

Rapport

Projectnummer: 375768

Referentienummer: NL21-648800269-2599

Datum: 05-08-2021

Nieuwe stuwlijn en vispassage ter hoogte van Zinkerhoofd Zuid

Constructief ontwerp en geotechnisch advies stabiliteit waterkering

Definitief 2.0

Opdrachtgever:
Waterschap Rivierenland
Postbus 599
4000 AN TIEL

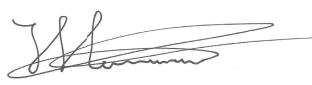
Revisie	Datum	Status	Belangrijkste wijzigingen
D1.0	21-05-2021	Definitief	
D2.0	05-08-2021	Definitief	Hydraulische RVW stuw aangepast, opmerkingen Waterschap verwerkt

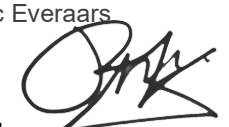
Verantwoording

Titel	Nieuwe stuwlijn en vispassage ter hoogte van Zinkerhoofd Zuid
Subtitel	Constructief ontwerp en geotechnisch advies stabiliteit waterkering
Projectnummer	375768
Referentienummer	NL21-648800269-2599
Revisie	Definitief 2.0
Datum	05-08-2021

Auteur	Niels van Leeuwen, Remco van Poelgeest
E-mailadres	geotechniek@sweco.nl



Gecontroleerd door	Jeroen Hermans, Frank Verschoor
Paraaf gecontroleerd	

Goedgekeurd door	Marc Everaars
Paraaf goedgekeurd	

b.a.

Inhoudsopgave

1	Inleiding	6
1.1	Aanleiding	6
1.2	Doel	7
1.3	Leeswijzer	8
2	Uitgangspunten	9
2.1	Algemeen.....	9
2.2	Referenties	9
2.3	Normen en richtlijnen.....	10
2.4	Veiligheidsfilosofie	10
2.5	Relevante faalmechanismes	10
2.6	Programmatuur.....	10
2.7	Waterkering ARK	10
2.8	Bodemopbouw.....	11
2.9	Geometrie	12
2.10	Hydraulische randvoorwaarden.....	13
2.11	Situaties	14
2.12	Overige faalmechanismen	15
2.13	Fasering bouwkuip	16
2.14	Corrosie	16
3	Constructieve uitgangspunten.....	17
3.1	Constructie.....	17
3.2	Belastingen	17
4	Krachtenafdracht klepstuw.....	19
4.1	Krachtenafdracht	19
4.2	Belastingssituatie 1	20
4.3	Belastingssituatie 2.....	21
4.4	Conclusie	23
5	Berekening veiligheidshekken	24
6	Ontwerp betondelen	25
6.1	Ontwerp deksloof bovenzijde	25
6.2	Wapening overbrugging stuw	26
6.3	Wapening sponning zijkanten.....	28
6.4	Wapening sponning onderzijde	30
6.5	Stekken.....	31
7	Buisverbinding door de damwand.....	32

8	Analyse damwanden	33
8.1	Definitieve damwanden	33
8.2	Tijdelijke damwanden	34
9	Invloed op waterkering	37
9.1	Dwarsprofiel DP003.....	37
9.2	Dwarsprofiel DP006.....	38
9.3	Extra randvoorwaarden DP003	38
9.4	Effect in- en uittrillen damwanden	39
9.5	Onder- en achterloopsheid	40
10	Conclusie.....	42
10.1	Constructief ontwerp	42
10.2	Ontwerp damwanden	42
10.3	Invloed waterkering	43

Bijlage 1	Grondonderzoek
Bijlage 2	Tekening dwarsprofielen
Bijlage 3	Tekeningen zinkerhoofd
Bijlage 4	Informatie kraan
Bijlage 5	Fasering realisatie stuw
Bijlage 6	DO-tekeningen
Bijlage 7	Scia-berekening bovenregel
Bijlage 8	Wapeningsberekeningen
Bijlage 9	Berekening stekken
Bijlage 10	Berekeningen damwand
Bijlage 11	Stabiliteitsberekeningen
Bijlage 12	Opbarstberekeningen

1 Inleiding

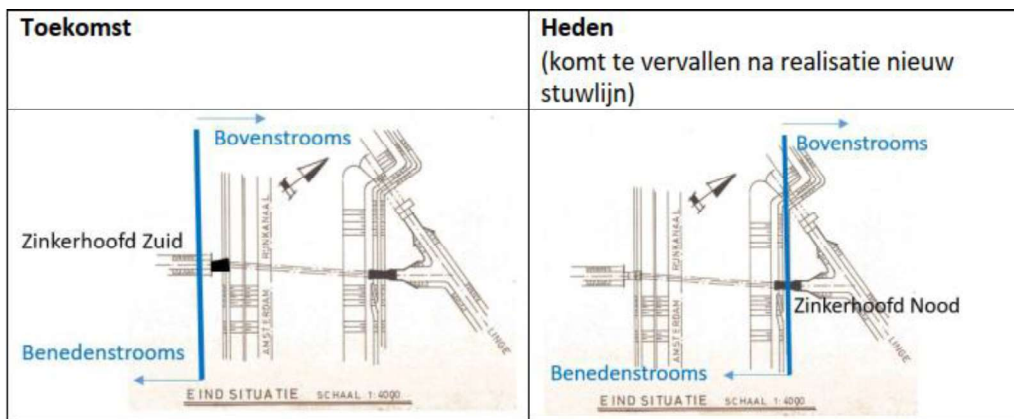
1.1 Aanleiding

Middels vaststelling van het KRW Rivierenplan² door het Algemeen Bestuur WSRL op 27 november 2015 is voor de 2^e planperiode 2016-2021 een opgave vastgesteld om tien tot twintig kunstwerken vispasseerbaar te maken. Hierop volgend zijn er voorkeursscenario's uitgewerkt en is gekozen om onder andere op het tracé Boven-Linge (provincie Gelderland) de vismigratieknelpunten weg te nemen.

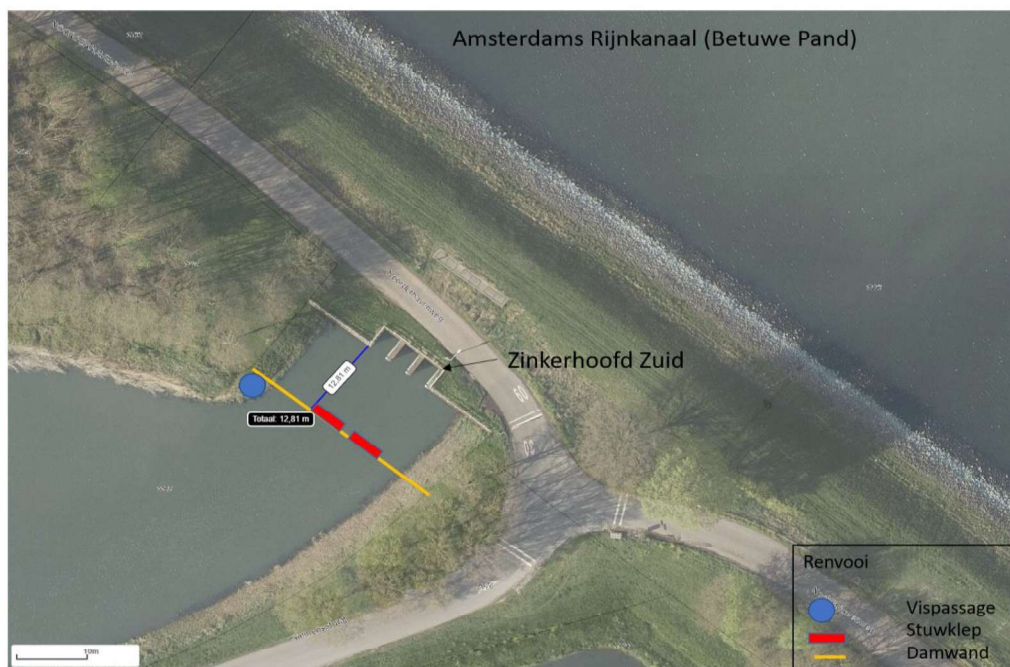
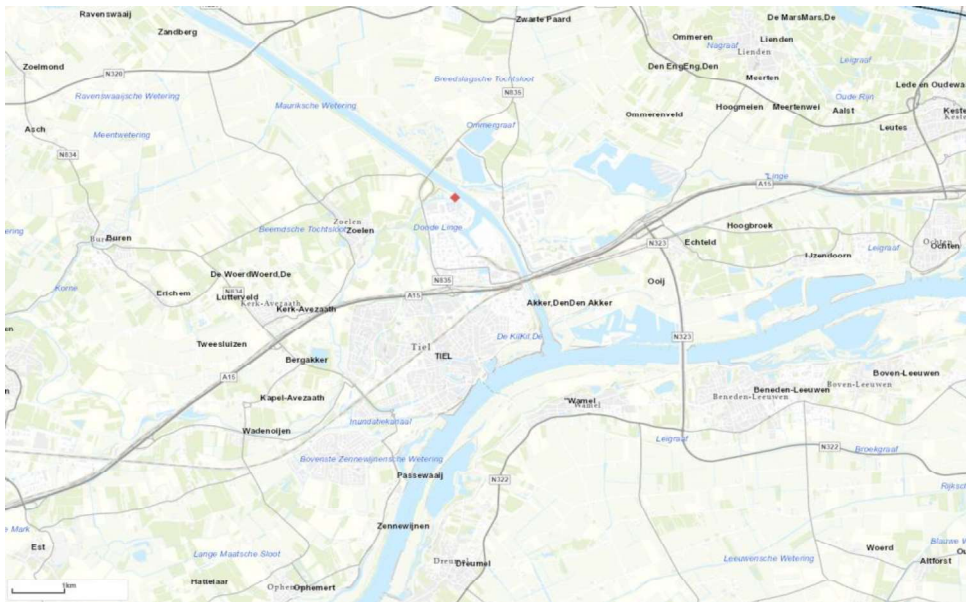
Voorliggend document heeft betrekking op het deelproject Stuw Amsterdam-Rijnkanaal (ARK). De huidige stuwlijn is niet passeerbaar en voorziet ook niet in de mogelijkheid om dit met enkele technische aanpassing wel te realiseren.

Om de vispasseerbaarheid te borgen wordt aan de noordzijde van de nieuwe stuwlijn een vispassage aangelegd. De bestaande schotbalkstuw (schuiven) ter hoogte van de oostzijde van het ARK (zinkerhoofd noord), worden verwijderd.

Hierdoor verandert de locatie van peilscheiding. In plaats van aan de oostzijde (ter hoogte van zinkerhoofd noord) van het ARK, wordt het peil in de toekomstige situatie door de nieuwe stuwlijn ter hoogte van zinkerhoofd zuid geregeld, zie Figuur 1-1. De nieuwe locatie van de peilscheiding is op grotere schaal weergegeven in Figuur 1-2.



Figuur 1-1 Verandering locatie peilscheiding



Figuur 1-2 Locatie nieuwe peilscheiding westzijde

1.2 Doel

Het dient te allen tijde te worden voorkomen dat de veiligheid van de waterkering van het ARK in het geding komt als gevolg van de werkzaamheden en/of verandering van de locatie van de peilscheiding.

Voorliggend document betreft een geotechnische beschouwing op de veiligheid van de waterkering, dimensionering van de bouwkuip en constructieve dimensionering van de stuw.

1.3 Leeswijzer

In hoofdstuk 2 zijn de uitgangspunten opgenomen. De specifieke uitgangspunten voor het constructief ontwerp zijn opgenomen in hoofdstuk 3.

Het constructief ontwerp is opgenomen in de hoofdstukken 4 tot en met 7.

De dimensionering van de damwanden voor de tijdelijke bouwkuip en voor de definitieve stuw is opgenomen in hoofdstuk 8.

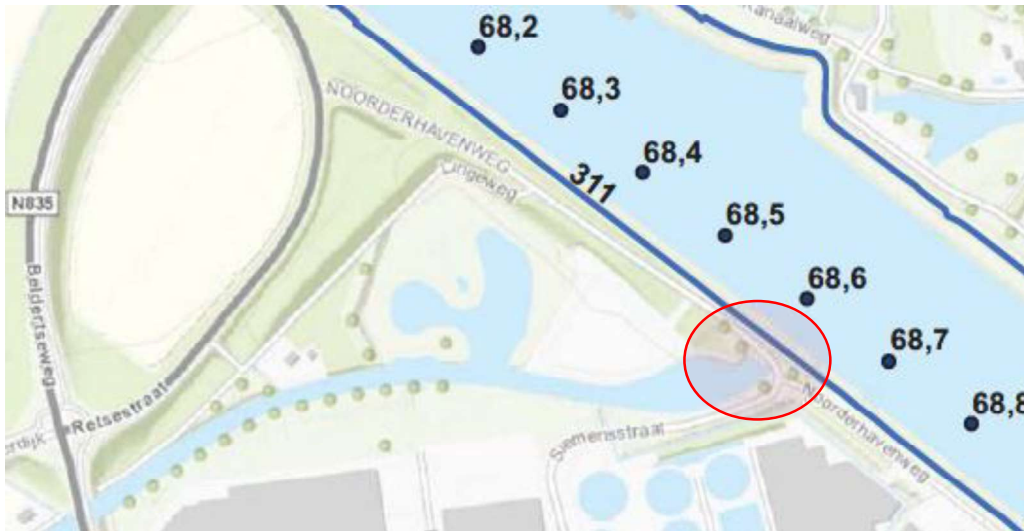
In hoofdstuk 9 is de veiligheid op de waterkering beschouwd.

Tot slot zijn in hoofdstuk 10 de conclusies samengevat.

2 Uitgangspunten

2.1 Algemeen

Het projectgebied bevindt zich in dijkvak 311 van het Amsterdam-Rijnkanaal nabij hectometer 68,6, zie Figuur 2-1.



Figuur 2-1 Ligging projectgebied

2.2 Referenties

- [ref 1] Toets op veiligheid van regionale keringen in het beheer van het Rijk, Regionale kering langs het Amsterdam-Rijnkanaal, 20 december 2019.
- [ref 2] RWS Directie Sluizen en Stuwen, tekening Linge-gemaal en – zinker. Zinkerhoofd Zuid, d.d. november 1975.
- [ref 3] PVE, Realisatie stuwlijn en vispassage ter hoogte van zinkerhoofd Zuid sifon Amsterdams Rijnkanaal, d.d. 14-12-2020.
- [ref 4] Waterschap Rivierenland, DO-tekenwerk versie D, d.d. 16 april 2021.
- [ref 5] Leidraad toetsen op veiligheid regionale waterkeringen (LTVRW). STOWA, 2015.
- [ref 6] Bouwbeleid civiele techniek en werktuigbouwkunde voor stuwen, gemalen, duikers en hevelgemalen in watersysteeminstallaties, d.d. 14-2-2019.
- [ref 7] Omgevingsbeïnvloeding inbrengen en trekken van damwanden, Praktijkrichtlijn. SBRCURnet, december 2017.
- [ref 8] Schematiseringshandleiding piping bij kunstwerk. Rijkswaterstaat, 28 november 2019.
- [ref 9] Onderzoeksrapport Zandmeevoerende wellen. Rijkswaterstaat, maart 2012.

2.3 Normen en richtlijnen

Alle normen uit de eurocode (NEN-EN-199x-serie) dienen samen met de Nederlandse nationale bijlage gelezen te worden.

Normen en richtlijnen	
NEN-EN-1990	Eurocode: Grondslagen voor het constructief ontwerp
NEN-EN-1991	Eurocode 1: Belastingen op constructies – Deel 1-1: Algemene belastingen – Volumieke gewichten, eigen gewicht en gebruiksbelastingen voor gebouwen
NEN-EN-1992	Eurocode 2: Ontwerp en berekening van betonconstructies - Deel 1-1: Algemene regels en regels voor gebouwen
NEN9997-1+C2	Geotechnisch ontwerp van constructies. Deel 1: Algemene regels
CUR162	Construeren met grond
CUR166	Damwandconstructies

2.4 Veiligheidsfilosofie

Conform NEN-EN 1990 worden constructies ingedeeld in de volgende drie veiligheidsklassen:

- RC1: geringe gevolgen ten aanzien van het verlies van mensenlevens en/of kleine of verwaarloosbare economische of sociale gevolgen of gevolgen voor de omgeving.
- RC2: middelmatige gevolgen ten aanzien van het verlies van mensenlevens en/of aanzienlijke economische of sociale gevolgen of gevolgen voor de omgeving; bijvoorbeeld een bouwput, een damwand langs een binnenwater en een kadewand met een grote kerende hoogte (> 5 m).
- RC3: grote gevolgen ten aanzien van het verlies van mensenlevens (enkele tientallen) en/of zeer grote economische of sociale gevolgen voor de omgeving; bijvoorbeeld bij bijzondere constructies en (damwanden in) een primaire waterkering.

Op basis van bovenstaande wordt de definitieve constructie ingedeeld in veiligheidsklasse RC2. De tijdelijke damwanden voor de bouwkuipen worden ingedeeld in RC1.

2.5 Relevante faalmechanismes

Het relevante faalmechanisme dat is beschouwd is macrostabiliteit binnenwaarts voor de kering langs het Amsterdam-Rijnkanaal.

2.6 Programmatuur

Voor de berekeningen wordt gebruikt gemaakt van de D-Series van Deltares:

- De stabiliteitsberekeningen worden uitgevoerd in D-Geo Stability versie 18.1.1.3.
- Zettingsberekeningen worden uitgevoerd in D-Settlement versie 20.1.1.
- De constructies worden doorgerekend in D-Sheet Piling versie 19.3.1.

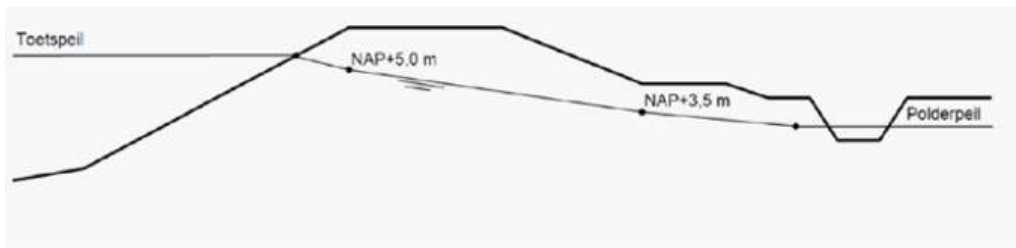
2.7 Waterkering ARK

Op basis van de toetsrapportage van de waterkering van het ARK, [ref 1] zijn de volgende uitgangspunten aangehouden:

- De waterkering bevindt zich in IPO-klasse III overeenkomend met een overschrijdingskans van 1/100 jaar en een schadefactor van 0,90.
- Er wordt standaard gerekend met een ongedraineerde bovenbelasting (0% consolidatie) van 13,0 kN/m² over een breedte van 2,5 m. Dit is afwijkend van de LTVRW [ref 5]. De belasting wordt voor de huidige situatie geschematiseerd op de verharding. Indien deze niet aanwezig is, wordt hij geplaatst op de insteek van de kruin. Conform het PvE, [ref 3]

dient voor de toekomstige situatie rekening te worden gehouden dat de belasting zich tot aan de waterkant kan bevinden (EIS SE.0008).

- Voor de beoordeling op stabiliteit wordt gekeken naar toetspeil in het ARK in combinatie met streefpeil in de Linge. Het toetspeil in het ARK bedraagt NAP +5,60 m en het streefpeil in het ARK NAP +3,20 m.
- De schematisering van de freatische lijn is op basis van peilbuismetingen en weergegeven in Figuur 2-2.
- De stijghoogte onder dagelijkse omstandigheden bedraagt NAP +3,12 m en onder extreme omstandigheden NAP +5,10 m. In de berekeningen is uitgegaan van een hydrostatisch verloop van de waterspanning met een sprong tussen de deklaag en het diepe zand. Voor de toetsing van de waterkering is in voorliggend document veiligheidshalve een lineair verloop aangehouden.
- De grondparameterset is overgenomen aan de hand van de regionale proevenverzameling. De rekenwaarden zijn weergegeven in Tabel 2-1.
- De schematiseringsfactor wordt aangehouden op 1,05.
- De berekeningen worden uitgevoerd met de methode LiftVan. Er wordt onderscheid gemaakt in de situatie met en zonder drukstaaf (diep en ondiep glijvlak), waarvoor een modelfactor geldt van respectievelijk 1,05 en 1,00.
- Als veiligheidseis geldt FS = 0,95 zonder drukstaaf en FS = 1,00 met drukstaaf.



Figuur 2-2 Schematisatie freatische lijn door dijklichaam bij toetspeil

Tabel 2-1 Rekenwaarde grondparameters dijkstabiliteit ARK

Grondsoort [-]	γ [kN/m ³]	γ_{sat} [kN/m ³]	c' [kN/m ²]	ϕ' [°]
Klei, siltig/zandig	18,5	18,6	0,00	29,16
Klei, siltig/humeus	16,8	16,8	1,79	19,10
Zand	16,2	19,2	0,00	28,00

2.8 Bodemopbouw

De laagindeling van de ondergrond is gebaseerd op lokaal uitgevoerd grondonderzoek, wat is opgenomen in Bijlage 1. Uit de sonderingen volgt dat de kleilaag aan de noordwestzijde veel dikker is dan aan de zuidoostzijde. De kleilaag aan de zuidoostzijde is humeuzeur. In de berekeningen is rekening gehouden met twee laagindelingen. De aangehouden grondopbouw is weergegeven in Tabel 2-2.

Tabel 2-2 Laagindeling

Grondsoort [-]	Noordwestzijde [m NAP]	Zuidoostzijde [m NAP]
Klei, siltig/ zandig	MV ~ +7,3	MV ~ +7,3
Klei, siltig/ humeus		+3,5
Zand	+2,5	
Klei, siltig/ zandig	+2,2	+2,6
Klei met zandlagen	+0,9	
Klei, siltig/ humeus		+1,7
Klei, siltig/ zandig	-0,6	+0,7
Klei, siltig/ humeus		-0,4
Zand	-4,6	-1,2

De laag 'klei, met zandlagen' is niet opgenomen in de proevenverzameling van RWS. Aan deze laag zijn veiligheidshalve dezelfde grondparameters toegekend dan aan de laag 'klei, siltig/zandig'.

Voor de analyse van de damwanden is de conservatieve bodemopbouw aan de noordwestzijde aangehouden. De aangehouden bodemschematisatie is weergegeven in Tabel 2-3. De grondparameters zijn gebaseerd op de regionale proevenverzameling van RWS [ref 1] en CUR166.

Tabel 2-3 Bodemschematisatie met karakteristieke grondparameters

Grondsoort [-]	b.k. laag [m NAP]	γ [kN/m ³]	γ_{sat} [kN/m ³]	c' [kN/m ²]	ϕ' [°]	k_1 [kN/m ³]	k_2 [kN/m ³]	k_3 [kN/m ³]
Klei, siltig	mv ~ +7,3	16,8	16,8	2,0	22,5	2.000	800	500
Zand	+2,5	16,2	19,2	0,0	30,0	12.000	6.000	3.000
Klei, siltig*	+2,2	16,8	16,8	2,0	22,5	2.000	800	500
Zand	-4,6	16,2	19,2	0,0	30,0	12.000	6.000	3.000

* lokaal met zandlagen, dit gunstig effect is niet meegenomen

Waarbij:

$\gamma / \gamma_{\text{sat}}$ volumegewicht van aardvochtig/ verzadigde grond;

c' effectieve cohesie;

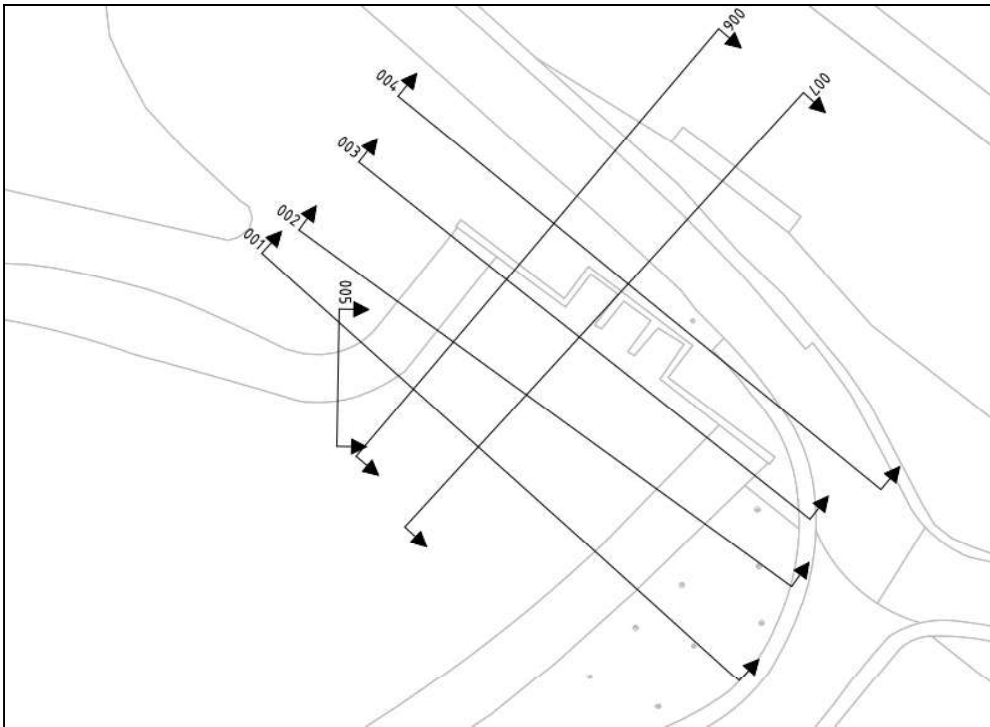
ϕ' effectieve hoek van inwendige wrijving;

$k_1 / k_2 / k_3$ beddingsconstante tot 50% / 80% / 100% van de maximale passieve gronddruk.

2.9 Geometrie

De locaties van de beschikbare profielen zijn weergegeven in Figuur 2-3. De beschikbare profielen, alsmede de locaties van de profielen zijn weergegeven op tekening zoals opgenomen in Bijlage 2. De macrostabiliteit wordt getoetst voor de maatgevende profielen DP006 en DP003. Hierbij dient DP006 voor het verkennen van de invloed op de waterkering van het Amsterdam Rijnkanaal en DP003 voor het beschouwen van de uitvoeringsstabiliteit (beoogde locatie van de opstelplaats van de kraan).

Voor het profiel over de vleugelwand (DP006) wordt de vleugelwand geschematiseerd als forbidden line tot een diepte van NAP -3,30 m op basis van de tekening van het zinkerhoofd, [ref 2], zoals opgenomen in Bijlage 3.



Figuur 2-3 Locaties dwarsprofielen

2.10 Hydraulische randvoorwaarden

De hydraulische randvoorwaarden zijn overgenomen uit het Programma van Eisen, [ref 3].

- waterpeil peilbesluit bovenstrooms = 3,70/ 3,90 m NAP (min/max) (marge = +/- 10 cm);
- waterpeil peilbesluit benedenstrooms = 3,00 / 3,20 m NAP (min/max) (marge = +/- 10 cm);
- peil ten behoeve van nachtvorstschadebestrijding bovenstrooms = 4,05 m NAP;
- peil ten behoeve van nachtvorstschadebestrijding benedenstrooms = 3,50 m NAP;
- inundatiehoogte bovenstrooms stuw (oostzijde + stukje westzijde sifon) = circa 4,61 m NAP (2020 en 2050);
- inundatiehoogte benedenstrooms nieuwe stuw = circa 3,60 m NAP (2020 en 2050);
- de nieuwe klepstuw moet een debiet $>8 \text{ m}^3/\text{s}$ kunnen verwerken, net als in de huidige situatie;
- gemiddelde waterpeil gemeten bij stuw achter de zuivering (net benedenstrooms van sifon), over de jaren 2016 – 2020 = 3,15 – 3,30 m NAP.

De stijghoogte onder dagelijkse omstandigheden bedraagt NAP +3,12 m en onder extreme omstandigheden NAP +5,10 m, [ref 1].

Waterstanden damwandberekeningen

Ten behoeve van de damwandberekeningen en constructieve berekeningen voor de stuw zijn conform opgave van Waterschap Rivierenland de volgende (meer conservatieve) waterstanden aangehouden:

- maatgevende omstandigheden:
 - stijghoogte NAP +5,1 m
 - waterstand bovenstrooms NAP +4,61 m
 - waterstand benedenstrooms NAP +2,8 m
- calamiteiten situatie:
 - stijghoogte NAP +5,1 m
 - waterstand bovenstrooms NAP +5,2 m
 - waterstand benedenstrooms NAP +2,8 m

Voor de tijdelijke situatie wordt gerekend met een hoge benedenstroomse waterstand van NAP +3,3 m in combinatie met een stijghoogte van NAP +5,1 m.

2.11 Situaties

De volgende situaties worden getoetst om inzicht te verkrijgen van de veiligheid tegen afschuiven:

- bestaande situatie;
- toekomstige situatie met een verhoogde waterstand in de Linge;
- bouwfase tijdens intrillen en trekken damwanden;
- bouwfase met kraanbelasting;
- onderhoudsfase met kraanbelasting.

De situaties worden getoetst voor zowel profiel DP003 als DP006 voor de beide laagindelingen van de ondergrond conform §2.8. In Tabel 2-4 zijn de aangehouden waterstanden weergegeven per situatie, uitgaande van het toetspeil van NAP +5,6 m in het ARK. Hierbij is rekening gehouden dat profiel DP003 zich ter plaatse van de binnenteen van de waterkering van het ARK bevindt, zie Figuur 2-3. i

Tabel 2-4 Aangenomen waterstanden per situatie

Situatie	DP006			DP003	
	Buitenkruin [m NAP]	Binnenteen [m NAP]	Waterpeil [m NAP]	Voorland [m NAP]	Waterpeil [m NAP]
Bestaand	5,0	3,50*	2,9	3,50	2,9
Toekomstig	5,0	4,05**	3,6	4,05	3,6
Bouwphase	5,0	3,50*	2,9	3,50	2,9
Onderhoudsfase	5,0	4,05**	3,6	4,05	3,6

* [ref 2]

** Veiligheidshalve verhoogd, omdat waterpeil hoger wordt

Indien blijkt dat in de bouwphase en/of onderhoudsfase niet wordt voldaan aan de vereiste veiligheid kunnen restricties worden bepaald bij welke waterstand gebouwd, danwel onderhoud gepleegd, kan worden.

Voor de bouwphase en onderhoudsfase is een telekraan voorzien voor het inhijzen van de stuwkleppen. Conform het PvE, [ref 3] is dit niet toegestaan vanaf de verharding aan de noordwestzijde (KES-026).

Zoals te zien in Figuur 2-4 bevinden zich aan de noordwestzijde bomen. Er wordt daarom aangenomen dat de kraan op het sifon, danwel achter de vleugelwand moet komen. Conform opgave is er momenteel een kraan voorzien van circa 140 ton met een maximale stempeldruk van 900 kN, zie Bijlage 4. Hiertoe wordt in profiel DP006 een bovenbelasting van 90 kN/m² meegenomen over een breedte van 2,0 m, uitgaande van spreiding van ten minste twee schotten van 1 m x 5 m. Veiligheidshalve wordt ook voor DP003 een bovenbelasting van 90 kN/m² beschouwd. In dat geval zullen er bomen gekapt moeten worden.



Figuur 2-4 Locatie rondom Sifon, juni 2020 (Bron: StreetSmart)

Voorafgaande aan de bouwfase met telekraan is er nog een situatie dat de damwanden worden ingetrild (en later ook weer uitgetrild). Voor deze fase met reguliere bovenbelasting wordt bepaald wat de maximaal toelaatbare wateroverspanning is om te voldoen aan de veiligheid tegen afschuiven.

2.12 Overige faalmechanismen

Hieronder worden kort ingegaan op de overige faalmechanismen:

- Stabiliteit buitentalud en stabiliteit voorland worden niet beschouwd, aangezien de werkzaamheden plaatsvinden naast de binnentoe van de waterkering.
- Bekledingen en microstabiliteit worden niet nader beschouwd, aangezien de nieuwe situatie hierin niet verandert ten opzichte van de bestaande situatie.
- Voor wat betreft piping/opbarsten wordt de stuw in de tijdelijke situatie in den droge gerealiseerd. Deze situatie wordt beschouwd in het door derden op te stellen geohydrologisch ontwerprapport. Voor de eindsituatie wordt de waterstand direct achter het huidige sifon verhoogd, waarmee het verhang wordt gereduceerd en daarmee het risico op piping wordt verkleind.

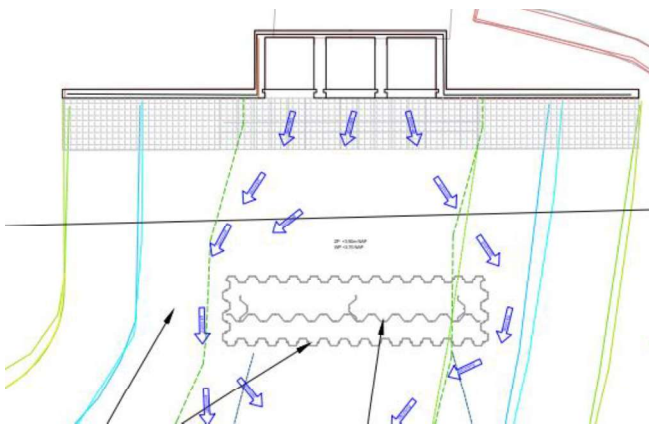
Op basis van bovenstaand wordt alleen het faalmechanisme stabiliteit binnentalud rekenkundig beschouwd en zijn de overige faalmechanismen verder niet behandeld in dit geotechnisch ontwerprapport.

2.13 Fasering bouwkuip

De volgende algemene fasering is voorzien, [ref 4]:

- Fase 1. Plaatsen damwanden met voldoende doorstroom, zie Figuur 2-5 ;
- Fase 2. Realisatie betonwerk rondom stuwopeningen;
- Fase 3. Damwandkuip verwijderen en damwand compleet maken;
- Fase 4. Dekvloer aanbrengen en plaatsen vispassage en opstelplaats;
- Fase 5. Aanbrengen kantelstuwen en automatisering;
- Fase 6. Afwerking vispassage en aanbrengen leuningwerk.

In bijlage 5 is een tekening van de fasering opgenomen.



Figuur 2-5 Fase 1: Damwanden en bouwkuip

2.14 Corrosie

Conform het Bouwbeleid, [ref 6] is een corrosie van 0,02 mm per jaar in rekening gebracht rekening houdend met een levensduur van vijftig jaar. Op basis hiervan is voor de permanente damwand AZ18-700, staalkwaliteit S240 met een dikte van 9 mm de sterkte en stijfheid gereduceerd tot 77%, wat resulteert in doorsnedeklasse 3. Hierbij dient getoetst te worden aan het elastisch weerstandsmoment.

Voor de tijdelijke damwandplanken van de bouwkuip is geen corrosiereductie in rekening gebracht.

3 Constructieve uitgangspunten

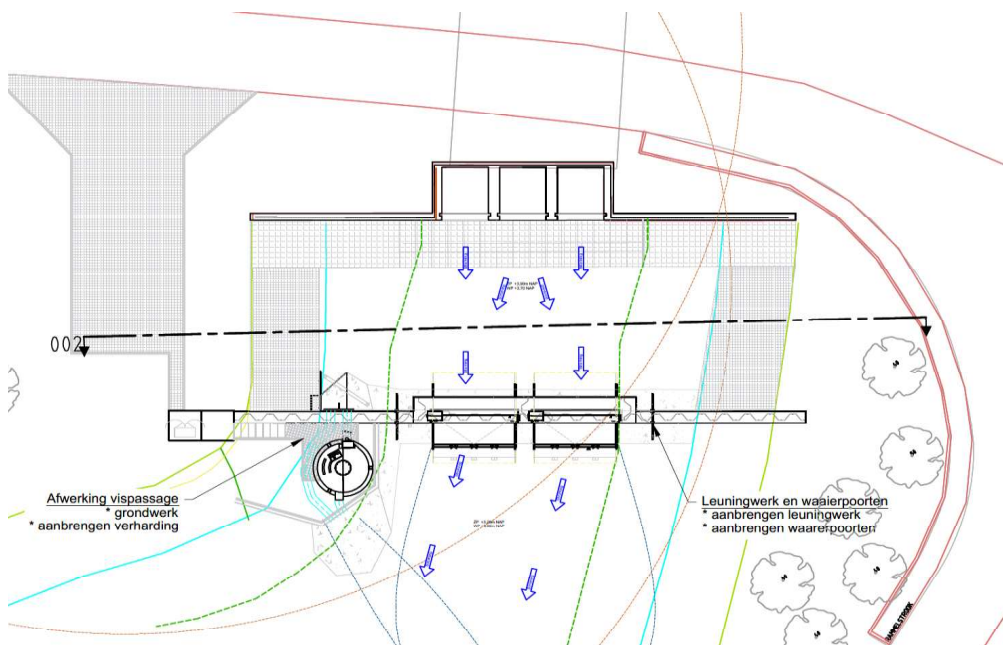
3.1 Constructie

De klepstuw betreft een klepstuw van het type HCKS-PB geleverd door HC Waterbeheersing bv. De stuw bestaat uit een rechthoekig frame dat in een sponning gezet wordt. Dit frame is 5,62 m breed en 3,472 m hoog. In het frame bevindt zich een kantelstuw die bestaat uit een stuwplaat die vastzit aan een rotatiepunt aan de onderzijde en aan twee kwartcirkelvormige stuwvleugels. De stuwplaat is 5 m breed en 2,6 m hoog. De stuwvleugels hebben de vorm een kwart cirkel met een straal van 2,8 m, zie bijlage 6.

Het minimum peil is NAP + 2,8 m, in zowel de UGT als in de bijzondere ontwerpsituatie. Het maximumpeil in de UGT is NAP + 4,61 m, dit is het maximale peil dat de stuw kan keren. In de bijzondere ontwerpsituatie is het maximum peil NAP + 5,2 m.

De stuw is uitgevoerd in roestvrij staal.

Naast deze stuw wordt een vispassage gebouwd. De vispassage gaat door de damwand met een buis.



Figuur 3-1 Bovenaanzicht toekomstige situatie met aan de linkerzijde de vispassage en in het midden twee klepstuwen.

3.2 Belastingen

Op de stuw worden twee belastingen beschouwd, het eigen gewicht en een waterdrukverschil tussen beide zijden van de stuw. Op de bovenregel van de stuw worden drie belastingen beschouwd, het eigen gewicht, een belasting door mensen die zich op de bovenregel bevinden en een horizontale belasting die vanuit de veiligheidshelmen wordt afgedragen op de bovenregel.

3.2.1 Eigen gewicht

De permanente belasting bestaat uit het eigen gewicht van de constructie en een waterdruk door het waterstandsverschil over de stuw.

Het eigen gewicht van de stuw is 4356 kg (HC-Waterbeheersing, 2021), dit is 43,56 kN. Onderdelen die uit het vlak bewegen kunnen echter voor een moment zorgen en daarmee voor een horizontale reactiekracht op de damwand. Deze onderdelen zijn de stuwklep en de stuwwallen.

De stuw is uitgevoerd in roestvrij staal, dit heeft een eigen gewicht van 79,3 kN/m³. De stuwklep is ongeveer 6 mm dik en heeft een eigen gewicht van 0,48 kN/m². Ook bevinden zich onder de stuwklep nog tien L-vormige elementen. Deze dragen een additionele 0,79 kN/m² bij. Het totaalgewicht van de stuwklep is dan dus 1,26 kN/m². De stuwwallen zijn 7,2 mm dik, dit resulteert in een eigen gewicht van 0,57 kN/m².

3.2.2 Belastingscombinaties

Twee verschillende belastingscombinaties worden beschouwd. Een in de uiterste grenstoestand (UGT) en een in de bruikbaarheidsgrenstoestand (BGT).

In de UGT wordt de sterkte beschouwd, hiervoor gelden formules 6.10a en 6.10b uit NEN-EN-1990. In de verkorte vorm zijn deze vergelijkingen.

$$\sum_{j>1} \gamma_{G,j} G_{k,j} + \sum_{i>1} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i}$$
$$\sum_{j>1} \xi_j \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_{Q,1} Q_{k,1} + \sum_{i>1} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i}$$

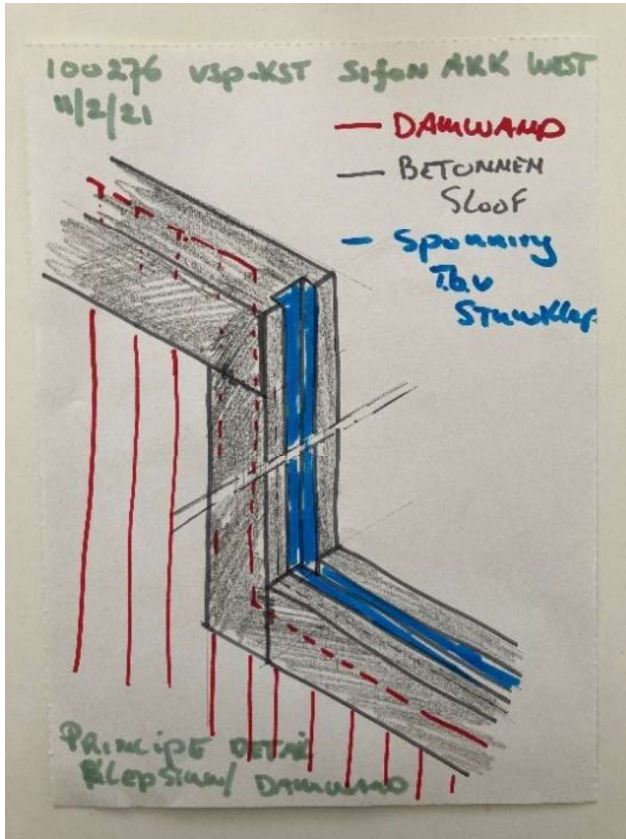
De berekening in de bruikbaarheidsgrenstoestand wordt gebruikt voor de vervormingstoets. Hiervoor geldt vergelijking 6.16b uit NEN-EN-1990.

$$\sum_{j>1} G_{k,j} + Q_{k,j}$$

De factor γ_G is 1,2 als deze ongunstig werkt, en is 0,9 als deze gunstig werkt. De factor γ_Q is 1,5. De factor ξ is 0,89.

4 Krachtsafdracht klepstuw

Figuur 4-1 laat zien hoe de klepstuw verbonden is met de damwand. Er is een sponning gemaakt waar de klepstuw in ligt. Dat betekent dat de verticale krachten in het totaal worden overgedragen op de damwand via de onderzijde. Er is geen krachtsafdracht aan de bovenzijde. De horizontale krachten kunnen langs alle drie de zijden worden afgedragen.

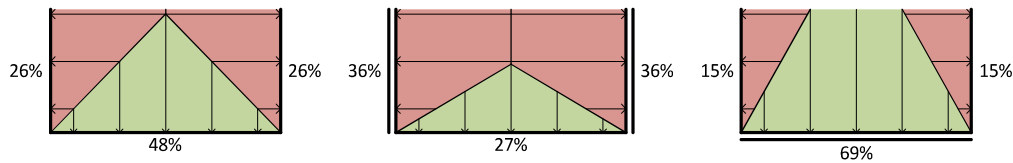


Figuur 4-1 Principetekening van de verbinding tussen de klepstuw en de damwand

4.1 Krachtenafdracht

De krachtenafdracht in een plaat kan worden beschreven met de vloeilijmentheorie. Hierbij wordt ieder deel van de plaat beschreven alsof deze afdraagt naar een van de zijden van de plaat. Hierbij hangt af of de plaat aan een zijde vrij ondersteund is (rotatie is mogelijk) of dat deze hier ingeklemd is (rotatie is niet mogelijk). Er zijn drie opties bekeken, deze zijn weergegeven in figuur 4-2.

- De plaat is aan alle zijden vrij opgelegd of aan alle zijden volledig ingeklemd, de krachtenafdracht werkt dan volgens het linker model in figuur 4-2.
- De plaat is aan de onderzijde vrij opgelegd en aan de zijken volledig ingeklemd, de krachtenafdracht werkt dan volgens het middelste model in figuur 4-2.
- De plaat is aan de onderzijde volledig ingeklemd en aan de zijken vrij opgelegd, de krachtenafdracht werkt dan volgens het linker model in figuur 4-2.



Figuur 4-2 De krachtenafdracht in de plaat van de klepstuw, een dubbele lijn betekent dat de constructie hier ingeklemd is. De belasting op de groene oppervlakten wordt afgedragen naar de onderregel, de belasting op de rode oppervlakten wordt afgedragen naar de zijkanten.

In de technische tekening valt te zien dat de plaat vrij kan roteren aan de onderzijde, het rechter model is dus niet van toepassing op de beschouwde situatie. De plaat is vastgelast aan de schijf waarmee de sluis kan bewegen. Echter, een simpele lasverbinding kan niet als inklemming worden gezien. Derhalve wordt geconcludeerd dat het linker model van toepassing is op de klepstuw. In figuur 4-2 valt te zien dat bij een uniforme belasting 48% van de belasting naar de onderregel wordt afgedragen en 26% naar elk van de zijkanten.

De belasting die op de zijkanten werkt wordt vervolgens naar zowel de bovenregel als de onderregel afgedragen. Er wordt van uitgegaan dat dit gelijk verdeeld wordt over beide steunpunten. De bovenregel wordt dus belast door twee puntlasten die vanuit het draaimechanisme worden overgedragen. De onderregel wordt belast door een gelijkmatig verdeelde belasting die direct vanuit de plaat komt en twee puntlasten aan de zijkant.

Er worden twee belastingssituaties beschouwd.

- 1 De stuw is volledig open en de plaat ligt in het horizontale vlak.
- 2 De stuw is gesloten en de plaat staat in het verticale vlak.

4.2 Belastingssituatie 1

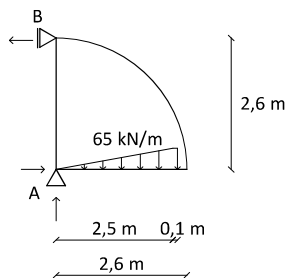
In belastingssituatie 1 wordt de plaat belast door het eigen gewicht en door het gewicht van de waterkolom boven de plaat, deze oefenen een verticale belasting uit. In de normale situatie staat er in dit geval een waterkolom met een hoogte van 2,6 m op de stuwplaat. In de extreme situatie staat er een waterkolom van 3,2 m op de stuwplaat. Voor de conservatieve inschatting wordt er gerekend zonder waterdruk aan de onderzijde van de plaat.

De verticale belasting ten gevolge van het eigen gewicht was al eerder bepaald en is 44,74 kN. Gelijkmatisch verdeeld over de breedte van de stuw is dit 8,95 kN/m. Er wordt aangenomen dat de volledige verticale belasting wordt afgedragen door de onderregel.

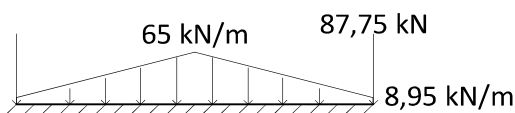
De belasting vanuit de waterkolom is overal gelijk en dus kan eenvoudig met figuur 4-2 bepaald worden hoe deze wordt afgedragen. 48% van de belasting wordt direct naar de onderregel afgedragen, 26% van de belasting wordt via de zijwangen afgedragen.

De waterkolom heeft een belasting van 26 kN/m² op de plaat in de normale situatie en 32 kN/m² in de extreme omstandigheden. De maximale belasting op de onderregel en de zijwangen is 65 kN/m in verticale richting in de BGT en is 80 kN/m in de buitengewone situatie.

De krachtswerking in de schijf aan de zijkant wordt met het model in figuur 4-3 geschematiseerd. De verticale kracht in A kan berekend worden en is 87,75 kN in de BGT. De totale verticale belasting op de onderregel is weergegeven in figuur 4-4.



Figuur 4-3 Krachtswerking in een zijwang van de stuw in de BGT



Figuur 4-4 Krachten werkend op de onderregel in de BGT

De kracht die werkt op de stuwplaat zorgt voor een moment dat moet worden opgenomen in de punten A en B. Er wordt aangenomen dat dit moment alleen in de hoekpunten kan worden opgenomen omdat de onderregel het draaipunt van de stuw is. De horizontale kracht in de punten A en B van de stuwwang in figuur 4-3 kan berekend worden door het momentenevenwicht van de stuwplaat te beschouwen:

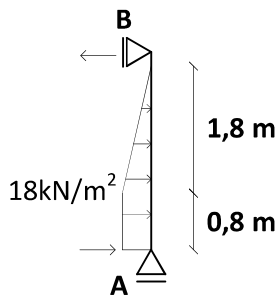
$$\sum M|_A = 0 \rightarrow \frac{1}{2} \cdot 26 \cdot 5 \cdot 2,6 \cdot 1,3 - B_H \cdot 2,8 \rightarrow B_H = 78,5 \text{ kN}$$

Met de horizontale kracht in A gelijkwaardig maar in tegengestelde richting. Belastingssituatie 1 zorgt dus voor een horizontale kracht van 78,5 kN in de vier hoekpunten van de stuw in de BGT. In de bijzondere ontwerpsituatie is dit 96,6 kN.

4.3 Belastingssituatie 2

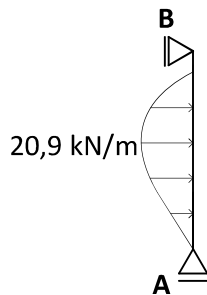
In belastingssituatie 2 wordt de plaat belast door het eigen gewicht, deze oefent een verticale belasting uit. Ook wordt deze belast door een horizontale belasting die wordt veroorzaakt door het waterstandsverschil over de stuw. De verticale belasting was al eerder bepaald en is 44,74 kN. Gelijkmatic verdeeld over de breedte van de stuw is dit 8,95 kN/m. Er wordt aangenomen dat de volledige verticale belasting wordt afgedragen door de onderregel.

Het waterdrukverschil in de UGT is 1,8 m, dit leid tot onderstaande waterdruk op de stuwplaat. De totale kracht volgend uit deze waterdruk is 153 kN in de BGT. In de bijzondere ontwerpsituatie is deze kracht 201 kN.



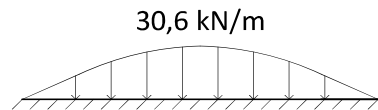
Figuur 4-5 Kracht vanuit het waterdrukverschil op de stuwplaat in de BGT

De krachtenafdracht volgens figuur 4-2 wordt gebruikt om te bepalen wat de resulterende horizontale kracht is op de onderregel en op de stuwwallen. De horizontale kracht op de stuwwallen is weergegeven in figuur 4-6. De totale horizontale kracht in A en B is lastig te bepalen. Om deze te bepalen wordt het bovenste gedeelte lineair aangenomen. Hierdoor wordt de totale kracht licht onderschat, maar dit is maar een zeer klein deel. Hieruit blijkt dat de horizontale kracht in de punten A en B nagenoeg gelijk is, deze is 14,0 kN in de BGT en 10,5 kN in de buitengewone ontwerpsituatie. Dit is lager dan de horizontale belasting in situatie 1.



Figuur 4-6 Horizontale kracht op de stuwwallen

De horizontale belasting op de onderregel in de BGT ziet er als volgt uit. Er wordt aangenomen dat deze gelijk wordt afgedragen.



Figuur 4-7 Horizontale kracht op de onderregel

4.4 Conclusie

In onderstaande tabellen is de kracht vanuit de stuw op de damwand samengevat. Duidelijk wordt dat situatie 1 maatgevend is voor de horizontale belasting op de stuwangen en situatie 2 maatgevend is voor de horizontale belasting op de onderregel.

Tabel 4-1 *Horizontale belasting in de hoekpunten van de stuwang en in de onderregel in de BGT*

	Situatie 1	Situatie 2
Horizontale belasting bovenin	78,5 kN	14,0 kN
Horizontale belasting onderin	78,5 kN	14,0 kN
Horizontale belasting onderregel	-	30,6 kN/m

Tabel 4-2 *Horizontale belasting in de hoekpunten van de stuwang en in de onderregel in de UGT*

	Situatie 1	Situatie 2
Horizontale belasting bovenin	94,1 kN	16,8 kN
Horizontale belasting onderin	94,1 kN	16,8 kN
Horizontale belasting onderregel	-	36,72 kN/m

Tabel 4-3 *Horizontale belasting in de hoekpunten van de stuwang en in de onderregel in de buitengewone ontwerpsituatie*

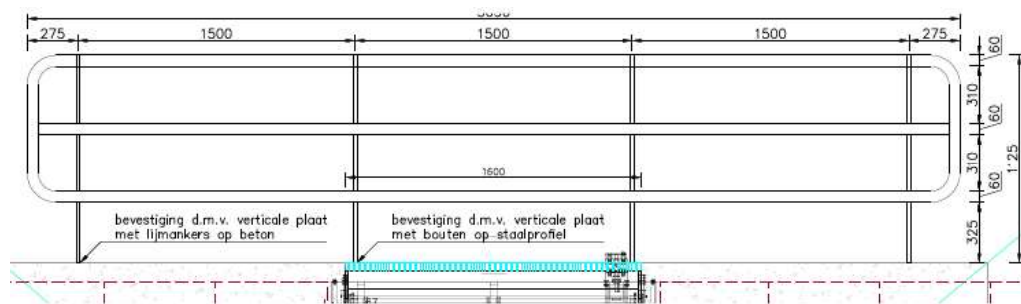
	Situatie 1	Situatie 2
Horizontale belasting bovenin	96,6 kN	10,5 kN
Horizontale belasting onderin	96,6 kN	10,5 kN
Horizontale belasting onderregel	-	40,2 kN/m

Tabel 4-4 *Verticale belasting in de onderregel in zowel de BGT als de UGT. Van beide lasten wordt aangenomen dat deze direct naar de damwand wordt afgedragen*

	Situatie 1	Situatie 2
Verticale belasting BGT	65 kN/m	8,95 kN/m
Verticale belasting UGT	78 kN/m	10,74 kN/m

5 Berekening veiligheidshekken

Op de bovenregel van de stuw worden veiligheidshekken geplaatst. Er wordt een standaardhek toegepast. Dit hek wordt aan de onderzijde bevestigd met lijmmankers of bouten.



Figuur 5-1 Toegepaste veiligheidshek

De krachten afkomstig van één veiligheidshek worden afgedragen naar beide sponningen, hierbij wordt aangehouden dat elk van de sponningen de helft van de kracht afdraagt. De horizontale kracht is een gelijkmatige last van 3 kN/m. De totale last op een veiligheidshek is dan dus 15,15 kN. Beide steunpunten in de sponning dienen dus een additionele last van 7,58 kN af te dragen.

Verder levert de horizontale kracht een torsiemoment op ter plaatse van de ondersteuning van het hek op de deksloof. Er wordt aangenomen dat iedere ondersteuning de belasting afdraagt van een sectie met een breedte gelijk aan de hart-op-hartafstand van de ondersteuning, dit is 1,5 m. Dit levert een torsiemoment op van 5 kNm ter plaatse van elke ondersteuning.

De krachten vanuit het veiligheidswerk zijn dus:

Tabel 5-1 Belastingen in en vanuit de onderregel in de BGT en UGT

	BGT	UGT
Horizontale belasting rand sponning	7,58 kN	9,09 kN
Horizontale belasting per steunpunt veiligheidshek	4,50 kN	5,40 kN
Torderend moment per steunpunt veiligheidshek	5,00 kNm	6,00 kNm

6 Ontwerp betondelen

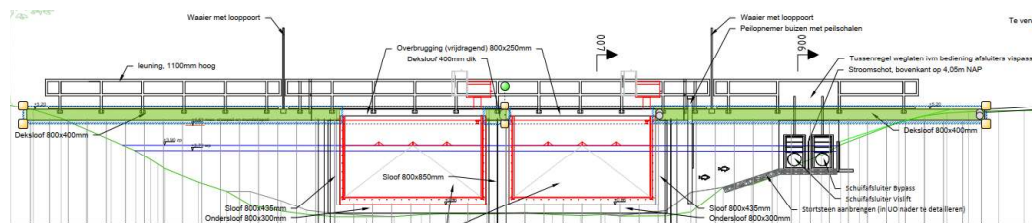
De krachten die vanuit de stuw komen dienen door de betondelen te worden opgenomen. Deze betondelen zitten vast aan de damwand en dus worden deze over de volledige lengte ondersteund. In de horizontale richting is de damwand echter buigzaam en dus kunnen er momenten ontstaan in het beton.

Alle betonnen elementen worden uitgevoerd in betonsterkteklasse C30/37 en hebben milieuklasse XD3. Hierdoor is een dekking benodigd van 45 mm. De maximale scheurwijdte is 0,2 mm.

Om deze momenten te ondervangen dient het beton gewapend te worden. Daarvoor zijn in dit hoofdstuk wapeningsberekeningen gemaakt. Er is een conservatieve benadering toegepast door het veldmoment te berekenen alsof de betonnen elementen vrij zijn opgelegd en het steunpuntsmoment te berekenen alsof de ligger is ingeklemd. Hierdoor zijn de momenten waarmee gerekend wordt hoger dan de werkelijk optredende momenten, maar voldoet de constructie te allen tijde.

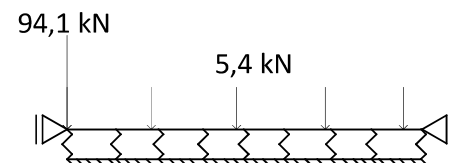
6.1 Ontwerp deksloof bovenzijde

Aan de bovenzijde van de damwand bevindt zich een deksloof, deze is 800 mm breed en 400 mm hoog, zie bijlage 6. Een dunnere deksloof is ongewenst aangezien deze dan uit verhouding is. De deksloof wordt in verticale richting belast door het eigen gewicht en het gewicht van personen op de deksloof en in horizontale richting door de horizontale kracht die vanuit de verticale sponning wordt overgedragen en vanuit de veiligheidshekken wordt afgedragen op de deksloof. Verder wordt deze ook belast met een torderend moment vanuit de veiligheidshekken.



Figuur 6-1: Doorsnede van de stuw, met de deksloof in groen gearceerd

De deksloof is continu ondersteund door de damwand. Hierdoor worden de verticale krachten gelijk afgedragen aan de damwand. In horizontale richting wordt de damwand gezien als een verende ondersteuning. De veerconstante van deze verende ondersteuning is bepaald door een eenheidslast in het D-Sheetpiling-model van de damwand in te voeren. Vervolgens kan door middel van de verplaatsing van de damwand de veerconstante bepaald worden. Dit leidt tot onderstaande modellering:



Figuur 6-2 Horizontale belasting op de sloof in de UGT

Dit leidt tot de maatgevende krachten in onderstaande tabel.

Tabel 6-1 Krachten in de bovenregel

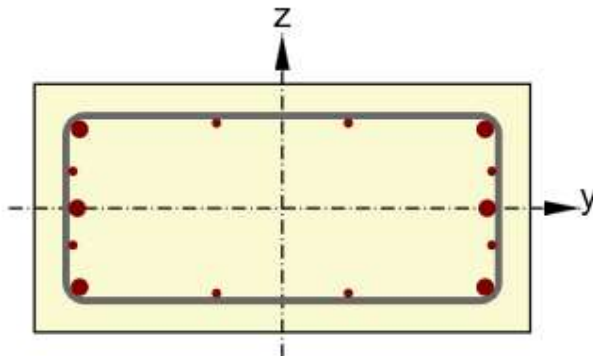
	UGT	BGT	Buitengewoon
Buigend moment t.g.v. horizontale kracht	153 kNm	127 kNm	155 kNm
Dwarskracht t.g.v. horizontale kracht	85 kN	71 kN	86 kN
Torderend moment	6 kNm	5 kNm	6 kNm

Ten gevolge van het buigend moment dienen drie staven met een diameter van 25 mm toegepast te worden. Ten gevolge van het torderend moment kan met een minimale wapening worden volstaan, er wordt gekozen in iedere hoek een staaf met een diameter van 12 mm toe te passen. Er worden beugels met een diameter van 12 mm en een hart-op-hartafstand van 200 mm toegepast. Ook wordt er flankwapening toegepast. Er worden aan iedere flank twee staven toegevoegd met een diameter van 12 mm.

Samengevat is de wapening:

- wapening links $3\text{Ø}25 + 2\text{Ø}12$
- wapening rechts $3\text{Ø}25 + 2\text{Ø}12$
- flankwapening $2\text{Ø}12$
- beugels $\text{Ø}12\text{-}200$

Dit resulteert in onderstaande doorsnede:

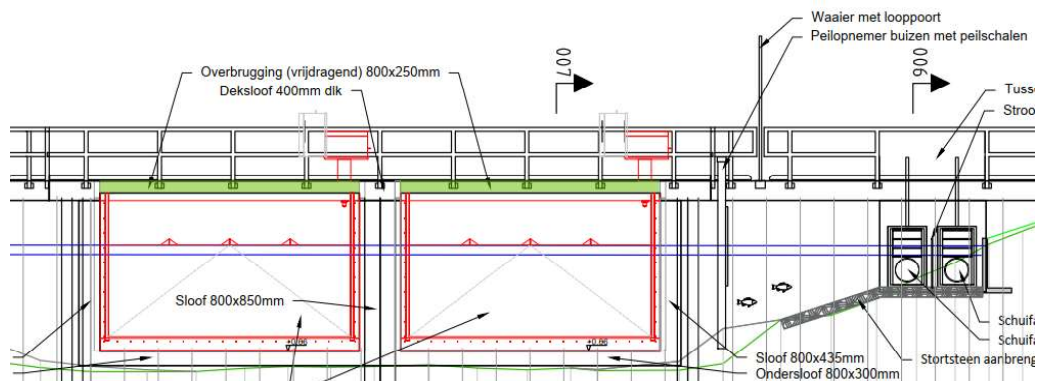


Figuur 6-3: Doorsnede gewapende deksloof

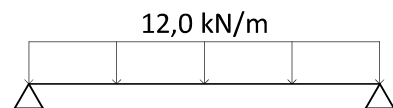
In het geval dat de deksloof op een lager niveau ligt dan de bovenzijde van de stuw zal dit voor extra detailleringswerkzaamheden zorgen bij de aansluiting met de stuw. Voor de wapening heeft dit geen consequenties.

6.2 Wapening overbrugging stuw

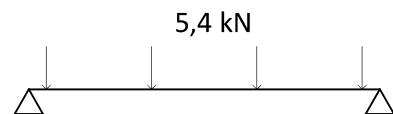
Aan de bovenzijde van de stuw bevindt zich een overbrugging, deze is 800 mm breed en 250 mm hoog, zie bijlage 6. Deze wordt in verticale richting belast door het eigen gewicht en het gewicht van personen op de deksloof en in horizontale richting door de horizontale kracht die vanuit de veiligheidshekken wordt afgedragen op de deksloof. Verder wordt deze ook belast met een torderend moment vanuit de veiligheidshekken.



Figuur 6-4: Doorsnede van de stuw, met de overbrugging in groen gearceerd



Figuur 6-5 Verticale belasting op de overbrugging in de UGT



Figuur 6-6 Horizontale belasting op de overbrugging in de UGT

Dit leidt tot de maatgevende krachten hieronder.

Tabel 6-2 Krachten in de overbrugging

	UGT	BGT
Buigend moment t.g.v. verticale kracht	37,5 kNm	28,1 kNm
Buigend moment t.g.v. horizontale kracht	10,8 kNm	9,0 kNm
Dwarskracht t.g.v. horizontale kracht	10,8 kN	9 kN
Torderend moment	6 kNm	5 kNm

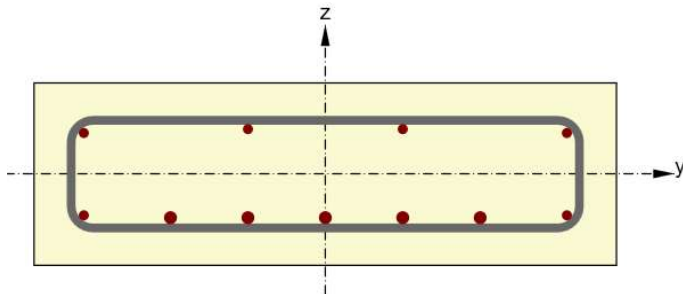
Ten gevolge van het eigen gewicht en de bovenbelasting door mensen is er wapening nodig om de maximale scheurvorming in de BGT niet te overschrijden. Er dienen vijf staven met een diameter van 16 mm toegepast te worden.

Ten gevolge van het torderend moment kan met een minimale wapening worden volstaan, er wordt gekozen in iedere hoek een staaf met een diameter van 12 mm toe te passen. Er worden beugels met een diameter van 12 mm en een hart-op-hartafstand van 200 mm toegepast.

Samengevat is de wapening:

- bovenwapening 4Ø12
- onderwapening 5Ø16 + 2Ø12
- beugels Ø12-200

Dit resulteert in onderstaande doorsnede:

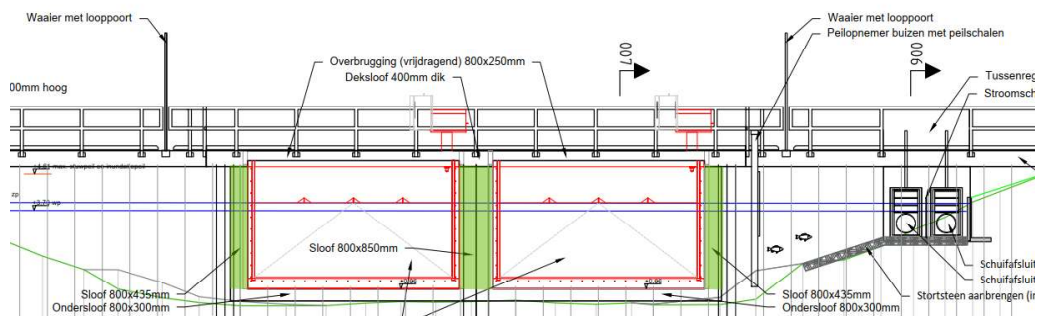


Figuur 6-7: Doorsnede gewapende overbrugging

6.3 Wapening sponning zijkanten

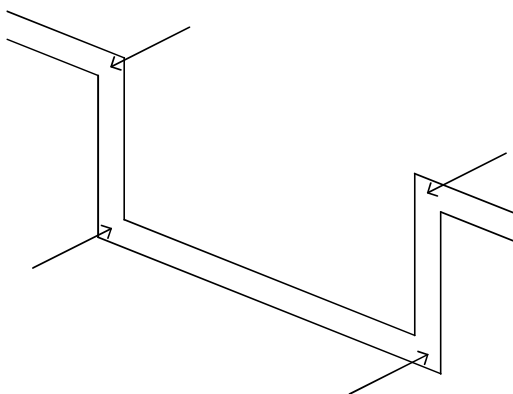
De zijkant heeft een dikte van 800 mm en een breedte van 435 mm, zie bijlage 6.

De afmeting van de sponning van de stuw die hierin gezet wordt is nog onbekend. In het UO dient dit geverifieerd te worden of de breedte van 435 mm voldoet.



Figuur 6-8: Doorsnede van de stuw, met de zijkanten van de sponning in groen gearceerd

De zijkanten worden aan de boven- en onderzijde belast door een puntlast van 94,1 kN in de UGT, dit zorgt voor onderstaande belastingen.



Figuur 6-9 Krachten op de zijkant van de sponning

Tabel 6-3 Krachten in de zijkant van de sponning

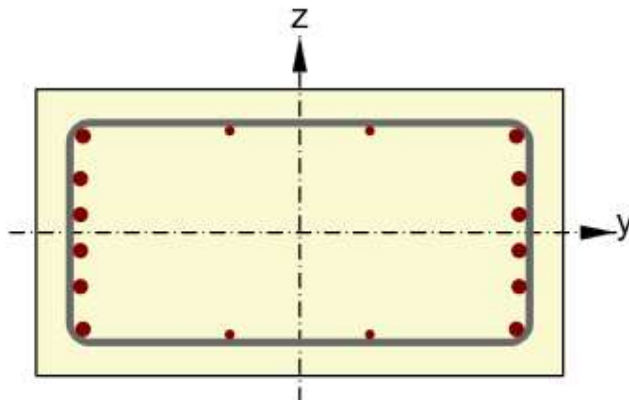
	UGT	BGT	Buitengewoon
Buigend moment	263,6 kNm	219,7 kNm	270,5 kNm
Dwarskracht	94,1 kN	78,5 kN	96,6 kN

Om het moment tegen te gaan dienen de zijkanten gewapend te worden met zes staven met een diameter van 20 mm. Ten behoeve van de dwarskracht dienen beugels met een diameter van 12 mm en een hart-op-hartafstand van 200 mm toegepast te worden. Er is geen torsie, hiervoor wordt geen wapening toegepast. Wel wordt er flankwapening toegepast. Er zullen aan iedere flank twee staven worden toegevoegd met een diameter van 12 mm.

Samengevat is de wapening:

- bovenwapening 6Ø20
- onderwapening 6Ø20
- flankwapening 2Ø12
- beugels Ø12-200

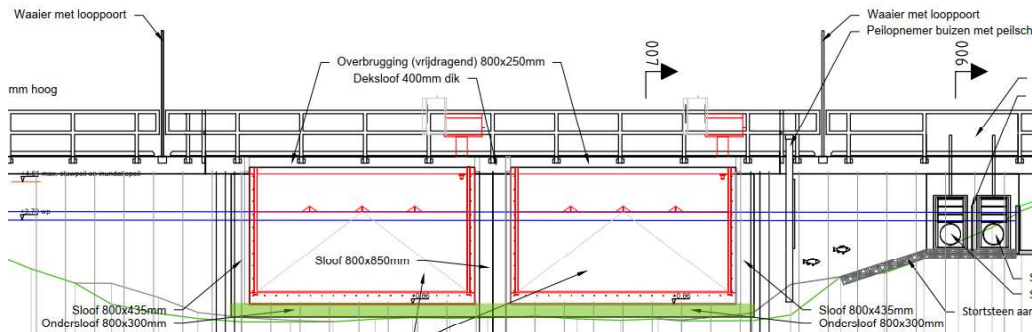
Dit resulteert in onderstaande doorsnede:



Figuur 6-10: Doorsnede gewapende zijkant

6.4 Wapening sponning onderzijde

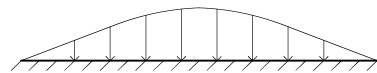
De onderregel is 400 mm hoog en 800 mm dik, zie bijlage 6. Er is voor een dikte van 400 mm gekozen omdat verwacht wordt dat een kleinere dikte niet voldoet voor de installatie van de sponning. De grootte van de sponning is nog onbekend, in het UO dient geverifieerd te worden of de dikte van 400 mm voldoet. Bovendien wordt de tussenruimte tussen de wapeningsstaven te klein bij een kleinere dikte van de onderzijde.



Figuur 6-11: Doorsnede van de stuw, met de onderzijde van de sponning in groen gearceerd

Onderstaande figuur toont de horizontale belasting op de onderregel in de UGT.

36,72 kN/m



Figuur 6-12 Horizontale kracht op de onderregel in de UGT.

Deze kracht leidt tot een maximaal veldmoment van 84 kNm en een maximale dwarskracht van 53 kN.

Tabel 6-4 Krachten in de onderregel

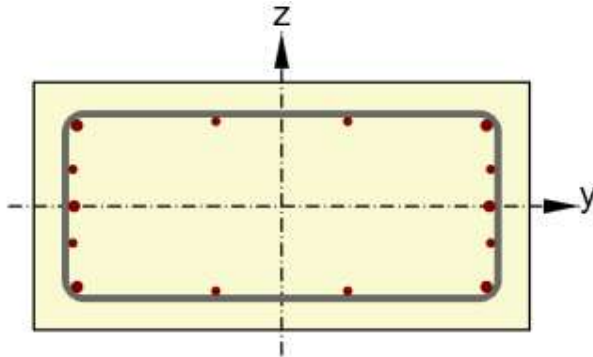
	UGT	BGT	Buitengewoon
Buigend moment t.g.v. horizontale kracht	84 kNm	70 kNm	92 kNm
Dwarskracht t.g.v. horizontale kracht	53 kN	44 kN	58 kN
Wringing t.g.v. horizontale kracht	6,5 kNm	5,4 kNm	

Er wordt gekozen aan beide zijden drie staven met een diameter van 16 mm toe te passen. Om de wringing op te nemen wordt in alle hoeken een staaf met een diameter van 12 mm toegepast. Voor de dwarskracht kan worden volstaan met de minimale wapening. Dit zijn beugels met een diameter van 12 mm en een hart-op-hartafstand van 200 mm. Ook wordt er flankwapening toegepast. Er zullen aan iedere flank twee staven worden toegevoegd met een diameter van 12 mm.

Samengevat is de wapening:

- wapening linkerzijde 3Ø16 + 2Ø12
- wapening rechterzijde 3Ø16 + 2Ø12
- boven- en onderwapening 2Ø12
- beugels Ø12-200

Dit resulteert in onderstaande doorsnede:



Figuur 6-13: Doorsnede gewapende onderzijde

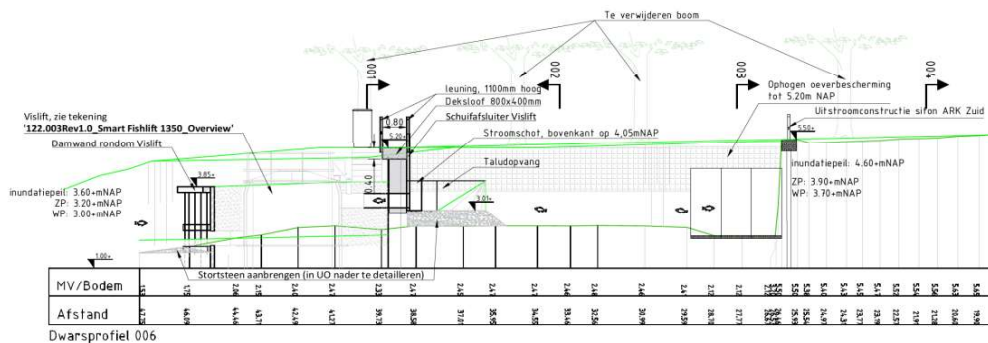
6.5 Stekken

Om de betonnen sponning goed te verbinden met de damwand worden wapeningsstaven aan de damwand gelast. Hiervoor worden de boven- en onderregel verbonden door middel van stekwapening. Deze stekwapening heeft een diameter van 12 mm. Per kas van de damwand worden twee stekken toegepast. Deze stekken dienen te worden verbonden met de beugelwapening van de deksloof. De berekening van de stekwapening is bijgevoegd in bijlage 9. De dwarskrachtwapening van het verticale deel van de sponning gaat ook door de damwand. Dit wordt gedaan door gaten in de damwand te branden en hier vervolgens de beugels doorheen te laten gaan.

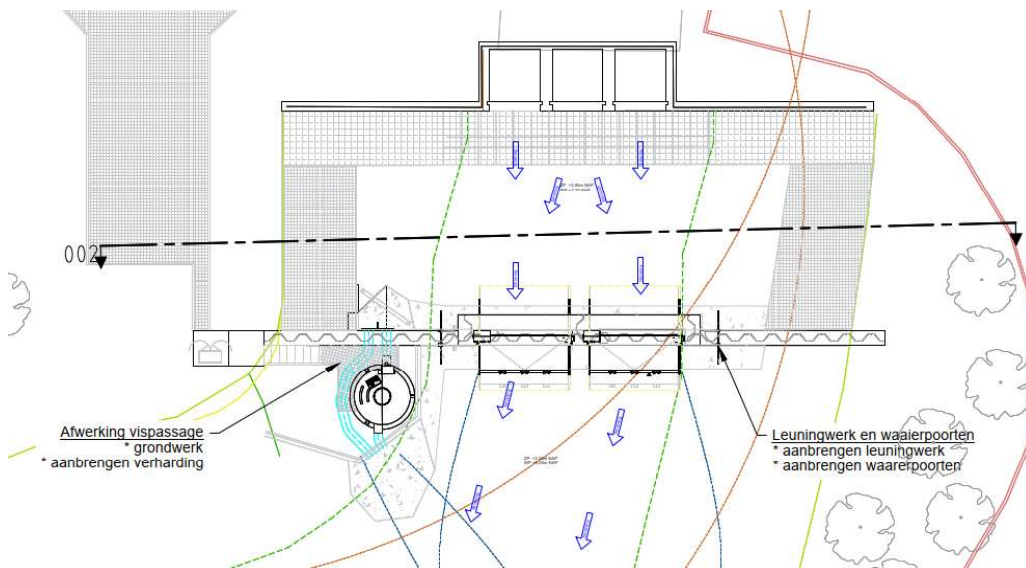
Verder dient de damwand 300 mm in de deksloof door de lopen.

7 Buisverbinding door de damwand

Onderstaande afbeelding toont een doorsnede van de vistrappen en de damwand. Hierop valt te zien dat van de vistrap een buis door de damwand loopt ten behoeve van de vispassage. Deze buis is ongeveer 3 m lang. Ook is er een tweede buis die om de vistrap heen ligt, dit is een bypass die als doel heeft vissen te lokken door middel van een lokstroom. De gewone buis heeft een diameter van 610 mm en de bypass heeft een diameter van 500 mm. Er komen geen noemenswaardig grote krachten op de buis, daarom wordt een wanddikte van 10 mm aangenomen.



Figuur 7-1 Doorsnede vispassage



Figuur 7-2 Boven aanzicht vispassage

In de damwand dienen twee sparringen gemaakt te worden ten behoeve van deze vistrap. Vervolgens kan de buis hier doorheen, deze dienen vast gelast te worden om een waterdichte afsluiting te garanderen. Het moment in de damwand ter plaatse van deze las is 65 kNm, de dwarskracht is hier 45 kN. Gekozen wordt voor een hoeklas dik 5 mm aan beide zijden. Belangrijk is dat de lassen zorgen voor een waterdichte afsluiting. Dit kan eventueel worden verzorgd door strippen te gebruiken, indien het gat iets te ruim is gebrand.

8 Analyse damwanden

In voorliggende hoofdstuk worden zowel de definitieve damwanden (stuw) als tijdelijke damwanden (bouwkuip) gedimensioneerd voor een maximaal ontgravingsniveau van NAP +1,1 m. Als maatgevende situatie is een hoge waterstand van NAP +4,6 m meegenomen in de gebruiksfase. Daarnaast is als calamiteiten situatie een waterstand van NAP +5,2 m beschouwd.

8.1 Definitieve damwanden

De berekeningsresultaten zijn samengevat in Tabel 8-1. De output van de berekening is opgenomen in bijlage 10.

Tabel 8-1 Resultaten damwandontwerp stuw

Type damwand	Kop [m NAP]	Punt [m NAP]	Situatie [-]	$M_{\max;Ed}$ [kNm/m]	$M_{r;d;el}^*$ [kNm/m]	u.c.	$u_{x;eind}$ [mm]
AZ18-700	+5,2	-7,0	Maatgevend	258	332	0,81	136
S240			Calamiteit	270			n.v.t.

* inclusief 23% corrosiereductie

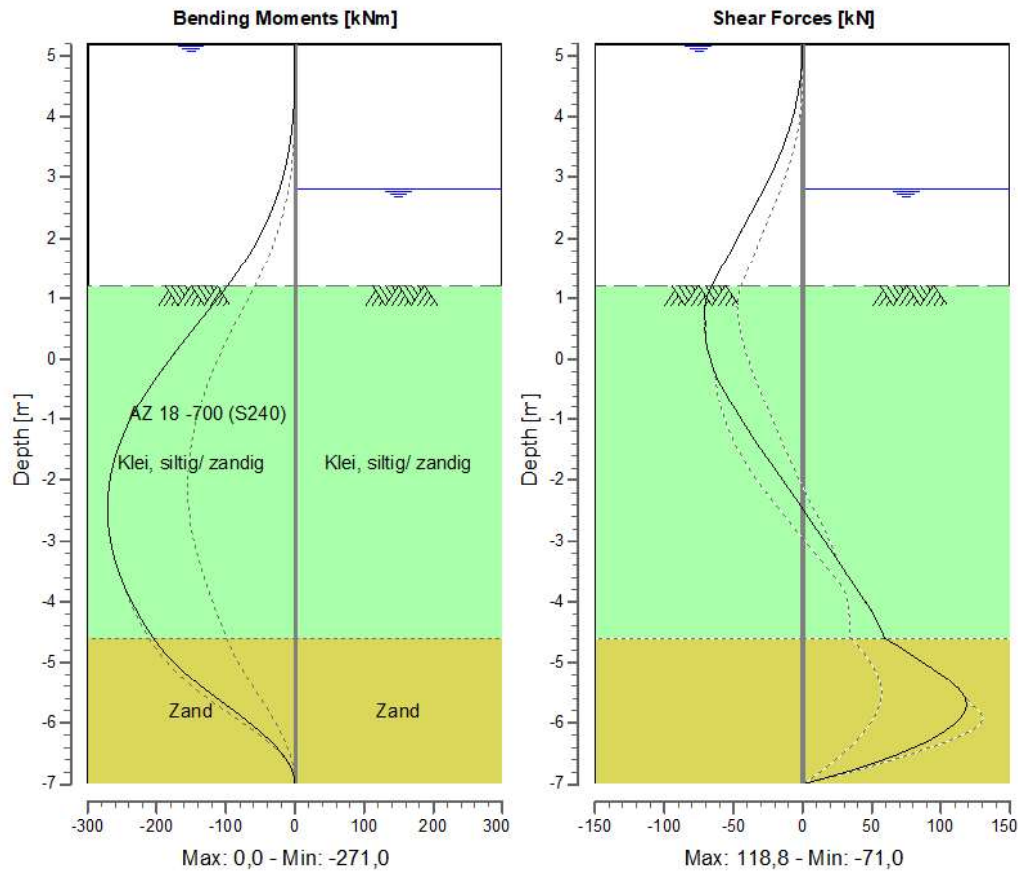
Uit de berekeningen volgt dat het ontwerp voldoet aan de gestelde sterkte eisen.

De vervorming betreft de berekende vervorming in maatgevende omstandigheden en is in overleg met het waterschap acceptabel geacht.

Het risico bestaat dat als gevolg van het trekken van de tijdelijke damwanden nog wat extra vervorming ontstaat van de permanente damwand. Aangezien reeds gerekend is met een lage hoek van inwendige wrijving van het zand van $\phi' = 30^\circ$ wordt het risico op een te lage passieve gronddruk klein geacht.

8.1.1 Doorvoer vispassage

Er dient een sparing te worden aangebracht voor de doorstroom van de vispassage. Uit de momentenlijn volgt dat de momenten boven bodemniveau beperkt zijn tot maximaal 105 kNm/m (calamiteitsituatie). De maximale dwarskracht op een niveau van NAP +1,1 m bedraagt circa 70 kN/m. Het verloop van de momenten en dwarskrachten in de diepte is weergegeven in Figuur 8-1.



Figuur 8-1 Verloop momenten en dwarskrachten in de diepte van de definitieve damwand

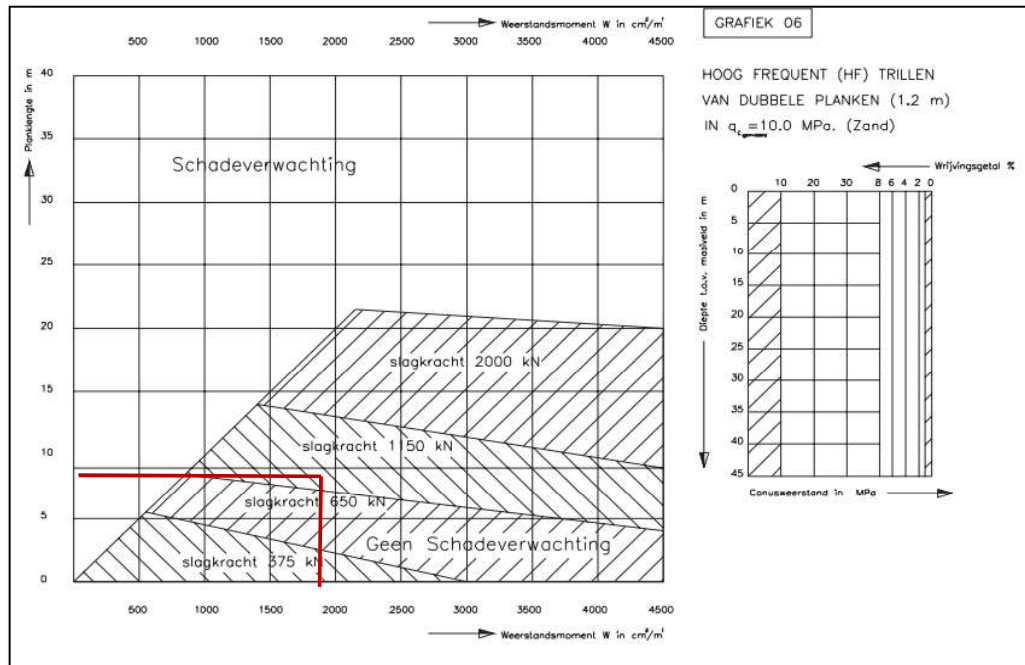
8.2 Tijdelijke damwanden

De berekeningsresultaten zijn samengevat in Tabel 8-2. De output van de berekening is opgenomen in bijlage 10.

Tabel 8-2 Resultaten damwandontwerp bouwkuip

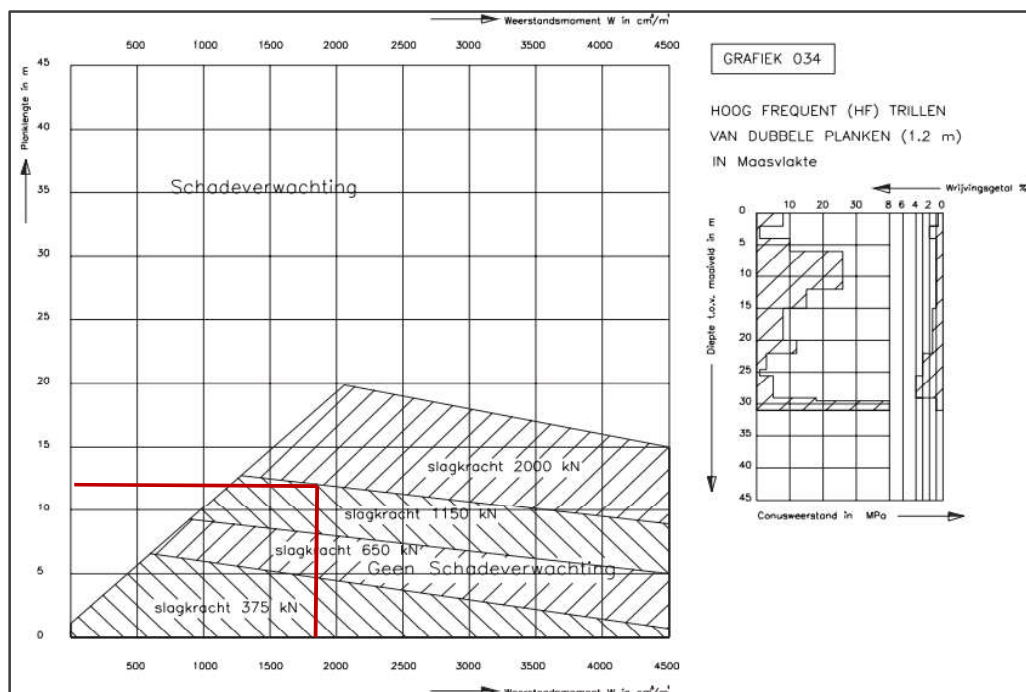
Type damwand	Kop [m NAP]	Punt [m NAP]	$M_{\max;Ed}$ [kNm/m]	$M_{r;d,el}$ [kNm/m]	u.c.	$u_{x,eind}$ [mm]
AZ18-700 S240	+5,2	-10,0	244	432	0,56	59

Uit de berekeningen volgt dat het ontwerp voldoet aan de gestelde sterkte eisen. De vervorming betreft de berekende vervorming in extreme omstandigheden. Op basis van de NVAf-grafieken uit CUR166 kan een damwand AZ18-700 goed worden aangebracht, zonder schade, tot circa 9 m in het zand. Hierbij is op basis van de sondeergrafieken uitgegaan van zand met een gemiddelde conusweerstand van $q_c = 10$ MPa en het toepassen van een hoogfrequent trilblok, zie Figuur 8-2. Het dient te worden opgemerkt dat er nog enige marge nodig is om te compenseren voor de ongunstige plankbreedte van 1,4 m in plaats van de 1,2 m waar de grafieken op gebaseerd zijn. Zoals te zien aan de rode lijn in de figuur is er nog voldoende marge aanwezig.



Figuur 8-2 NVAF-grafiek 06 (Bron: CUR166)

Uit de sonderingen volgt dat er lokaal ook zandlagen tot circa 20 MPa worden aangetroffen. Op basis van de NVAF-grafieken uit CUR166 'Maasvlakte' wordt dit goed haalbaar geacht. De aannemer dient dit voorafgaand aan de werkzaamheden te verifiëren aan de hand van zijn uitvoeringsexpertise. Indien nodig dienen maatregelen te worden genomen, zoals een zwaardere plank of fluïdatie. Het spoelen en/of voorboren van de planken is niet toegestaan.



Figuur 8-3 NVAF grafiek 34 (Bron: CUR166)

9 Invloed op waterkering

Voor de in hoofdstuk 2 beschreven situaties is de stabiliteitsfactor bepaald. Hierbij is gekeken naar glijcirkels die daadwerkelijk effect hebben op de macrostabiliteit.

Om oppervlakkige glijcirkels door lage korrelspanningen te voorkomen is in D-Geo Stability gebruikt gemaakt van de optie *maximum x-entrance* om alleen glijvlakken te berekenen die boven in het talud of hoger aangrijpen. De berekeningen zijn opgenomen in bijlage 11.

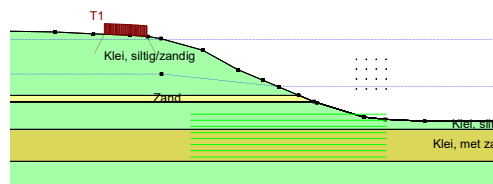
9.1 Dwarsprofiel DP003

DP003 betreft het dwarsprofiel over de Linge. De oever in het noordwesten heeft een andere bodemopbouw dan het zuidoosten. Beide kanten zijn berekend, de vereiste stabiliteitsfactor bedraagt 1,00.

De resultaten voor de bever in het noordwesten zijn weergegeven in Tabel 9-1. Door de hogere waterstand aan de passieve zijde is de toekomstige situatie iets stabielere dan de huidige situatie. Tevens kan uit de tabel geconcludeerd worden dat de bouw- en onderhoudsfase met telekraan ter plaatse van de noordwestoever niet mogelijk is tijdens een hoogwatersituatie (hoge stijghoogte) op het ARK.

Tabel 9-1 Stabiliteitsfactor per situatie, bodem NW, DP003

Situatie	Stabiliteitsfactor
[-]	[-]
Bestaand	1,17
Toekomstig	1,19
Bouwfase	0,76
Onderhoudsfase	0,66 ¹

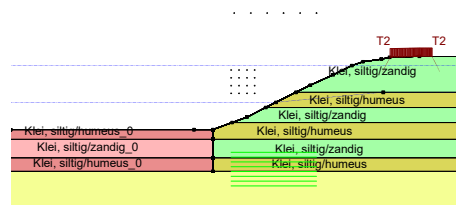


Figuur 9-1 Schematisering DP003, bodem NW

De resultaten voor de Zuidoost-oever zijn weergegeven in Tabel 9-2. De bestaande situatie voldoet met de huidige schematisering niet aan de vereiste stabiliteit. Met name de dunner deklaag zorgt hier voor hogere waterspanningen en daarmee lagere schuifsterkte bij hoge stijghoogtes. Tevens kan opbarsten optreden (zie bijlage 12), waardoor de bodem met sterkteparameters (cohesie en hoek van inwendige wrijving) gelijk aan nul is geschematiseerd. De stabiliteit neemt toe in de toekomstige situatie. De bouw- en onderhoudsfase zitten ver van de vereiste stabiliteit af tijdens een hoogwatersituatie op het ARK.

Tabel 9-2 Stabiliteitsfactor per situatie, bodem ZO, DP003 (opbarsten)

Situatie [-]	Stabiliteitsfactor [-]
Bestaand	0,61
Toekomstig	0,81
Bouwfase	0,41
Onderhoudsfase	0,54



Figuur 9-2 Schematisering DP003, bodem ZO (met opbarsten)

¹ De combinatie van hoge bovenbelasting en verhoogde freatische lijn leidt in deze situatie juist tot een afname van de schuifsterkte

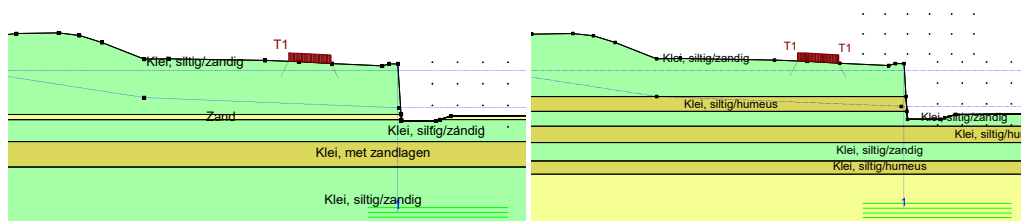
9.2 Dwarsprofiel DP006

DP006 betreft het dwarsprofiel over de kering van het ARK en het zinkerhoofd. De vleugelwand wordt geschematiseerd als forbidden line tot een diepte van NAP -3,30 m. Doordat in het noordwesten de bodemopbouw anders is dan in het zuidoosten, zijn beide variaties berekend voor hetzelfde dwarsprofiel. Met de zuidoost-bodemopbouw kan opbarsten optreden (zie bijlage 11), waardoor de grondlagen op de bodem zonder sterkte zijn geschematiseerd.

De resultaten zijn weergegeven Tabel 9-3. Ook hier zorgt de verhoogde binnenwaterstand in toekomstige situatie voor een hogere stabiliteitsfactor. In dit dwarsprofiel zijn, door het aanwezig zijn van de vleugelwand, de bouwphase en onderhoudsfase mogelijk tijdens hoogwater.

Tabel 9-3 Stabiliteitsfactor per situatie, DP006 met bodemopbouw NW en ZO

Situatie [-]	Stabiliteitsfactor [-]	
	Bodemopbouw NW	Bodemopbouw ZO (opbarsten)
Bestaand	2,37	1,71
Toekomstig	2,70	2,07
Bouwphase	1,59	1,15
Onderhoudsfase	1,71	1,36



Figuur 9-3 Schematisering DP006, bodemopbouw NW (links) en ZO (rechts, met opbarsten)

9.3 Extra randvoorwaarden DP003

Met de huidige uitgangspunten is een kraanbelasting vanaf de oever van DP003 niet zonder meer mogelijk. Daarom is gekeken onder welke randvoorwaarden wel wordt voldaan aan de vereiste stabiliteit.

9.3.1 Positie Noordwesten

In het geval van het talud aan de noordwestzijde heeft een lagere stijghoogte (dagelijkse omstandigheden) weinig effect op de stabiliteit, aangezien het glijvlak zich voornamelijk bevindt in het dijklichaam. Interpolatie van de waterspanningen richting de diepe zandlaag en dus het invloedsgebied van een hogere stijghoogte vindt plaats over de deklaag.

Het plaatsen van een telekraan in de bouw- en onderhoudsfase ten noordwesten van DP003 is mogelijk zolang de belasting van de telekraan niet binnen 4 m van de kniklijn van de oever komt (in zowel dagelijkse als hoogwateromstandigheden). Zie Figuur 9-4. De stabiliteitsfactor bedraagt in dit geval 1,07 in de bouwphase.

9.3.2 Positie zuidoosten

Het talud ten zuidoosten van DP003 is ook zonder bovenbelasting niet stabiel tijdens een hoogwatersituatie, mede door de kans op opbarsten van de bodem. Het maatgevende glijvlak in het talud aan de zuidoostzijde van DP003 gaat door het hele slappe-lagen-pakket. Het werken onder dagelijkse omstandigheden (lagere stijghoogte) vergroot de stabiliteit daarom aanzienlijk. Onder dagelijkse omstandigheden is het mogelijk de telekraan te plaatsen in de bouw- en onderhoudsfase zolang de belasting van de telekraan niet binnen 6 m van de kniklijn van de oever komt. Zie Figuur 9-4. De stabiliteitsfactor bedraagt in dit geval 1,09 in de bouwfase.



Figuur 9-4 Mogelijke locaties telekraan DP003 (ZO-locatie alleen veilig tijdens dagelijkse omstandigheden)

9.4 Effect in- en uittrillen damwanden

Door de grondverdringing die plaatsvindt bij het intrillen en uittrillen van de damwanden kunnen wateroverspanningen ontstaan in de ondergrond. Er is geen eenduidige werkwijze om de mate van wateroverspanningen in te schatten. Op basis van praktijkproeven blijkt dat de invloedzone bij intrillen in de meeste gevallen ongeveer 10 m is en dat op 2 m vanaf de damwand de wateroverspanning vaak al minder dan 20% is van de in-situ waterspanningen. Tijdens verwijderen van de damwanden blijkt de wateroverspanning lager dan tijdens het installeren [ref 7] en is daardoor niet maatgevend om te beschouwen.

Het effect van in- en uittrillen is bekeken voor beide zijdes van DP003. Dit dwarsprofiel is maatgevend ten opzichte van de situatie waarbij de telekraan niet ter hoogte van DP003 geplaatst wordt, maar achter de vleugelwand.

9.4.1 Noordwestzijde DP003

Het effect van een toename van 20% in waterspanningen is ten eerste beschouwd voor de noordwestzijde van DP003. Een verhoging van de waterspanningen is gemodelleerd door een verhoging van de stijghoogte in de zandlaag, zodat de waterspanningen in de deklaag met circa 20% zijn toegenomen ten opzichte van de basissituatie. In de situatie met telekraan op de noordwestoever (Figuur 9-4) is de stijghoogte verhoogd met 0,7 m. De stabiliteitsfactor neemt met 0,04 af tot $FS = 1,03$ en voldoet daarmee nog aan de stabiliteitseis.

9.4.2 Zuidoostzijde DP003

In de situatie met telekraan op de zuidoostoever onder dagelijkse omstandigheden (Figuur 9-4) is de stijghoogte verhoogd met 0,7 m, zodat de waterspanningen in de deklaag met circa 20% zijn toegenomen ten opzichte van de basissituatie. De stabiliteitsfactor neemt met 0,03 af tot $FS = 1,06$ en voldoet daarmee nog aan de stabiliteitseis.

9.5 **Onder- en achterloopsheid**

Rondom de permanente damwanden zou onder- en achterloopsheid kunnen optreden door het verschil in waterpeil aan beide zijden van de stuw. Het waterstandsverschil bedraagt 0,7 m voor dagelijkse omstandigheden, ervan uitgaande dat een hoger of lager peil boven- en benedenstrooms van de stuw tegelijkertijd voorkomt. Voor extreme omstandigheden bedraagt het waterstandsverschil het verschil tussen de inundatiehoogte van NAP +4,6 m en het ontwerppeil voor de stuw van NAP +3,3 m, oftewel 1,3 m.

9.5.1 Achterloopsheid

De damwand wordt geplaatst in het talud van DP003 aan de noordwestzijde. Er wordt gesteld dat achterloopsheid bij een constructie, omsloten door een slecht doorlatende kleilaag van minimaal één meter dik, verwaarloosbaar klein is [ref 8]. De damwanden dienen dus tot minimaal 1 m in het grondlichaam worden geplaatst op het niveau van de inundatiehoogte van NAP +4,6 m.

Voor de damwanden is een AZ18-700 gedimensioneerd, een enkele plank is 0,7 m breed. Dit betekent dus dat een dubbele plank moet worden doorgezet in het grondlichaam. Een goede aansluiting van de klei op de damwand is vereist om achterloopsheid te voorkomen.

9.5.2 Onderloopsheid

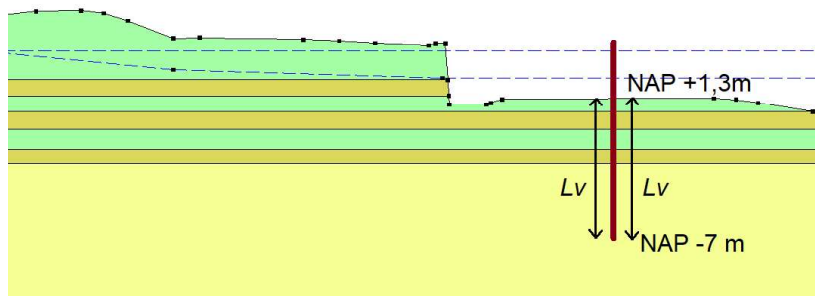
Op basis van het beschikbare onderzoek is de bodem van de Linge minimaal 2,5 m dik. Bij een goede aansluiting van de damwand in de kleilagen is onderloopsheid dus ook verwaarloosbaar. Deze aansluiting is alleen te garanderen als de bodem niet kan opbarsten bij hoge stijghoogte. De bodemopbouw aan de zuidoostkant heeft de dunste bodem en is dus maatgevend. De opbarstberekening is uitgevoerd voor de situatie met hoge stijghoogte (NAP +5,10 m), voor zowel een peil in de Linge van NAP +2,90 m als NAP +3,6 m. In beide gevallen wordt (net) niet voldaan aan de opbarstveiligheid van 1,1. De opbarstberekeningen zijn opgenomen in bijlage 12.

Doordat opbarsten niet is uit te sluiten is onderloopsheid verder beschouwd met de rekenregel van Lane. De rekenregel van Lane is [ref 9]:

$$\Delta H \leq \Delta H_c = \frac{\left(\frac{1}{3}L_h + L_v\right)}{C_{w,creep}}$$

Volgens Lane moet het kritieke verval ΔH_c kleiner zijn dan het optredende verval ΔH . Het kritieke verval is gedefinieerd met de horizontale kwelweglengte L_H , verticale kwelweglengte L_V en de creepfactor $C_{w,creep}$. Het zand is conform de boorbeschrijving middel grof tot grindig. De creepfactor voor matig grof zand is 6 [-] [ref 9].

De damwand heeft de onderkant op NAP -7 m. De bodem ligt op NAP +1,3 m. Een horizontale kwelweglengte is hier niet aanwezig. De verticale kwelweglengte bedraagt dan $2 \times (7 + 1,3) = 16,6$ m, zie Figuur 9-5. Het kritieke verval bedraagt $16,6/6 = 2,7$ m. Dit is kleiner dan het optredende verval van 0,70 m (dagelijks) of 1,3 m (extreem). Dit toont aan dat onderloopsheid niet zal optreden.



Figuur 9-5 Verticale kwelweglengte damwand

10 Conclusie

10.1 Constructief ontwerp

In onderstaande tabel wordt de wapening samengevat.

Tabel 10-1 Toe te passen wapening in de constructieonderdelen

Onderdeel	Hoofdwapening	Dwarskrachtwapening	Stekken $\varnothing$ 12 mm
Kesp	Links	3 $\varnothing$ 25 + 2 $\varnothing$ 12	2 stuks per damplank
	Rechts	3 $\varnothing$ 25 + 2 $\varnothing$ 12	
Overbrugging	Boven	4 $\varnothing$ 12	n.v.t.
	Onder	5 $\varnothing$ 16 + 2 $\varnothing$ 12	
Verticale sponning	Boven	5 $\varnothing$ 20	Beugels door damwand
	Onder	5 $\varnothing$ 20	
Horizontale sponning	Links	3 $\varnothing$ 16 + 2 $\varnothing$ 12	2 stuks per damplank
	Rechts	3 $\varnothing$ 16 + 2 $\varnothing$ 12	

Van de vistrap loopt een buis door de damwand ten behoeve van de vispassage. Deze buis is ongeveer 3 m lang. Ook is er een tweede buis die om de vistrap heen ligt, dit is een bypass die als doel heeft vissen te lokken door middel van een lokstroom. De gewone buis heeft een diameter van 610 mm en de bypass heeft een diameter van 500 mm. Er komen geen noemenswaardig grote krachten op de buis, daarom wordt een wanddikte van 10 mm aangenomen.

In de damwand dienen twee sparingen gemaakt te worden ten behoeve van de vistrap. Vervolgens kan de buis hier doorheen, deze dienen vastgelast te worden om een waterdichte afsluiting te garanderen. Het moment in de damwand ter plaatse van deze las is 65 kNm, de dwarskracht is hier 45 kN. Gekozen wordt voor een hoeklas dik 5 mm aan beide zijden. Belangrijk is dat de lassen zorgen voor een waterdichte afsluiting. Dit kan eventueel worden verzorgd door strippen te gebruiken indien het gat iets te ruim is gebrand.

10.2 Ontwerp damwanden

Op basis van de berekeningen is voor de stuw een damwandprofiel AZ18-700 berekend met een minimaal staalkwaliteit S240. De damwand dient te worden ingebracht tot een niveau van minimaal NAP -7,0 m.

Voor de tijdelijke damwanden is hetzelfde damwandtype gedimensioneerd, maar dient het inheinniveau NAP -10,0 m te bedragen.

Het risico bestaat dat als gevolg van het trekken van de tijdelijke damwanden nog wat extra vervorming ontstaat van de permanente damwand. De tijdelijke damwanden dienen te worden getrokken op het moment dat de stuw nog niet wordt gebruikt en de definitieve damwand nog niks hoeft te keren.

Op basis van de NVAF-grafieken wordt het goed haalbaar geacht om de damwanden zonder schade aan te brengen. De aannemer dient dit voorafgaand aan de werkzaamheden te verifiëren aan de hand van zijn uitvoeringsexpertise. Indien nodig dienen maatregelen te worden genomen, zoals een zwaardere plank of fluïdatie. Het spoelen en/of voorboren van de planken is niet toegestaan.

10.3 Invloed waterkering

Voor zowel het dwarsprofiel dwars op de kering van het ARK als het dwarsprofiel over de Linge zijn stabiliteitsberekeningen gemaakt voor de huidige situatie, toekomstige situatie, bouwfase en onderhoudsfase. Vanwege de variabiliteit in bodemopbouw zijn twee schematiseringen beschouwd. Hier kan het volgende uit worden geconcludeerd:

- De toekomstige situatie komt de stabiliteit in beide dwarsprofielen ten goede, door het verhoogde waterpeil in de toekomstige situatie.
- Het opstellen van de telekraan voor de bouw- en onderhoudsfase is met betrekking tot afschuiving veilig uit te voeren achter de vleugelwanden van het zinkerhoofd.
- Het opstellen van de telekraan is op de noordwestoever van de Linge veilig uit te voeren, mits deze op 4 m afstand van de kniklijn van de oever wordt geplaatst.
- Het opstellen van de telekraan is op de zuidoostoever van de Linge veilig uit te voeren, mits deze op 6 m afstand van de kniklijn van de oever wordt geplaatst én het dagelijkse omstandigheden betreft (stijghoogte rond NAP +3,1 m).

Indien ervoor gekozen wordt de telekraan op te stellen op de zuidoostoever kunnen de werkzaamheden alleen plaatsvinden tijdens dagelijkse omstandigheden. In dat geval is het noodzakelijk de stijghoogte continu te monitoren, bijvoorbeeld door een peilbuis.

Gedurende het intrillen en trekken van de damwanden wordt ook voldaan aan de vereiste veiligheid tegen afschuiven, mits de volgende afstanden voor een maaiveldbelasting op de noordwest- en zuidoostoever worden aangehouden:

- 4 m van de kniklijn van de noordwestoever;
- 6 m van de kniklijn van de zuidoostoever.

Achterloopsheid van de damwanden aan de noordwestzijde van DP003 kan worden voorkomen door deze tot minimaal 1 m in het grondlichaam te plaatsen op het niveau van de inundatiehoogte van NAP +4,6 m. Praktisch gezien betekent dit dat een dubbele AZ18-700 plank moet worden doorgezet in het grondlichaam. Een goede aansluiting van de klei op de damwand is vereist om achterloopsheid te voorkomen.

Opbarsten van de bodem van de Linge is bij hoge stijghoogte niet uit te sluiten. Onderloopsheid is daarom nader beschouwd. Met de damwandpunt op NAP -7,0 m of dieper is de verticale kwelweglengte lang genoeg om onderloopsheid niet te doen optreden.

Bijlage 1 Grondonderzoek

Geotechnisch onderzoek

Realisatie nieuwe peilscheiding en vispassage bij de
stuw aan de Lingeweg te Tiel

VN-77794-1 | 4 februari 2021



Onderwerp: Realisatie nieuwe peilscheiding en vispassage bij de stuw aan de
Lingeweg te Tiel

Projectnummer: VN-77794-1

Opdrachtgever: Waterschap Rivierenland
Postbus 599
4000 AN Tiel

Versie	Datum	Omschrijving wijziging
1	4 februari 2021	

Opgesteld door:	T. Aljabr
Handtekening:	
Documentnummer:	R75023
Status:	definitief
Vrijgegeven door:	ir. C.A. van den Hoven



Inhoudsopgave

blad

1	Inleiding.....	4
1.1	Aanleiding	4
1.2	Doel.....	4
1.3	Leeswijzer.....	4
2	Uitgevoerde werkzaamheden.....	4
2.1	Veldwerkzaamheden	4
2.2	Laboratoriumproeven	5
3	Kwaliteitswaarborging	5
4	Toelichting veldwerkzaamheden.....	7
4.1	Sonderingen DKMP.....	7
4.2	Vorboren t.b.v. waterspannings-meting	7
4.3	Mechanische pulsboringen	7
4.4	Peilbuizen	8
4.5	Grondbeschrijving NEN-EN-ISO 14688-1	8
5	Toelichting Laboratoriumwerkzaamheden.....	9
5.1	Volumegewicht.....	9
5.2	Korrelverdeling (2 µm- 2 mm) op basis van de droge stof.....	9

Bijlagen:

- 1 Situatietekening inclusief coördinatenlijst (X-Y in RD, Z in N.A.P.)
- 2 Sondeergrafieken
- 3 Boorstaten inclusief peilbuizen
- 4 Laboratoriumproeven



1 Inleiding

In opdracht van Waterschap Rivierenland te Tiel heeft Raadgevend Ingenieursbureau Wiertsema & Partners B.V. een geotechnisch onderzoek uitgevoerd ten behoeve van realisatie nieuwe peilscheiding en vispassage bij de stuw aan de Lingeweg te Tiel.

1.1 Aanleiding

Het onderzoek is uitgevoerd ten behoeve van realisatie nieuwe peilscheiding en vispassage bij de stuw aan de Lingeweg te Tiel.

1.2 Doel

Het doel van dit onderzoek is:

- ▲ Inzicht verkrijgen in de bodemopbouw d.m.v. mechanische pulsboringen;
- ▲ De grondopbouw en de draagkracht inzichtelijk te maken d.m.v. sonderingen;
- ▲ Het verkrijgen van grondmonsters welke in het laboratorium beproefd zijn;
- ▲ Het verkrijgen van informatie aangaande grondwaterstand.

1.3 Leeswijzer

Na de inleiding in dit eerste hoofdstuk, staat in het tweede hoofdstuk een overzicht van de uitgevoerde werkzaamheden. Hierna staan in hoofdstuk 3 de kwaliteitswaarborging en mogelijke afwijkingen t.o.v. de geldende normen beschreven. In hoofdstuk 4 wordt per onderdeel een toelichting gegeven op de uitgevoerde werkzaamheden.

De onderzoeksresultaten zijn opgenomen in de eerder genoemde bijlagen.

2 Uitgevoerde werkzaamheden

In dit hoofdstuk worden de uitgevoerde werkzaamheden benoemd. Een toelichting op de werkzaamheden is gegeven in hoofdstuk 4.

2.1 Veldwerkzaamheden

De volgende veldwerkzaamheden zijn uitgevoerd:

- ▲ 5 DKMP (puntweerstand, mantelwrijving en waterspanning)
- ▲ 2 Mechanische pulsboringen
- ▲ 3 Peilbuizen
- ▲ 13 Inmetingen



De sondeerwerkzaamheden op het land zijn uitgevoerd middels een Midirups.

De sondeerwerkzaamheden op het water zijn uitgevoerd vanaf een drijvend vaartuig middels een Minirups.

2.2 Laboratoriumproeven

Voor dit project zijn de volgende laboratoriumproeven uitgevoerd:

- 8 Volumegewicht en watergehalte
- 3 Korrelverdeling (2 μ m- 2 mm) op basis van de droge stof

3 Kwaliteitswaarborging

Alle werkzaamheden zijn verricht onder ons kwaliteitssysteem NEN-EN-ISO-9001 en milieumanagementsysteem NEN-EN-ISO-14001. Raadgevend Ingenieurs Wiertsema & Partners B.V. is in het bezit van een V&G-beheersysteem VCA**. Tussen Raadgevend Ingenieurs Wiertsema & Partners B.V. en de opdrachtgever is geen sprake van een relatie die de onafhankelijkheid en de integriteit zouden kunnen beïnvloeden en/of haar werkzaamheden zou kunnen belemmeren.

De in deze rapportage opgenomen sonderingen zijn uitgevoerd conform NEN-EN-ISO 22476-1:2012, inclusief correctieblad C1:2013. Deze sonderingen voldoen aan klasse 2.

In onderstaande tabel 1 wordt weergegeven aan welke waarden de sonderingen dienen te voldoen.

Tabel 1, toepassingsklasse conform NEN-EN-ISO 22476-1:2012

Toepassings- klasse	Soort sondering	Gemeten parameter	Toegestane minimale nauwkeurigheid a	Maximale afstand tussen metingen	Gebruik	
					Bodem b	Interpretatie/ beoordeling c
2	TE1 TE2	Conusweerstand	100 kPa of 5%	20mm	A	G, H*
		Kleef	15 kPa of 15%		B	G, H
		Waterspanning d	25 kPa of 3%		C	G, H
		Hellingshoek	2°		D	G, H
		Sondeerlengte	0,1m of 1%			

Opmerking: Voor extreem zachte gronden kunnen nog hogere nauwkeurigheidseisen gelden.

a De toegestane minimale nauwkeurigheid van de gemeten parameter is de grootste waarde van de twee gegeven waarden. De relatieve nauwkeurigheid geldt voor de gemeten waarde en niet voor het meetbereik.

b Volgens ISO 14688-2 [1]:

- A Homogene bodemprofielen met zachte stijve klei en slib (typische $q_c < 3$ MPa).
- B Gemengde bodemprofielen met zachte stijve klei (typische $q_c \leq 3$ MPa) en middelmatig dicht zand (typisch 5 MPa $\leq q_c < 10$ MPa)
- C Gemengde bodemprofielen met stijve klei (typisch $1,5$ MPa $\leq q_c < 3$ MPa) en zeer dicht zand (typische $q_c > 20$ MPa).
- D Zeer harde en stijve klei (typische $q_c \geq 3$ MPa) en zeer dichte en grove bodem ($q_c \geq 20$ MPa).



Wiertsema & Partners
RAADGEVEND INGENIEURS

- c G Profilering en identificatie materialen met een laag niveau van onzekerheid.
 G* Indicatieve profilering en identificatie materialen met een hoog niveau van onzekerheid.
 H Interpretatie van technische gegevens met een laag niveau van onzekerheid.
 H* Indicatieve interpretatie van technische gegevens met een hoog niveau van onzekerheid.
- d Waterspanning kan alleen gemeten worden wanneer TE2 gebruikt wordt.

De boorwerkzaamheden zijn uitgevoerd conform NEN-EN-ISO 22475-1:2006 (inclusief correctieblad C11:2010). Daarnaast zijn de mechanische boorwerkzaamheden eveneens conform de eisen, zoals beschreven in de BRL SIKB 2100, 'Beoordelingsrichtlijn Mechanisch boren' en het daarbij behorende protocol 2101 uitgevoerd. De boringen zijn uitgevoerd door een gecertificeerde boormeester, welke vermeldt staat op de boorstaat.

Raadgevend Ingenieursbureau Wiertsema & Partners B.V. is gecertificeerd volgens de in de tabel opgenomen procescertificaten. Dit rapport draagt daarom het keurmerk 'Kwaliteitswaarborg bodembeheer SIKB'.

Het plaatsen van peilbuizen is uitgevoerd conform BRL SIKB 2000 en het daarbij behorende protocol 2001.

Indien de opdrachtgever een klacht heeft over de uitvoering van de werkzaamheden dient deze zich in eerste instantie te wenden tot Wiertsema & Partners B.V.

In tabel 2 wordt weergegeven conform welke normen de werkzaamheden zijn uitgevoerd. In aanvulling hierop zijn de mogelijke afwijkingen of bijzonderheden beschreven.

Tabel 2, normeringen en mogelijke afwijkingen

Werkzaamheden	Norm/ Richtlijn	Afwijkingen bijzonderheden
Sonderen	NEN-EN-ISO-22476-1 (desbetreffende klasse staat vermeld op de sondeergrafiek).	
Boren	NEN-EN-ISO-22475-1	
Grondidentificatie	NEN 5104	
Inmeten (Coördinaten RD-stelsel) *		X en Y $\leq$ 0,50 m
Inmetingen (Hoogte in N.A.P.) *		Z $\leq$ 0,05 m
Grondidentificatie	NEN-EN-ISO 14688-1	
Mechanische boringen	BRL SIKB 2100, protocol 2101	
Plaatsen peilbuizen	BRL SIKB 2000 protocol 2001	

**Alle gegevens van de inmetingen of waterpassingen genoemd in deze rapportage zijn een momentopname en alleen te gebruiken voor dit onderzoek.*

Onderzoekpunt	Afwijking	Toelichting
DKMP002	Minder diep uitgevoerd	Vastgelopen i.v.m. vaste zandlaag (max. sondeerdruk bereikt)



Wiertsema & Partners
 RAADGEVEND INGENIEURS

4 Toelichting veldwerkzaamheden

4.1 Sonderingen DKMP

Sonderingen worden uitgevoerd met een conus die middels een serie duwstangen in de grond is gedrukt. Dit gebeurt met een constante snelheid ($2 \text{ cm/sec} \pm 0,5 \text{ cm}$). Tijdens het drukken is de conusweerstand, mantelwrijving waterspanning gemeten en geregistreerd. Voorafgaand aan de waterspanning sondering is de conus ontluicht en gecontroleerd op interne lekkages. Er is gebruik gemaakt van een RVS-filter met een doorlatendheid van 10μ . Als verzadigingsvloeistof is 50 cSt siliconenolie toegepast. In een sondeergrafiek staan symbolen gepresenteerd, welke in tabel 3 worden beschreven.

Tabel 3, symbolen in een sondeergrafiek

Symbol	Beschrijving	Eenheid
a	Netto-oppervlakte verhouding van de conus	
f_s	Gemeten mantelwrijving	MPa
q_c	Gemeten conusweerstand	MPa
R_f^*	Wrijvingsgetal	%
u_1	Waterspanning gemeten in de punt van de conus	MPa
u_2	Waterspanning gemeten achter de punt van de conus	MPa
z	Gecorrigeerde sondeerdiepte	m
α	De gemeten hoek tussen de verticale as en de as van de conus	°

* R_f : De verhouding tussen plaatselijke wrijvingsweerstand en de conusweerstand. Het wrijvingsgetal heeft een nauwe relatie met de grondsoort, zodat een goede indicatie van de laagopbouw kan worden verkregen.

De resultaten van een sondering kunnen worden gebruikt om de volgende indicatieve eigenschappen te bepalen:

- ▲ gelaagdheid;
- ▲ grondsoort;
- ▲ indicatieve geotechnische eigenschappen als:
 - grond dichtheid;
 - afschuiving parameters en;
 - vervorming en consolidatie-eigenschappen.

4.2 Voorboren t.b.v. waterspannings-meting

Om de kwaliteit van de waterspanningsmeting te vergroten zijn de sonderingen DKMP001, DKMP003, DKMP004 en DKMP005 voorgeboord. Dit om de onverzadigde zone te verwijderen waardoor de kans op het "dichtsmeren" van het waterspanningsfilter voorkomen kan worden.

4.3 Mechanische pulsboringen

Mechanische boringen worden uitgevoerd conform NEN-EN-ISO 22475-1. Voor het uitvoeren van deze boringen is gebruik gemaakt van een pulsboorsysteem. Voorafgaand aan het machinaal



boren worden de boorgaten handmatig voorgeboord, dit om de ondergrond vrij te waren van mogelijk ondergrondse infrastructuur. Tijdens het boren is de boorbuis gevuld met water om het inwellen van de grond tegen te gaan. Wanneer de einddiepte is bereikt zijn tijdens het trekken van de boorbuizen alle cohesieve lagen afgevuld met zwelklei.

Voor het nemen van de ongeroerde monsters is gebruik gemaakt van een Ackerman steekapparaat.

Met dit apparaat zijn de bussen middels een gewicht in de grond gedreven. Elke bus is voorzien van een etiket met daarop de volgende gegevens; projectnummer, boornummer, monsternummer, datum van uitvoering en initialen van de boormeester.

De voor dit project genomen grondmonsters worden twee maanden ná rapportage uit onze opslag verwijderd. Op verzoek kunnen wij deze monsters langer bewaren. De hiermee gemoeid gaande kosten zullen we met u verrekenen.

4.4 Peilbuizen

Nadat tijdens het boren de einddiepte is bereikt, zijn er peilbuizen in het boorgat geplaatst. Voordat dit is gedaan, is eerst het werkwater in de boorbuis schoon en vrij van bezinksel gemaakt, dit om te voorkomen dat het filter in een later stadium dicht zal slibben. Het filtergedeelte is omstort met filtergrind 0,8-1,25 mm, de overige grondlagen zijn afgedicht met zwelklei. De bovenkant van het filter is afgewerkt middels een puntstuk en draaddop. Ter bescherming van de peilbuizen zijn er schutkokers geplaatst.

4.5 Grondbeschrijving NEN-EN-ISO 14688-1

De opgeboorde grond is beschreven conform NEN-EN-ISO 14688-1. De beschrijvingen in dit project zijn uitgevoerd conform beschrijfkwaliteit B2'staandaard monsterbeschrijving', welke bedoeld is voor boringen t.b.v. geotechnisch onderzoek (B2) o.b.v. de kwaliteit klasse grondmonster QM5.

Voor meer informatie aangaande deze norm verwijzen wij u naar onze website www.wiertsema.nl.



5 Toelichting Laboratoriumwerkzaamheden

5.1 Volumegewicht

Door uit een grondmonster met een volumering een bepaalde hoeveelheid grond te steken en te wegen, kan het natte volumegewicht worden berekend. Vervolgens wordt het monster gedurende 24 uur bij een temperatuur van 105° Celsius gedroogd en opnieuw gewogen. Hierdoor kan het droge volumegewicht en het watergehalte worden bepaald.

In het uitwerkingsprogramma welke door Wiertsema & Partners B.V. wordt gehanteerd voor de bepaling van het natte- en droge volumegewicht, kunnen diverse afgeleide parameters worden berekend, zoals o.a. het poriëngetal en verzadigingsgraad. Bij de berekening van deze afgeleide parameters wordt op basis van een database gebruik gemaakt van de afgeleide volumieke massa's vaste gronddelen van de verschillende grondsoorten.

5.2 Korrelverdeling (2 µm- 2 mm) op basis van de droge stof

Om de fractieverdeling van de korrels van de verschillende grondsoorten te kunnen bepalen, zijn er 2 mogelijkheden voor beproeving. De delen groter dan 63 micron (µm) worden gescheiden door het materiaal op een stapel zeven mechanisch te schudden. De delen kleiner dan 63 micron (µm) worden gescheiden door het verschil in bezinksnelheid van de verschillende fracties. Deze methode berust op de 'Wet van Stokes': de bezinksnelheid van vaste deeltjes met een gegeven radius en soortelijk gewicht in een stilstaande vloeistof met een bekende viscositeit bij een beproevings temperatuur. Een korrelverdelingsdiagram kan worden gepresenteerd ten opzichte van de droge stof (totaal monster) of ten opzichte van het mineraal deel (organische stof is verwijderd).

Nadat het monster is gedroogd, wordt een bepaalde hoeveelheid overgebracht in een bekersglas. Daarna wordt aan dit monster een peptisatoroplossing toegevoegd om uitvlokking te voorkomen. Dit mengsel blijft 16 uur in de week staan en vervolgens op een 63 micron zeef met water uitgespoeld (gewassen). Het materiaal, wat op de zeef achterblijft, wordt gedroogd en mechanisch gezeefd op een zevenreeks m.b.v. een schudtafel. Het materiaal, dat na schudden op elke zeef achterblijft, wordt terug gewogen en cumulatief verwerkt in een uitwerkingsprogramma.

Indien de fractie kleiner dan 63 micron ook bepaald dient te worden, wordt gebruik gemaakt van een sedigraaf. Het fijne materiaal wat bij een korrelverdeling nat verloren gaat door uitspoeling wordt opgevangen in een bekersglas en een deel ervan wordt gebruikt voor bepaling van de fracties kleiner dan 63 micron.

De sedigraaf maakt gebruik van het sedimentatieprincipe volgens de Wet van Stokes. De korrelgrootteverdeling wordt bepaald door gebruik te maken van röntgenstraling. Door de intensiteit van de doorgelaten röntgenstraling op verschillende plaatsen en op verschillende tijdstippen te meten, wordt een beeld verkregen van de korrelgrootteverdeling. De kleinste korreldiameter welke op deze manier kan worden gemeten is 0,1 micrometer.

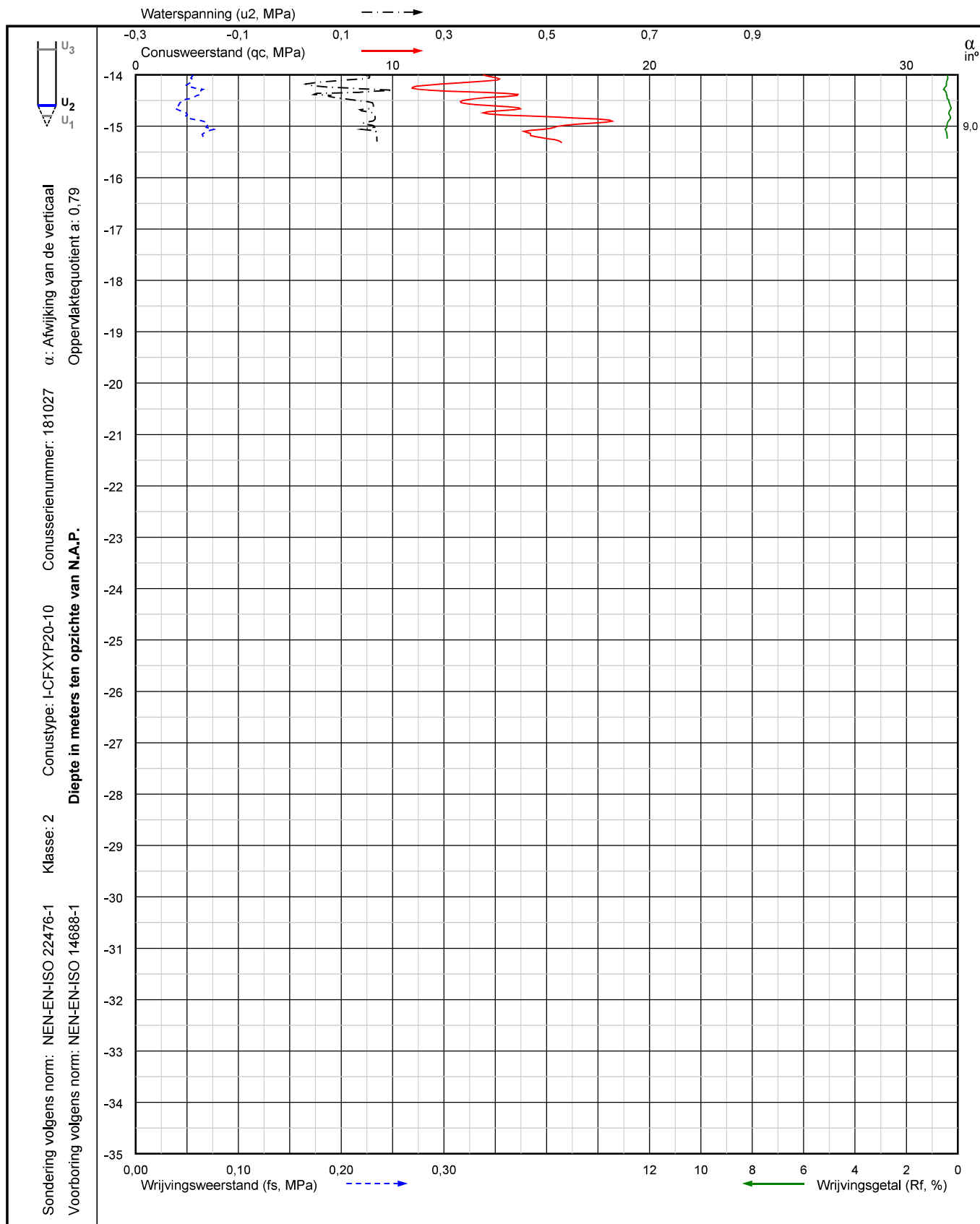


Bijlage 1

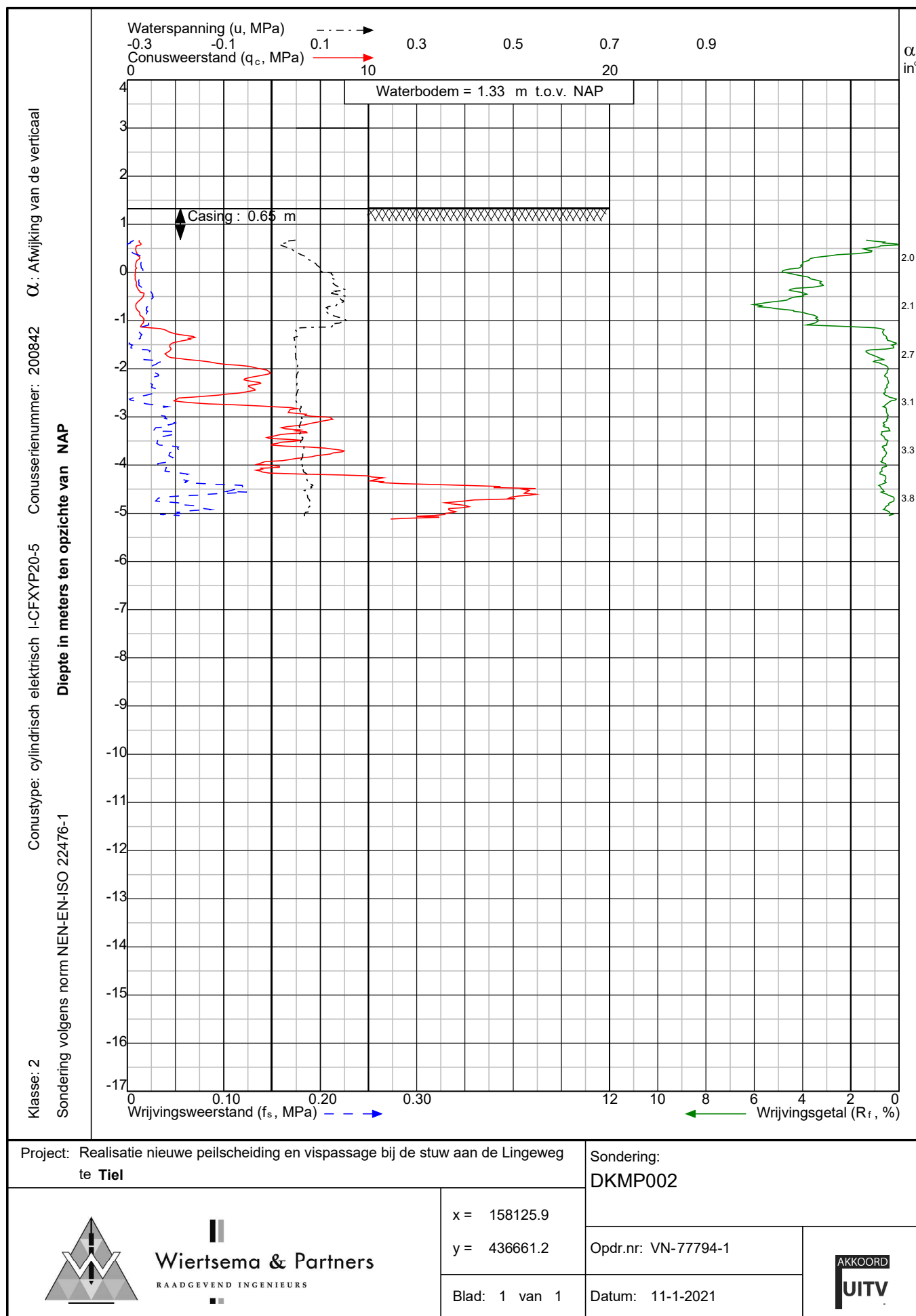


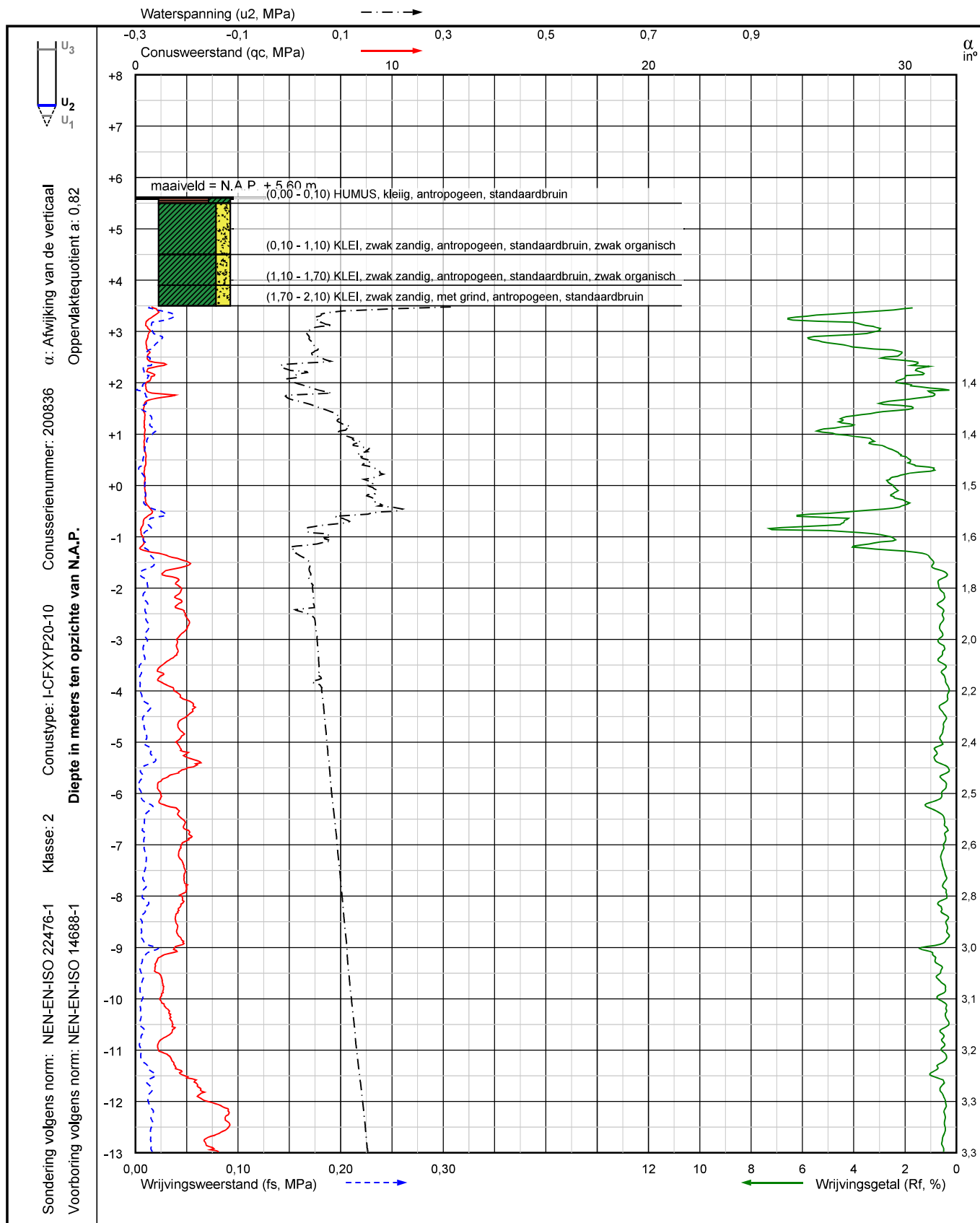
Bijlage 2



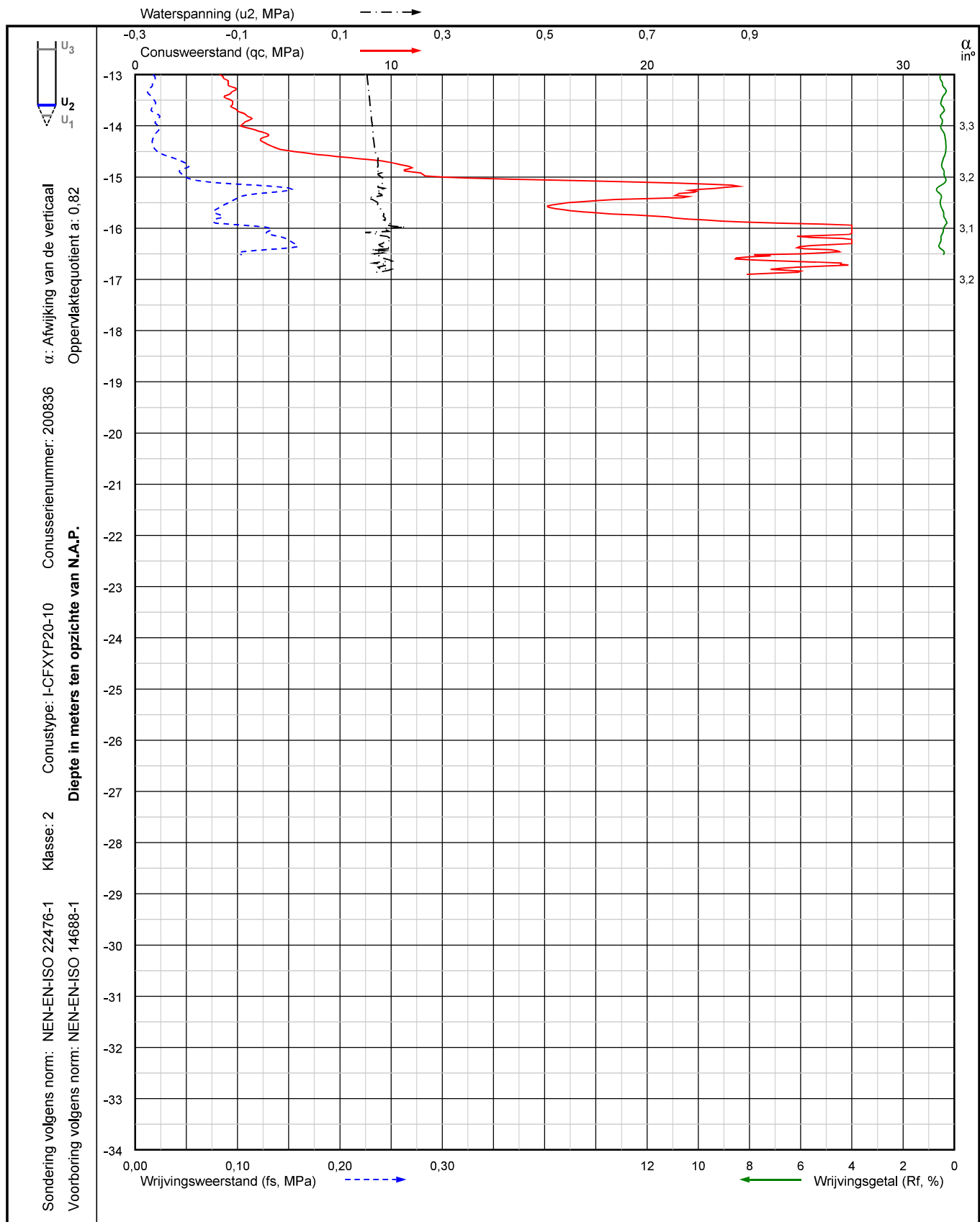


Project: Realisatie nieuwe peilscheiding en vispassage bij de stuw aan de Lingeweg te Tiel		Sondering: DKMP001	
 Wiertsema & Partners RAADGEVEND INGENIEURS	X = 158149,9 Y = 436695,5	Opdr.nr.: VN-77794-1	AKKOORD 
	Blad: 2 van 2	Datum: 11-01-2021	

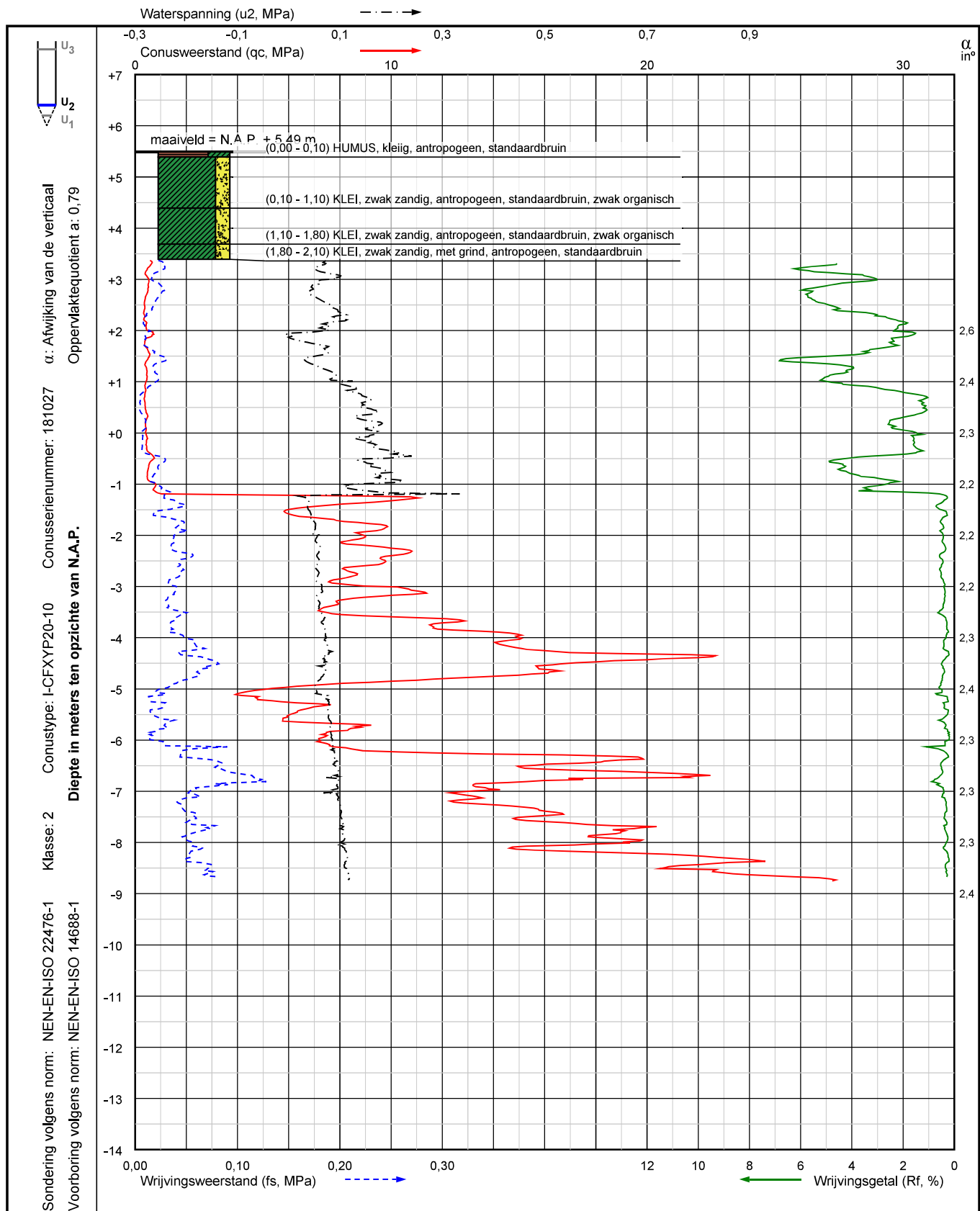




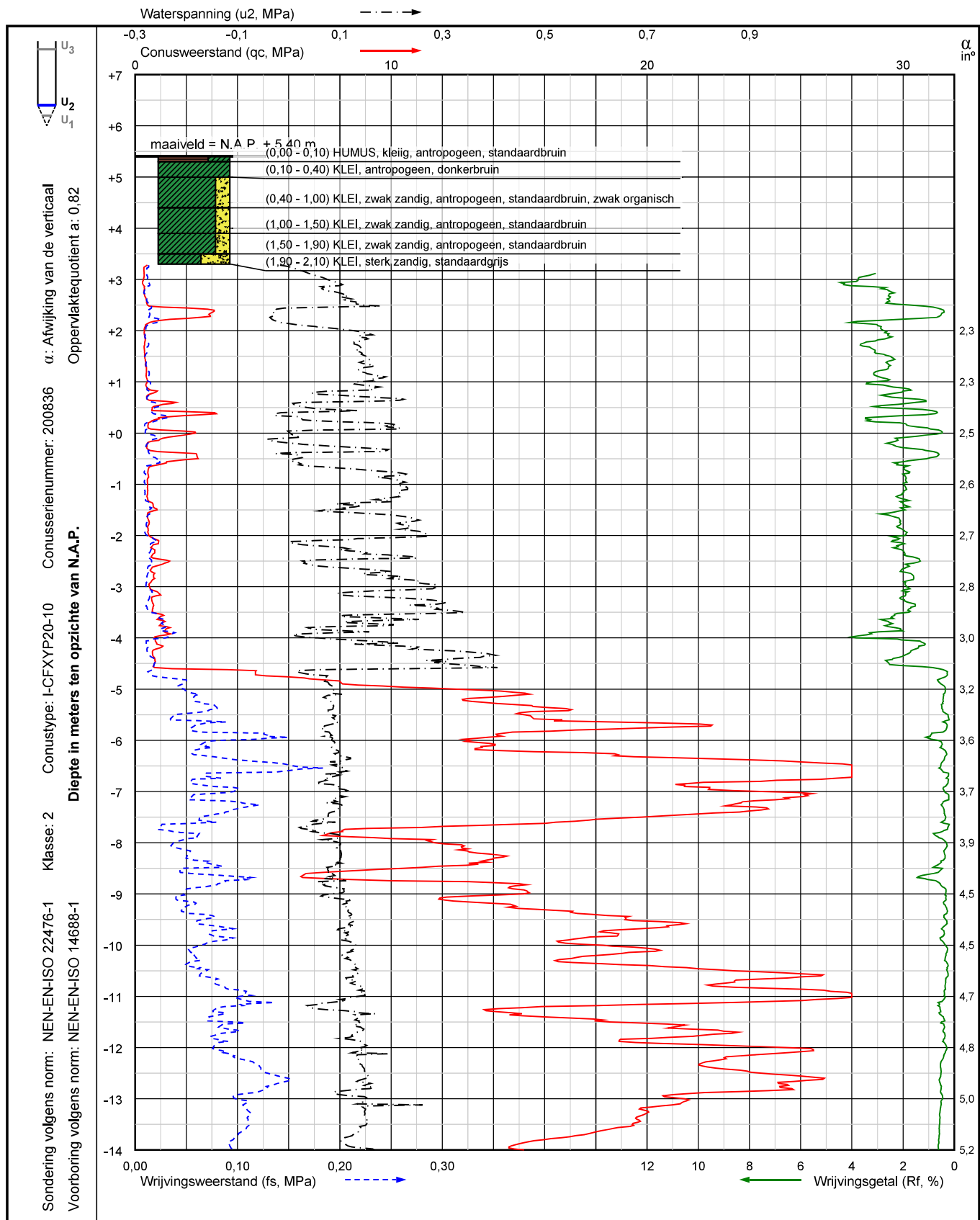
Project: Realisatie nieuwe peilscheiding en vispassage bij de stuw aan de Lingeweg te Tiel		Sondering: DKMP003	
 Wiertsema & Partners RAADGEVEND INGENIEURS	X = 158181,2	Opdr.nr.: VN-77794-1	
	Y = 436672,0		
	Blad: 1 van 2	Datum: 11-01-2021	



Project: Realisatie nieuwe peilscheiding en vispassage bij de stuw aan de Lingeweg te Tiel		Sondering: DKMP003	
 Wiertsema & Partners RAADGEVEND INGENIEURS	X = 158181,2 Y = 436672,0	Opdr.nr.: VN-77794-1	AKKOORD UITV
	Blad: 2 van 2	Datum: 11-01-2021	



Project: Realisatie nieuwe peilscheiding en vispassage bij de stuw aan de Lingeweg te Tiel		Sondering: DKMP004	
 Wiertsema & Partners RAADGEVEND INGENIEURS	X = 158183,2	Opdr.nr.: VN-77794-1	AKKOORD UITV
	Y = 436679,8		
	Blad: 1 van 1	Datum: 11-01-2021	



Project: Realisatie nieuwe peilscheiding en vispassage bij de stuw aan de Lingeweg te Tiel		Sondering: DKMP005	
 Wiertsema & Partners RAADGEVEND INGENIEURS	X = 158155,9	Opdr.nr.: VN-77794-1	
	Y = 436701,0	Datum: 11-01-2021	
	Blad: 1 van 2		

Bijlage 3



Veldboorbeschrijving (klasse 2)

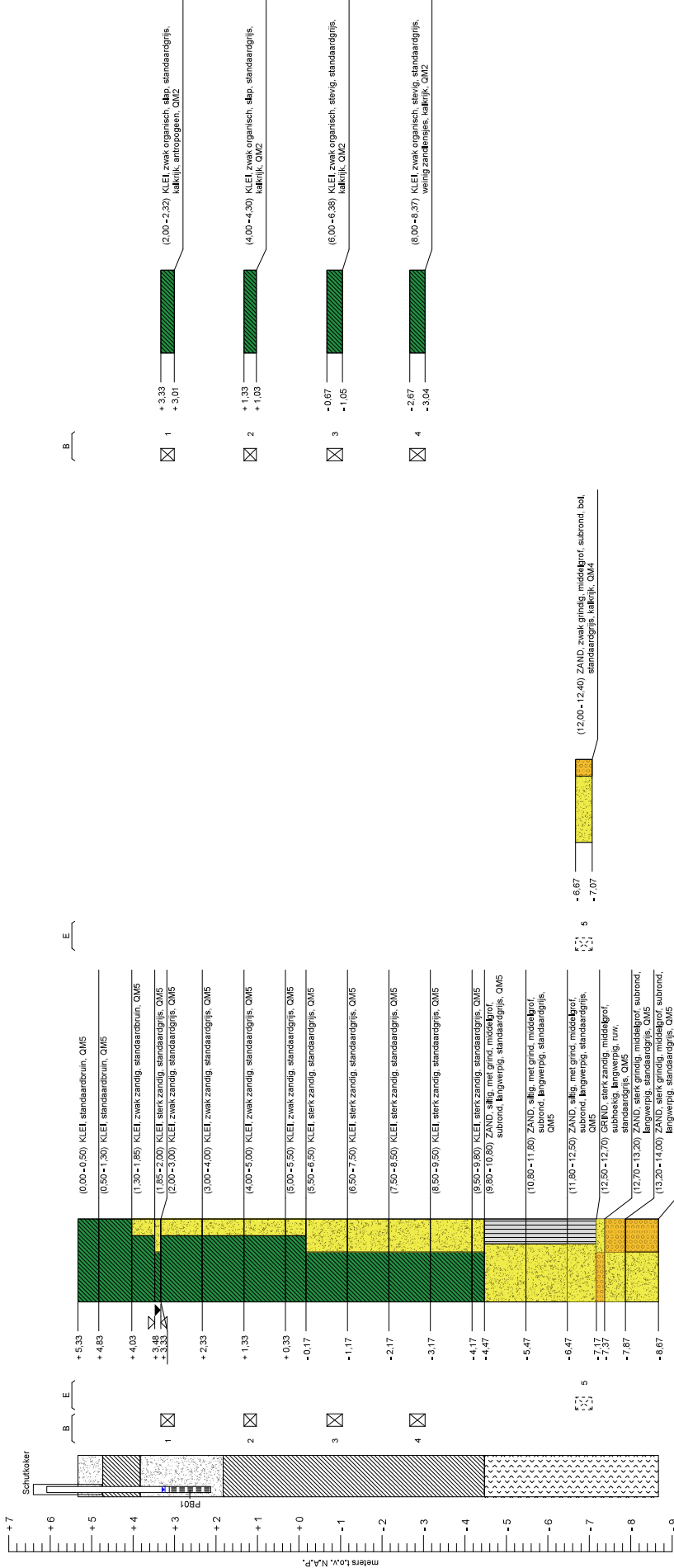
Maatvoering in meters L.o.v. N.A.P.

Laboratoriumbeschrijving (geroerd, klasse 2)

Maatvoering in meters L.o.v. N.A.P.

Laboratoriumbeschrijving (ongeroerd, klasse 2)

Maatvoering in meters L.o.v. N.A.P.



 Wiertsema & Partners RAADGEVEND INGENIEURS 	Gedetailleerd onderzoek (Boorbeschrijving conform NEN-ISO-14688)		RD coördinaten		Realisatie nieuwe peilscheiding en vispassage bij de sluik aan de Lingeweg te Tiel
	Waterschap Rivierland, Tiel		X = 158155.5 Y = 436700.8		
			Boormeester: JBER		AKKOORD UUTV
			Oprachtnr.: VN-77794-1 Uitgevoerd: 11-01-2021 Blad 1 van 1		
		Boornr (W&P) MB001			

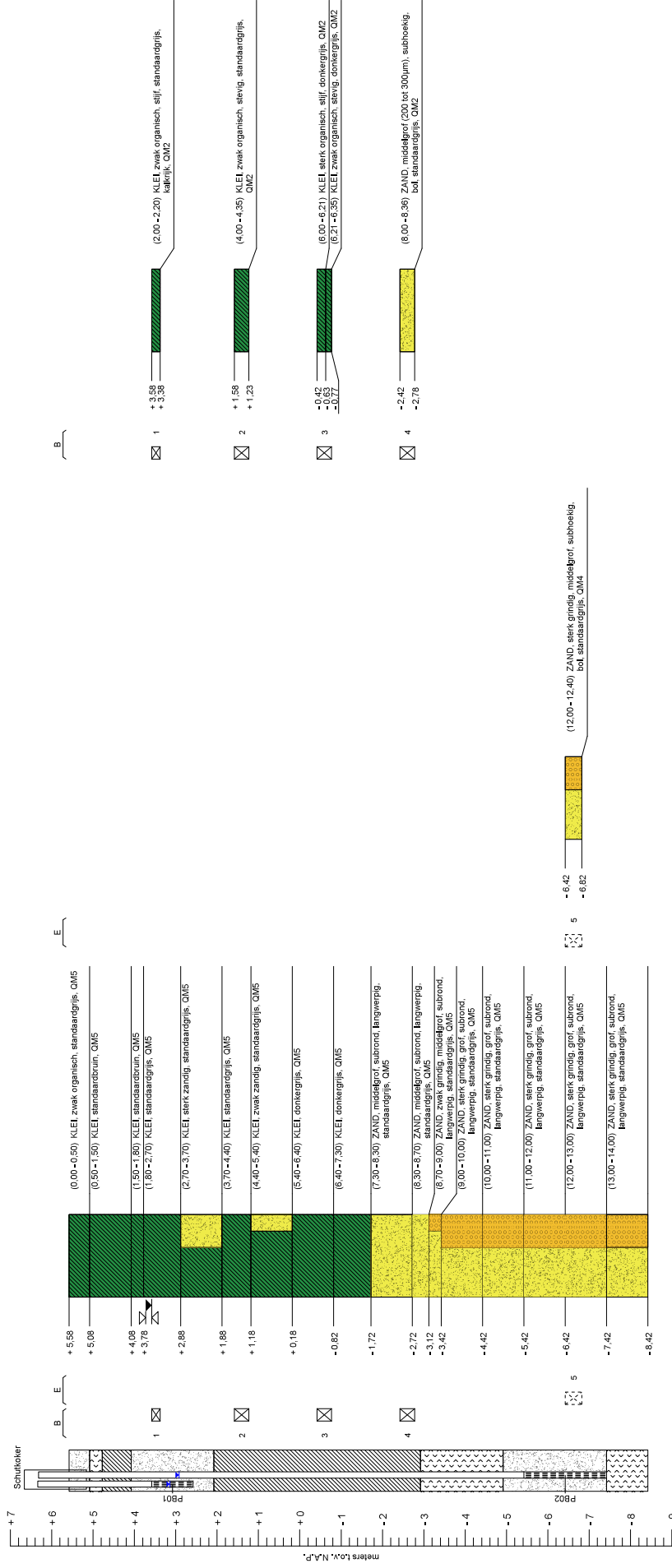
Maatvoering in meters t.o.v. N.A.P.:

Maatvoering in meters t.o.v. maaiveld

Maatvoering in meters t.o.v. maaiveld

Maatvoering in meters t.o.v. N.A.P.

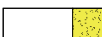
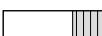
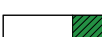
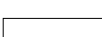
Maatvoering in meters t.o.v. maaiveld



	t.o.v. NAP	t.o.v. maaiaveld
BK PB01 :	+ 6.34 m	+ 0.76 m
GWS PB01 d.d. (12-01-2021) :	+ 3.14 m	- 2.44 m
BK PB02 :	+ 6.32 m	+ 0.74 m
GWS PB02 d.d. (12-01-2021) :	+ 2.92 m	- 2.66 m
GWS MB002 d.d. (12-01-2021) :	+ 3.58 m	- 2.00 m
H.G. MB002 d.d. (12-01-2021) :	+ 3.73 m	- 1.85 m
S.L.G. MB002 d.d. (12-01-2021) :	+ 3.58 m	- 2.00 m

 Wiertsema & Partners RAADGEVEND INGENIEURS	Geotechnisch onderzoek (Boorbeschrijving conform NEN-EN-ISO-14688)	
	Waterschap Rivierland, Tiel	
	RD coördinaten	X = 158182.3 Y = 436673.3
	Uitgevoerd: 12-01-2021	Oprichting: VN-77794-1
	Blad 1 van 1	Boortnr (W&P): MB002
	Realiseert nieuwe peilscheiding en vispassage bij de sluuis aan de Lingeweg te Tiel	

KEIEN / KEITJES / OVERIGE*

	KEIEN
	KEIEN, met grind
	KEIEN, met zand
	KEIEN, met silt
	KEIEN, met klei
	* Overige niet binnen NEN-EN-ISO-14688-1 onderscheiden hoofdgrondsoorten

GRIND

	GRIND
	GRIND met keien
	GRIND, zwak zandig
	GRIND, sterk zandig
	GRIND, siltig
	GRIND, kleilig

MONSTERNAME

	Geroerd monster
	Ongeroerd monster

PEILBUIZEN

	Blinde buis / stijgbuis
	Filter

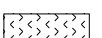
ZAND

	ZAND
	ZAND, met keien
	ZAND, zwak grindig
	ZAND, sterk grindig
	ZAND, siltig
	ZAND, kleilig

SILT

	SILT
	SILT, met keien
	SILT, zwak grindig
	SILT, sterk grindig
	SILT, zwak zandig
	SILT, sterk zandig

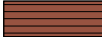
AANVULLINGEN

	Grind
	Zand
	Klei / Bentoniet
	Uitkomende grond
	Wegverhardingsmateriaal
	Grout

KLEI

	KLEI
	KLEI, met keien
	KLEI, zwak grindig
	KLEI, sterk grindig
	KLEI, zwak zandig
	KLEI, sterk zandig

VEEN (HUMUS, DETRITUS)

	VEEN
	VEEN, zwak zandig
	VEEN, sterk zandig
	VEEN, siltig
	VEEN, kleilig

GEOHYDROLOGISCHE GEGEVENS

	Actuele grondwaterstand direct na boren bepaald
	Gemiddeld Hoogste Grondwaterstand (GHG)
	Gemiddeld Laagste Grondwaterstand (GLG)

Geotechnisch onderzoek (Boorbeschrijving conform NEN-EN-ISO-14688)

Waterschap Rivierenland, Tiel

Realisatie nieuwe peilscheiding en vispassage bij de stuw aan de Lingeweg te Tiel

Legenda boorbeschrijving

Opdrachtnr.: VN-77794-1



Wiertsema & Partners
RAADGEVEND INGENIEURS

AKKOORD
UITV

Bijlage 4

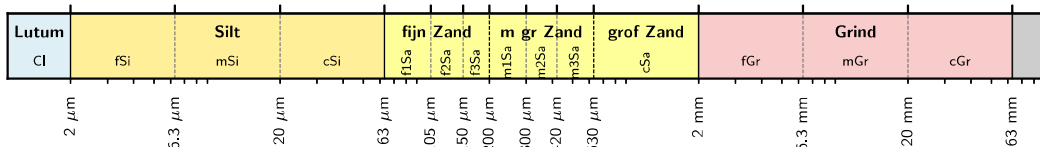
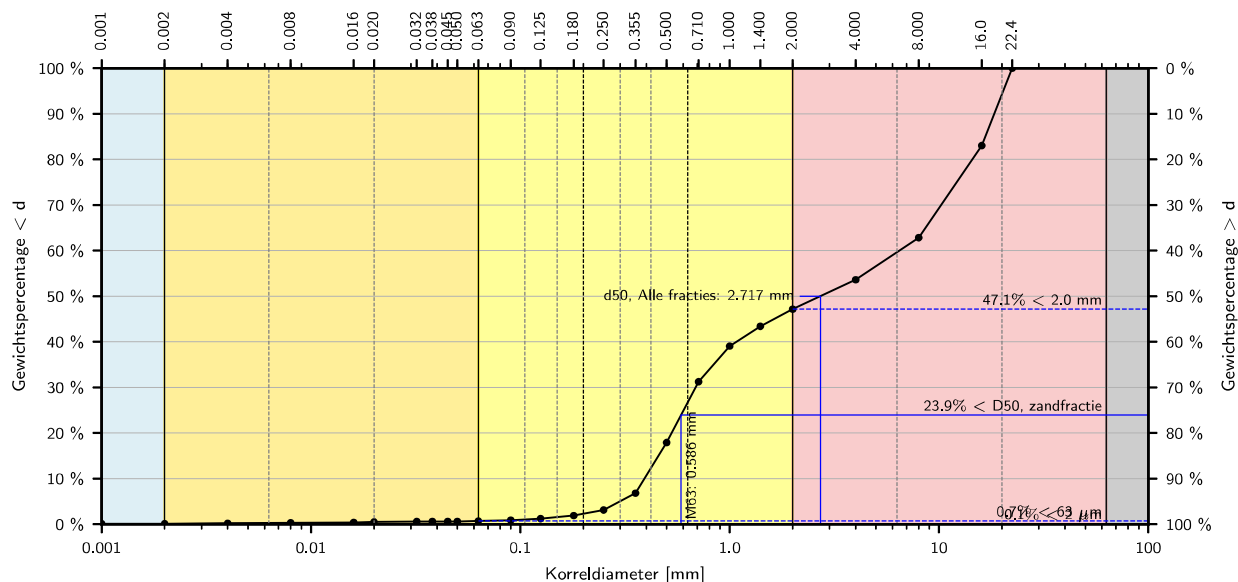


Boring		Monster	Specimen	Niveau (NAP)		Diepte (mv)		Identificatie	Water- gehalte [%]	Volumegewicht	
				van [m]	tot [m]	van [m]	tot [m]			nat [kg/m³]	droog [kg/m³]
MB001		M001	a1	3,14	3,12	2,19	2,21	Cl	66	1596	961
MB001		M002	a1	1,14	1,12	4,19	4,21	Cl	40,2	1824	1300
MB001		M003	a1	-0,91	-0,93	6,24	6,26	Cl	43,4	1787	1246
MB001		M004	a1	-2,86	-2,88	8,19	8,21	Cl	39,9	1787	1277
MB002		M001	a1	3,49	3,47	2,09	2,11	Cl	31,3	1936	1475
MB002		M002	a1	1,39	1,37	4,19	4,21	Cl	58,6	1658	1045
MB002		M003	a1	-0,51	-0,53	6,09	6,11	Cl	203,6	1206	397
MB002		M003	b1	-0,71	-0,73	6,29	6,31	Cl	52,4	1698	1114

KORRELGROOTTEVERDELING

Projectnummer 77794
Omschrijving Realisatie nieuwe peilscheiding en vispassage bij de stuw aan de Lingeweg
Locatie Tiel

Boornummer MB001
Monster M005 - x1
Coördinaten 158155.472 m. X, 436700.751 m. Y
Diepte van -6.67 tot -7.07 m. NAP
Laborant CL
Proefdatum 26-01-2021
Identificatie Sagr1
Opm. uitvoering Minder materiaal dan aanbevolen



Korrelgrootteverdeling	
d [mm]	% < d
22.4	100.0
16.0	83.0
8.0	62.8
4.0	53.6
2.0	47.1
1.4	43.4
1.0	39.1
0.71	31.2
0.5	17.9
0.355	6.8
0.25	3.1
0.18	1.9
0.125	1.2
0.09	0.9
0.063	0.7
0.05	0.6
0.045	0.6
0.038	0.6
0.032	0.6
0.02	0.5
0.016	0.4
0.008	0.3
0.004	0.2
0.002	0.1
0.001	0.1

gehele verdeling		
Kental		Waarde
d10	[mm]	0.392
d15	[mm]	0.457
d20	[mm]	0.528
d30	[mm]	0.687
d40	[mm]	1.075
d50	[mm]	2.717
d60	[mm]	6.465
d70	[mm]	10.230
d80	[mm]	14.420
d85	[mm]	16.638
d90	[mm]	18.372
Cu	[-]	16.495
Cc	[-]	0.186
d90/d10	[-]	46.876

zandfractie		
Kental		Waarde
D10	[mm]	0.309
D15	[mm]	0.365
D20	[mm]	0.392
D30	[mm]	0.452
D40	[mm]	0.518
D50	[mm]	0.586
D60	[mm]	0.662
D70	[mm]	0.774
D80	[mm]	0.948
D85	[mm]	1.090
D90	[mm]	1.305
Cu	[-]	2.141
Cc	[-]	0.999
D90/D10	[-]	4.223

Karakteristieken		
Grind (2 mm - 63 mm)	[%]	35.9
Zand (63 μm - 2 mm)	[%]	46.5
Silt (2 μm - 63 μm)	[%]	17.6
Lutum (< 2 μm)	[%]	0.1
Fijne fracties (< 63 μm)	[%]	17.7
M ₆₃ Zandmediaan	[mm]	0.586
middelgrof Zand 420 tot 630 μm	m3Sa	
M ₂₀₀₀ Grindmediaan	[mm]	11.565
middelgrof Grind 6.3 tot 20 mm	mGr	
D _m Mediane korrel	[mm]	6.099
Mediaan	[mm]	2.717
fijn Grind 2 tot 6.3 mm	fGr	
U ₁₆ (16 μm - 2 mm)	[-]	22.22
U _{Zand} (63 μm - 2 mm)	[-]	19.95
U-cijfers volgens formule van Zunker		
F _m Fijnheidsmodulus	[-]	4.922



Wiertsema & Partners
RAADGEVEND INGENIEURS

Realisatie nieuwe peilscheiding en vispassage bij de stuw aan de Lingeweg

Korrelgrootteverdeling
(ISO-17892-4(2014) & ISO-13317-3(2001))

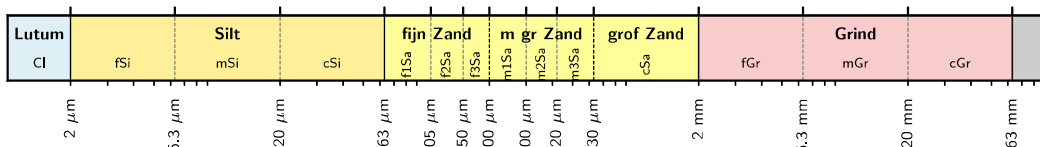
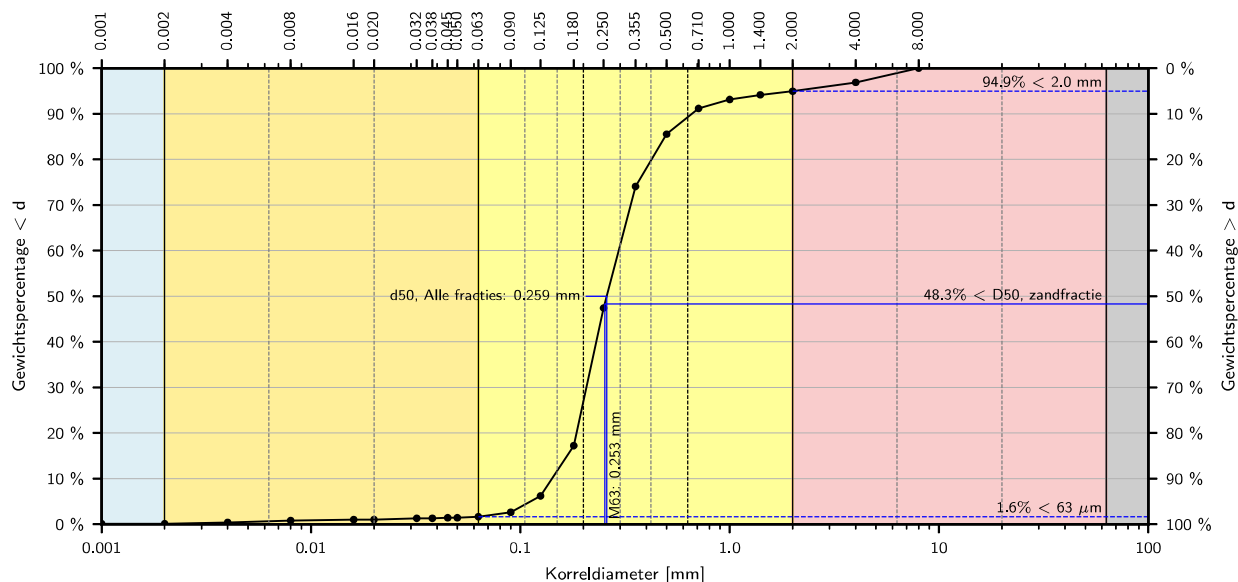
GEOTECHNISCH LABORATORIUM

AKKOORD
LAB

KORRELGROOTTEVERDELING

Projectnummer 77794
Omschrijving Realisatie nieuwe peilscheiding en vispassage bij de stuw aan de Lingeweg
Locatie Tiel

Boornummer MB002
Monster M004 - a1
Coördinaten 158182.285 m. X, 436673.334 m. Y
Diepte van -2.42 tot -2.77 m. NAP
Laborant SJ
Proefdatum 25-01-2021
Identificatie Sa
Opm. uitvoering Minder materiaal dan aanbevolen



Korrelgrootteverdeling	
d [mm]	% < d
Grind 8.0	100.0
4.0	96.9
2.0	94.9
1.4	94.2
1.0	93.1
0.71	91.2
0.5	85.5
0.355	74.1
0.25	47.4
0.18	17.2
0.125	6.2
0.09	2.6
0.063	1.6
0.05	1.4
0.045	1.4
0.038	1.3
0.032	1.3
0.02	1.0
0.016	1.0
0.008	0.8
0.004	0.4
Lutum 0.002	0.1
0.001	0.1

gehele verdeling		
Kental		Waarde
d10	[mm]	0.142
d15	[mm]	0.167
d20	[mm]	0.186
d30	[mm]	0.207
d40	[mm]	0.231
d50	[mm]	0.259
d60	[mm]	0.295
d70	[mm]	0.336
d80	[mm]	0.424
d85	[mm]	0.492
d90	[mm]	0.660
Cu	[-]	2.082
Cc	[-]	1.023
d90/d10	[-]	4.658

zandfractie		
Kental		Waarde
D10	[mm]	0.146
D15	[mm]	0.171
D20	[mm]	0.186
D30	[mm]	0.206
D40	[mm]	0.228
D50	[mm]	0.253
D60	[mm]	0.286
D70	[mm]	0.323
D80	[mm]	0.379
D85	[mm]	0.436
D90	[mm]	0.502
Cu	[-]	1.954
Cc	[-]	1.014
D90/D10	[-]	3.434

Karakteristieken		
Grind (2 mm - 63 mm)	[%]	5.0
Zand (63 μm - 2 mm)	[%]	93.3
Silt (2 μm - 63 μm)	[%]	1.5
Lutum (< 2 μm)	[%]	0.1
Fijne fracties (< 63 μm)	[%]	1.6
M ₆₃ Zandmediaan	[mm]	0.253
middelgrof Zand 200 tot 300 μm	m1Sa	
M ₂₀₀₀ Grindmediaan	[mm]	4.550
fijn Grind 2 tot 6.3 mm	fGr	
D _m Mediane korrel	[mm]	0.304
Mediaan	[mm]	0.259
middelgrof Zand 200 tot 300 μm	m1Sa	
U ₁₆ (16 μm - 2 mm)	[-]	43.96
U _{Zand} (63 μm - 2 mm)	[-]	42.27
U-cijfers volgens formule van Zunker		
F _m Fijnheidsmodulus	[-]	1.760



Wiertsema & Partners
RAADGEVEND INGENIEURS

Realisatie nieuwe peilscheiding en vispassage bij de stuw aan de Lingeweg

Korrelgrootteverdeling
(ISO-17892-4(2014) & ISO-13317-3(2001))

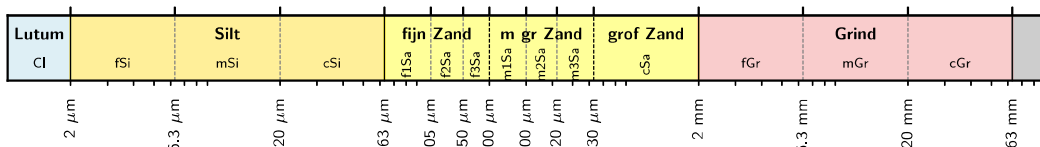
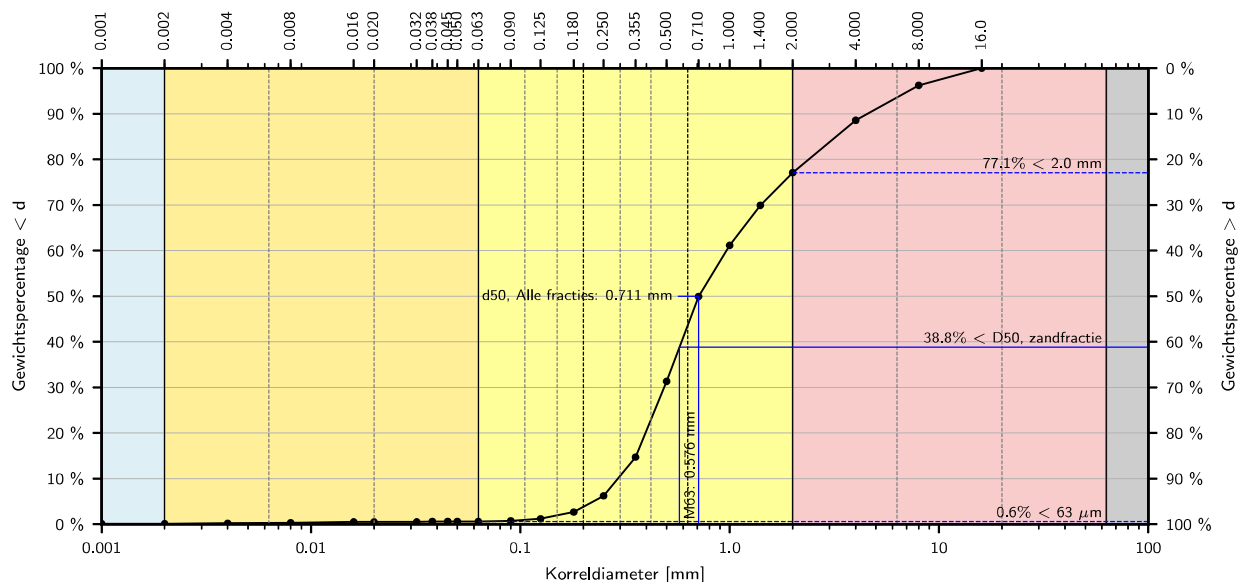
GEOTECHNISCH LABORATORIUM



KORRELGROOTTEVERDELING

Projectnummer 77794
Omschrijving Realisatie nieuwe peilscheiding en vispassage bij de stuw aan de Lingeweg
Locatie Tiel

Boornummer MB002
Monster M005 - a1
Coördinaten 158182.285 m. X, 436673.334 m. Y
Diepte van -6.42 tot -6.82 m. NAP
Laborant CL
Proefdatum 26-01-2021
Identificatie Sagr3
Opm. uitvoering Minder materiaal dan aanbevolen



Korrelgrootteverdeling	
d [mm]	% < d
16.0	100.0
8.0	96.2
4.0	88.6
2.0	77.1
1.4	69.9
1.0	61.2
0.71	49.9
0.5	31.3
0.355	14.7
0.25	6.2
0.18	2.7
0.125	1.2
0.09	0.7
0.063	0.6
0.05	0.6
0.045	0.6
0.038	0.6
0.032	0.5
0.02	0.5
0.016	0.5
0.008	0.3
0.004	0.2
0.002	0.1
0.001	0.1

gehele verdeling		
Kental		Waarde
d10	[mm]	0.292
d15	[mm]	0.357
d20	[mm]	0.396
d30	[mm]	0.487
d40	[mm]	0.589
d50	[mm]	0.711
d60	[mm]	0.965
d70	[mm]	1.405
d80	[mm]	2.383
d85	[mm]	3.224
d90	[mm]	4.552
Cu	[-]	3.303
Cc	[-]	0.839
d90/d10	[-]	15.576

zandfractie		
Kental		Waarde
D10	[mm]	0.272
D15	[mm]	0.318
D20	[mm]	0.364
D30	[mm]	0.426
D40	[mm]	0.499
D50	[mm]	0.576
D60	[mm]	0.665
D70	[mm]	0.807
D80	[mm]	1.025
D85	[mm]	1.187
D90	[mm]	1.375
Cu	[-]	2.449
Cc	[-]	1.003
D90/D10	[-]	5.061

Karakteristieken		
Grind (2 mm - 63 mm)	[%]	22.9
Zand (63 μm - 2 mm)	[%]	76.5
Silt (2 μm - 63 μm)	[%]	0.5
Lutum (< 2 μm)	[%]	0.1
Fijne fracties (< 63 μm)	[%]	0.6
M ₆₃ Zandmediaan	[mm]	0.576
middelgros Zand 420 tot 630 μm	m3Sa	
M ₂₀₀₀ Grindmediaan	[mm]	3.996
fijn Grind 2 tot 6.3 mm	fGr	
D _m Mediane korrel	[mm]	1.309
Mediaan	[mm]	0.711
gros Zand 630 μm tot 2 mm	cSa	
U ₁₆ (16 μm - 2 mm)	[-]	20.93
U _{Zand} (63 μm - 2 mm)	[-]	20.62
U-cijfers volgens formule van Zunker		
F _m Fijnheidsmodulus	[-]	3.382



Wiertsema & Partners
RAADGEVEND INGENIEURS

Realisatie nieuwe peilscheiding en vispassage bij de stuw aan de Lingeweg

Korrelgrootteverdeling
(ISO-17892-4(2014) & ISO-13317-3(2001))

GEOTECHNISCH LABORATORIUM



Geotechnisch onderzoek

Realisatie nieuwe peilscheiding en vispassage bij de
stuw aan de Lingeweg te Tiel

VN-77794-4 | 18 maart 2021



Onderwerp: Realisatie nieuwe peilscheiding en vispassage bij de stuw aan de
Lingeweg te Tiel

Projectnummer: VN-77794-4

Opdrachtgever: Waterschap Rivierenland
Postbus 599
4000 AN Tiel

Versie	Datum	Omschrijving wijziging
1	18 maart 2021	

Opgesteld door:	T. Aljabr
Handtekening:	I.O. 
Documentnummer:	R75823
Status:	definitief
Vrijgegeven door:	T. Aljabr



Inhoudsopgave

blad

1	Inleiding.....	4
1.1	Aanleiding	4
1.2	Doel.....	4
1.3	Leeswijzer.....	4
2	Uitgevoerde werkzaamheden.....	4
2.1	Veldwerkzaamheden	4
3	Kwaliteitswaarborging	5
4	Toelichting veldwerkzaamheden.....	7
4.1	Sonderingen DKMP.....	7
4.2	voorsonderen t.b.v. waterspannings-meting.....	7
4.3	Afdichten sondeergat.....	7

Bijlagen:

- 1 Situatietekening inclusief coördinatenlijst (X-Y in RD, Z in N.A.P.)
- 2 Sondeergrafieken



Wiertsema & Partners
RAADGEVEND INGENIEURS

1 Inleiding

In opdracht van Waterschap Rivierenland te Tiel heeft Raadgevend Ingenieursbureau Wiertsema & Partners B.V. een geotechnisch onderzoek uitgevoerd ten behoeve van de realisatie van een nieuwe peilscheiding en vispassage bij de stuw aan de Lingeweg te Tiel.

De werkzaamheden zijn verricht in aanvulling op het eveneens door ons bureau uitgevoerde onderzoek gerapporteerd onder 'Geotechnisch onderzoek realisatie nieuwe peilscheiding en vispassage bij de stuw aan de Lingeweg te Tiel (zie ons projectnummer VN-77794-1, rapportnummer 75023, d.d. 4 februari 2021).

1.1 Aanleiding

Het onderzoek is uitgevoerd ten behoeve van de realisatie van een nieuwe peilscheiding en vispassage bij de stuw aan de Lingeweg te Tiel.

1.2 Doel

Het doel van dit onderzoek is:

- ▲ De grondopbouw en de draagkracht inzichtelijk te maken d.m.v. sonderingen.

1.3 Leeswijzer

Na de inleiding in dit eerste hoofdstuk, staat in het tweede hoofdstuk een overzicht van de uitgevoerde werkzaamheden. Hierna staan in hoofdstuk 3 de kwaliteitswaarborging en mogelijke afwijkingen t.o.v. de geldende normen beschreven. In hoofdstuk 4 wordt per onderdeel een toelichting gegeven op de uitgevoerde werkzaamheden.

De onderzoeksresultaten zijn opgenomen in de eerder genoemde bijlagen.

2 Uitgevoerde werkzaamheden

In dit hoofdstuk worden de uitgevoerde werkzaamheden benoemd. Een toelichting op de werkzaamheden is gegeven in hoofdstuk 4.

2.1 Veldwerkzaamheden

De volgende veldwerkzaamheden zijn uitgevoerd:

- ▲ 4 DKMP (puntweerstand, mantelwrijving en waterspanning)
- ▲ 5 Inmetingen

De sondeerwerkzaamheden zijn uitgevoerd middels een midirups.



3 Kwaliteitswaarborging

Alle werkzaamheden zijn verricht onder ons kwaliteitssysteem NEN-EN-ISO-9001 en milieumanagementsysteem NEN-EN-ISO-14001. Raadgevend Ingenieurs Wiertsema & Partners B.V. is in het bezit van een V&G-beheersysteem VCA**. Tussen Raadgevend Ingenieurs Wiertsema & Partners B.V. en de opdrachtgever is geen sprake van een relatie die de onafhankelijkheid en de integriteit zouden kunnen beïnvloeden en/of haar werkzaamheden zou kunnen belemmeren.

De in deze rapportage opgenomen sonderingen zijn uitgevoerd conform NEN-EN-ISO 22476-1:2012, inclusief correctieblad C1:2013. Deze sonderingen voldoen aan klasse 2.

In onderstaande tabel 1 wordt weergegeven aan welke waarden de sonderingen dienen te voldoen.

Tabel 1, toepassingsklasse conform NEN-EN-ISO 22476-1:2012

Toepassings- klasse	Soort sondering	Gemeten parameter	Toegestane minimale nauwkeurigheid a	Maximale afstand tussen metingen	Gebruik	
					Bodem b	Interpretatie/ beoordeling c
2	TE1 TE2	Conusweerstand	100 kPa of 5%	20mm	A	G, H*
		Kleef	15 kPa of 15%		B	G, H
		Waterspanning d	25 kPa of 3%		C	G, H
		Hellingshoek	2°		D	G, H
		Sondeerlengte	0,1m of 1%			

Opmerking: Voor extreem zachte gronden kunnen nog hogere nauwkeurigheidseisen gelden.

a De toegestane minimale nauwkeurigheid van de gemeten parameter is de grootste waarde van de twee gegeven waarden. De relatieve nauwkeurigheid geldt voor de gemeten waarde en niet voor het meetbereik.

b Volgens ISO 14688-2 [1]:

- A Homogene bodemprofielen met zachte stijve klei en slib (typische $q_c < 3 \text{ MPa}$).
- B Gemengde bodemprofielen met zachte stijve klei (typische $q_c \leq 3 \text{ MPa}$) en middelmatig dicht zand (typisch $5 \text{ MPa} \leq q_c < 10 \text{ MPa}$)
- C Gemengde bodemprofielen met stijve klei (typisch $1,5 \text{ MPa} \leq q_c < 3 \text{ MPa}$) en zeer dicht zand (typische $q_c > 20 \text{ MPa}$).
- D Zeer harde en stijve klei (typische $q_c \geq 3 \text{ MPa}$) en zeer dichte en grove bodem ($q_c \geq 20 \text{ MPa}$).

c G Profileren en identificatie materialen met een laag niveau van onzekerheid.

G* Indicatieve profilering en identificatie materialen met een hoog niveau van onzekerheid.

H Interpretatie van technische gegevens met een laag niveau van onzekerheid.

H* Indicatieve interpretatie van technische gegevens met een hoog niveau van onzekerheid.

d Waterspanning kan alleen gemeten worden wanneer TE2 gebruikt wordt.



Wiertsema & Partners
RAADGEVEND INGENIEURS

Indien de opdrachtgever een klacht heeft over de uitvoering van de werkzaamheden dient deze zich in eerste instantie te wenden tot Wiertsema & Partners B.V.

In tabel 2 wordt weergegeven conform welke normen de werkzaamheden zijn uitgevoerd. In aanvulling hierop zijn de mogelijke afwijkingen of bijzonderheden beschreven.

Tabel 2, normeringen en mogelijke afwijkingen

Werkzaamheden	Norm/ Richtlijn	Afwijkingen bijzonderheden
Sonderen	NEN-EN-ISO-22476-1 (desbetreffende klasse staat vermeld op de sondeergrafiek).	
Inmeten (Coördinaten RD-stelsel) *		X en Y $\leq$ 0,50 m
Inmetingen (Hoogte in N.A.P.) *		Z- $\leq$ 0,05 m

**Alle gegevens van de inmetingen of waterpassingen genoemd in deze rapportage zijn een momentopname en alleen te gebruiken voor dit onderzoek.*



4 Toelichting veldwerkzaamheden

4.1 Sonderingen DKMP

Sonderingen worden uitgevoerd met een conus die middels een serie duwstangen in de grond is gedrukt. Dit gebeurt met een constante snelheid ($2 \text{ cm/sec} \pm 0,5 \text{ cm}$). Tijdens het drukken is de conusweerstand, mantelwrijving waterspanning gemeten en geregistreerd. Voorafgaand aan de waterspanning sondering is de conus ontluicht en gecontroleerd op interne lekkages. Er is gebruik gemaakt van een RVS-filter met een doorlatendheid van 10μ . Als verzadigingsvloeistof is 50 cSt siliconenolie toegepast. In een sondeergrafiek staan symbolen gepresenteerd, welke in tabel 3 worden beschreven.

Tabel 3, symbolen in een sondeergrafiek

Symbol	Beschrijving	Eenheid
a	Netto-oppervlakte verhouding van de conus	
f_s	Gemeten mantelwrijving	MPa
q_c	Gemeten conusweerstand	MPa
R_f^*	Wrijvingsgetal	%
u_1	Waterspanning gemeten in de punt van de conus	MPa
u_2	Waterspanning gemeten achter de punt van de conus	MPa
z	Gecorrigeerde sondeerdiepte	m
α	De gemeten hoek tussen de verticale as en de as van de conus	°

* R_f : De verhouding tussen plaatselijke wrijvingsweerstand en de conusweerstand. Het wrijvingsgetal heeft een nauwe relatie met de grondsoort, zodat een goede indicatie van de laagopbouw kan worden verkregen.

De resultaten van een sondering kunnen worden gebruikt om de volgende indicatieve eigenschappen te bepalen:

- ▲ gelaagdheid;
- ▲ grondsoort;
- ▲ indicatieve geotechnische eigenschappen als:
 - grond dichtheid;
 - afschuiving parameters en;
 - vervorming en consolidatie-eigenschappen.

4.2 voorsonderen t.b.v. waterspannings-meting

Om de kwaliteit van de waterspanningsmeting te vergroten zijn de sonderingen voorgesondeerd. Dit om de onverzadigde zone te verdringen waardoor de kans op het "dichtsmeren" van het waterspanningsfilter voorkomen kan worden.

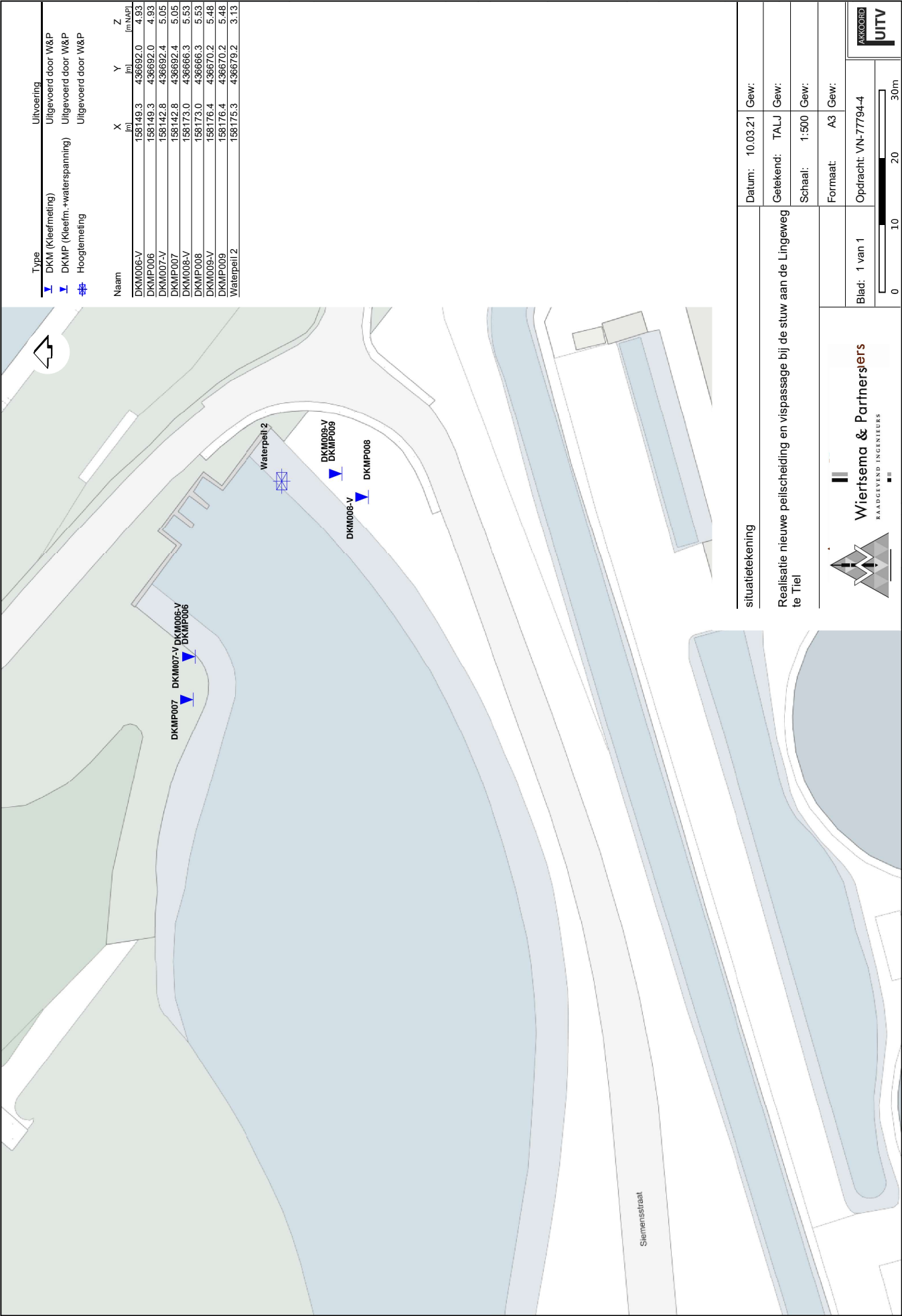
4.3 Afdichten sondeergat

Na het uitvoeren van de sonderingen is de eerste 3 meter onder maaiveld afgedicht middels zwelkleistaven.



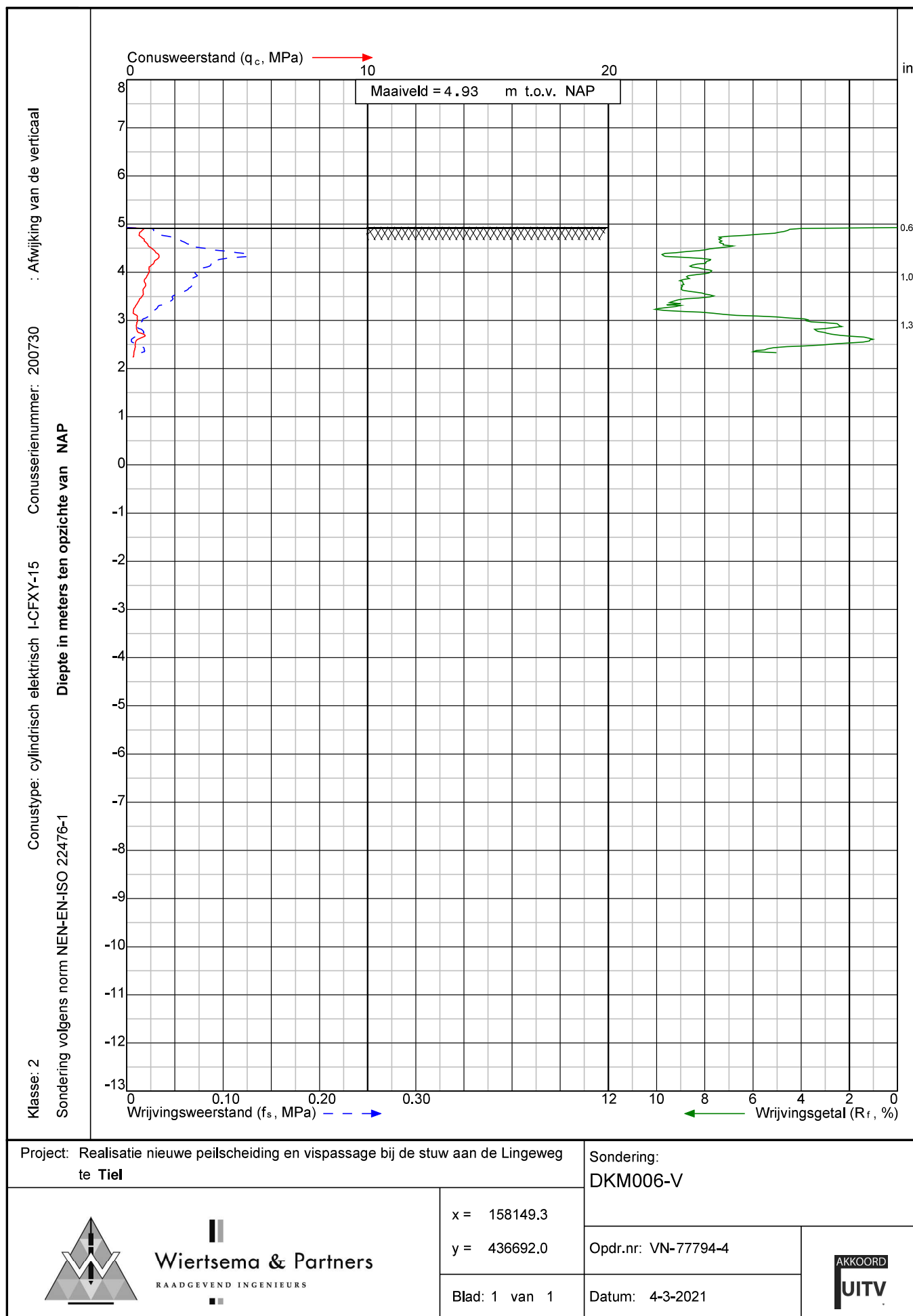
Bijlage 1

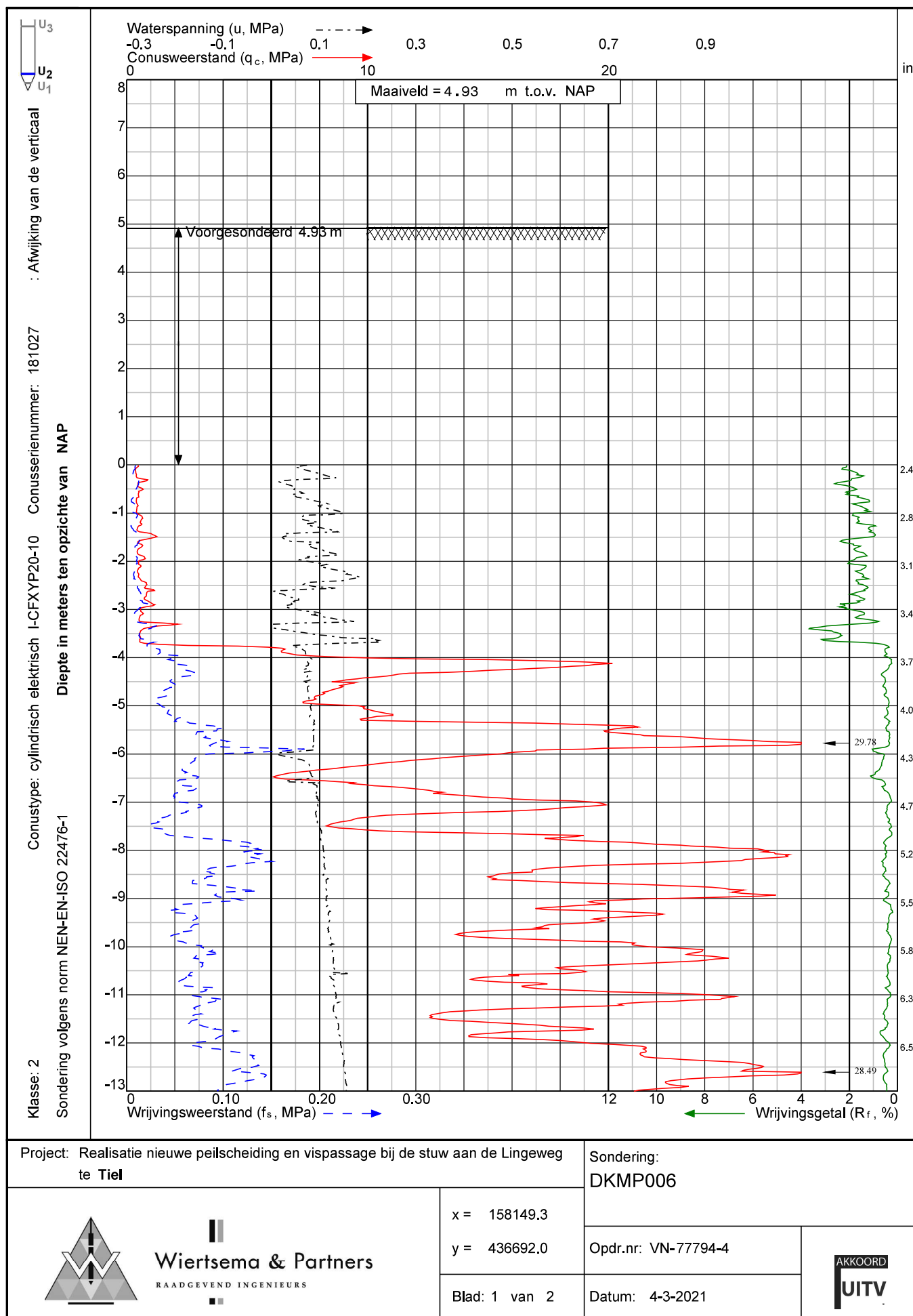


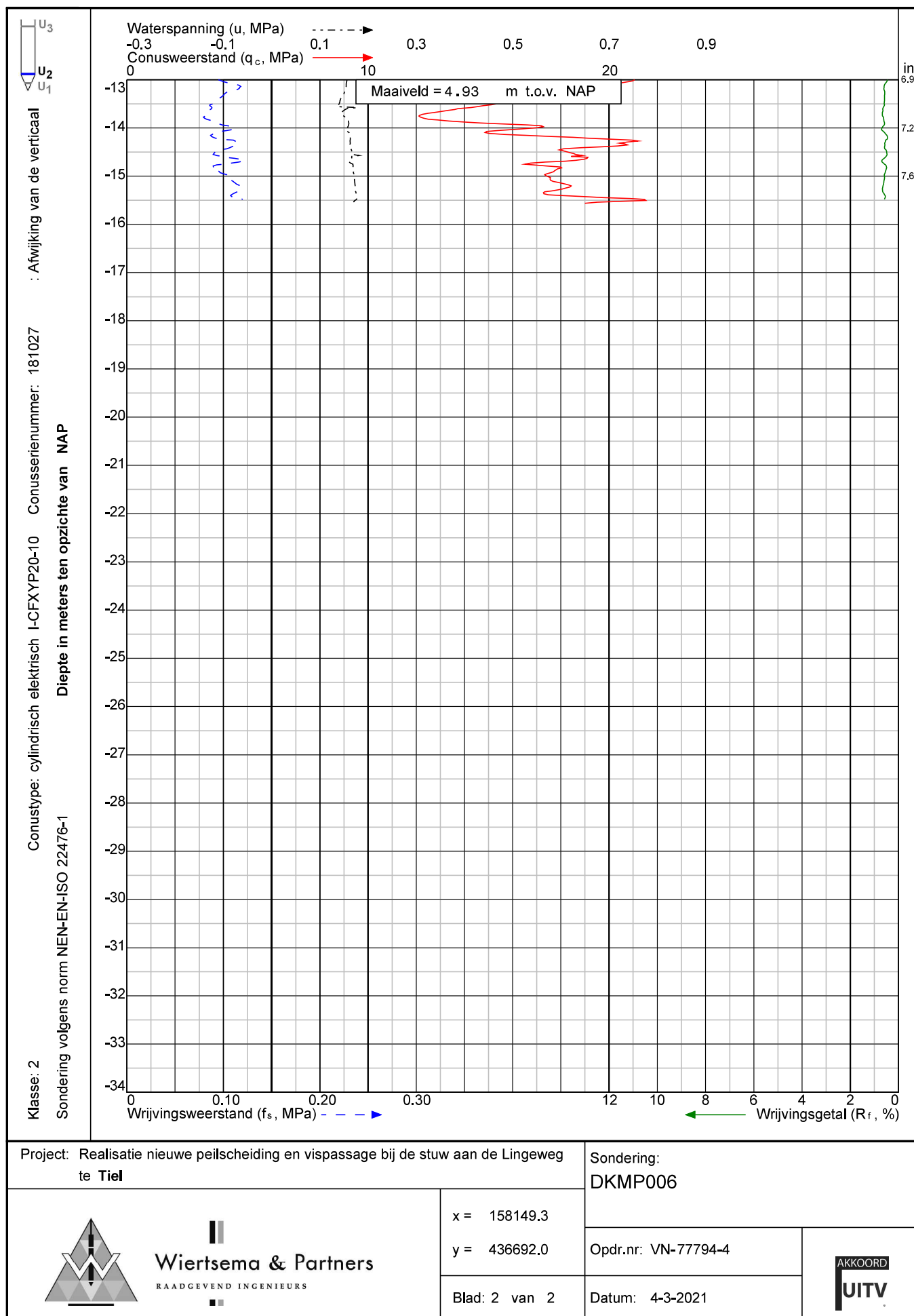


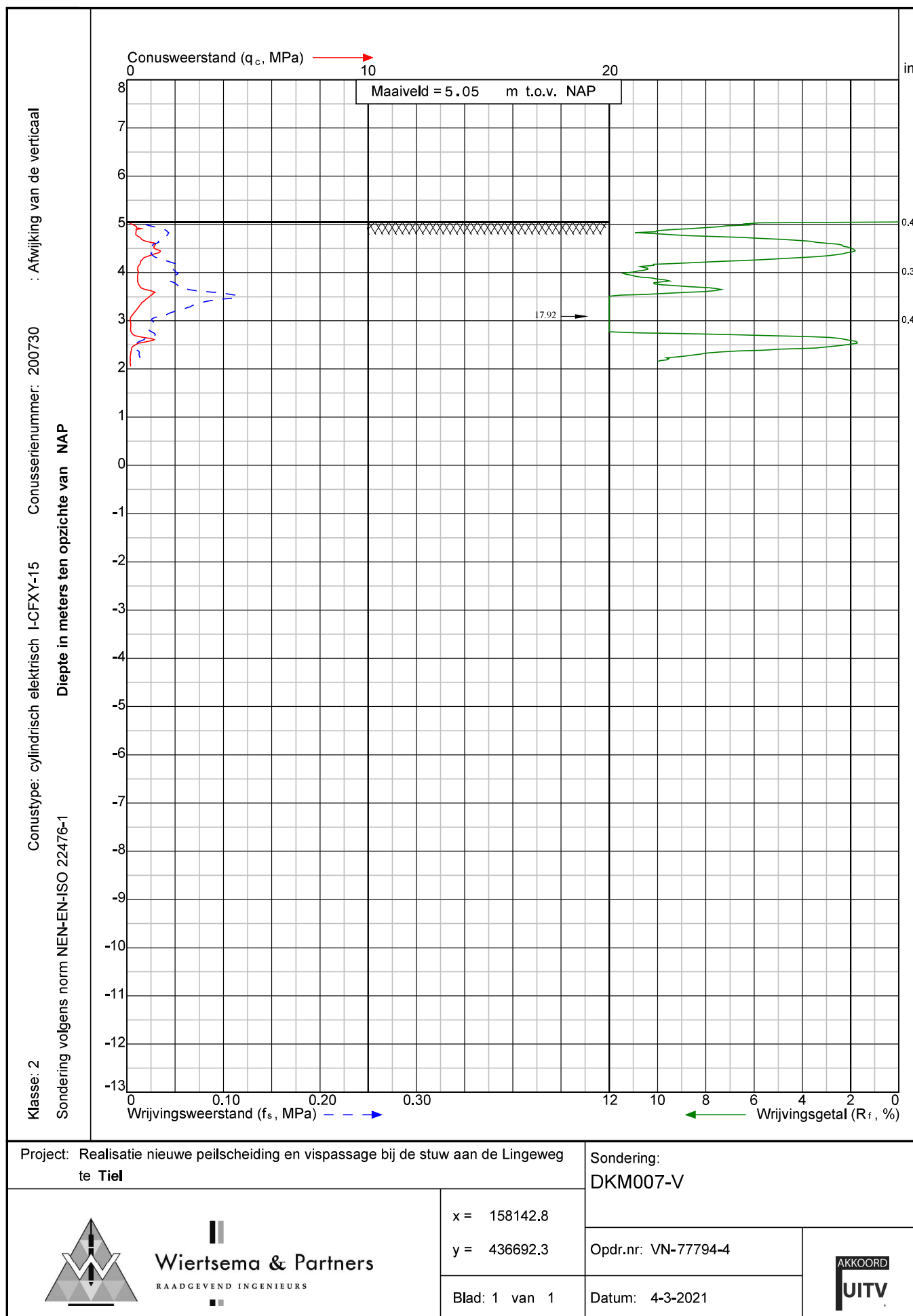
Bijlage 2

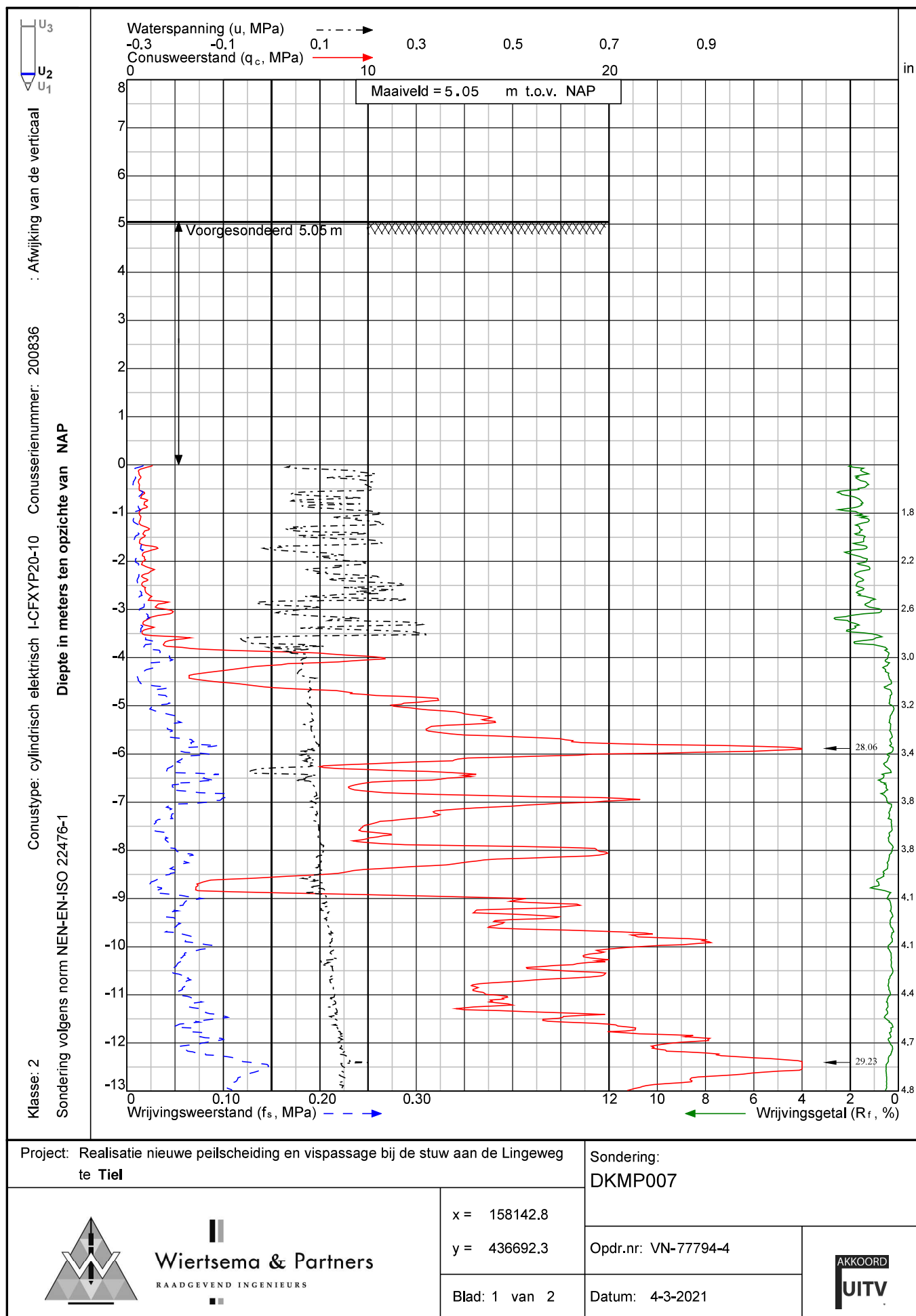


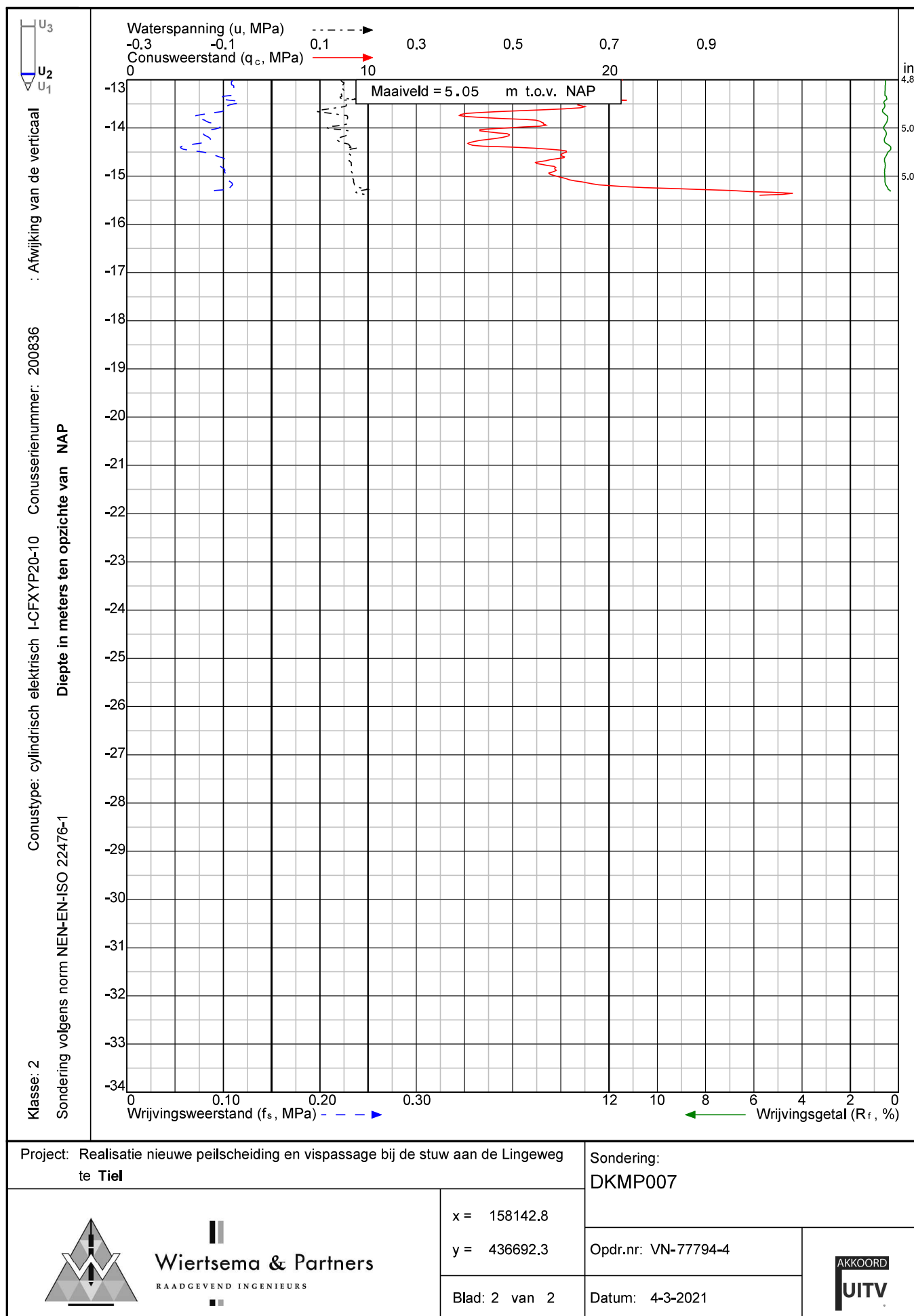


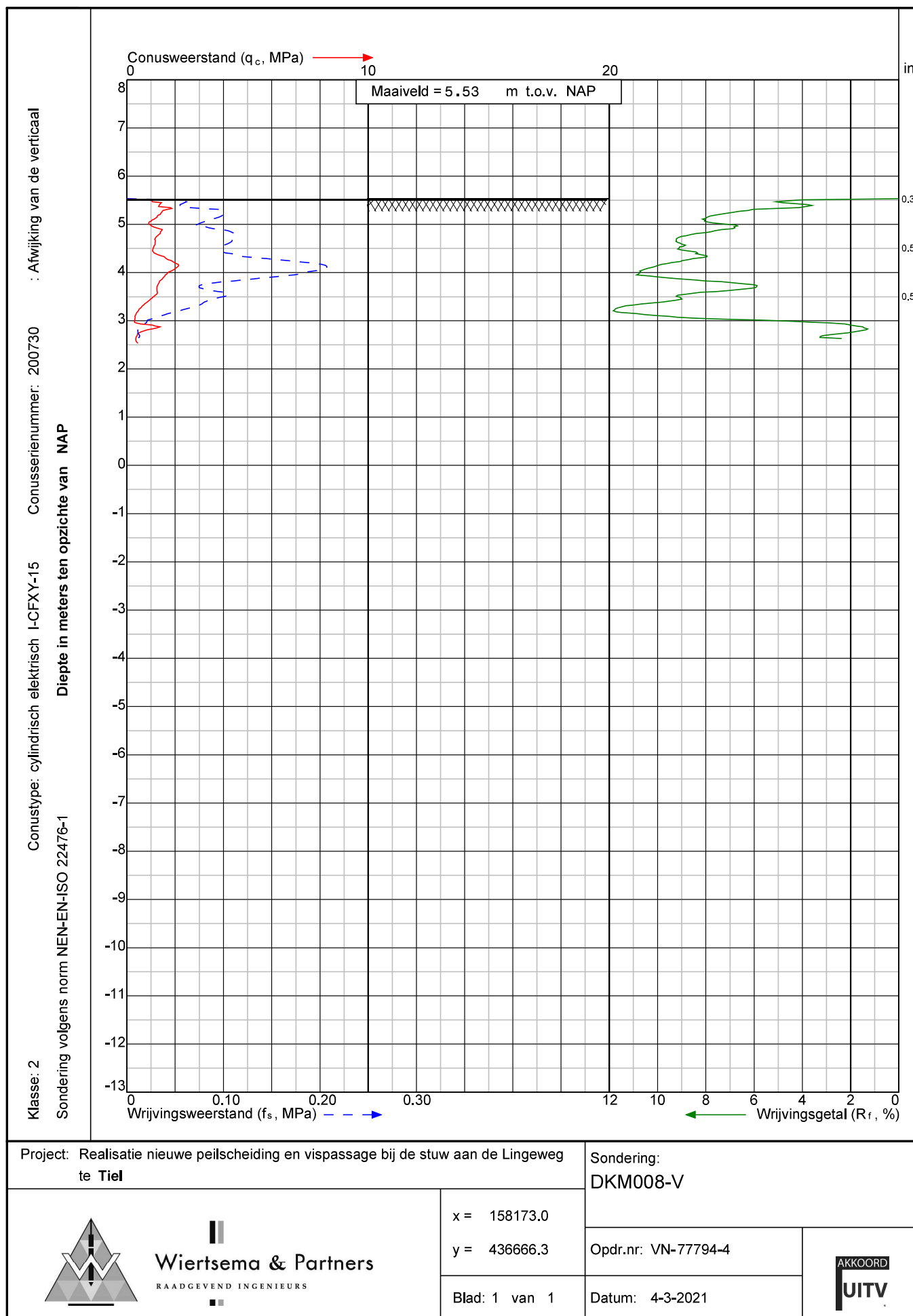


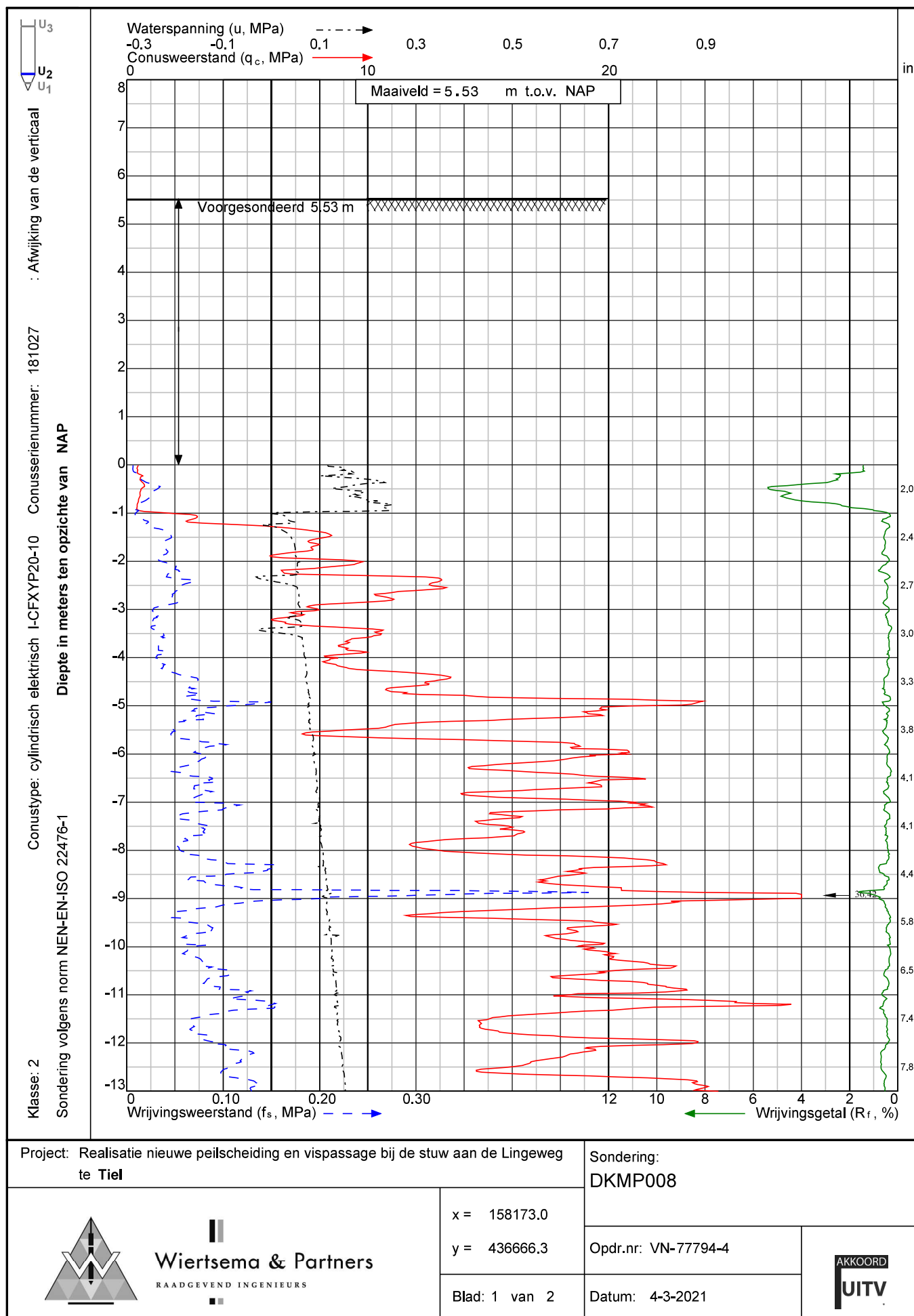


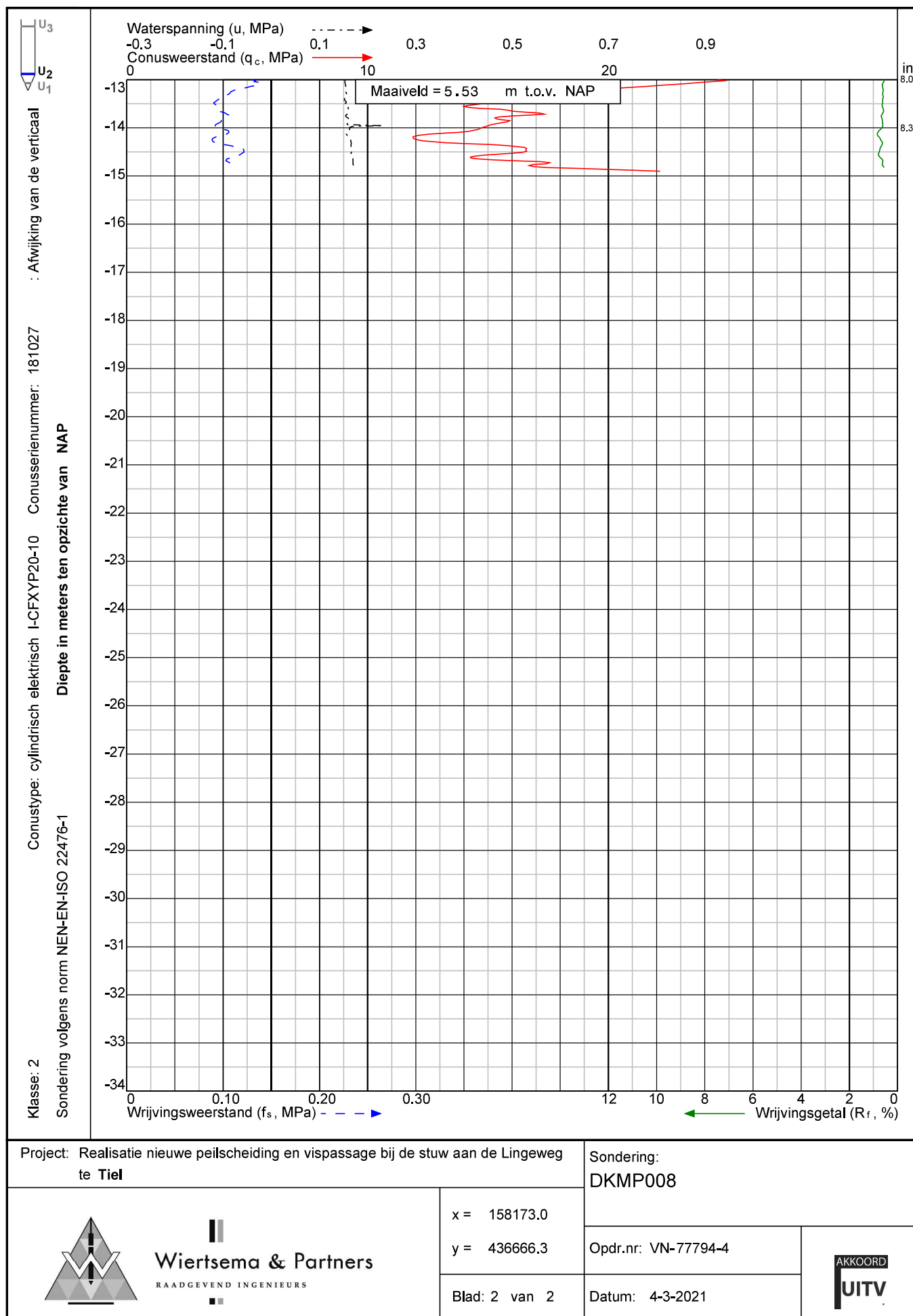


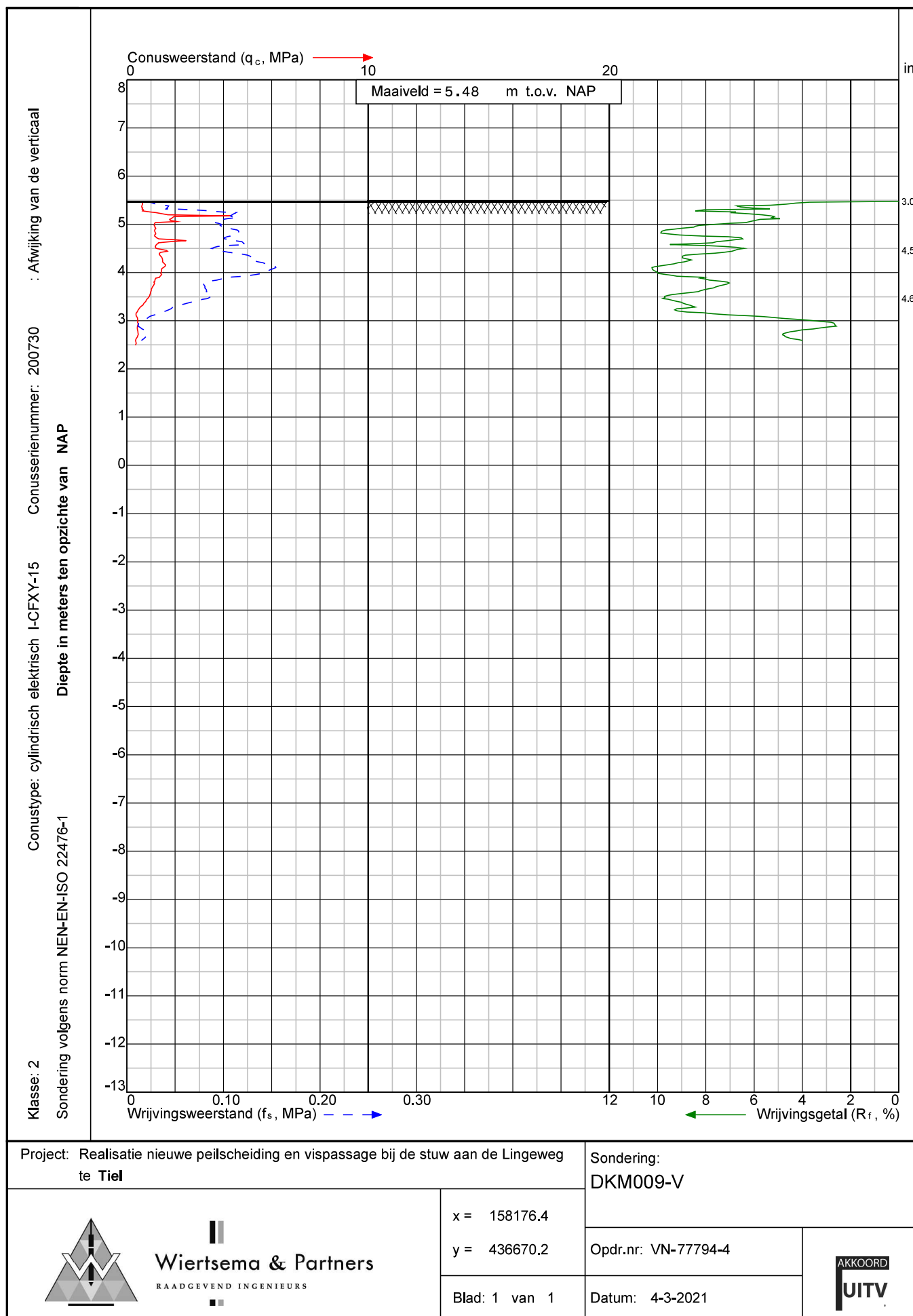


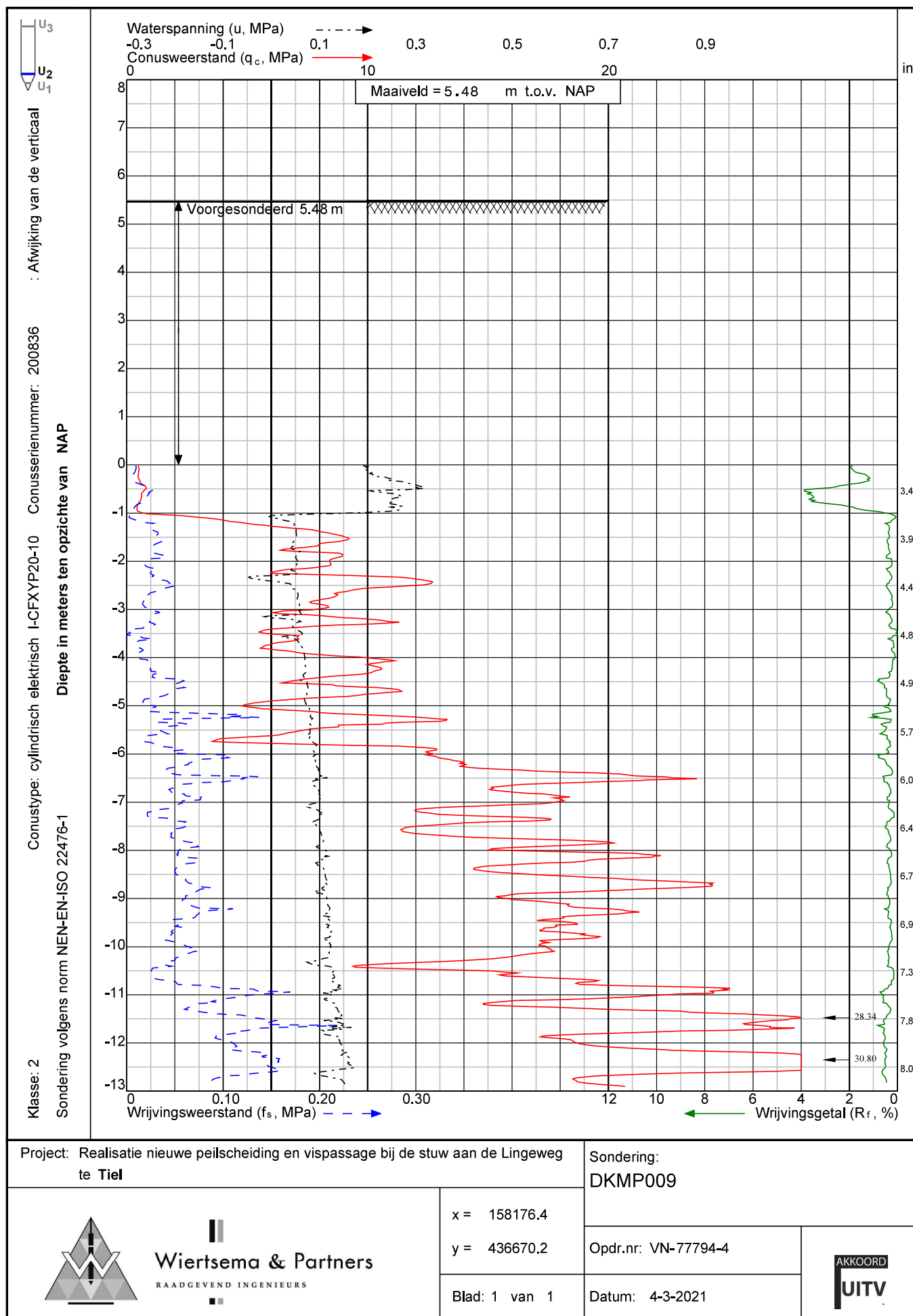












Project: Realisatie nieuwe peilscheiding en vispassage bij de stuw aan de Lingeweg te Tiel

Sondering:
DKMP009



Wiertsema & Partners
RAADGEVEND INGENIEURS

x = 158176.4

y = 436670.2

Blad: 1 van 1

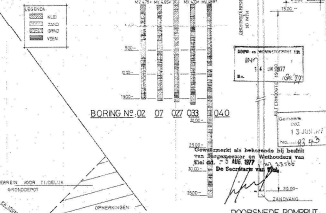
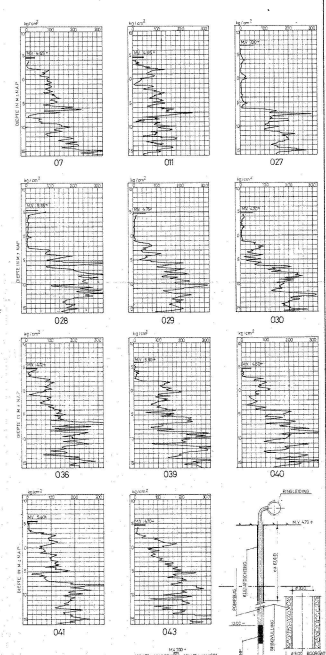
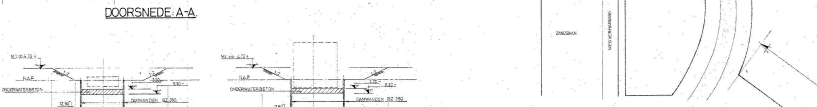
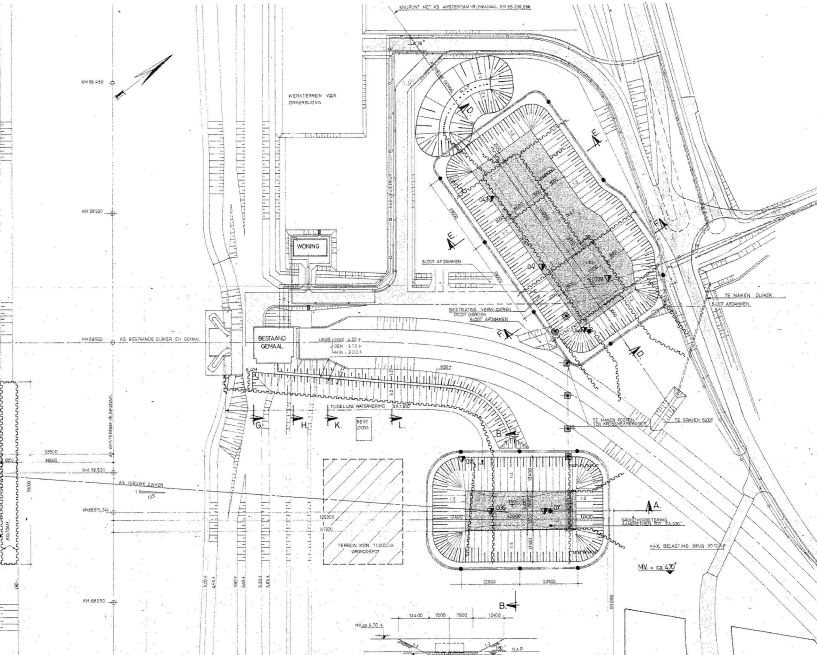
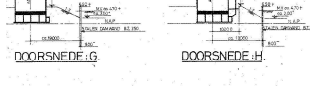
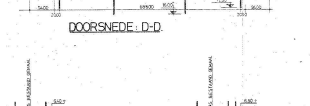
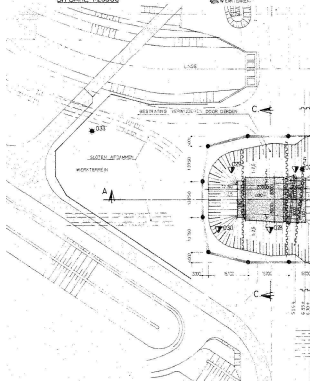
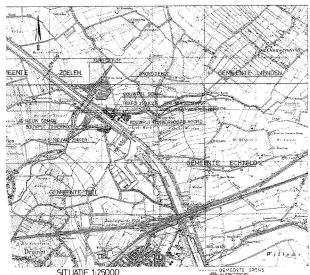
Opdr.nr: VN-77794-4

Datum: 4-3-2021

AKKOORD
UITV

Bijlage 2 Tekening dwarsprofielen

Bijlage 3 Tekeningen zinkerhoofd



RIJKSWATERSTAAT DIRECTIE SLUIZEN EN STUWEN

T.B.V. DIRECTIE UTRECHT

WERKEN IN HET BETREFFEND

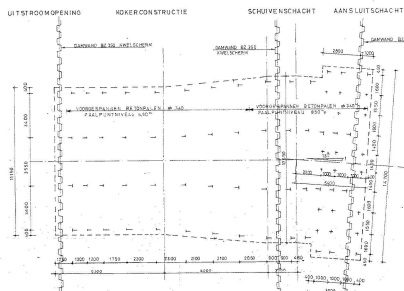
AMSTERDAM, HOLLAND

SITUATIE BOUWPUTTEN EN

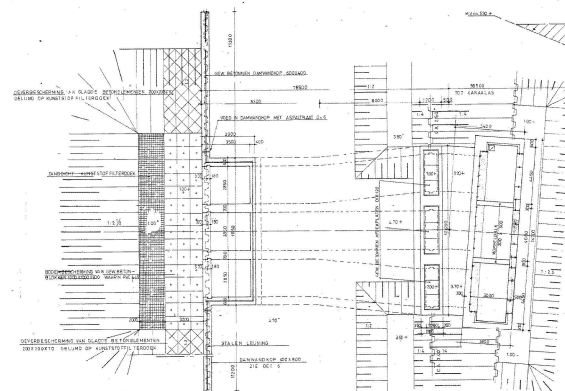
ZINKERKOPPEN EN GEMAA

OPMAAT 1:500

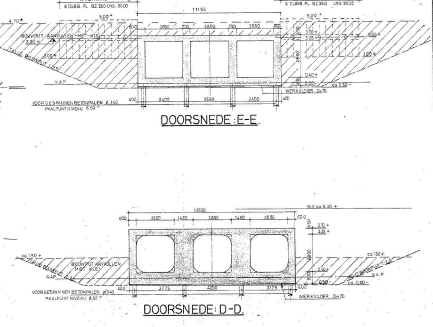
TEK. BP 221



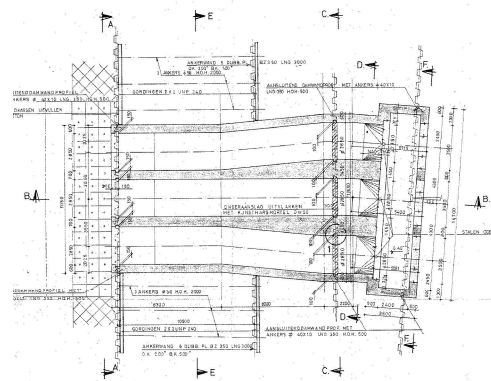
PALENPLAN



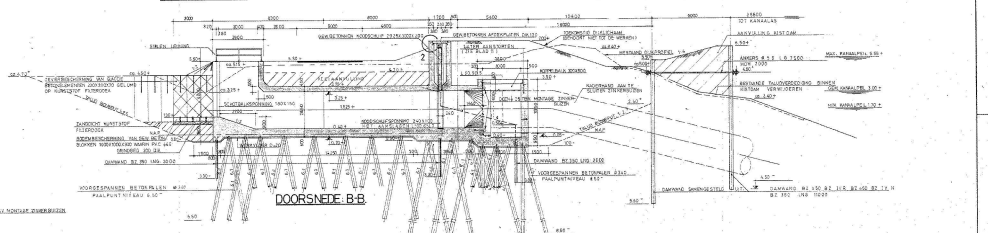
BOVENAANZICHT



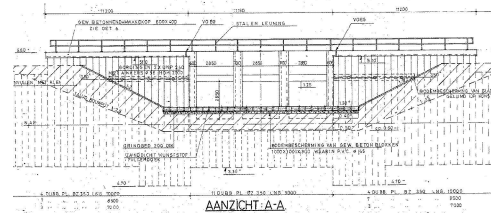
DOORSNEDEN D-D



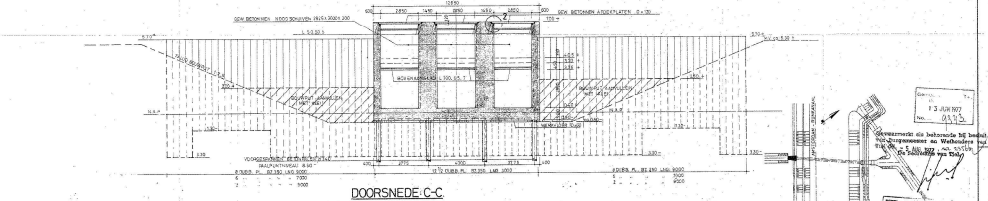
BOVENAANZICHT VLOER



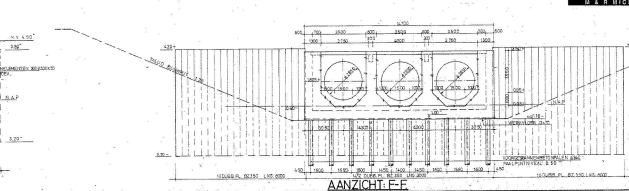
DOORSNEDEN B-B



AANZICHT A-A



DOORSNEDEN C-C



AANZICHT F-F

13.000 BT
01.12.77

Gegevens van de bestelling bij de
Bouwmeester van de Waterbouw
Dienst, te Rotterdam, op 13.000 BT
van 13.000 BT, 13.000 BT, 13.000 BT
van 13.000 BT, 13.000 BT, 13.000 BT

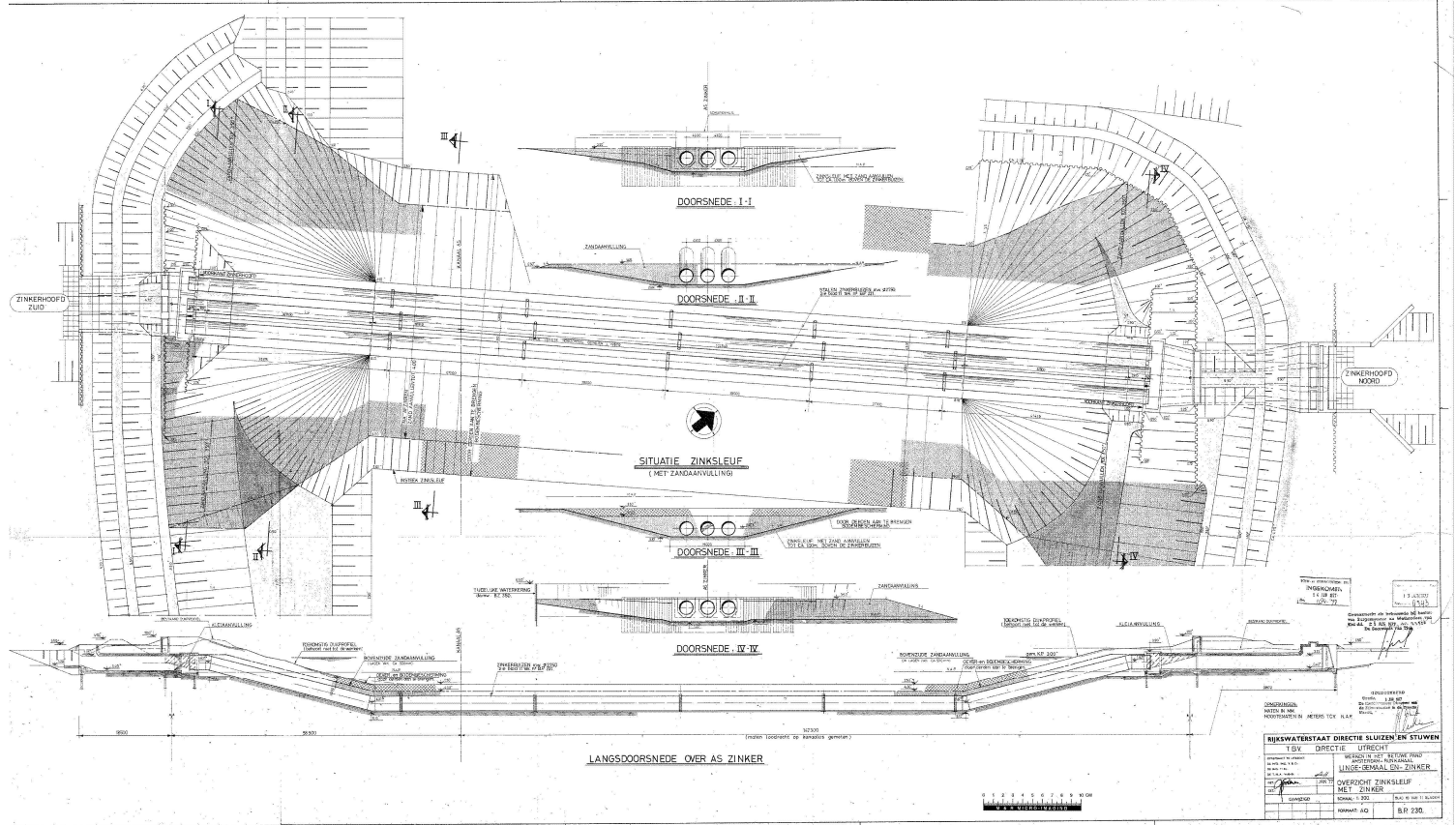
COÖRDINATIE
Breedte
De Bestuurlijke Dienst van
de Waterbouw in de Waterbouw
Dienst, te Rotterdam, op 13.000 BT
van 13.000 BT, 13.000 BT, 13.000 BT

RIJSWATERSTAAT DIRECTIE SLUIZEN EN STUWEN

TBV DIRECTIE UTRECHT
WISSEN IN HET BOUTEN
WISSEN IN HET BOUTEN
WISSEN IN HET BOUTEN
WISSEN IN HET BOUTEN

LINGE-GEMAALENSZINKER
ZINKERHOOFD - 7110

SCHAL: 1:100
KOPERT: AO
BP - 223

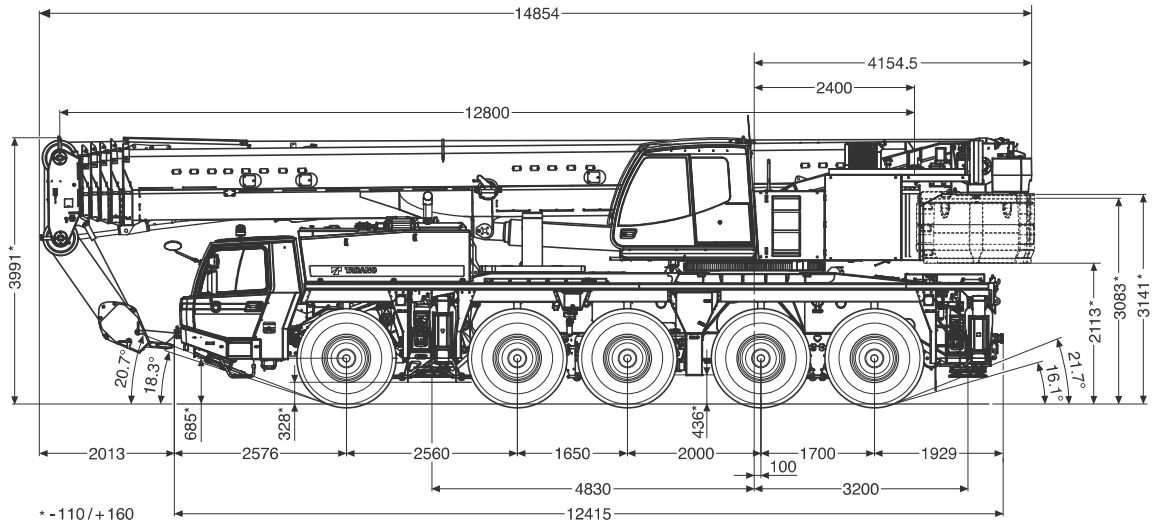


Bijlage 4 Informatie kraan

TK140

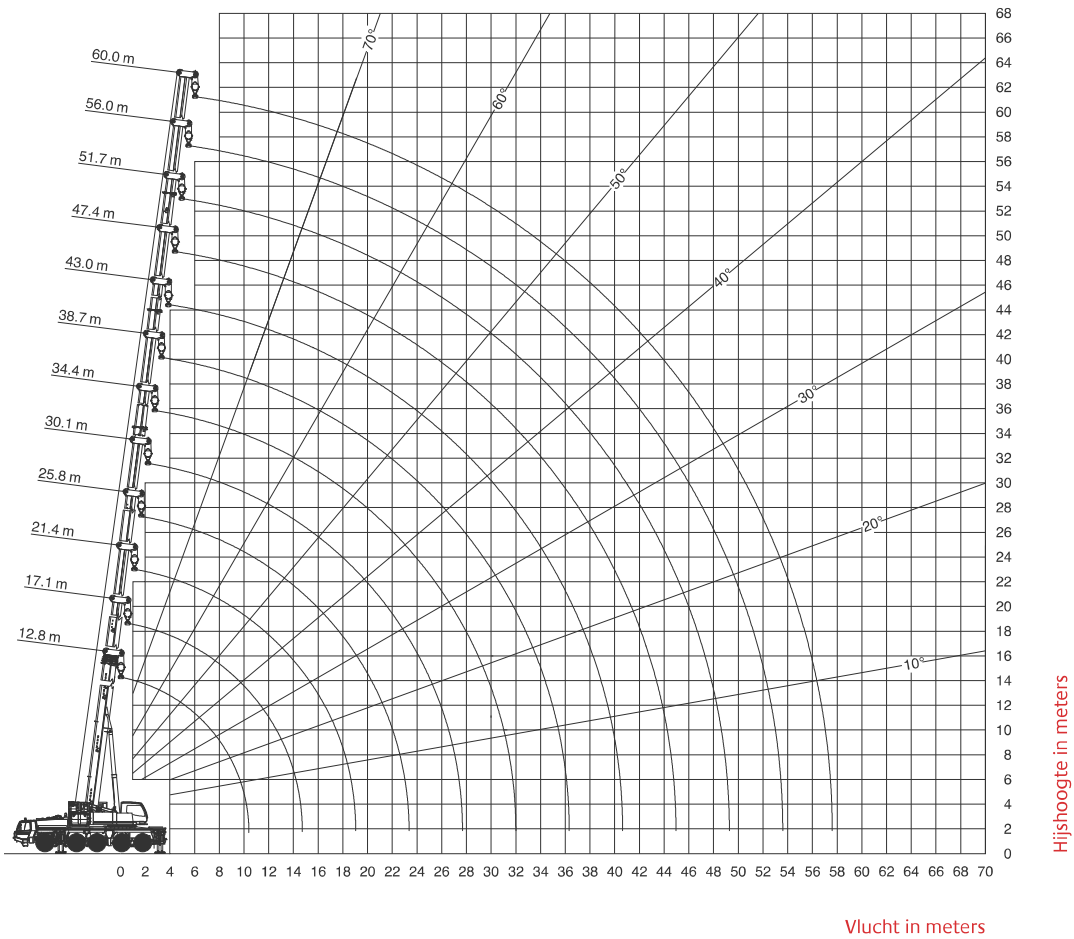
Hydraulische telescoopkraan

- Kraankengetal : 290
- Hijscapaciteit : 140 ton op 2,50 meter
- Max. mastlengte : 60,0 meter

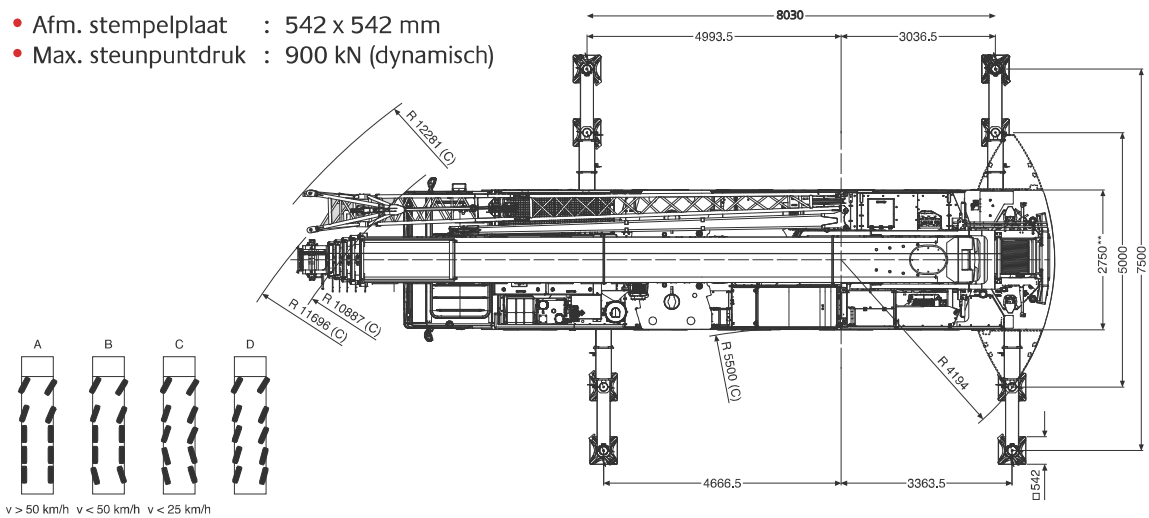


Hijstabel

	12.8 m*	12.8 m	17.1 m	21.4 m	25.8 m	30.1 m	34.4 m	38.7 m	43.0 m	47.4 m	51.7 m	56.0 m	60.0 m
2.5	140.0**												
3.0	108.3**	103.8**	90.0	90.0									
3.5	98.1	94.8	90.0	90.0	70.0								
4.0	89.2	87.3	87.2	86.8	70.0								
4.5	82.0	80.6	80.6	80.3	70.0	54.3							
5.0	75.1	74.9	74.8	74.3	70.0	51.3	44.0						
6.0	65.7	64.5	64.4	63.8	64.5	50.0	42.3	32.8					
7.0	58.3	55.7	56.0	55.8	55.6	49.3	38.4	32.8	27.1				
8.0	52.2	48.7	49.0	49.1	48.6	46.0	38.0	32.8	27.1	21.4			
9.0	46.9	43.1	43.4	43.5	42.9	43.1	35.5	30.3	27.1	21.4	16.6		
10.0	39.4	38.5	38.7	38.8	38.3	39.0	33.7	28.1	26.5	21.4	16.6	13.2	
11.0			34.1	34.1	34.8	34.4	31.8	26.2	24.7	21.4	16.6	13.2	10.6
12.0			29.6	29.7	30.4	29.9	30.1	24.5	23.1	21.3	16.6	13.2	10.6
14.0			23.3	23.2	23.8	24.9	24.3	21.6	20.4	19.2	16.6	13.2	10.6
16.0				19.9	20.5	20.3	19.7	19.1	18.2	17.4	15.8	13.2	10.6
18.0				17.2	17.0	16.4	15.9	16.4	15.7	14.5	12.8	10.6	10.6
20.0				17.1	14.7	14.4	13.9	14.5	13.9	13.6	13.5	12.0	10.5
22.0					12.7	12.4	12.6	12.4	11.9	11.8	11.9	11.2	9.7
24.0						10.8	11.2	10.8	10.6	10.6	10.3	10.4	9.0
26.0						9.5	9.8	9.5	9.7	9.3	9.4	9.3	8.2
28.0							8.8	8.3	8.6	8.2	8.6	8.1	7.5
30.0							7.8	7.4	7.6	7.3	7.6	7.1	6.9
32.0								6.5	6.8	6.7	6.7	6.2	6.2
34.0								5.8	6.2	6.2	5.9	5.5	5.5
36.0									5.8	5.5	5.2	4.8	4.8
38.0									5.3	4.9	4.6	4.2	4.2
40.0									4.8	4.4	4.1	3.7	3.7
42.0										4.0	3.7	3.2	3.2
44.0										3.6	3.2	2.8	2.8
46.0											2.9	2.4	2.4
48.0											2.6	2.1	2.1
50.0												1.8	1.8
52.0												1.4	1.5
54.0													1.2
56.0													1.0

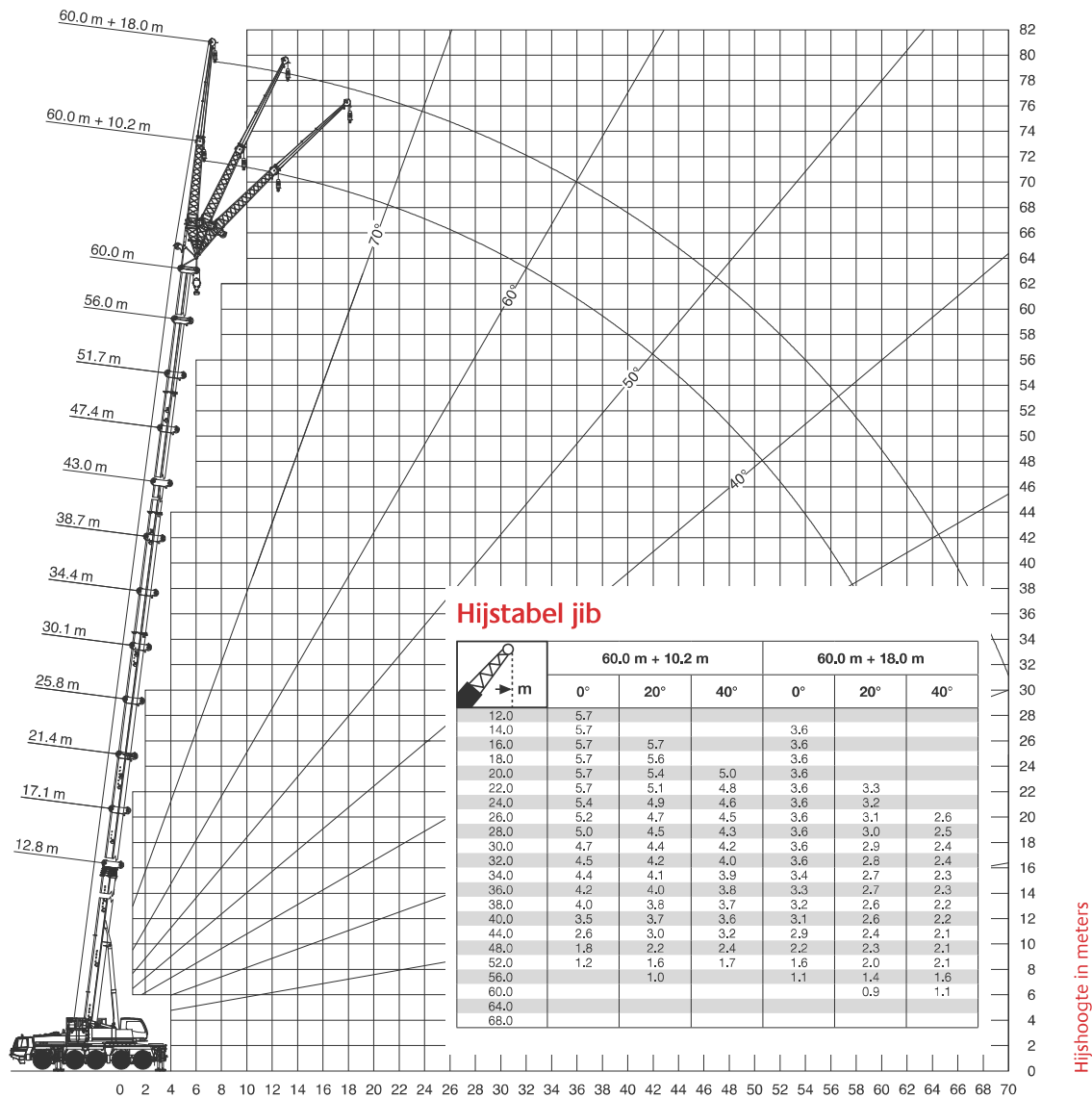


- Afm. stempelplaat : 542 x 542 mm
- Max. steunpuntdruk : 900 kN (dynamisch)



TK140

Hydraulische telescoopkraan



Vlucht in meters

Hijshoogte in meters



Zeker op het hoogste niveau

Arnhem	026-870 01 71	Neede	0545-29 12 29
Dedemsvaart	0523-23 22 25	Oldenzaal	0541-53 54 56
Deventer	0570-62 63 25	Twello	0571-27 33 32
Hardenberg	0523-26 14 48	Utrecht	030-870 00 03
Hoogeveen	0528-87 00 02	Bad Bentheim	+49 (0)211 240 91 41



TK140 Hydraulic

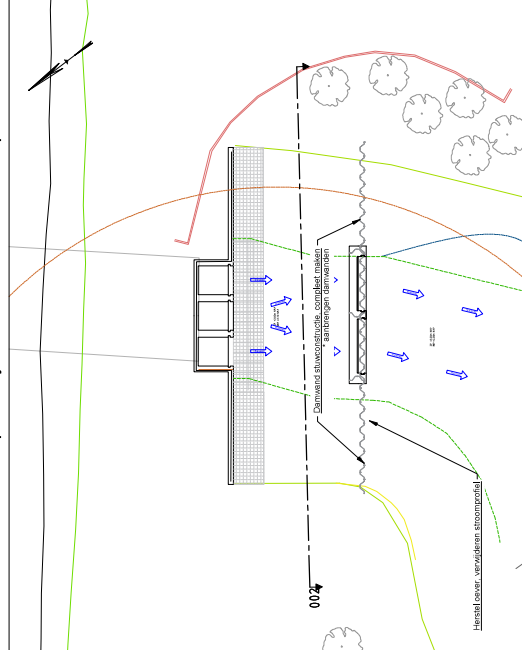
Hydraulische telescoopkraan

Correspondentieadres
Kampenstraat 16, 7575 EK Oldenzaal
E. info@kuiphuis.nl I. www.kuiphuis.nl

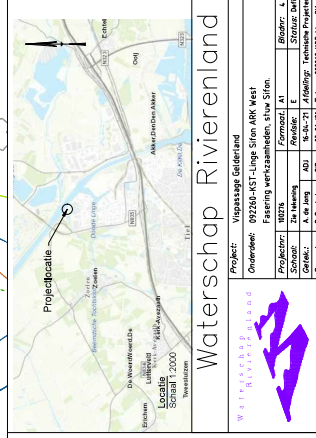
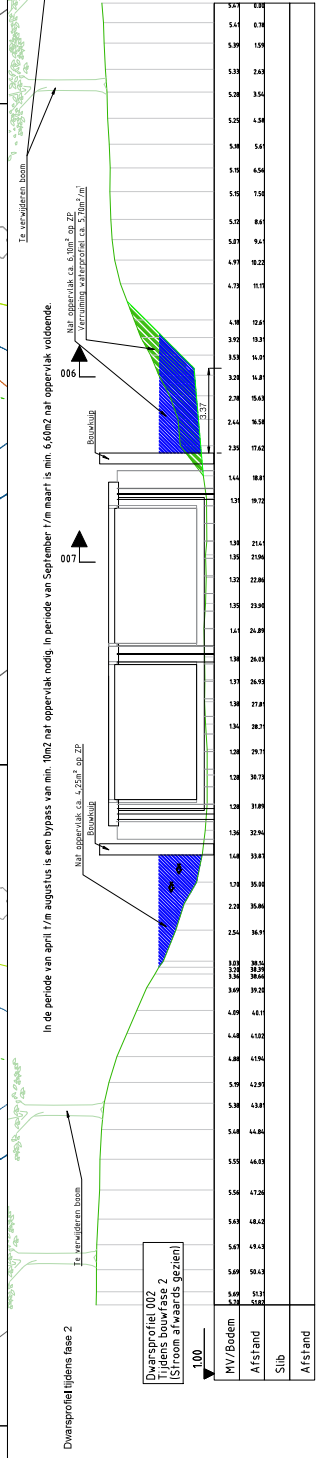
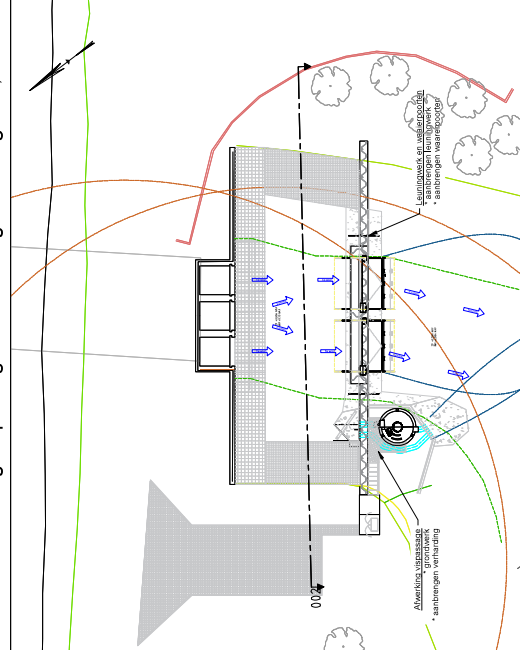


Bijlage 5 Fasering realisatie stuw

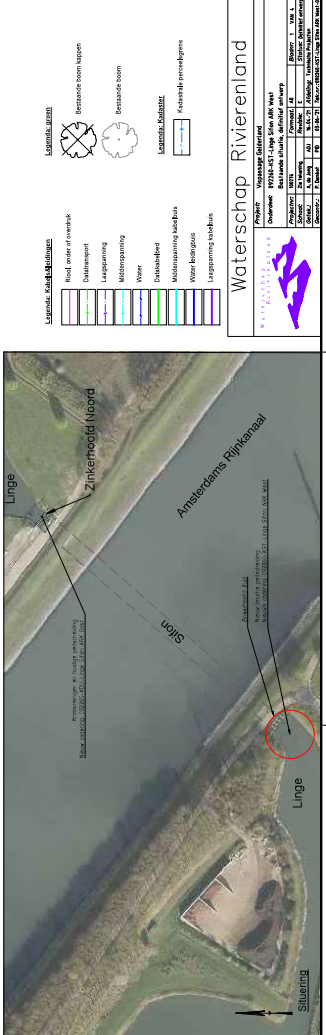
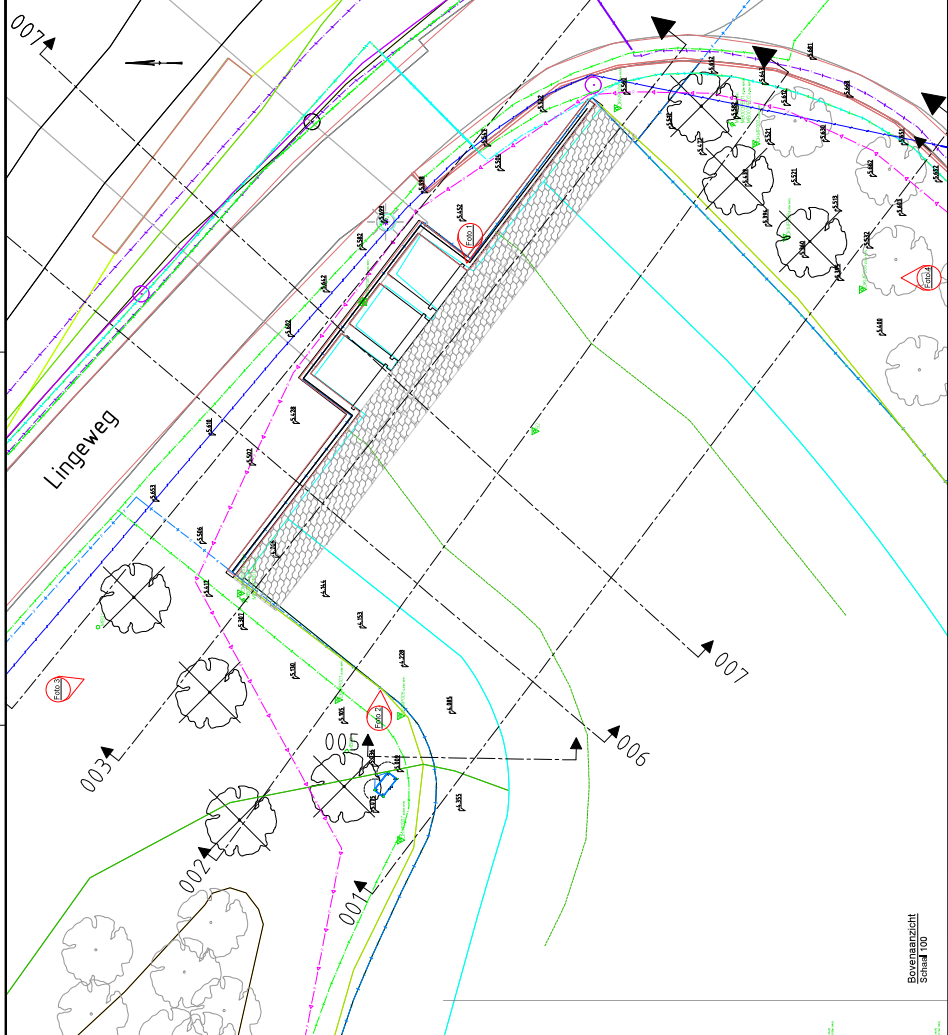
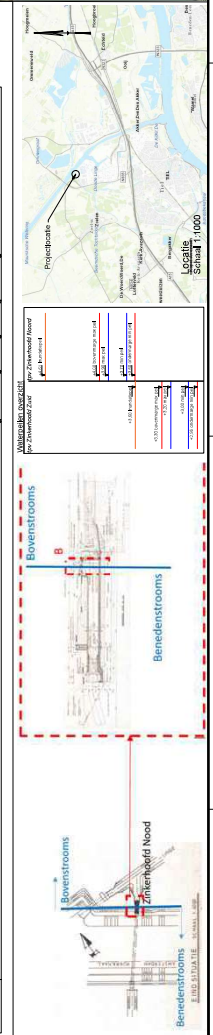
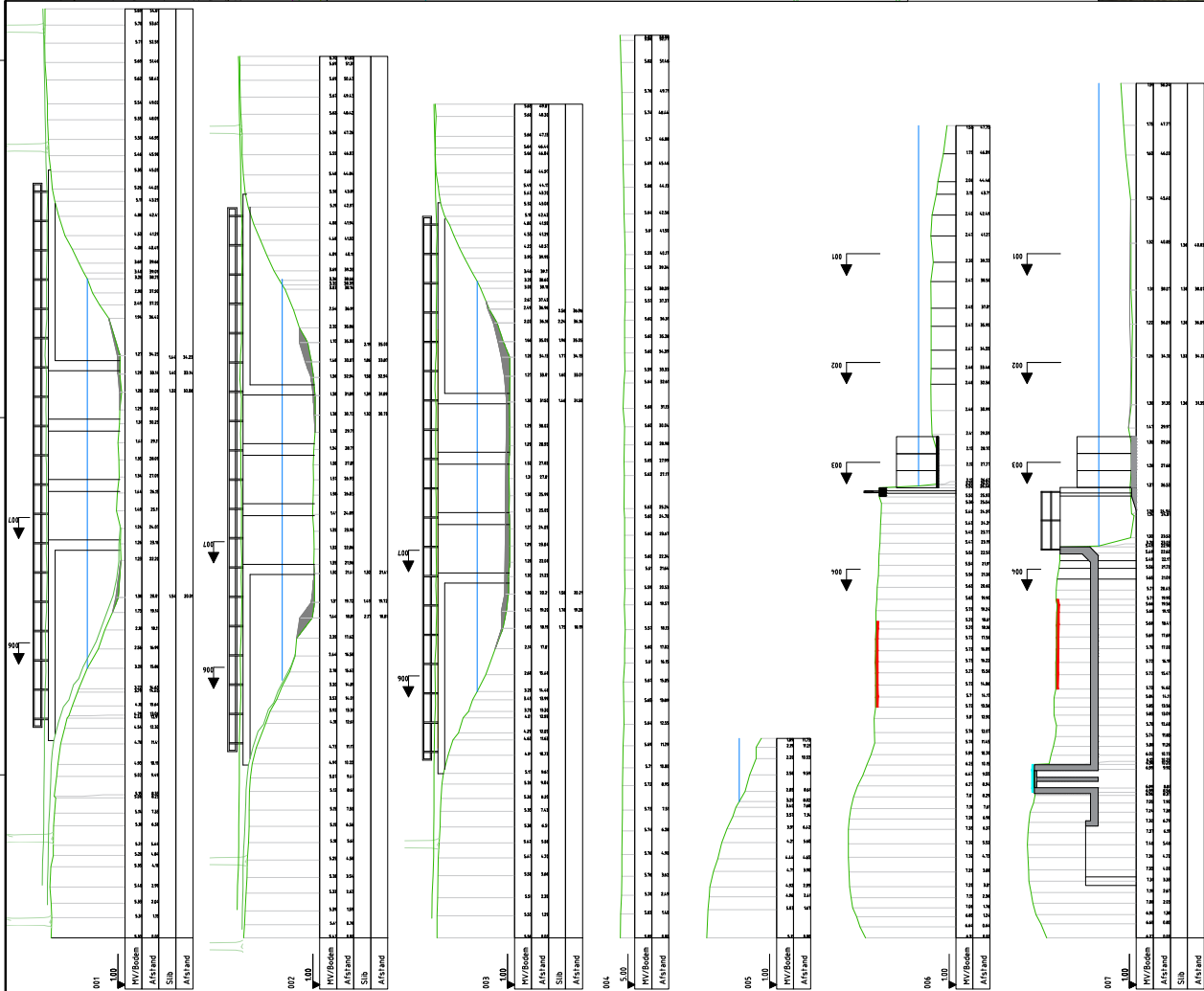
Fase 3: Damwandkuip verwijderen en damwand compleet maken



Fase 6: afwerking Vispassage en aanbrennen leuningwerk, enz.



Bijlage 6 DO-tekeningen



Legend

Symbol	Description
[Symbol]	Water level
[Symbol]	Structure height
[Symbol]	Ground level
[Symbol]	Water level
[Symbol]	Structure height
[Symbol]	Ground level

Legend

Symbol	Description
[Symbol]	Water level
[Symbol]	Structure height
[Symbol]	Ground level
[Symbol]	Water level
[Symbol]	Structure height
[Symbol]	Ground level

Legend

Symbol	Description
[Symbol]	Water level
[Symbol]	Structure height
[Symbol]	Ground level
[Symbol]	Water level
[Symbol]	Structure height
[Symbol]	Ground level

Legend

Symbol	Description
[Symbol]	Water level
[Symbol]	Structure height
[Symbol]	Ground level
[Symbol]	Water level
[Symbol]	Structure height
[Symbol]	Ground level

Legend

Symbol	Description
[Symbol]	Water level
[Symbol]	Structure height
[Symbol]	Ground level
[Symbol]	Water level
[Symbol]	Structure height
[Symbol]	Ground level

Legend

Symbol	Description
[Symbol]	Water level
[Symbol]	Structure height
[Symbol]	Ground level
[Symbol]	Water level
[Symbol]	Structure height
[Symbol]	Ground level

Legend

Symbol	Description
[Symbol]	Water level
[Symbol]	Structure height
[Symbol]	Ground level
[Symbol]	Water level
[Symbol]	Structure height
[Symbol]	Ground level

Legend

Symbol	Description
[Symbol]	Water level
[Symbol]	Structure height
[Symbol]	Ground level
[Symbol]	Water level
[Symbol]	Structure height
[Symbol]	Ground level

Legend

Symbol	Description
[Symbol]	Water level
[Symbol]	Structure height
[Symbol]	Ground level
[Symbol]	Water level
[Symbol]	Structure height
[Symbol]	Ground level

Legend

Symbol	Description
[Symbol]	Water level
[Symbol]	Structure height
[Symbol]	Ground level
[Symbol]	Water level
[Symbol]	Structure height
[Symbol]	Ground level

Legend

Symbol	Description
[Symbol]	Water level
[Symbol]	Structure height
[Symbol]	Ground level
[Symbol]	Water level
[Symbol]	Structure height
[Symbol]	Ground level

Legend

Symbol	Description
[Symbol]	Water level
[Symbol]	Structure height
[Symbol]	Ground level
[Symbol]	Water level
[Symbol]	Structure height
[Symbol]	Ground level

Legend

Symbol	Description
[Symbol]	Water level
[Symbol]	Structure height
[Symbol]	Ground level
[Symbol]	Water level
[Symbol]	Structure height
[Symbol]	Ground level

Legend

Symbol	Description
[Symbol]	Water level
[Symbol]	Structure height
[Symbol]	Ground level
[Symbol]	Water level
[Symbol]	Structure height
[Symbol]	Ground level

Legend

Symbol	Description
[Symbol]	Water level
[Symbol]	Structure height
[Symbol]	Ground level
[Symbol]	Water level
[Symbol]	Structure height
[Symbol]	Ground level

Legend

Symbol	Description
[Symbol]	Water level
[Symbol]	Structure height
[Symbol]	Ground level
[Symbol]	Water level
[Symbol]	Structure height
[Symbol]	Ground level

Legend

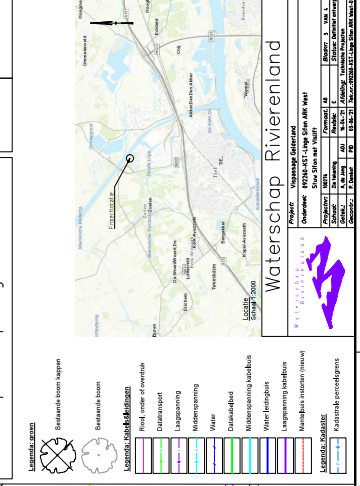
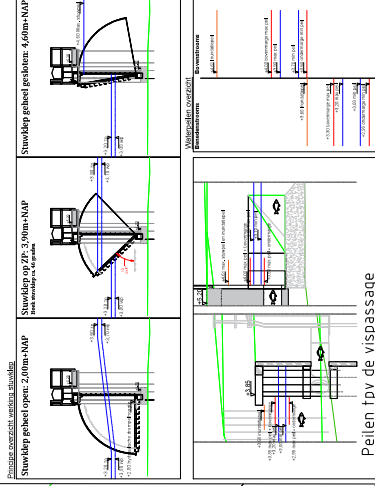
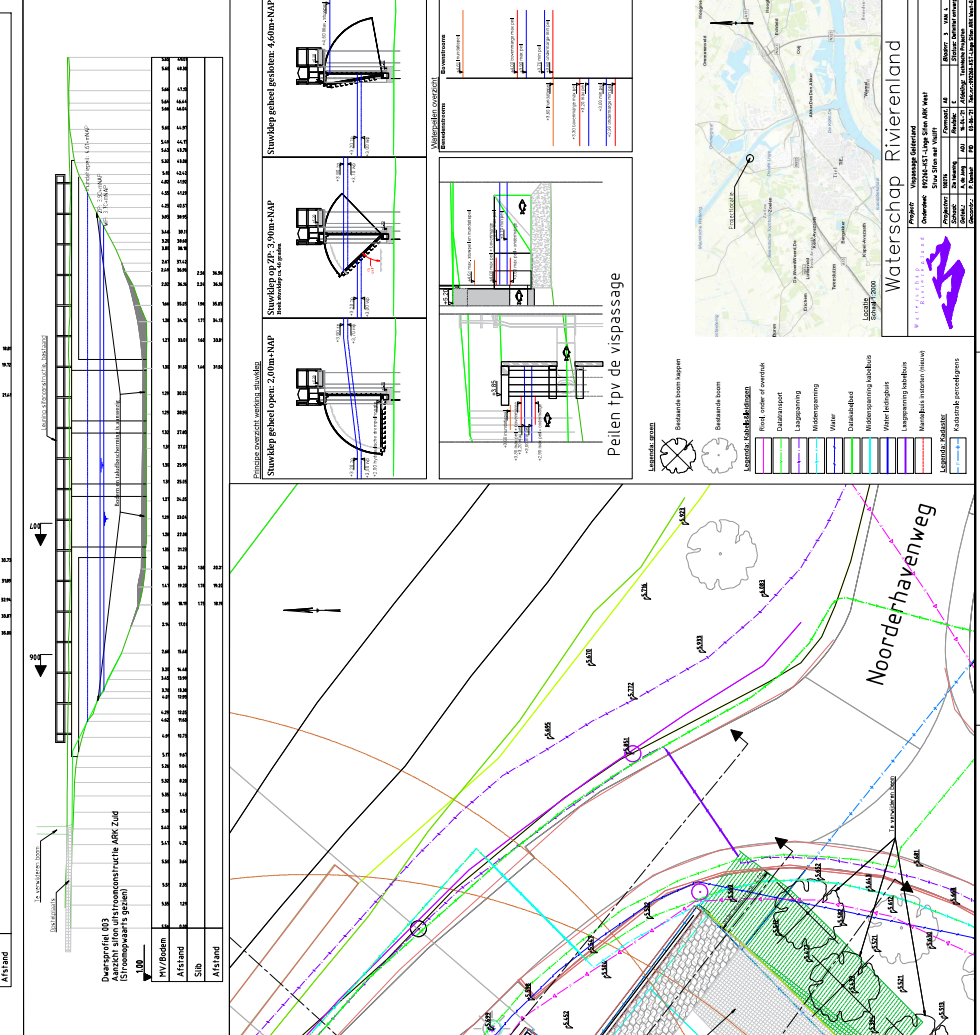
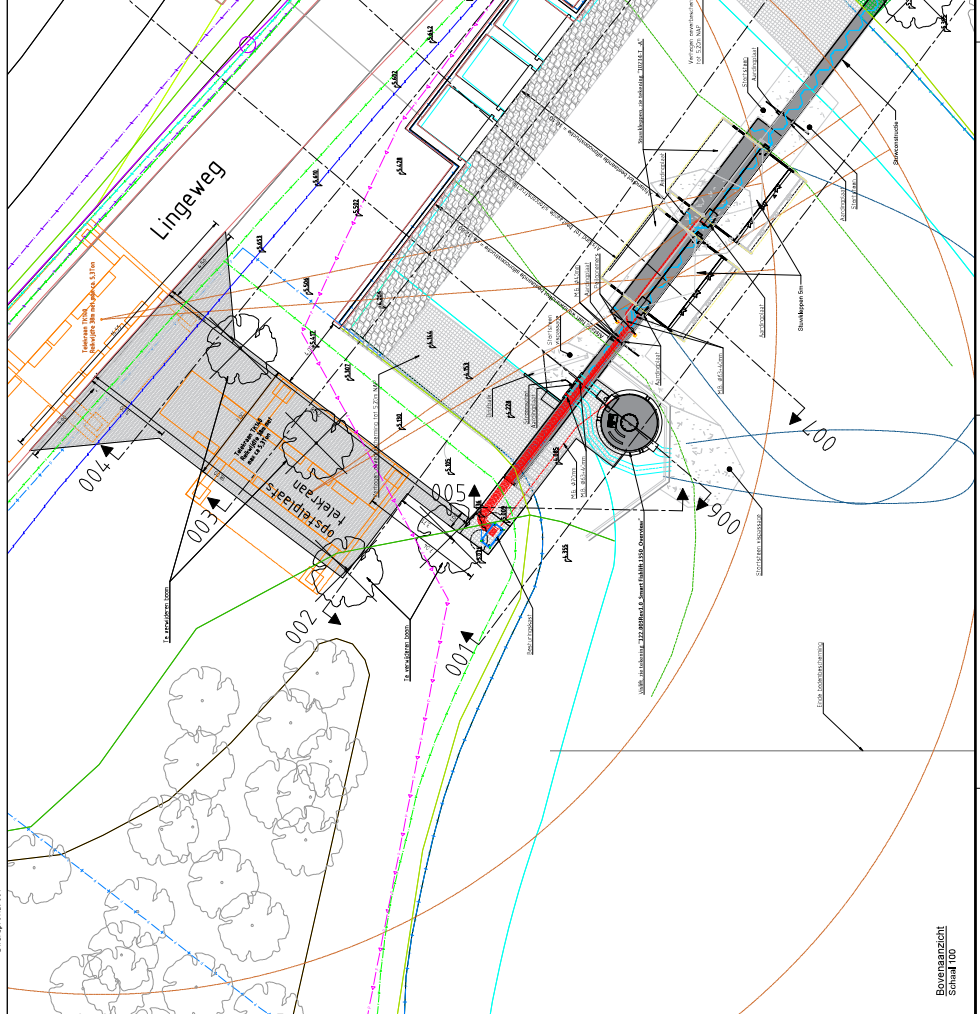
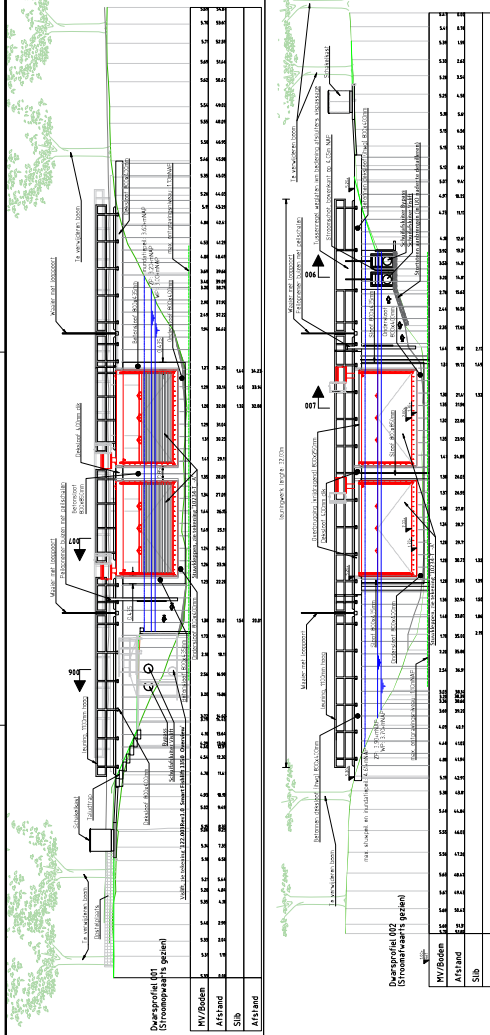
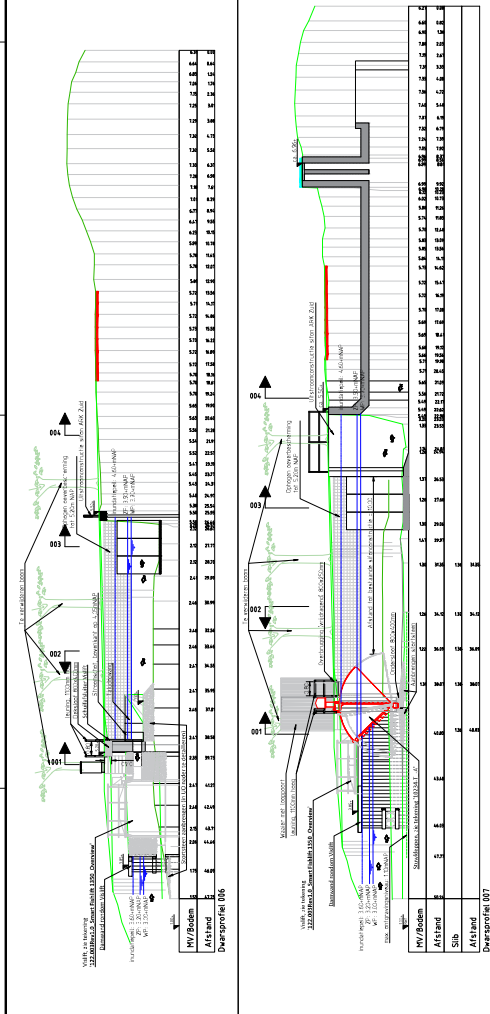
Symbol	Description
[Symbol]	Water level
[Symbol]	Structure height
[Symbol]	Ground level
[Symbol]	Water level
[Symbol]	Structure height
[Symbol]	Ground level

Legend

Symbol	Description
[Symbol]	Water level
[Symbol]	Structure height
[Symbol]	Ground level
[Symbol]	Water level
[Symbol]	Structure height
[Symbol]	Ground level

Legend

Symbol	Description
[Symbol]	Water level
[Symbol]	Structure height
[Symbol]	Ground level
[Symbol]	Water level
[Symbol]	Structure height
[Symbol]	Ground level



Bijlage 7 Scia-berekening bovenregel

1. Project

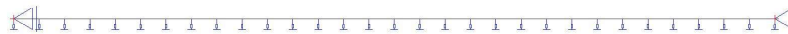
Licentienaam	Sweco AB
Project	Stuw Amsterdam-Rijnkanaal
Onderdeel	Bovenregel
Omschrijving	-
Auteur	R.M. van Poelgeest
Datum	04. 05. 2021
Constructie	Raamwerk XZ
Aantal knopen :	2
Aantal staven :	1
Aantal platen :	0
Aantal vaste lichamen :	0
Aantal gebruikte doorsneden :	1
Aantal belastingsgevallen :	2
Aantal gebruikte materialen :	1
Gravitatieversnelling [m/s ²]	9,810
Nationale norm	EC - EN
Project bestandspad	C:\Users\NLREMP\OneDrive - Sweco AB\Projecten \klepstuw \

2. Inhoudsopgave

1. Project	1
2. Inhoudsopgave	1
3. Invoer constructie	2
3.1. Rekenmodel	2
3.2. Knopen	2
3.3. Staven	2
3.4. Knoopondersteuning	2
4. Invoer belastingen	3
4.1. Belastinggevallen	3
4.2. Belastinggroepen	3
4.3. Combinaties	3
4.4. Resultaatklassen	3
5. Belastinggevallen	4
5.1. Belastinggevallen - BG1	4
5.1.1. Overzicht BG	4
5.1.2. Puntlast op knoop	4
5.2. Belastinggevallen - BG2	5
5.2.1. Overzicht BG	5
6. Resultaten	6
6.1. Interne 1D-krachten	6
6.2. Interne 1D-krachten; M _y	6
6.3. Interne 1D-krachten; V _z	7

3. Invoer constructie

3.1. Rekenmodel



3.2. Knopen

Naam	Coördinaat X [m]	Coördinaat Z [m]
K1	0,000	0,000
K2	10,500	0,000

3.3. Staven

Naam	Doorsnede	Materiaal	Lengte [m]	Beginknoop	Eindknoop	Type
S1	CS1 - Rechthoek (800; 400)	C30/37	10,500	K1	K2	Algemeen (0)

3.4. Knoopondersteuningen

Naam	Knoop	Systeem	Type	X Stijfheid X [MN/m]	Z Stijfheid Z [MN/m]	Ry
Sn1	K1	GCS	Standaard	Vast	Vrij	Vrij
Sn2	K2	GCS	Standaard	Vast	Vrij	Vrij

4. Invoer belastingen

4.1. Belastingsgevallen

Naam	Omschrijving	Actie type	Lastgroep	Duur	'Master' belastingsgeval
	Spec	Belastingtype			
BG1	Waterdruk	Permanent Standaard	LG1		
BG2	Variabel Standaard	Variabel Statisch	LG2	Kort	Geen

4.2. Belastinggroepen

Naam	Last	Relatie	Type
LG1	Permanent		
LG2	Variabel	Standaard	Cat A : Woning

4.3. Combinaties

Naam	Omschr.	Type	Belastingsgevallen	Coëff. [-]
UGT-Set B (automatisch)		EN-UGT (STR/GEO) Set B	BG1 - Waterdruk BG2 - Variabel	1,00 1,00
BGT-kar (automatisch)		EN - BGT Karakteristiek	BG1 - Waterdruk BG2 - Variabel	1,00 1,00
BGT-quasi (automatisch)		EN-BGT Quasi-permanent	BG1 - Waterdruk BG2 - Variabel	1,00 1,00
UGT1		Omhuillende - uiterst	BG1 - Waterdruk BG2 - Variabel	1,20 1,20
UGT2		Omhuillende - uiterst	BG1 - Waterdruk BG2 - Variabel	0,90 0,00
BGT1		Omhuillende - bruikbaarheid	BG1 - Waterdruk BG2 - Variabel	1,00 1,00

4.4. Resultaatklassen

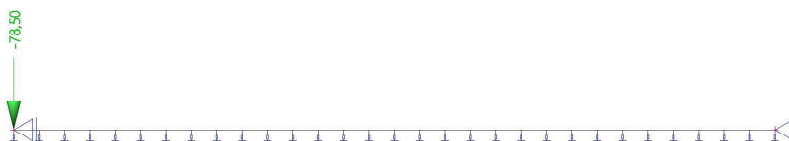
Naam	Lijst
Alle UGT	UGT1 - Omhuillende - uiterst UGT2 - Omhuillende - uiterst
Alle BGT	BGT1 - Omhuillende - bruikbaarheid
Alle UGT+BGT	UGT-Set B (automatisch) - EN-UGT (STR/GEO) Set B UGT1 - Omhuillende - uiterst UGT2 - Omhuillende - uiterst BGT-kar (automatisch) - EN - BGT Karakteristiek BGT-quasi (automatisch) - EN-BGT Quasi-permanent BGT1 - Omhuillende - bruikbaarheid

5. Belastingsgevallen

5.1. Belastingsgevallen - BG1

Naam	Omschrijving Spec	Actie type Belastingtype	Lastgroep
BG1	Waterdruk	Permanent Standaard	LG1

5.1.1. Overzicht BG



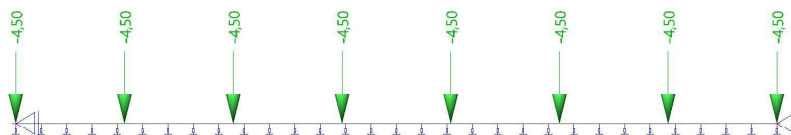
5.1.2. Puntlast op knoop

Naam	Knoop	Belastingsgeval	Systeem	Rich	Type	Waarde - F [kN]
Puntlast1	K1	BG1 - Waterdruk	GCS	Z	Kracht	-78,50

5.2. Belastingsgevallen - BG2

Naam	Omschrijving	Actie type	Lastgroep	Duur	'Master' belastingsgeval
	Spec	Belastingtype			
BG2	Variabel	Variabel	LG2	Kort	Geen
	Standaard	Statisch			

5.2.1. Overzicht BG



6. Resultaten

6.1. Interne 1D-krachten

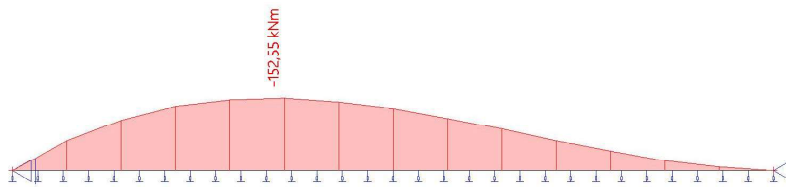
Lineaire berekening
Klasse: Alle UGT
Assenstelsel: Staaf
Extreme 1D: Globaal
Selectie: Alle

Naam	dx [m]	Belasting	N [kN]	V _z [kN]	M _y [kNm]
S1	0,000	UGT1/1	0,00	-84,62	0,00
S1	6,750+	UGT1/1	0,00	33,23	-88,38
S1	3,750-	UGT1/1	0,00	-4,70	-152,55

Naam	Combinatiesleutel
UGT1/1	1.20*BG1 + 1.20*BG2

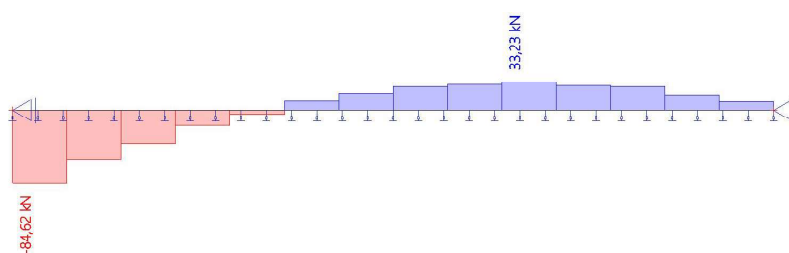
6.2. Interne 1D-krachten; M_y

Waardes: **M_y**
Lineaire berekening
Klasse: Alle UGT
Assenstelsel: Staaf
Extreme 1D: Globaal
Selectie: Alle



6.3. Interne 1D-krachten; V_z

Waardes: V_z
Lineaire berekening
Klasse: Alle UGT
Assenstelsel: Staaf
Extreme 1D: Globaal
Selectie: Alle



Bijlage 8 Wapeningsberekeningen

Project : Vispassage stuw ARK
 Onderdeel : Bovenregel
 Datum : 02/03/2021
 Eenheden : kN/m/rad
 Bestand : P:\530\376907_Vispassage_sifon_ARK\2. Do
 Work\03_Berekeningen\03
 Constructief\Wapeningsberekeningen\wapening
 bovenregel.cnw

Toegepaste normen volgens Eurocode met Nederlandse NB

Belastingen	NEN-EN 1990:2002	C2:2010	NB:2011 (nl)
	NEN-EN 1991-1-1:2002	C1:2009	NB:2011 (nl)
Beton	NEN-EN 1992-1-1:2011 (nl)	C2/A1:2015 (nl)	NB:2016 (nl)

Controle hoofdwapening. (B)

GEOMETRIE

Elementtype : Balk
 Betonkwaliteit : C30/37
 Soort spanningsrekdiagram : Parabolisch - rechthoekig diagram
 Doorsnede vorm : Rechthoek
 Afmetingen : b=400 h=800
 Scheurvorming volgens art : 7.3.4
 Referentieperiode : 50 jaar



WAPENING

Staalkwaliteit : B500B
 Soort spanningsrekdiagram : Bi-lineair diagram met klimmende tak
 Beugeldiameter : 12
 Toevallige inklemming : nee

	Boven	Onder
Toegepaste wapening :	3*25	3*25
Breedte stort sleuf :	50	

	Boven	Onder
Betondekking		
Milieu :	XD3 (XF2)	XD3 (XF2)
Gestort tegen bestaand beton :	Nee	Nee
Element met plaatgeometrie :	Nee	Nee
Specifieke kwaliteitsbeheersing :	Nee	Nee
Oneffen beton oppervlak :	Nee	Nee
Ondergrond :	Glad / N.v.t.	Glad / N.v.t.
Constructieklasse :	S4	S4
Grootste korrel :	31.5	

Project : Vispassage stuw ARK
 Onderdeel : Bovenregel
 Datum : 02/03/2021
 Eenheden : kN/m/rad

Betondekking Boven Onder

Hoofdwapening	:			2de laag				2de laag
Nominale dekking	:			45				45
Toegepaste dekking	:			57				57
Gelijkwaardige diameter	:			25				25
$C_{min,b}$ $C_{min,dur}$ ΔC_{dur}	:	25	40	0		25	40	0
C_{min} ΔC_{dev} C_{nom}	:	40	5	45		40	5	45
Beugel / Verdeelwapening	:			1ste laag				1ste laag
Nominale dekking	:			45				45
Toegepaste dekking	:			45				45
Gelijkwaardige diameter	:			12				12
$C_{min,b}$ $C_{min,dur}$ ΔC_{dur}	:	12	40	0		12	40	0
C_{min} ΔC_{dev} C_{nom}	:	40	5	45		40	5	45

BELASTING**RESULTATEN**

Nr					Sterkte		Scheurvorming		Opm.
	N_{Ed} [kN]	M_{Ed} [kNm]	$N_{E,freq}$ [kN]	$M_{E,freq}$ [kNm]	M_{Rd} [kNm]	M_{Rd} [kNm]	$M_{R,freq}$ [kNm]	$M_{R,freq}$ [kNm]	
1	0.0	153.0	0.0	127.0	460.4	-460.4	162.8	-162.8	

Project : Vispassage stuw ARK
 Onderdeel : Bovenregel
 Datum : 02/03/2021
 Eenheden : kN/m/rad
 Bestand : P:\530\376907_Vispassage_sifon_ARK\2. Do
 Work\03_Berekeningen\03
 Constructief\Wapeningsberekeningen\wapening
 bovenregel.cnw

Toegepaste normen volgens Eurocode met Nederlandse NB

Belastingen	NEN-EN 1990:2002	C2:2010	NB:2011(nl)
	NEN-EN 1991-1-1:2002	C1:2009	NB:2011(nl)
Beton	NEN-EN 1992-1-1:2011(nl)	C2/A1:2015(nl)	NB:2016(nl)

Dwarskracht en wringing. (B)

GEOMETRIE

Elementtype : Balk
 Betonkwaliteit : C30/37
 Soort spanningsrekdiagram : Parabolisch - rechthoekig diagram
 Doorsnede vorm : Rechthoek
 Afmetingen : b=400 h=800
 Referentieperiode : 50 jaar



WAPENING

Staalkwaliteit	: B500B		
Soort spanningsrekdiagram	: Bi-lineair diagram met klimmende tak		
Toevallige inklemming	: nee		
		Boven	Onder
Toegepaste wapening	:	2*12+3*25	2*12+3*25
Breedte stort sleuf	:	0	
		Links	Rechts
Toegepaste wapening	:	2*12	2*12

Betondekking

		Boven	Onder
Milieu	:	XD3	XD3
Gestort tegen bestaand beton	:	Nee	Nee
Element met plaatgeometrie	:	Nee	Nee
Specifieke kwaliteitsbeheersing	:	Nee	Nee
Oneffen beton oppervlak	:	Nee	Nee
Ondergrond	:	Glad / N.v.t.	Glad / N.v.t.
Constructieklasse	:	S4	S4
Grootste korrel	:	31.5	

Project : Vispassage stuw ARK
 Onderdeel : Bovenregel
 Datum : 02/03/2021
 Eenheden : kN/m/rad

Betondekking Boven Onder

Hoofdwapening	:		2de laag		2de laag
Nominale dekking	:		45		45
Toegepaste dekking	:		57		57
Gelijkwaardige diameter	:		25		25
$C_{min,b}$ $C_{min,dur}$ ΔC_{dur}	:	25	40	0	25 40 0
C_{min} ΔC_{dev} C_{nom}	:	40	5	45	40 5 45

Beugel / Verdeelwapening	:		1ste laag		1ste laag
Nominale dekking	:		45		45
Toegepaste dekking	:		45		45
Gelijkwaardige diameter	:		12		12
$C_{min,b}$ $C_{min,dur}$ ΔC_{dur}	:	12	40	0	12 40 0
C_{min} ΔC_{dev} C_{nom}	:	40	5	45	40 5 45

Betondekking Links Rechts

Milieu	:		XD3		XD3
Gestort tegen bestaand beton	:		Nee		Nee
Element met plaatgeometrie	:		Nee		Nee
Specifieke kwaliteitsbeheersing	:		Nee		Nee
Oneffen beton oppervlak	:		Nee		Nee
Ondergrond	:		Glad / N.v.t.		Glad / N.v.t.
Constructieklasse	:		S4		S4
Grootste korrel	:		31.5		

Hoofdwapening	:		2de laag		2de laag
Nominale dekking	:		45		45
Toegepaste dekking	:		57		57
Gelijkwaardige diameter	:		12		12
$C_{min,b}$ $C_{min,dur}$ ΔC_{dur}	:	12	40	0	12 40 0
C_{min} ΔC_{dev} C_{nom}	:	40	5	45	40 5 45

Beugel / Verdeelwapening	:		1ste laag		1ste laag
Nominale dekking	:		45		45
Toegepaste dekking	:		45		45
Gelijkwaardige diameter	:		12		12
$C_{min,b}$ $C_{min,dur}$ ΔC_{dur}	:	12	40	0	12 40 0
C_{min} ΔC_{dev} C_{nom}	:	40	5	45	40 5 45

Minimale beugelafstand	:	50	Theta [graden]	:	45.0
Uitg.p. inw.hefboomsarm z	:	MRd			

BELASTING

NEd	[kN]:	0.0	MEd	[kNm]:	52.2
VEd	[kN]:	10.8	TEd	[kNm]:	5.0
			Veiligheidsklasse	:	2
Q-permanent	[kN/m]:	7.7	Gamma-permanent	:	1.20
Q-veranderlijk	[kN/m]:	5.0	Gamma-veranderlijk	:	1.50
L	[m]:	5.0	X	[m]:	0.0

Project : Vispassage stuw ARK
 Onderdeel : Bovenregel
 Datum : 02/03/2021
 Eenheden : kN/m/rad

RESULTATEN

Beugeldiameter	[mm]:	12	z	[mm]	:	612.83
Trekzijde	:	Boven	Wapeningsverhouding	:	0.00581	
Dwarskracht			Wringing			
$V_{Rd,max}$	[kN]:	1294.30	$T_{Rd,max}$	[kNm]	:	252.40
V_{Ed}	[kN]:	10.80	T_{Ed}	[kNm]	:	5.00
$V_{Rd,c}$	[kN]:	138.60	$T_{Rd,c}$	[kNm]	:	64.61
A-opg	[mm ² /m]:	0.00	A-langs	[mm ²]	:	0.00
A-bgl	[mm ² /m]:	0.00	A-bgl	[mm ² /m]	:	0.00
H.o.h. afstand	[mm]:	200.0	Aant. beugelsneden/drsn:			4
V_{Ed}	[kN]:	10.8	V_{Rd}	[kN]	:	602.7
T_{Ed}	[kNm]:	5.0	T_{Rd}	[kNm]	:	85.6
M_{Ed}	[kNm]:	52.2	M_{Rd}	[kNm]	:	590.8

Opmerkingen

[8] * = Eisen met betrekking tot minimum wapening zijn toegepast, zie art. 9.2.1.1(1)

Project : Vispassage stuw ARK
 Onderdeel : Overbrugging
 Datum : 02/03/2021
 Eenheden : kN/m/rad
 Bestand : P:\530\376907_Vispassage_sifon_ARK\2. Do
 Work\03_Berekeningen\03
 Constructief\Wapeningsberekeningen\wapening
 overbrugging stuw.cnw

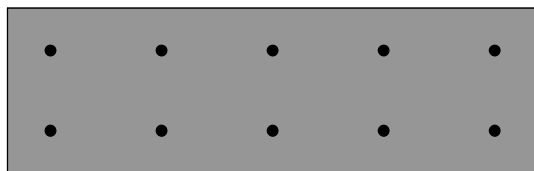
Toegepaste normen volgens Eurocode met Nederlandse NB

Belastingen	NEN-EN 1990:2002	C2:2010	NB:2011 (nl)
	NEN-EN 1991-1-1:2002	C1:2009	NB:2011 (nl)
Beton	NEN-EN 1992-1-1:2011 (nl)	C2/A1:2015 (nl)	NB:2016 (nl)

Controle hoofdwapening. (B)

GEOMETRIE

Elementtype : Balk
 Betonkwaliteit : C30/37
 Soort spanningsrekdiagram : Parabolisch - rechthoekig diagram
 Doorsnede vorm : Rechthoek
 Afmetingen : b=800 h=250
 Scheurvorming volgens art : 7.3.4
 Referentieperiode : 50 jaar



WAPENING

Staalkwaliteit : B500B
 Soort spanningsrekdiagram : Bi-lineair diagram met klimmende tak
 Beugeldiameter : 12
 Toevallige inklemming : nee

Toegepaste wapening	:	Boven 5*16	Onder 5*16
Breedte stort sleuf	:	50	

Betondekking		Boven	Onder
Milieu	:	XD3 (XF2)	XD3 (XF2)
Gestort tegen bestaand beton	:	Nee	Nee
Element met plaatgeometrie	:	Nee	Nee
Specifieke kwaliteitsbeheersing	:	Nee	Nee
Oneffen beton oppervlak	:	Nee	Nee
Ondergrond	:	Glad / N.v.t.	Glad / N.v.t.
Constructieklasse	:	S4	S4
Grootste korrel	:	31.5	

Project : Vispassage stuw ARK
 Onderdeel : Overbrugging
 Datum : 02/03/2021
 Eenheden : kN/m/rad

Betondekking Boven Onder

Hoofdwapening	:	2de laag			2de laag		
Nominale dekking	:	45			45		
Toegepaste dekking	:	57			57		
Gelijkwaardige diameter	:	16			16		
$C_{min,b}$ $C_{min,dur}$ ΔC_{dur}	:	16	40	0	16	40	0
C_{min} ΔC_{dev} C_{nom}	:	40	5	45	40	5	45

Beugel / Verdeelwapening	:	1ste laag			1ste laag		
Nominale dekking	:	45			45		
Toegepaste dekking	:	45			45		
Gelijkwaardige diameter	:	12			12		
$C_{min,b}$ $C_{min,dur}$ ΔC_{dur}	:	12	40	0	12	40	0
C_{min} ΔC_{dev} C_{nom}	:	40	5	45	40	5	45

BELASTING**RESULTATEN**

Nr	Sterkte		Scheurvorming		Opm.
	N_{Ed} [kN]	M_{Ed} [kNm]	M_{Rd} [kNm]	$M_{R,freq}$ [kNm]	
1	0.0	33.8	81.8	-32.8	

Project : Vispassage stuw ARK
 Onderdeel : Overbrugging
 Datum : 02/03/2021
 Eenheden : kN/m/rad
 Bestand : P:\530\376907_Vispassage_sifon_ARK\2. Do
 Work\03_Berekeningen\03
 Constructief\Wapeningsberekeningen\wapening
 overbrugging stuw.cnw

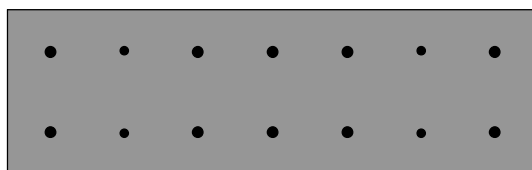
Toegepaste normen volgens Eurocode met Nederlandse NB

Belastingen	NEN-EN 1990:2002	C2:2010	NB:2011(nl)
	NEN-EN 1991-1-1:2002	C1:2009	NB:2011(nl)
Beton	NEN-EN 1992-1-1:2011(nl)	C2/A1:2015(nl)	NB:2016(nl)

Dwarskracht en wringing. (B)

GEOMETRIE

Elementtype : Balk
 Betonkwaliteit : C30/37
 Soort spanningsrekdiagram : Parabolisch - rechthoekig diagram
 Doorsnede vorm : Rechthoek
 Afmetingen : b=800 h=250
 Referentieperiode : 50 jaar



WAPENING

Staalkwaliteit : B500B
 Soort spanningsrekdiagram : Bi-lineair diagram met klimmende tak
 Toevallige inklemming : nee

	Boven	Onder
Toegepaste wapening :	2*12+5*16	2*12+5*16
Breedte stortstleuf :	50	

Betondekking	Boven	Onder
Milieu :	XD3	XD3
Gestort tegen bestaand beton :	Nee	Nee
Element met plaatgeometrie :	Nee	Nee
Specifieke kwaliteitsbeheersing :	Nee	Nee
Oneffen beton oppervlak :	Nee	Nee
Ondergrond :	Glad / N.v.t.	Glad / N.v.t.
Constructieklasse :	S4	S4
Grootste korrel :	31.5	

Hoofdwapening :	2de laag	2de laag
Nominale dekking :	45	45
Toegepaste dekking :	57	57
Gelijkwaardige diameter :	16	16
C _{min,b} C _{min,dur} ΔC _{dur} :	16 40 0	16 40 0
C _{min} ΔC _{dev} C _{nom} :	40 5 45	40 5 45

Project : Vispassage stuw ARK
 Onderdeel : Overbrugging
 Datum : 02/03/2021
 Eenheden : kN/m/rad

Betondekking Boven Onder

Beugel / Verdeelwapening	:	1ste laag	1ste laag
Nominale dekking	:	45	45
Toegepaste dekking	:	45	45
Gelijkwaardige diameter	:	12	12
$C_{min,b}$ $C_{min,dur}$ ΔC_{dur}	:	12 40 0	12 40 0
C_{min} ΔC_{dev} C_{nom}	:	40 5 45	40 5 45

Minimale beugelafstand : 50 Theta [graden] : 45.0
 Uitg.p. inw.hefboomsarm z : MRd

BELASTING

NEd	[kN]:	0.0	MEd	[kNm]:	33.8
VEd	[kN]:	27.0	TEd	[kNm]:	6.0
			Veiligheidsklasse	:	2
Q-permanent	[kN/m]:	7.7	Gamma-permanent	:	1.20
Q-veranderlijk	[kN/m]:	5.0	Gamma-veranderlijk	:	1.50
L	[m]:	5.0	X	[m]:	0.0

RESULTATEN

Beugeldiameter	[mm]:	12	z	[mm]	: 134.82
Trekzijde	:	Boven	Wapeningsverhouding	:	0.00830
Dwarskracht			Wringing		
$V_{Rd,max}$	[kN]:	569.48	$T_{Rd,max}$	[kNm]:	111.38
V_{Ed}	[kN]:	27.00	T_{Ed}	[kNm]:	6.00
$V_{Rd,c}$	[kN]:	103.95	$T_{RD,c}$	[kNm]:	28.51
A-opg	[mm ² /m]:	0.00	A-langs	[mm ²]:	0.00
A-bgl	[mm ² /m]:	0.00	A-bgl	[mm ² /m]:	0.00
H.o.h. afstand	[mm]:	200.0	Aant. beugelsneden/drsn:		4
V_{Ed}	[kN]:	27.0	V_{Rd}	[kN]:	132.6
T_{Ed}	[kNm]:	6.0	T_{Rd}	[kNm]:	41.5
M_{Ed}	[kNm]:	33.8	M_{Rd}	[kNm]:	94.9

Project : Vispassage stue ARK
 Onderdeel : Verticale sponning
 Datum : 02/03/2021
 Eenheden : kN/m/rad
 Bestand : P:\530\376907_Vispassage_sifon_ARK\2. Do
 Work\03_Berekeningen\03
 Constructief\Wapeningsberekeningen\wapening zijkant
 sponning.cnw

Toegepaste normen volgens Eurocode met Nederlandse NB

Belastingen	NEN-EN 1990:2002	C2:2010	NB:2011(nl)
	NEN-EN 1991-1-1:2002	C1:2009	NB:2011(nl)
Beton	NEN-EN 1992-1-1:2011(nl)	C2/A1:2015(nl)	NB:2016(nl)

Controle hoofdwapening. (B)

GEOMETRIE

Elementtype : Balk
 Betonkwaliteit : C30/37
 Soort spanningsrekdiagram : Parabolisch - rechthoekig diagram
 Doorsnede vorm : Rechthoek
 Afmetingen : b=435 h=800
 Scheurvorming volgens art : 7.3.4
 Referentieperiode : 50 jaar



WAPENING

Staalkwaliteit : B500B
 Soort spanningsrekdiagram : Bi-lineair diagram met klimmende tak
 Beugeldiameter : 12
 Toevallige inklemming : nee

	Boven	Onder
Toegepaste wapening :	6*20	6*20
Breedte stort sleuf :	50	

Betondekking		Boven	Onder
Milieu :		XD3 (XF2)	XD3 (XF2)
Gestort tegen bestaand beton :		Nee	Nee
Element met plaatgeometrie :		Nee	Nee
Specifieke kwaliteitsbeheersing :		Nee	Nee
Oneffen beton oppervlak :		Nee	Nee
Ondergrond :	Glad / N.v.t.	Glad / N.v.t.	
Constructieklasse :	S4	S4	
Grootste korrel :	31.5		

Project : Vispassage stue ARK
 Onderdeel : Verticale sponning
 Datum : 02/03/2021
 Eenheden : kN/m/rad

Betondekking Boven Onder

Hoofdwapening	:		2de laag		2de laag
Nominale dekking	:		45		45
Toegepaste dekking	:		57		57
Gelijkwaardige diameter	:		20		20
$C_{min,b}$ $C_{min,dur}$ ΔC_{dur}	:	20	40	0	20 40 0
C_{min} ΔC_{dev} C_{nom}	:	40	5	45	40 5 45
Beugel / Verdeelwapening	:		1ste laag		1ste laag
Nominale dekking	:		45		45
Toegepaste dekking	:		45		45
Gelijkwaardige diameter	:		12		12
$C_{min,b}$ $C_{min,dur}$ ΔC_{dur}	:	12	40	0	12 40 0
C_{min} ΔC_{dev} C_{nom}	:	40	5	45	40 5 45

BELASTING

RESULTATEN

Nr	Sterkte				Scheurvorming		Opm.	
	N_{Ed} [kN]	M_{Ed} [kNm]	$N_{E,freq}$ [kN]	$M_{E,freq}$ [kNm]	M_{Rd} [kNm]	M_{Rd} [kNm]		
1	0.0	263.6	0.0	219.7	587.6	-587.6	223.4	-223.4

Project : Vispassage stue ARK
 Onderdeel : Verticale sponning
 Datum : 02/03/2021
 Eenheden : kN/m/rad
 Bestand : P:\530\376907_Vispassage_sifon_ARK\2. Do
 Work\03_Berekeningen\03
 Constructief\Wapeningsberekeningen\wapening zijkant
 sponning.cnw

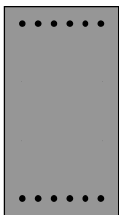
Toegepaste normen volgens Eurocode met Nederlandse NB

Belastingen	NEN-EN 1990:2002	C2:2010	NB:2011(nl)
	NEN-EN 1991-1-1:2002	C1:2009	NB:2011(nl)
Beton	NEN-EN 1992-1-1:2011(nl)	C2/A1:2015(nl)	NB:2016(nl)

Dwarskracht en wringing. (B)

GEOMETRIE

Elementtype : Balk
 Betonkwaliteit : C30/37
 Soort spanningsrekdiagram : Parabolisch - rechthoekig diagram
 Doorsnede vorm : Rechthoek
 Afmetingen : b=435 h=800
 Referentieperiode : 50 jaar



WAPENING

Staalkwaliteit	: B500B		
Soort spanningsrekdiagram	: Bi-lineair diagram met klimmende tak		
Toevallige inklemming	: nee		
Toegepaste wapening	:	Boven 6*20	Onder 6*20
Breedte stort sleuf	:	50	
Toegepaste wapening	:	Links 2*12	Rechts 2*12

Betondekking		Boven	Onder
Milieu	:	XD3	XD3
Gestort tegen bestaand beton	:	Nee	Nee
Element met plaatgeometrie	:	Nee	Nee
Specifieke kwaliteitsbeheersing	:	Nee	Nee
Oneffen beton oppervlak	:	Nee	Nee
Ondergrond	:	Glad / N.v.t.	Glad / N.v.t.
Constructieklasse	:	S4	S4
Grootste korrel	:	31.5	

Project : Vispassage stue ARK
 Onderdeel : Verticale sponning
 Datum : 02/03/2021
 Eenheden : kN/m/rad

Betondekking Boven Onder

Hoofdwapening	:		2de laag		2de laag
Nominale dekking	:		45		45
Toegepaste dekking	:		57		57
Gelijkwaardige diameter	:		20		20
$C_{min,b}$ $C_{min,dur}$ ΔC_{dur}	:	20	40	0	20 40 0
C_{min} ΔC_{dev} C_{nom}	:	40	5	45	40 5 45

Beugel / Verdeelwapening	:		1ste laag		1ste laag
Nominale dekking	:		45		45
Toegepaste dekking	:		45		45
Gelijkwaardige diameter	:		12		12
$C_{min,b}$ $C_{min,dur}$ ΔC_{dur}	:	12	40	0	12 40 0
C_{min} ΔC_{dev} C_{nom}	:	40	5	45	40 5 45

Betondekking Links Rechts

Milieu	:		XD3		XD3
Gestort tegen bestaand beton	:		Nee		Nee
Element met plaatgeometrie	:		Nee		Nee
Specifieke kwaliteitsbeheersing	:		Nee		Nee
Oneffen beton oppervlak	:		Nee		Nee
Ondergrond	:		Glad / N.v.t.		Glad / N.v.t.
Constructieklasse	:		S4		S4
Grootste korrel	:		31.5		

Hoofdwapening	:		2de laag		2de laag
Nominale dekking	:		45		45
Toegepaste dekking	:		57		57
Gelijkwaardige diameter	:		12		12
$C_{min,b}$ $C_{min,dur}$ ΔC_{dur}	:	12	40	0	12 40 0
C_{min} ΔC_{dev} C_{nom}	:	40	5	45	40 5 45

Beugel / Verdeelwapening	:		1ste laag		1ste laag
Nominale dekking	:		45		45
Toegepaste dekking	:		45		45
Gelijkwaardige diameter	:		12		12
$C_{min,b}$ $C_{min,dur}$ ΔC_{dur}	:	12	40	0	12 40 0
C_{min} ΔC_{dev} C_{nom}	:	40	5	45	40 5 45

Minimale beugelafstand	:	50	Theta [graden]	:	45.0
Uitg.p. inw.hefboomsarm z	:	MRd			

BELASTING

NEd	[kN]:	-87.5	MEd	[kNm]:	263.6
VEd	[kN]:	65.0	TEd	[kNm]:	0.0
			Veiligheidsklasse	:	2
Q-permanent	[kN/m]:	0.0	Gamma-permanent	:	1.20
Q-veranderlijk	[kN/m]:	0.0	Gamma-veranderlijk	:	1.50
L	[m]:	2.6	X	[m]:	0.0

Project : Vispassage stue ARK
 Onderdeel : Verticale sponning
 Datum : 02/03/2021
 Eenheden : kN/m/rad

RESULTATEN

Beugeldiameter	[mm]:	12		z	[mm]	:	618.49
Trekzijde	:	Boven		Wapeningsverhouding	:	0.00591	
Dwarskracht				Wringing			
$V_{Rd,max}$	[kN]:	1420.55		$T_{Rd,max}$	[kNm]	:	288.41
V_{Ed}	[kN]:	65.00		T_{Ed}	[kNm]	:	0.00
$V_{Rd,c}$	[kN]:	163.93		$T_{Rd,c}$	[kNm]	:	73.83
A-opg	[mm ² /m]:	0.00		A-langs	[mm ²]	:	0.00
A-bgl	[mm ² /m]:	0.00		A-bgl	[mm ² /m]	:	0.00
H.o.h. afstand	[mm]:	200.0		Aant. beugelsneden/drsn:			2
V_{Ed}	[kN]:	65.0	<	V_{Rd}	[kN]	:	304.1
T_{Ed}	[kNm]:	0.0	<	T_{Rd}	[kNm]	:	95.3
M_{Ed}	[kNm]:	263.6	<	M_{Rd}	[kNm]	:	677.8

Project : Vispassage ARK
 Onderdeel : Onderregel sponning
 Datum : 02/03/2021
 Eenheden : kN/m/rad
 Bestand : P:\530\376907_Vispassage_sifon_ARK\2. Do
 Work\03_Berekeningen\03
 Constructief\Wapeningsberekeningen\wapening
 onderzijde.cnw

Toegepaste normen volgens Eurocode met Nederlandse NB

Belastingen	NEN-EN 1990:2002	C2:2010	NB:2011 (nl)
	NEN-EN 1991-1-1:2002	C1:2009	NB:2011 (nl)
Beton	NEN-EN 1992-1-1:2011 (nl)	C2/A1:2015 (nl)	NB:2016 (nl)

Controle hoofdwapening. (B)

GEOMETRIE

Elementtype : Balk
 Betonkwaliteit : C30/37
 Soort spanningsrekdiagram : Parabolisch - rechthoekig diagram
 Doorsnede vorm : Rechthoek
 Afmetingen : b=300 h=800
 Scheurvorming volgens art : 7.3.4
 Referentieperiode : 50 jaar



WAPENING

Staalkwaliteit : B500B
 Soort spanningsrekdiagram : Bi-lineair diagram met klimmende tak
 Beugeldiameter : 12
 Toevallige inklemming : nee

	Boven	Onder
Toegepaste wapening :	3*16	3*16
Breedte stort sleuf :	50	

Betondekking		Boven	Onder
Milieu :		XD3 (XF2)	XD3 (XF2)
Gestort tegen bestaand beton :		Nee	Nee
Element met plaatgeometrie :		Nee	Nee
Specifieke kwaliteitsbeheersing :		Nee	Nee
Oneffen beton oppervlak :		Nee	Nee
Ondergrond :	Glad / N.v.t.	Glad / N.v.t.	
Constructieklasse :	S4	S4	
Grootste korrel :	31.5		

Project : Vispassage ARK
 Onderdeel : Onderregel sponning
 Datum : 02/03/2021
 Eenheden : kN/m/rad

Betondekking Boven Onder

Hoofdwapening	:		2de laag		2de laag
Nominale dekking	:		45		45
Toegepaste dekking	:		57		57
Gelijkwaardige diameter	:		16		16
$C_{min,b}$ $C_{min,dur}$ ΔC_{dur}	:	16	40	0	16 40 0
C_{min} ΔC_{dev} C_{nom}	:	40	5	45	40 5 45
Beugel / Verdeelwapening	:		1ste laag		1ste laag
Nominale dekking	:		45		45
Toegepaste dekking	:		45		45
Gelijkwaardige diameter	:		12		12
$C_{min,b}$ $C_{min,dur}$ ΔC_{dur}	:	12	40	0	12 40 0
C_{min} ΔC_{dev} C_{nom}	:	40	5	45	40 5 45

BELASTING**RESULTATEN**

Nr	Sterkte		Scheurvorming		Opm.
	N_{Ed} [kN]	M_{Ed} [kNm]	$N_{E,freq}$ [kN]	$M_{E,freq}$ [kNm]	
1	0.0	70.0	0.0	58.0	198.1 -198.1 67.4 -67.4

Project : Vispassage ARK
 Onderdeel : Onderregel sponning
 Datum : 02/03/2021
 Eenheden : kN/m/rad
 Bestand : P:\530\376907_Vispassage_sifon_ARK\2. Do
 Work\03_Berekeningen\03
 Constructief\Wapeningsberekeningen\wapening
 onderzijde.cnw

Toegepaste normen volgens Eurocode met Nederlandse NB

Belastingen	NEN-EN 1990:2002	C2:2010	NB:2011(nl)
	NEN-EN 1991-1-1:2002	C1:2009	NB:2011(nl)
Beton	NEN-EN 1992-1-1:2011(nl)	C2/A1:2015(nl)	NB:2016(nl)

Dwarskracht en wringing. (B)

GEOMETRIE

Elementtype : Balk
 Betonkwaliteit : C30/37
 Soort spanningsrekdiagram : Parabolisch - rechthoekig diagram
 Doorsnede vorm : Rechthoek
 Afmetingen : b=400 h=800
 Referentieperiode : 50 jaar



WAPENING

Staalkwaliteit	: B500B		
Soort spanningsrekdiagram	: Bi-lineair diagram met klimmende tak		
Toevallige inklemming	: nee		
		Boven	Onder
Toegepaste wapening	:	3*16+2*12	3*16+2*12
Breedte stort sleuf	:	50	
		Links	Rechts
Toegepaste wapening	:	2*12	2*12

Betondekking

		Boven	Onder
Milieu	:	XD3	XD3
Gestort tegen bestaand beton	:	Nee	Nee
Element met plaatgeometrie	:	Nee	Nee
Specifieke kwaliteitsbeheersing	:	Nee	Nee
Oneffen beton oppervlak	:	Nee	Nee
Ondergrond	:	Glad / N.v.t.	Glad / N.v.t.
Constructieklasse	:	S4	S4
Grootste korrel	:	31.5	

Project : Vispassage ARK
 Onderdeel : Onderregel sponning
 Datum : 02/03/2021
 Eenheden : kN/m/rad

Betondekking Boven Onder

Hoofdwapening	:		2de laag		2de laag
Nominale dekking	:		45		45
Toegepaste dekking	:		57		57
Gelijkwaardige diameter	:		16		16
$C_{min,b}$ $C_{min,dur}$ ΔC_{dur}	:	16	40	0	16 40 0
C_{min} ΔC_{dev} C_{nom}	:	40	5	45	40 5 45

Beugel / Verdeelwapening	:		1ste laag		1ste laag
Nominale dekking	:		45		45
Toegepaste dekking	:		45		45
Gelijkwaardige diameter	:		12		12
$C_{min,b}$ $C_{min,dur}$ ΔC_{dur}	:	12	40	0	12 40 0
C_{min} ΔC_{dev} C_{nom}	:	40	5	45	40 5 45

Betondekking Links Rechts

Milieu	:		XD3		XD3
Gestort tegen bestaand beton	:		Nee		Nee
Element met plaatgeometrie	:		Nee		Nee
Specifieke kwaliteitsbeheersing	:		Nee		Nee
Oneffen beton oppervlak	:		Nee		Nee
Ondergrond	:		Glad / N.v.t.		Glad / N.v.t.
Constructieklasse	:		S4		S4
Grootste korrel	:		31.5		

Hoofdwapening	:		2de laag		2de laag
Nominale dekking	:		45		45
Toegepaste dekking	:		57		57
Gelijkwaardige diameter	:		12		12
$C_{min,b}$ $C_{min,dur}$ ΔC_{dur}	:	12	40	0	12 40 0
C_{min} ΔC_{dev} C_{nom}	:	40	5	45	40 5 45

Beugel / Verdeelwapening	:		1ste laag		1ste laag
Nominale dekking	:		45		45
Toegepaste dekking	:		45		45
Gelijkwaardige diameter	:		12		12
$C_{min,b}$ $C_{min,dur}$ ΔC_{dur}	:	12	40	0	12 40 0
C_{min} ΔC_{dev} C_{nom}	:	40	5	45	40 5 45

Minimale beugelafstand	:	50	Theta [graden]	:	45.0
Uitg.p. inw.hefboomsarm z	:	MRd			

BELASTING

NEd	[kN]:	0.0	MEd	[kNm]:	71.0
VEd	[kN]:	43.6	TEd	[kNm]:	6.5
			Veiligheidsklasse	:	2
Q-permanent	[kN/m]:	0.0	Gamma-permanent	:	1.20
Q-veranderlijk	[kN/m]:	0.0	Gamma-veranderlijk	:	1.50
L	[m]:	5.0	X	[m]:	0.0

Project : Vispassage ARK
 Onderdeel : Onderregel sponning
 Datum : 02/03/2021
 Eenheden : kN/m/rad

RESULTATEN

Beugeldiameter	[mm]:	12	z	[mm]	:	582.86
Trekzijde	:	Boven	Wapeningsverhouding	:	0.00282	
Dwarskracht			Wringing			
$V_{Rd,max}$	[kN]:	1231.00	$T_{Rd,max}$	[kNm]	:	250.31
V_{Ed}	[kN]:	43.56	T_{Ed}	[kNm]	:	6.53
$V_{Rd,c}$	[kN]:	109.44	$T_{RD,c}$	[kNm]	:	64.08
A-opg	[mm ² /m]:	0.00	A-langs	[mm ²]	:	0.00
A-bgl	[mm ² /m]:	0.00	A-bgl	[mm ² /m]	:	0.00
H.o.h. afstand	[mm]:	200.0	Aant. beugelsneden/drsn:			2
V_{Ed}	[kN]:	43.6	V_{Rd}	[kN]	:	286.6
T_{Ed}	[kNm]:	6.5	T_{Rd}	[kNm]	:	87.4
M_{Ed}	[kNm]:	71.0	M_{Rd}	[kNm]	:	337.2

Opmerkingen

[8] * = Eisen met betrekking tot minimum wapening zijn toegepast, zie art. 9.2.1.1(1)

Bijlage 9 Berekening stekken

Toetsing laslengten : Situatie 1

Type constructie : **Balk**
 Dikte constructie : **400** mm
 Hoogte zone "slechte" aanhechting 150 mm
 Voor wanden geldt dit aan de bovenzijde van de wand.

Staalkwaliteit : **B500 (FeB 500)**
 $\gamma_s = 1,15$ -
 $f_{yd} = 435$ N/mm²
 Betonkwaliteit : **C30/37**
 $\gamma_c = 1,5$ -
 $f_{ctd} = 1,35$ N/mm²

Vorm staaf : **Recht**
 Lengte haak : mm
 Dekking 1e laag : **c = 45** mm
 Randdekking op staaf : **c₁ = 45** mm
 $c_{d,1e\ laag} = 45$ mm
 $c_{d,2e\ laag} = 45$ mm
 Druk in dwarsrichting : **0** N/mm²
 Bevestiging dwarswapening : **Gelast**
 Opsluiting door dwarswapening :
 $K_{2e\ laag} = 0,05$ - (fig. 8.4)
 Dwarswapening : **Ø 16 - 125**
 $\lambda = 1,7$ -

(λ is gebaseerd op 0,7 $l_{b,rqd,goed}$)**Hoofdwapening : Ø 16 - 133**

Goede omstandigheden : $\eta_{1,goed} = 1$ - (art. 8.4.2)
 Overige staven : $\eta_{1,overig} = 0,7$ - (art. 8.4.2)
 Invloed diameter : $\eta_2 = 1,0$ - (art. 8.4.2)
 Optredende staalspanning : $\sigma_{sd} = 435$ N/mm²

Verankeringslengte baseren op optredende staalspanning, σ_{sd} : JA

Verankeringslengte gebaseerd op werkelijke staalspanning

Aanhechtspanning :

$f_{bd,goed} = 3,0$ N/mm² (8.2)
 $f_{bd,slecht} = 2,1$ N/mm² (8.2)

Berekening verankeringslengte**Basisverankeringslengte**

$l_{b,rqd,goed} = 572$ mm (8.3)
 $l_{b,rqd,slecht} = 817$ mm (8.3)

Minimale verankeringslengte :

(Ø16-133)	Trek	Druk	
$l_{b,min,goed} =$	172 mm	343 mm	(8.6/7)
$l_{b,min,overig} =$	245 mm	490 mm	(8.6/7)

Rekenwaarde verankeringslengte 1e laag

(Ø16-133)	Trek	Druk	
$l_{bd,goed} =$	292 mm	400 mm	(8.4)
$l_{bd,overig} =$	417 mm	572 mm	(8.4)

Verankeringslengte gebaseerd op werkelijke staalspanning

Berekening overlappingslengtenPercentage overlappingslengten binnen $0,65 \cdot l_n$

$\rho_1 = 56,25$ %
 $\alpha_6 = 1,50$ - (8.11)

Minimale overlappingslengte :

(Ø16-133)	$l_{o,min,goed} = 257,4564$ mm	(8.11)
	$l_{o,min,overig} = 368$ mm	(8.11)

Rekenwaarde overlappingslengte 1e laag

(Ø16-133)	Trek	Druk	
$l_{o,goed} =$	625 mm	858 mm	(8.10)
$l_{o,overig} =$	893 mm	1226 mm	(8.10)

Verankeringslengte gebaseerd op werkelijke staalspanning

Reductiefactoren $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4, \alpha_5, \alpha_6$

	Trek	Druk	
$\alpha_1 =$	1,00	1,00	(8.4)
$\alpha_{2,2} =$	0,73	1,00	(8.4)
$\alpha_{2,2} =$	0,73	1,00	(8.4)
$\alpha_{3,1} =$	1,00	1,00	(8.4)
$\alpha_{3,2} =$	1,00	1,00	(8.4)
$\alpha_4 =$	0,70	0,70	(8.4)
$\alpha_5 =$	1,00	1,00	(8.4)
$\alpha_{2,1} \cdot \alpha_{3,1} \cdot \alpha_5 > 0,7 =$	0,73	1,00	(8.5)
$\alpha_{2,2} \cdot \alpha_{3,2} \cdot \alpha_5 > 0,7 =$	0,73	1,00	(8.5)

Rekenwaarde verankeringslengte 2e laag

(Ø16-133)	Trek	Druk	
$l_{bd,goed} =$	292 mm	400 mm	(8.4)
$l_{bd,overig} =$	417 mm	572 mm	(8.4)

Verankeringslengte gebaseerd op werkelijke staalspanning

Aangepaste formule voor $\alpha_{3,2,trek}$

$\lambda = 0,44$ - (λ is gebaseerd op $l_{bd,goed,1e\ laag}$)
 $\alpha_{3,2,trek} = 1,00$ -

Rekenwaarde overlappingslengte 2e laag

(Ø16-133)	Trek	Druk	
$l_{o,goed} =$	625 mm	858 mm	(8.10)
$l_{o,overig} =$	893 mm	1226 mm	(8.10)

Verankeringslengte gebaseerd op werkelijke staalspanning

Toetsing laslengten : Situatie 2

Type constructie : **Balk**
 Dikte constructie : **400 mm**
 Hoogte zone "slechte" aanhechting : **150 mm**
 Voor wanden geldt dit aan de bovenzijde van de wand.

Staalkwaliteit : **B500 (FeB 500)**
 $\gamma_s =$ **1,15** -
 $f_{yd} =$ **435 N/mm²**
 Betonkwaliteit : **C30/37**
 $\gamma_c =$ **1,5** -
 $f_{ctd} =$ **1,35 N/mm²**

Vorm staaf : **Recht**
 Lengte haak : **mm**
 Dekking 1e laag : **c = 45 mm**
 Randdekking op staaf : **c₁ = 45 mm**
 $c_{d,1e\ laag} =$ **45 mm**
 $c_{d,2e\ laag} =$ **45 mm**
 Druk in dwarsrichting : **0 N/mm²**
 Bevestiging dwarswapening : **Gelast**
 Opsluiting door dwarswapening : **K_{2e laag} = 0,05 - (fig. 8.4)**
 Dwarswapening : **Ø 12 - 125**
 $\lambda =$ **1,2** -

(λ is gebaseerd op 0,7 * I_{b,rqd,goed})**Hoofdwapening : Ø 12 - 133**

Goede omstandigheden : $\eta_{1,goed} =$ **1** - (art. 8.4.2)
 Overige staven : $\eta_{1,overig} =$ **0,7** - (art. 8.4.2)
 Invloed diameter : $\eta_2 =$ **1,0** - (art. 8.4.2)
 Optredende staalspanning : $\sigma_{sd} =$ **435 N/mm²**

Verankeringslengte baseren op optredende staalspanning, σ_{sd} : JA

Verankeringslengte gebaseerd op werkelijke staalspanning

Aanhechtspanning :

$f_{bd,goed} =$ **3,0 N/mm²** (8.2)
 $f_{bd,slecht} =$ **2,1 N/mm²** (8.2)

Berekening verankeringslengte**Basisverankeringslengte**

$l_{b,rqd,goed} =$ **429 mm** (8.3)
 $l_{b,rqd,slecht} =$ **613 mm** (8.3)

Minimale verankeringslengte :

(Ø12-133)	Trek	Druk	
$l_{b,min,goed} =$	129 mm	257 mm	(8.6/7)
$l_{b,min,overig} =$	184 mm	368 mm	(8.6/7)

Rekenwaarde verankeringslengte 1e laag

(Ø12-133)	Trek	Druk	
$l_{bd,goed} =$	210 mm	300 mm	(8.4)
$l_{bd,overig} =$	300 mm	429 mm	(8.4)

Verankeringslengte gebaseerd op werkelijke staalspanning

Berekening overlappingslengtenPercentage overlappingslengten binnen 0,65 * I_n

$\rho_1 =$ **100 %**
 $\alpha_6 =$ **1,50** - (8.11)

Minimale overlappingslengte :

(Ø12-133)	$l_{o,min,goed} =$	200 mm	(8.11)
	$l_{o,min,overig} =$	276 mm	(8.11)

Rekenwaarde overlappingslengte 1e laag

(Ø12-133)	Trek	Druk	
$l_{o,goed} =$	451 mm	644 mm	(8.10)
$l_{o,overig} =$	644 mm	919 mm	(8.10)

Verankeringslengte gebaseerd op werkelijke staalspanning

Reductiefactoren $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4, \alpha_5, \alpha_6$

	Trek	Druk	
$\alpha_1 =$	1,00	1,00	(8.4)
$\alpha_{2,2} =$	0,70	1,00	(8.4)
$\alpha_{2,2} =$	0,70	1,00	(8.4)
$\alpha_{3,1} =$	1,00	1,00	(8.4)
$\alpha_{3,2} =$	1,00	1,00	(8.4)
$\alpha_4 =$	0,70	0,70	(8.4)
$\alpha_5 =$	1,00	1,00	(8.4)
$\alpha_{2,1} * \alpha_{3,1} * \alpha_5 > 0,7 =$	0,70	1,00	(8.5)
$\alpha_{2,2} * \alpha_{3,2} * \alpha_5 > 0,7 =$	0,70	1,00	(8.5)

Rekenwaarde verankeringslengte 2e laag

(Ø12-133)	Trek	Druk	
$l_{bd,goed} =$	210 mm	300 mm	(8.4)
$l_{bd,overig} =$	300 mm	429 mm	(8.4)

Verankeringslengte gebaseerd op werkelijke staalspanning

Aangepaste formule voor $\alpha_{3,2,trek}$

$\lambda =$ **0,04** - (λ is gebaseerd op I_{bd,goed;1e laag})
 $\alpha_{3,2,trek} =$ **1,00** -

Rekenwaarde overlappingslengte 2e laag

(Ø12-133)	Trek	Druk	
$l_{o,goed} =$	451 mm	644 mm	(8.10)
$l_{o,overig} =$	644 mm	919 mm	(8.10)

Verankeringslengte gebaseerd op werkelijke staalspanning

Toetsing laslengten : Situatie 3

Type constructie : **Balk**
 Dikte constructie : **1000** mm
 Hoogte zone "slechte" aanhechting : **300** mm
 Voor wanden geldt dit aan de bovenzijde van de wand.

Staalkwaliteit : **B500 (FeB 500)**
 $\gamma_s =$ **1,15** -
 $f_{yd} =$ **435** N/mm²
 Betonkwaliteit : **C30/37**
 $\gamma_c =$ **1,5** -
 $f_{ctd} =$ **1,35** N/mm²

Vorm staaf : **Recht**
 Lengte haak : mm
 Dekking 1e laag : **c = 45** mm
 Randdekking op staaf : **c₁ = 45** mm
 $c_{d,1e\ laag} =$ **32** mm
 $c_{d,2e\ laag} =$ **32** mm
 Druk in dwarsrichting : **0** N/mm²
 Bevestiging dwarswapening : **Gelast**
 Opsluiting door dwarswapening :
 $K_{2e\ laag} =$ **0,05** - (fig. 8.4)
 Dwarswapening : **Ø 16 - 125**
 $\lambda =$ **1,7** -

(λ is gebaseerd op 0,7 * $f_{b,rqd,goed}$)**Hoofdwapening : Ø 16 - 80**

Goede omstandigheden : $\eta_{1,goed} =$ **1** - (art. 8.4.2)
 Overige staven : $\eta_{1,overig} =$ **0,7** - (art. 8.4.2)
 Invloed diameter : $\eta_2 =$ **1,0** - (art. 8.4.2)
 Optredende staalspanning : $\sigma_{sd} =$ **435** N/mm²

Verankeringslengte baseren op optredende staalspanning, σ_{sd} : JA

Verankeringslengte gebaseerd op werkelijke staalspanning

Aanhechtspanning :

$f_{bd,goed} =$ **3,04** N/mm² (8.2)
 $f_{bd,slecht} =$ **2,13** N/mm² (8.2)

Berekening verankeringslengte**Basisverankeringslengte**

$l_{b,rqd,goed} =$ **572** mm (8.3)
 $l_{b,rqd,slecht} =$ **817** mm (8.3)

Minimale verankeringslengte :

(Ø16-80)	Trek	Druk	
$l_{b,min,goed} =$	172 mm	343 mm	(8.6/7)
$l_{b,min,overig} =$	245 mm	490 mm	(8.6/7)

Rekenwaarde verankeringslengte 1e laag

(Ø16-80)	Trek	Druk	
$l_{bd,goed} =$	340 mm	400 mm	(8.4)
$l_{bd,overig} =$	486 mm	572 mm	(8.4)

Verankeringslengte gebaseerd op werkelijke staalspanning

Berekening overlappingslengtenPercentage overlappingslengten binnen $0,65 \cdot l_n$

$\rho_1 =$ **100** %
 $\alpha_6 =$ **1,50** - (8.11)

Minimale overlappingslengte :

(Ø16-80)	$l_{o,min,goed} =$	257,4564 mm	(8.11)
	$l_{o,min,overig} =$	368 mm	(8.11)

Rekenwaarde overlappingslengte 1e laag

(Ø16-80)	Trek	Druk	
$l_{o,goed} =$	729 mm	858 mm	(8.10)
$l_{o,overig} =$	1042 mm	1226 mm	(8.10)

Verankeringslengte gebaseerd op werkelijke staalspanning

Reductiefactoren $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4, \alpha_5, \alpha_6$

	Trek	Druk	
$\alpha_1 =$	1,00	1,00	(8.4)
$\alpha_{2,2} =$	0,85	1,00	(8.4)
$\alpha_{2,2} =$	0,85	1,00	(8.4)
$\alpha_{3,1} =$	1,00	1,00	(8.4)
$\alpha_{3,2} =$	1,00	1,00	(8.4)
$\alpha_4 =$	0,70	0,70	(8.4)
$\alpha_5 =$	1,00	1,00	(8.4)
$\alpha_{2,1} \cdot \alpha_{3,1} \cdot \alpha_5 > 0,7 =$	0,85	1,00	(8.5)
$\alpha_{2,2} \cdot \alpha_{3,2} \cdot \alpha_5 > 0,7 =$	0,85	1,00	(8.5)

Rekenwaarde verankeringslengte 2e laag

(Ø16-80)	Trek	Druk	
$l_{bd,goed} =$	340 mm	400 mm	(8.4)
$l_{bd,overig} =$	486 mm	572 mm	(8.4)

Verankeringslengte gebaseerd op werkelijke staalspanning

Aangepaste formule voor $\alpha_{3,2,trek}$

$\lambda =$ **0,68** - (λ is gebaseerd op $l_{bd,goed,1e\ laag}$)
 $\alpha_{3,2,trek} =$ **1,00** -

Rekenwaarde overlappingslengte 2e laag

(Ø16-80)	Trek	Druk	
$l_{o,goed} =$	729 mm	858 mm	(8.10)
$l_{o,overig} =$	1042 mm	1226 mm	(8.10)

Verankeringslengte gebaseerd op werkelijke staalspanning

Toetsing laslengten : Situatie 4

Type constructie : **Balk**
 Dikte constructie : **1000** mm
 Hoogte zone "slechte" aanhechting 300 mm
 Voor wanden geldt dit aan de bovenzijde van de wand.

Staalkwaliteit : **B500 (FeB 500)**
 $\gamma_s = 1,15$ -
 $f_{yd} = 435$ N/mm²
 Betonkwaliteit : **C30/37**
 $\gamma_c = 1,5$ -
 $f_{ctd} = 1,35$ N/mm²

Vorm staaf : **Recht**
 Lengte haak : mm
 Dekking 1e laag : **c = 45** mm
 Randdekking op staaf : **c₁ = 45** mm
 $c_{d,1e\ laag} = 31,5$ mm
 $c_{d,2e\ laag} = 31,5$ mm
 Druk in dwarsrichting : **0** N/mm²
 Bevestiging dwarswapening : **Gelast**
 Opsluiting door dwarswapening :
 $K_{2e\ laag} = 0,05$ - (fig. 8.4)
 Dwarswapening : **Ø 12 - 125**
 $\lambda = 1,2$ -

(λ is gebaseerd op 0,7* $f_{b,rqd,goed}$)**Hoofdwapening : Ø 12 - 75**

Goede omstandigheden : $\eta_{1,goed} = 1$ - (art. 8.4.2)
 Overige staven : $\eta_{1,overig} = 0,7$ - (art. 8.4.2)
 Invloed diameter : $\eta_2 = 1,0$ - (art. 8.4.2)
 Optredende staalspanning : $\sigma_{sd} = 435$ N/mm²

Verankeringslengte baseren op optredende staalspanning, σ_{sd} : JA

Verankeringslengte gebaseerd op werkelijke staalspanning

Aanhechtspanning :

$f_{bd,goed} = 3,0$ N/mm² (8.2)
 $f_{bd,slecht} = 2,1$ N/mm² (8.2)

Berekening verankeringslengteBasisverankeringslengte

$l_{b,rqd,goed} = 429$ mm (8.3)
 $l_{b,rqd,slecht} = 613$ mm (8.3)

Minimale verankeringslengte :

(Ø12-75)	Trek	Druk	
$l_{b,min,goed} =$	129 mm	257 mm	(8.6/7)
$l_{b,min,overig} =$	184 mm	368 mm	(8.6/7)

Rekenwaarde verankeringslengte 1e laag

(Ø12-75)	Trek	Druk	
$l_{bd,goed} =$	227 mm	300 mm	(8.4)
$l_{bd,overig} =$	325 mm	429 mm	(8.4)

Verankeringslengte gebaseerd op werkelijke staalspanning

Berekening overlappingslengtenPercentage overlappingslengten binnen $0,65 \cdot l_n$

$\rho_1 = 100$ %
 $\alpha_6 = 1,50$ - (8.11)

Minimale overlappingslengte :

(Ø12-75)	$l_{o,min,goed} =$	200 mm	(8.11)
	$l_{o,min,overig} =$	276 mm	(8.11)

Rekenwaarde overlappingslengte 1e laag

(Ø12-75)	Trek	Druk	
$l_{o,goed} =$	487 mm	644 mm	(8.10)
$l_{o,overig} =$	695 mm	919 mm	(8.10)

Verankeringslengte gebaseerd op werkelijke staalspanning

Reductiefactoren $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4, \alpha_5, \alpha_6$

	Trek	Druk	
$\alpha_1 =$	1,00	1,00	(8.4)
$\alpha_{2,2} =$	0,76	1,00	(8.4)
$\alpha_{2,2} =$	0,76	1,00	(8.4)
$\alpha_{3,1} =$	1,00	1,00	(8.4)
$\alpha_{3,2} =$	1,00	1,00	(8.4)
$\alpha_4 =$	0,70	0,70	(8.4)
$\alpha_5 =$	1,00	1,00	(8.4)
$\alpha_{2,1} \cdot \alpha_{3,1} \cdot \alpha_5 > 0,7 =$	0,76	1,00	(8.5)
$\alpha_{2,2} \cdot \alpha_{3,2} \cdot \alpha_5 > 0,7 =$	0,76	1,00	(8.5)

Rekenwaarde verankeringslengte 2e laag

(Ø12-75)	Trek	Druk	
$l_{bd,goed} =$	227 mm	300 mm	(8.4)
$l_{bd,overig} =$	325 mm	429 mm	(8.4)

Verankeringslengte gebaseerd op werkelijke staalspanning

Aangepaste formule voor $\alpha_{3,2,trek}$

$\lambda = 0,12$ - (λ is gebaseerd op $l_{bd,goed,1e\ laag}$)
 $\alpha_{3,2,trek} = 1,00$ -

Rekenwaarde overlappingslengte 2e laag

(Ø12-75)	Trek	Druk	
$l_{o,goed} =$	487 mm	644 mm	(8.10)
$l_{o,overig} =$	695 mm	919 mm	(8.10)

Verankeringslengte gebaseerd op werkelijke staalspanning

SWNL-Deksloof stekwapening

Bepaling benodigde stekwapening op de flenzen van een damwand
op basis van Eurocode 1993-1-1



Opdrachtnummer:	Verificatieberekening		
Werkomschrijving:			
Betreft:		Opsteller:	
		Controleur:	

Invoer projecteigenschappen

Steunpuntreacties - Bovenkant damwand			
	Piek	Standaard	
M_{Ed}	0	21 [kNm/m]	
N_{Ed}	0	0 [kN/m]	
V_{Ed}	0	0 [kN/m]	

Corrosie van verschillende constructieonderdelen	
Damwand	2,4 [mm]
Stekken	2,4 [mm]
Lassen	1,2 [mm]

Stekken eigenschappen			
	Piek	Standaard	
$\emptyset$	12	12 [mm]	
$\emptyset_{corrosie}$	9,6	9,6 [mm]	
A	72,4	72,4 [mm ²]	
Staalkwaliteit	B500B	B500B	
f_y	500	500 [N/mm ²]	
f_u	525	525 [N/mm ²]	
Aantal per buik/kas (n)	2	2 [-]	
$L_{laslengte}$	50	50 [mm]	
Keeldikte las (a)	4	4	
$a_{corrosie}$	2,8	2,8 [mm]	

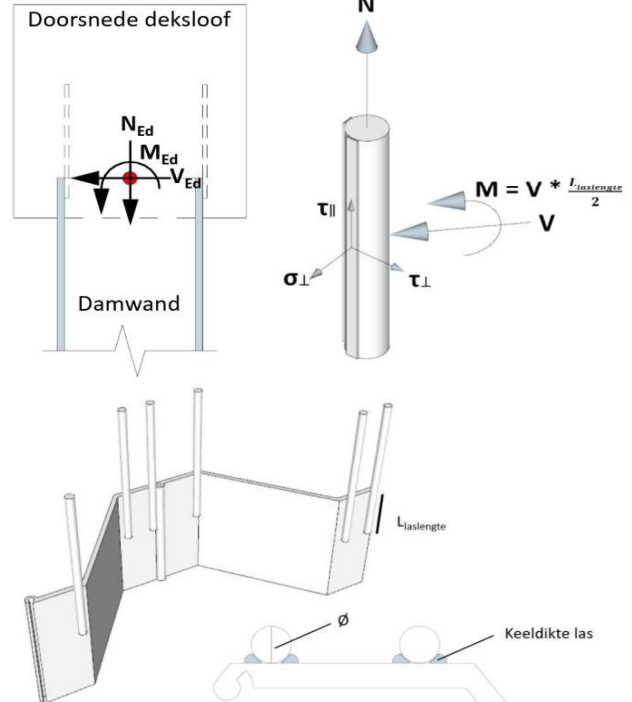
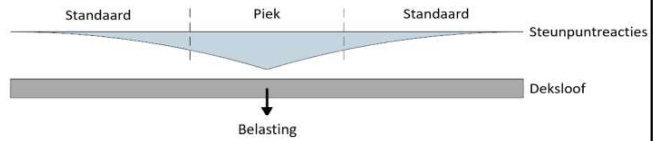
Randvoorwaarden las - ISO 17660-1			
	Piek	Standaard	
$a \approx 0,3 \emptyset$	0,33	0,33 OK	
$L_{laslengte} \geq 4 \emptyset$	4,2	4,2 OK	
$0,4 \emptyset \leq t_{damwand}$	0,6	0,6 OK	
Tussenafstand $\geq \emptyset + 2 t_{damwand}$	12,8	12,8 OK	
$t_{damwand} \geq 4 \text{ mm}$	6,6	6,6 OK	

Damwand eigenschappen	
Type damwand	AZ 18-700
b_{totaal}	700 [mm]
b_{buik}	346 [mm]
h	420 [mm]
t_f	9 [mm]
$t_{f,corrosie}$	6,6 [mm]
Staalkwaliteit	S355 GP
f_y	355 [N/mm ²]
f_u	480 [N/mm ²]

Toetsing constructieonderdelen

Sterkte stekken		Gehanteerde formules	
	Piek	Standaard	
UC	0,00	0,97 OK	EN 1993-1-1 (6.1)
$\sigma_{x,Ed}$	0,0	483,5 [N/mm ²]	$\left(\frac{\sigma_{x,Ed}}{f_y/\gamma_{M0}}\right)^2 + \left(\frac{\sigma_{z,Ed}}{f_y/\gamma_{M0}}\right)^2 - \left(\frac{\sigma_{x,Ed}}{f_y/\gamma_{M0}}\right)\left(\frac{\sigma_{z,Ed}}{f_y/\gamma_{M0}}\right) + 3\left(\frac{\tau_{Ed}}{f_y/\gamma_{M0}}\right)^2 \leq 1$
$\sigma_{z,Ed}$	0,0	0,0 [N/mm ²]	
τ_{Ed}	0,0	0,0 [N/mm ²]	

Laslengte		Gehanteerde formules	
	Piek	Standaard	



Partiële factoren

Geldigheid Eurocode aanbevolen

γ_{M0}	1,00 [-]
γ_{M1}	1,10 [-]
γ_{M2}	1,25 [-]

Reactiekrachten - Per stek

	Piek	Standaard
N	0,0	35,0 [kN]
$\sigma_{x,Ed}$	0,0	483,5 [N/mm ²]
V	0,00	0 [kN]
τ_{Ed}	0,0	0,0 [N/mm ²]

UC _{gecombineerd}	0,00	0,51	OK	EN 1993-1-8 (4.1)
UC _{loodrecht}	0,00	0,00	OK	$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)} \leq f_u / (\beta_w \gamma_{M2})$
β_w	0,90	0,90	[-]	$\& \sigma_{\perp} \leq 0,9 f_u / \gamma_{M2}$
f_u	480	480	[N/mm ²]	$\sigma_{\perp} = \tau_{\perp} = \frac{V}{2\sqrt{2} * L_{lastengte} * a} + \frac{M * 6}{2\sqrt{2} * a * L_{lastengte}^2}$
$\sigma_{\perp}$	0,0	0,0	[N/mm ²]	$\tau_{\parallel} = \frac{N}{2 * L_{lastengte} * a}$
$\tau_{\perp}$	0,0	0,0	[N/mm ²]	
$\tau_{\parallel}$	0,0	125,0	[N/mm ²]	

Sterkte damwand				Gehanteerde formules
	Piek	Standaard		
UC _{enkel}	0,00	0,30	OK	EN 1993-1-1 (6.1)
UC _{groep}	0,00	0,13	OK	$\left(\frac{\sigma_{x,Ed}}{f_y / \gamma_{M0}}\right)^2 + \left(\frac{\sigma_{z,Ed}}{f_y / \gamma_{M0}}\right)^2 - \left(\frac{\sigma_{x,Ed}}{f_y / \gamma_{M0}}\right) \left(\frac{\sigma_{z,Ed}}{f_y / \gamma_{M0}}\right) + 3 \left(\frac{\tau_{Ed}}{f_y / \gamma_{M0}}\right)^2 \leq 1$
$\sigma_{x,Ed, enkel}$	0,0	106,1	[N/mm ²]	$\sigma_{x,Ed, enkel} = \frac{N}{0,5 * A_{enkel}}$
$\sigma_{z,Ed, enkel}$	0,0	0,0	[N/mm ²]	$\sigma_{x,Ed, groep} = \frac{N * n}{0,5 * A_{groep}}$
$\tau_{Ed, enkel}$	0,0	0,0	[N/mm ²]	
$\sigma_{x,Ed, groep}$	0,0	47,6	[N/mm ²]	$\tau_{Ed, enkel} = \frac{1,5 * V}{0,5 * A_{enkel}}$
$\sigma_{z,Ed, groep}$	0,0	0,0	[N/mm ²]	$\tau_{Ed, groep} = \frac{1,5 * V * n}{0,5 * A_{groep}}$
$\tau_{Ed, groep}$	0,0	0,0	[N/mm ²]	
N	0,00	35,00	[kN]	
V	0,00	0,00	[kN]	
n	2	2	[-]	
f_y , damwand	355	355	[N/mm ²]	
t_f , corrosie	6,6	6,6	[mm]	
L _{lastengte}	50,0	50,0	[mm]	
b _{buik}	346,0	346,0	[mm]	
A _{enkel}	660,0	660,0	[mm ²]	
A _{groep}	2943,6	2943,6	[mm ²]	

bestand
printtijd

[https://swecogroup.sharepoint.com/sites/Gr_SWWaterbouwKennisbibliotheek/Rekensheets/SW-Deksloof stekwapening/\[SW](https://swecogroup.sharepoint.com/sites/Gr_SWWaterbouwKennisbibliotheek/Rekensheets/SW-Deksloof%20stekwapening/[SW)
04-03-2021 8:54

Sweco Nederland BV - Postbus 203 - 3730 AE De Bilt - waterbouw@sweco.nl

Bijlage 10 Berekeningen damwand

Report for D-Sheet Piling 20.2

Design of Diaphragm and Sheet Pile Walls
Developed by Deltares

Date of report: 30-7-2021
Time of report: 14:17:04
Report with version: 20.2.1.30962

Date of calculation: 30-7-2021
Time of calculation: 14:01:44
Calculated with version: 20.2.1.30962

File name: Stuw 4,6 om 2,8 plus calamiteit

Verification according to National Annex of Eurocode 7 in the Netherlands (NEN 9997-1:2016)

1 Table of Contents

1 Table of Contents	2
2 Summary	4
2.1 Overview per Stage and Test	4
2.2 Overall Stability per Stage	4
3 Input Data for all Stages	5
3.1 General Input Data	5
3.2 Sheet Piling Properties	5
3.2.1 General Properties	5
3.2.2 Stiffness EI (elastic behaviour)	5
3.2.3 Maximum Allowable Moments	5
3.2.4 Properties for Vertical Balance	5
3.3 Calculation Options	5
4 Outline Stage 1: Extreem	7
5 Overall Stability Stage 1: Extreem	8
5.1 Overall Stability	8
6 Step 6.5 Stage 1: Extreem	9
6.1 General Input Data	9
6.2 Input Data Left	9
6.2.1 Calculation Method	9
6.2.2 Water Level	9
6.2.3 Surface	9
6.2.4 Soil Material Properties in Profile: Actief	9
6.2.5 Modulus of Subgrade Reaction (Secant)	9
6.3 Calculated Earth Pressure Coefficients Left	10
6.4 Calculated Force from a Layer - Left Side	10
6.5 Input Data Right	10
6.5.1 Calculation Method	10
6.5.2 Water Level	10
6.5.3 Surface	10
6.5.4 Soil Material Properties in Profile: Passief	10
6.5.5 Modulus of Subgrade Reaction (Secant)	11
6.6 Calculated Earth Pressure Coefficients Right	11
6.7 Calculated Force from a Layer - Right Side	11
6.8 Calculation Results	11
6.8.1 Charts of Moments, Forces and Displacements	12
6.8.2 Moments, Forces and Displacements	12
6.8.3 Charts of Stresses	13
6.8.4 Stresses	13
6.8.5 Percentage Mobilized Resistance	14
6.8.6 Vertical Force Balance	14
6.8.7 Vertical Force Balance - Contribution per Layer	15
7 Outline Stage 2: Calamiteit	16
8 Overall Stability Stage 2: Calamiteit	17
8.1 Overall Stability	17
9 Step 6.5 Stage 2: Calamiteit	18
9.1 General Input Data	18
9.2 Input Data Left	18
9.2.1 Calculation Method	18
9.2.2 Water Level	18
9.2.3 Surface	18
9.2.4 Soil Material Properties in Profile: Actief (Calamiteit)	18
9.2.5 Modulus of Subgrade Reaction (Secant)	18
9.3 Calculated Earth Pressure Coefficients Left	19
9.4 Calculated Force from a Layer - Left Side	19
9.5 Input Data Right	19
9.5.1 Calculation Method	19
9.5.2 Water Level	19
9.5.3 Surface	19
9.5.4 Soil Material Properties in Profile: Passief	19
9.5.5 Modulus of Subgrade Reaction (Secant)	20
9.6 Calculated Earth Pressure Coefficients Right	20
9.7 Calculated Force from a Layer - Right Side	20
9.8 Calculation Results	20
9.8.1 Charts of Moments, Forces and Displacements	21

9.8.2 Moments, Forces and Displacements	21
9.8.3 Charts of Stresses	22
9.8.4 Stresses	22
9.8.5 Percentage Mobilized Resistance	23
9.8.6 Vertical Force Balance	23
9.8.7 Vertical Force Balance - Contribution per Layer	24

2 Summary

2.1 Overview per Stage and Test

Stage nr.	Verification type	Displacement [mm]	Moment [kNm]	Shear force [kN]	Mob. perc. moment [%]	Mob. perc. resistance [%]	Status
1	EC7(NL)-Step 6.3		-258,25	130,40	0,0	64,0	
1	EC7(NL)-Step 6.4		-257,80	126,83	0,0	63,4	
1	EC7(NL)-Step 6.5	136,4	-155,09	57,19	0,0	30,9	
1	EC7(NL)-Step 6.5 x 1,200		-186,11	68,62			
2	EC7(NL)-Step 6.3		-270,97	118,80	0,0	44,6	
2	EC7(NL)-Step 6.4		-270,97	118,80	0,0	44,6	
2	EC7(NL)-Step 6.5	301,3	-270,97	118,80	0,0	44,6	
2	EC7(NL)-Step 6.5 x 1,200		-325,16	142,56			

Max		301,3	-325,16	142,56	0,0	64,0	
-----	--	--------------	----------------	---------------	------------	-------------	--

Stage nr.	Verification type	Vertical balance
1	EC7(NL)-Step 6.3	Upwards
1	EC7(NL)-Step 6.4	Upwards
1	EC7(NL)-Step 6.5	Upwards
1	EC7(NL)-Step 6.5 x 1,200	
2	EC7(NL)-Step 6.3	Upwards
2	EC7(NL)-Step 6.4	Upwards
2	EC7(NL)-Step 6.5	Upwards
2	EC7(NL)-Step 6.5 x 1,200	

Max		Sufficient
-----	--	------------

2.2 Overall Stability per Stage

Stage name	Stability factor [-]
Extreem	4,36
Calamiteit	4,31

3 Input Data for all Stages

3.1 General Input Data

Verification according to National Annex of Eurocode 7 in the Netherlands (NEN 9997-1:2016)

Model	Sheet piling
Check vertical balance	Yes
Number of construction stages	2
Unit weight of water	9,81 kN/m ³
Number of curves for spring characteristics	3
Unloading curve on spring characteristic	No
Elastic calculation	Yes

3.2 Sheet Piling Properties

Length	12,20 m
Level top side	5,20 m
Number of sections	1
q _{b,max}	5,00 MPa
Xi factor	1,39

3.2.1 General Properties

Section name	From [m]	To [m]	Material type	Acting width [m]
AZ 18 -700 (S2...	-7,00	5,20	Steel	1,00

3.2.2 Stiffness EI (elastic behaviour)

Section name	Elastic stiffness EI [kNm ² /m']	Red. factor on EI [-]	Corrected elas. stiffness EI [kNm ²]	Note to reduction factor
AZ 18 -700 (S2...	7,9380E+04	0,77	6,1123E+04	0.02mm/jaar

3.2.3 Maximum Allowable Moments

Section name	Mr;char;el [kNm/m']	Modification factor [-]	Material factor [-]	Red. factor allow. moment [-]	Mr;d;el [kNm]
AZ 18 -700 (S2...	432,00	1,00	1,00	0,77	332,64

3.2.4 Properties for Vertical Balance

Section name	From [m]	To [m]	Height [mm]	Coating area [m ² /m ² wall]	Section area [cm ² /m']
AZ 18 -700 (S2...	-7,00	5,20	420,00	1,33	139,00

3.3 Calculation Options

First stage represents initial situation	No
Calculation refinement	Coarse
Reduce delta(s) according to CUR	Yes
Verification	EC7 NA NL - method B: Partial factors (design values) in verified stage only. Eurocode 7 using the factors as described in the National Annex of the Netherlands. It is basically design approach III.
Verification of stage	1: Extreem
Used partial factor set	RC 2

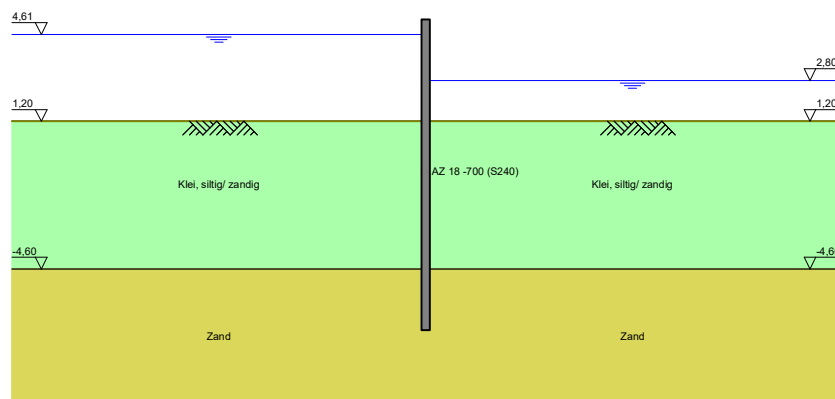
Factors on loads - Geotechnical loads	
- Permanent load, unfavourable	1,000
- Permanent load, favourable	1,000
- Variable load, unfavourable	1,100
- Variable load, favourable	0,000
Factors on loads - Constructive loads	
- Permanent load, unfavourable	1,350
- Permanent load, favourable	0,900
- Variable load, unfavourable	1,500
- Variable load, favourable	0,000
Material factors	
- Cohesion	1,250
- Tangent phi	1,175
- Delta (wall friction angle)*	1,175
- Modulus of low representative subgrade reaction	1,300
Geometry modification	
- Increase retaining height	10,00 %
- Maximum increase retaining height	0,50 m
- Reduction in phreatic line on passive side **	0,25 m
- Raise in phreatic line on passive side **	0,25 m
- Raise in phreatic line on active side	0,05 m
Factors on representative values	
- Partial factor on M, D and Pmax	1,200
Overall stability factors	
- Cohesion	1,450
- Tangent phi	1,250
- Factor on unit weight soil	1,000
Vertical balance factors	
- Partial factor base resistance (gamma_b)	1,200

* For delta (wall friction angle), the input value of tangent phi is used

** This modification of the phreatic level does not apply when the sheet piling is completely submerged.

4 Outline Stage 1: Extreem

Outline - Stage 1: Extreem

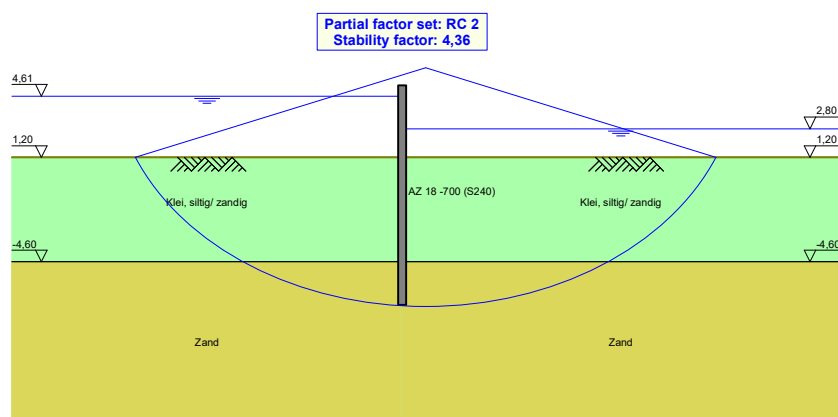


5 Overall Stability Stage 1: Extreem

Stability factor : 4,36

5.1 Overall Stability

Overall Stability - Stage 1: Extreem



6 Step 6.5 Stage 1: Extreem

6.1 General Input Data

Passive side:

D-Sheet Piling determined

6.2 Input Data Left

6.2.1 Calculation Method

Calculation method: C, phi, delta

6.2.2 Water Level

Water level: 4,61 [m]

6.2.3 Surface

X [m]	Y [m]
0,00	1,20

6.2.4 Soil Material Properties in Profile: Actief

Layer name	Level [m]	Unit weight	
		Unsat [kN/m³]	Sat. [kN/m³]
Klei, siltig/ zandig	2,00	16,80	16,80
Zand	-4,60	17,00	19,00

Layer name	Level [m]	Cohesion [kN/m²]	Friction angle phi [°]	Delta friction angle*	
				Not reduced [°]	Reduced [°]
Klei, siltig/ zandig	2,00	2,00	22,50	15,00	15,00
Zand	-4,60	0,00	30,00	20,00	20,00

* The 'not reduced' Delta angle is used for the calculation of the active earth pressure coefficient of Culmann whereas the 'reduced' Delta angle is used for the passive earth pressure coefficient.

Layer name	Level [m]	Shell factor [-]	OCR [-]	Grain type
Klei, siltig/ zandig	2,00	1,00	1,00	Fine
Zand	-4,60	1,00	1,00	Fine

Layer name	Level [m]	Earth pressure coefficients			Additional pore pressure	
		Active [-]	Neutral [-]	Passive [-]	Top [kN/m²]	Bottom [kN/m²]
Klei, siltig/ zandig	2,00	n.a.	n.a.	n.a.	0,00	0,00
Zand	-4,60	n.a.	n.a.	n.a.	4,90	4,90

6.2.5 Modulus of Subgrade Reaction (Secant)

Layer name	Level [m]	Branch 1		Branch 2	
		Top [kN/m³]	Bottom [kN/m³]	Top [kN/m³]	Bottom [kN/m³]
Klei, siltig/ zandig	2,00	2000,00	2000,00	800,00	800,00
Zand	-4,60	12000,00	12000,00	6000,00	6000,00

Layer name	Level [m]	Branch 3	
		Top [kN/m³]	Bottom [kN/m³]
Klei, siltig/ zandig	2,00	500,00	500,00
Zand	-4,60	3000,00	3000,00

6.3 Calculated Earth Pressure Coefficients Left

Segment number	Level [m]	Horizontal pressure		Fictive earth pressure coefficients		
		Active [kN/m²]	Passive [kN/m²]	Ka [-]	Ko [-]	Kp [-]
1	0,91	0,0	15,8	0,00	0,62	7,82
2	0,33	0,0	29,3	0,00	0,62	4,81
3	-0,25	0,1	42,6	0,01	0,62	4,21
4	-0,83	3,1	56,0	0,22	0,62	3,95
5	-1,41	4,7	69,4	0,26	0,62	3,80
6	-1,99	6,2	82,7	0,28	0,62	3,71
7	-2,57	7,8	96,1	0,29	0,62	3,65
8	-3,15	9,3	109,5	0,31	0,62	3,60
9	-3,73	10,9	122,8	0,32	0,62	3,56
10	-4,31	12,4	136,2	0,32	0,62	3,54
11	-4,90	10,7	230,2	0,28	0,50	6,00
12	-5,50	12,2	257,2	0,28	0,50	5,86
13	-6,10	13,8	286,9	0,28	0,50	5,80
14	-6,70	15,3	317,5	0,28	0,50	5,78

6.4 Calculated Force from a Layer - Left Side

Name	Force
Klei, siltig/ zandig	32,31
Zand	82,48

6.5 Input Data Right

6.5.1 Calculation Method

Calculation method: C, phi, delta

6.5.2 Water Level

Water level: 2,80 [m]

6.5.3 Surface

X [m]	Y [m]
0,00	1,20

6.5.4 Soil Material Properties in Profile: Passief

Layer name	Level [m]	Unit weight	
		Unsat [kN/m³]	Sat. [kN/m³]
Klei, siltig/ zandig	2,00	16,80	16,80
Zand	-4,60	17,00	19,00

Layer name	Level [m]	Cohesion [kN/m²]	Friction angle phi [°]	Delta friction angle*	
				Not reduced [°]	Reduced [°]
Klei, siltig/ zandig	2,00	2,00	22,50	15,00	15,00
Zand	-4,60	0,00	30,00	20,00	20,00

* The 'not reduced' Delta angle is used for the calculation of the active earth pressure coefficient of Culmann whereas the 'reduced' Delta angle is used for the passive earth pressure coefficient.

Layer name	Level [m]	Shell factor [-]	OCR [-]	Grain type
Klei, siltig/ zandig	2,00	1,00	1,00	Fine
Zand	-4,60	1,00	1,00	Fine

Layer name	Level [m]	Earth pressure coefficients			Additional pore pressure	
		Active [-]	Neutral [-]	Passive [-]	Top [kN/m ²]	Bottom [kN/m ²]
Klei, siltig/ zandig	2,00	n.a.	n.a.	n.a.	0,00	0,00
Zand	-4,60	n.a.	n.a.	n.a.	22,60	22,60

6.5.5 Modulus of Subgrade Reaction (Secant)

Layer name	Level [m]	Branch 1		Branch 2	
		Top [kN/m ³]	Bottom [kN/m ³]	Top [kN/m ³]	Bottom [kN/m ³]
Klei, siltig/ zandig	2,00	2000,00	2000,00	800,00	800,00
Zand	-4,60	12000,00	12000,00	6000,00	6000,00

Layer name	Level [m]	Branch 3	
		Top [kN/m ³]	Bottom [kN/m ³]
Klei, siltig/ zandig	2,00	500,00	500,00
Zand	-4,60	3000,00	3000,00

6.6 Calculated Earth Pressure Coefficients Right

Segment number	Level [m]	Horizontal pressure		Fictive earth pressure coefficients		
		Active [kN/m ²]	Passive [kN/m ²]	Ka [-]	Ko [-]	Kp [-]
1	0,91	0,0	15,8	0,00	0,62	7,82
2	0,33	0,0	29,3	0,00	0,62	4,81
3	-0,25	0,1	42,6	0,01	0,62	4,21
4	-0,83	3,1	56,0	0,22	0,62	3,95
5	-1,41	4,7	69,4	0,26	0,62	3,80
6	-1,99	6,2	82,7	0,28	0,62	3,71
7	-2,57	7,8	96,1	0,29	0,62	3,65
8	-3,15	9,3	109,5	0,31	0,62	3,60
9	-3,73	10,9	122,8	0,32	0,62	3,56
10	-4,31	12,4	136,2	0,32	0,62	3,54
11	-4,90	5,8	125,2	0,28	0,50	6,05
12	-5,50	7,3	155,2	0,28	0,50	5,92
13	-6,10	8,8	185,7	0,28	0,50	5,85
14	-6,70	10,4	216,4	0,28	0,50	5,81

6.7 Calculated Force from a Layer - Right Side

Name	Force
Klei, siltig/ zandig	214,13
Zand	48,32

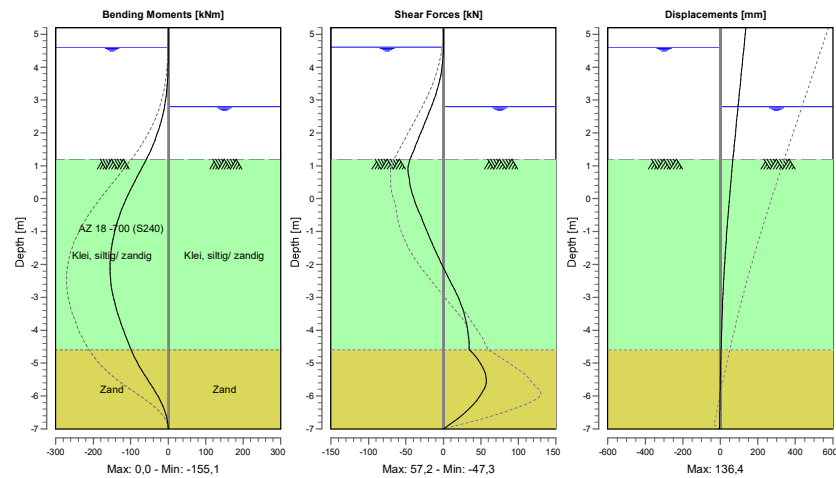
6.8 Calculation Results

Number of iterations: 5

6.8.1 Charts of Moments, Forces and Displacements

Moments/Forces/Displacements - Stage 1: Extreem

Step 6.5 - Partial factor set: RC 2



6.8.2 Moments, Forces and Displacements

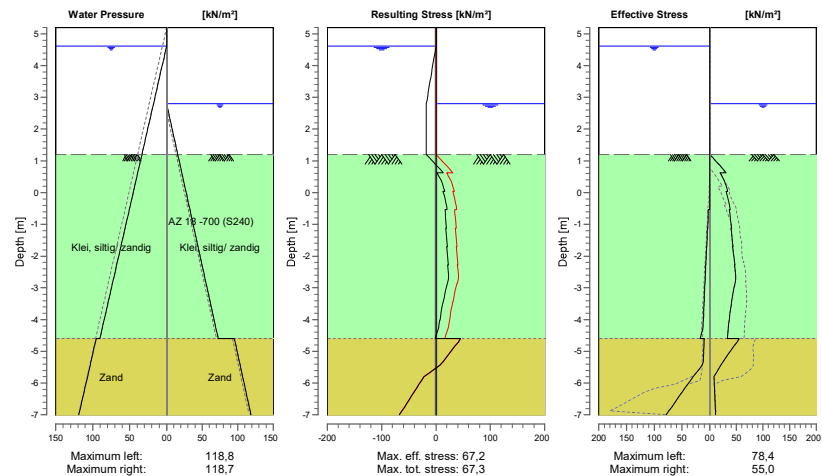
Segment number	Level [m]	Moment [kNm]	Shear force [kN]	Displacement [mm]
1	5,20	0,00	0,00	136,4
1	4,90	0,00	0,00	131,1
2	4,90	0,00	0,00	131,1
2	4,61	0,00	0,00	126,1
3	4,61	0,00	0,00	126,1
3	4,01	-0,36	-1,79	115,6
4	4,01	-0,36	-1,79	115,6
4	3,40	-2,87	-7,14	105,0
5	3,40	-2,87	-7,14	105,0
5	2,80	-9,70	-16,07	94,6
6	2,80	-9,70	-16,07	94,6
6	2,40	-17,54	-23,17	87,6
7	2,40	-17,54	-23,17	87,6
7	2,00	-28,23	-30,27	80,7
8	2,00	-28,23	-30,27	80,7
8	1,60	-41,76	-37,38	73,9
9	1,60	-41,76	-37,38	73,9
9	1,20	-58,13	-44,48	67,2
10	1,20	-58,13	-44,48	67,2
10	0,62	-85,14	-45,62	57,8
11	0,62	-85,14	-45,62	57,8
11	0,04	-110,32	-39,85	48,8
12	0,04	-110,32	-39,85	48,8
12	-0,54	-130,78	-29,96	40,5
13	-0,54	-130,78	-29,96	40,5
13	-1,12	-145,23	-19,56	32,9
14	-1,12	-145,23	-19,56	32,9
14	-1,70	-153,40	-8,35	26,0
15	-1,70	-153,40	-8,35	26,0
15	-2,28	-154,79	3,85	20,0
16	-2,28	-154,79	3,86	20,0

Segment number	Level [m]	Moment [kNm]	Shear force [kN]	Displacement [mm]
16	-2,86	-148,78	16,90	14,9
17	-2,86	-148,78	16,93	14,9
17	-3,44	-135,90	26,75	10,5
18	-3,44	-135,90	26,75	10,5
18	-4,02	-118,55	32,53	6,9
19	-4,02	-118,55	32,53	6,9
19	-4,60	-98,89	34,40	4,0
20	-4,60	-98,89	34,56	4,0
20	-5,20	-71,58	53,73	1,5
21	-5,20	-71,59	53,86	1,5
21	-5,80	-37,92	54,18	-0,5
22	-5,80	-37,92	54,05	-0,5
22	-6,40	-10,83	33,93	-2,4
23	-6,40	-10,83	33,78	-2,4
23	-7,00	0,00	0,10	-4,1
Max		-154,79	54,18	136,4
Max, minor nodes incl.		-155,09	57,19	136,4

6.8.3 Charts of Stresses

Stress States - Stage 1: Extreem

Step 6.5 - Partial factor set: RC 2



6.8.4 Stresses

Node number	Level [m]	Left				Right			
		Effective Stress [kN/m²]	Water stress [kN/m²]	Stat*	Mob** [%]	Effective Stress [kN/m²]	Water stress [kN/m²]	Stat*	Mob** [%]
1	5,20	0,00	0,00	-		0,00	0,00	-	
1	4,90	0,00	0,00	-		0,00	0,00	-	
2	4,90	0,00	0,00	-		0,00	0,00	-	
2	4,61	0,00	0,00	-		0,00	0,00	-	
3	4,61	0,00	0,00	-		0,00	0,00	-	
3	4,01	0,00	5,92	-		0,00	0,00	-	
4	4,01	0,00	5,92	-		0,00	0,00	-	
4	3,40	0,00	11,84	-		0,00	0,00	-	
5	3,40	0,00	11,84	-		0,00	0,00	-	
5	2,80	0,00	17,76	-		0,00	0,00	-	
6	2,80	0,00	17,76	-		0,00	0,00	-	

Node number	Level [m]	Left				Right			
		Effective Stress [kN/m ²]	Water stress [kN/m ²]	Stat*	Mob** [%]	Effective Stress [kN/m ²]	Water stress [kN/m ²]	Stat*	Mob** [%]
6	2,40	0,00	21,68	-		0,00	3,92	-	
7	2,40	0,00	21,68	-		0,00	3,92	-	
7	2,00	0,00	25,60	-		0,00	7,85	-	
8	2,00	0,00	25,60	-		0,00	7,85	-	
8	1,60	0,00	29,53	-		0,00	11,77	-	
9	1,60	0,00	29,53	-		0,00	11,77	-	
9	1,20	0,00	33,45	-		0,00	15,70	-	
10	1,20	0,00	33,45	A		0,00	15,70	P	
10	0,62	0,00	39,14	A		30,83	21,39	3	97
11	0,62	0,00	39,14	A		19,50	21,39	P	
11	0,04	0,00	44,83	A		33,67	27,08	3	86
12	0,04	0,09	44,83	A		30,73	27,08	3	90
12	-0,54	0,13	50,52	A		38,16	32,77	2	75
13	-0,54	2,67	50,52	A		36,90	32,77	2	77
13	-1,12	3,56	56,21	A		40,75	38,46	2	64
14	-1,12	4,15	56,21	A		39,81	38,46	2	65
14	-1,70	5,18	61,90	A		43,74	44,15	2	57
15	-1,70	5,65	61,90	A		42,99	44,15	2	57
15	-2,28	6,78	67,59	A		47,11	49,83	2	52
16	-2,28	7,18	67,59	A		46,49	49,83	2	52
16	-2,86	8,37	73,28	A		47,23	55,52	1	46
17	-2,86	8,71	73,28	A		47,23	55,52	1	46
17	-3,44	9,95	78,97	A		41,06	61,21	1	35
18	-3,44	10,24	78,97	A		41,06	61,21	1	36
18	-4,02	11,52	84,66	A		36,38	66,90	1	28
19	-4,02	11,78	84,66	A		36,38	66,90	1	28
19	-4,60	17,05	90,35	1		33,00	72,59	1	23
20	-4,60	9,91	95,25	A		54,95	95,19	2	51
20	-5,20	11,44	101,14	A		29,90	101,08	1	21
21	-5,20	11,46	101,14	A		29,90	101,08	1	22
21	-5,80	29,82	107,02	1	11	8,06	106,97	A	
22	-5,80	29,82	107,02	1	11	8,06	106,97	A	
22	-6,40	54,52	112,91	1	18	9,60	112,85	A	
23	-6,40	54,52	112,91	1	18	9,61	112,85	A	
23	-7,00	78,35	118,79	1	23	11,14	118,74	A	

Stat* Status (A=active, P=passive, Number is branche, 0 is unloading)
 Mob** Percentage passive mobilized

6.8.5 Percentage Mobilized Resistance

Horizontal soil pressure	Left [kN]	Right [kN]
Effective	114,8	262,4
Water	672,9	525,3
Total	787,7	787,8

Considered as passive side	Right
Maximum passive effective resistance	850,57 kN
Mobilized passive effective resistance	262,45 kN
Percentage mobilized resistance	30,9 %

6.8.6 Vertical Force Balance

Xi factor	1,39
Partial factor base resistance	1,20
Maximum point resistance	5,000 [MPa]

Vertical force balance unplugged	Force [kN]
Vertical force active	-38,68
Vertical force passive	74,96
Resulting vertical force (no dead weight)	36,28
Vertical toe capacity R _{b;d}	41,67
Resultant goes up	

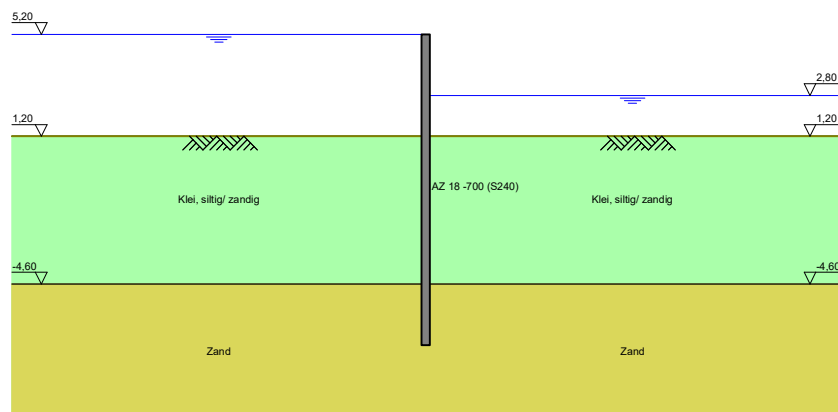
Vertical force balance plugged	Force [kN]
Vertical force active	-38,68
Vertical force passive	74,96
Resulting vertical force (no dead weight)	36,28
Vertical toe capacity R _{b;d}	1258,99
Resultant goes up	

6.8.7 Vertical Force Balance - Contribution per Layer

Left			Right		
Level [m]	Layer name	Contribution [kN]	Level [m]	Layer name	Contribution [kN]
2,00	Klei, siltig/ zandig	-8,66	2,00	Klei, siltig/ zandig	57,38
-4,60	Zand	-30,02	-4,60	Zand	17,59

7 Outline Stage 2: Calamiteit

Outline - Stage 2: Calamiteit

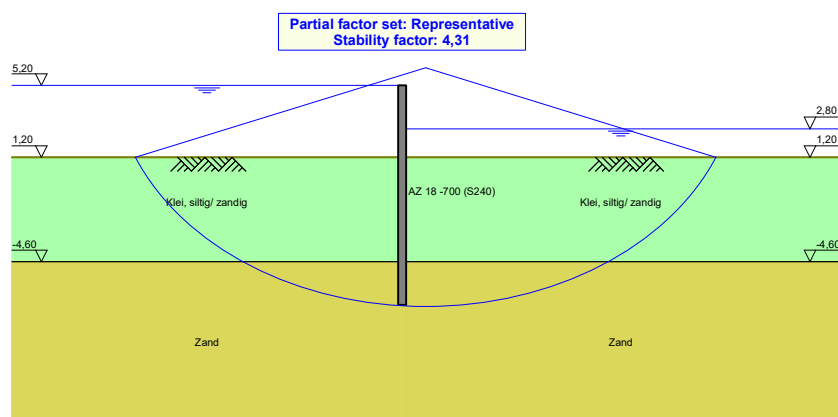


8 Overall Stability Stage 2: Calamiteit

Stability factor : 4,31

8.1 Overall Stability

Overall Stability - Stage 2: Calamiteit



9 Step 6.5 Stage 2: Calamiteit

9.1 General Input Data

Passive side:

D-Sheet Piling determined

9.2 Input Data Left

9.2.1 Calculation Method

Calculation method: C, phi, delta

9.2.2 Water Level

Water level: 5,20 [m]

9.2.3 Surface

X [m]	Y [m]
0,00	1,20

9.2.4 Soil Material Properties in Profile: Actief (Calamiteit)

Layer name	Level [m]	Unit weight	
		Unsat [kN/m³]	Sat. [kN/m³]
Klei, siltig/ zandig	2,00	16,80	16,80
Zand	-4,60	17,00	19,00

Layer name	Level [m]	Cohesion [kN/m²]	Friction angle phi [°]	Delta friction angle*	
				Not reduced [°]	Reduced [°]
Klei, siltig/ zandig	2,00	2,00	22,50	15,00	15,00
Zand	-4,60	0,00	30,00	20,00	20,00

* The 'not reduced' Delta angle is used for the calculation of the active earth pressure coefficient of Culmann whereas the 'reduced' Delta angle is used for the passive earth pressure coefficient.

Layer name	Level [m]	Shell factor [-]	OCR [-]	Grain type
Klei, siltig/ zandig	2,00	1,00	1,00	Fine
Zand	-4,60	1,00	1,00	Fine

Layer name	Level [m]	Earth pressure coefficients			Additional pore pressure	
		Active [-]	Neutral [-]	Passive [-]	Top [kN/m²]	Bottom [kN/m²]
Klei, siltig/ zandig	2,00	n.a.	n.a.	n.a.	0,00	0,00
Zand	-4,60	n.a.	n.a.	n.a.	-1,00	-1,00

9.2.5 Modulus of Subgrade Reaction (Secant)

Layer name	Level [m]	Branch 1		Branch 2	
		Top [kN/m³]	Bottom [kN/m³]	Top [kN/m³]	Bottom [kN/m³]
Klei, siltig/ zandig	2,00	2000,00	2000,00	800,00	800,00
Zand	-4,60	12000,00	12000,00	6000,00	6000,00

Layer name	Level [m]	Branch 3	
		Top [kN/m³]	Bottom [kN/m³]
Klei, siltig/ zandig	2,00	500,00	500,00
Zand	-4,60	3000,00	3000,00

9.3 Calculated Earth Pressure Coefficients Left

Segment number	Level [m]	Horizontal pressure		Fictive earth pressure coefficients		
		Active [kN/m²]	Passive [kN/m²]	Ka [-]	Ko [-]	Kp [-]
1	0,91	0,0	15,8	0,00	0,62	7,82
2	0,33	0,0	29,3	0,00	0,62	4,81
3	-0,25	0,1	42,6	0,01	0,62	4,21
4	-0,83	3,1	56,0	0,22	0,62	3,95
5	-1,41	4,7	69,4	0,26	0,62	3,80
6	-1,99	6,2	82,7	0,28	0,62	3,71
7	-2,57	7,8	96,1	0,29	0,62	3,65
8	-3,15	9,3	109,5	0,31	0,62	3,60
9	-3,73	10,9	122,8	0,32	0,62	3,56
10	-4,31	12,4	136,2	0,32	0,62	3,54
11	-4,90	12,3	265,0	0,28	0,50	5,98
12	-5,50	13,9	291,1	0,28	0,50	5,84
13	-6,10	15,4	320,7	0,28	0,50	5,80
14	-6,70	17,0	351,2	0,28	0,50	5,77

9.4 Calculated Force from a Layer - Left Side

Name	Force
Klei, siltig/ zandig	31,63
Zand	145,68

9.5 Input Data Right

9.5.1 Calculation Method

Calculation method: C, phi, delta

9.5.2 Water Level

Water level: 2,80 [m]

9.5.3 Surface

X [m]	Y [m]
0,00	1,20

9.5.4 Soil Material Properties in Profile: Passief

Layer name	Level [m]	Unit weight	
		Unsat [kN/m³]	Sat. [kN/m³]
Klei, siltig/ zandig	2,00	16,80	16,80
Zand	-4,60	17,00	19,00

Layer name	Level [m]	Cohesion [kN/m²]	Friction angle phi [°]	Delta friction angle*	
				Not reduced [°]	Reduced [°]
Klei, siltig/ zandig	2,00	2,00	22,50	15,00	15,00
Zand	-4,60	0,00	30,00	20,00	20,00

* The 'not reduced' Delta angle is used for the calculation of the active earth pressure coefficient of Culmann whereas the 'reduced' Delta angle is used for the passive earth pressure coefficient.

Layer name	Level [m]	Shell factor [-]	OCR [-]	Grain type
Klei, siltig/ zandig	2,00	1,00	1,00	Fine
Zand	-4,60	1,00	1,00	Fine

Layer name	Level [m]	Earth pressure coefficients			Additional pore pressure	
		Active [-]	Neutral [-]	Passive [-]	Top [kN/m ²]	Bottom [kN/m ²]
Klei, siltig/ zandig	2,00	n.a.	n.a.	n.a.	0,00	0,00
Zand	-4,60	n.a.	n.a.	n.a.	22,60	22,60

9.5.5 Modulus of Subgrade Reaction (Secant)

Layer name	Level [m]	Branch 1		Branch 2	
		Top [kN/m ³]	Bottom [kN/m ³]	Top [kN/m ³]	Bottom [kN/m ³]
Klei, siltig/ zandig	2,00	2000,00	2000,00	800,00	800,00
Zand	-4,60	12000,00	12000,00	6000,00	6000,00

Layer name	Level [m]	Branch 3	
		Top [kN/m ³]	Bottom [kN/m ³]
Klei, siltig/ zandig	2,00	500,00	500,00
Zand	-4,60	3000,00	3000,00

9.6 Calculated Earth Pressure Coefficients Right

Segment number	Level [m]	Horizontal pressure		Fictive earth pressure coefficients		
		Active [kN/m ²]	Passive [kN/m ²]	Ka [-]	Ko [-]	Kp [-]
1	0,91	0,0	15,8	0,00	0,62	7,82
2	0,33	0,0	29,3	0,00	0,62	4,81
3	-0,25	0,1	42,6	0,01	0,62	4,21
4	-0,83	3,1	56,0	0,22	0,62	3,95
5	-1,41	4,7	69,4	0,26	0,62	3,80
6	-1,99	6,2	82,7	0,28	0,62	3,71
7	-2,57	7,8	96,1	0,29	0,62	3,65
8	-3,15	9,3	109,5	0,31	0,62	3,60
9	-3,73	10,9	122,8	0,32	0,62	3,56
10	-4,31	12,4	136,2	0,32	0,62	3,54
11	-4,90	5,8	125,2	0,28	0,50	6,05
12	-5,50	7,3	155,2	0,28	0,50	5,92
13	-6,10	8,8	185,7	0,28	0,50	5,85
14	-6,70	10,4	216,4	0,28	0,50	5,81

9.7 Calculated Force from a Layer - Right Side

Name	Force
Klei, siltig/ zandig	293,27
Zand	86,37

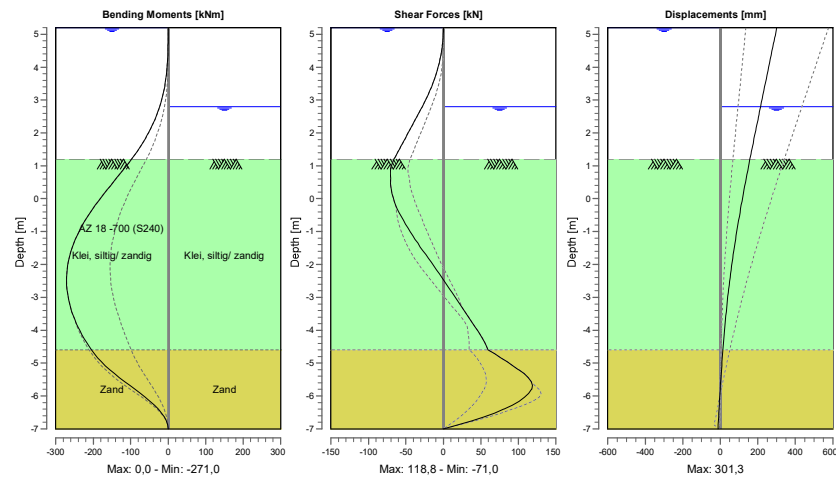
9.8 Calculation Results

Number of iterations: 5

9.8.1 Charts of Moments, Forces and Displacements

Moments/Forces/Displacements - Stage 2: Calamiteit

Step 6.5 - Partial factor set: Representative



9.8.2 Moments, Forces and Displacements

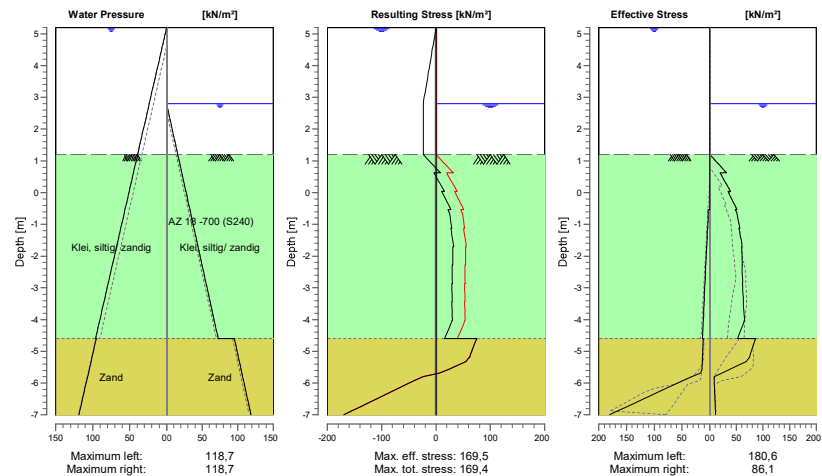
Segment number	Level [m]	Moment [kNm]	Shear force [kN]	Displacement [mm]
1	5,20	0,00	0,00	301,3
1	4,90	-0,04	-0,44	290,4
2	4,90	-0,04	-0,44	290,4
2	4,61	-0,34	-1,71	279,9
3	4,61	-0,34	-1,71	279,9
3	4,01	-2,78	-6,98	258,1
4	4,01	-2,78	-6,98	258,1
4	3,40	-9,48	-15,83	236,3
5	3,40	-9,48	-15,83	236,3
5	2,80	-22,60	-28,25	214,6
6	2,80	-22,60	-28,25	214,6
6	2,40	-35,79	-37,67	200,2
7	2,40	-35,79	-37,67	200,2
7	2,00	-52,74	-47,09	186,0
8	2,00	-52,74	-47,09	186,0
8	1,60	-73,46	-56,51	171,9
9	1,60	-73,46	-56,51	171,9
9	1,20	-97,94	-65,92	157,9
10	1,20	-97,94	-65,92	157,9
10	0,62	-138,36	-70,39	138,2
11	0,62	-138,36	-70,39	138,2
11	0,04	-178,77	-67,06	119,3
12	0,04	-178,76	-67,06	119,3
12	-0,54	-214,94	-56,05	101,3
13	-0,54	-214,94	-56,04	101,3
13	-1,12	-243,22	-40,84	84,6
14	-1,12	-243,22	-40,84	84,6
14	-1,70	-262,03	-23,52	69,1
15	-1,70	-262,03	-23,51	69,1
15	-2,28	-270,47	-5,61	55,1
16	-2,28	-270,47	-5,60	55,1

Segment number	Level [m]	Moment [kNm]	Shear force [kN]	Displacement [mm]
16	-2,86	-268,70	11,72	42,6
17	-2,86	-268,70	11,74	42,6
17	-3,44	-256,95	28,81	31,5
18	-3,44	-256,95	28,81	31,5
18	-4,02	-235,30	45,97	21,9
19	-4,02	-235,30	46,02	21,9
19	-4,60	-204,36	59,27	13,5
20	-4,60	-204,36	59,48	13,5
20	-5,20	-156,07	100,17	6,1
21	-5,20	-156,10	100,62	6,1
21	-5,80	-88,11	117,76	-0,5
22	-5,80	-88,08	117,58	-0,5
22	-6,40	-26,35	80,79	-6,5
23	-6,40	-26,35	80,46	-6,5
23	-7,00	0,00	0,24	-12,4
Max		-270,47	117,76	301,3
Max, minor nodes incl.		-270,97	118,80	301,3

9.8.3 Charts of Stresses

Stress States - Stage 2: Calamiteit

Step 6.5 - Partial factor set: Representative



9.8.4 Stresses

Node number	Level [m]	Left				Right			
		Effective Stress [kN/m²]	Water stress [kN/m²]	Stat*	Mob** [%]	Effective Stress [kN/m²]	Water stress [kN/m²]	Stat*	Mob** [%]
1	5,20	0,00	0,00	-		0,00	0,00	-	
1	4,90	0,00	2,94	-		0,00	0,00	-	
2	4,90	0,00	2,94	-		0,00	0,00	-	
2	4,61	0,00	5,79	-		0,00	0,00	-	
3	4,61	0,00	5,79	-		0,00	0,00	-	
3	4,01	0,00	11,71	-		0,00	0,00	-	
4	4,01	0,00	11,71	-		0,00	0,00	-	
4	3,40	0,00	17,63	-		0,00	0,00	-	
5	3,40	0,00	17,63	-		0,00	0,00	-	
5	2,80	0,00	23,54	-		0,00	0,00	-	
6	2,80	0,00	23,54	-		0,00	0,00	-	

Node number	Level [m]	Left				Right			
		Effective Stress [kN/m ²]	Water stress [kN/m ²]	Stat*	Mob** [%]	Effective Stress [kN/m ²]	Water stress [kN/m ²]	Stat*	Mob** [%]
6	2,40	0,00	27,47	-		0,00	3,92	-	
7	2,40	0,00	27,47	-		0,00	3,92	-	
7	2,00	0,00	31,39	-		0,00	7,85	-	
8	2,00	0,00	31,39	-		0,00	7,85	-	
8	1,60	0,00	35,32	-		0,00	11,77	-	
9	1,60	0,00	35,32	-		0,00	11,77	-	
9	1,20	0,00	39,24	-		0,00	15,70	-	
10	1,20	0,00	39,24	A		0,00	15,70	P	
10	0,62	0,00	44,93	A		31,70	21,39	P	
11	0,62	0,00	44,93	A		19,50	21,39	P	
11	0,04	0,00	50,62	A		39,01	27,08	P	
12	0,04	0,09	50,62	A		34,11	27,08	P	
12	-0,54	0,13	56,31	A		51,16	32,77	P	
13	-0,54	2,67	56,31	A		48,00	32,77	P	
13	-1,12	3,56	62,00	A		56,32	38,46	3	88
14	-1,12	4,15	62,00	A		54,91	38,46	3	89
14	-1,70	5,18	67,69	A		60,98	44,15	2	79
15	-1,70	5,65	67,69	A		60,20	44,15	3	80
15	-2,28	6,78	73,38	A		61,14	49,83	2	68
16	-2,28	7,18	73,38	A		60,52	49,83	2	68
16	-2,86	8,37	79,07	A		61,93	55,52	2	60
17	-2,86	8,71	79,07	A		61,40	55,52	2	60
17	-3,44	9,95	84,76	A		63,32	61,21	2	54
18	-3,44	10,24	84,76	A		62,85	61,21	2	54
18	-4,02	11,52	90,45	A		65,27	66,90	2	50
19	-4,02	11,78	90,45	A		64,86	66,90	2	50
19	-4,60	13,09	96,14	A		52,07	72,59	1	36
20	-4,60	11,55	95,14	A		86,15	95,19	2	79
20	-5,20	13,08	101,02	A		74,59	101,08	2	53
21	-5,20	13,10	101,02	A		73,52	101,08	2	53
21	-5,80	32,34	106,91	1	11	8,49	106,97	1	
22	-5,80	32,34	106,91	1	11	8,50	106,97	1	
22	-6,40	107,52	112,80	1	32	9,60	112,85	A	
23	-6,40	107,52	112,80	1	32	9,61	112,85	A	
23	-7,00	180,64	118,68	1	49	11,14	118,74	A	

Stat* Status (A=active, P=passive, Number is branche, 0 is unloading)
 Mob** Percentage passive mobilized

9.8.5 Percentage Mobilized Resistance

Horizontal soil pressure	Left [kN]	Right [kN]
Effective	177,3	379,6
Water	727,7	525,3
Total	905,0	905,0

Considered as passive side	Right
Maximum passive effective resistance	850,57 kN
Mobilized passive effective resistance	379,65 kN
Percentage mobilized resistance	44,6 %

9.8.6 Vertical Force Balance

Xi factor	1,39
Partial factor base resistance	1,20
Maximum point resistance	5,000 [MPa]

Vertical force balance unplugged	Force [kN]
Vertical force active	-61,50
Vertical force passive	110,02
Resulting vertical force (no dead weight)	48,52
Vertical toe capacity Rb;d	41,67
Resultant goes up	

Vertical force balance plugged	Force [kN]
Vertical force active	-61,50
Vertical force passive	110,02
Resulting vertical force (no dead weight)	48,52
Vertical toe capacity Rb;d	1258,99
Resultant goes up	

9.8.7 Vertical Force Balance - Contribution per Layer

Left			Right		
Level [m]	Layer name	Contribution [kN]	Level [m]	Layer name	Contribution [kN]
2,00	Klei, siltig/ zandig	-8,47	2,00	Klei, siltig/ zandig	78,58
-4,60	Zand	-53,02	-4,60	Zand	31,44

End of Report

Report for D-Sheet Piling 20.2

Design of Diaphragm and Sheet Pile Walls
Developed by Deltares

Date of report: 30-7-2021
Time of report: 14:15:06
Report with version: 20.2.1.30962

Date of calculation: 30-7-2021
Time of calculation: 14:12:24
Calculated with version: 20.2.1.30962

File name: Bouwkuip stuw - benedenstrooms

Verification according to National Annex of Eurocode 7 in the Netherlands (NEN 9997-1:2016)

1 Table of Contents

1 Table of Contents	2
2 Summary	4
2.1 Overview per Stage and Test	4
2.2 Overall Stability per Stage	4
3 Input Data for all Stages	5
3.1 General Input Data	5
3.2 Sheet Piling Properties	5
3.2.1 General Properties	5
3.2.2 Stiffness EI (elastic behaviour)	5
3.2.3 Maximum Allowable Moments	5
3.2.4 Properties for Vertical Balance	5
3.3 Calculation Options	5
4 Outline Stage 1: Initieel	7
5 Overall Stability Stage 1: Initieel	8
5.1 Overall Stability	8
6 Step 6.5 Stage 1: Initieel	9
6.1 General Input Data	9
6.2 Input Data Left	9
6.2.1 Calculation Method	9
6.2.2 Water Level	9
6.2.3 Surface	9
6.2.4 Soil Material Properties in Profile: Actief (N)	9
6.2.5 Modulus of Subgrade Reaction (Secant)	9
6.3 Calculated Earth Pressure Coefficients Left	10
6.4 Calculated Force from a Layer - Left Side	10
6.5 Input Data Right	10
6.5.1 Calculation Method	10
6.5.2 Water Level	10
6.5.3 Surface	10
6.5.4 Soil Material Properties in Profile: Actief (N)	10
6.5.5 Modulus of Subgrade Reaction (Secant)	11
6.6 Calculated Earth Pressure Coefficients Right	11
6.7 Calculated Force from a Layer - Right Side	11
6.8 Calculation Results	12
6.8.1 Charts of Moments, Forces and Displacements	12
6.8.2 Moments, Forces and Displacements	12
6.8.3 Charts of Stresses	13
6.8.4 Stresses	13
6.8.5 Percentage Mobilized Resistance	14
6.8.6 Vertical Force Balance	15
6.8.7 Vertical Force Balance - Contribution per Layer	15
7 Outline Stage 2: Ontgraven	16
8 Overall Stability Stage 2: Ontgraven	17
8.1 Overall Stability	17
9 Step 6.5 Stage 2: Ontgraven	18
9.1 General Input Data	18
9.2 Input Data Left	18
9.2.1 Calculation Method	18
9.2.2 Water Level	18
9.2.3 Surface	18
9.2.4 Soil Material Properties in Profile: Actief (N)	18
9.2.5 Modulus of Subgrade Reaction (Secant)	18
9.3 Calculated Earth Pressure Coefficients Left	19
9.4 Calculated Force from a Layer - Left Side	19
9.5 Input Data Right	19
9.5.1 Calculation Method	19
9.5.2 Water Level	19
9.5.3 Surface	19
9.5.4 Soil Material Properties in Profile: Passief (N)	19
9.5.5 Modulus of Subgrade Reaction (Secant)	20
9.6 Calculated Earth Pressure Coefficients Right	20
9.7 Calculated Force from a Layer - Right Side	21
9.8 Calculation Results	21
9.8.1 Charts of Moments, Forces and Displacements	21

9.8.2 Moments, Forces and Displacements	21
9.8.3 Charts of Stresses	22
9.8.4 Stresses	23
9.8.5 Percentage Mobilized Resistance	23
9.8.6 Vertical Force Balance	24
9.8.7 Vertical Force Balance - Contribution per Layer	24

2 Summary

2.1 Overview per Stage and Test

Stage nr.	Verification type	Displacement [mm]	Moment [kNm]	Shear force [kN]	Mob. perc. moment [%]	Mob. perc. resistance [%]	Status
1	EC7(NL)-Step 6.3		-12,54	-6,05	0,0	15,3	
1	EC7(NL)-Step 6.4		-11,72	-6,02	0,0	15,3	
1	EC7(NL)-Step 6.5	0,0	0,00	0,00	0,0	10,0	
1	EC7(NL)-Step 6.5 x 1,200		0,00	0,00			
2	EC7(NL)-Step 6.3		-243,65	79,18	0,0	29,9	
2	EC7(NL)-Step 6.4		-218,05	78,61	0,0	30,1	
2	EC7(NL)-Step 6.5	58,5	-86,09	26,69	0,0	16,7	
2	EC7(NL)-Step 6.5 x 1,200		-103,30	32,02			

Max		58,5	-243,65	79,18	0,0	30,1	
-----	--	-------------	----------------	--------------	------------	-------------	--

Stage nr.	Verification type	Vertical balance
1	EC7(NL)-Step 6.3	Upwards
1	EC7(NL)-Step 6.4	Upwards
1	EC7(NL)-Step 6.5	Sufficient
1	EC7(NL)-Step 6.5 x 1,200	
2	EC7(NL)-Step 6.3	Upwards
2	EC7(NL)-Step 6.4	Upwards
2	EC7(NL)-Step 6.5	Upwards
2	EC7(NL)-Step 6.5 x 1,200	

Max		Sufficient
-----	--	------------

2.2 Overall Stability per Stage

Stage name	Stability factor [-]
Initieel	10000,00
Ontgraven	6,18

3 Input Data for all Stages

3.1 General Input Data

Verification according to National Annex of Eurocode 7 in the Netherlands (NEN 9997-1:2016)

Model	Sheet piling
Check vertical balance	Yes
Number of construction stages	2
Unit weight of water	9,81 kN/m ³
Number of curves for spring characteristics	3
Unloading curve on spring characteristic	No
Elastic calculation	Yes

3.2 Sheet Piling Properties

Length	15,20 m
Level top side	5,20 m
Number of sections	1
q _{b,max}	5,00 MPa
Xi factor	1,39

3.2.1 General Properties

Section name	From [m]	To [m]	Material type	Acting width [m]
AZ 18 -700 (S2...	-10,00	5,20	Steel	1,00

3.2.2 Stiffness EI (elastic behaviour)

Section name	Elastic stiffness EI [kNm ² /m']	Red. factor on EI [-]	Corrected elas. stiffness EI [kNm ²]	Note to reduction factor
AZ 18 -700 (S2...	7,9380E+04	1,00	7,9380E+04	

3.2.3 Maximum Allowable Moments

Section name	Mr;char;el [kNm/m']	Modification factor [-]	Material factor [-]	Red. factor allow. moment [-]	Mr;d;el [kNm]
AZ 18 -700 (S2...	432,00	1,00	1,00	1,00	432,00

3.2.4 Properties for Vertical Balance

Section name	From [m]	To [m]	Height [mm]	Coating area [m ² /m ² wall]	Section area [cm ² /m']
AZ 18 -700 (S2...	-10,00	5,20	420,00	1,33	139,00

3.3 Calculation Options

First stage represents initial situation	No
Calculation refinement	Coarse
Reduce delta(s) according to CUR	Yes
Verification	EC7 NA NL - method A: Partial factors (design values) in all stages. Eurocode 7 using the factors as described in the National Annex of the Netherlands. It is basically design approach III.
Used partial factor set	RC 1
Factors on loads - Geotechnical loads	

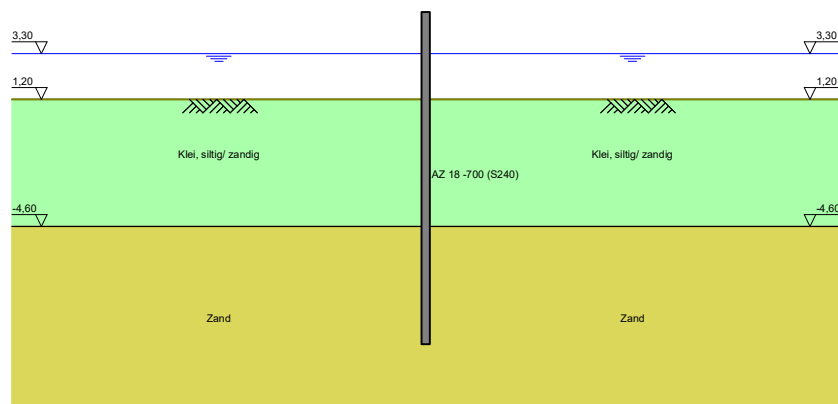
- Permanent load, unfavourable	1,000
- Permanent load, favourable	1,000
- Variable load, unfavourable	1,000
- Variable load, favourable	0,000
Factors on loads - Constructive loads	
- Permanent load, unfavourable	1,215
- Permanent load, favourable	0,900
- Variable load, unfavourable	1,350
- Variable load, favourable	0,000
Material factors	
- Cohesion	1,150
- Tangent phi	1,150
- Delta (wall friction angle)*	1,150
- Modulus of low representative subgrade reaction	1,300
Geometry modification	
- Increase retaining height	10,00 %
- Maximum increase retaining height	0,50 m
- Reduction in phreatic line on passive side **	0,20 m
- Raise in phreatic line on passive side **	0,20 m
- Raise in phreatic line on active side	0,05 m
Factors on representative values	
- Partial factor on M, D and Pmax	1,200
Overall stability factors	
- Cohesion	1,300
- Tangent phi	1,200
- Factor on unit weight soil	1,000
Vertical balance factors	
- Partial factor base resistance (gamma_b)	1,200

* For delta (wall friction angle), the input value of tangent phi is used

** This modification of the phreatic level does not apply when the sheet piling is completely submerged.

4 Outline Stage 1: Initieel

Outline - Stage 1: Initieel

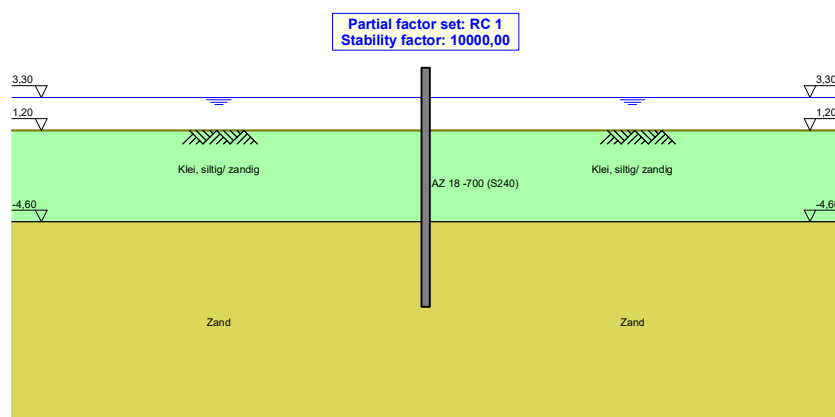


5 Overall Stability Stage 1: Initieel

Stability factor : 10000,00

5.1 Overall Stability

Overall Stability - Stage 1: Initieel



6 Step 6.5 Stage 1: Initieel

6.1 General Input Data

Passive side:

D-Sheet Piling determined

6.2 Input Data Left

6.2.1 Calculation Method

Calculation method: C, phi, delta

6.2.2 Water Level

Water level: 3,30 [m]

6.2.3 Surface

X [m]	Y [m]
0,00	1,20

6.2.4 Soil Material Properties in Profile: Actief (N)

Layer name	Level [m]	Unit weight	
		Unsat [kN/m³]	Sat. [kN/m³]
Klei, siltig/ zandig	2,00	16,80	16,80
Zand	-4,60	17,00	19,00

Layer name	Level [m]	Cohesion [kN/m²]	Friction angle phi [°]	Delta friction angle*	
				Not reduced [°]	Reduced [°]
Klei, siltig/ zandig	2,00	2,00	22,50	15,00	15,00
Zand	-4,60	0,00	30,00	20,00	20,00

* The 'not reduced' Delta angle is used for the calculation of the active earth pressure coefficient of Culmann whereas the 'reduced' Delta angle is used for the passive earth pressure coefficient.

Layer name	Level [m]	Shell factor [-]	OCR [-]	Grain type
Klei, siltig/ zandig	2,00	1,00	1,00	Fine
Zand	-4,60	1,00	1,00	Fine

Layer name	Level [m]	Earth pressure coefficients			Additional pore pressure	
		Active [-]	Neutral [-]	Passive [-]	Top [kN/m²]	Bottom [kN/m²]
Klei, siltig/ zandig	2,00	n.a.	n.a.	n.a.	0,00	0,00
Zand	-4,60	n.a.	n.a.	n.a.	-1,00	-1,00

6.2.5 Modulus of Subgrade Reaction (Secant)

Layer name	Level [m]	Branch 1		Branch 2	
		Top [kN/m³]	Bottom [kN/m³]	Top [kN/m³]	Bottom [kN/m³]
Klei, siltig/ zandig	2,00	2000,00	2000,00	800,00	800,00
Zand	-4,60	12000,00	12000,00	6000,00	6000,00

Layer name	Level [m]	Branch 3	
		Top [kN/m³]	Bottom [kN/m³]
Klei, siltig/ zandig	2,00	500,00	500,00
Zand	-4,60	3000,00	3000,00

6.3 Calculated Earth Pressure Coefficients Left

Segment number	Level [m]	Horizontal pressure		Fictive earth pressure coefficients		
		Active [kN/m²]	Passive [kN/m²]	Ka [-]	Ko [-]	Kp [-]
1	1,10	0,0	11,4	0,00	0,62	16,38
2	0,65	0,0	21,9	0,00	0,62	5,69
3	-0,05	0,0	38,0	0,00	0,62	4,35
4	-0,75	2,6	54,2	0,19	0,62	3,97
5	-1,45	4,8	70,3	0,26	0,62	3,79
6	-2,15	6,6	86,4	0,28	0,62	3,69
7	-2,85	8,5	102,6	0,30	0,62	3,62
8	-3,55	10,4	118,7	0,31	0,62	3,57
9	-4,25	12,3	134,8	0,32	0,62	3,54
10	-4,94	12,4	266,6	0,28	0,50	5,97
11	-5,61	14,2	296,6	0,28	0,50	5,83
12	-6,29	15,9	330,1	0,28	0,50	5,79
13	-6,96	17,6	364,7	0,28	0,50	5,77
14	-7,64	19,4	399,8	0,28	0,50	5,76
15	-8,31	21,1	435,0	0,28	0,50	5,75
16	-8,99	22,9	470,4	0,28	0,50	5,75
17	-9,66	24,6	505,8	0,28	0,50	5,74

6.4 Calculated Force from a Layer - Left Side

Name	Force
Klei, siltig/ zandig	72,58
Zand	179,16

6.5 Input Data Right

6.5.1 Calculation Method

Calculation method: C, phi, delta

6.5.2 Water Level

Water level: 3,30 [m]

6.5.3 Surface

X [m]	Y [m]
0,00	1,20

6.5.4 Soil Material Properties in Profile: Actief (N)

Layer name	Level [m]	Unit weight	
		Unsat [kN/m³]	Sat. [kN/m³]
Klei, siltig/ zandig	2,00	16,80	16,80
Zand	-4,60	17,00	19,00

Layer name	Level [m]	Cohesion [kN/m ²]	Friction angle phi [°]	Delta friction angle*	
				Not reduced [°]	Reduced [°]
Klei, siltig/ zandig	2,00	2,00	22,50	15,00	15,00
Zand	-4,60	0,00	30,00	20,00	20,00

* The 'not reduced' Delta angle is used for the calculation of the active earth pressure coefficient of Culmann whereas the 'reduced' Delta angle is used for the passive earth pressure coefficient.

Layer name	Level [m]	Shell factor [-]	OCR [-]	Grain type
Klei, siltig/ zandig	2,00	1,00	1,00	Fine
Zand	-4,60	1,00	1,00	Fine

Layer name	Level [m]	Earth pressure coefficients			Additional pore pressure	
		Active [-]	Neutral [-]	Passive [-]	Top [kN/m ²]	Bottom [kN/m ²]
Klei, siltig/ zandig	2,00	n.a.	n.a.	n.a.	0,00	0,00
Zand	-4,60	n.a.	n.a.	n.a.	-1,00	-1,00

6.5.5 Modulus of Subgrade Reaction (Secant)

Layer name	Level [m]	Branch 1		Branch 2	
		Top [kN/m ³]	Bottom [kN/m ³]	Top [kN/m ³]	Bottom [kN/m ³]
Klei, siltig/ zandig	2,00	2000,00	2000,00	800,00	800,00
Zand	-4,60	12000,00	12000,00	6000,00	6000,00

Layer name	Level [m]	Branch 3	
		Top [kN/m ³]	Bottom [kN/m ³]
Klei, siltig/ zandig	2,00	500,00	500,00
Zand	-4,60	3000,00	3000,00

6.6 Calculated Earth Pressure Coefficients Right

Segment number	Level [m]	Horizontal pressure		Fictive earth pressure coefficients		
		Active [kN/m ²]	Passive [kN/m ²]	Ka [-]	Ko [-]	Kp [-]
1	1,10	0,0	11,4	0,00	0,62	16,38
2	0,65	0,0	21,9	0,00	0,62	5,69
3	-0,05	0,0	38,0	0,00	0,62	4,35
4	-0,75	2,6	54,2	0,19	0,62	3,97
5	-1,45	4,8	70,3	0,26	0,62	3,79
6	-2,15	6,6	86,4	0,28	0,62	3,69
7	-2,85	8,5	102,6	0,30	0,62	3,62
8	-3,55	10,4	118,7	0,31	0,62	3,57
9	-4,25	12,3	134,8	0,32	0,62	3,54
10	-4,94	12,4	266,6	0,28	0,50	5,97
11	-5,61	14,2	296,6	0,28	0,50	5,83
12	-6,29	15,9	330,1	0,28	0,50	5,79
13	-6,96	17,6	364,7	0,28	0,50	5,77
14	-7,64	19,4	399,8	0,28	0,50	5,76
15	-8,31	21,1	435,0	0,28	0,50	5,75
16	-8,99	22,9	470,4	0,28	0,50	5,75
17	-9,66	24,6	505,8	0,28	0,50	5,74

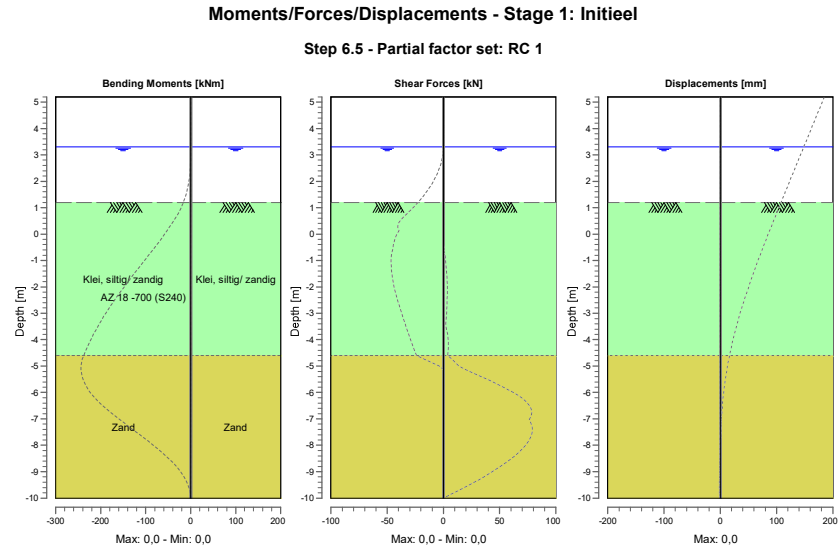
6.7 Calculated Force from a Layer - Right Side

Name	Force
Klei, siltig/ zandig	72,58
Zand	179,16

6.8 Calculation Results

Number of iterations: 2

6.8.1 Charts of Moments, Forces and Displacements



6.8.2 Moments, Forces and Displacements

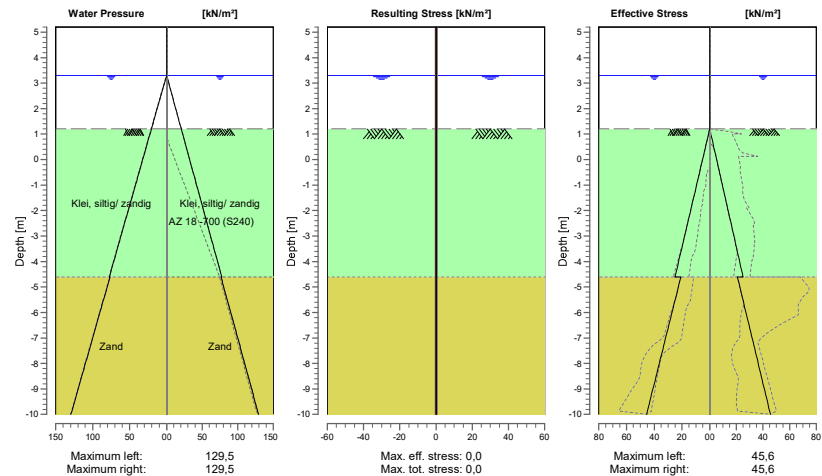
Segment number	Level [m]	Moment [kNm]	Shear force [kN]	Displacement [mm]
1	5,20	0,00	0,00	0,0
1	4,57	0,00	0,00	0,0
2	4,57	0,00	0,00	0,0
2	3,93	0,00	0,00	0,0
3	3,93	0,00	0,00	0,0
3	3,30	0,00	0,00	0,0
4	3,30	0,00	0,00	0,0
4	2,65	0,00	0,00	0,0
5	2,65	0,00	0,00	0,0
5	2,00	0,00	0,00	0,0
6	2,00	0,00	0,00	0,0
6	1,60	0,00	0,00	0,0
7	1,60	0,00	0,00	0,0
7	1,20	0,00	0,00	0,0
8	1,20	0,00	0,00	0,0
8	1,00	0,00	0,00	0,0
9	1,00	0,00	0,00	0,0
9	0,30	0,00	0,00	0,0
10	0,30	0,00	0,00	0,0
10	-0,40	0,00	0,00	0,0
11	-0,40	0,00	0,00	0,0
11	-1,10	0,00	0,00	0,0
12	-1,10	0,00	0,00	0,0
12	-1,80	0,00	0,00	0,0
13	-1,80	0,00	0,00	0,0
13	-2,50	0,00	0,00	0,0
14	-2,50	0,00	0,00	0,0

Segment number	Level [m]	Moment [kNm]	Shear force [kN]	Displacement [mm]
14	-3,20	0,00	0,00	0,0
15	-3,20	0,00	0,00	0,0
15	-3,90	0,00	0,00	0,0
16	-3,90	0,00	0,00	0,0
16	-4,60	0,00	0,00	0,0
17	-4,60	0,00	0,00	0,0
17	-5,28	0,00	0,00	0,0
18	-5,28	0,00	0,00	0,0
18	-5,95	0,00	0,00	0,0
19	-5,95	0,00	0,00	0,0
19	-6,63	0,00	0,00	0,0
20	-6,63	0,00	0,00	0,0
20	-7,30	0,00	0,00	0,0
21	-7,30	0,00	0,00	0,0
21	-7,97	0,00	0,00	0,0
22	-7,97	0,00	0,00	0,0
22	-8,65	0,00	0,00	0,0
23	-8,65	0,00	0,00	0,0
23	-9,32	0,00	0,00	0,0
24	-9,32	0,00	0,00	0,0
24	-10,00	0,00	0,00	0,0
Max		0,00	0,00	0,0
Max, minor nodes incl.		0,00	0,00	0,0

6.8.3 Charts of Stresses

Stress States - Stage 1: Initieel

Step 6.5 - Partial factor set: RC 1



6.8.4 Stresses

Node number	Level [m]	Left				Right			
		Effective Stress [kN/m ²]	Water stress [kN/m ²]	Stat* [%]	Mob** [%]	Effective Stress [kN/m ²]	Water stress [kN/m ²]	Stat* [%]	Mob** [%]
1	5,20	0,00	0,00	-		0,00	0,00	-	
1	4,57	0,00	0,00	-		0,00	0,00	-	
2	4,57	0,00	0,00	-		0,00	0,00	-	
2	3,93	0,00	0,00	-		0,00	0,00	-	
3	3,93	0,00	0,00	-		0,00	0,00	-	

Node number	Level [m]	Left				Right			
		Effective Stress [kN/m ²]	Water stress [kN/m ²]	Stat*	Mob** [%]	Effective Stress [kN/m ²]	Water stress [kN/m ²]	Stat*	Mob** [%]
3	3,30	0,00	0,00	-		0,00	0,00	-	
4	3,30	0,00	0,00	-		0,00	0,00	-	
4	2,65	0,00	6,38	-		0,00	6,38	-	
5	2,65	0,00	6,38	-		0,00	6,38	-	
5	2,00	0,00	12,75	-		0,00	12,75	-	
6	2,00	0,00	12,75	-		0,00	12,75	-	
6	1,60	0,00	16,68	-		0,00	16,68	-	
7	1,60	0,00	16,68	-		0,00	16,68	-	
7	1,20	0,00	20,60	-		0,00	20,60	-	
8	1,20	0,00	20,60	1	4	0,00	20,60	1	4
8	1,00	0,86	22,56	1	4	0,86	22,56	1	4
9	1,00	0,86	22,56	1		0,86	22,56	1	
9	0,30	3,88	29,43	1	11	3,88	29,43	1	11
10	0,30	3,88	29,43	1	14	3,88	29,43	1	14
10	-0,40	6,90	36,30	1	14	6,90	36,30	1	14
11	-0,40	6,90	36,30	1	16	6,90	36,30	1	16
11	-1,10	9,92	43,16	1	16	9,92	43,16	1	16
12	-1,10	9,92	43,16	1	16	9,92	43,16	1	16
12	-1,80	12,95	50,03	1		12,95	50,03	1	
13	-1,80	12,95	50,03	1	17	12,95	50,03	1	17
13	-2,50	15,97	56,90	1	17	15,97	56,90	1	17
14	-2,50	15,97	56,90	1	17	15,97	56,90	1	17
14	-3,20	18,99	63,77	1	17	18,99	63,77	1	17
15	-3,20	18,99	63,77	1	17	18,99	63,77	1	17
15	-3,90	22,01	70,63	1	17	22,01	70,63	1	17
16	-3,90	22,01	70,63	1	17	22,01	70,63	1	17
16	-4,60	25,03	77,50	1	17	25,03	77,50	1	17
17	-4,60	20,77	76,50	1	8	20,77	76,50	1	8
17	-5,28	23,87	83,12	1	8	23,87	83,12	1	8
18	-5,28	23,87	83,12	1	9	23,87	83,12	1	9
18	-5,95	26,97	89,74	1		26,97	89,74	1	
19	-5,95	26,97	89,74	1		26,97	89,74	1	
19	-6,63	30,08	96,36	1		30,08	96,36	1	
20	-6,63	30,08	96,36	1		30,08	96,36	1	
20	-7,30	33,18	102,99	1	9	33,18	102,99	1	9
21	-7,30	33,18	102,99	1	9	33,18	102,99	1	9
21	-7,97	36,28	109,61	1	9	36,28	109,61	1	9
22	-7,97	36,28	109,61	1		36,28	109,61	1	
22	-8,65	39,38	116,23	1		39,38	116,23	1	
23	-8,65	39,38	116,23	1	9	39,38	116,23	1	9
23	-9,32	42,48	122,85	1	9	42,48	122,85	1	9
24	-9,32	42,48	122,85	1	9	42,48	122,85	1	9
24	-10,00	45,58	129,47	1		45,58	129,47	1	

Stat* Status (A=active, P=passive, Number is branche, 0 is unloading)
 Mob** Percentage passive mobilized

6.8.5 Percentage Mobilized Resistance

Horizontal soil pressure	Left [kN]	Right [kN]
Effective	251,7	251,7
Water	862,3	862,3
Total	1114,0	1114,0

No passive side found of the sheet piling.

Left effect. resistance / max. passive resistance 10,0 %
 Right effect. resistance / max. passive resistance 10,0 %

6.8.6 Vertical Force Balance

Xi factor	1,39
Partial factor base resistance	1,20
Maximum point resistance	5,000 [MPa]

Vertical force balance unplugged	Force [kN]
Vertical force active	-84,66
Vertical force passive	84,66
Resulting vertical force (no dead weight)	0,00
Vertical toe capacity $R_{b;d}$	41,67
Vertical toe capacity is sufficient ($0 \leq 42$)	

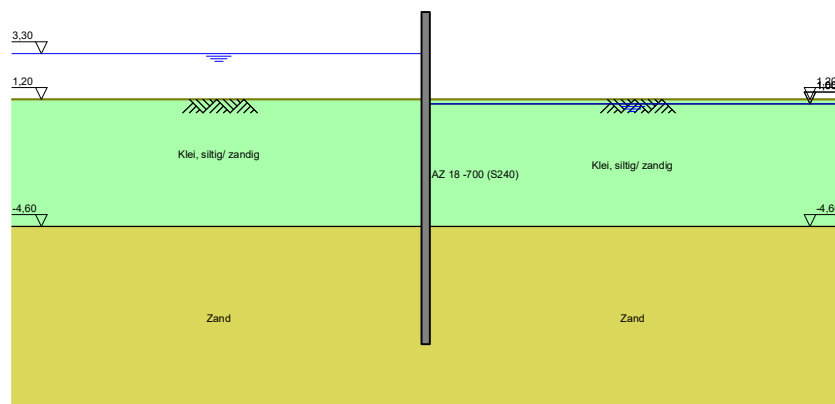
Vertical force balance plugged	Force [kN]
Vertical force active	-84,66
Vertical force passive	84,66
Resulting vertical force (no dead weight)	0,00
Vertical toe capacity $R_{b;d}$	1258,99
Vertical toe capacity is sufficient ($0 \leq 1259$)	

6.8.7 Vertical Force Balance - Contribution per Layer

Left			Right		
Level [m]	Layer name	Contribution [kN]	Level [m]	Layer name	Contribution [kN]
2,00	Klei, siltig/ zandig	-19,45	2,00	Klei, siltig/ zandig	19,45
-4,60	Zand	-65,21	-4,60	Zand	65,21

7 Outline Stage 2: Ontgraven

Outline - Stage 2: Ontgraven

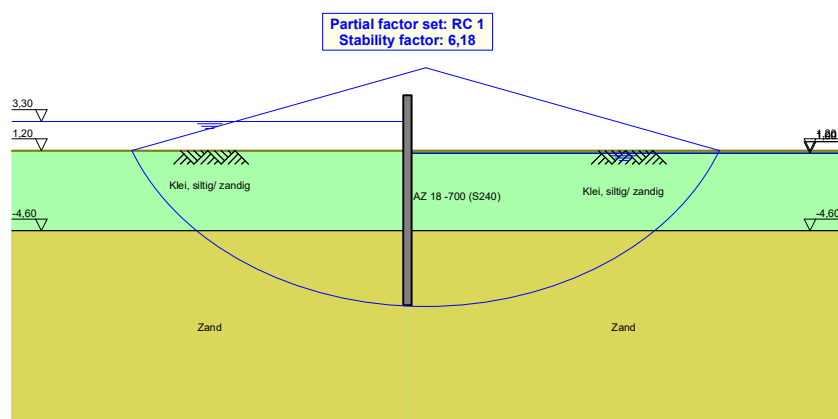


8 Overall Stability Stage 2: Ontgraven

Stability factor : 6,18

8.1 Overall Stability

Overall Stability - Stage 2: Ontgraven



9 Step 6.5 Stage 2: Ontgraven

9.1 General Input Data

Passive side:

D-Sheet Piling determined

9.2 Input Data Left

9.2.1 Calculation Method

Calculation method: C, phi, delta

9.2.2 Water Level

Water level: 3,30 [m]

9.2.3 Surface

X [m]	Y [m]
0,00	1,20

9.2.4 Soil Material Properties in Profile: Actief (N)

Layer name	Level [m]	Unit weight	
		Unsat [kN/m³]	Sat. [kN/m³]
Klei, siltig/ zandig	2,00	16,80	16,80
Zand	-4,60	17,00	19,00

Layer name	Level [m]	Cohesion [kN/m²]	Friction angle phi [°]	Delta friction angle*	
				Not reduced [°]	Reduced [°]
Klei, siltig/ zandig	2,00	2,00	22,50	15,00	15,00
Zand	-4,60	0,00	30,00	20,00	20,00

* The 'not reduced' Delta angle is used for the calculation of the active earth pressure coefficient of Culmann whereas the 'reduced' Delta angle is used for the passive earth pressure coefficient.

Layer name	Level [m]	Shell factor [-]	OCR [-]	Grain type
Klei, siltig/ zandig	2,00	1,00	1,00	Fine
Zand	-4,60	1,00	1,00	Fine

Layer name	Level [m]	Earth pressure coefficients			Additional pore pressure	
		Active [-]	Neutral [-]	Passive [-]	Top [kN/m²]	Bottom [kN/m²]
Klei, siltig/ zandig	2,00	n.a.	n.a.	n.a.	0,00	0,00
Zand	-4,60	n.a.	n.a.	n.a.	-1,00	-1,00

9.2.5 Modulus of Subgrade Reaction (Secant)

Layer name	Level [m]	Branch 1		Branch 2	
		Top [kN/m³]	Bottom [kN/m³]	Top [kN/m³]	Bottom [kN/m³]
Klei, siltig/ zandig	2,00	2000,00	2000,00	800,00	800,00
Zand	-4,60	12000,00	12000,00	6000,00	6000,00

Layer name	Level [m]	Branch 3	
		Top [kN/m³]	Bottom [kN/m³]
Klei, siltig/ zandig	2,00	500,00	500,00
Zand	-4,60	3000,00	3000,00

9.3 Calculated Earth Pressure Coefficients Left

Segment number	Level [m]	Horizontal pressure		Fictive earth pressure coefficients		
		Active [kN/m²]	Passive [kN/m²]	Ka [-]	Ko [-]	Kp [-]
1	1,10	0,0	11,4	0,00	0,62	16,38
2	0,65	0,0	21,9	0,00	0,62	5,69
3	-0,05	0,0	38,0	0,00	0,62	4,35
4	-0,75	2,6	54,2	0,19	0,62	3,97
5	-1,45	4,8	70,3	0,26	0,62	3,79
6	-2,15	6,6	86,4	0,28	0,62	3,69
7	-2,85	8,5	102,6	0,30	0,62	3,62
8	-3,55	10,4	118,7	0,31	0,62	3,57
9	-4,25	12,3	134,8	0,32	0,62	3,54
10	-4,94	12,4	266,6	0,28	0,50	5,97
11	-5,61	14,2	296,6	0,28	0,50	5,83
12	-6,29	15,9	330,1	0,28	0,50	5,79
13	-6,96	17,6	364,7	0,28	0,50	5,77
14	-7,64	19,4	399,8	0,28	0,50	5,76
15	-8,31	21,1	435,0	0,28	0,50	5,75
16	-8,99	22,9	470,4	0,28	0,50	5,75
17	-9,66	24,6	505,8	0,28	0,50	5,74

9.4 Calculated Force from a Layer - Left Side

Name	Force
Klei, siltig/ zandig	35,30
Zand	157,82

9.5 Input Data Right

9.5.1 Calculation Method

Calculation method: C, phi, delta

9.5.2 Water Level

Water level: 1,00 [m]

9.5.3 Surface

X [m]	Y [m]
0,00	1,20

9.5.4 Soil Material Properties in Profile: Passief (N)

Layer name	Level [m]	Unit weight	
		Unsat [kN/m³]	Sat. [kN/m³]
Klei, siltig/ zandig	2,00	16,80	16,80
Klei, siltig/ zandig	1,00	16,80	16,80
Zand	-4,60	17,00	19,00

Layer name	Level [m]	Cohesion [kN/m ²]	Friction angle phi [°]	Delta friction angle*	
				Not reduced [°]	Reduced [°]
Klei, siltig/ zandig	2,00	2,00	22,50	15,00	15,00
Klei, siltig/ zandig	1,00	2,00	22,50	15,00	15,00
Zand	-4,60	0,00	30,00	20,00	20,00

* The 'not reduced' Delta angle is used for the calculation of the active earth pressure coefficient of Culmann whereas the 'reduced' Delta angle is used for the passive earth pressure coefficient.

Layer name	Level [m]	Shell factor [-]	OCR [-]	Grain type
Klei, siltig/ zandig	2,00	1,00	1,00	Fine
Klei, siltig/ zandig	1,00	1,00	1,00	Fine
Zand	-4,60	1,00	1,00	Fine

Layer name	Level [m]	Earth pressure coefficients			Additional pore pressure	
		Active [-]	Neutral [-]	Passive [-]	Top [kN/m ²]	Bottom [kN/m ²]
Klei, siltig/ zandig	2,00	n.a.	n.a.	n.a.	0,00	0,00
Klei, siltig/ zandig	1,00	n.a.	n.a.	n.a.	0,00	21,50
Zand	-4,60	n.a.	n.a.	n.a.	21,50	21,50

9.5.5 Modulus of Subgrade Reaction (Secant)

Layer name	Level [m]	Branch 1		Branch 2	
		Top [kN/m ³]	Bottom [kN/m ³]	Top [kN/m ³]	Bottom [kN/m ³]
Klei, siltig/ zandig	2,00	2000,00	2000,00	800,00	800,00
Klei, siltig/ zandig	1,00	2000,00	2000,00	800,00	800,00
Zand	-4,60	12000,00	12000,00	6000,00	6000,00

Layer name	Level [m]	Branch 3	
		Top [kN/m ³]	Bottom [kN/m ³]
Klei, siltig/ zandig	2,00	500,00	500,00
Klei, siltig/ zandig	1,00	500,00	500,00
Zand	-4,60	3000,00	3000,00

9.6 Calculated Earth Pressure Coefficients Right

Segment number	Level [m]	Horizontal pressure		Fictive earth pressure coefficients		
		Active [kN/m ²]	Passive [kN/m ²]	Ka [-]	Ko [-]	Kp [-]
1	1,10	0,0	14,7	0,00	0,62	8,75
2	0,65	0,0	23,9	0,00	0,62	5,36
3	-0,05	0,0	31,2	0,00	0,62	4,68
4	-0,75	0,3	38,5	0,03	0,62	4,33
5	-1,45	1,9	45,7	0,17	0,62	4,13
6	-2,15	2,8	53,0	0,21	0,62	3,99
7	-2,85	3,6	60,3	0,23	0,62	3,89
8	-3,55	4,5	67,6	0,25	0,62	3,82
9	-4,25	5,3	74,8	0,27	0,62	3,76
10	-4,94	6,7	144,9	0,28	0,50	6,01
11	-5,61	8,5	177,5	0,28	0,50	5,86
12	-6,29	10,2	211,7	0,28	0,50	5,80
13	-6,96	11,9	246,6	0,28	0,50	5,77
14	-7,64	13,7	281,7	0,28	0,50	5,76
15	-8,31	15,4	317,0	0,28	0,50	5,75
16	-8,99	17,1	352,4	0,28	0,50	5,75
17	-9,66	18,9	387,9	0,28	0,50	5,74

9.7 Calculated Force from a Layer - Right Side

Name	Force
Klei, siltig/ zandig	2,66
Klei, siltig/ zandig	128,38
Zand	154,52

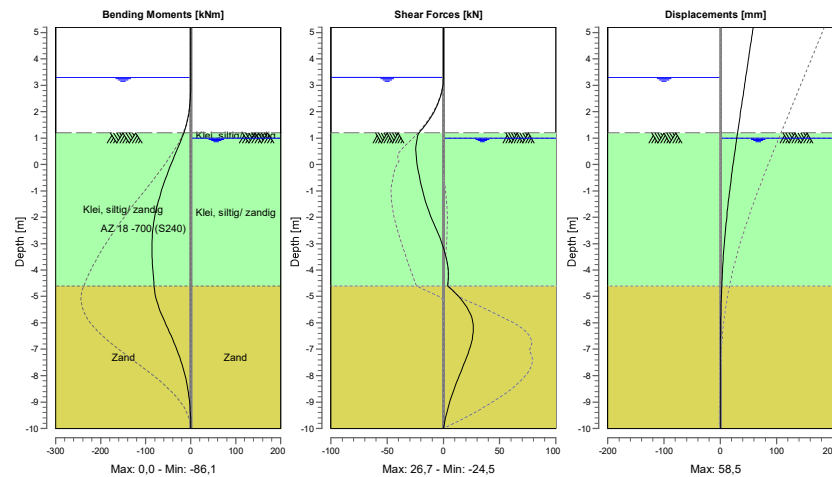
9.8 Calculation Results

Number of iterations: 5

9.8.1 Charts of Moments, Forces and Displacements

Moments/Forces/Displacements - Stage 2: Ontgraven

Step 6.5 - Partial factor set: RC 1



9.8.2 Moments, Forces and Displacements

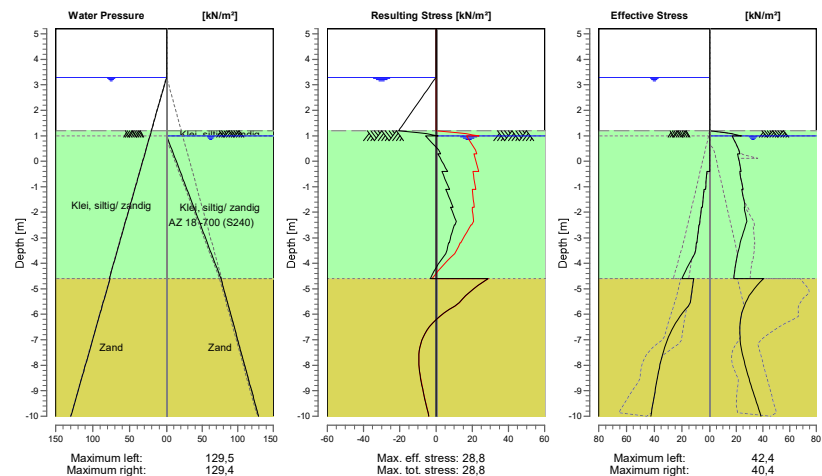
Segment number	Level [m]	Moment [kNm]	Shear force [kN]	Displacement [mm]
1	5,20	0,00	0,00	58,5
1	4,57	0,00	0,00	54,1
2	4,57	0,00	0,00	54,1
2	3,93	0,00	0,00	49,7
3	3,93	0,00	0,00	49,7
3	3,30	0,00	0,00	45,3
4	3,30	0,00	0,00	45,3
4	2,65	-0,45	-2,07	40,7
5	2,65	-0,45	-2,07	40,7
5	2,00	-3,59	-8,29	36,2
6	2,00	-3,59	-8,29	36,2
6	1,60	-8,03	-14,18	33,5
7	1,60	-8,03	-14,18	33,5
7	1,20	-15,14	-21,63	30,7
8	1,20	-15,14	-21,63	30,7
8	1,00	-19,71	-23,29	29,3
9	1,00	-19,71	-23,29	29,3
9	0,30	-36,68	-24,19	24,7
10	0,30	-36,67	-24,18	24,7

Segment number	Level [m]	Moment [kNm]	Shear force [kN]	Displacement [mm]
10	-0,40	-52,91	-21,58	20,2
11	-0,40	-52,91	-21,58	20,2
11	-1,10	-66,88	-17,85	16,1
12	-1,10	-66,88	-17,85	16,1
12	-1,80	-77,72	-12,67	12,3
13	-1,80	-77,72	-12,67	12,3
13	-2,50	-84,30	-5,76	9,1
14	-2,50	-84,30	-5,74	9,1
14	-3,20	-86,08	0,30	6,4
15	-3,20	-86,09	0,31	6,4
15	-3,90	-84,40	4,01	4,2
16	-3,90	-84,40	4,02	4,2
16	-4,60	-81,48	3,67	2,5
17	-4,60	-81,47	3,67	2,5
17	-5,28	-73,49	18,61	1,3
18	-5,28	-73,49	18,62	1,3
18	-5,95	-57,94	26,11	0,6
19	-5,95	-57,93	26,12	0,6
19	-6,63	-40,13	25,59	0,2
20	-6,63	-40,13	25,57	0,2
20	-7,30	-24,38	20,65	0,1
21	-7,30	-24,38	20,64	0,1
21	-7,97	-12,56	14,32	0,0
22	-7,97	-12,56	14,31	0,0
22	-8,65	-4,97	8,31	0,1
23	-8,65	-4,97	8,31	0,1
23	-9,32	-1,08	3,45	0,2
24	-9,32	-1,08	3,45	0,2
24	-10,00	0,00	0,00	0,3
Max		-86,09	26,12	58,5
Max, minor nodes incl.		-86,09	26,69	58,5

9.8.3 Charts of Stresses

Stress States - Stage 2: Ontgraven

Step 6.5 - Partial factor set: RC 1



9.8.4 Stresses

Node number	Level [m]	Left				Right			
		Effective Stress [kN/m ²]	Water stress [kN/m ²]	Stat*	Mob** [%]	Effective Stress [kN/m ²]	Water stress [kN/m ²]	Stat*	Mob** [%]
1	5,20	0,00	0,00	-		0,00	0,00	-	
1	4,57	0,00	0,00	-		0,00	0,00	-	
2	4,57	0,00	0,00	-		0,00	0,00	-	
2	3,93	0,00	0,00	-		0,00	0,00	-	
3	3,93	0,00	0,00	-		0,00	0,00	-	
3	3,30	0,00	0,00	-		0,00	0,00	-	
4	3,30	0,00	0,00	-		0,00	0,00	-	
4	2,65	0,00	6,38	-		0,00	0,00	-	
5	2,65	0,00	6,38	-		0,00	0,00	-	
5	2,00	0,00	12,75	-		0,00	0,00	-	
6	2,00	0,00	12,75	-		0,00	0,00	-	
6	1,60	0,00	16,68	-		0,00	0,00	-	
7	1,60	0,00	16,68	-		0,00	0,00	-	
7	1,20	0,00	20,60	-		0,00	0,00	-	
8	1,20	0,00	20,60	A		0,00	0,00	P	
8	1,00	0,00	22,56	A		23,72	0,00	3	81
9	1,00	0,00	22,56	A		16,88	0,00	3	94
9	0,30	0,00	29,43	A		22,48	9,55	2	75
10	0,30	0,00	29,43	A		20,89	9,55	3	80
10	-0,40	0,00	36,30	A		23,58	19,11	2	65
11	-0,40	2,10	36,30	A		22,51	19,11	2	67
11	-1,10	3,02	43,16	A		24,96	28,66	2	58
12	-1,10	4,14	43,16	A		24,13	28,66	2	59
12	-1,80	5,40	50,03	A		26,56	38,22	2	53
13	-1,80	5,95	50,03	A		25,89	38,22	2	53
13	-2,50	7,34	56,90	A		27,07	47,77	1	47
14	-2,50	7,79	56,90	A		27,07	47,77	1	48
14	-3,20	9,26	63,77	A		22,98	57,33	1	36
15	-3,20	9,63	63,77	A		22,98	57,33	1	36
15	-3,90	13,67	70,63	1		19,94	66,88	1	28
16	-3,90	13,67	70,63	1		19,94	66,88	1	28
16	-4,60	20,05	77,50	1		17,94	76,44	1	23
17	-4,60	11,55	76,50	A		40,37	76,44	1	32
17	-5,28	13,27	83,12	A		29,73	83,06	1	18
18	-5,28	13,30	83,12	A		29,73	83,06	1	19
18	-5,95	19,56	89,74	1		24,12	89,68	1	12
19	-5,95	19,56	89,74	1		24,12	89,68	1	12
19	-6,63	27,40	96,36	1		22,48	96,30	1	10
20	-6,63	27,40	96,36	1		22,48	96,30	1	10
20	-7,30	32,47	102,99	1		23,62	102,92	1	9
21	-7,30	32,47	102,99	1		23,62	102,92	1	9
21	-7,97	35,83	109,61	1		26,46	109,54	1	9
22	-7,97	35,83	109,61	1		26,46	109,54	1	9
22	-8,65	38,30	116,23	1		30,19	116,17	1	9
23	-8,65	38,30	116,23	1		30,19	116,17	1	9
23	-9,32	40,41	122,85	1		34,29	122,79	1	9
24	-9,32	40,41	122,85	1		34,29	122,79	1	9
24	-10,00	42,43	129,47	1		38,47	129,41	1	9

Stat* Status (A=active, P=passive, Number is branche, 0 is unloading)
 Mob** Percentage passive mobilized

9.8.5 Percentage Mobilized Resistance

Horizontal soil pressure	Left [kN]	Right [kN]
Effective	193,1	285,6
Water	862,3	769,8
Total	1055,4	1055,4

Considered as passive side	Right
Maximum passive effective resistance	1710,23 kN
Mobilized passive effective resistance	285,55 kN
Percentage mobilized resistance	16,7 %

9.8.6 Vertical Force Balance

Xi factor	1,39
Partial factor base resistance	1,20
Maximum point resistance	5,000 [MPa]

Vertical force balance unplugged	Force [kN]
Vertical force active	-66,90
Vertical force passive	91,35
Resulting vertical force (no dead weight)	24,45
Vertical toe capacity Rb;d	41,67
Resultant goes up	

Vertical force balance plugged	Force [kN]
Vertical force active	-66,90
Vertical force passive	91,35
Resulting vertical force (no dead weight)	24,45
Vertical toe capacity Rb;d	1258,99
Resultant goes up	

9.8.7 Vertical Force Balance - Contribution per Layer

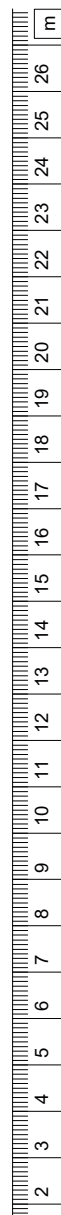
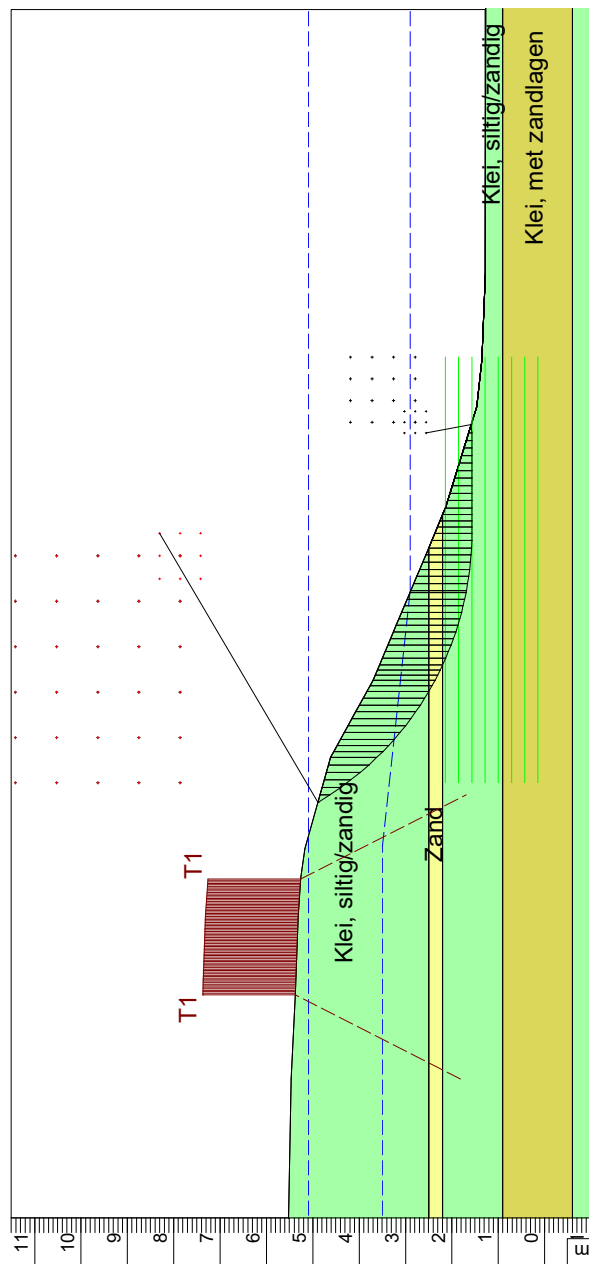
Left			Right		
Level [m]	Layer name	Contribution [kN]	Level [m]	Layer name	Contribution [kN]
2,00	Klei, siltig/ zandig	-9,46	2,00	Klei, siltig/ zandig	0,71
-4,60	Zand	-57,44	1,00	Klei, siltig/ zandig	34,40
			-4,60	Zand	56,24

End of Report

Bijlage 11 Stabiliteitsberekeningen

Slip Plane Uplift Van

- Materials
- Klei, met zandlagen
 - Klei, siltig/zandig
 - Zand



Radius : 6,74 [m]
Safety : 1,17

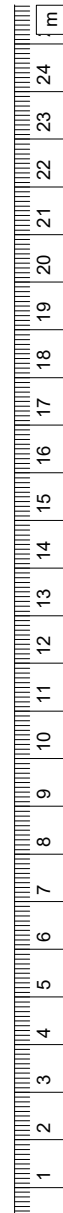
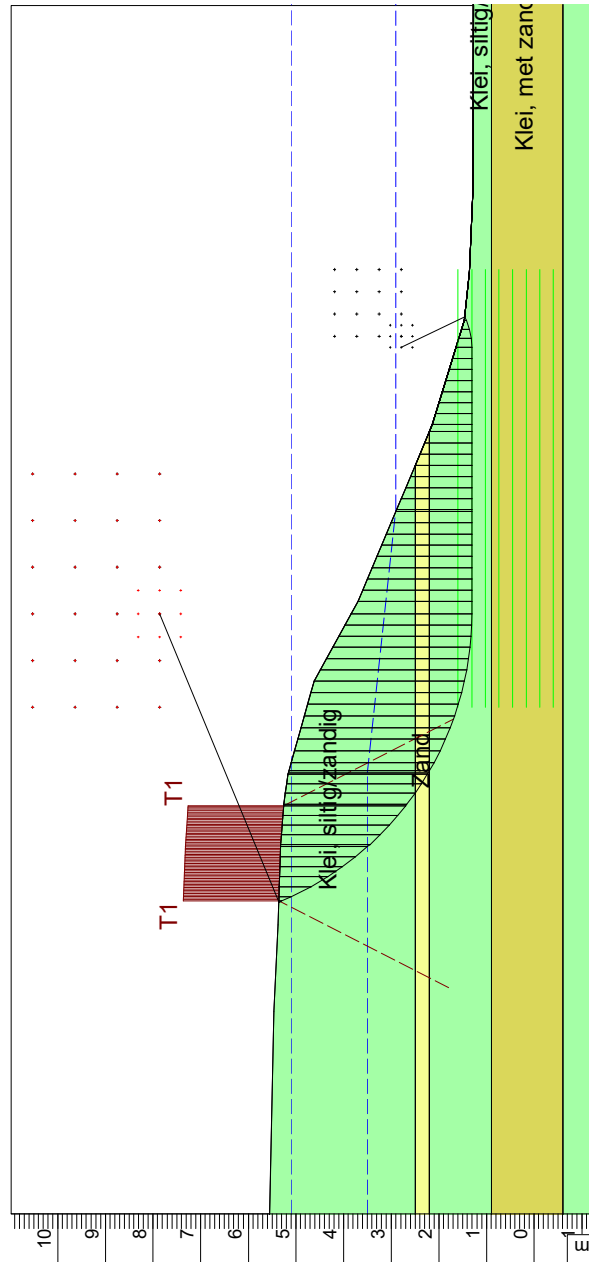
Xm : 16,47 [m]
Ym : 8,31 [m]

D-Geo Stability 18.1 : DP003_Bodem NW_bestaand.sti

Sweco Nederland B.V.	date 10-3-2021
DP003 Bodem NW Bestaande situatie	
	Annex

Slip Plane Uplift Van

- Materials
- Klei, met zandlagen
 - Klei, siltig/zandig
 - Zand



Radius : 6,55 [m]
Safety : 0,76

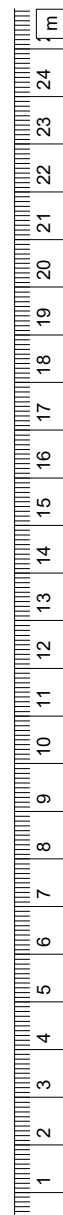
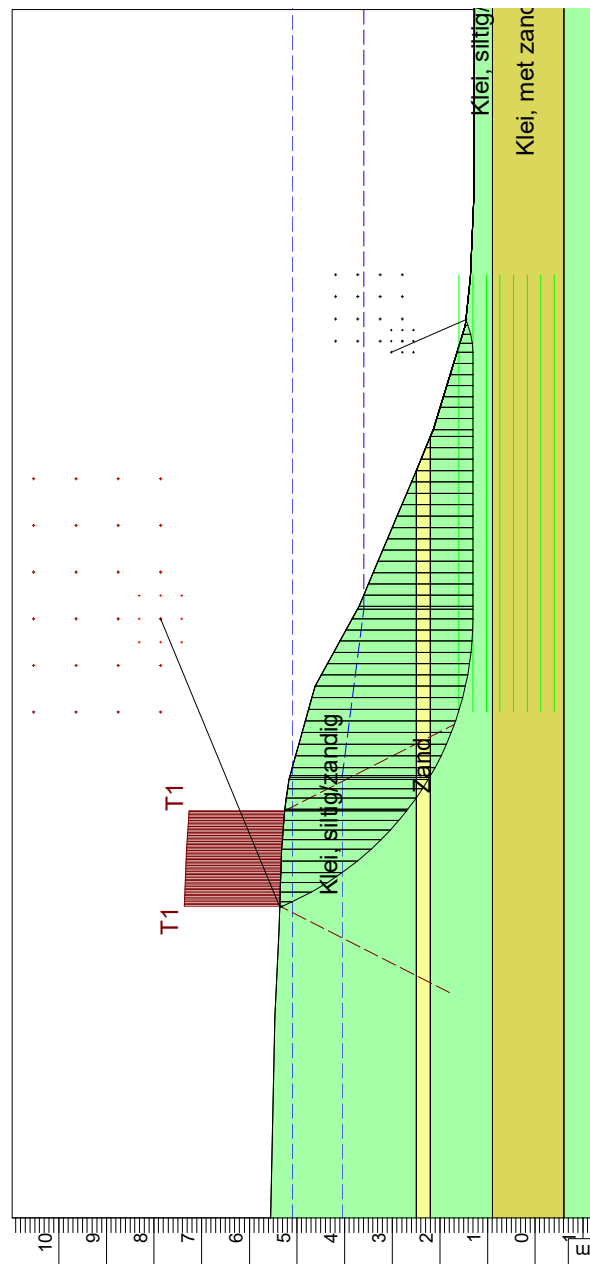
Xm : 13,04 [m]
Ym : 7,86 [m]

D-Geo Stability 18.1 : DP003_Bodem NW_bouwfase.sti

Sweco Nederland B.V.	date 10-3-2021
DP003 Bodem NW Bouwfase	
	Annex

Slip Plane Uplift Van

- Materials
- Klei, met zandlagen
 - Klei, siltig/zandig
 - Zand



Radius : 6,55 [m]
Safety : 0,66

Xm : 13,04 [m]
Ym : 7,86 [m]

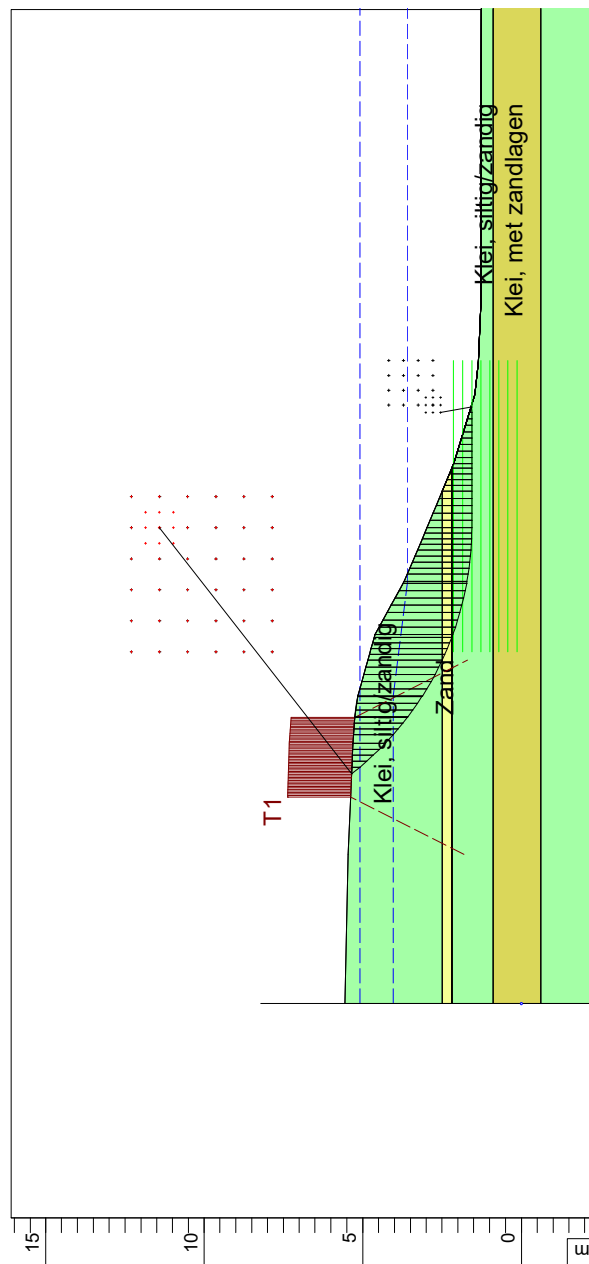
D-Geo Stability 18.1 : DP003_Bodem NW_onderhoudsfase.sti

Sweco Nederland B.V.	date 10-3-2021
DP003 Bodem NW Onderhoudsfase	
	Annex

Slip Plane Uplift Van

Materials

- Klei, met zandlagen
- Klei, siltig/zandig
- Zand



Radius : 9,84 [m]
Safety : 1,19

Xm : 15,00 [m]
Ym : 11,41 [m]

D-Geo Stability 18.1 : DP003_Bodem NW_toekomstig.sti

Sweco Nederland B.V.

Phone
Fax

date

10-3-2021

DP003 Bodem NW
Toekomstige fase

Annex

Slip Plane Uplift Van

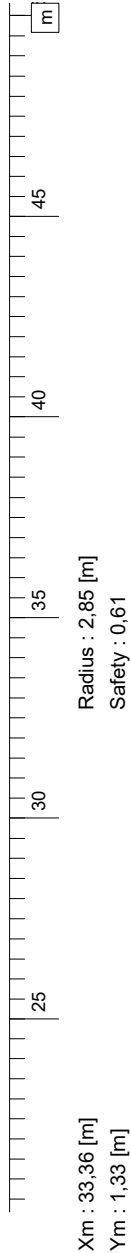
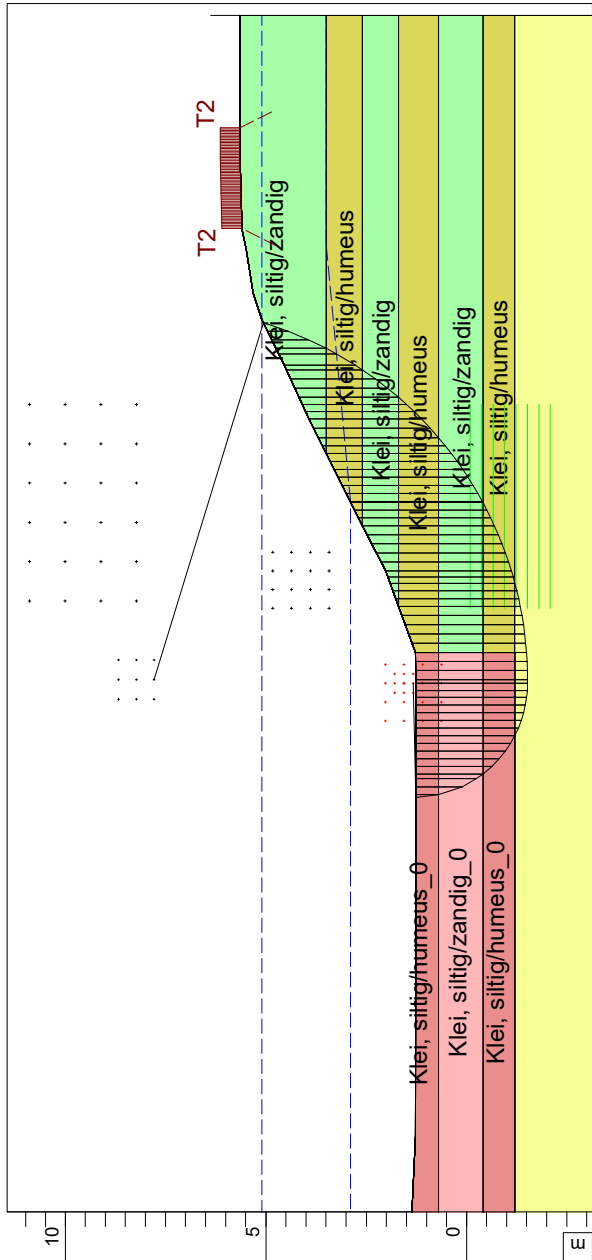
- Materials
- Klei, siltig/zandig_0

Klei, siltig/humeus_0

Klei, siltig/zandig

Klei, siltig/humeus

Zand

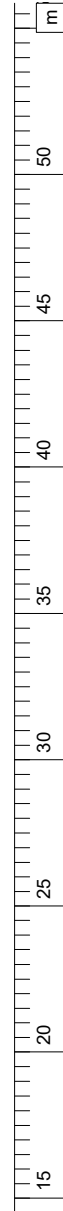
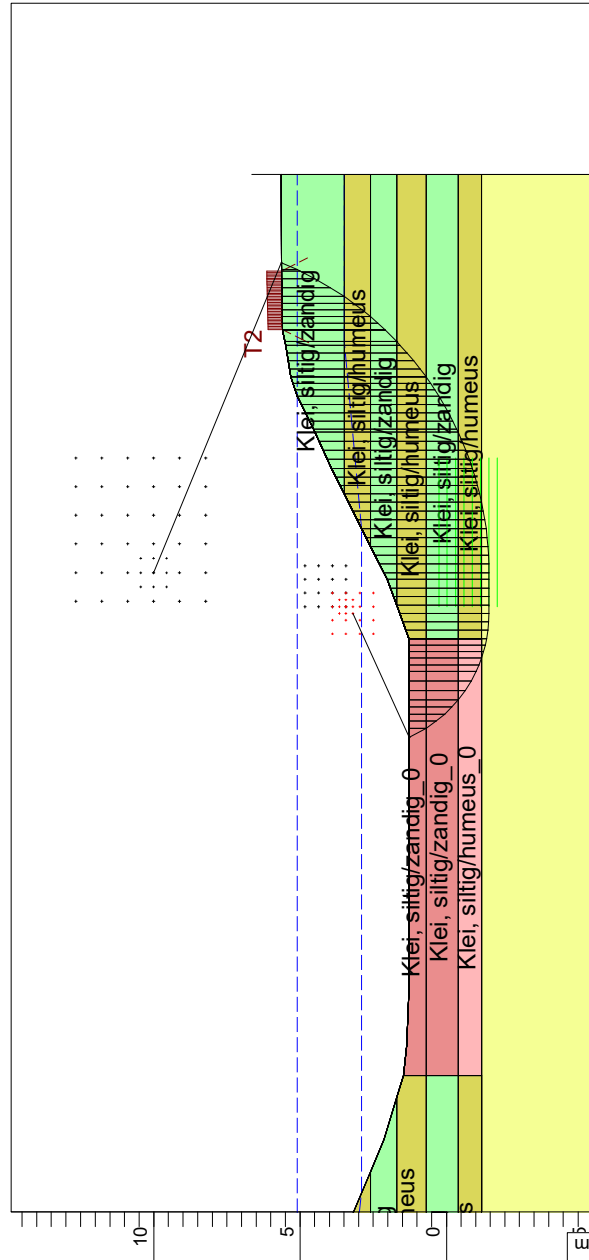


D-Geo Stability 18.1 : DP003_Bodem ZO_bestaand_opbarsten.sti

DP003 Bodem ZO Bestaande situatie	Sweco Nederland B.V.	Phone Fax	date 17-5-2021	drw. -
			-	ctr.
	Annex -			form. A4

Slip Plane Uplift Van

- Materials
- Klei, siltig/zandig_0
 - Klei, siltig/humeus_0
 - Klei, siltig/zandig
 - Klei, siltig/humeus
 - Zand



Radius : 4,66 [m]
Safety : 0,41

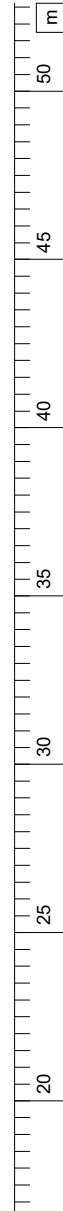
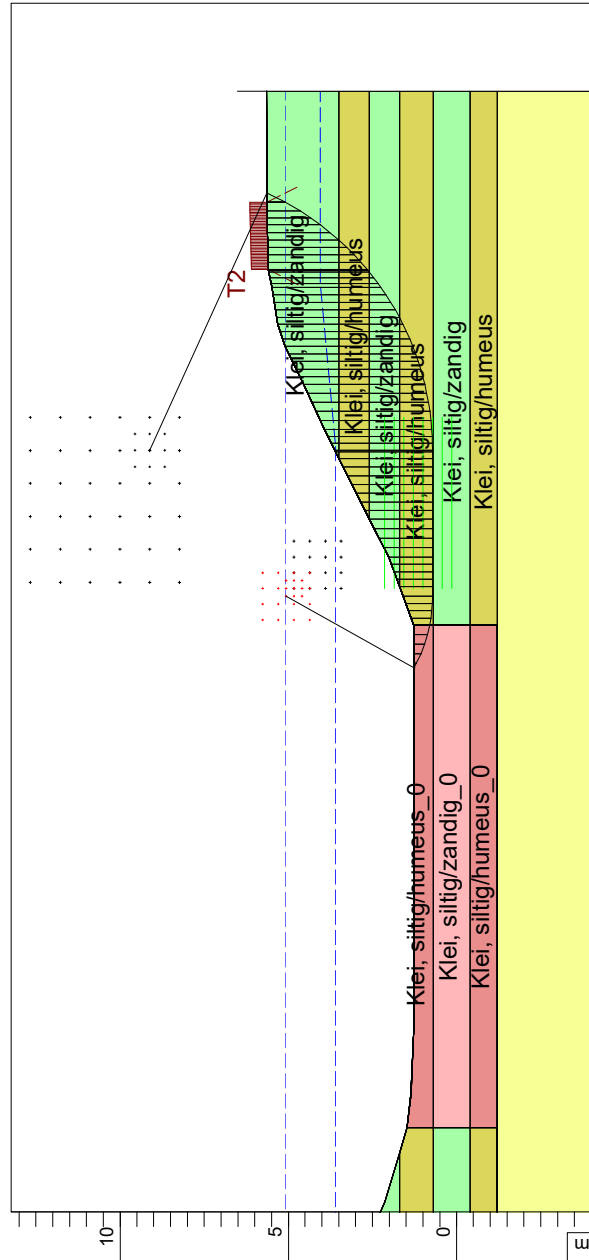
Xm : 34,99 [m]
Ym : 3,20 [m]

D-Geo Stability 18.1 : DP003_Bodem ZO_bouwfase_opbarsten.sti

Sweco Nederland B.V.	date 17-5-2021	drw. -
DP003 Bodem ZO Bouwfase	-	ctr.
	Annex -	form. A4

Slip Plane Uplift Van

- Materials
- Klei, siltig/zandig_0
 - Klei, siltig/humeus_0
 - Klei, siltig/zandig
 - Klei, siltig/humeus
 - Zand



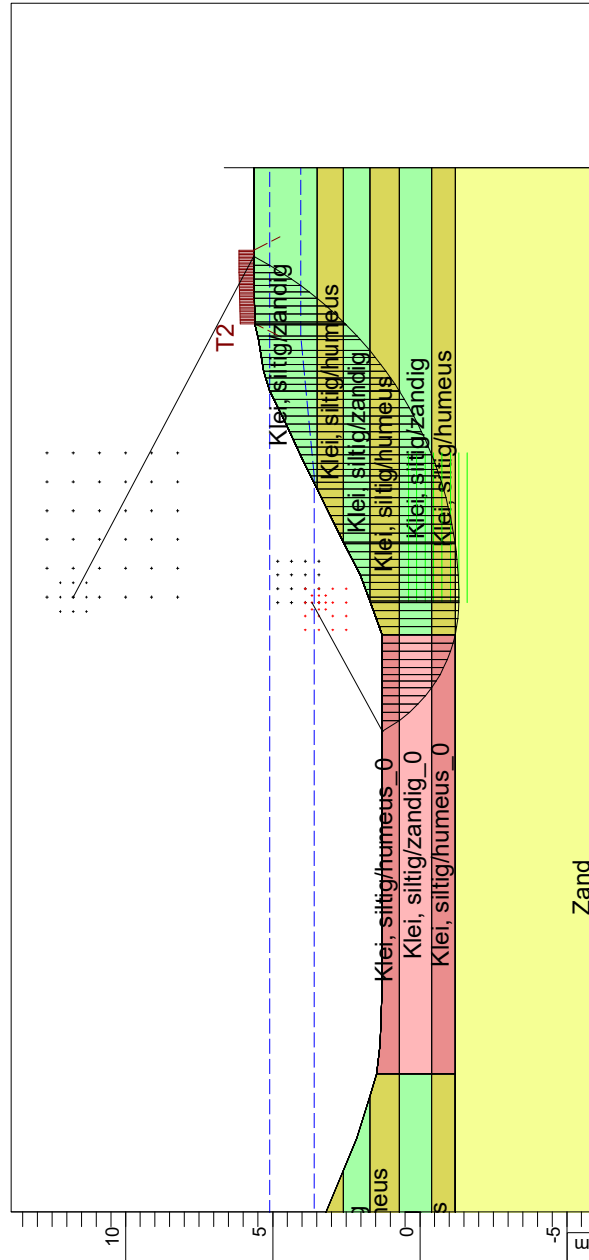
Xm : 34,99 [m]
Ym : 5,07 [m]
Radius : 4,35 [m]
Safety : 0,54

D-Geo Stability 18.1 : DP003_Bodem ZO_onderhoudsfase_opbarsten.stl

DP003 Bodem ZO Onderhoudsfase	Sweco Nederland B.V.		date	drw.
	Phone Fax		17-5-2021	-
			-	ctr.
			Annex -	form. A4

Slip Plane Uplift Van

- Materials
- Klei, siltig/zandig_0
 - Klei, siltig/humeus_0
 - Klei, siltig/zandig
 - Klei, siltig/humeus
 - Zand



Xm : 35,23 [m]
Ym : 3,67 [m]
Radius : 4,99 [m]
Safety : 0,81

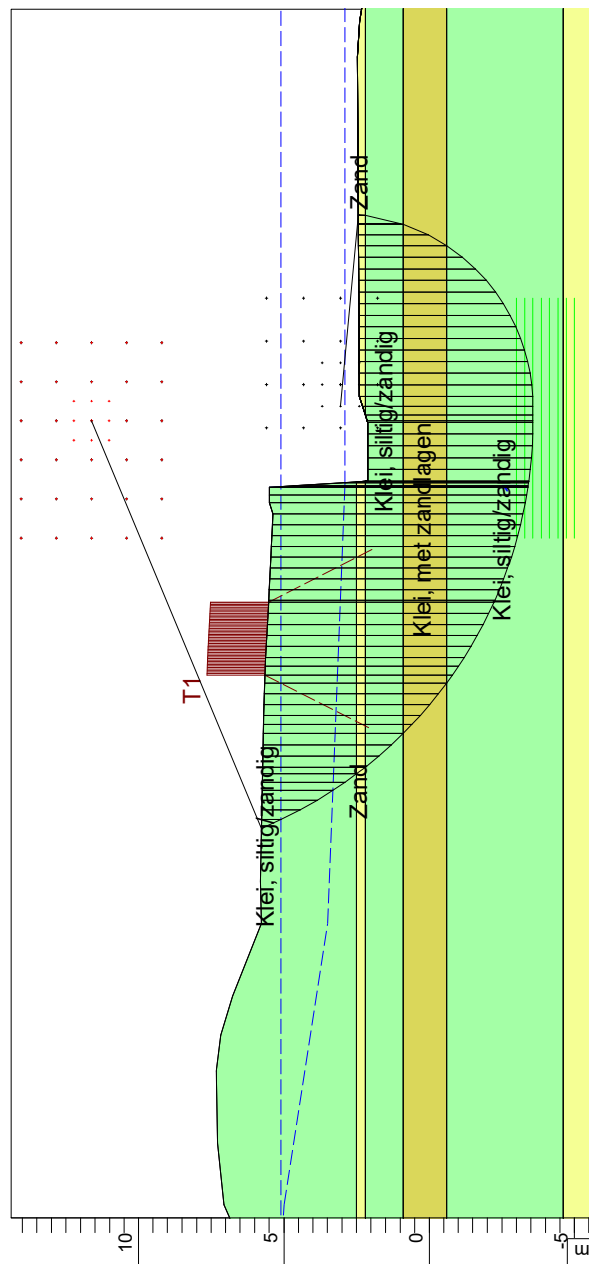
D-Geo Stability 18.1 : DP003_Bodem ZO_toekomstig_opbarsten.sti

Sweco Nederland B.V.	date 17-5-2021	drw. -
DP003 Bodem ZO Toekomstig situatie	-	ctr.
	Annex -	form. A4

Slip Plane Uplift Van

Materials

- Klei, met zandlagen
- Klei, siltig/zandig
- Zand



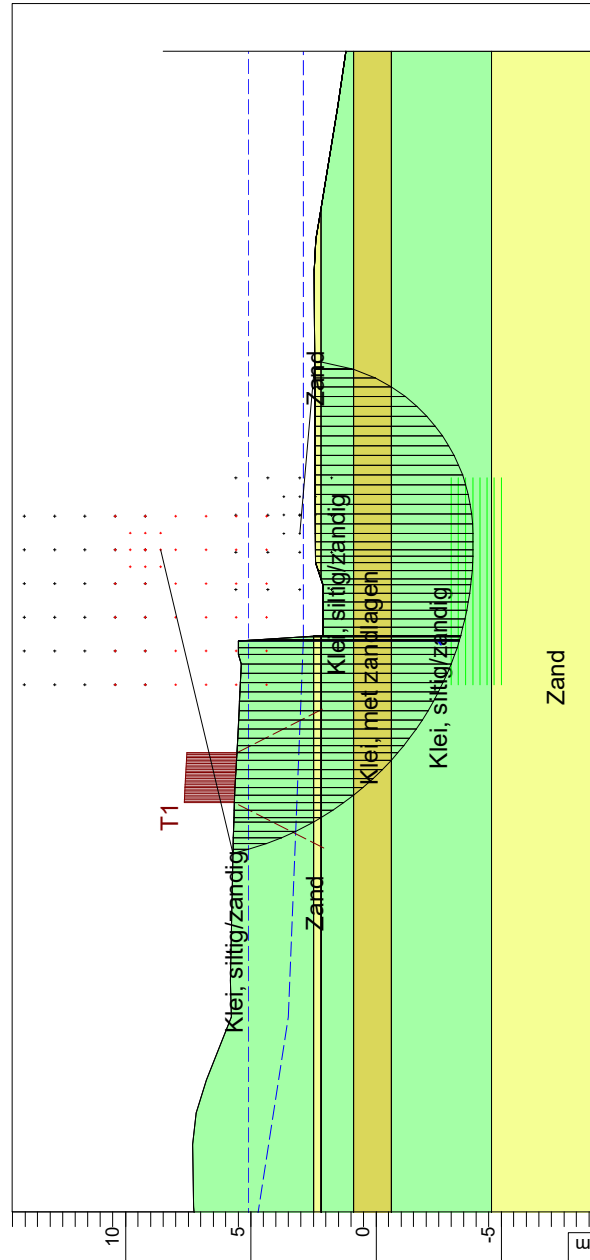
Xm : 28,75 [m]
Ym : 11,63 [m]
Radius : 15,20 [m]
Safety : 2,37

D-Geo Stability 18.1 : DP006_Bodem NW_bestaand.stl

Sweco Nederland B.V.	date 10-3-2021
DP006 Bodem NW Bestaande situatie	
	Annex

Slip Plane Uplift Van

- Materials
- Klei, met zandlagen
 - Klei, siltig/zandig
 - Zand



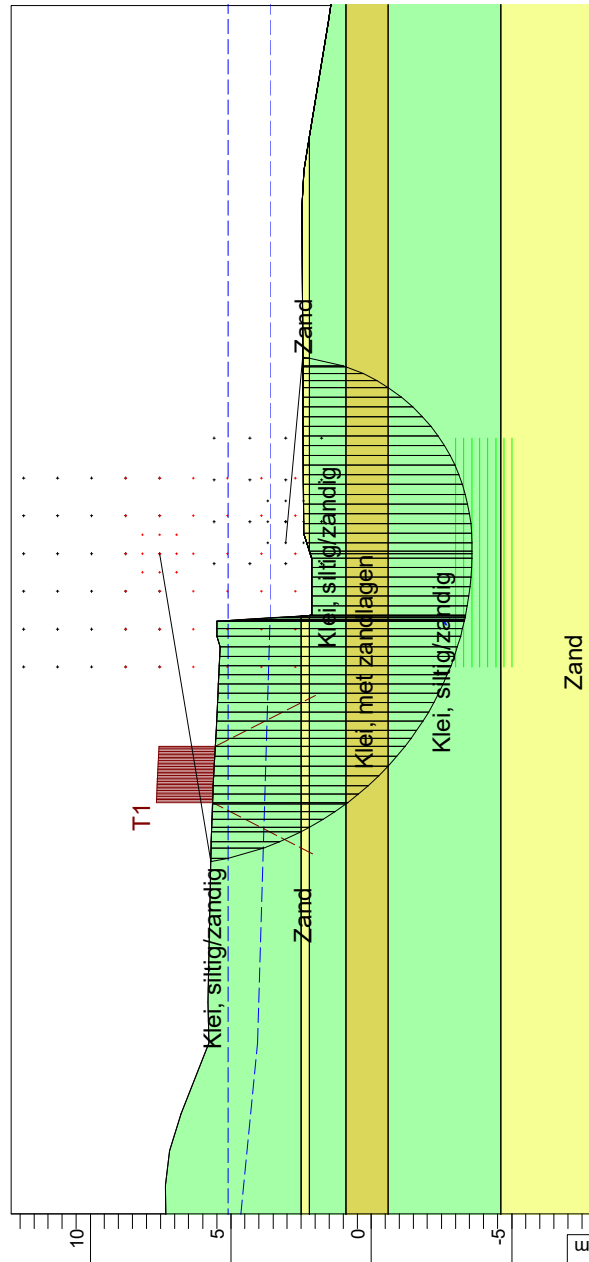
Xm : 30,09 [m]
Ym : 8,61 [m]
Radius : 12,46 [m]
Safety : 1,59

D-Geo Stability 18.1 : DP006_Bodem NW_bouwfase.sti

Sweco Nederland B.V.	date 10-3-2021
DP006 Bodem NW Bouwfase	
	Annex

Slip Plane Uplift Van

- Materials
- Klei, met zandlagen
 - Klei, siltig/zandig
 - Zand



Xm : 28,86 [m]
Ym : 7,54 [m]
Radius : 11,11 [m]
Safety : 1,71

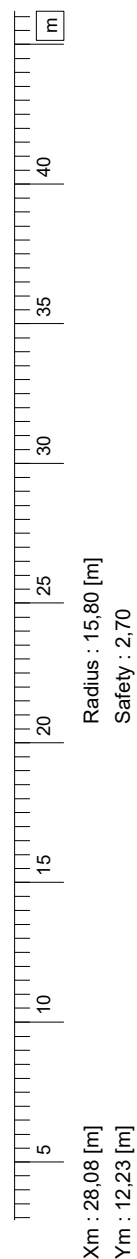
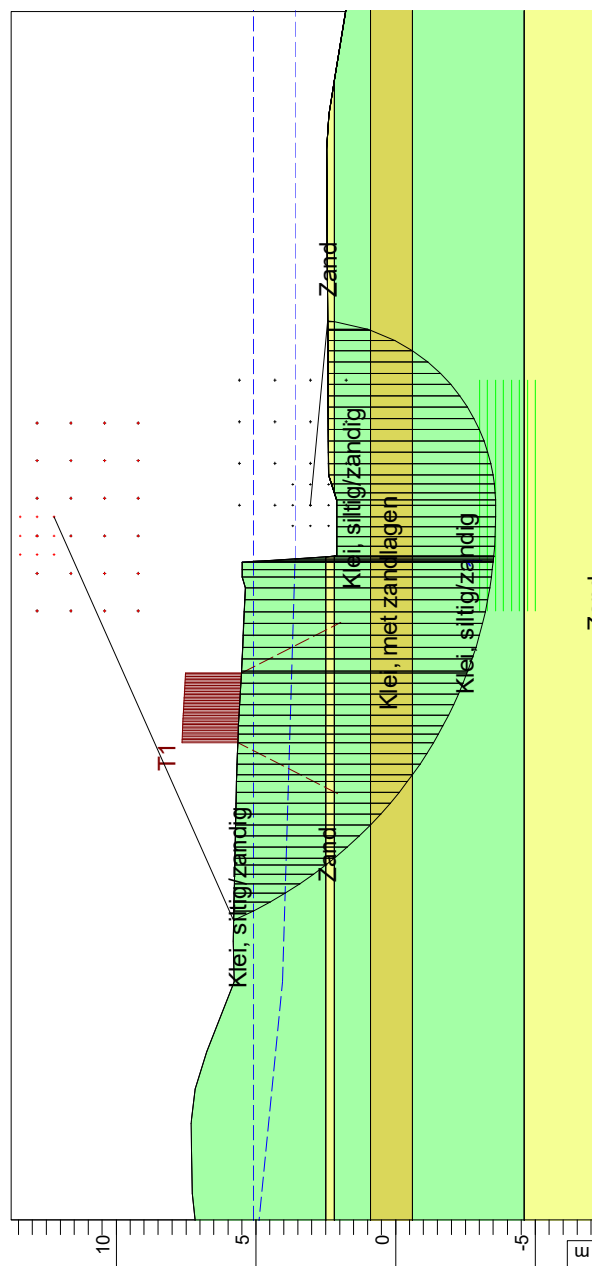
D-Geo Stability 18.1 : DP006_Bodem NW_onderhoudsfase.sti

Sweco Nederland B.V.	date 10-3-2021
DP006 Bodem NW Onderhoudsfase	
	Annex

Slip Plane Uplift Van

Materials

- Klei, met zandlagen
- Klei, siltig/zandig
- Zand



D-Geo Stability 18.1 : DP006_Bodem NW_toekomstig.stl

Sweco Nederland B.V.

Phone
Fax

date

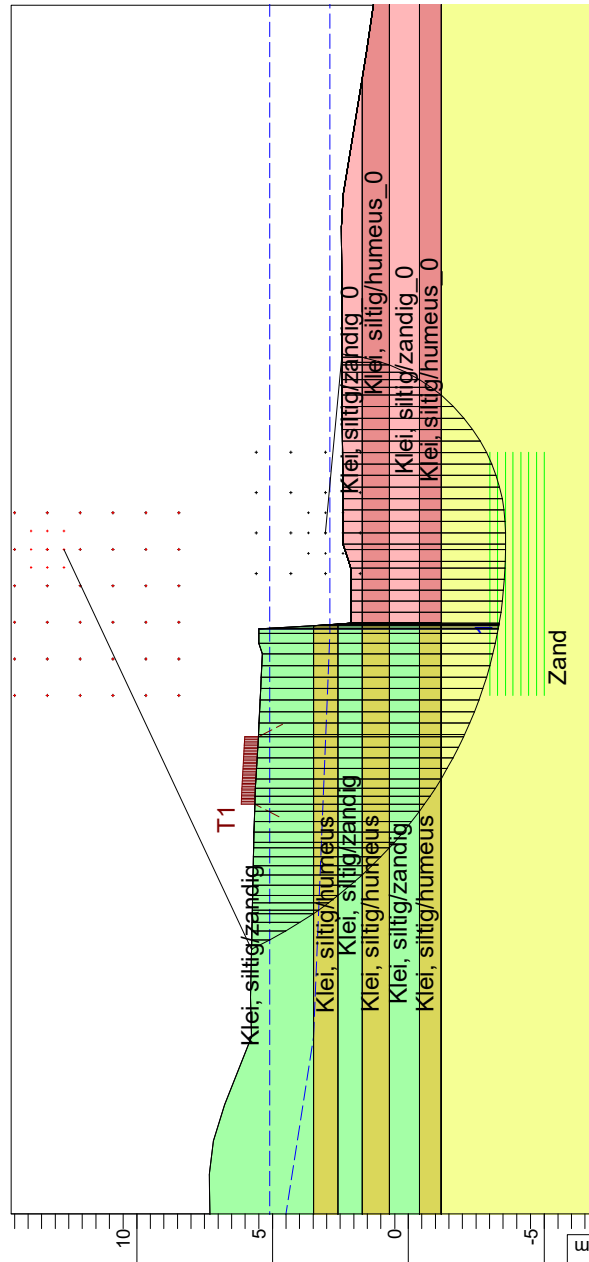
10-3-2021

DP006 Bodem NW
Toekomstige situatie

Annex

Slip Plane Uplift Van

- Materials
- Klei, siltig/zandig
 - Klei, siltig/humeus
 - Klei, siltig/zandig_0
 - Klei, siltig/humeus_0
 - Zand



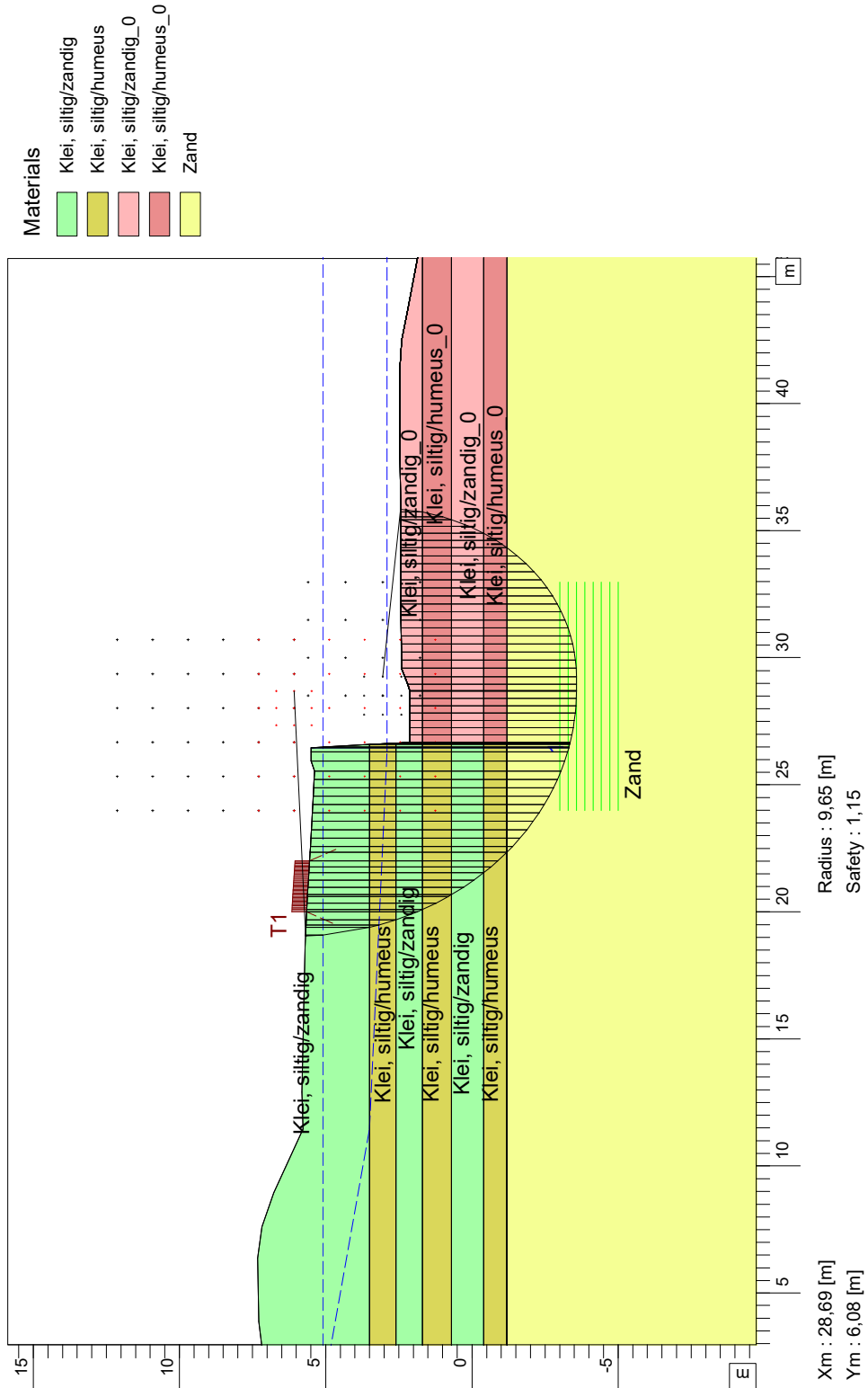
Radius : 16,26 [m]
Safety : 1,71

Xm : 29,39 [m]
Ym : 12,68 [m]

D-Geo Stability 18.1 : DP006_Bodem ZO_bestaand_opbarsten.stl

Sweco Nederland B.V.	date 17-5-2021	drw. -
DP006 Bodem ZO Bestaande situatie	-	ctr.
	Annex -	form. A4

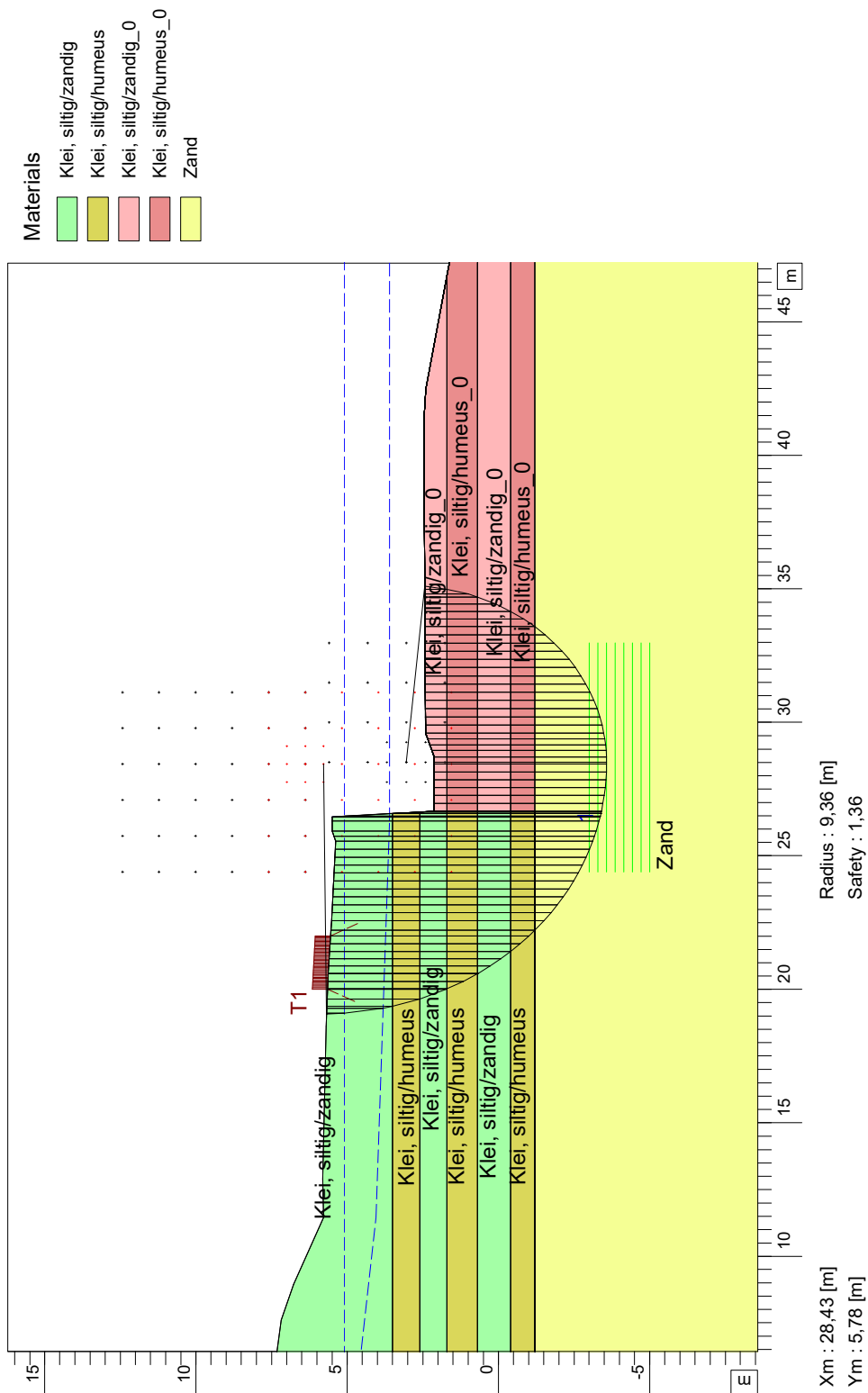
Slip Plane Uplift Van



D-Geo Stability 18.1 : DP006_Bodem ZO_bouwfase_opbarsten.sti

Sweco Nederland B.V.	date 17-5-2021	drw. -
DP006 Bodem ZO Bouwfase	-	ctr.
	Annex -	form. A4

Slip Plane Uplift Van



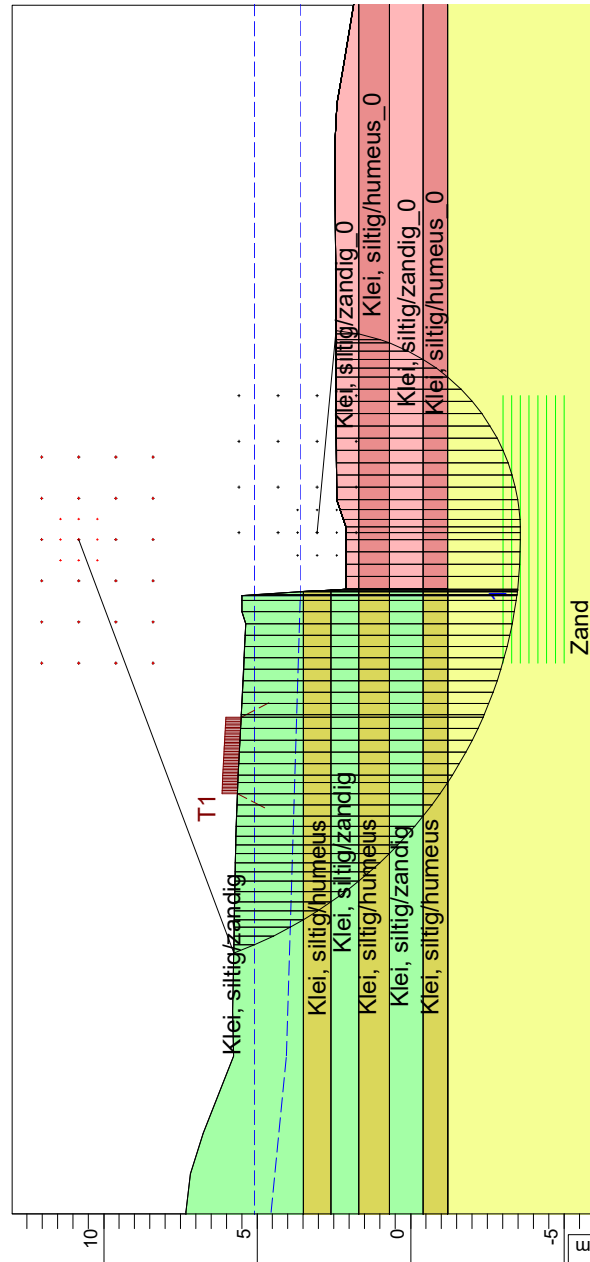
D-Geo Stability 18.1 : DP006_Bodem ZO_onderhoudsfase_opbartsen.sti

DP006 Bodem ZO Onderhoudsfase	Sweco Nederland B.V. Phone Fax	date 17-5-2021	drw. -
		-	ctr.
		Annex -	form. A4

Slip Plane Uplift Van

Materials

- Klei, siltig/zandig
- Klei, siltig/humeus
- Klei, siltig/zandig_0
- Klei, siltig/humeus_0
- Zand



Radius : 14,39 [m]
Safety : 2.07

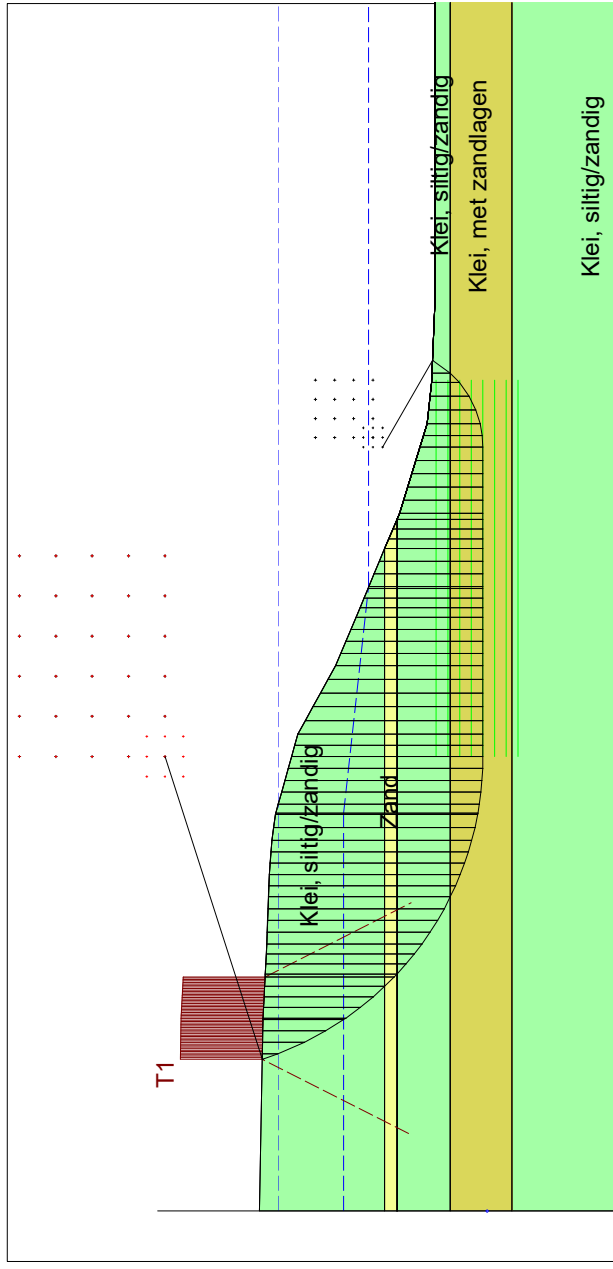
Xm : 28,28 [m]
Ym : 10,82 [m]

D-Geo Stability 18.1 : DP006_Bodem ZO_toekomstig_opbarsten.sti

Sweco Nederland B.V.	date 17-5-2021	drw. -
DP006 Bodem ZO Toekomstige situatie	-	ctr.
	Annex -	form. A4

Slip Plane Uplift Van

- Materials
- Klei, met zandlagen
 - Klei, siltig/zandig
 - Zand



Radius : 7,76 [m]
Safety : 1,07

Xm : 11,08 [m]
Ym : 7,86 [m]

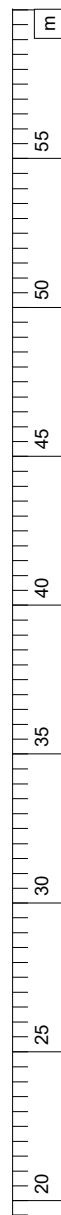
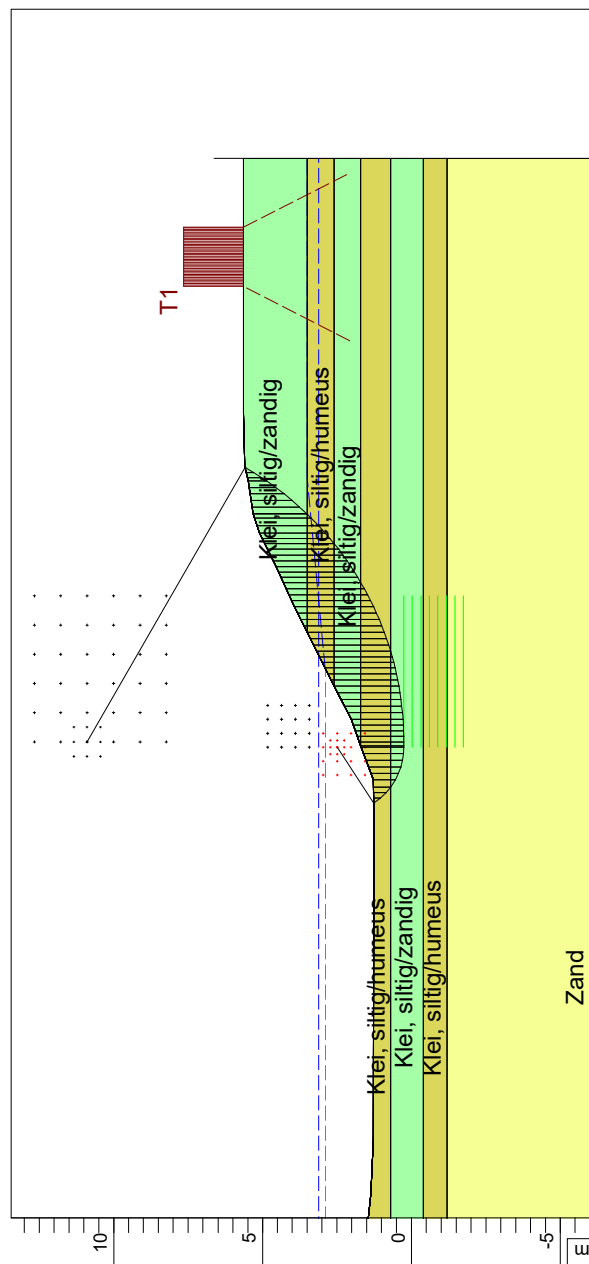
D-Geo Stability 18.1 : DP003_Bodem NW_bouwfase_verplaatste kraanlast.stl

Sweco Nederland B.V.	date 23-3-2021
DP003 Bodem NW Bouwfase - verplaatste kraanlast	
	Annex

Slip Plane Uplift Van

Materials

- Klei, siltig/zandig
- Klei, siltig/humeus
- Zand



Radius : 2,24 [m]
Safety : 1,10

Xm : 35,23 [m]
Ym : 2,50 [m]

D-Geo Stability 18.1 : DP003_Bodem ZO_bouwfase_verplaatste kraanbelasting.stl

Sweco Nederland B.V.

Phone
Fax

date

17-5-2021

DP003 Bodem ZO
Bouwfase - verplaatste kraanlast
Dagelijkse stijghoogte

Annex

Bijlage 12 Opbarstberekeningen

Opbarsten bodem ZO



Uittredepunt				
Maaiveld hoogte uittredepunt	-	5,64	m	NAP
Niveau bodem watergang uittredepunt	-	1,28	m	NAP
Waterstand in watergang / slootpeil uittredepunt	-	2,90	m	NAP
Effective locatie maaiveld (bodem watergang)	-	1,28	m	NAP
Opbarstberekening				
<i>Bodemopbouw tpv uittredepunt</i>				
Grondlaag	Onderkant	Gewicht (γ_{sat})	Dikte (d)	Grondspanning
	[NAP+m]	[kN/m ³]	[m]	[kPa]
Maaiveld	1,28	9,81	1,62	15,9
Klei, siltig/humeus	0,70	16,80	0,58	9,7
Klei, siltig/zandig	-0,40	18,60	1,10	20,5
Klei, siltig/humeus	-1,20	16,80	0,80	13,4
Totaal:			4,10	59,5
Waterdruk				
Stijghoogte ter plaatse van uittredepunt		5,10	m	NAP
Waterdruk tpv uittredepunt		61,8	kPa	
Resultaten opbarsten				
		Berekend	Vereist	Oordeel
Waterdruk tpv uittredepunt		0,96	1,10	Voldoet niet

Gehanteerde formules

Formule ter controle op opbarsten

$$\frac{\Sigma d_3 \cdot \gamma_{sat}}{(\varphi_{opb} - z_{ok}) \cdot \gamma_w} \geq 1,10 = \gamma$$

Waarin:

d_3	Dikte deklaag
γ_{sat}	Verzadigd volumiek gewicht deklaag
φ_{opb}	Stijghoogte opbarstlocatie
z_{ok}	Onderkant deklaag
γ_w	Volumiek gewicht water
γ	Veiligheidsfactor

Opbarsten bodem ZO



Uittredepunt				
Maaiveld hoogte uittredepunt	-	5,64	m NAP	
Niveau bodem watergang uittredepunt	-	1,28	m NAP	
Waterstand in watergang / slootpeil uittredepunt	-	3,60	m NAP	
Effective locatie maaiveld (bodem watergang)	-	1,28	m NAP	
Opbarstberekening				
<i>Bodemopbouw tpv uittredepunt</i>				
Grondlaag	Onderkant	Gewicht (γ_{sat})	Dikte (d)	Grondspanning
	[NAP+m]	[kN/m ³]	[m]	[kPa]
Maaiveld	1,28	9,81	2,32	22,8
Klei, siltig/humeus	0,70	16,80	0,58	9,7
Klei, siltig/zandig	-0,40	18,60	1,10	20,5
Klei, siltig/humeus	-1,20	16,80	0,80	13,4
Totaal:			4,80	66,4
Waterdruk				
Stijghoogte ter plaatse van uittredepunt		5,10	m NAP	
Waterdruk tpv uittredepunt		61,8	kPa	
Resultaten opbarsten				
		Berekend	Vereist	Oordeel
Waterdruk tpv uittredepunt		1,07	1,10	Voldoet niet

Gehanteerde formules

Formule ter controle op opbarsten

$$\frac{\Sigma d_3 \cdot \gamma_{sat}}{(\varphi_{opb} - z_{ok}) \cdot \gamma_w} \geq 1,10 = \gamma$$

Waarin:

d_3	Dikte deklaag
γ_{sat}	Verzadigd volumiek gewicht deklaag
φ_{opb}	Stijghoogte opbarstlocatie
z_{ok}	Onderkant deklaag
γ_w	Volumiek gewicht water
γ	Veiligheidsfactor