

RAPPORT

Waterharmonica Vlaardingen

Geotechnische beschouwing van activiteiten in de dijk
ten behoeve van de aanleg van de Waterharmonica

Klant: Hoogheemraadschap Delfland

Referentie: BF9628-RHD-ZZ-XX-RP-Z-0001

Status: S0/P03.01

Datum: 24 januari 2020

HASKONINGDHV NEDERLAND B.V.

Laan 1914 no.35
3818 EX AMERSFOORT
Transport & Planning
Trade register number: 56515154

+31 88 348 20 00 **T**
+31 33 463 36 52 **F**
info@rhdhv.com **E**
royalhaskoningdhv.com **W**

Titel document: Waterharmonica Vlaardingen

Ondertitel:
Referentie: BF9628-RHD-ZZ-XX-RP-Z-0001
Status: P03.01/S0
Datum: 24 januari 2020
Projectnaam: Waterharmonica Vlaardingen
Projectnummer: BF9628
Auteur(s): Monique Sanders

Opgesteld door: Monique Sanders

Gecontroleerd door: T. Linthof: Rapportage
T. de Wit: Berekeningen

Datum/paraaf:

Goedgekeurd door: Davy de Greef

Datum/paraaf:

Classificatie

Open



Disclaimer

No part of these specifications/printed matter may be reproduced and/or published by print, photocopy, microfilm or by any other means, without the prior written permission of HaskoningDHV Nederland B.V.; nor may they be used, without such permission, for any purposes other than that for which they were produced. HaskoningDHV Nederland B.V. accepts no responsibility or liability for these specifications/printed matter to any party other than the persons by whom it was commissioned and as concluded under that Appointment. The integrated QHSE management system of HaskoningDHV Nederland B.V. has been certified in accordance with ISO 9001:2015, ISO 14001:2015 and ISO 45001:2018.

Inhoud

1	Inleiding	1
1.1	Aanleiding en doel	1
1.2	Eerder uitgevoerde veiligheidsbeschouwingen	1
1.3	Medegebruik Delflandsedijk	2
1.4	Werkwijze voorliggende beschouwing	4
2	Situatiebeschrijving	5
3	Uitgangspunten	7
3.1	Maatgevende dwarsprofielen en maaiveldhoogtes	7
3.2	Bodemopbouw	8
3.3	Sterkteparameters grondlagen	11
3.4	Waterstanden en waterspanningen	11
3.5	Geometrische en relevante constructieve eigenschappen per onderdeel	13
4	Kwalitatieve beschouwing per onderdeel	17
4.1	Onderdeel 1: Leiding met uitstroomvoorziening ter hoogte van zuiveringsinstallatie	17
4.2	Onderdeel 2: Sloopverbreding en verdieping	18
4.3	Onderdeel 3: Parallele duiker	22
4.4	Onderdeel 4: Geboorde leiding binnenzijde waterkering	23
4.5	Onderdeel 5: Duiker door polderdijk ter hoogte van Zuidbuurt	23
5	Uitvoeringsrisico's onderdeel 1 t/m 4	24
6	Conclusie	25

1 Inleiding

1.1 Aanleiding en doel

Het Hoogheemraadschap van Delfland heeft tot doel gesteld (afval)water meer her te gebruiken doormiddel van het toepassen van een waterharmonica. Langs de Delflandsedijk in de nabijheid van de zuiveringsinstallatie is ruimte aanwezig om een waterharmonica aan te leggen, echter een aantal werkzaamheden c.q. onderdelen van de waterharmonica en/ of toevoer vanaf de zuiveringsinstallatie naar de waterharmonica liggen in de kernzone en beschermingszone van de waterkering.

Conform de Keur en de beleidsregel van het hoogheemraadschap medegebruik van de Delflandsedijk dient de invloed van de werkzaamheden op de waterveiligheid te worden gecontroleerd als de werkzaamheden plaatsvinden in de kern- en beschermingszone.

Voor de bepaling van de invloed van de werkzaamheden op de waterveiligheid is in voorliggende rapportage een geotechnische beschouwing uitgevoerd op de betreffende onderdelen die benodigd zijn voor de waterharmonica en in de kernzone en beschermingszone van de waterkering zijn gelegen.

De beschouwing is nodig ter ondersteuning van de vergunningaanvraag bij hoogheemraadschap Delfland. De beschouwde onderdelen zijn op dit moment uitgewerkt tot een principe of voorlopig ontwerp (VO-niveau). Het detailontwerp (DO-niveau) dient door de aannemer te worden uitgevoerd.

1.2 Eerder uitgevoerde veiligheidsbeschouwingen

Afgelopen jaren zijn 2 onderzoeken naar de veiligheid van de Delflandsedijk uitgevoerd, namelijk:

- Geotechnisch advies door RPS, 25 april 2017
 - o Doel: Middels een geotechnische analyse inzichtelijk maken van het effect van de aanpassing van de teensloot zodat deze als toevoer naar de waterharmonica gebruikt kan worden. De aanpassing bestaat uit het verbreden van de sloot en verhogen van de freatische lijn. De geotechnische analyse bestond uit het berekenen van de veiligheidsfactor van de binnenwaartse macrostabiliteit in de oude en nieuwe situatie en met elkaar te vergelijken. Op basis van de vergelijking is beoordeeld in welke mate de aanpassing invloed heeft op de waterveiligheid.
 - o Kantekening: De analyse naar de verandering in veiligheidsfactor van de macrostabiliteit is uitgevoerd volgens de 'oude' voorschriften waarbij met gedraineerde sterkteparameters bepaald bij relatief kleine rekken is gerekend. Sinds januari 2017 geldt het WBI 2017 voor beoordelingen en OI2014 v4 voor ontwerpwerkzaamheden. In de nieuwe rekenmethodiek wordt gerekend in een critical state situatie (welke de werkelijke situatie beter benadert) en wordt voor kleilagen onder de grondwaterstand met ongedraineerde schuifsterktes gerekend. In de oude systematiek wordt gerekend met gedraineerde sterkteparameters conform Mohr-Coulomb.
 - o Conclusie van het advies: De invloed van de verbreding van de sloot en verhoging freatische lijn heeft een nihil invloed op de waterveiligheid en het veiligheidsniveau na aanpassing blijft boven de norm.
- WBI beoordeling door Fugro, 15 mei 2019
 - o Doel: Wettelijke beoordeling van de Delflandsedijk.
 - o Kanttekening en conclusie: Beoordeling is conform nieuwe normering. Effecten van initiatieven of toekomstige plannen worden in een beoordeling niet meegenomen. De waterkering is goedgekeurd op basis van de geometrische toets door de aanwezigheid

van het lange hoge voorland. Hierdoor hoeft geen veiligheidsfactor (en faalkans) voor de binnenwaartse stabiliteit (STBI) te worden berekend.

1.3 Medegebruik Delflandsedijk

Het beleid van Hoogheemraadschap Delfland is om de waterkering zoveel mogelijk vrij te houden van gebouwen, constructies en kunstwerken, niet-waterkerende objecten en overige objecten. Delfland geeft met de Beleidsregel Medegebruik Delflandsedijk invulling aan zijn bevoegdheid om voorwaarden te stellen voor het medegebruik van de ruimte in, op en om de primaire waterkering Delflandsedijk.

In de beleidsregel Medegebruik Delflandsedijk zijn criteria opgenomen waaronder medegebruik binnen de leggerzonering van de waterkering is toegestaan. In het specifieke geval dat medegebruik in de zone van het waterstaatswerk of medegebruiksvrije profiel wordt beoogd, zal eerst een afweging door Delfland over de toelaatbaarheid worden gemaakt. Bij de afweging over de toelaatbaarheid van medegebruik in de bovengenoemde situatie is het aan de initiatiefnemer om aan te tonen dat er sprake is van een “zwaarwegend belang”. De initiatiefnemer moet motiveren waarom er naar zijn mening hiervan sprake is en moet in de vergunningaanvraag de volgende aspecten meenemen:

1. Is er sprake van een maatschappelijke functie
2. Zijn er andere ruimtelijke inpassingen mogelijk
3. Is er sprake van LNC -waarden

Indien er sprake is van “zwaarwegend belang” dient er rekening te worden gehouden met eisen die zijn opgenomen in de beleidsregel en gelden de volgende aanvullende criteria voor werken in de zone van het (toekomstige) waterstaatwerk:

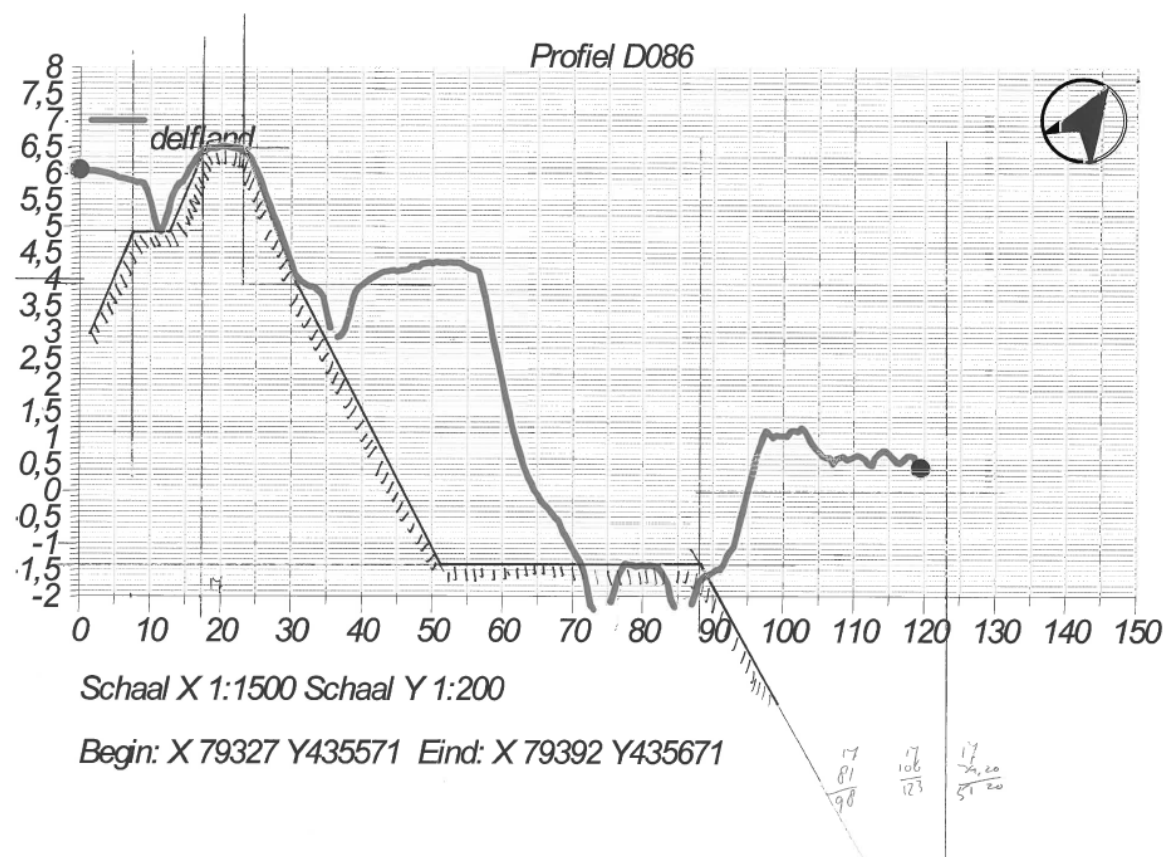
- Het werk dient buiten het medegebruiksvrije profiel te worden aangebracht.
- Indien het werk niet buiten het medegebruiksvrije profiel kan worden aangebracht moet een vervangende waterkering worden aangelegd. Het ontwerp moet voldoen aan de vigerende ontwerpvoorwaarden.
- Indien sprake is van vernieuwbouw zijn werken toegestaan binnen het bestaande bouwoppervlak.

Voor werken in de (toekomstige) beschermingszone en het profiel van vrije ruimte zijn ook criteria opgenomen. Indien deze relevant zijn voor specifieke onderdelen in voorliggende analyse, zijn deze in de specifieke onderdelen van de analyse benoemd.

Het medegebruiksvrije profiel is onderstaand weergegeven.

Op basis van de medegebruiksvrije profielen kan gesteld worden dat de geplande leidingkruising en de geboorde leiding onder de berm (zie hoofdstuk 0) binnen het medegebruiksvrije profiel vallen en sprake is van een “zwaarwegend belang”. Hier zal in de analyse rekening mee worden gehouden.

De slootverbreding en verdieping blijft buiten het medegebruiksvrije profiel.



3

1.4 Werkwijze voorliggende beschouwing

In eerste instantie is een kwalitatieve beschouwing uitgevoerd op basis van de beschikbare informatie en gezamenlijk vastgestelde uitgangspunten. Afhankelijk van de kwalitatieve beschouwing zal in overleg met het Hoogheemraadschap besloten worden of een gedetailleerdere analyse nodig is. Voorliggende rapportage betreft de kwalitatieve beschouwing.

Voor de beschouwing zal onder andere gebruik gemaakt worden van de recente veiligheidsbeschouwingen (zie §1.2) die ter plaatse van de waterharmonica langs de Delflandsedijk zijn uitgevoerd en de beleidsregel Medegebruik Delflandsedijk (zie §1.3).

2 Situatiebeschrijving

De toevoer van het water naar de waterharmonica komt vanuit de zuiveringsinstallatie van Hoogheemraadschap Delfland. Hiervoor is gepland gebruik te maken van de bestaande binnendijkse teensloot langs de Delflandsedijk, tussen de kern van de waterkering en de verbindingsweg die op de berm is gelegen (zie Figuur 2-2 en Figuur 2-3 voor overzichtstekeningen).

De toevoersloot start buitendijks bij de zuiveringsinstallatie, gaat door de dijk heen middels een leiding, vervolgt zijn weg in westelijke richting binnendijks via de teensloot en gaat dan onder de weg door middels een gestuurde boring of indien mogelijk een open ontgraving om uit de komen bij de waterharmonica (binnendijks) in de gemeente Vlaardingen.



De bestaande binnendijkse teensloot wordt verbreed met 1 meter aan beide zijden en verdiept tot een niveau van NAP +2,5 m om de teensloot als toevoersloot te gebruiken. Door de verdieping van de sloot wordt de waterdiepte in de sloot ten opzichte van de slootbodem verhoogd met 40 cm van 30 cm naar 70 cm waterdiepte. Het waterpeil mag vanwege beheerseisen in de operationele situatie niet hoger komen dan NAP + 3,20 m. In de voorliggende berekeningen is rekening gehouden met extra verhoging door extreme (weers)omstandigheden.

Figuur 2-1 Huidige situatie van de sloot langs de Delflandsedijk

De Delflandsedijk is een primaire waterkering en onderdeel van dijktraject 14-3. In onderstaande satellietfoto uit de rapportage van de WBI beoordeling zijn de locaties van de relevante dijkpaalnummers en waterharmonica en zuiveringsinstallatie weergegeven.



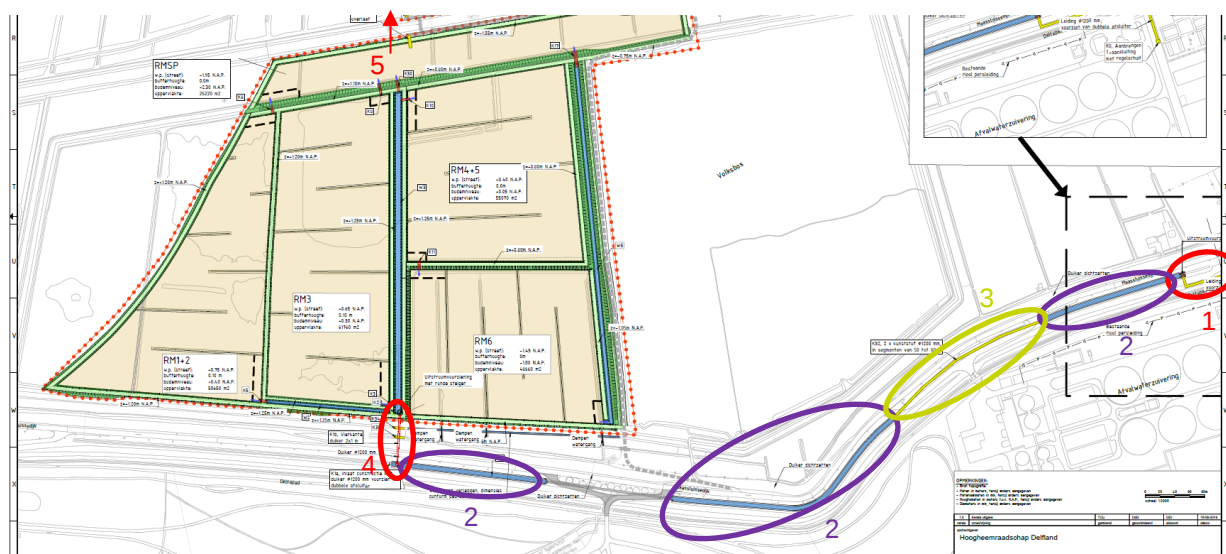
Figuur 2-2 Overzicht met satellietfoto uit WBI beoordeling ter hoogte van de waterharmonica en nieuwe toevoersloot

Het traject van de toevoersloot ligt in vak 8 van de recente WBI beoordeling welke loopt van dijkpaal 70 tot en met 95 (D70 t/m D95). De kruising ter hoogte van de zuiveringsinstallatie ligt ter hoogte van dijkpaal 73 (D73).

Voor voorliggende geotechnische werkzaamheden zijn er 5 onderdelen binnen de toevoersloot gedefinieerd die geotechnisch beschouwd worden:

1. Leiding ter hoogte van de zuiveringsinstallatie waarbij de leiding de waterkering zal kruisen met het intredepunt buitendijks en uitredepunt binnendijks.
2. Slootverbreding en verdieping op 3 locaties.
3. Parallele duiker op 2 locaties.
4. Geboorde leiding of een leiding aangebracht middels een open ontgraving aan de binnenzijde van de waterkering waarbij het intredepunt zich in de teensloot bevindt en de geboorde leiding verder binnenwaarts wordt geboord loodrecht op de waterkering.
5. Duiker door de polderdijk ter hoogte van Zuidbuurt.

In Figuur 2-3 zijn de onderdelen in een overzichtstekening weergegeven. Onderdeel 1 bevindt zich ter hoogte van D73 en onderdeel 4 bevindt zich ter hoogte van het maatgevende dwarsprofiel D86 welke als maatgevend is vastgesteld in de WBI beoordeling.

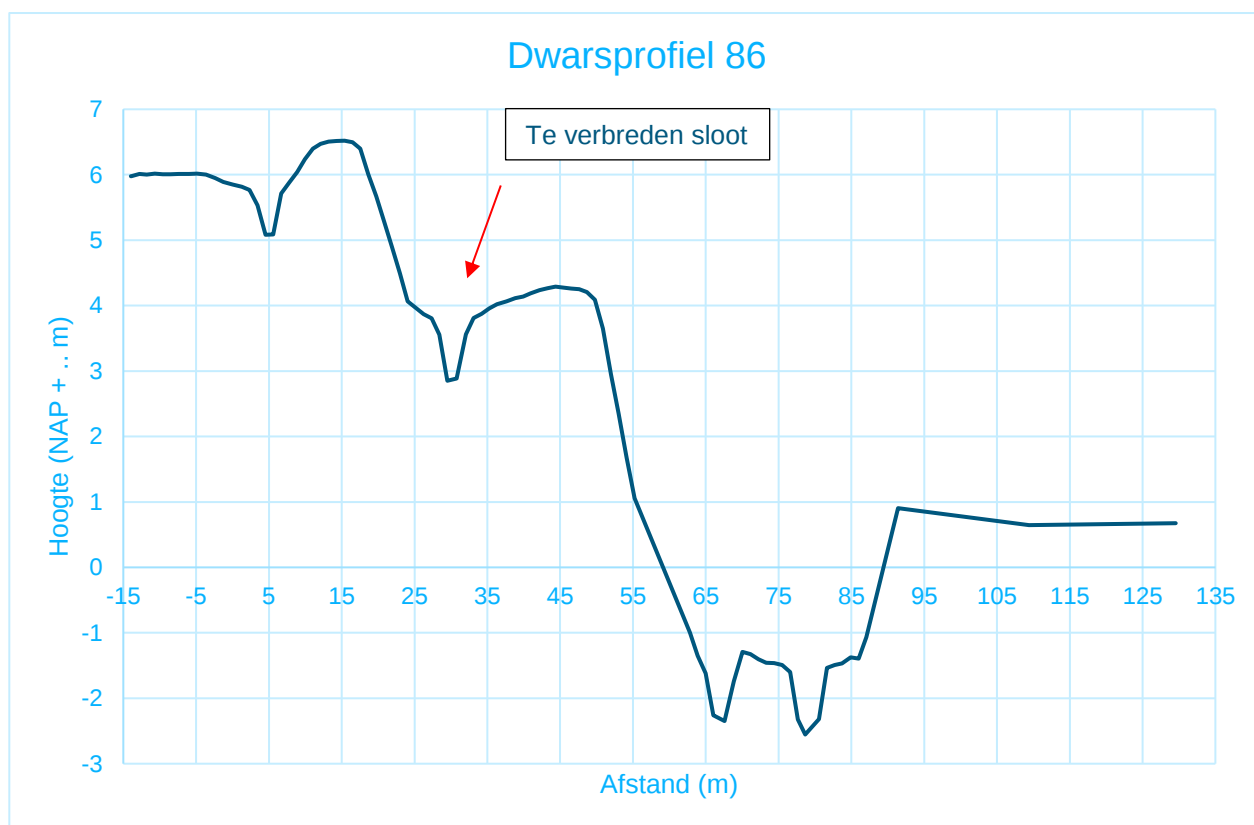


Figuur 2-3 Overzicht situatie van de toevoersloot langs de Delflandsedijk met de te beschouwen onderdelen

3 Uitgangspunten

3.1 Maatgevende dwarsprofielen en maaiveldhoogtes

Het maatgevende dwarsprofiel in de strekking langs de toevoersloot ligt ter hoogte van dijkpaal 86 en komt overeen met dwarsprofiel 86 uit de veiligheidsbeschouwing van RPS d.d. 25 april 2017 en D86 in de recente WBI beoordeling door Fugro d.d. 19 mei 2019. Het maatgevende dwarsprofiel is in onderstaande figuur opgenomen.



Figuur 3-1 Maatgevend dwarsprofiel D86

De kruinhoogte ligt op ca. NAP 6,5 m. De bodem van de huidige teensloot ligt op NAP +3,0 m. De hoogte van de binnenberm ligt tussen de NAP +4,0 m en NAP +4,5 m. Achter de binnenberm zit er in het maaiveld een dip tot ca. NAP -1,5 m. Verder richting het achterland ligt het maaiveld op NAP +0,5 m.

Het huidige voorland bevindt zich op ca. NAP +5,5 m en hoger over een afstand van minimaal 100 m, zie onderstaande overzichtstekening uit AHN3.



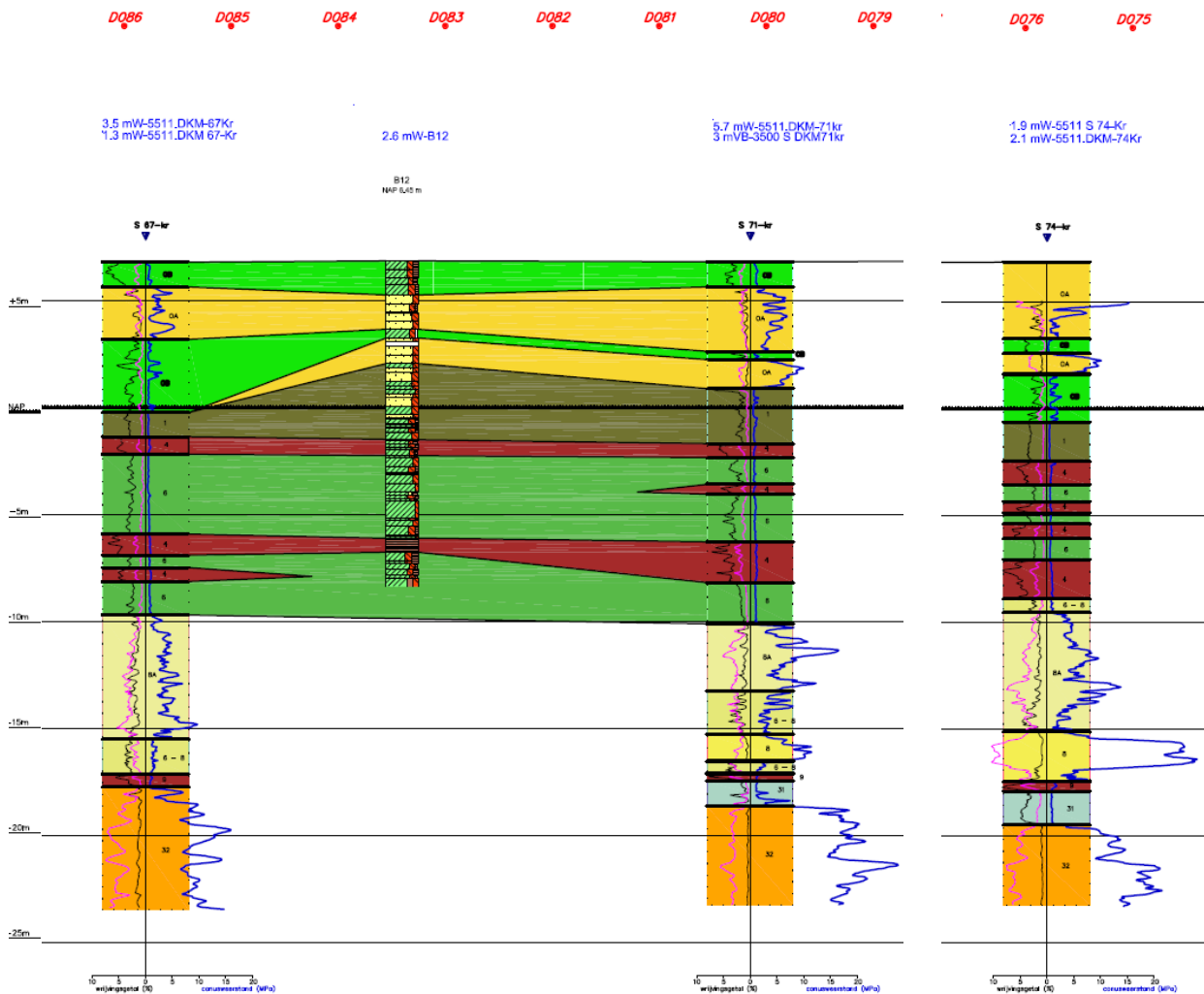
Figuur 3-2 Overzichtskaart met hoogte indicatie op basis van AHN3

3.2 Bodemopbouw

Het traject van de toevoersloot ligt tussen dijkpaal D73 tot en met D86. De geotechnische lengteprofielen waarin de schematisatie van de ondergrond is terug te vinden zijn gekoppeld aan deze nummering.

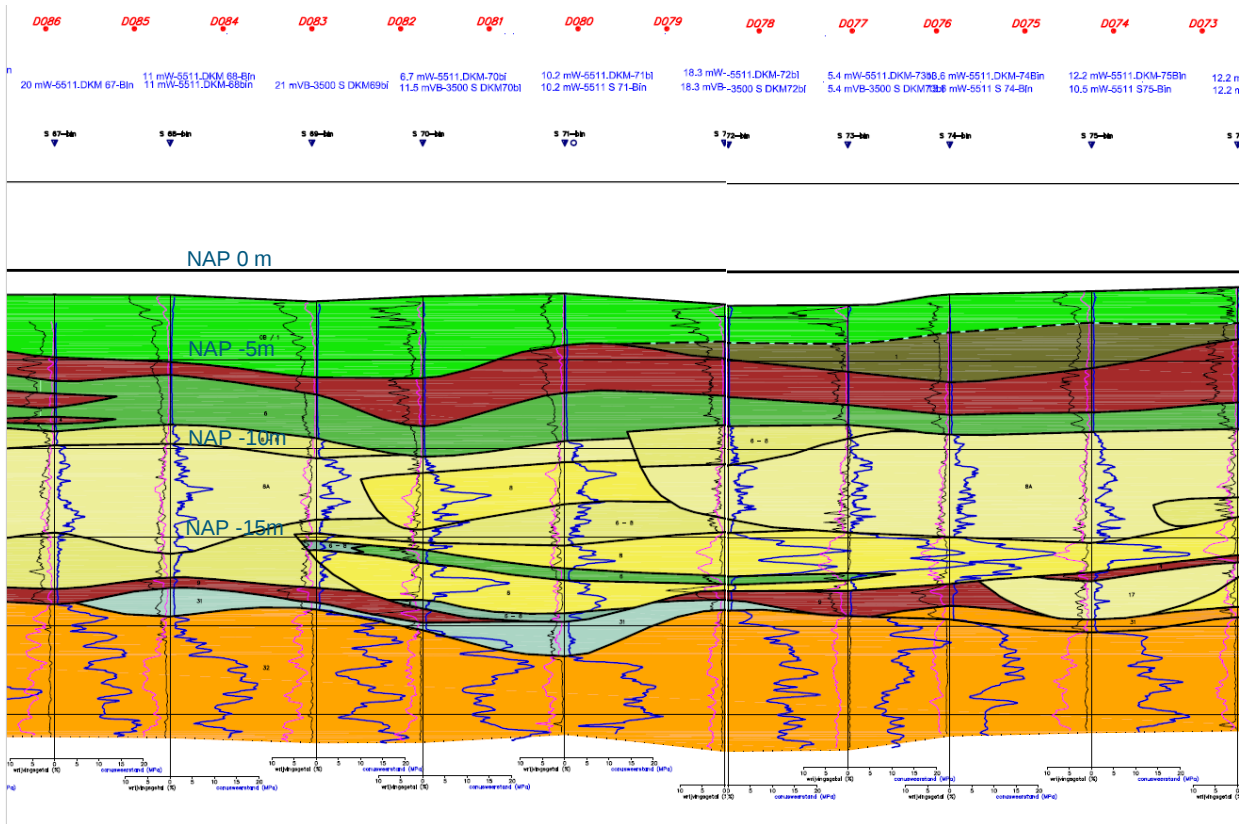
Het geotechnisch lengteprofiel onder de kruin en binnendijks is overgenomen uit de tekeningen van de WBI beoordeling (titel: *Geotechnisch-Lengteprofiel-traject14_3 Deel: 2/4; tekeningnr. 1214-0070-013; datum 25-09-2018*), zie Figuur 3-3 en Figuur 3-4. De legenda is opgenomen in Figuur 3-5.

In de geotechnische lengteprofielen is de zien dat in het betreffende traject onder de kruin in de eerste meters tot ca. NAP + 1,0 m veel zand aanwezig is, behalve ter hoogte van D85 en D86 (ter hoogte van de inlaat van de waterharmonica) waar de zandlaag tot ca. NAP +3,0 m aanwezig is. Vanaf ca. NAP 0 m/ 1 m tot ca. NAP -10,0 m bestaat de ondergrond uit siltige kleilagen met daartussen 2 veenlagen van ongeveer een meter dikte. Daaronder bevindt zich tot aan de bovenkant van de Pleistocene zandlaag zand met veel kleilaagjes, een zandige kleilaag en nog een dunne veenlaag. De bovenkant van de Pleistocene zandlaag bevindt zich tussen de NAP +18,0 m en NAP +20,0 m.



Figuur 3-3 Geotechnisch lengteprofiel onder de kruin tussen D73 en D86 [WBI Beoordeling Fugro d.d. 19 mei 2019]

Binnendijks bevindt zich onder maaiveld meteen klei, veen en siltige klei tot ca. NAP -10 m.



Figuur 3-4 Geotechnisch lengteprofiel binnendijs tussen D73 en D86 [WBI Beoordeling Fugro d.d. 19 mei 2019]

LITHOSTRATIGRAFISCHE LEGENDA				
0A	Hoofdzakelijk zand	Antropogene gronden		Holoceen
0B	Hoofdzakelijk klei			
0C	Hoofdzakelijk veen			
1	Klei, siltig vaak humeus, plaatselijk met zandlaagjes	Laagpakket van Walcheren (vh. Duinkerke)	FORMATIE VAN NAALDWIJK	Holoceen
2	Klei, siltig met matig tot veel zandlaagjes			
1-3	Klei, zandig tot zand, kleilig			
3A	Zand met veel kleilaagjes			
3	Zand, vaak met kleilaagjes	Hollandveen	FORM. v NIEUWKOOP	
4	Veen			
15	Klei zwak siltig, humeus met veenstuk		FORM. VAN NAALDWIJK	
6	Klei siltig tot sterk siltig, vaak humeus			
7	Klei, siltig met matig tot veel zandlaagjes	(vh. Gorkum)	FORM. VAN ECHTELD	
6-8	Klei, zandig tot zand, kleilig			
8A	Zand met veel kleilaagjes			
8	Zand, vaak met kleilaagjes			
9	Veen	Hollandveen	FORM. v NIEUWKOOP	Pleistocene
22A	Zand fijn	Laagpakket van Delwijnen	FORM. VAN TWENTE	
31	Klei, siltig tot zandig	Laag van Wychen	FORMATIE VAN KREFTENHEYE	
32	Zand matig tot grof, vaak grindig			

Figuur 3-5 Legenda geotechnische lengteprofielen

3.3 Sterkteparameters grondlagen

Voor de invloed van de wijzigingen van de sloot is in D-GEO Suite Stability een stabiliteitsberekening uitgevoerd. De sterkteparameters van de grondlagen zijn overgenomen uit de WBI beoordeling 2019. In onderstaande tabel zijn de sterkteparameters gegeven die zijn toegepast voor de betreffende grondlagen.

Tabel 3-1 Sterkteparameters grondlagen conform WBI beoordeling

Grondlaag voorliggend advies	Grondsoort WBI beoordeling	γ_{sat}	S_{kar}	m_{kar}	POP_{kar}	OCR_{kar}	ϕ'_{cs}
		[kN/m ³]	[-]	[-]	[kPa]	[kPa]	[°]
Veen	VM ($w > 300\%$)	10,4	0,27	0,76	4,0	1,13	28,6
Klei siltig, humeus (van ca. NAP 0 tot -5m)	KSZ ($13,5 < \gamma < 16,5$ kN/m ³)	15,4	0,23	0,81	6,7	1,21	36,6
Zand met kleilaagjes	KSZZ ($\gamma > 16,5$ kN/m ³)	20,5	0,26	0,86	7,2	1,15	33,7
Zand, dijkmateriaal	Zand, antropogeen*	20	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	31,3
Pleistocene zand	Zand, pleistoceen*	21	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	31,3
Klei, dijkmateriaal	Klei, dijksmateriaal*	16	0,23	0,8	7,0	n.v.t.	27,0

* Voor de grondlagen boven de grondwaterstand worden gedraineerde sterkteparameters toegepast

De grensspanning in de grondlagen is bepaald op basis van de gemiddelde situatie met een gemiddelde grondwaterstand (aangenomen op NAP + 0,6 m, zie § 3.4.3) met de POP die volgt uit Tabel 3-1.

3.4 Waterstanden en waterspanningen

3.4.1 Waterstand in de rivier

Conform de waterdata van Rijkswaterstaat ligt de gemiddelde rivierwaterstand (ter hoogte van Maassluis) tussen de NAP -0,83 m en 2,0 m.

In de WBI Beoordeling van mei 2019 is de rivierwaterstand bij de norm bepaald (extreme waterstand). De rivierwaterstand bij de norm (ondergrens) is berekend met behulp van Riskeer. Hieruit blijkt dat deze voor traject 14-3 tussen de NAP +3,49 m en NAP +3,60 m bedraagt.

Voor de kwalitatieve beoordeling van de leidingkruising is het van belang om ook de verwachte maatgevende waterstand over 100 jaar te beschouwen. Door het hoogheemraadschap zijn op basis van de Hydraulische Randvoorwaarden de toeslagen en daaruit volgende vereiste waterstand en kruinhoogte aangeleverd.

De berekende toename van de waterstand voor dijkvak 14-3 over 100 jaar ligt tussen de 40 en 90 cm. De totale benodigde toeslag voor het bepalen van de vereiste kruinhoogte over 100 jaar bedraagt 180 – 230 cm. Dit is inclusief de waterstandstoename, bodemdaling en robuustheidstoeslag.

Jaar	Waterstand toename	Bomdaling	Robuustheidtoeslag	Totaal benodigde toeslag
Nu – 2020	0	0	0	0
+25 – 2045	10-20 cm	10 cm	25 cm	45-55 cm
+50 – 2070	20-40 cm	20 cm	50 cm	90-110 cm
+100 – 2120	40-90 cm	40 cm	100 cm	180-230 cm
+200 – 2220	100-160 cm	80 cm	200 cm	380-440 cm

Jaar	Waterstand	Waterstand Max doorsnede-eis	Golf	Toeslag	Benodigde hoogte kruin
2020 – 14-3	3,6	4,11	< 0,3	0	4,11 m
2045 – 14-3				45-55 cm	4,46-4,56 m
2070 – 14-3				90-110 cm	5,01-5,21 m
2120 – 14-3				180-230 cm	5,91-6,41 m
2220 – 14-3				380-440 cm	-

Figuur 3-6 Overzicht toeslagen op waterstand en kruinhoogte op basis van de Hydraulische Randvoorwaarden voor dijkvak 14-3

3.4.2 Waterspanningen in de ondergrond

In het advies van RPS april 2017 is in het diepe pakket (Pleistoceen) een stijghoogte van NAP + 3,4 m in de maatgevende situatie aangenomen. Op het grensvlak tussen het cohesieve grondpakket en het meer zandige kleipakket, rond NAP -10,0 m bedraagt de stijghoogte NAP +1,2 m.

Vanaf maaiveld tot aan NAP -10,0 m is de waterspanning geïnterpoleerd tussen de freatische lijn en NAP +1,2 m op NAP -10,0 m. Tussen NAP -10,0 m en de bovenzijde van het Pleistocene pakket wordt de stijghoogte geïnterpoleerd tussen NAP +1,2 m en de stijghoogte in het Pleistocene pakket (NAP 3,4 m). Deze waterspanningen zijn overgenomen in de indicatieve berekeningen voor voorliggende beschouwing.

3.4.3 Waterspanningen ten behoeve van bepaling grensspanning

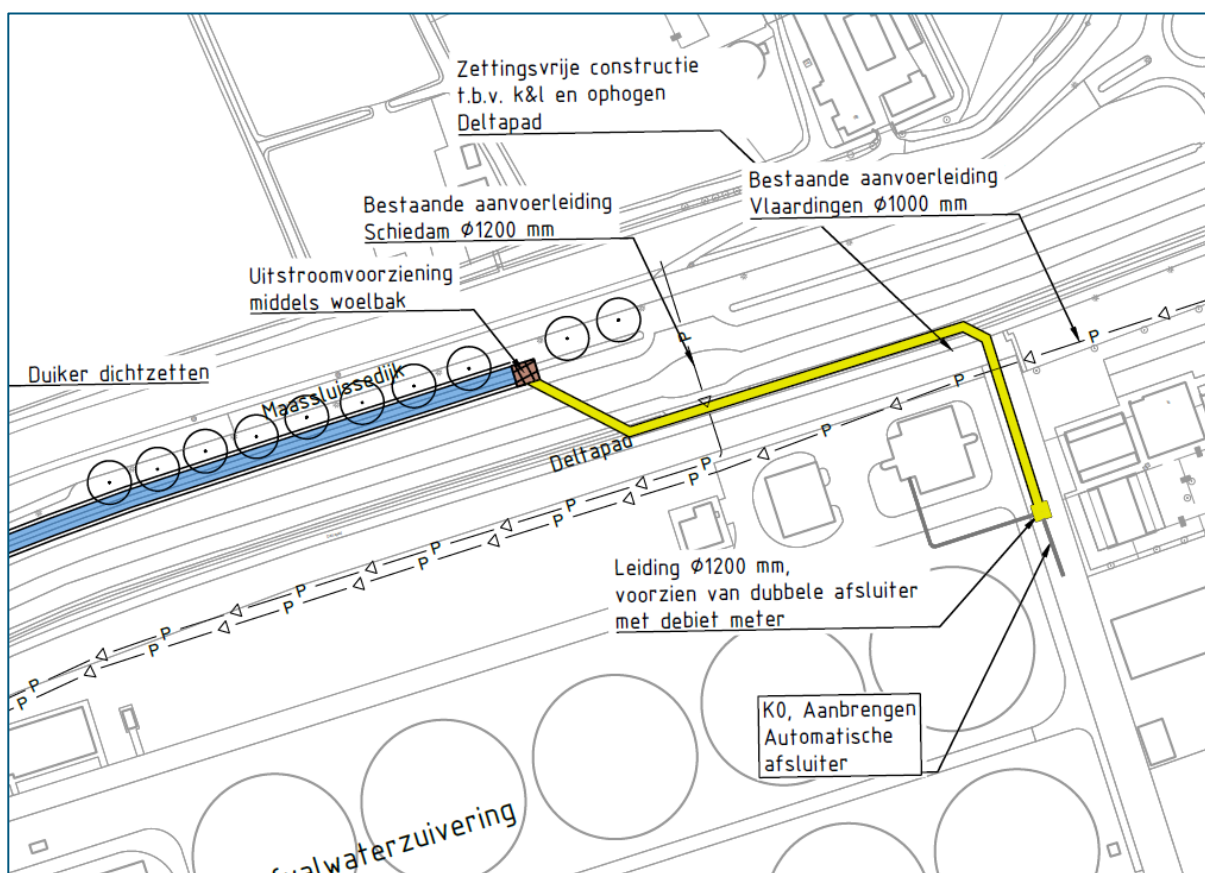
Voor de gemiddelde grondwaterstand waarop de grensspanning bepaald is, is NAP + 0,6 m aangehouden (gemiddelde van NAP -0,83 en 2,0 m). Een ooit lager opgetreden grondwaterstand is gunstig aangezien de effectieve spanning en daarmee grensspanning toeneemt. Een hogere grensspanning betekent een sterkere ondergrond tijdens een extreme waterstand en dus een sterkere dijk.

Voor voorliggend doel waarin de huidige met de nieuwe situatie vergeleken wordt, achten wij dit detailniveau voldoende. Voor een definitieve veiligheidsanalyse waarin een exactere veiligheidsfactor gewenst is, is een gedetailleerdere analyse nodig met een gedetailleerder onderzoek naar de werkelijke grondwaterstanden en waterspanningen omdat deze direct invloed hebben op de grensspanning en daarmee schuifsterkte in de ondergrond en daaruit volgend de veiligheidsfactor.

3.5 Geometrische en relevante constructieve eigenschappen per onderdeel

3.5.1 Onderdeel 1: Leiding met uitstroomvoorziening ter hoogte van zuiveringsinstallatie

De leiding bij het begin van de toevoersloot kruist de waterkering, maar ligt ook een gedeelte parallel onder de kruin van de waterkering. Het betreft een drukloze leiding (stroming door de leiding onder vrij verval) met dubbele afsluiter. In onderstaande figuur is een bovenaanzicht opgenomen.



Figuur 3-7 Bovenaanzicht kruising nieuw te plaatsen duiker boven bestaande persleiding

De leiding zal in PE materiaal rond 1200 mm uitgevoerd worden en wordt in het werk middels een open ontgraving aangebracht. In de kern van de waterkering ligt de onderkant van de leiding op ca. NAP + 4,0 m. De leiding wordt niet onderhouden. De putten worden op palen gefundeerd. De afmetingen en niveaus van de putten dienen door de aannemer verder uitgewerkt te worden en zijn nu nog niet bepaald.

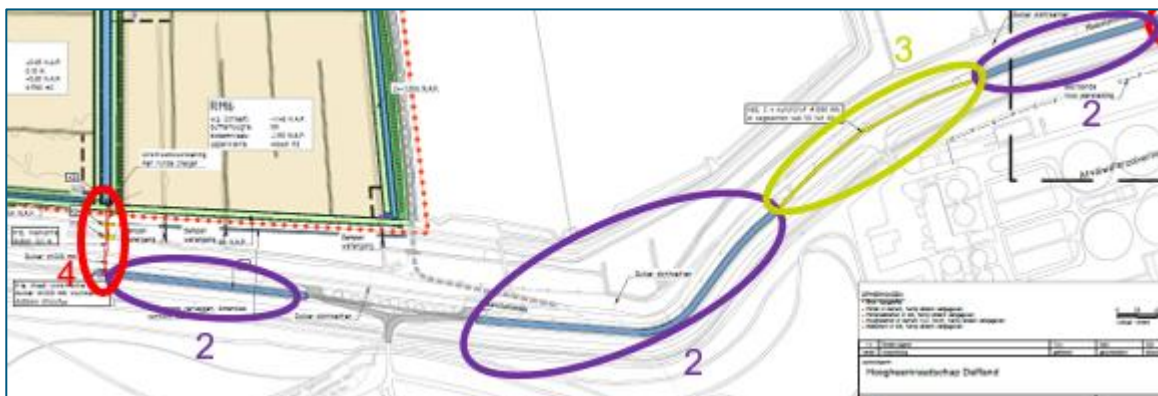
De leiding kan niet direct in de as van de buitendijkse leiding de waterkering kruisen omdat de binnendijkse teensloot ter hoogte van de persleiding niet doorgezet kan worden (op bovenstaande afbeelding is ter hoogte van de persleiding een knip te zien in de sloot). Aangenomen wordt dat dit is gedaan om boven de persleiding voldoende gronddekking te hebben.

De hoogteligging van de persleiding is nog onbekend en dient bekend te zijn om de benodigde uitvoeringswerkzaamheden voor de nieuwe leiding vast te stellen.

3.5.2 Onderdeel 2 Slootverbreding en verdieping

De sloot zal aan beide zijden verbreed worden met 1 meter en verdiept tot NAP +2,5 m. De waterdiepte neemt toe van 30 cm naar 70 cm.

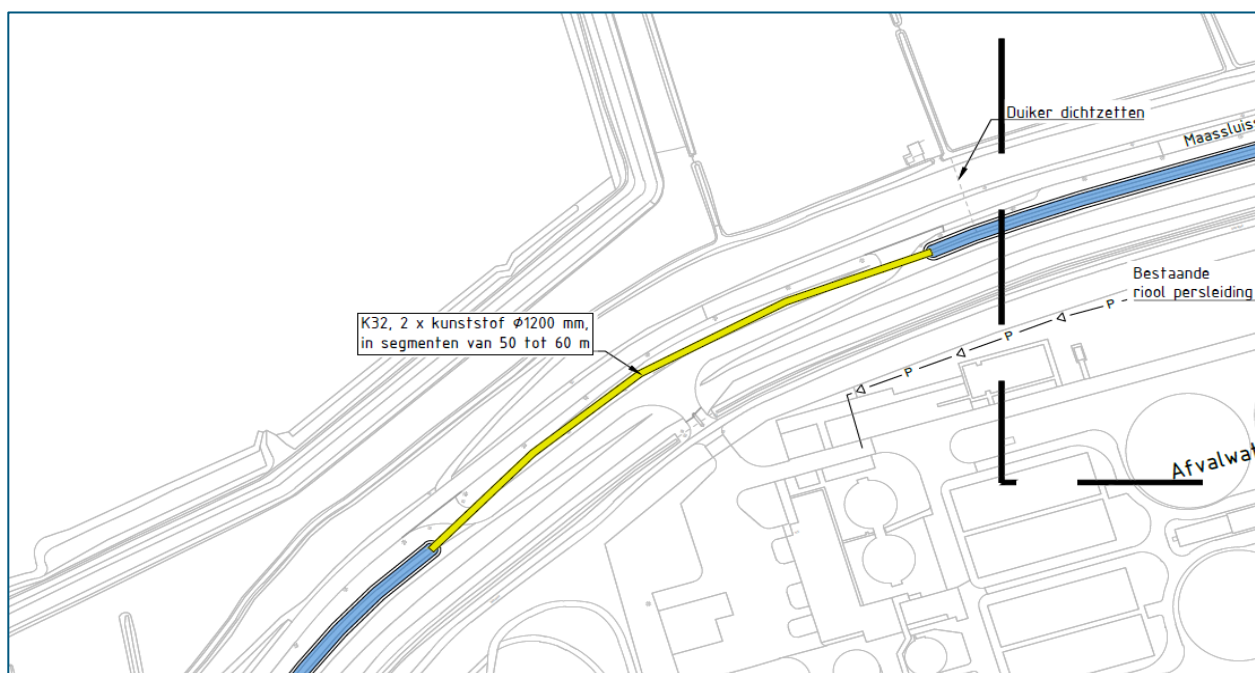
In het bovenaanzicht in Figuur 3-8 zijn de locaties van de slootverbreding en verdieping weergegeven. De lengtes van de trajecten bedragen ongeveer 150, 350 en 150 meter.



Figuur 3-8 Bovenkant van de kaart met locaties van slootverbredingen

3.5.3 Onderdeel 3 Parallele duiker

Binnen onderdeel 3 worden op kunststof duikers aangelegd 2x rond 1200 mm. De binnenkant onderkant leiding bevindt zich op NAP +2,5 m. Ter plaatse van de geplande duiker is momenteel geen sloot of duiker aanwezig. De duiker wordt op staal gefundeerd en middels een open ontgraving aangebracht om de uiteinden van de aanliggende teensloten te verbinden.

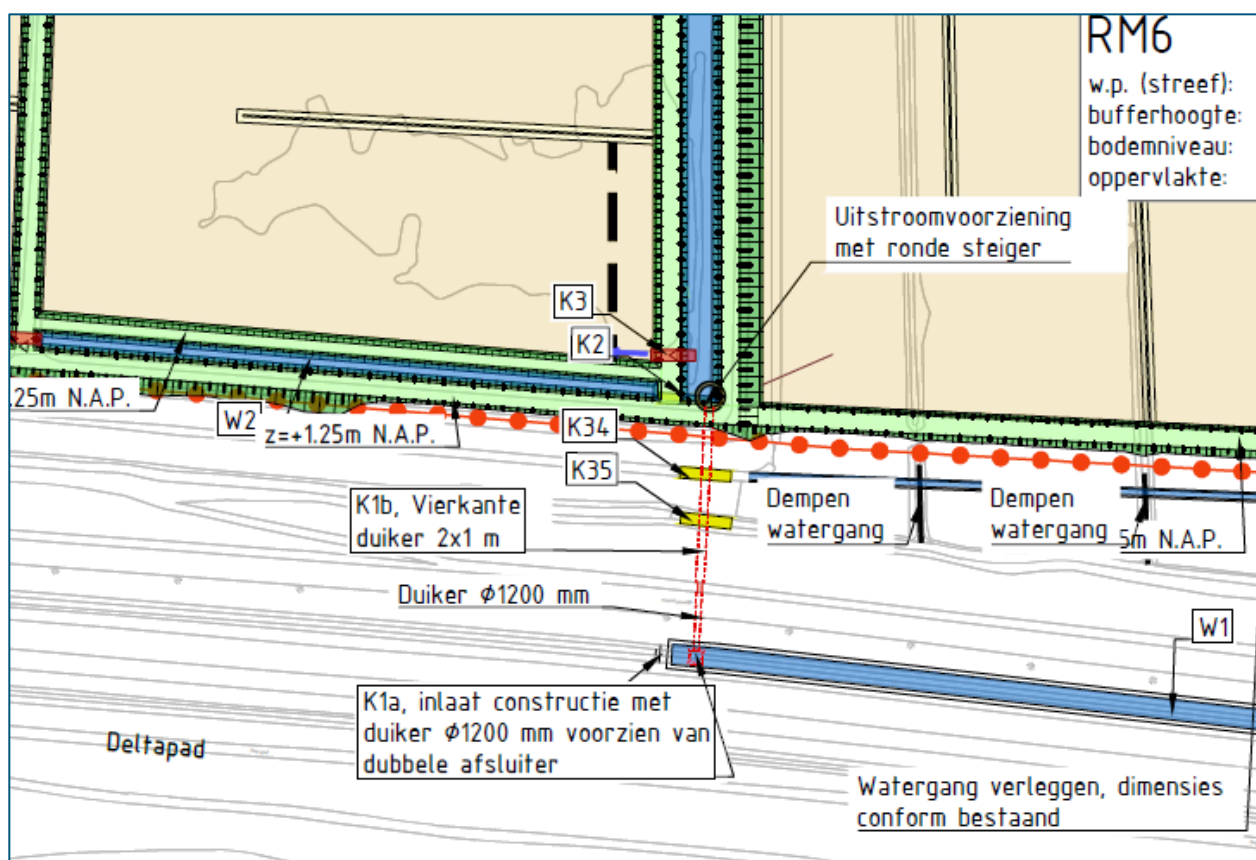


Figuur 3-9 Bovenkant van de kaart met locatie duiker ter vervanging van de binnendijkse teensloot

3.5.4 Onderdeel 4 Leiding door middel van een geboorde boring of open ontgraving

Om de weg langs de Delflandsedijk te kruisen dient door de aannemer onderzocht te worden of een open ontgraving mogelijk is of dat gebruik dient te worden gemaakt van een gestuurde boring onder de weg door. Ook deze leiding is rond 1200 mm. De inlaat van de leiding bevindt zich in de binnendijkse teensloot en de uitlaat in de waterharmonica aan de andere zijde van de weg.

De onderkant van de leiding is nog onbekend en wordt door de aannemer in het definitief ontwerp vastgesteld.

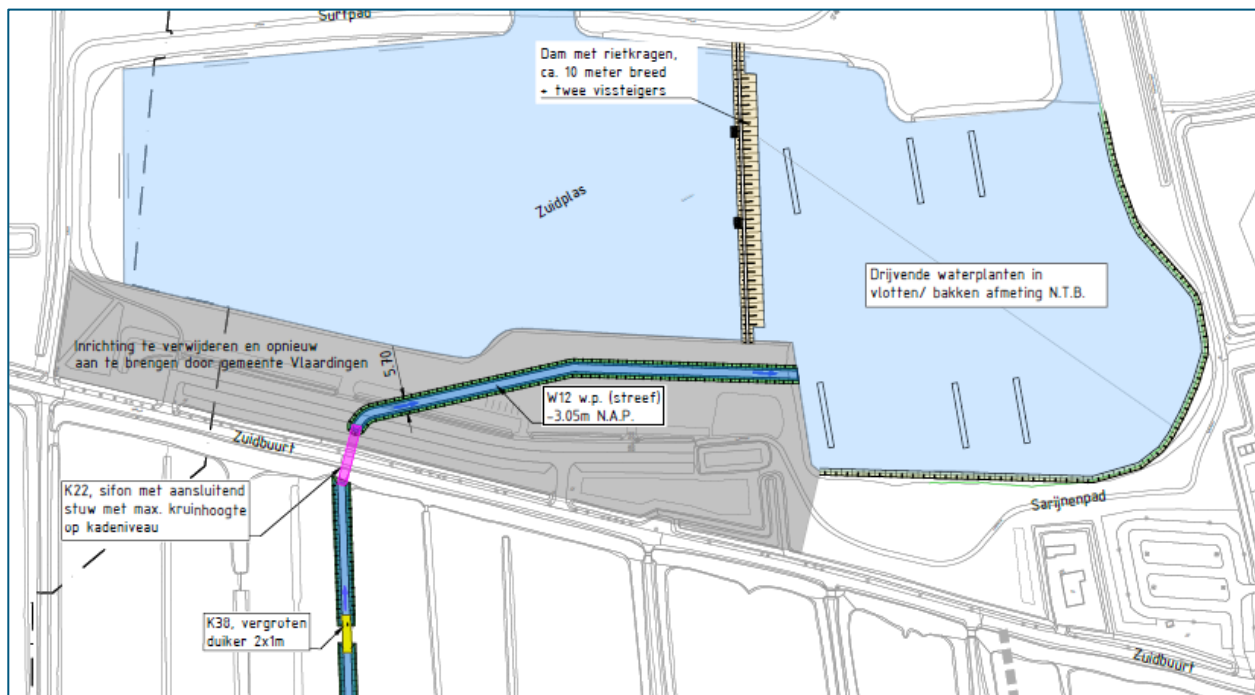


Figuur 3-10 Bovenaanzicht locatie persleiding ter hoogte van inlaat waterharmonica

3.5.5 Onderdeel 5 Duiker door polderdijk t.h.v. Zuidbuurt

De functie van de polderdijk betreft waterscheiding. In Figuur 3-11 is het bovenaanzicht van de locatie weergegeven.

De afmetingen, materiaaleigenschappen en diepte van de duiker dienen in de uitvoering door de aannemer zelf bepaald te worden.



Figuur 3-11 Boven-aanzicht kruising duiker met polderdijk ter hoogte van Zuidbuurt

4 Kwalitatieve beschouwing per onderdeel

4.1 Onderdeel 1: Leiding met uitstroomvoorziening ter hoogte van zuiveringsinstallatie

De geplande leidingkruising ligt in het medegebruiksvrije profiel van de waterkering. Dit betekent dat conform de beleidsregel Medegebruik Delflandsedijk de leiding(kruising) aan een aantal eisen dient te voldoen.

Allereerst dient de leiding te worden ontworpen conform de NEN3651 (juni 2012). Conform deze norm dient er in principe altijd naar gestreefd te worden leidingen loodrecht of zoveel mogelijk loodrecht met de waterkering te laten kruisen. In dit geval is dit niet mogelijk en moet de leiding voor een gedeelte parallel onder de kruin worden aangebracht, waarbij deze ook nog een persleiding moet kruisen. Dit geheel betekent een complexe situatie vanuit het oogpunt van dijkveiligheid.

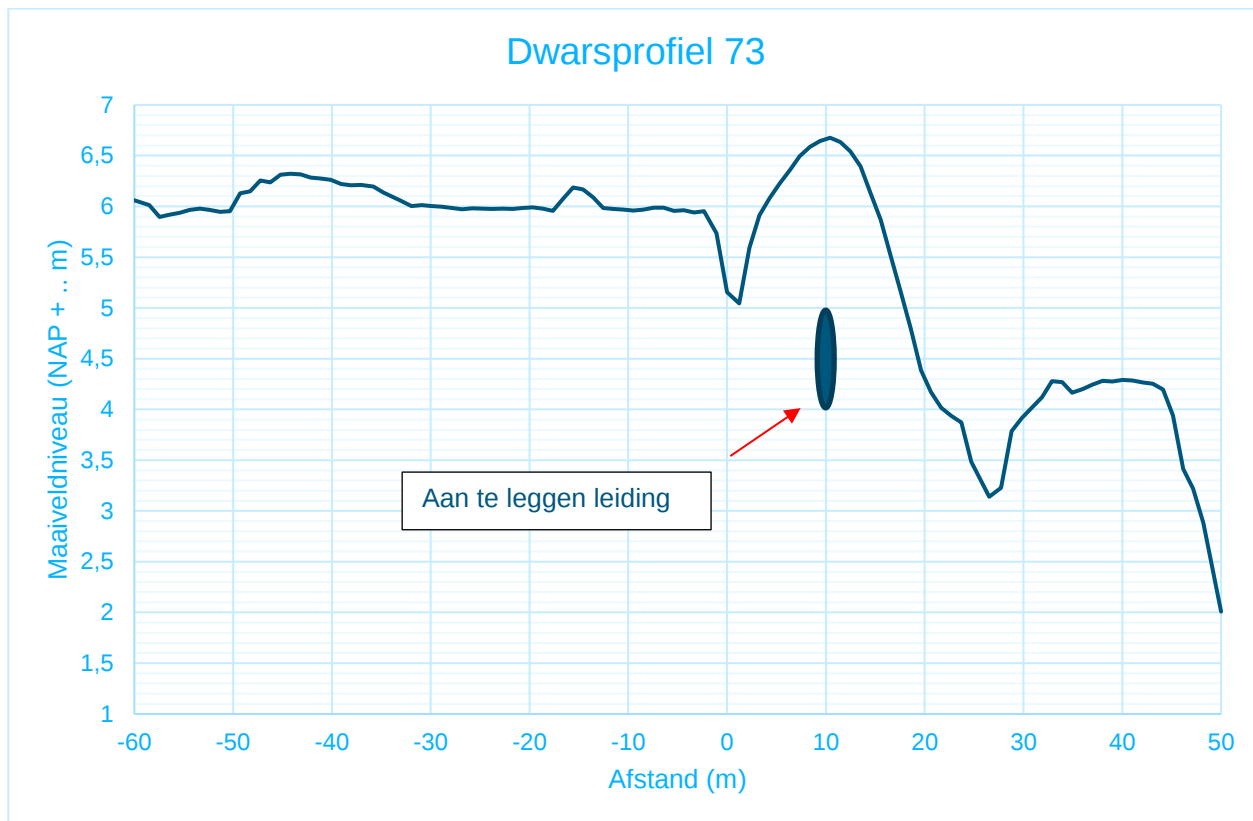
Normaliter geldt voor leidingen die binnen het profiel van de waterkering vallen of aangelegd worden dat bij breuk van de leiding het theoretisch profiel van de waterkering aanwezig blijft of dat wordt aangetoond dat de toelaatbare disfunctiekans van de waterkering, voortvloeiend uit de aanwezigheid van de leiding, niet wordt overschreden.

In dit geval is het gunstig dat het voorland voldoende hoog is over een afstand van meer dan 100 meter en bij beoordeling zodanig veel impact heeft dat de beoordeling met de eenvoudige eerste stap als voldoende veilig wordt beschouwd. Dit betekent dat bij bezwijken van de leiding de waterveiligheid in de huidige geometrie met hoog voorland niet in het geding is door voldoende reststerkte.

Daarnaast is de hoogteligging en het feit dat de leiding een drukloze leiding is gunstig. De onderkant van de leiding ligt op NAP + 4,0 m. De normwaterstand uit de huidige WBI beoordeling bedraagt NAP +3,6 m. Rekening houdend met een verhoging van de waterstand voor 100 jaar met 90 cm en een bodemdaling van 40 cm betekent dit het volgende:

- Onderkant leiding is bij aanleg hoger dan normwaterstand voor de WBI beoordeling.
- Door bodemdaling komt de leiding theoretisch gezien over 100 jaar op NAP +3,5 m te liggen (los van of het wenselijk is en kan dat de leiding zo veel zakt aangezien de leiding gekoppeld is aan putten die op palen zijn gefundeerd; de aannemer dient hier op te ontwerpen conform NEN3651).
- De waterstand voor 100 jaar wordt $\text{NAP } +3,6 \text{ m} + 0,90 \text{ m} = \text{NAP } +4,5 \text{ m}$.
- Omdat de leiding drukloos is, is er geen kans op een erosiekrater onder de leiding.
- Theoretisch gezien zou de leiding in de toekomst onder de normwaterstand kunnen komen. Echter het voorland met een hoogte van NAP + 6,0 m ligt over een ruime breedte hoger dan de normwaterstand.

Hieruit volgt dat ook in de toekomst de invloed op de waterveiligheid door de aanleg van de leiding minimaal is.



Figuur 4-1 Dwarsprofiel ter hoogte van D73 en de leidingkruising

Wat conform de NEN3651 overblijft is dat de leiding uitgevoerd dient te worden met dubbele afsluiters, op sterkte en stijfheid ontworpen dient te worden en moet voldoen aan de uitvoeringseisen zoals opgenomen in de NEN3651.

Conform de beleidsregel Medegebruik Delflandsedijk dient er ook een vervangende waterkering langs de leiding aangelegd te worden. In deze specifieke situatie waarbij er ook een persleiding gekruist wordt en er voldoende restprofiel in het voorland aanwezig is, wordt dit niet geadviseerd. Het aanbrengen van een vervangende waterkering leidt naar ons idee hier tot onnodige risico's met betrekking tot het beschadigen of raken van de persleiding tijdens de uitvoering.

4.2 Onderdeel 2: Sloopverbreding en verdieping

In het advies van RPS in april 2017 is met behulp van D-Geostability de stabiliteit berekend in de huidige situatie en na aanpassing van het slootpeil en verbreden van de sloot. De berekeningen zijn uitgevoerd conform de oude systematiek waarbij de methode van Bishop werd gehanteerd en de gedraineerde schuifsterkte van de ondergrond op basis van Mohr Coulomb.

Vanaf 1 januari 2017 is er een nieuwe normering uit waarbij de stabiliteit op basis van een Critical State situatie wordt berekend met ongedraineerde schuifsterkte parameters onder grondwaterstand. Deze systematiek benadert het werkelijk gedrag van de ondergrond beter. Er wordt bijvoorbeeld meer rekening gehouden met het geheugen van de grond door rekening te houden met eerdere belastingen (belasting door oude voorbelastingen, maar ook lage grondwaterstanden). Dit vertaalt zich in een grensspanning.

Conclusie van het advies van RPS was dat de verbreding van de sloot en het hogere slootpeil maar een beperkte invloed heeft op de stabiliteit van de waterkering.

In de WBI beoordeling van 2019 is het traject 14-3 goedgekeurd op basis van de eenvoudige toets. Dit betekent dat er zoveel restbreedte met minimale hoogte aanwezig is dat de waterkering als voldoende veilig beschouwd kan worden. Hierdoor hoeft hier geen stabiliteitsberekening te worden uitgevoerd.

Door het Hoogheemraadschap is de wens uitgesproken om een stabiliteitsberekening conform de nieuwe normering uit te voeren om de invloed van de wijzigingen in beeld te brengen.

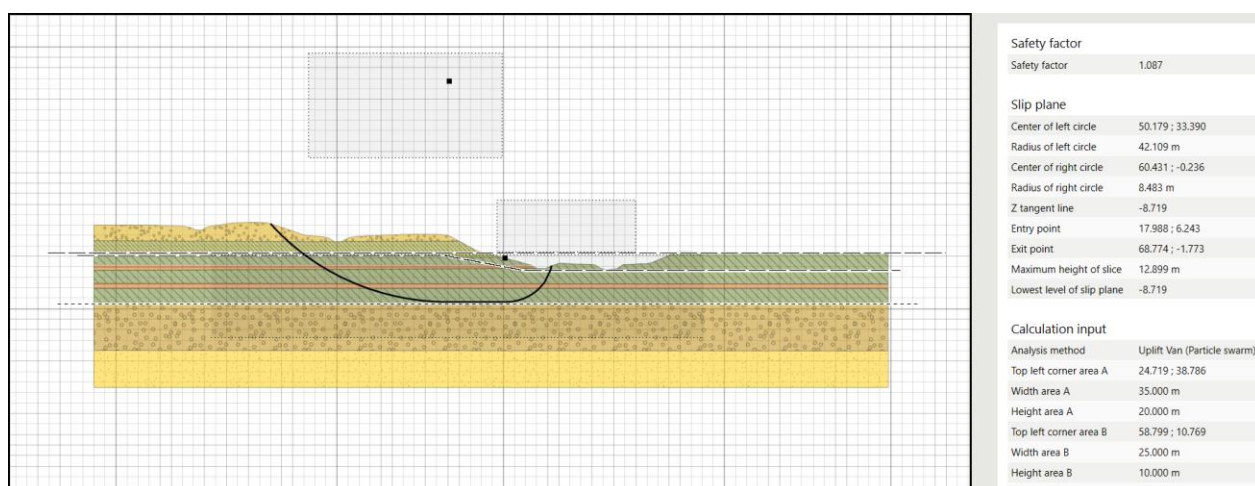
In voorliggende analyse zijn in D-GEO Suite Stability versie 20.1.1.0 berekeningen uitgevoerd om het verschil in veiligheidsfactor in de huidige situatie en nieuwe situatie inzichtelijk te maken. Er is gebruik gemaakt van de nieuwe systematiek (Critical State) met sterkteparameters volgend uit de WBI beoordeling, zie hoofdstuk 3.3.

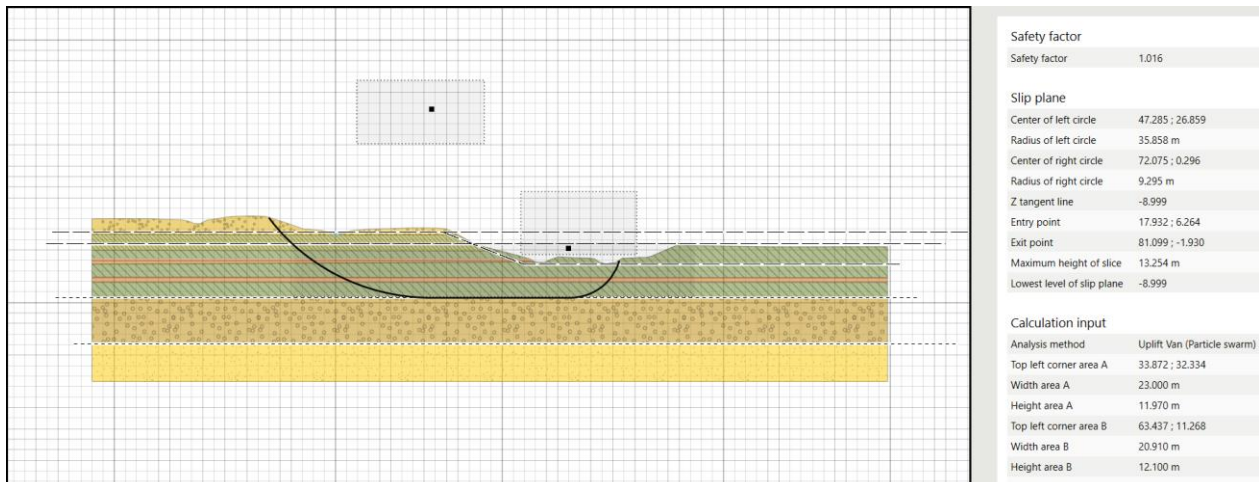
Uit de berekeningen volgde al snel dat de invloed van de laagst opgetreden grondwaterstand zeer veel invloed heeft op de veiligheidsfactor. Er is gekozen voor een realistische grondwaterstand. Voor de vergelijking wordt dit als voldoende geacht. Echter, van belang is dat voor het exact bepalen van de stabiliteitsfactor een onderzoek uitgevoerd dient te worden naar de werkelijke grondwaterstanden en ooit opgetreden waterstanden om de grensspanning en korrelspanningen beter te bepalen. Verder kan de grensspanning en POP ook nader ingeschat worden op basis van de sonderingen. Dit is nu niet gedaan, omdat dit detailniveau nu niet nodig wordt geacht aangezien er alleen een vergelijking gemaakt wordt.

In de berekening is een intredepunt opgelegd in de kruin. Onderstaand de rekenresultaten.

In Figuur 4-2 is de huidige situatie weergegeven. De bovenste afbeelding is de maatgevende glijcirkel waarbij de waterspanningen in de ondergrond zijn gebaseerd op een grondwaterstand en stijghoogte in het diepe pakket van NAP +0,6 m. De veiligheidsfactor bedraagt 1,087.

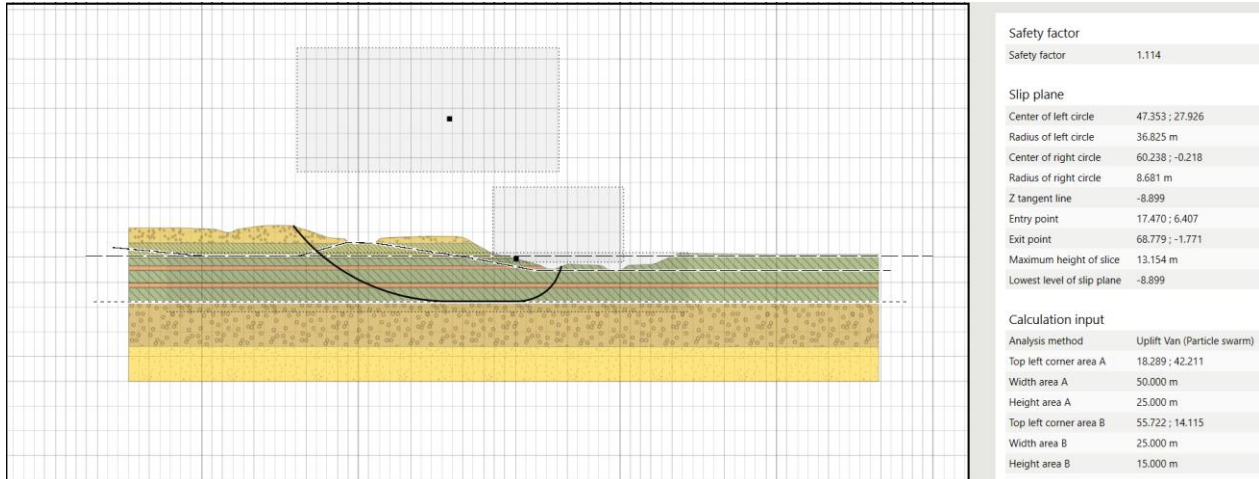
In de onderste afbeelding is de maatgevende glijcirkel bepaald in de extreme situatie met een maatgevende waterstand in de rivier. De veiligheidsfactor bedraagt 1,016.

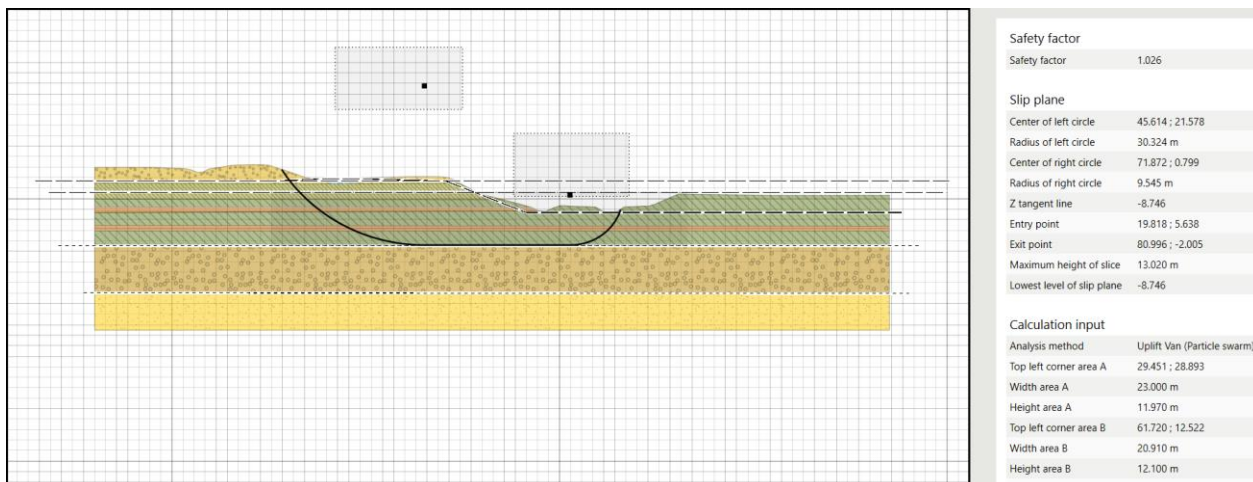




Figuur 4-2 Rekenresultaten huidige situatie (boven: gemiddelde waterstand; onder: extreme waterstand)

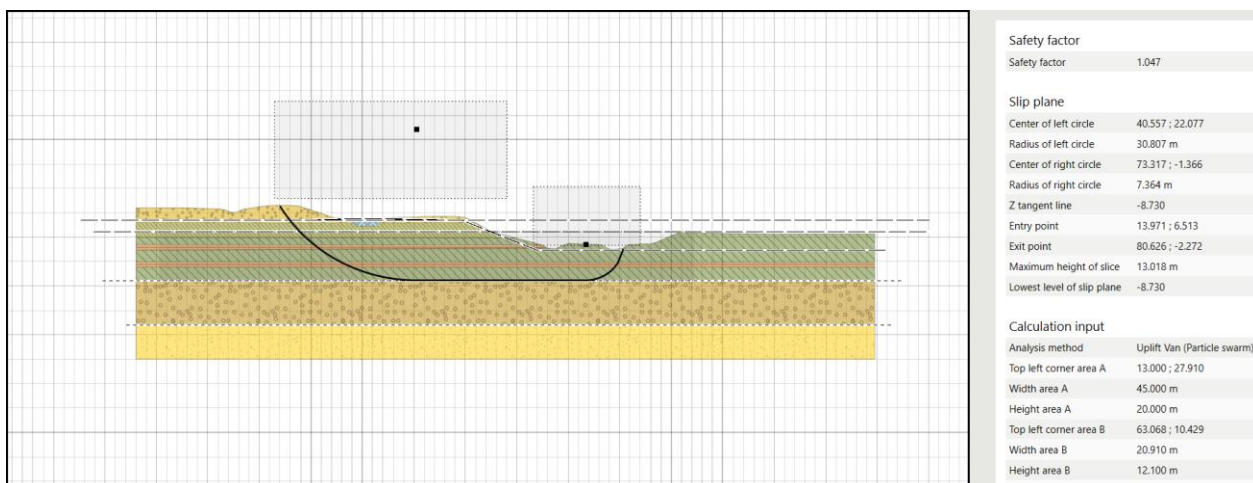
In Figuur 4-2 is de nieuwe situatie weergegeven. De bovenste afbeelding presenteert de dagelijkse omstandigheden (dagelijkse afvoer in de rivier) met een opgezet slootpeil tot NAP +3,8 m door volledige afvoer vanuit de zuiveringsinstallatie en extreme neerslag wat resulteert in een veiligheidsfactor van 1,066. In de onderste afbeelding is de maatgevende glijcirkel bepaald in de extreme situatie met een maatgevende waterstand in de rivier. De veiligheidsfactor bedraagt 1,026.





Figuur 4-3 Rekenresultaten nieuwe situatie (boven: gemiddelde rivierwaterstand met opgezet slootpeil; onder: extreme waterstand)

Ter controle is ook een berekening uitgevoerd waarbij de sloot is ontgraven tot NAP +2,3 m (extra verdieping van 20 cm t.o.v. operationeel bodemniveau). Onderstaand zijn de resultaten weergegeven. Zoals te zien is heeft een ontgraving een beperkt positief effect.



Figuur 4-4 Rekenresultaten met slootverbreding en verdieping en slootpeil van NAP +3,8 m (onder: extreme waterstand)

In onderstaande tabel zijn de veiligheidsfactoren samengevat.

Tabel 4-1 Overzicht berekende veiligheidsfactoren per situatie

Situatie	Veiligheidsfactor dagelijkse omstandigheden in rivier (gemiddelde gws)*	Veiligheidsfactor extreme situatie met normwaterstand in rivier (hoge gws)
Huidige situatie	1,087	1,016
Nieuwe situatie (slootverbreding + hoger slootpeil)	1,066	1,026
Nieuwe situatie (slootverbreding + verdieping en hoger slootpeil)	[-]	1,047

* In de berekening met een gemiddelde grondwaterstand (GWS) wordt de grensspanning bepaald die van belang is (als input nodig is) voor de extreme situatie. De berekende veiligheidsfactor in deze som is niet 1-op-1 te gebruiken als de veiligheid tijdens dagelijkse omstandigheden, omdat de gedraineerde situatie (berekend door RPS; april 2017) in de dagelijkse omstandigheid

representatiever en/of maatgevender kan zijn. De waterkering heeft in de dagelijkse situatie/ belasting namelijk tijd om te draineren. Echter op basis van de analyse van RPS lijkt de gedraineerde situatie niet maatgevend in deze situatie.

De invloed van de slootverbreding is op basis van bovenstaande rekenresultaten nihil en werkt zelfs positief. De beperkte verhoging van de veiligheidsfactor tijdens de extreme situatie wordt beïnvloed door de afname aan grondgewicht aan de actieve zijde van de glijcirkel.

Tijdens de dagelijkse omstandigheden resulteert de opzet van het slootpeil in een beperkte afname aan stabiliteit (ca. 2%), doordat de waterspanningen in de dijk (onder de sloot) hoger worden. De voorliggende resultaten komen overeen met de resultaten en conclusie het geotechnisch advies van RPS in april 2017.

Doorkijkend naar een periode van 50 en 100 jaar heeft de slootverbreding en slootopzet geen nadelige invloed ten opzichte van de waterspanningstoename in de diepe grondlagen die door hogere rivierpeilen optreedt.

De gerapporteerde (lokale) stabiliteitsfactoren zijn lager dan de vereiste veiligheidsfactor. Echter gezien het hoog voorland voldoet de waterkering aan de veiligheidsnorm door toepassing van de restbreedte (zie ook de WBI beoordeling door Fugro, 15 mei 2019 (dijkvak 8)).

Toepassing van restbreedte voor de Delflandsedijk:

Bij een aanzienlijk aantal trajecten is een breed hooggelegen voorland aanwezig. Als het binnentalud zou falen dan zorgt het hooggelegen brede voorland ervoor dat er geen sprake kan zijn van overstromen (oordeel faalkans verwaarloosbaar).

Bij een aanzienlijk aantal trajecten is een breed hooggelegen voorland aanwezig. Als het binnentalud zou falen dan zorgt het hoog gelegen brede voorland ervoor dat er geen sprake kan zijn van overstromen. Om te bepalen of het voorland hoog genoeg is zijn berekeningen gemaakt met Riskeer. Hierbij is de benodigde hoogte van de dijk bepaald voor het mechanisme Gras Erosie Kruin en Binnentalud (GEKB). Uitgegaan is van een maximaal toelaatbaar overslagdebiet van 0,1 l/s/m, dit kan gezien worden als een verwaarloosbaar overslagdebiet. Hier is vanuit gegaan omdat bij een eventuele binnenwaartse instabiliteit er geen functionerende bekleding meer aanwezig zal zijn. De benodigde hoogte van de dijk wordt ook wel het Hydraulisch Belasting Niveau (HBN) genoemd. Deze is voor 9 locaties langs traject 14-3 bepaald. Hieruit blijkt dat het HBN tussen de NAP +4,10 m en NAP +4,25 m bedraagt. Hierbij is in de overslagberekening uitgegaan van een voorlandhoogte van NAP + 3 m, wat een conservatieve aanpak is voor de selectie van de trajecten met hooggelegen voorlanden. In de beoordeling is ervan uitgegaan dat de benodigde hoogte van dit voorland van NAP +4,25 m bedraagt.

Voor de minimale breedte van het voorland dat boven de NAP +4,25 m ligt wordt een afstand van 50 m vanuit de buitenkruinlijn gehanteerd. Dit kan gezien worden als een zeer ruime inschatting van de benodigde restbreedte bij een eventuele binnenwaartse instabiliteit. Ter indicatie: bij een dijkhoogte van 8 m en gemiddeld bestaand binnentalud van 1:4 betekent dit dat na een afschuiving een helling van ca. 1:10 kan ontstaan, wat zeer flauw is.

4.3 Onderdeel 3: Parallele duiker

De te plaatsen duiker wordt drukloos uitgevoerd. Op dit moment is er ter plaatse van de duiker nog geen sloot of bestaande duiker aanwezig. Dit betekent dat er een sleuf ontgraven zal worden waarin de duiker aangebracht wordt zodat er een doorlopende toevoersloot gecreëerd wordt langs de Delflandsedijk. De duiker wordt op staal gefundeerd. Dit betekent dat het gewicht niet meer mag zijn dan het gewicht van de nu aanwezige grond om te grote verschilzettingen/ vervormingen ten opzichte van de aanliggende teensloot te voorkomen.

De duiker heeft geen negatieve invloed op de dijkveiligheid omdat:

- Het gewicht neemt niet tot beperkt toe. Het aandrijvend vermogen binnen een glijcirkel zal daarmee dus ook niet verhogen.

- Een erosiekrater bij bezwijken van de duiker kan niet optreden doordat de duiker drukloos blijft.
- NEN3651 is niet van toepassing omdat het geen leiding betreft.

Aandachtspunt is wel dat tijdens de uitvoering de eisen en criteria worden gevolgd uit het beleid medegebruik Delflandsedijk en de vervormingen van de omliggende grond en dijk beperkt blijven door de geplande uitvoeringsactiviteiten.

4.4 Onderdeel 4: Leiding onder binnenberm waterkering

De aan te brengen leiding wordt drukloos aangebracht onder de berm van de waterkering. De leiding kruist hiermee niet de kern van de waterkering waardoor kortsluiting (kwelweg) vanuit het buitenwater naar de binnendijkse zijde van de waterkering niet kan optreden.

De aanleg van de leiding heeft geen negatieve invloed op de dijkveiligheid omdat:

- Een erosiekrater bij bezwijken van de duiker kan niet optreden doordat de duiker drukloos blijft.
- De leiding doorkruist niet de waterkering waardoor er geen kans op kortsluiting met het buitenwater kan ontstaan.
- De leiding ligt loodrecht op de waterkering. Eventuele schade of onregelmatigheden rondom de leiding worden door 3D-werking opgevangen.

Aandachtspunt is wel dat tijdens de uitvoering de eisen en criteria worden gevolgd uit het beleid medegebruik Delflandsedijk en de vervormingen van de omliggende grond en dijk beperkt blijven door de geplande uitvoeringsactiviteiten. Daarnaast dient de leiding conform de NEN3651 te worden ontworpen waarbij de sterkte conform de norm berekend dient te worden.

4.5 Onderdeel 5: Duiker door polderdijk ter hoogte van Zuidbuurt

Voor zover bekend is, is de polderdijk geen genormeerde dijk (regionaal, primair). Daarmee zijn er geen specifieke waterkeringseisen gesteld aan de polderdijk zoals deze is gesteld voor de Delflandsedijk (primaire waterkering).

De polderdijk heeft als functie waterscheiding. De aannemer dient in zijn ontwerp en uitvoering rekening te houden met deze functie en de benodigde maatregelen te treffen in zijn ontwerp en werkwijze.

De volgende aspecten dienen in het ontwerp minimaal te zijn beschouwd:

- Onder- en achterloopsheid
- Sterkte van de leiding
- Fundering en mate van vervorming door eigen gewicht en bovenbelasting

NEN3651 is niet van toepassing.

5 Uitvoeringsrisico's onderdeel 1 t/m 4

Tijdens de uitvoering zullen er enkele risico's aanwezig zijn. Ons inziens zijn deze beheersbaar. Door ons zijn de onderstaande risico's geïdentificeerd. De aannemer dient hiervoor beheersmaatregelen te treffen.

Object	Risico	Oorzaak
Onderdeel 1: Leidingkruising	Beschadiging persleiding	- Vervormingen persleiding door uitvoeringsactiviteiten/ ontgravingen, verandering is belastingen, etc. - Het raken van de persleiding door ontgraving t.b.v. nieuwe leiding.
	Schade leiding in operationele situatie	- Leiding zelf zakt te veel t.o.v. de op palen gefundeerde putten
Onderdeel 3: Parallele duiker	Scheurvorming/ vervormingen Delflandsedijk	- Vervormingen waterkering door ontgraven te lange/ diepe sleuf t.b.v. aanleg duiker
	Te grote vervormingen van de duiker	- Te diepe ontgraving of te hoge belasting van duiker t.o.v. huidige situatie
Onderdeel 4: Leiding onder binnenberm waterkering	Scheurvorming/ vervormingen Delflandsedijk	- Vervorming Delflandsedijk door te grote/ diepe ontgraving sleuf t.b.v. intredepunt en/ of leiding

6 Conclusie

Langs de Delflandsedijk worden werkzaamheden uitgevoerd om de nieuwe binnendijkse waterharmonica via een toevoersloot met de buitendijkse zuiveringsinstallatie te verbinden. Ten behoeve van de vergunningsaanvraag is in voorliggende rapportage een kwalitatieve beschouwing uitgevoerd om de invloed van de werkzaamheden op de primaire functie van de Delflandsedijk te controleren.

De werkzaamheden zijn opgesplitst in 5 onderdelen:

1. Leiding ter hoogte van de zuiveringsinstallatie waarbij de leiding de waterkering zal kruisen met het intredepunt buitendijs en uitredepunt binnendijs.
2. Slootverbreding en verdieping op 3 locaties.
3. Parallelle duiker op 2 locaties.
4. Geboorde leiding aan de binnenzijde van de waterkering of aangebracht middels een open ontgraving waarbij het intredepunt zich in de teensloot bevindt.
5. Duiker door de polderdijk ter hoogte van Zuidbuurt.

Uit de beschouwing volgt dat de leidingkruising een *beperkte invloed* heeft op de waterkerendheid van de Delflandsedijk. Door de aanwezigheid van het lange en hoge voorland resulteert een schade aan de waterkering niet direct tot een overstromingsrisico. Dit wordt ook bevestigd door de resultaten uit de recente WBI beoordeling waarbij dit gedeelte Delflandsedijk op basis van de eenvoudige toets door de aanwezigheid van het hoge en lange voorland als faalkans verwaarloosbaar (cat. I) is beoordeeld (Fugro, mei 2019).

Daarnaast hebben de slootverbreding en verdieping, aanleg duiker in de sloot en aanleg leiding onder de berm ter hoogte van het intredepunt van de waterharmonica *geen direct aantoonbare negatieve invloed* op de primaire functie waterkerendheid.

Aanvullend op de waterkerendheid blijft het van belang dat de leidingkruising en de leiding onder de berm door de aannemer wordt ontworpen conform de NEN3651 en aanvullende eisen uit het bestek te worden gevolgd.

Indien de wens aanwezig is om een nauwkeurigere veiligheidsfactor voor de binnenwaartse stabiliteit te bepalen, dienen de waterspanningen en grensspanning in de dijk en ondergrond beter bepaald te worden middels monitoring, sonderingen en nauwkeurige stabiliteitsberekeningen. Voor voorliggend doel achten we dit niet nodig omdat we alleen het verschil tussen de nieuwe situatie met de huidige situatie inzichtelijk willen maken.

Los van bovenstaande dient de aannemer de risico's die tijdens de uitvoering aanwezig kunnen zijn vooraf inzichtelijk te maken en beheersmaatregelen hiervoor op te stellen. Met name de leidingkruising boven de persleiding dient uitvoerig beschouwd te worden. Verder dienen beschadigingen aan dijkbekledingen zoveel mogelijk te worden voorkomen dan wel hersteld te worden.