zich in beschermingszone B buiten de sloot	Geen effect, tracé bevindt zich in beschermingszone B, parallel aan de waterkering en aan de buitenzijde van de sloot

3.5 Beoordeling deeltracé A5 – Aansluiting met converterstation

Deeltracé A5 ligt geheel in beschermingszone B, voor een deel relatief dicht tegen beschermingszone A, zie Figuur 13. Daarmee ligt het kabeltracé in de zone waarbij er geen directe impact is te verwachten op de waterveiligheid. Tevens bevindt zich de open ontgraving in de aanlegfase aan de overzijde (circa 10 m afstand) van de sloot/greppel, gezien vanaf de waterkering. Ook dat is voor de waterveiligheid een gunstige locatie, aangezien het aannemelijker is dat een eventuele glijcirkel door de sloot zal gaan dan een verderop gelegen ontgraving (wat tevens alleen in de aanlegfase het geval is). Daarbij wordt opgemerkt dat de waterkering geen water keert in dagelijkse omstandigheden.



Figuur 13 Detail van huidig ingetekend verloop open ontgraving en boring nabij regionale waterkering.

Tabel 7 Beoordeling open ontgraving in deeltracé A5

Faalmechanisme	Aanlegfase	Gebruiksfase
Hoogte en erosie (GEKB)	Geen effect, omdat kerende hoogte niet wordt aangetast	Geen effect, omdat kerende hoogte niet wordt aangetast
Piping (STPH)	Geen effect, ontgraving vindt in beschermingszone B buiten de sloot	Geen effect, tracé bevindt zich in beschermingszone B, parallel aan de waterkering en aan de buitenzijde van de sloot
Macrostabiliteit buitenwaarts & binnenwaarts (STBU & STBI)	Geen effect, ontgraving bevindt zich in beschermingszone B buiten de sloot	Geen effect, tracé bevindt zich in beschermingszone B, parallel aan de waterkering en aan de buitenzijde van de sloot

3.6 Beoordeling converterstation

Het converterstation (zie Figuur 12) bevindt zich deels binnen beschermingszone B, maar tevens voorbij de sloot, gezien vanaf de waterkering. Hier is geen effect te verwachten voor waterveiligheid, aangezien het converterstation voor een klein deel in de beschermingszone B valt, maar daarbij nog ruim 50 m van de teen van de dijk en ruim 20 m van de slootrand af ligt.

Voor de aanleg van het station vinden graafwerkzaamheden en heiwerkzaamheden plaats met trillingen tot gevolg. Er is geen effect te verwachten op de waterveiligheid, aangezien het terrein/hekwerk van het converterstation zich op ruim 50 m van de teen van de dijk bevindt met daartussen nog de Luxemburgweg, de grens van het waterstaatswerk gevolgd door een sloot. Tevens bevinden de grotere constructieve onderdelen op het converterstation-terrein zich nog

verder weg van de waterkering, maar nog wel deels in Beschermingszone B. Relevante invloed op de kering tijdens de aanleg en gebruiksfase is niet te verwachten, maar eventuele effecten doordat de heipalen een afsluitende laag doorboren en daarmee de kans op een mogelijke verkorting van de kwelweg dan wel opbarsten van een afsluitende laag mogelijk maakt is niet op voorhand uit te sluiten. De verwachting is echter wel dat de kans op een verlaging van de waterveiligheid hierdoor verwaarloosbaar is gelet op het hoge buitendijkse voorland (>NAP +5 m) en het relatief hoge binnendijkse terrein (circa NAP +3 m).

Tabel 8 Beoordeling converterstation in beschermingszone A en B

Faalmechanisme	Aanlegfase	Gebruiksfase
Hoogte en erosie (GEKB)	Geen effect, omdat kerende hoogte niet wordt aangetast en afstand tot de waterkering relatief groot is.	Geen effect, omdat kerende hoogte niet wordt aangetast
Piping (STPH)	Geen effect verwacht, maar niet zonder meer uit te sluiten (indien een waterafsluitende laag door de heipalen wordt doorboord én daarmee tevens de kwelweglengte verkort én er hoogwater op de Westerschelde optreedt tijdens de aanlegfase)	Geen effect verwacht, maar niet zonder meer uit te sluiten (indien een waterafsluitende laag door de heipalen wordt doorboord én daarmee tevens de kwelweglengte verkort)
Macrostabieliteit buitenwaarts & binnenwaarts (STBU & STBI)	Geen effect, werkzaamheden bevinden zich (deels) in beschermingszone B en buiten de sloot.	Geen effect, converterstation bevindt zich (deels) in beschermingszone B en buiten de sloot.

4 Conclusie

In voorliggende quickscan is op basis van expert judgement een beoordeling opgesteld gericht op de waterveiligheid, van de onderdelen van het Net op zee Nederwiek 1.

Tabel 9 Samenvattende tabel met (mogelijk) effect op waterveiligheid

Deeltracé	Aanlegfase	Gebruiksfase
A1 – Veerse Gatdam	Geen effect	Geen effect
A2 – Spoorlijn en A58	Geen effect	Geen effect
A3 – Westelijk N254	Geen effect	Geen effect
A4 – Westelijk N62	Geen effect	Geen effect
A5 – Aansluiting met converterstation	Geen effect	Geen effect
Converterstation	Geen effect verwacht, maar niet zonder meer te sluiten	Geen effect verwacht, maar niet zonder meer te sluiten

De beschouwde effecten hebben betrekking op de technische (constructieve) waterveiligheid. Om die waterveiligheid te kunnen borgen is tevens goed beheer en onderhoud nodig waaronder inspecties. Het beschouwde kabeltracé heeft geen impact op de beheer en onderhoud van de waterkering, aangezien deze zich overal buiten de waterkering bevindt of er ruimschoots onderdoor gaat. Tijdens de aanlegfase kan wel hinder tijdens beheer en onderhoud mogelijk zijn door bouwwerkzaamheden.

De aanleg van het converterstation heeft naar verwachting geen effect op de waterveiligheid. Echter, door het gebruik van heipalen is het op voorhand niet uit te sluiten, dat daarmee de heipalen een afsluitende laag doorboren en daarmee de kans op een mogelijke verkorting van de kwelweg dan wel opbarsten van een afsluitende laag mogelijk maakt. De verwachting is dat de kans op een verlaging van de waterveiligheid hierdoor verwaarloosbaar is.

COLOFON

MER Net op zee Nederwiek 1

Projectnummer

-

Datum

05-07-2023

Status

Definitief

Pondera Consult B.V.

Postbus 919
6800 AX Arnhem
Nederland
+31 (0)88 7663 372

www.ponderaconsult.com

Arcadis Nederland B.V.

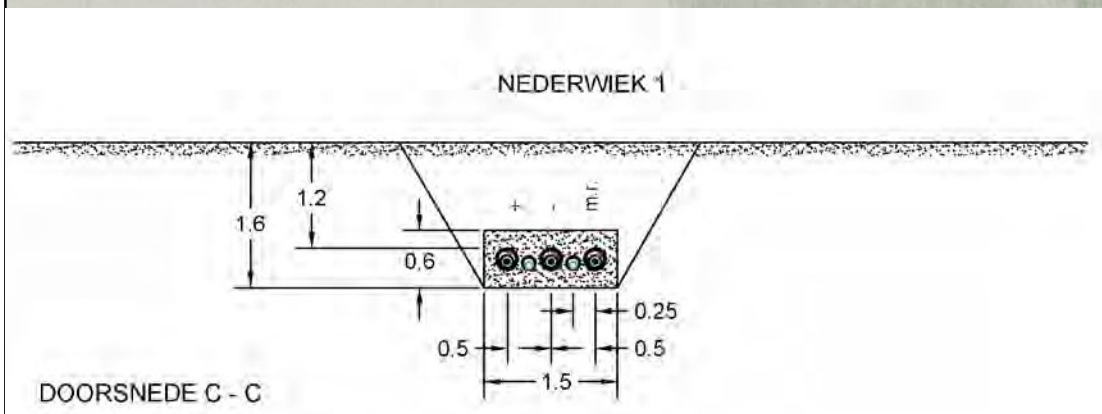
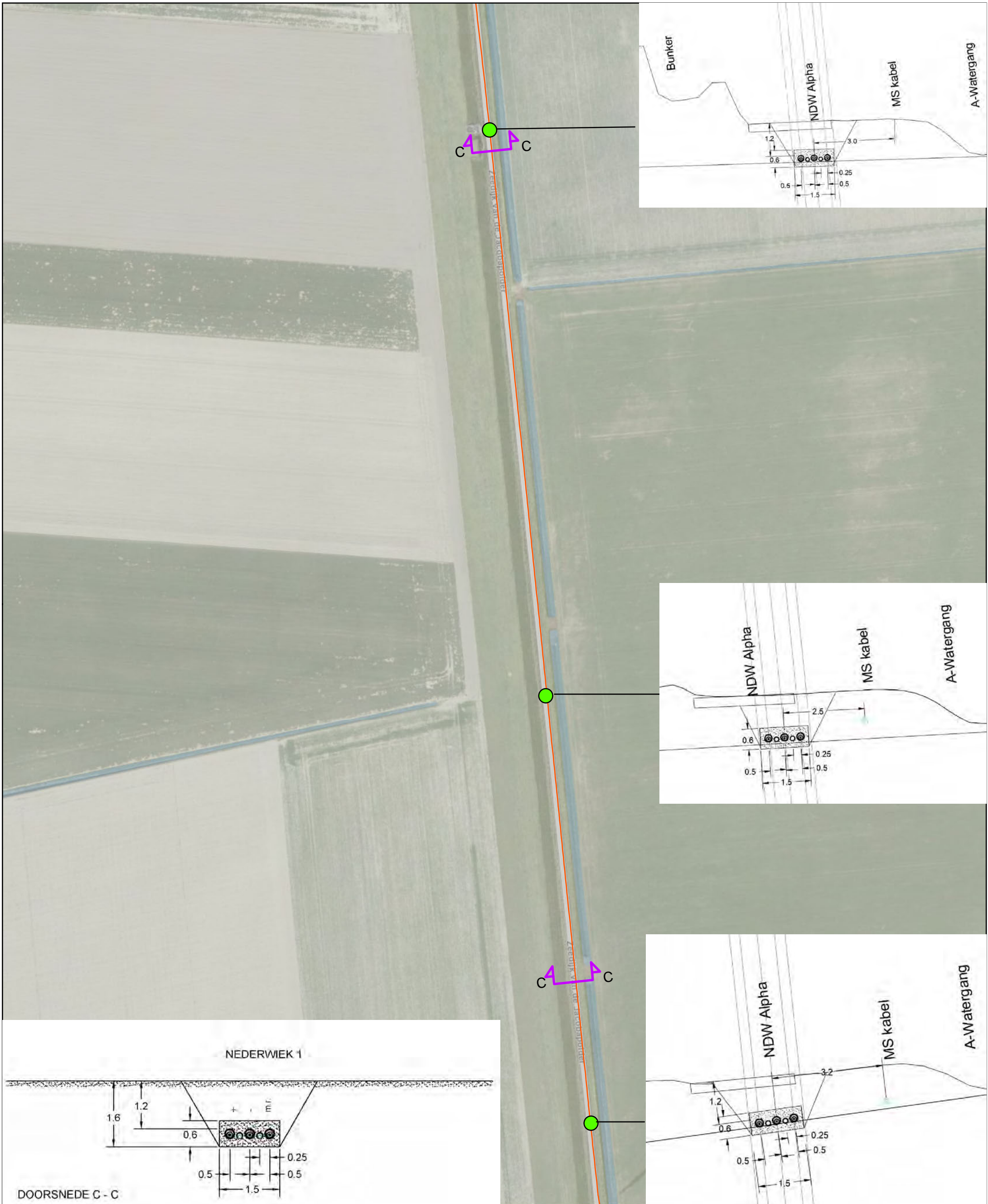
Postbus 264
6800 AG Arnhem
Nederland
+31 (0)88 4261 261

www.arcadis.com

Net op Zee – Nederwiek 1

Aanvraag watervergunning Waterschap Scheldestromen

Bijlage 9: Situatietekeningen en dwarsprofielen kabeltracé onder waterschapsweg



- Open ontgraving, DC
- Profiellocaties



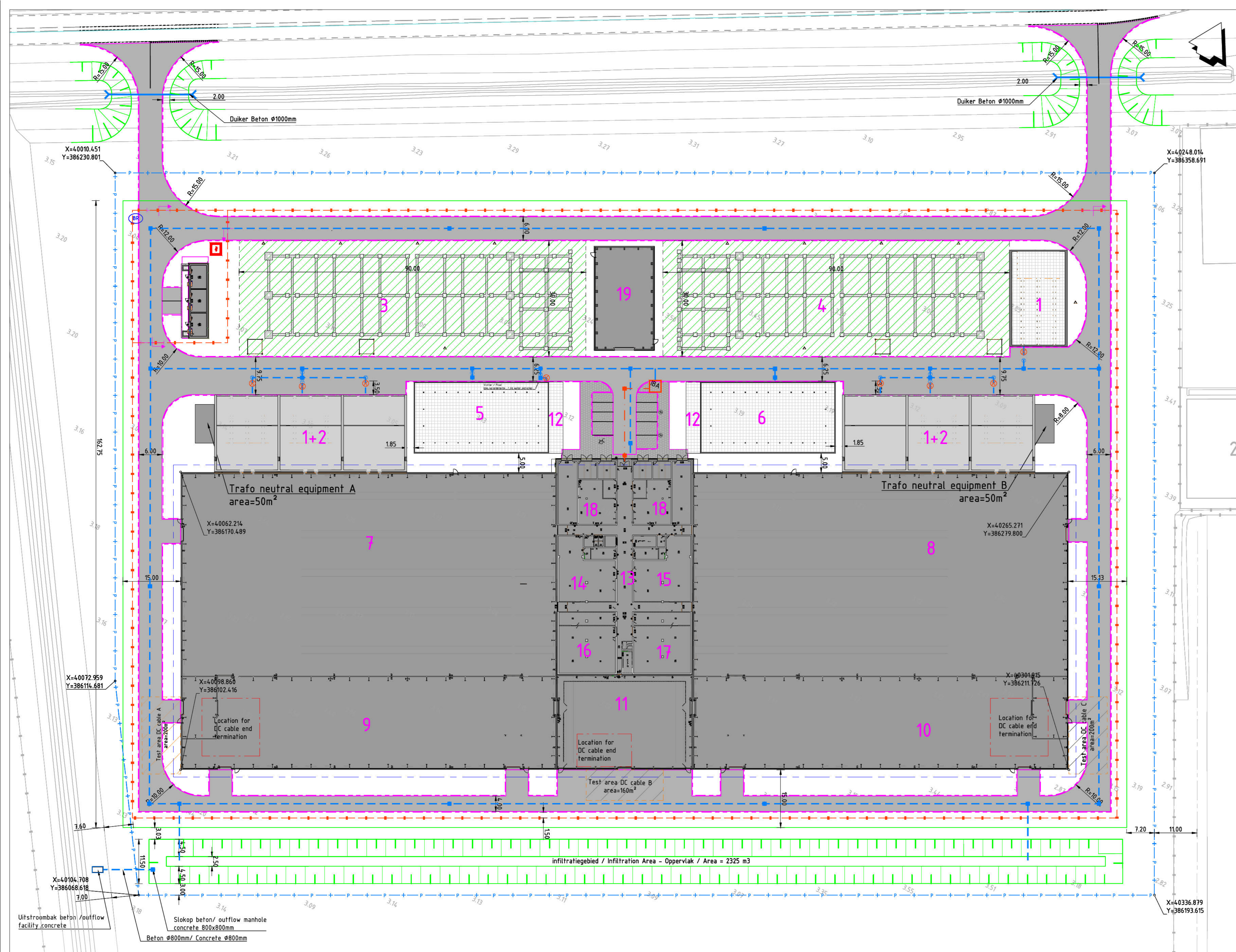
Versie	1.0	Datum	1-2-2023
Status	Concept	Schaal	1:1.757
Auteur	DM-DA	Formaat	A3
Kenmerk	A:\p_othorell\p_othorell\producten\geologie\kenmerken\NW1\Locaties_distributie_mek_202301_1_A3a.mxd		
0 20 40 60		m	
		N	

Aan deze tekening kunnen geen rechten worden ontleend. © TenneT TSO B.V.

Net op Zee – Nederwiek 1

Aanvraag watervergunning Waterschap Scheldestromen

Bijlage 10: Inrichtingstekeningen converterstation



BRONVERMogens REPRESENTatieve BEDRIJFSsituATIE									
Nummer	Omschrijving	Geluid LWA (dB(A))	Diesel (ton)	Olie (ton)	Zuur (ton)	Bedrijfstijd* (uren)			
						Dag	Avond	Nacht	
1	Transformatoren (Inpandig) (3 + 3 + een reserve trafo)	105		120		12	4	8	
2	Transformatorcooler (Onderdeel van transformatoren)	90				12	4	8	
3	AC yard A	83		0.8		12	4	8	
4	AC yard B	83				12	4	8	
5	Convertercooler 1	95				12	4	8	
6	Convertercooler 2	95				12	4	8	
7	Valvehal A / Reactor hal (inpandig)	90				12	4	8	
8	Valvehal B / Reactor hal (inpandig)	90				12	4	8	
9	DC-hal A (inpandig)	92				12	4	8	
10	DC-hal B (inpandig)	92		0.2		12	4	8	
11	DC-Neutral (inpandig)	-				12	4	8	
12	Noodstroomaggregaat/DG (inpandig)**	88	8.3	<0.1		12	4	8	
13	Ventilatie controlegebouw	85				12	4	8	
14	Luchtbehandelingskast A (inpandig)	82				12	4	8	
15	Luchtbehandelingskast B (inpandig)	82				12	4	8	
16	Pompskid A (inpandig)	93				12	4	8	
17	Pompskid B (inpandig)	93				12	4	8	
18	Batterijen (incl. UMD batterij)	-			2.5	-	-	-	
19	Spare part building	-				-	-	-	

* Bedrijfstijd is afhankelijk van de productie van offshore wind
 ** DG 1x per maand 30 minuten belast om de motor goed schoon en betrouwbaar te houden

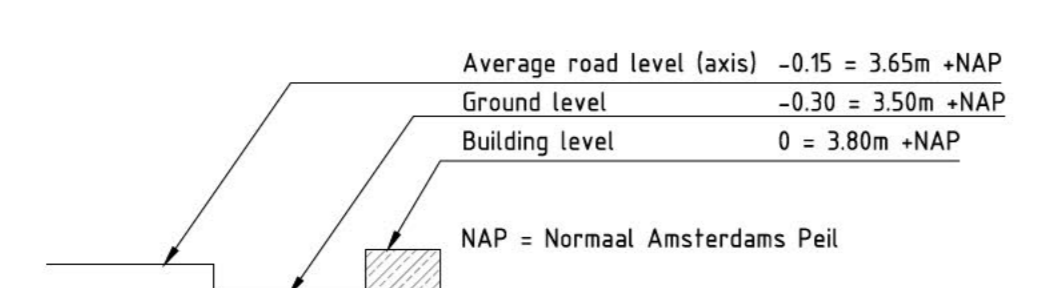
HOEVEELHEID SF6		
Nummer	Omschrijving	SF6 (kg)
1	6x AC side breakers	462 (77 x 6)
2	6x CVT	240 (40 x 6)
3	6x IVT	240 (40 x 6)
4	6x CT	240 (40 x 6)
5	2x HV DC switches (high speed switch)	180 (90 x 2)
6	4x LV DC voltage divider (Breaker as part of NBS)	20 (totaal)
7	Converter area measuring devices (CTs and VTs)	963
8	LV area (Zero flux and VT)	240
9	HV area (Zero flux and VT)	120
	Totaal	2105

- Legenda infra nieuw / Legend infra new**
- Inrichtingsgrens / Facility limits
 - Hoofdgebouw / Main building
 - Hoofdrand gebouw / Cantilever facade
 - AC Yard en verharde oppervlakken voor installaties / AC Yard and paved surfaces for technical installations
 - Converter en spare trafo / Converter and spare trafo
 - Transformer cell / Transformer cell
 - Talud / Slope
 - Hekwerk / Fence
 - Hoofdtoegangspoor, elektrisch aangedreven enkele schuifpoort / Electric powered main entrance, sliding gate
 - Verharding / Pavement

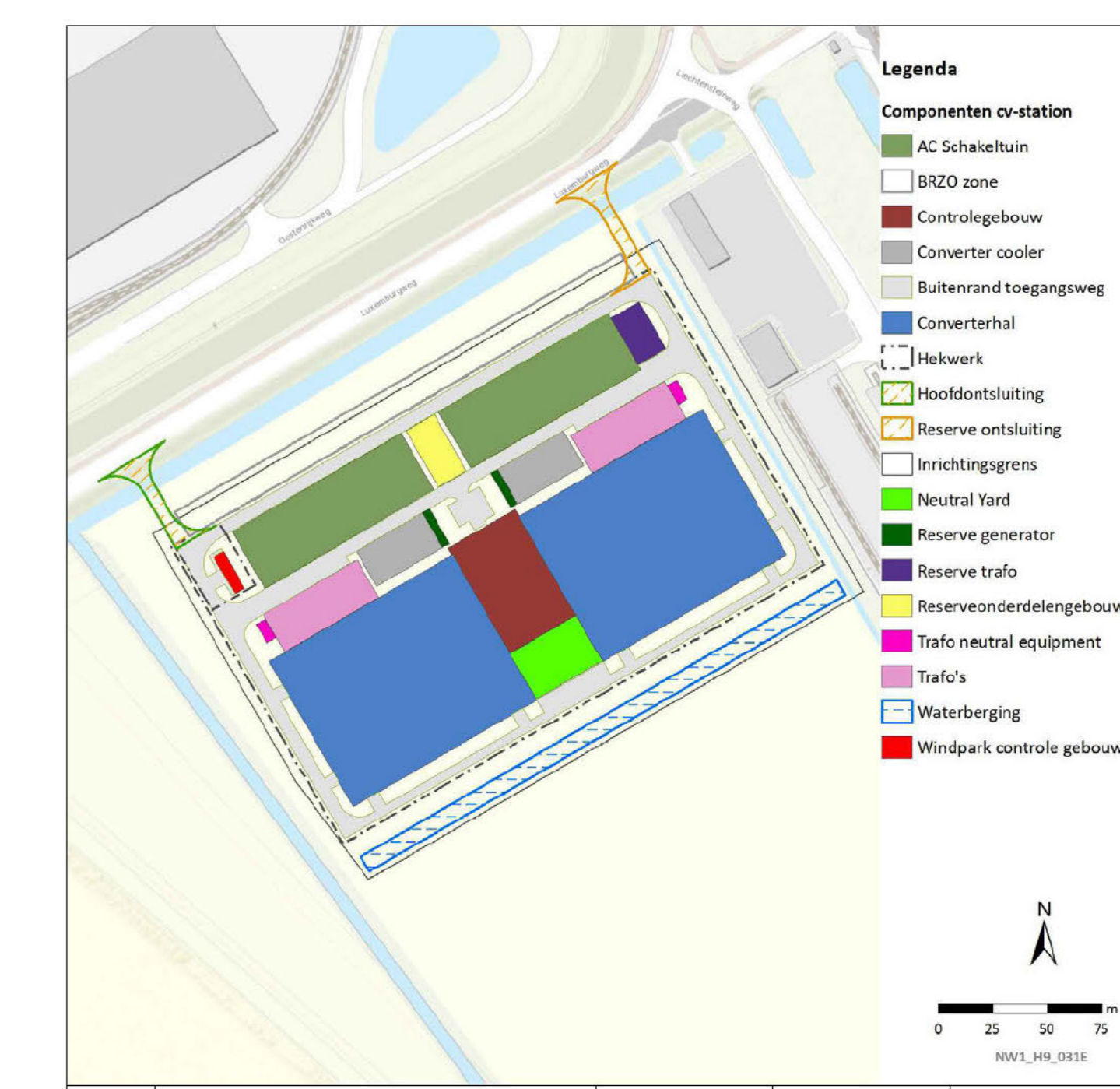
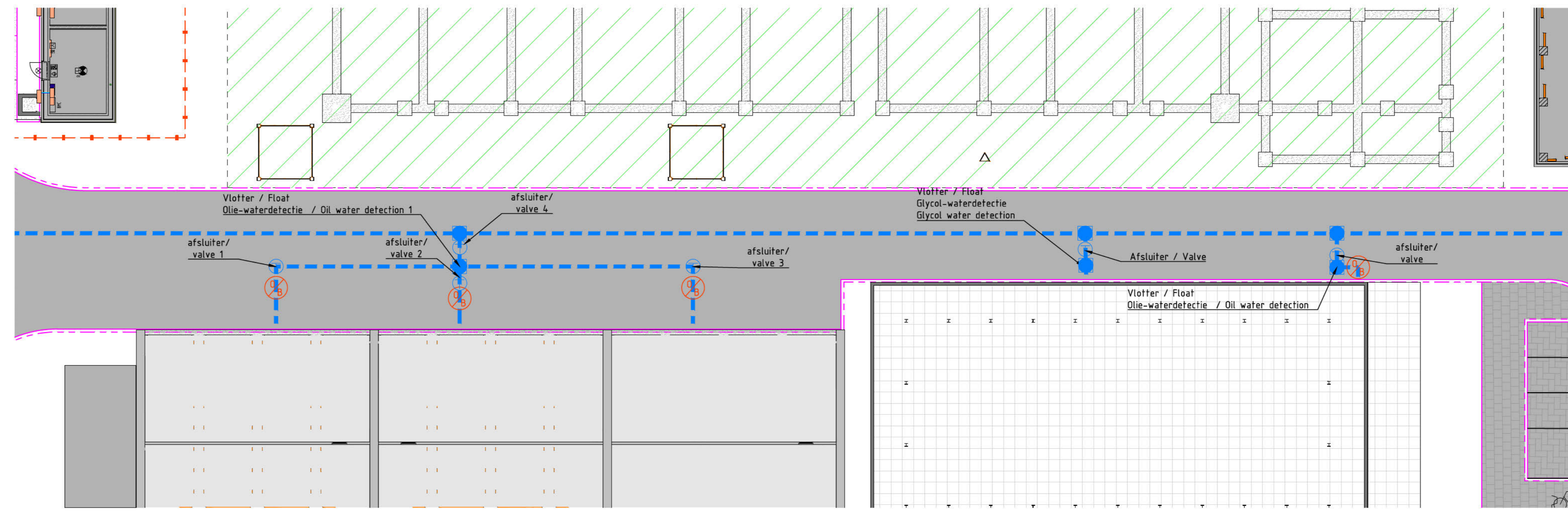
- Legenda infra nieuw / Legend infra new**
- IBA: Individuele Behandeling Afvalwater (IBA) / Individual Treatment Waste Water
 - VWA streng / WWS tube
 - VWA put / WWS manhole
 - HWA streng (infiltratie) / RWD tube (infiltration)
 - HWA Olie afscheider put / RWD Oil separator sops
 - Afsluiter / Valve
 - RWA put / RWD manhole
 - Brandhydrant, capaciteit 60m3/uur / Fire hydrant, capacity 60m3/hour
 - Duiker Beton / Concrete culvert

Toelichting
 Maatvoering aangegeven in meters
 VWA = Vuil Water Afvoer
 HWA = Hemel Water Afvoer

Explanation
 Dimensions are displayed in meters
 WWS= Waste Water Sewerage
 RWD = Stormwater/Rainwater Drainage



Principe detail bouwpeilen aansituatie Nederwiek 1 / Principle detail construction situation levels Nederwiek 1
 Schaal 150 / Scale 150



- Legenda**
- Componenten cv-station
 - AC Schakelruim
 - BR20 zone
 - Controlgebouw
 - Convertercooler
 - Buiterstrandtoegangsweg
 - Converterhal
 - Helkwerk
 - Hoofdbestuurruimte
 - Reserve controlruimte
 - Inrichtingsgrens
 - Neutral Yard
 - Reserve generator
 - Reserve trafo
 - Reserveonderdeelgebouw
 - Trafo neutral equipment
 - Talud's
 - Waterberging
 - Windpark controlegebouw

2.0	Final Activiteitenbesluit	30-08-2023
1.0	Concept Activiteitenbesluit	01-02-2023

Revision	Purpose of Issue	Checked by	Approved by	Date
----------	------------------	------------	-------------	------

Client
Tennet
 Taking power further

Originator
ARCADIS

Project
Tennet 2GW 525kV HVDC Landstation

Projectnummer : 30100855
 Phase : Activiteitenbesluit
 Security Category : AS2 - Internal

Subject : **Outdoor terrain Site lay-out Buitenterrein Situatietekening**

Scale : 1:500
 Contractnumber : n.v.t.
 Drawingnumber :
 Revision:

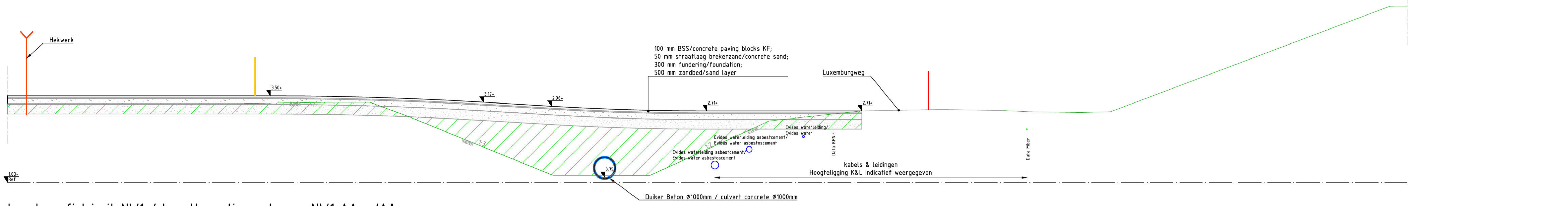
Sheetsize : A0
 Sheet : 1 van 1
 Purpose of Issue : Final

Revision: **2.0**

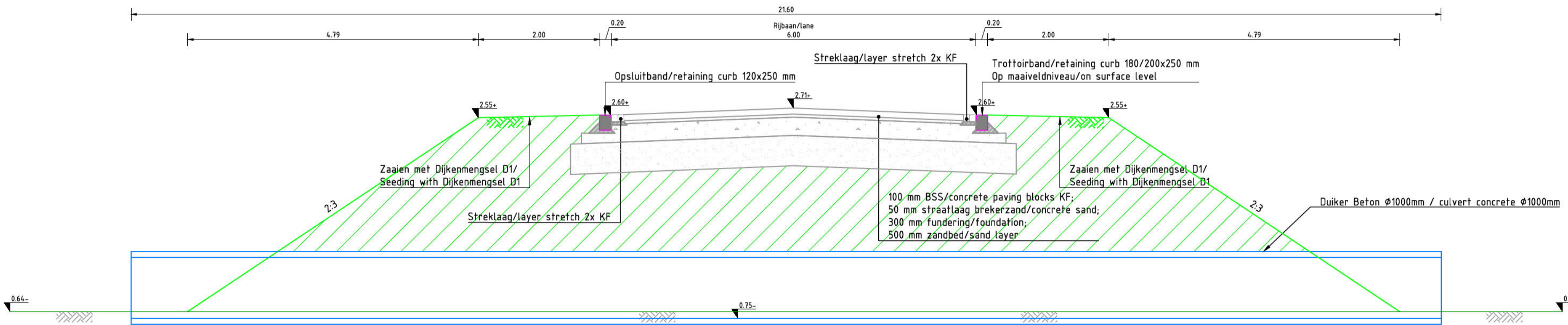
Net op Zee – Nederwiek 1

Aanvraag watervergunning Waterschap Scheldestromen

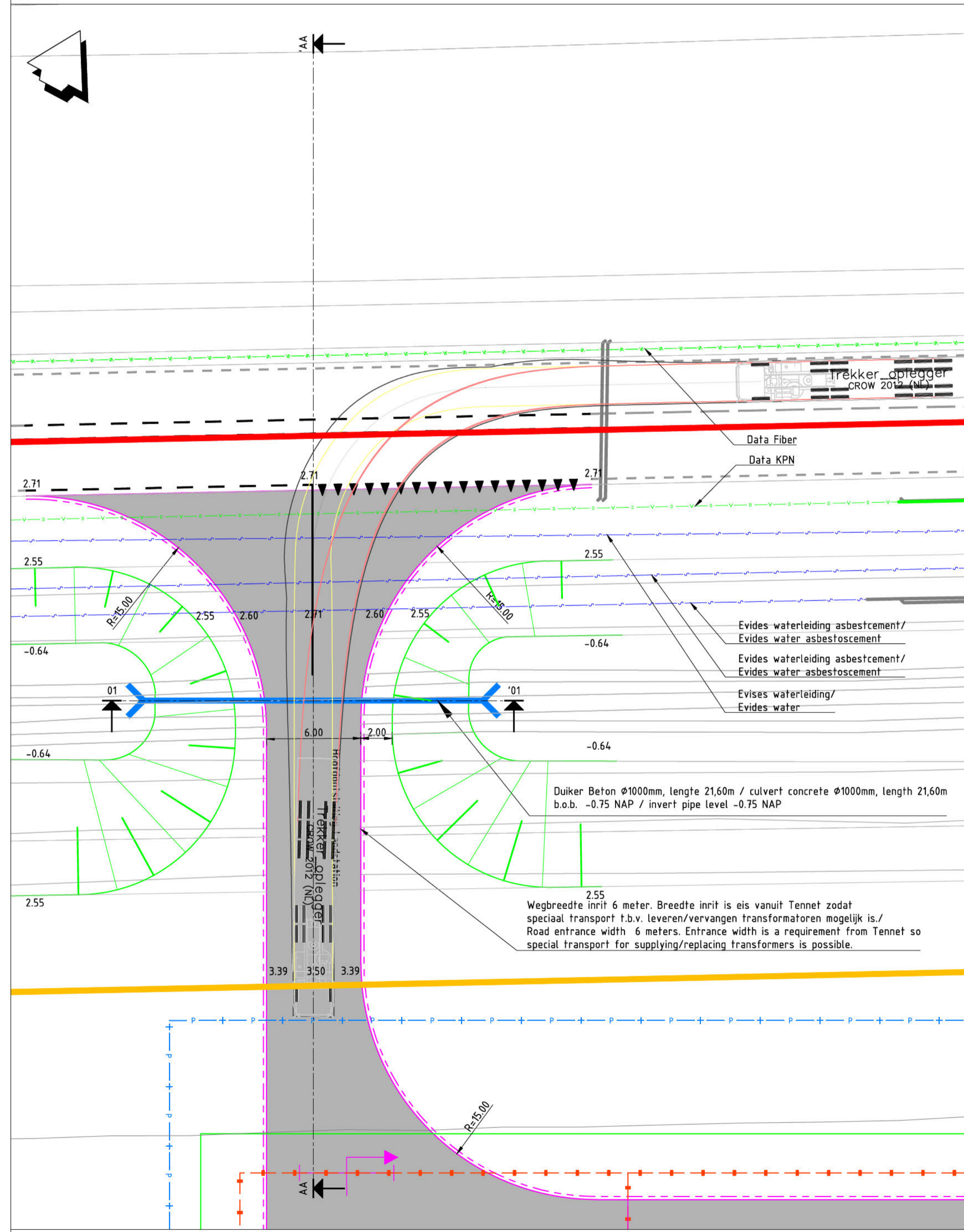
Bijlage 11: Detailtekeningen uitwegen en duikers



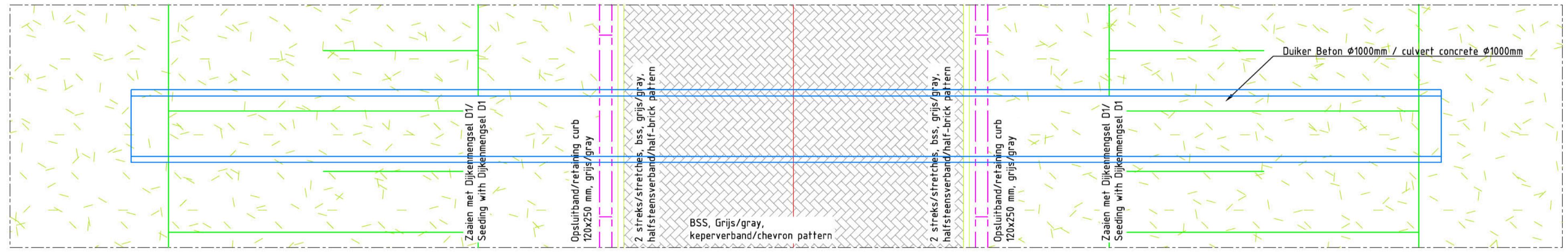
Lengteprofiel inrit NW1 / Length section entrance NW1 AA - 'AA
SCHAAL 1 : 100



Profiel inrit NW1 / Cross section entrance NW1 01 - '01
SCHAAL 1 : 50



Inrit NW1 01 / Entrance NW1 01
SCHAAL 1 : 200

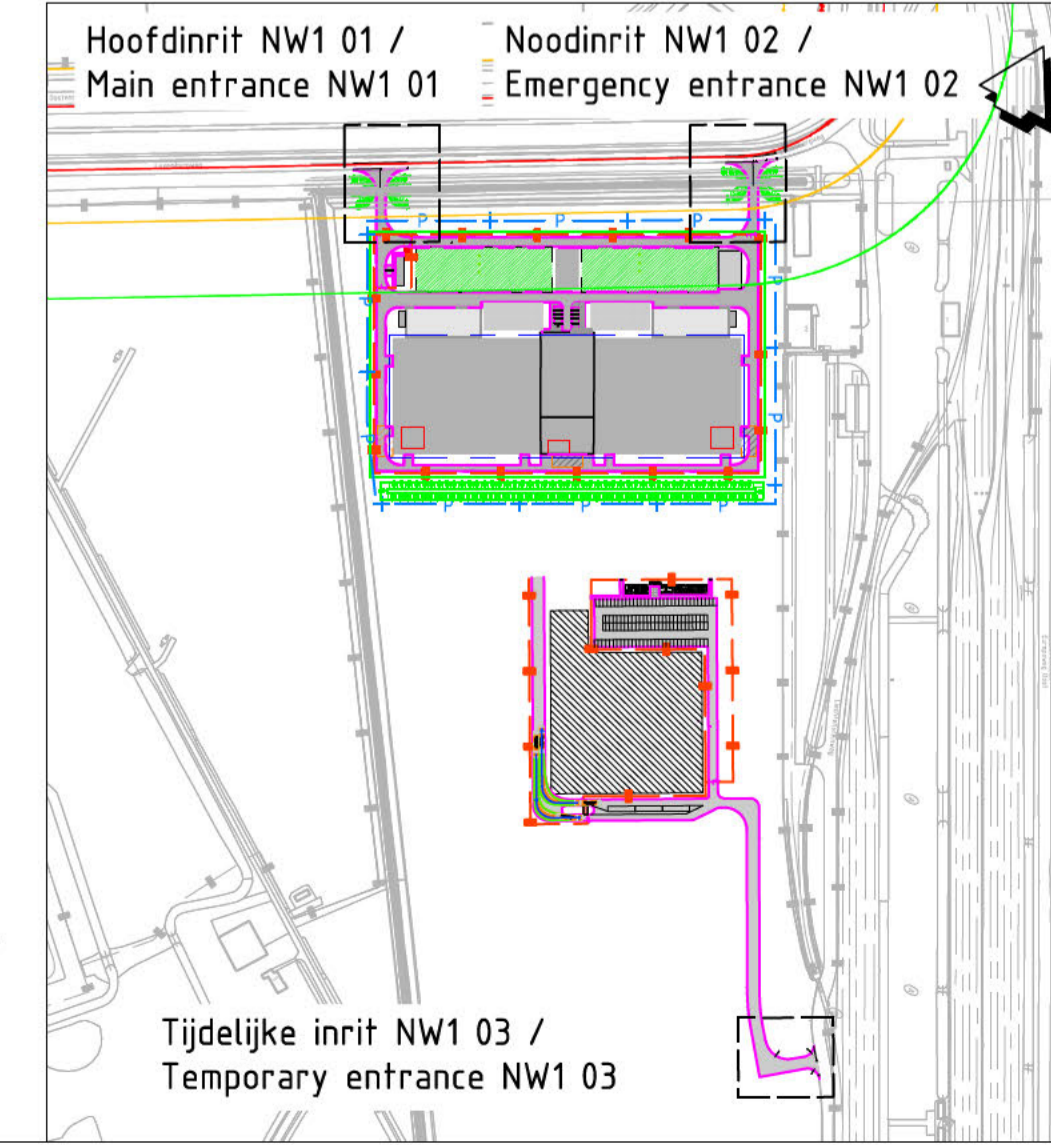


Bovenaanzicht inrit NW1 / Situation entrance NW1 01 - '01
SCHAAL 1 : 50

- Legenda infra nieuw/ Legend infra new**
- Inrichtingsgrens/land registry boundary
 - Waterkering - Primaire keringszone/ Water barrier - Primary barrier zone
 - Waterkering - Primaire beschermingszone A/ Water barrier - Primary protection zone A
 - Waterkering - Primaire beschermingszone B/ Water barrier - Primary protection zone B
 - Talud/slope
 - Hekwerk/fence
 - Hoofdtoegangspoort, elektrisch aangedreven enkele schuifpoort/ electric powered main entrance, sliding gate
 - Verharding/pavement
 - Duiker/culvert
 - Doorsnede/section
 - Ontwerphoogte/design height
- Legenda profielen/ legend profiles**
- Trottoirband/retaining curb 180/200x250 mm Op maaiveldniveau/on surface level
 - Streklaag/layer stretch 2x KF
 - Streklaag/layer stretch 3x KF
 - Materiaalgrens/material boundary
 - Maaiveld/ground level
 - Hekwerk/fence
 - BSS/concrete paving blocks KF
 - Asfalt/asphalt
 - Ophogen of verlagen terrein/ raise or lower terrain
 - Ontwerphoogte/design height
 - Waterkering - Primaire keringszone/ Water barrier - Primary barrier zone
 - Waterkering - Primaire beschermingszone A/ Water barrier - Primary protection zone A

Toelichting
Maatvoering aangegeven in meters
Explanation
Dimensions are displayed in meters

Revision	Purpose of Issue	Checked by	Approved by	Date
1.0	Final entrance permit / inritvergunning			30-06-2023



Client
Tennet
Taking power further

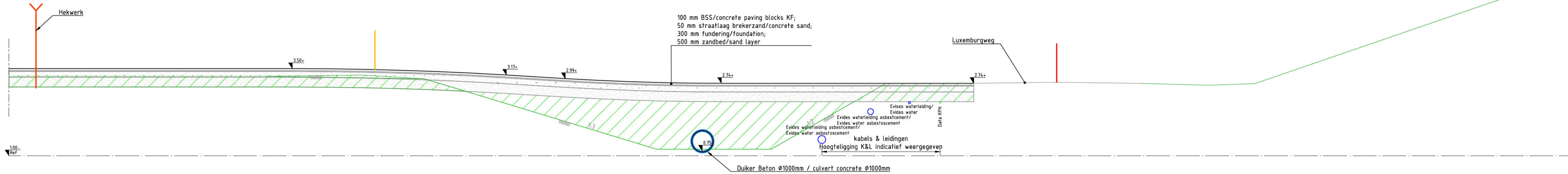
Originator
ARCADIS
Mercatorplein 1
Postbus 1018
5200 BA DEN BOSCH
Tel +31 (0)88 428 1261
Fax +31 (0)88 428 1215
info@arcadis.nl
www.arcadis.com

Project
Tennet 2GW 525kV HVDC Landstation
Projectnummer : 30100856
Phase : Final entrance permit / Final inritvergunning
Security Category: AS2 - Internal

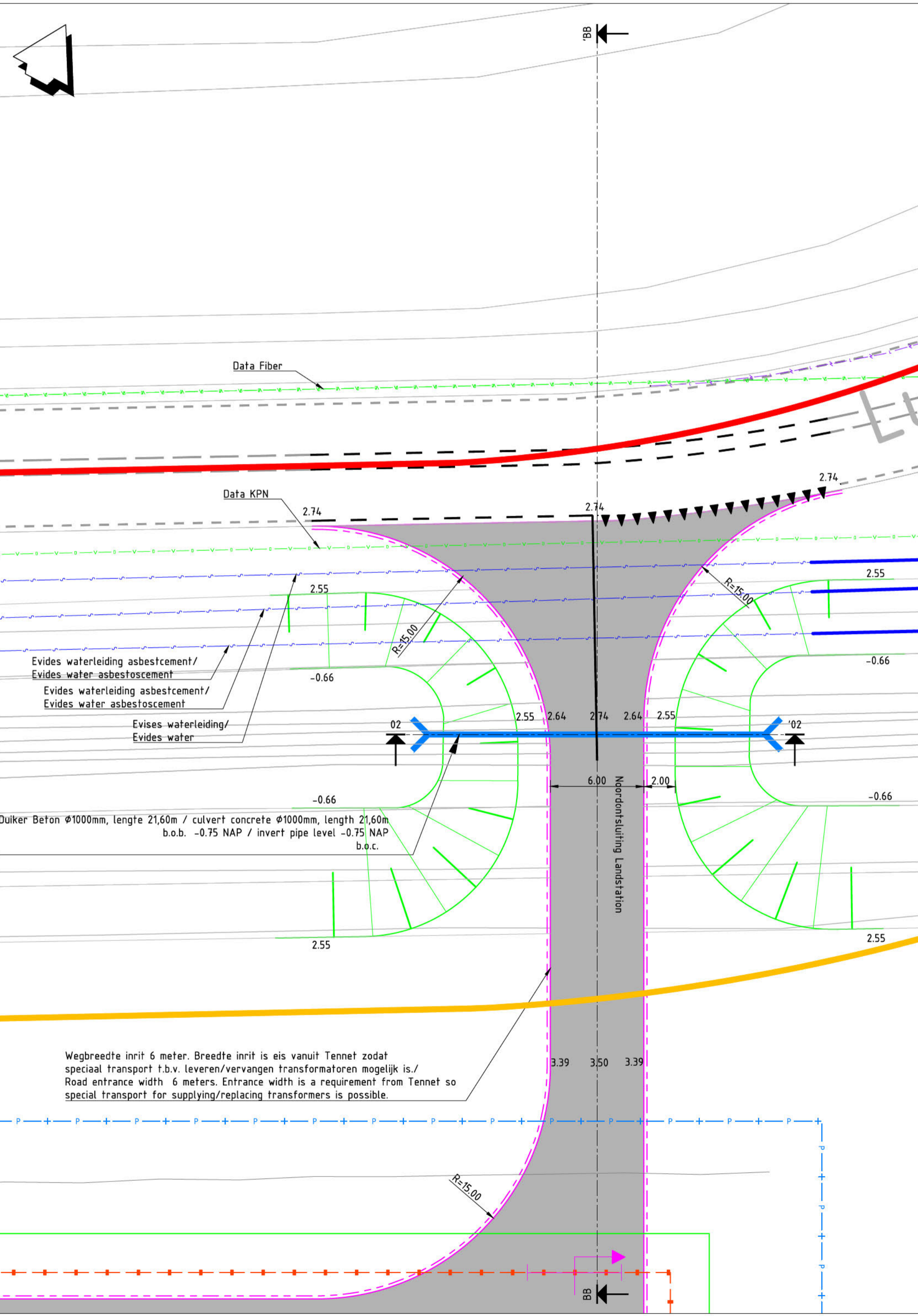
Subject
Outdoor terrain
Detail, cross and length sections main entrance 01
Buitenterrein
Detail, dwars- en lengteprofiel hoofdinrit 01

Scale : 1:200 / 1:100 / 1:50
Contractnumber : n.v.t.
Drawingnumber :
Sheetsize : A1
Sheet : 1 van 3
Purpose of Issue: Final
Revision: 1.0

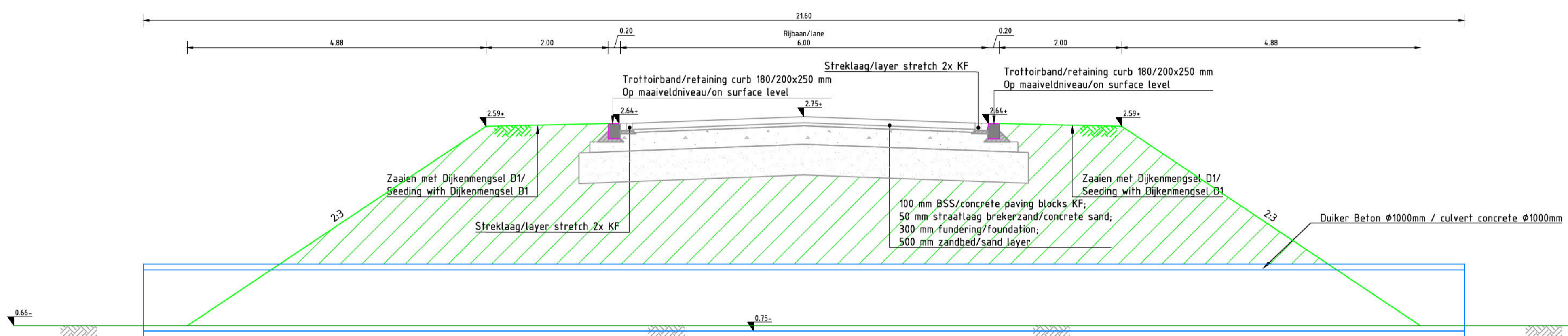
DocId: NW1-T010-ARC-AZA001-Z-C-D-DRW-CE-3030



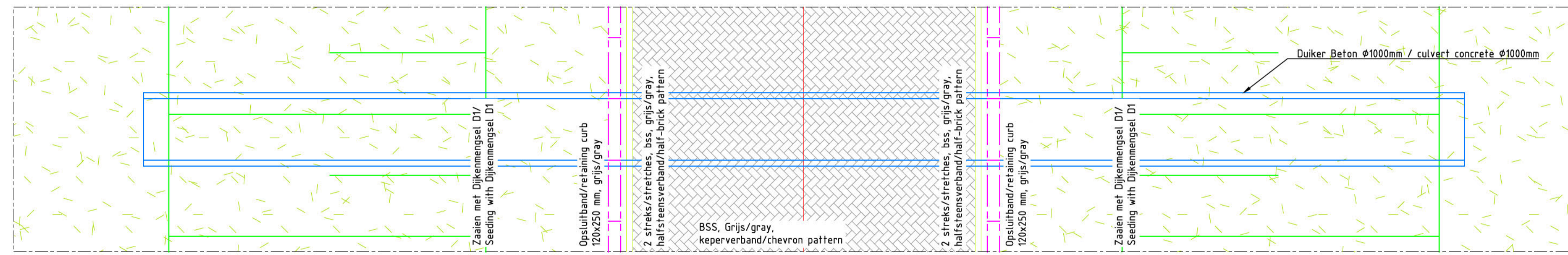
Lengteprofiel inrit NW1 / Length section entrance NW1 BB - 'BB
SCHAAL 1 : 100



Inrit NW1 02 / Entrance NW1 02
SCHAAL 1 : 200



Profiel inrit NW1 / Cross section entrance NW1 02 - '02
SCHAAL 1 : 50

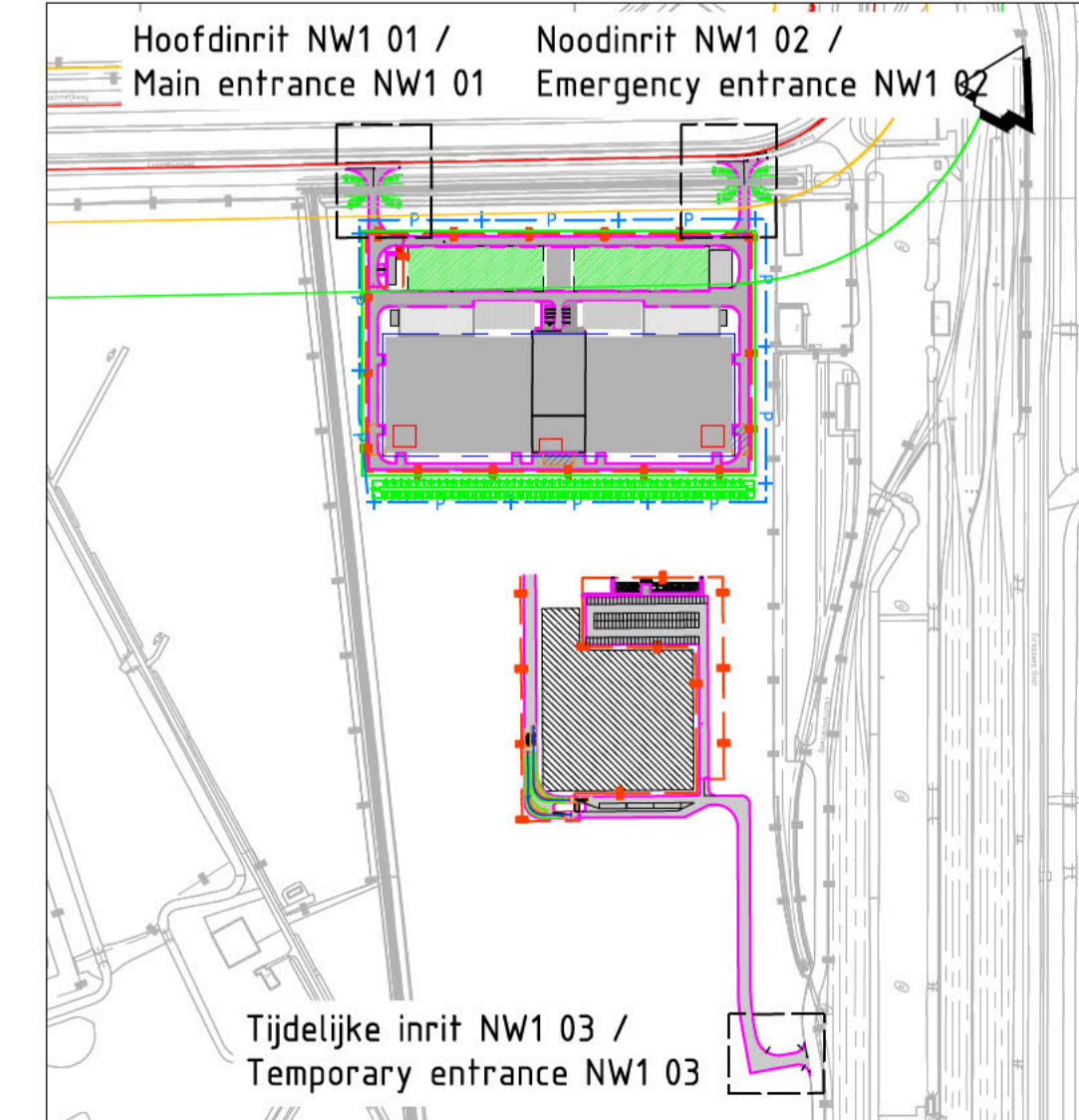


Bovenaanzicht inrit NW1 / Situation entrance NW1 02 - '02
SCHAAL 1 : 50

- Legenda infra nieuw/ Legend infra new**
- Inrichtingsgrens/land registry boundary
 - Waterkering - Primaire keringszone/ Water barrier - Primary barrier zone
 - Waterkering - Primaire beschermingszone A/ Water barrier - Primary protection zone A
 - Waterkering - Primaire beschermingszone B/ Water barrier - Primary protection zone B
 - Talud/slope
 - Hekwerk/fence
 - Hoofdtoegangspoot, elektrisch aangedreven enkele schuifpoort/ electric powered main entrance, sliding gate
 - Verharding/pavement
 - Duiker/culvert
 - Doorsnede/section
 - 0.00 Ontwerphoogte/design height
- Legenda profielen/ legend profiles**
- Trottoirband/retaining curb 180/200x250 mm Op maaielndniveau/on surface level
 - Streklaag/layer stretch 2x KF
 - Streklaag/layer stretch 3x KF
 - Materiaalgrans/materialboundary
 - Maaielnd/ground level
 - Hekwerk/fence
 - BSS/concrete paving blocks KF
 - Asfalt/asphalt
 - Ophogen of verlagen terrein/ raise or lower terrain
 - 0.00 Ontwerphoogte/design height
 - Waterkering - Primaire keringszone/ Water barrier - Primary barrier zone
 - Waterkering - Primaire beschermingszone A/ Water barrier - Primary protection zone A

Toelichting
Maatvoering aangegeven in meters

Explanation
Dimensions are displayed in meters



Revision	Purpose of Issue	Checked by	Approved by	Date
1.0	Final entrance permit / inritvergunning			30-06-2023

Client
Tennet
Taking power further

Originator
ARCADIS
Mercatorplein 1
Postbus 1018
5200 BA DEN BOSCH
Tel +31 (0)88 428 1261
Fax +31 (0)88 428 1215
info@arcadis.nl
www.arcadis.com

Project
Tennet 2GW 525kV HVDC Landstation
Projectnumber : 30100856
Phase : Final entrance permit / Final inritvergunning
Security Category: AS2 - Internal

Subject
Outdoor terrain
Detail, cross and length sections emergency entrance 02
Buitenterrein
Detail, dwars- en lengteprofiel noodinrit 02

Scale : 1:200 / 1:100 / 1:50
Contractnumber : n.v.t.
Drawingnumber :
Sheetsize : A1
Sheet : 2 van 3
Purpose of Issue: Final
Revision: 1.0

DocId: NW1-T010-ARC-AZA001-Z-C-D-DRW-CE-3031

Net op Zee – Nederwiek 1

Aanvraag watervergunning Waterschap Scheldestromen

Aanvullingsbrief watervergunning Waterschap Scheldestromen

Postbus 1000, 4330 ZW Middelburg, Nederland
Waterschap Scheldestromen
T.a.v. [REDACTED]
Postbus 1000
4330 ZW Middelburg

CLASSIFICATIE C1 - publieksinformatie
DATUM 12 september 2023
BEHANDELD DOOR [REDACTED]
E-MAIL [REDACTED]

BETREFT Aanvulling watervergunning (waterschap) Net op zee Nederwiek 1

Geachte [REDACTED],

Op vrijdag 7 juli 2023 heeft TenneT een aanvraag voor een watervergunning ingediend bij waterschap Scheldestromen ten behoeve van het project Net op zee Nederwiek 1. Deze aanvraag staat bij waterschap Scheldestromen bekend onder het aanvraagnummer **7566147** (OLO-nummer)¹. Graag vullen wij de aanvraag aan door middel van onderhavige brief.

Inleiding en achtergrond

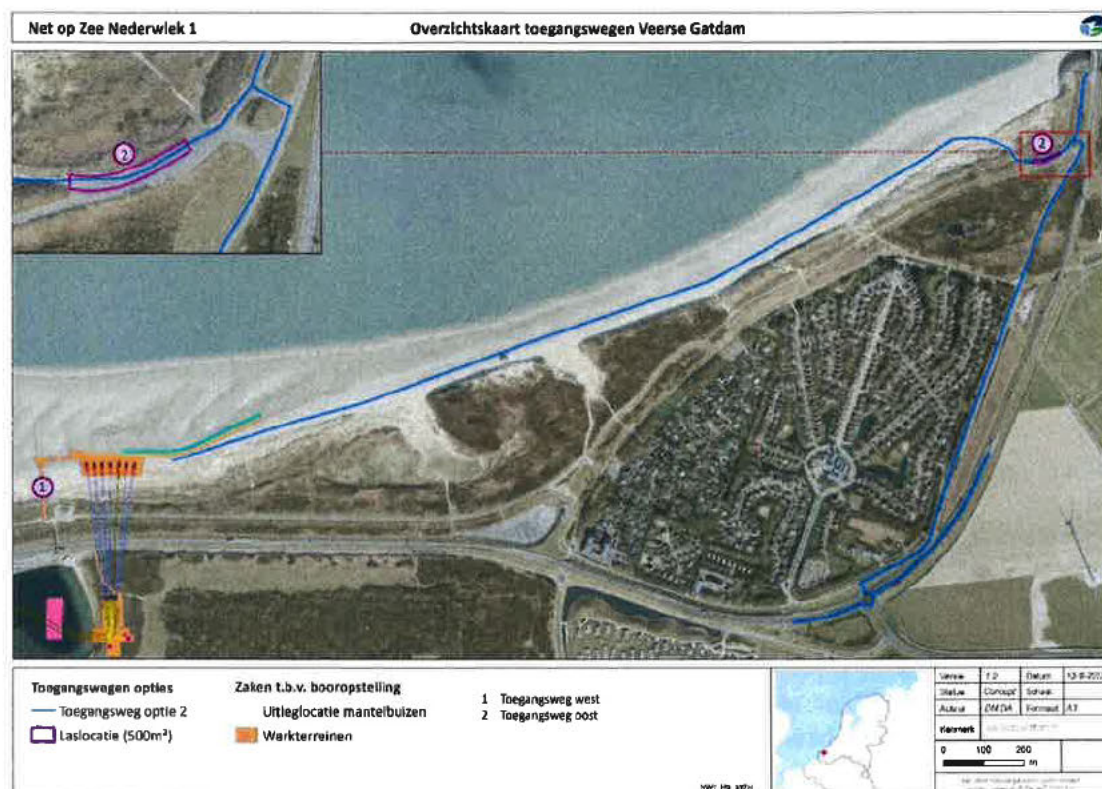
Voor de aanlanding van de zeekabel van Net op zee Nederwiek 1 worden gestuurde boringen aangebracht onder de Veerse Gatdam door. In de boorgaten worden de kunststof mantelbuizen ingetrokken. Nadat de mantelbuizen zijn aangebracht worden de kabels vanaf zee door de buis aan land en onder de Veerse Gatdam getrokken. Deze werkzaamheden vinden plaats binnen de primaire waterkering. Hiervoor is reeds separaat een vergunningaanvraag ingediend bij Rijkswaterstaat. Dit maakt daarom geen deel uit van voorliggend verzoek.

Rondom het uittredepunt van de boring, op het strand, wordt een werkterrein aangelegd. Om materiaal naar dit punt te kunnen vervoeren wordt de strandopgang ter hoogte van het strandpaviljoen View gebruikt. Deze is aangeduid op figuur 1 als 'Toegangsweg oost'. Voor het aanvoeren van onder andere de mantelbuizen is het wenselijk om een tweede aanvoerroute te creëren. Hierdoor wordt overlast bij toegangsweg west ter hoogte van strandpaviljoen View zoveel mogelijk beperkt en zal de veiligheid tijdens de bouw toenemen.

De tweede aanvoerroute is gevonden ten noordoosten van het uittredepunt (zie afbeelding 1 onder aanduiding '2 Toegangsweg oost'). Op die plek wordt materiaal en materieel het strand opgereden en vervolgens getransporteerd over het strand naar het werkterrein bij het uittredepunt. Naast de functie als tijdelijke strandtoegang worden hier ook de kunststof mantelbuizen aan elkaar gelast. Hiervoor wordt een werkterrein op de dam ingericht met een oppervlakte van circa 500m² en een minimale breedte van 5 meter. Dit werkterrein wordt aangebracht op de verharding van de Veerse Gatdam die hier reeds aanwezig is. Door het gebruik van de bestaande, reeds verharde locatie wordt voorkomen dat er aanvullende

¹ Referentiecode aanvrager: 30136670

verharding aangebracht moet worden. Mogelijk zal de aannemer een kleine hoeveelheid zand willen aanbrengen op de verharding om zodoende een horizontaal werkterrein te creëren. In dergelijk geval wordt na afronden van de werkzaamheden het zand verwijderd en het terrein in oude staat teruggebracht.



Afbeelding 1: locatie aanduiding toegangswegen

Aanvulling watervergunning waterschap Scheldestromen

De werkzaamheden die worden voorzien op de locatie aangeduid als 'Toegangsweg oost' bestaan uit:

- de aanleg van het tijdelijke werkterrein op de Veerse Gatdam en het gebruiken voor het lassen van de mantelbuizen.
- gebruik van de reeds aanwezige strandopgang voor het vervoer van het materiaal en materieel naar het werkterrein bij het uittredepunt van de boring op het strand.

Voor het gebruik van een waterstaatswerk en de beschermingszones van een waterstaatswerk (waterkering) is op basis van artikel 4.1, lid 5 van de Keur watersysteem Waterschap Scheldestromen 2012 een watervergunning nodig.

Verzoek

TenneT verzoekt waterschap Scheldestromen om onderhavige aanvulling integraal onderdeel te laten zijn van de aanvraag watervergunning voor Net op zee Nederwiek 1. Deze aanvraag is bij u bekend onder het OLO kenmerk **7566147**.

Tot slot

Ik vertrouw erop u hiermee voldoende geïnformeerd te hebben. In geval van inhoudelijke vragen of onduidelijkheden verzoek ik u op korte termijn contact met ons op te nemen (zie aanhef brief voor contactgegevens). Voor procedurele vragen verzoeken wij u contact op te nemen met Bureau Energieprojecten, via tel. 070 379 8979.

Hoogachtend,
TenneT TSO B.V.

