

Geotechnisch onderzoek Woonterp Noordrand Goeree-Overflakkee

Nieuwe Marke

ing. P. Kraaijenbrink

1221117-000

Titel

Geotechnisch onderzoek Woonterp Noordrand Goeree-Overflakkee

Opdrachtgever	Project	Kenmerk	Pagina's
Gemeente Goeree-Overflakkee	1221117-000	1221117-000-GEO-0002	47

Trefwoorden

Noordrand, Goeree-Overflakkee, woonterp, stabiliteit, zettingen, uitvoering, aanleg, zoetwaterkanaal, Kierbesluit, Nieuwe Marke

Samenvatting

In verband met natuur- en gebiedsontwikkeling ten noordwesten van Middelharnis zijn plannen in ontwikkeling die voorzien in de aanleg van een woonterp aan de binnenzijde van de primaire waterkering. De woonterp zal worden opgebouwd met grond die vrijkomt bij de gebiedsontwikkeling. De betreffende locatie is gelegen ten noordwesten van Middelharnis en wordt ook wel aangeduid als: 'Ontwikkelen woonconcept 1^e bekading en samenhang met gebiedsontwikkeling Noordrand Goeree'. De gebiedsontwikkeling wordt ook wel aangeduid als: 'Nieuwe Marke'.

Deltares is gevraagd te adviseren ten aanzien van geotechnische en waterveiligheidsaspecten van de woonterp, die aan de binnenzijde tegen de primaire waterkering is gelegen. Daarbij spelen met name ook uitvoerings- en beheeraspecten een belangrijke rol. Ten behoeve van het advies zijn zettings- en stabiliteitsberekeningen uitgevoerd. Tevens is het ophoogtempo van de terp berekend, zowel indien de terp direct tegen de waterkering wordt aangelegd als voor de situatie dat de terp 'los' van de waterkering wordt aangelegd, waarbij later de ruimte tussen terp en waterkering wordt aangevuld.

Uit de berekeningen blijkt dat, indien de terp direct tegen de waterkering wordt aangelegd, er geen beperkingen gesteld hoeven te worden aan het ophoogtempo. Daarbij is, conform tekening, uitgegaan van een relatief flauw talud, circa 1:6.

Indien de terp eerst 'los' aangelegd wordt, is het noordelijke talud maatgevend voor de uitvoeringsstabiliteit en het ophoogtempo. Uitgaande van een talud van circa 1:3,5 kan de terp in ongeveer 2 maanden aangelegd worden. De aanleghoogte bedraagt circa NAP +5,90 m, wat 1 m hoger is dan de aangegeven dijktafelhoogte van NAP +4,90 m. Geadviseerd wordt bij het Waterschap Hollandse Delta na te gaan, mede met het oog op de toekomstige nieuw normering voor primaire waterkeringen, of de aangehouden marge van 1 m voldoende is.

De berekende zettingen ter plaatse van de woonterp liggen in de orde van maximaal 0,40 – 0,70 m. De restzettingen na 1 jaar zijn daarbij beperkt tot circa 10 à 20 cm. Ter plaatse van de Evides infiltratieleiding, gelegen onder de zuidelijke kade van het zoetwaterkanaal, is een maximale zetting berekend van circa 0,25 m en een restzetting van circa 5 cm na 1 jaar. De (eind)zettingen zijn berekend over een periode van circa 30 jaar.

Verder is ten behoeve van de huidige waterkering een min of meer fictief dwarsprofiel doorgerekend met een kruinverhoging van 1 m (tot NAP +5,90 m) en taluds van 1:3. Daarbij is uitgegaan van een ontwerppeil conform de toetsing, NAP +2,60 m, en een 5 m brede binnenberm op NAP +3,0 m, met een afschot van 1:20.

De berekende stabiliteitsfactor bedraagt $F_{\min} = 1,57$; wat ruim voldoende is. Het betreffende profiel kan min of meer als beheer- of bouwbeleidprofiel beschouwd worden.

De stabiliteit van de zuidelijke zoetwaterkanaalkade blijkt voldoende te zijn en er is geen negatieve invloed van de voorgenomen op de secundaire waterkering (de Buitendijk) aan de zuidzijde van het projectgebied.

Ten aanzien van het aanbrengen van ophogingen en verwerken van zand en klei dienen de richtlijnen uit de Standaard RAW 2015 (CROW) gevolgd te worden.

Titel

Geotechnisch onderzoek Woonterp Noordrand
Goeree-Overflakkee

Opdrachtgever

Gemeente Goeree-
Overflakkee

Project

1221117-000

Kenmerk

1221117-000-GEO-0002

Pagina's

47

Indien mogelijk dienen de bovenste kleilagen separaat ontgraven te worden van de daar onder gelegen meer zandige lagen. Het heeft daarbij de voorkeur om zoveel mogelijk het zand/zandig materiaal onder in de terp te verwerken en het meer kleiige materiaal boven op de terp als afdeklaag.

Op basis van het beschikbare grondonderzoek is het niet direct nodig aanvullend grondonderzoek uit te (laten) voeren. Er dienen echter ten behoeve van de funderingen van de woningen nog wel sonderingen uitgevoerd te worden. Optioneel zouden deze sonderingen gebruikt kunnen worden om te beoordelen of er geen grote afwijken ten opzichte van onderhavig advies aangetroffen worden.

Door het monitoren van de optredende zettingen met behulp van voldoende zakbakens kan op een nauwkeurige wijze inzicht in het tijdzettingsverloop worden verkregen en de zettingsrisico's en restzettingen voor de woningen beter bepaald worden.

Het consolidatieverloop kan eventueel gemonitord worden met één of meerdere waterspanningsmeters. Hiermee kan tevens het ophoogproces beter gestuurd worden.

Referenties

GeoDelft; CO-379802, CO-379805, Deltares; 1208747-000-GEO

Versie	Datum	Auteur	Paraaf	Review	Paraaf	Goedkeuring	Paraaf
01	okt. 2015	ing. P. Kraaijenbrink		H.A. Schelfhout		ir. L. Voogt	
02	nov.2015	ing. P. Kraaijenbrink		H.A. Schelfhout		ir. L. Voogt	

Status

definitief

Inhoud

1 Inleiding	1
1.1 Aanleiding	1
1.2 Probleemstelling en doel	2
2 Projectbeschrijving en gegevens	5
2.1 Project locatie en beschrijving	5
2.2 Beschikbare gegevens	7
2.2.1 Rapportages en dergelijke.	7
2.2.2 Grondonderzoek	7
2.3 Uitgangspunten	12
2.3.1 Algemeen	12
2.3.2 Peilen en hoogtes	12
2.3.3 Parameters ondergrond en ondergrondschematisatie	14
2.4 Uitgevoerde berekeningen	17
2.5 Toetswaarde stabiliteitsberekeningen	18
3 Huidige veiligheid waterkeringen en zoetwaterkanaal	21
3.1 Gegevens vanuit de toetsing	21
3.2 Gegevens vanuit aanleg/ontwerp zoetwaterkanalen	21
3.2.1 Primaire waterkering (noordzijde)	21
3.2.2 Secundaire waterkering, Buitendijk (zuidzijde, bekade weg)	22
3.2.3 Zoetwaterkanaal	22
4 Berekenings- en analyseresultaten	25
4.1 Zettingsberekeningen	25
4.1.1 Zettingen ter plaatse van woonterp	25
4.1.2 Zettingen ter plaatse van kade zoetwaterkanaal	26
4.2 Tijdzettingsverloop en consolidatie	27
4.3 Stabiliteitsberekeningen	29
4.3.1 Huidige waterkering met 1 m kruinverhoging en binnenberm	29
4.3.2 Stabiliteit zuidelijk talud woonterp	30
4.3.3 Stabiliteit talud zoetwaterkanaal	31
4.4 Uitvoeringsstabiliteit en ophoogtempo	32
4.4.1 Uitvoeringsstabiliteit zuidelijk talud	32
4.4.2 Uitvoeringsstabiliteit noordelijk talud	33
4.5 Analyse stabiliteit secundaire waterkering (Buitendijk)	34
5 Overige (uitvoerings)aspecten	37
5.1 Fasering aanbrengen terp, extra overhoogte	37
5.2 Aanvullend grondonderzoek	37
5.3 Aansluiting woonterp op bestaande waterkering	37
5.4 Gebruik vrijkomend materiaal	38
5.5 Monitoring	39
5.6 Aanpassing polderpeil	39
6 Conclusies en advies	41

7 Literatuurlijst	43
Bijlage(n)	
A Bijlage 1 Dwarsprofiel woonterp	A-1
B Bijlage 2 Situatiekening	B-1

1 Inleiding

1.1 Aanleiding

In verband met natuur- en gebiedsontwikkeling ten noordwesten van Middelharnis zijn plannen in ontwikkeling die voorzien in de aanleg van een woonterp aan de binnenzijde van de primaire waterkering.

De woonterp zal worden opgebouwd met grond die vrijkomt bij de gebiedsontwikkeling.

De betreffende locatie wordt ook wel aangeduid als: 'Ontwikkelen woonconcept 1^e bekading en samenhang met gebiedsontwikkeling Noordrand Goeree', zie tevens Figuur 1.1 en Figuur 1.2. De gebiedsontwikkeling wordt ook wel aangeduid als: 'Nieuwe Marke'.

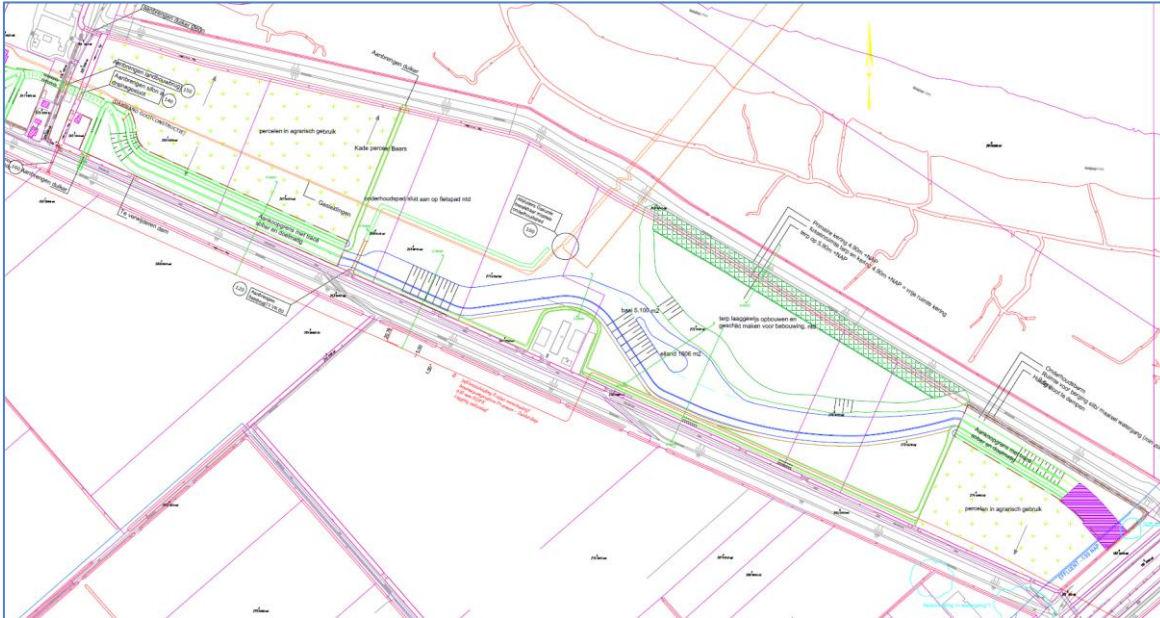
Aan Deltares is gevraagd te adviseren ten aanzien van geotechnische en waterveiligheidsaspecten van de woonterp, die aan de binnenzijde tegen de primaire waterkering is gelegen. Daarbij spelen met name ook uitvoerings- en beheeraspecten een belangrijke rol.

In eerste instantie is in overleg met de heer G. Litjens van bureau 'Stroming' een onderzoeksplan c.q. offerte opgesteld, met kenmerk 1221117-GEO-0001-jvm, d.d. 30 september 2015. Op 7 oktober is per email door de Gemeente Goeree-Overflakkee (formele opdrachtgever) opdracht verleend voor de uit te voeren werkzaamheden. Daarnaast heeft er op 21 oktober 2015 een overleg plaatsgevonden met de afdeling vergunningverlening van Waterschap Hollandse Delta.

Eind 2013 heeft Deltares Waterschap Hollandse Delta geadviseerd betreffende de aanleg van de zoetwatervoorzieningen op Goeree-Overflakkee. De zoetwatervoorziening wordt ten behoeve van de gebiedsontwikkeling verlegd ten opzichte van het oorspronkelijke tracé.



Figuur 1.1 situatie projectlocatie 1^e bekading Noordrand Goeree, gebiedsontwikkeling en aanleg woonterp



Figuur 1.2 Details projectlocatie met woonterp, indeling d.d. 22-10-2015 (zie ook bijlage 2)

De situatietekening van het in te richten gebied en een dwarsprofiel over de woonterp zijn opgenomen in bijlage 1 en 2.

1.2 Probleemstelling en doel

Vanuit geotechnisch oogpunt dient er bij de aanleg van een woonterp aan de binnenzijde van de primaire waterkering met een aantal aspecten rekening te worden gehouden en dient er een duidelijk beeld te zijn van mogelijke risico's die op kunnen treden. Vooraf zijn een 4-tal belangrijke aspecten benoemd:

- Het ontwerp van het verbrede zoetwaterkanaal en de terp dient conform geldende regels te worden gemaakt. Dit dient met een geotechnische berekening te worden aangetoond. Dit betreft met name de stabiliteit van het talud van de terp aan de binnenzijde, waar het zoetwaterkanaal zal worden gerealiseerd.
- De opbouw van de woonterp: welk materiaal is hiervoor het meest geschikt, is specifieke grondbewerking nodig, hoe snel kan er worden opgehoogd en waar dient tijdens uitvoering/aanleg rekening mee gehouden te worden, ook in relatie tot de veiligheid van, en effecten op, de primaire waterkering.
- Er dient tevens bekeken te worden of, en zo ja, wat de effecten zijn op de secundaire waterkering aan de zuidzijde van het gebied.
- Indien in een later stadium blijkt, dat de voorgenomen gebiedsontwikkeling niet haalbaar is, zal de grond mogelijk geschikt gemaakt dienen te worden voor agrarische exploitatie. De vraag is welke maatregelen dan nodig zijn en welke kosten daarmee gemoeid zijn. Er wordt voorts nog uitgegaan van het aanbrengen van een kade en drainage.

In onderhavig adviesrapport worden, op basis van reeds beschikbare gegevens, bovenstaande vragen zoveel mogelijk beantwoord en wordt geadviseerd ten aanzien van de uit te voeren werkzaamheden.

Daarbij zijn in principe 2 scenario's beschouwd:

- 1 het scenario waarbij tijdens het ophogen de woonterp direct tegen de primaire waterkering wordt aangebouwd.
- 2 Het scenario, waarbij de terp niet direct tegen de waterkering wordt aangebouwd, maar eerst vanaf de binnendijkse poldersloot wordt opgehoogd, waarbij in een later stadium de aanvulling tussen de terp en de waterkering plaats kan/dient te vinden.

2 Projectbeschrijving en gegevens

2.1 Project locatie en beschrijving

De projectlocatie is gelegen aan de noordzijde van Goeree-Overflakkee, ten noordwesten van Middelharnis, zie Figuur 1.1 en Figuur 1.2.

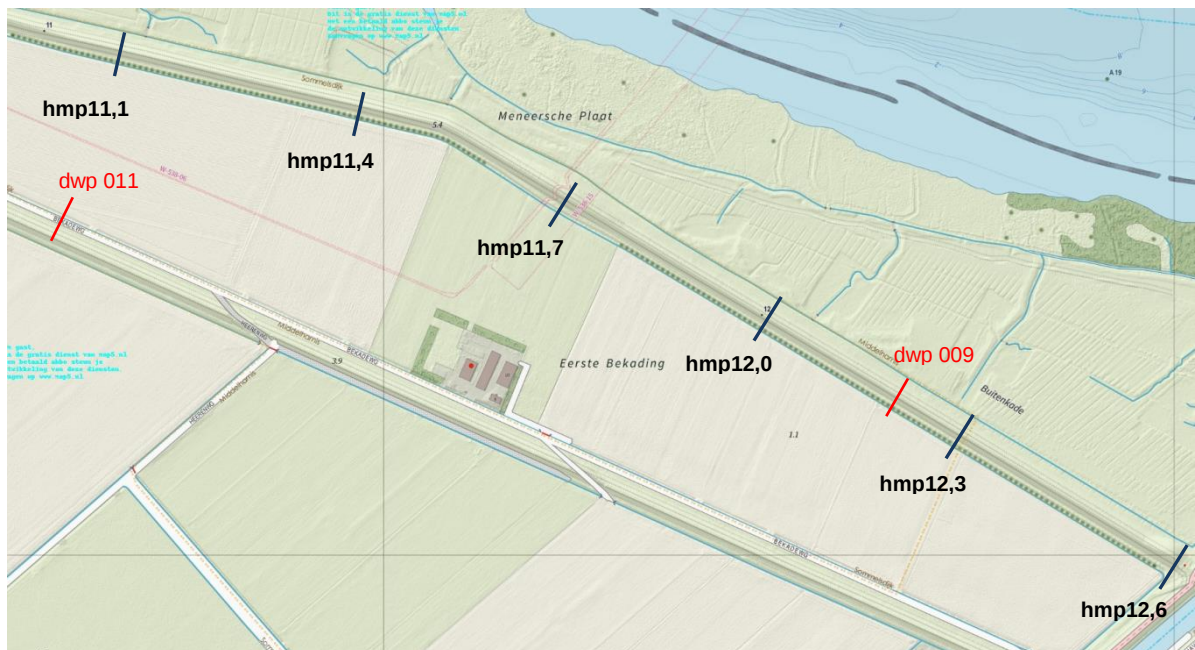
Het betreffende gebied wordt heringericht, waarbij de belangrijkste werkzaamheden bestaan uit een aanpassing van het tracé van het zoetwaterkanaal en het realiseren van een woonterp aan de binnenzijde tegen de primaire waterkering aan.

Het betreft de dijk van de Westplaatbuitengronden, met aan de buitenzijde een breed voorland van circa 200 tot 300 m. Aan de binnenzijde bevindt zich langs de gehele dijk een sloot en tussen de teen van de dijk en de sloot een enkele rij bomen.

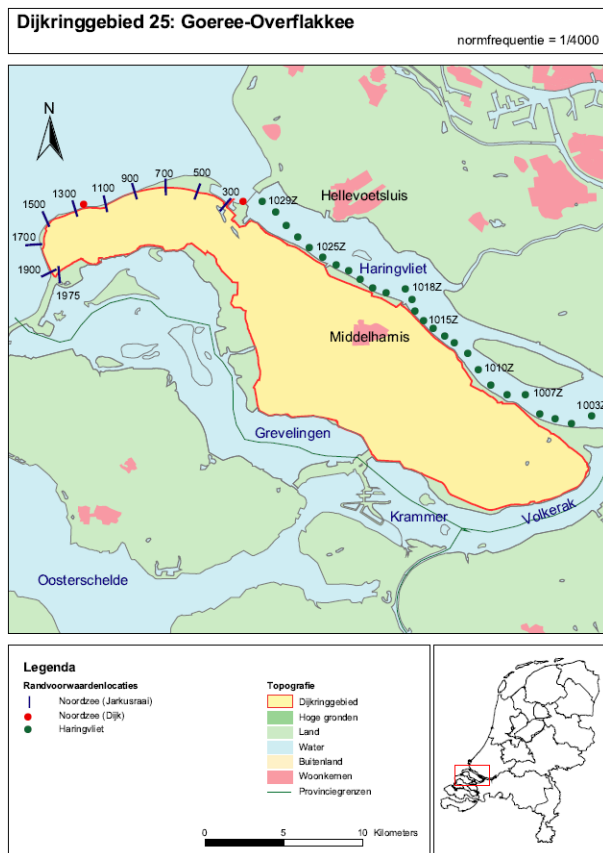
De waterkering maakt deel uit van dijkkring 25 (Goeree-Overflakkee) en kent een normfrequentie (overschrijdingsfrequentie van de waterstand) van 1/4000. In de nieuwe (momenteel in ontwikkeling zijnde) normering, conform het Ontwerp Instrumentarium 2014 (OI2014) betreft dit traject 25_2, met een nieuwe norm (werkgetal) van 1/1000. Dit leidt voor de hoogte tot een faalkanseis van 1/2500.

Het zoetwaterkanaal dient te worden aangelegd in verband met het Kierbesluit Haringvliet (CMK; Compenserende Maatregelen Kierbesluit). Bij de werkzaamheden is, naast een tracé verlegging, voorzien in een aanpassing (verruiming) van het doorstroomprofiel van het zoetwaterkanaal en het realiseren van extra natuurwaarden.

De woonterp is gelegen tussen globaal hectometerpaal hmp11,75 en hmp12,28 aan de binnenzijde tegen de primaire waterkering aan, zie Figuur 2.1. Dit betreft globaal kilometerraai 1018Z – 1020Z van het Haringvliet (zie ook Figuur 2.2).

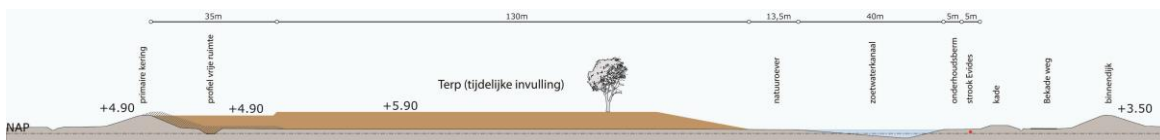


Figuur 2.1 Ligging primaire waterkering



Figuur 2.2 Overzicht dijkkring 25; Goeree-Overflakkee

Achter de primaire waterkering (polderwaarts) is een tweede (secundaire) waterkering gelegen, de Buitendijk (bekade dijk/weg). Het projectgebied bevindt zich tussen beide waterkeringen in, zie ook Figuur 1.2. In Figuur 2.3 is een (maatgevende) dwarsdoorsnede gegeven van het projectgebied met woonterp en zoetwaterkanaal. In bijlage 1 is dit dwarsprofiel op een grotere schaal weergegeven.



Figuur 2.3 Dwarsdoorsnede (N-Z) van het projectgebied met woonterp en zoetwaterkanaal

Een andere belangrijke wijziging betreft het huidige polderpeil; zomerpeil NAP -0,30 m en winterpeil -0,50 m. Door de aanleg van het zoetwaterkanaal zal het huidige polderpeil wijzigen in een variabel peil van NAP +0,70 m à +0,90 m.

De huidige primaire waterkering is in 1956 versterkt. De oude waterkering, die opgebouwd is van klei, is daarbij binnenwaarts versterkt met zand en afgewerkt met een kleibekleding. De huidige dijk heeft derhalve een kern van zand, met een kleibekleding.

De aan te leggen woonterp kan beschouwd worden conform het concept van een zogenaamde Deltadijk of Multifunctionele dijk. In het Nationale Waterplan worden Deltadijken vanuit 2 perspectieven benaderd: hoogwaterbescherming en ruimtegebruik. Een dergelijke dijk dient op mechanismineniveau (overslag, piping, stabiliteit e.d.) een factor 10 à 100 keer veiliger te zijn dan een gewone (groene) dijk. De factor 100 geldt voor economisch belangrijke gebieden. Voor onderhavige situatie zal een factor 10 x veiliger voldoende zijn.

2.2 Beschikbare gegevens

2.2.1 Rapportages en dergelijke.

Ten behoeve van het onderzoek is gebruik gemaakt van onder meer de volgende gegevens:

- Door de opdrachtgever beschikbaar gestelde informatie, tekeningen en dwarsprofielen van het betreffende gebied en de inrichting, ontvangen d.d. 15-10-2015 en 22-10-2015.
- Notitie: Noordrand GO notitie uitwerking 1e bekading 24 maart 2015_2.
- Gespreksnotitie 150923, overleg WSHD en gemeente inzake CMK en Nieuwe Marke.
- Door opdrachtgever beschikbaar gestelde handboringen ten behoeve van infiltratieleiding Evides (Fugro, 1113-0051-000, okt/nov 2013).
- Bij Deltares beschikbare informatie vanuit de toetsing van de primaire waterkering voor Waterschap Hollandse Delta (WSHD), zie Hoofdstuk 7, Literatuurlijst.
- Bij Deltares beschikbare informatie vanuit advisering aanleg zoetwaterkanalen voor WSHD, zie Hoofdstuk 7.
- Overige gegevens, onder andere VNK (Veiligheid Nederland in Kaart) en DINO-database.

In december 2003 heeft er, in aanvulling op de uitgevoerde toetsing van Deltares (1^e toetsronde), een onderzoek plaatsgevonden met een doorkijk naar nieuwe randvoorwaarden ten behoeve van de 2^e toetsronde: 'Aanvullende toetsing, doorkijk naar effecten HR-2001 en LTV-2002 (GeoDelft, CO-379805/4, december 2003)'.

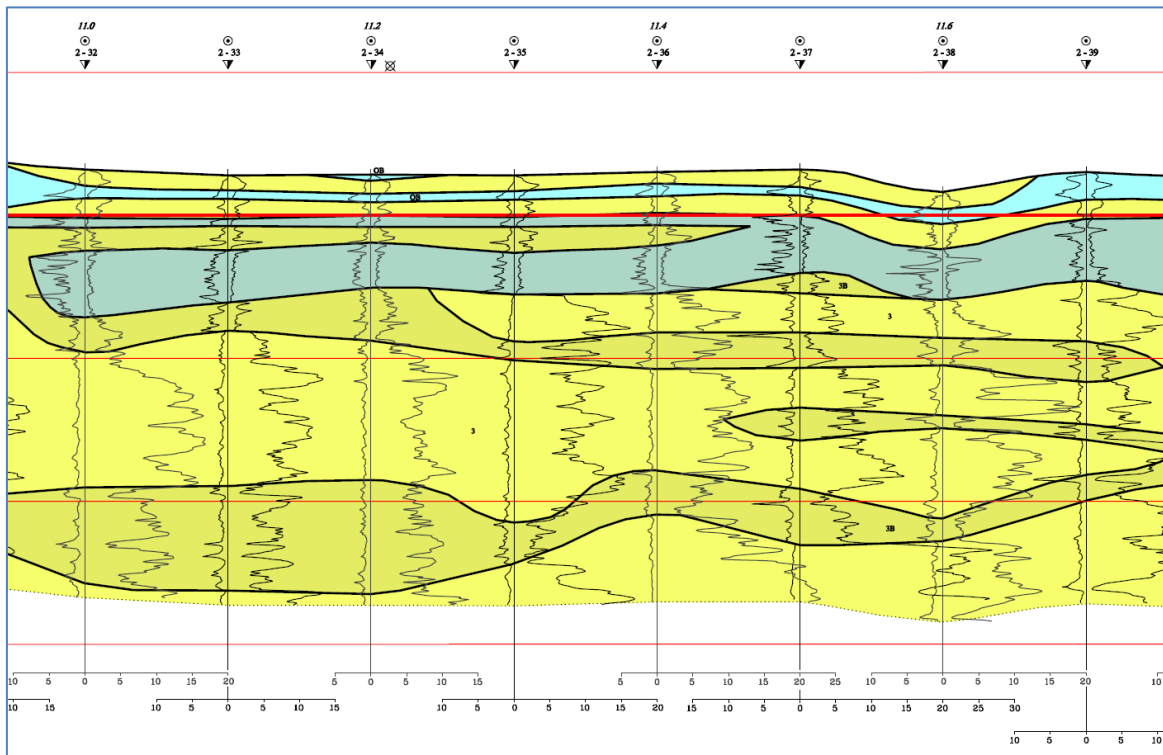
Inmiddels zijn ten behoeve van de derde toetsronde nieuwe randvoorwaarden verschenen; HR2006 en VTV2006) en wordt er momenteel hard gewerkt aan een geheel nieuw wettelijk toets-instrumentarium (WTI 2017) en een ontwerp-instrumentarium (OI2014).

Vermoedelijk zijn derhalve na 2003, in het kader van de derde toetsronde, aanvullend gegevens door WSHD verzameld, of zelfs aanvullende toetsingen uitgevoerd. Betreffende gegevens zijn vooralsnog niet in de beschouwingen meegenomen.

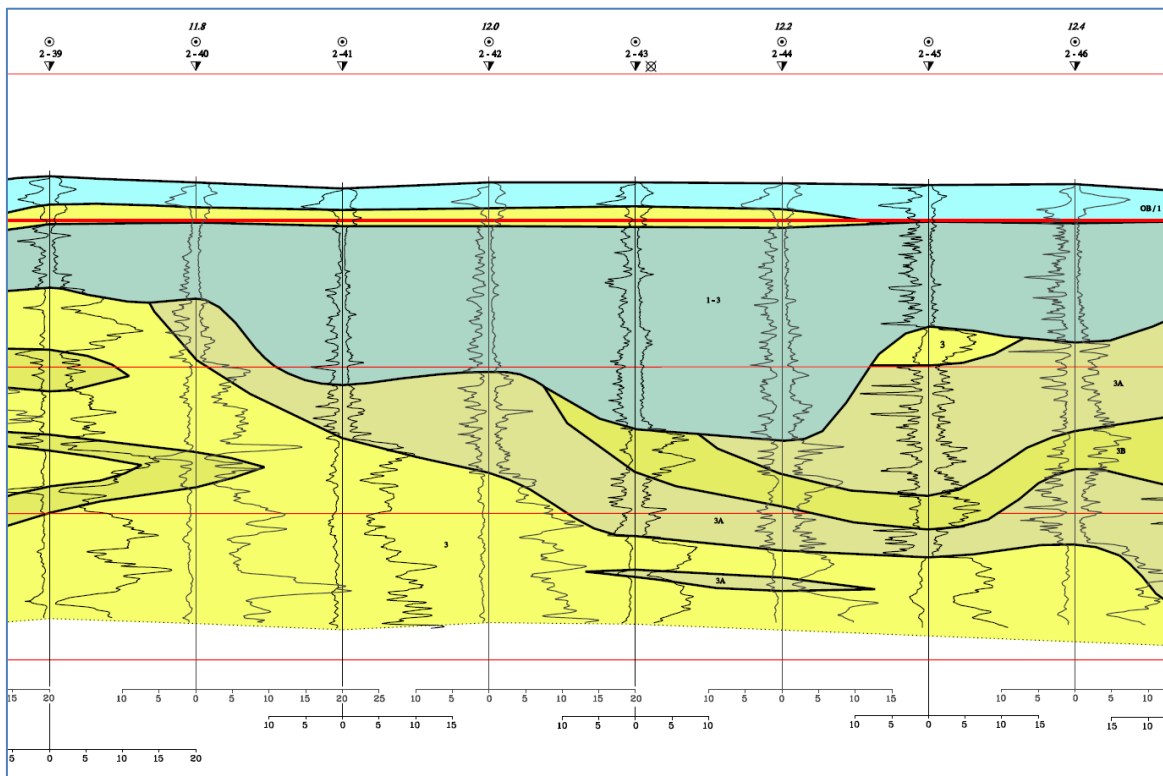
2.2.2 Grondonderzoek

GeoDelft

In het kader van de toetsing is in het verleden door GeoDelft grondonderzoek uitgevoerd langs de primaire waterkering aan de binnenzijde. De onderzoeksresultaten zijn verwerkt in zogenaamde geotechnische lengteprofielen. Een voorbeeld daarvan is in Figuur 2.4 en Figuur 2.5 gegeven.



Figuur 2.4 Geotechnisch lengteprofiel Dijk Westplaatbuitengronden, hmp 11,0 – hmp 11,7



Figuur 2.5 Geotechnisch lengteprofiel Dijk Westplaatbuitengronden, hmp 11,7 – hmp 12,4

Ter plaatse van de geplande woonterp, globaal tussen hmp 11,8 en 12,3, blijkt een wat dikkere kleiige afzetting voor te komen, dan in het meer westelijke deel tussen hmp 11,0 en 11,7. In navolgende tabellen is een beschrijving van de grondopbouw gegeven ter plaatse van de te realiseren woonterp, ter hoogte van hmp 11,8 en 12,1

Diepte van [m ± NAP]	Diepte tot [m ± NAP]	laagcode	Lithologie	afzetting
1,40	0,00	OB	Hoofdzakelijk klei	Antropogeen
0,00	-2,60	2	Klei siltig met zandlaagjes	Duinkerke
-2,60	-4,80	3A	Zand siltig met veel kleilaagjes	Duinkerke
-4,80	-8,00	3	Klei siltig met zandlaagjes	Duinkerke
-8,00	-9,00	3B	Zand siltig met kleilaagjes	Duinkerke
-9,00	dieper	3	Zand siltig	Duinkerke

Tabel 2.1 Grondopbouw ter hoogte van hm 11,8 (dwp 9 van 1208747)

Diepte van [m ± NAP]	Diepte tot [m ± NAP]	laagcode	Lithologie	afzetting
1,10	0,15	OB	Hoofdzakelijk klei	Antropogeen
0,15	-0,30	OA	Hoofdzakelijk zand	Antropogeen
-0,30	-7,00	1-3	Klei siltig met zandlaagjes	Duinkerke
-7,00	-8,60	3B	Zand siltig met kleilaagjes	Duinkerke
-8,60	-10,80	3A	Zand siltig met veel kleilaagjes	Duinkerke
-10,80	dieper	3	Zand siltig	Duinkerke

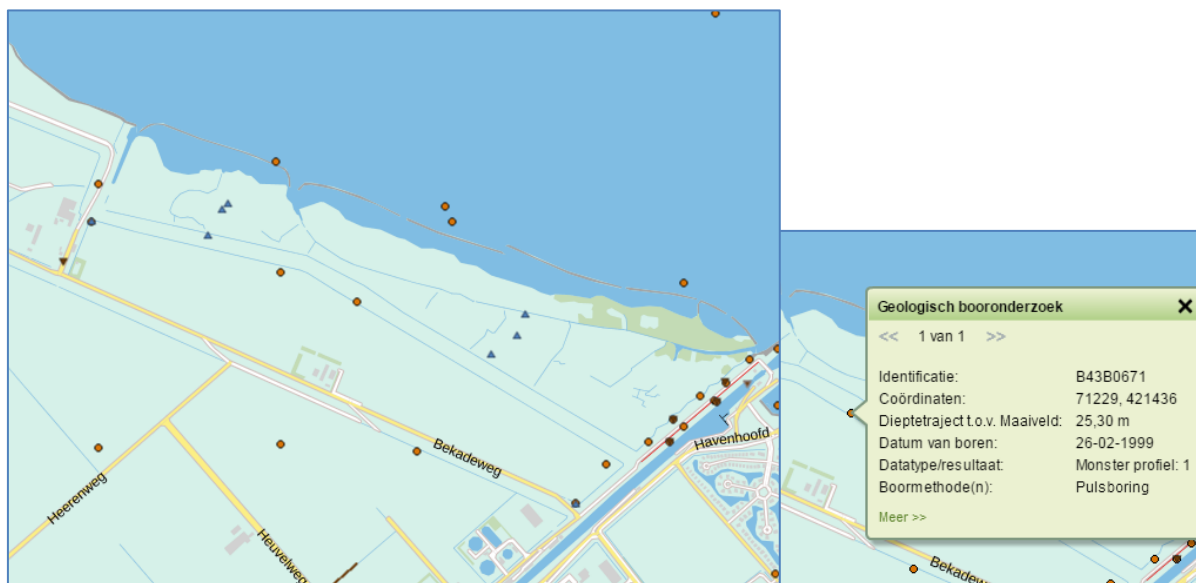
Tabel 2.2 Grondopbouw ter hoogte van hm 12,1

De ondergrondschematisatie voor dwarsprofiel hmp 12,1 is als representatief beschouwd voor onderhavig onderzoek en is weergegeven in Figuur 2.13.

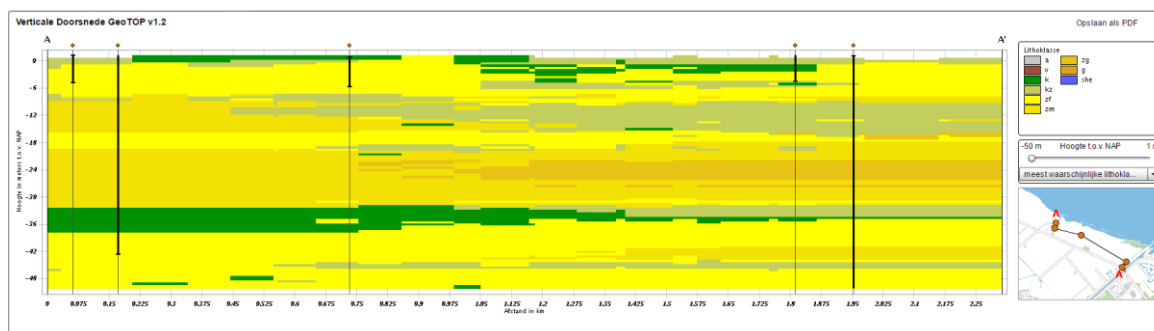
Dit dwarsprofiel is tevens gebruikt ten behoeve van de stabiliteits- en zettingsberekeningen.

Gegevens Dino-loket

Naast het grondonderzoek van GeoDelft, uitgevoerd ten behoeve van de toetsing, zijn tevens gegevens uit Dino-loket (landelijke database) geraadpleegd.



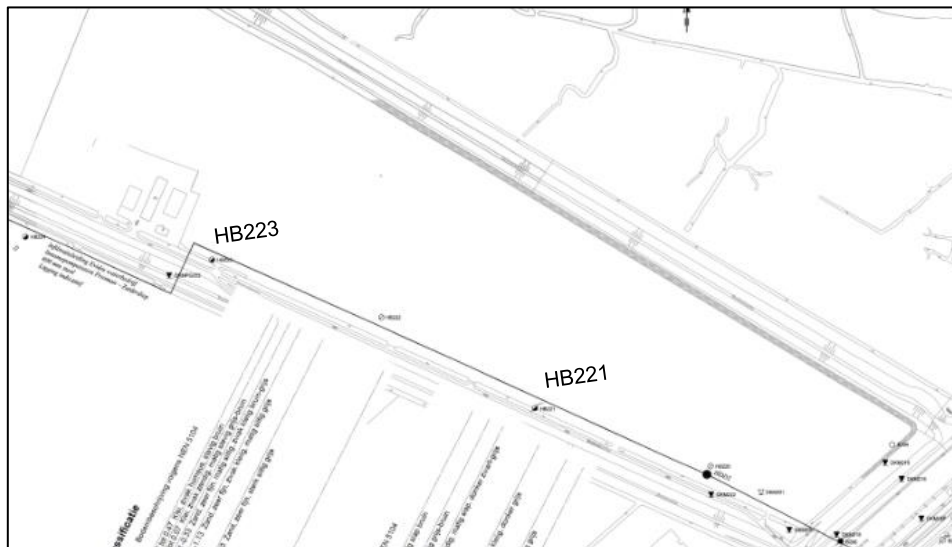
Figuur 2.6 Onderzoekspunten Dino-database met voorbeeld gegevens onderzoekspunt



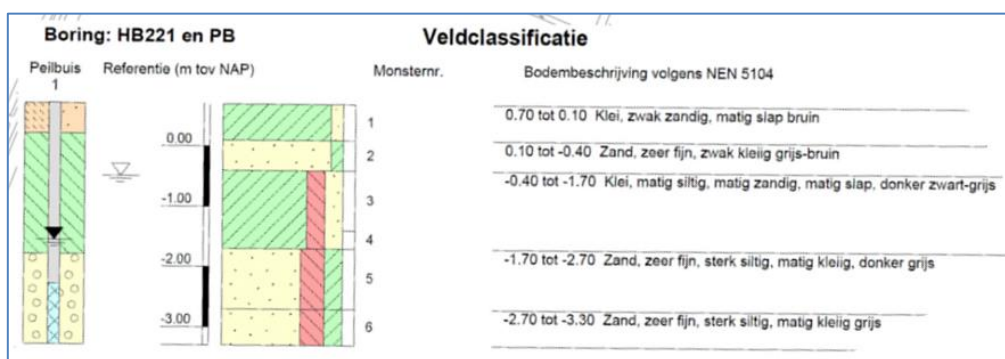
Figuur 2.7 Gegeneerd lengteprofiel Dino-Database

Grondonderzoek (handboringen) Evides Infiltratieleiding

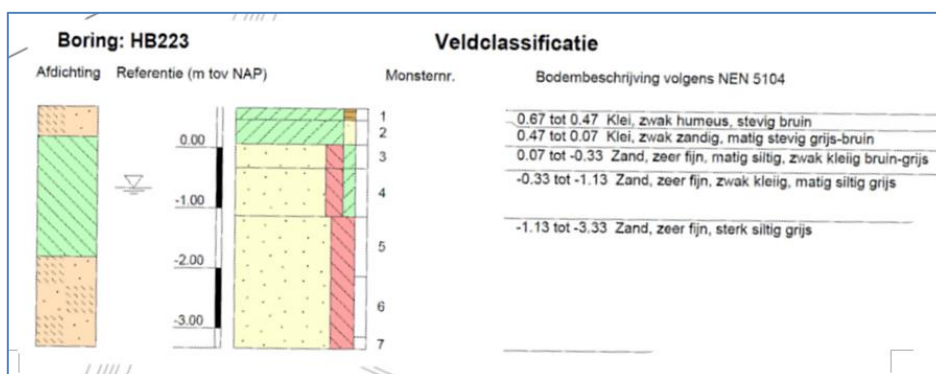
Via de opdrachtgever zijn onderzoeksgegevens verkregen van enkele handboringen die uitgevoerd zijn ten behoeve van de aan te leggen infiltratieleiding van Evides.



Figuur 2.8 ligging Evides Infiltratieleiding en grondonderzoek t.b.v. leiding

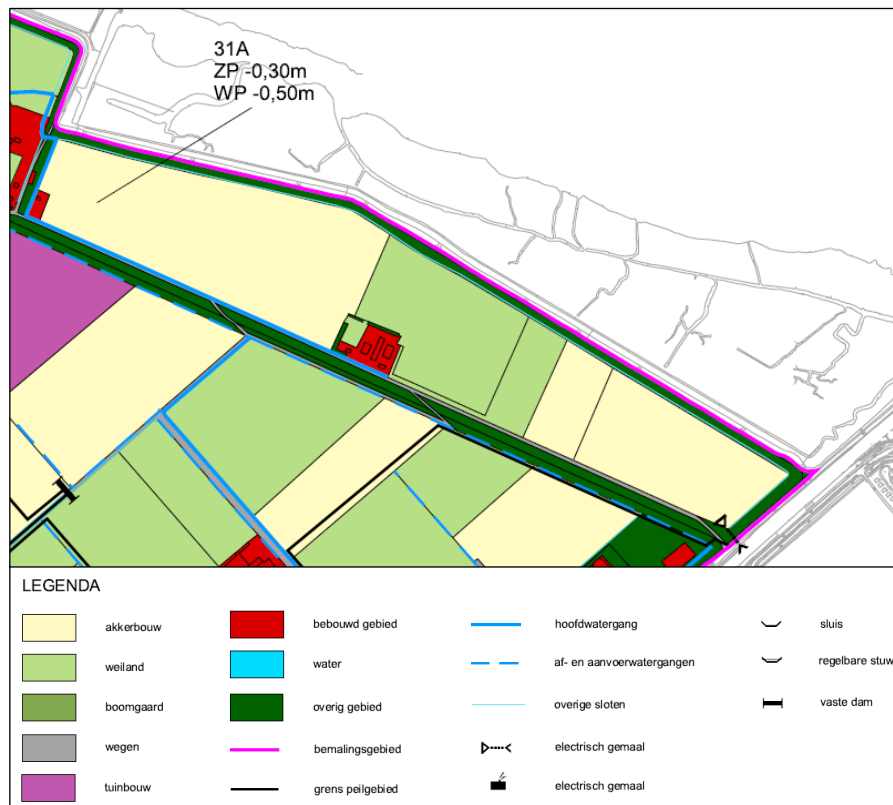


Figuur 2.9 Handboring 221 met peilbuis t.b.v. infiltratie leiding



Figuur 2.10 Handboring 223 t.b.v. infiltratieleiding

Uit de onderzoeksgegevens blijkt een zandige opbouw van de ondergrond. Bovenin komt in het algemeen een circa 1 m dikke kleilaag voor, met daaronder zandlagen, die bestaan uit fijn zand, vaak siltig en afgewisseld met zandige of siltige kleilagen. Daarnaast worden in de bovenste lagen ook vaak (siltige)kleilagen aangetroffen, afgewisseld met (dunne) zandlaagjes.



Figuur 2.12 Gebiedskaart met polderpeilen

Het peil van het zoetwaterkanaal, dat in het gebied aangelegd zal worden, zal een variabel peil zijn, circa NAP +0,75 m à +0,90 m.

Dijkhoogte en hoogte woonterp

Aangegeven is, dat de dijktafelhoogte NAP +4,90 m bedraagt. Verder is er, mede richting de toekomst, rekening gehouden met de dijkverhoging van 1 m (tot circa NAP +5,90 m) en een binnenwaartse dijversterking met een 1:3 binnentalud.

De hoogte van de woonterp is derhalve vooralsnog ook vastgesteld op een hoogte van NAP +5,90 m.

De dijktafelhoogte (NAP +4,90 m) is, voor zover bekend, bepaald op basis van hydraulische randvoorwaarden uit 2001 (HR2001), behorend bij een toetspeil van NAP +2,60 m en een normfrequentie van 1/4000 (geldend voor dijkkring 25). Er is vooralsnog niet duidelijk bij welk overslagdebiet de kruinhoogte bepaald is.

Inmiddels zijn in 2006 nieuwe hydraulische randvoorwaarden verschenen (HR2006) en met de komst van de Leidraad Rivieren (2007) en bijbehorend addendum zijn ook ontwerppeilen vastgesteld voor 2050 en 2100. Het toetspeil is daarbij gehandhaafd op NAP +2,60 m. De ontwerppeilen 2050/2100 bedragen respectievelijk NAP +2,70 m en NAP +2,90 m. Daarbij moet bedacht worden, dat conform de Leidraad Rivieren, voor ontwerpen een extra robuustheidstoeslag op de waterstand in rekening gebracht dient te worden van 0,30 m. Bovendien gelden de aangegeven peilen voor het midden van de rivier en dient er een vertaling gemaakt te worden naar de oever.

Recente ontwikkelingen in het kader van WTI 2017 en OI2014 (nieuwe overstromingskans/risicobenadering leiden mogelijk tot nog weer andere waarden.

Voor de hoogte geldt in ieder geval dat, voor traject 25_2, conform het OI2014-v3, tot een faalkanseis van 1/2500 wordt gekomen. Dit is weliswaar iets lager dan de huidige normfrequentie van 1/4000, maar dat betekent niet direct, dat daarmee ook een lagere hydraulische belasting en/of een lagere dijktafelhoogte geldt.

Om dit op een juiste wijze te bepalen dient een analyse uitgevoerd te worden met behulp van een Hydra-Zoet-berekening met een Benedenrivieren/DPRD database.

Voor onderhavig advies is uitgegaan van een dijktafelhoogte van NAP +4,90 m en een terphoogte van NAP +590 m, waarbij dus een veiligheidsmarge is gehanteerd van 1 m, mede ten behoeve van (toekomstige) verhoging van de kruin en aanleg van de woningen (terp).

2.3.3 Parameters ondergrond en ondergrondschematisatie

Ten behoeve van de stabiliteitsberekeningen zijn per grondlaag dezelfde parameters gehanteerd als de parameters welke destijds gebruikt zijn voor de toetsing van de primaire waterkering. Voor de berekeningen is zowel gebruik gemaakt van het rekenmodel Bishop (cirkelvormige glijvlakken) als, waar nodig, van het model LiftVan (drukstaaf model).

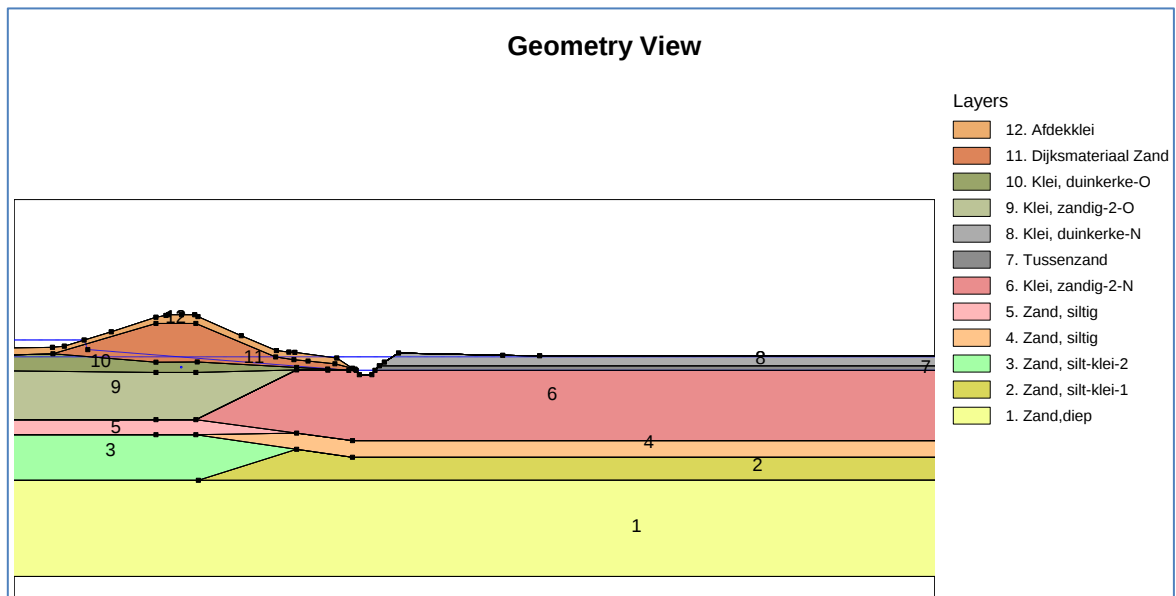
materiaal factor		c	1.5		
		phi	1.2		
sondering kruin	2-57	representatief		rekenwaarde	
materiaal soort	qc	c	phi	c	phi
kl OB	0.8	10.0	17.5	6.7	14.7
z OA	2.2	0.0	25.0	0.0	21.2
kl DK/OB	0.8	0.0	22.5	0.0	19.0
kl/z DK	0.9	3.0	27.5	2.0	23.5
z, s DK	2.4	0.0	25.0	0.0	21.2
z DK	12.0	0.0	32.5	0.0	28.0
sondering naast	2-43	representatief		rekenwaarde	
materiaal soort	qc	c	phi	c	phi
kl OB	1.4	10.0	22.5	6.7	19.0
z OA	1.6	0.0	25.0	0.0	21.2
kl/z DK	0.7	3.0	22.5	2.0	19.0
z, kl DK	6.0	0.0	27.0	0.0	23.0
z, kl DK	1.4	0.0	25.0	0.0	21.2
z DK	7.0	0.0	30.0	0.0	25.7

Tabel 2.3 Overzicht gehanteerde sterkteparameters ten behoeve van stabiliteitsberekeningen

met:

q _c	[MPa]	conusweerstand
c	[kN/m ²]	cohesie
φ	[°]	hoek van inwendige wrijving

De schematisatie van de ondergrond is weergegeven in Figuur 2.13, zie tevens paragraaf 2.2.2.



Figuur 2.13 Overzicht berekend dwarsprofiel t.h.v. hmp 12,1, met grondlaagopbouw

Qua volumegewichten van de grondlagen zijn ook de waarden aangehouden, die destijds bepaald zijn op basis van uitgevoerde boringen ten behoeve van de toetsing. De betreffende waarden zijn aangegeven in Tabel 2.4

Layer no.	Material name	Drained	Unit weight	
			dry [kN/m ³]	wet [kN/m ³]
12	Afdekklei	No	16.60	16.60
11	Dijksmateriaal Zand	Yes	17.00	20.00
10	klei, duinkerke-O	No	15.70	15.70
9	klei, zandig-2-O	No	16.90	16.90
8	klei, duinkerke-N	No	17.50	17.50
7	Tussenzand	No	17.00	20.00
6	klei, zandig-2-N	No	16.70	16.70
5	Zand, siltig	Yes	17.00	20.00
4	Zand, siltig	Yes	17.00	20.00
3	Zand, silt-klei-2	Yes	17.00	20.00
2	Zand, silt-klei-1	No	17.00	20.00
1	Zand, diep	Yes	17.00	20.00

Tabel 2.4 Overzicht gehanteerde volumegewichten

Ten behoeve van de berekeningen van de zettingen is gebruik gemaakt van het zettingsmodel op basis van de theorie van Buisman-Koppejan. De eindzetting is hierbij gedefinieerd als de zetting die is opgetreden na 30 jaar. De hiervoor benodigde parameters zijn bepaald op basis van Tabel-2b uit de Eurocode/NEN, maar ook op basis van bij Deltares

beschikbare gegevens van een groot aantal dijkversterkings- en andere projecten. De gehanteerde parameters zijn weergegeven in Tabel 2.5.

Material name	Primary compression constant		Secondary compression constant	
	cp [-]	cp' [-]	cs [-]	cs' [-]
Afdekklei	3.3E+0002	6.7E+0001	2.0E+0003	4.0E+0002
Dijksmateriaal zand	1.0E+0009	6.0E+0002	1.0E+0009	1.0E+0009
Klei, duinkerke-0	1.2E+0002	2.3E+0001	3.8E+0002	7.5E+0001
Klei, zandig-2-0	2.5E+0002	5.0E+0001	1.5E+0003	3.1E+0002
Klei, duinkerke-N	1.5E+0002	2.7E+0001	6.0E+0002	1.1E+0002
Tussenzand	8.5E+0002	1.7E+0002	5.0E+0003	1.0E+0003
Klei, zandig-2-N	2.5E+0002	5.0E+0001	1.5E+0003	3.1E+0002
Zand, siltig	1.0E+0009	3.0E+0002	1.0E+0009	1.0E+0009
Zand, siltig	1.0E+0009	3.0E+0002	1.0E+0009	1.0E+0009
Zand, silt-klei-2	1.0E+0009	2.0E+0002	1.0E+0009	1.0E+0009
Zand, silt-klei-1	8.5E+0002	1.7E+0002	5.0E+0003	1.0E+0003
Zand, diep	1.0E+0009	1.0E+0003	1.0E+0009	1.0E+0009

Material name	Compression constants of Buismen		Consolid. coeff. [m2/sec]
	Ap [-]	As [-]	
Afdekklei	2.0E+0002	1.0E+0009	7.0E-0006
Dijksmateriaal zand	3.0E+0003	1.0E+0009	1.0E+0001
Klei, duinkerke-0	5.0E+0001	1.0E+0009	2.8E-0007
Klei, zandig-2-0	1.5E+0002	1.0E+0009	2.8E-0007
Klei, duinkerke-N	6.0E+0001	1.0E+0009	2.8E-0007
Tussenzand	5.0E+0002	1.0E+0009	1.7E-0005
Klei, zandig-2-N	1.5E+0002	1.0E+0000	2.8E-0007
Zand, siltig	1.5E+0003	1.0E+0009	1.0E-0004
Zand, siltig	1.5E+0003	1.0E+0009	1.0E-0004
Zand, silt-klei-2	1.0E+0003	1.0E+0009	1.0E-0004
Zand, silt-klei-1	5.0E+0002	1.0E+0009	1.7E-0005
Zand, diep	5.0E+0003	1.0E+0009	1.0E+0001

Tabel 2.5 Overzicht gehanteerde samendrukkingsparameters

Voor het ontlastgedrag van de ondergrond is uitgegaan van een 5 x stijver grondgedrag dan in het geval van belastingen. Verder zijn ten behoeve van de gevoeligheid zowel berekeningen uitgevoerd met een overconsolidatie-ratio (OCR-waarde) van 1,0 als met een waarde van 1,3. Voor grondlaag 6 en 9, die zowel meer kleiig, als meer zandig ontwikkeld zou kunnen zijn, zijn aanvullend berekeningen gedaan met 2 x lagere waarden (meer klei) voor de samendrukkingsconstanten.

Verder is rekening gehouden met het aanbrengen van extra ophoogmateriaal (extra belasting, of overhoogte) ter compensatie van de zettingen.

Opgemerkt wordt, dat het beschikbare grondonderzoek beperkt is, en dat er geen lokale samendrukkingsproeven beschikbaar zijn, waarmee het zettingsgedrag en de zettingsvoorspelling beter vastgesteld kunnen worden. Derhalve vormen de berekende zettingen en restzettingen een indicatie.

Door het goed monitoren van de zettingen tijdens de uitvoering, maar ook de waterspanningen in de ondergrond, kan tijdens de uitvoering een veel betere predictie gemaakt worden van de optredende zettingen, het tijd-zettingsverloop en de restzettingen,

die na een bepaalde periode nog op zullen treden. Met het meten/monitoren van de waterspanningen kan het ophoogproces beter gestuurd worden.

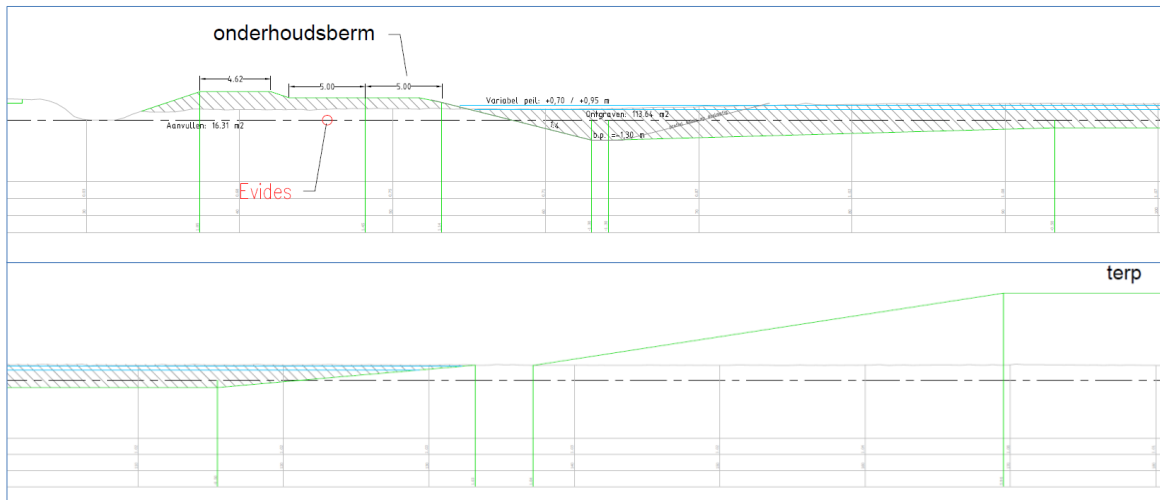
2.4 Uitgevoerde berekeningen

Ten behoeve van onderhavig advies zijn de volgende berekeningen en analyses uitgevoerd:

- Berekeningen van de zettingen ter plaatse van de woonterp en de bestaande (primaire) waterkering en de zettingen ter plaatse van de te realiseren kade aan de zuidzijde van het zoetwaterkanaal. Opgemerkt wordt dat onder deze kade (ophoging) een Evides (infiltratie)leiding zal worden aangelegd.
- Indicatieve berekeningen naar de stabiliteit van de huidige waterkering, waarbij een binnendijs versterkt profiel is berekend met een kruinhoogte van 1 m, tot circa NAP +6 m, en een stabiliteitsberm van 5 m, met taluds van 1:3. Een dergelijk profiel zou als bouwbeleid-, of beheerprofiel door het Waterschap gedefinieerd/gehanteerd kunnen worden.
- Berekeningen van de stabiliteit van het talud van de woonterp (zuidzijde), zoals dat op tekening (ontvangen dwarsprofiel) is weergegeven.
- Berekeningen van de stabiliteit van het talud van de kade aan de zuidzijde van het zoetwaterkanaal, zoals dat op tekening (ontvangen dwarsprofiel) is weergegeven.
- Berekening van de stabiliteit van de taluds van de woonterp tijdens de uitvoeringsfase, met name ter bepaling van het ophoogtempo. Hierbij is onderscheid gemaakt in twee situaties:
 - 1 De terp wordt direct tegen de primaire waterkering aangebracht, het zuidelijke talud is maatgevend.
 - 2 De terp wordt eerst 'los' van de waterkering aangelegd en later wordt de aansluiting/aanvulling tussen de terp en de waterkering gerealiseerd. In dat geval is vermoedelijk de stabiliteit van het noordelijke talud maatgevend, omdat dit vermoedelijk steiler opgezet zal worden en bovendien nog een teensloot aanwezig is.
- Analyse van de stabiliteit van de secundaire waterkering (Buitendijk) aan de zuidkant van het gebied.

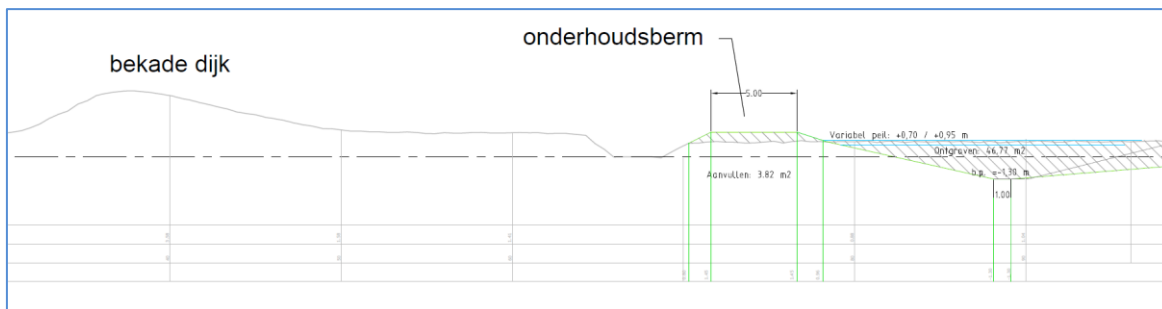
Voor de geometrie van de ophogingen is uitgegaan van dwarsprofiel STR002 van de tekening van bureau Stroming: Compenserende Maatregelen Kierbesluit. Goeree-Overflakkee – profielen 1^e bekading, referentie 12150A050_GOM_aanp., versie 20151022. In Figuur 2.14 is dit dwarsprofiel weergegeven.

Voor het noordelijke talud van de terp, indien de terp niet direct tegen de waterkering wordt aangebouwd, is een talud aangehouden van circa 1:3,5. Zie ook Figuur 4.10.



Figuur 2.14 Dwarsprofiel STR002 ter plaatse van kade, zoetwaterkanaal en woonterp

Voor de analyse van de invloed op de secundaire waterkering is dwarsprofiel STR006 maatgevend gesteld. Ter plaatse van de Buitendijk (bekade dijk/weg) is het dwarsprofiel vrijwel identiek aan dwarsprofiel STR002. Alleen de kade, die ten behoeve van het zoetwaterkanaal wordt aangelegd, is aanzienlijk smaller, waardoor het zoetwaterkanaal dichterbij de kade ligt.



Figuur 2.15 Dwarsprofiel STR006 ter plaatse van secundaire waterkering (Buitendijk)

2.5 Toetswaarde stabiliteitsberekeningen

Normaliter dienen, ten behoeve van de berekening van de stabiliteit van een talud, toetswaarden te worden vastgesteld waaraan de uitkomsten van de berekeningen dienen te voldoen. Voor waterkeringen dienen hiervoor de richtlijnen gevolgd te worden die opgesteld zijn door Rijkswaterstaat en/of ENW.

Voor andersoortige ophogingen en taluds dient in principe de Eurocode gevolgd te worden, waarbij verschillende betrouwbaarheidsklassen gedefinieerd zijn, RC1 tot en met RC3.

Voor onderhoud advies is aangesloten bij de normering die in Nederland geldt voor waterkeringen. Daarin zijn echter de laatste jaren wel de nodige verschuivingen geweest.

Voor de toetsing van de binnenwaartse stabiliteit (2002/2003) is destijds, conform de Handreiking Constructief Ontwerpen, op basis van een dijkkringlengte van 93 km een

toetswaarde aangehouden van $F_{\min} = 1,20$ voor maatgevende glijvlakken gecorreleerd aan (maatgevend)hoogwater (MHW). Voor niet aan MHW gecorreleerde glijvlakken en voor de buitenwaartse stabiliteit geldt daarbij een toetswaarde van $F_{\min} = 1,12$.

Volgens de nieuwe normering, conform de Leidraad Rivieren, die op dit moment formeel vigerend is, bestaat de toetswaarde van voor stabiliteit uit een aantal deelfactoren, waaronder de schadefactor, de schematiseringsfactor en een modelfactor.

Voor dijkkring 25 bedraagt de schadefactor, op basis van een dijkringlengte van 96,3 km, waarvan 26,3 km categorie A-kering; $Y_n = 1,12$ (MHW-gecorrleerd) en $Y_n = 1,06$ (niet MHW-gecorrleerd). Daarnaast dient rekening gehouden te worden met een schematiseringsfactor (Y_b), die in het algemeen ligt tussen $Y_b = 1,1 - 1,3$. De in de Leidraad Rivieren (addendum TRWG) aangegeven modelfactor (Y_d) voor opdrijven is niet correct. Voor het LiftVan-model (drukstaaf, opdrijven) bedraagt de modelfactor $Y_d = 1,05$.

Uitgaande van een schematiseringsfactor van 1,2 bedraagt in geval van opdrijven de toetswaarde voor de binnenwaartse stabiliteit onder maatgevende omstandigheden (MHW); $F_{\min} = 1,12 * 1,2 * 1,05 = 1,41$.

Voor niet MHW-gecorrleerde situaties bedraagt de toetswaarde $F_{\min} = 1,06 * 1,2 = 1,27$. (er zal geen opdrijven optreden).

Omdat een instabiliteit van het talud van de woonterp in geval van maatgevend hoogwater geen inundatie risico op zal leveren, mag de binnenwaartse stabiliteit in principe getoetst worden aan de waarde van 1,27.

Voor de uitvoering (aanleg) geldt in principe, voor glijvlakken die het waterkerend vermogen niet aantasten, een minimale schadefactor van $F_{\min} = 0,9$.

Voor glijvlakken die dit wel doen geldt een schadefactor van $F_{\min} = 1,0$.

Ook voor de uitvoeringsstabiliteit dient rekening gehouden te worden met een schematiseringsfactor. Hiervoor is ook een waarde van 1,2 gehanteerd.

Omdat de aanleg van de terp het waterkerend vermogen van de waterkering niet aantast is voor de uitvoeringsstabiliteit uitgegaan van een benodigde waarde van: $F_{\min} = 0,9 * 1,2 = 1,1$.

Momenteel is een nieuw wettelijk toets- en ontwerpinstrumentarium in ontwikkeling (zie o.a. ook paragraaf 2.2, 2.2.1 en 2.3.2). Hiermee zal op termijn ook de normering, en daarmee de toetswaarde voor de stabiliteit van waterkeringen, wijzigen. Hier is voorsnog geen rekening mee gehouden.

3 Huidige veiligheid waterkeringen en zoetwaterkanaal

3.1 Gegevens vanuit de toetsing

In de veiligheidstoetsing van de primaire waterkering (december 2003) en de uitgevoerde doorkijk naar hydraulische randvoorwaarden 2001 is rekening gehouden met een ontgrondingskuil ter plaatse van de bomenrij in de binnenteen. Ter plaatse van dwarsprofiel hmp 11,8 is een overall-veiligheidsfactor voor de binnenwaartse stabiliteit berekend van $F_{\min} = 1,19/1,20$ (wel/niet MHW-gecorrigeerd).

Als deze waarde getoetst wordt aan de huidige (vigerende) norm, conform de Leidraad Rivieren, dan zal het beoordeelde profiel mogelijk niet voldoen.

De aanleg van een binnendijkse terp tegen de waterkering aan zal zorgen voor voldoende stabiliteit, waardoor het risico hierop nihil wordt.

3.2 Gegevens vanuit aanleg/ontwerp zoetwaterkanalen

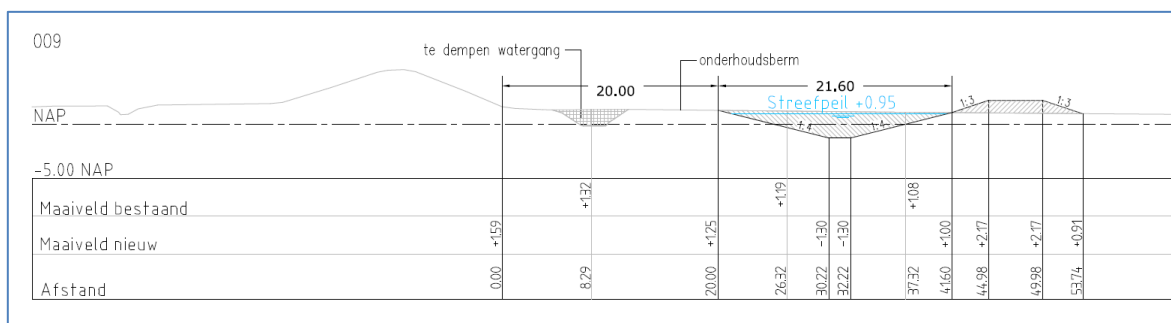
Ten behoeve van de aanleg van het zoetwaterkanaal is in 2013 reeds onderzoek uitgevoerd naar onder andere de mogelijke effecten op de waterkeringen en (aan te leggen) kades in het gebied. De resultaten van dit onderzoek zijn gerapporteerd in: Deltares; 1208747-000-GEO, d.d. december 2013. De belangrijkste resultaten met betrekking tot onderhavig project zijn onderstaand opgenomen.

3.2.1 Primaire waterkering (noordzijde)

Uit onderzoek naar aanleg van het zoetwaterkanaal, blijkt, dat de huidige binnendijkse sloot (watergang) gedempt wordt en als zoetwaterkanaal verder uit de binnenteen van de waterkering komt te liggen.

Voor dwarsprofiel 009 (overeenkomstig met hmp 12,2; zie ook Figuur 2.1) is een overall-veiligheidsfactor berekend voor de binnenwaartse stabiliteit van $F_{\min} = 1,86$. Hierbij is geen rekening gehouden met ontgroning als gevolg van het omwaaien van bomen.

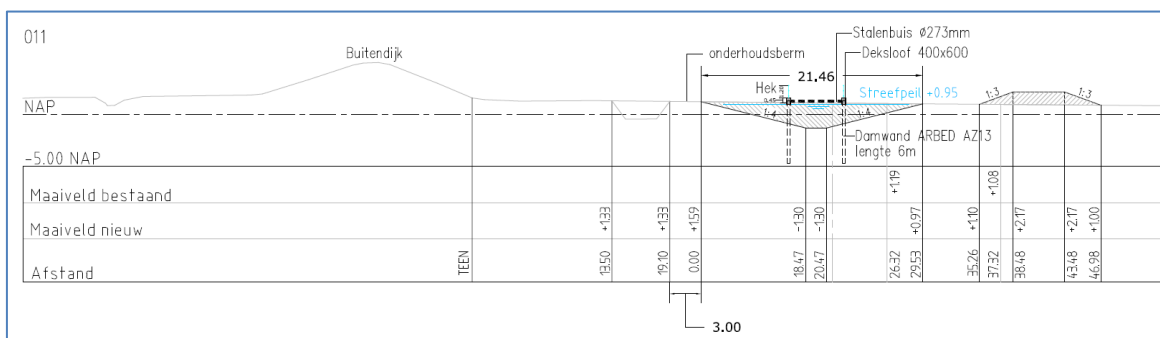
Voor onderhavig onderzoek is opnieuw de stabiliteit van de waterkering bekeken, uitgaande van een kruinverhoging van 1 m en taluds van 1:3.



Figuur 3.1 Dwarsprofiel 009 t.h.v. hmp 12,2; primaire waterkering met zoetwaterkanaal conform oorspronkelijk plan

3.2.2 Secundaire waterkering, Buitendijk (zuidzijde, bekade weg)

Ten behoeve van de aanleg van het zoetwaterkanaal is een maatgevend dwarsprofiel berekend ter plaatse van de Buitendijk. Dit betreft dwarsprofiel 011, ongeveer ter hoogte van hmp 11,1 van de primaire waterkering, maar dan ter plaatse van de Buitendijk (zie Figuur 2.1). De berekende stabiliteit is zowel gecontroleerd voor de situatie voor aanleg van het kanaal als de situatie na aanleg van het kanaal. Gebleken is, dat het maatgevende glijvlak uittreedt ter plaatse van de bestaande poldersloot. De berekende veiligheidsfactor ter plaatse van het beschouwde profiel bedraagt $F_{\min} = 1,42$. Dit voldoet ruimschoots aan de norm voor een secundaire kering. Gebleken is dat het graven van het zoetwaterkanaal geen negatieve invloed heeft op de stabiliteit van de Buitendijk.



Figuur 3.2 Dwarsprofiel 011 t.h.v. hmp 11,1; secundaire waterkering (Buitendijk) met zoetwaterkanaal conform oorspronkelijk plan

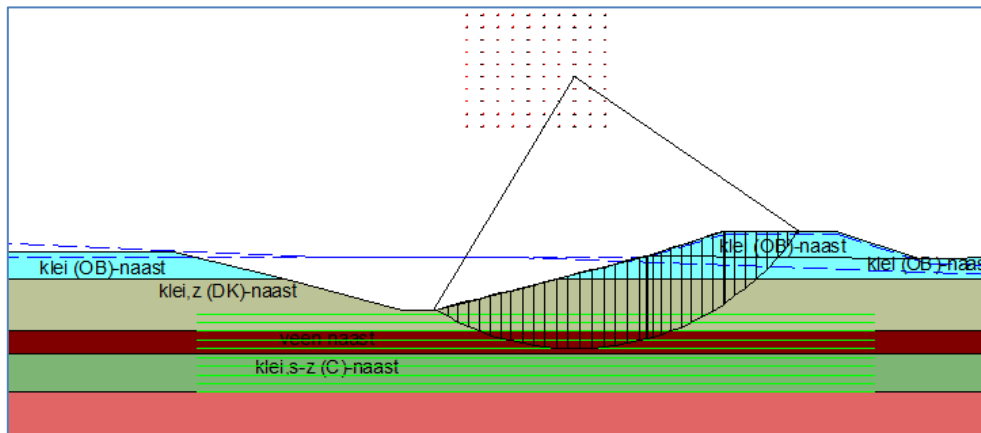
3.2.3 Zoetwaterkanaal

Ter plaatse van de taluds van de zoetwaterkanaal kades zijn de volgende veiligheids(stabiliteits)factoren berekend:

Situatie	Berekende stabiliteitsfactor F_{min} [-]
kade 1:3, kanaaltalud 1:4, peil NAP +0,95 m	1,75 (B)
kade 1:3, kanaaltalud 1:4, peil NAP +0,45 m	1,42 (B)
kade 1:3, kanaaltalud 1:4, peil NAP +0,45 m, met verkeersbelasting op kade	1,27 (B)

(B)=Bishop (cirkelvormig); (LV)=LiftVan (horizontaal)

Tabel 3.1 Overzicht berekende veiligheidsfactoren kade zoetwaterkanaal, Deltares 1208747 (dec. 2013)



Figuur 3.3 Berekend maatgevend glijvlak ter plaatse van kade zoetwaterkanaal, Deltares 1208747 (dec. 2013)

Uit de berekende veiligheidsfactoren blijkt dat de kades langs het zoetwaterkanaal, bij de gegeven afmetingen, voldoende stabiel is.

4 Berekenings- en analyseresultaten

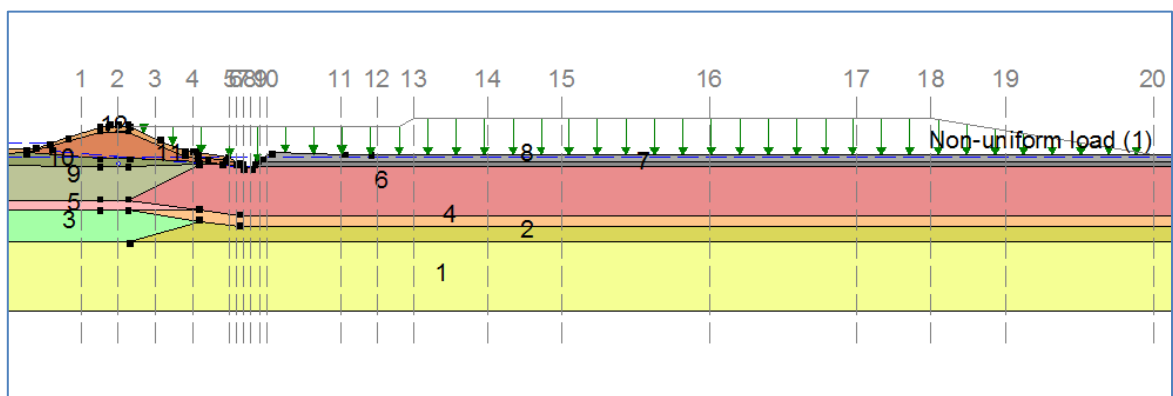
4.1 Zettingsberekeningen

De zettingen zijn zowel berekend ter plaatse van de woonterp als ter plaatse van de kade ten behoeve van het zoetwaterkanaal.

4.1.1 Zettingen ter plaatse van woonterp

De berekeningen zijn zowel uitgevoerd met een OCR-waarde van 1,0 als met een waarde van 1,3. Daarnaast is voor de maatgevende (dikste) grondlaag 6, die zowel meer kleiig als zandig ontwikkeld zou kunnen zijn, gerekend met 2 verschillende waarden voor de samendrukkingsparameters. De zetting is berekend in een aantal vertikalen verdeeld over de terp. Daarbij is tevens de restzetting berekend, die optreedt na 100 dagen nadat de belasting is aan gebracht en na 1 jaar nadat de belasting is aangebracht.

In de berekening wordt de totale belasting in 1 keer aangebracht op $t = 1$ dag.



Figuur 4.1 Overzicht berekende vertikalen waar de zetting is berekend (woonterp)

	Berekende zetting of restzetting in verticaal [m]					
	2 (kruin)	4 (teen)	8 (sloot)	13	16	20
Eindzetting laag 6 kleiig OCR 1,0 – 1,3	0,03-0,01	0,44-0,34	0,90-0,81	0,71-0,59	0,73-0,62	0,05-0,01
Restzetting na 100 dgn	0,01 - <	0,18-0,14	0,41-0,37	0,36-0,31	0,38-0,32	0,02-0,01
Restzetting na 1 jaar	0,01- <	0,08-0,06	0,18-0,16	0,18-0,15	0,19-0,16	0,01- <
Eindzetting laag 6 zandig OCR 1,0 – 1,3	0,02-0,01	0,27-0,21	0,46-0,42	0,46-0,39	0,47-0,41	0,03-0,01
Restzetting na 100 dgn	0,01- <	0,11-0,08	0,21-0,19	0,23-0,20	0,24-0,21	0,01- <
Restzetting na 1 jaar	< 0,01	0,05-0,04	0,09-0,08	0,12-0,10	0,12-0,10	<0,01

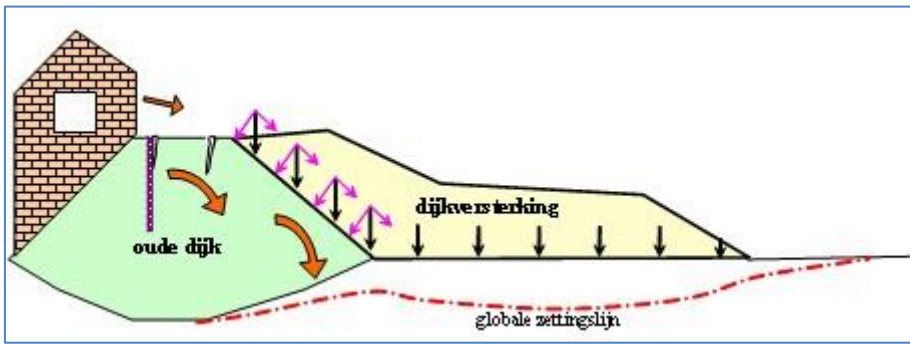
Tabel 4.1 Berekende zettingen woonterp

De grootste zetting treedt in principe op ongeveer in het midden van de woonterp en is berekend op circa 0,40 tot 0,70 m. Echter ter plaatse van de te dempen sloot zijn de zettingen

mogelijk nog iets groter. Daarbij hangt het er met name ook vanaf met welk materiaal en hoe de sloot gedempt wordt.

Gezien de berekende restzettingen na circa 1 jaar, lijkt het niet nodig om zettingsversnellende maatregelen te treffen, bijvoorbeeld in de vorm van verticale drainage. Dit is echter afhankelijk van de eisen die gesteld worden aan de woonterp en het tijdpad dat gevolgd wordt.

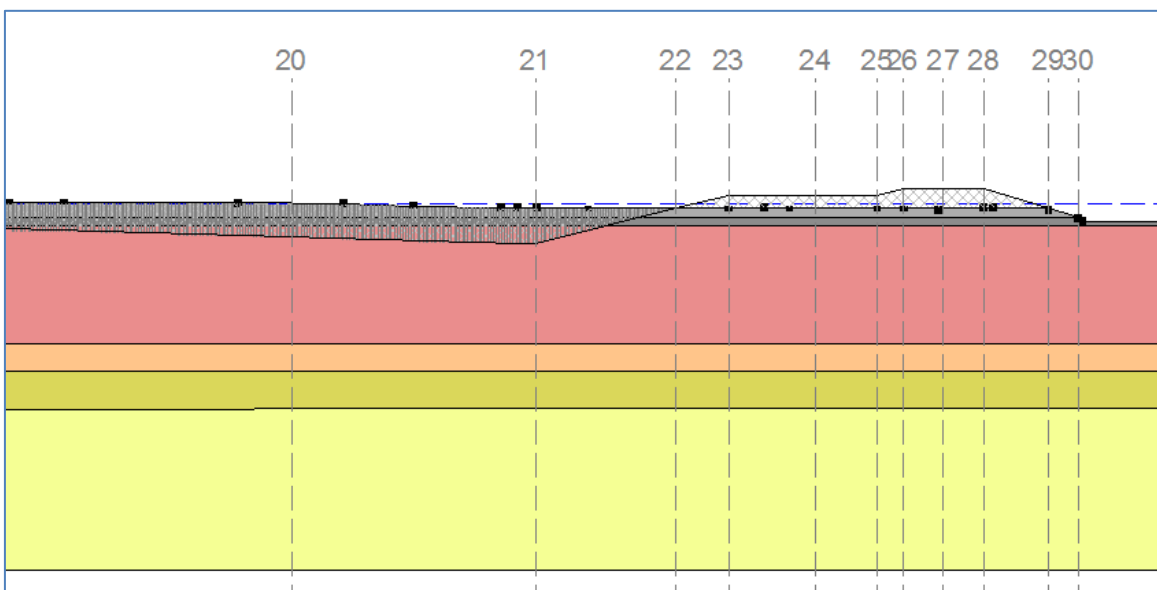
De berekende zettingen in de binnenteen van de bestaande waterkering zorgen mogelijk voor een extra vervorming van de bestaande dijk door een soort kanteffect. Vooraf is dit niet of moeilijk te kwantificeren. Tijdens de uitvoering dient hier echter wel rekening mee gehouden te worden. Het betreffende mechanisme is in Figuur 4.2 weergegeven.



Figuur 4.2 Kanteffect, dijkvervorming ten gevolge van ophoging tegen de dijk

4.1.2 Zettingen ter plaatse van kade zoetwaterkanaal

Ter plaatse van de aan te leggen kade aan de zuidzijde van het zoetwaterkanaal zijn de volgende zettingen berekend, zie Figuur 4.3 en Tabel 4.2.



Figuur 4.3 Overzicht berekende vertikalen waar de zetting is berekend (kade zoetwaterkanaal)

	Berekende zetting of restzetting in verticaal [m]			
	22	24	27	29
Eindzetting laag 6 kleiig OCR 1,0 – 1,3	0,01 - <	0,22 – 0,12	0,28 -0,18	0,07 – 0,01
Restzetting na 100 dgn	< 0,01	0,11 – 0,06	0,14 – 0,09	0,03 – 0,01
Restzetting na 1 jaar	< 0,01	0,05 – 0,03	0,07 – 0,04	0,02 - <0,01
Eindzetting laag 6 zandig OCR 1,0 – 1,3	0,01 - <	0,15 – 0,10	0,18 – 0,13	0,04 – 0,01
Restzetting na 100 dgn	< 0,01	0,07 – 0,05	0,09 – 0,07	0,02 – 0,01
Restzetting na 1 jaar	< 0,01	0,04 – 0,02	0,04 – 0,03	0,01- <0,01

Tabel 4.2 Berekende zettingen kade zoetwaterkanaal

De berekende zetting is het grootst ter plaatse van verticaal 27 en bedraagt circa 0,15 tot 0,30 m. Gezien de berekende restzettingen zal het niet nodig zijn om ter plaatse van de kades zettingsversnellende maatregelen te treffen.

Ter plaatse van het te graven zoetwaterkanaal zal in principe, door ontlasting, zwel optreden. Dit is vaak erg gering. De berekende zwel ligt in de orde van enkele centimeters en is niet relevant.

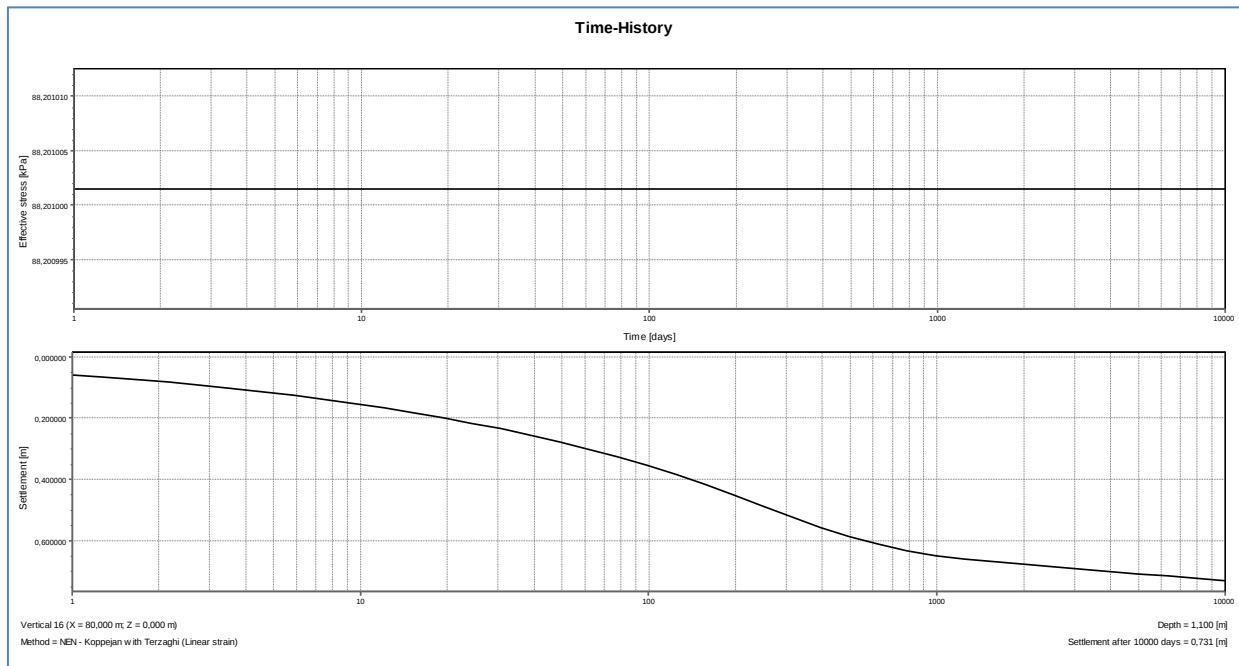
Opgemerkt wordt, dat de kade langs het zoetwaterkanaal in het huidige ontwerp iets zwaarder (en hoger) is, circa 0,4 m, dan in het basisontwerp van het Waterschap. Hiermee kan tevens een deel van de zettingen worden opgevangen.

Een aandachtspunt met betrekking tot de zettingen is de Evides-leiding, die onder de kade aangelegd zal worden, ongeveer tussen verticaal 24 en 25. De berekende zetting bedraagt hier maximaal circa 0,25 m met een restzetting na een jaar van ongeveer 5 cm.

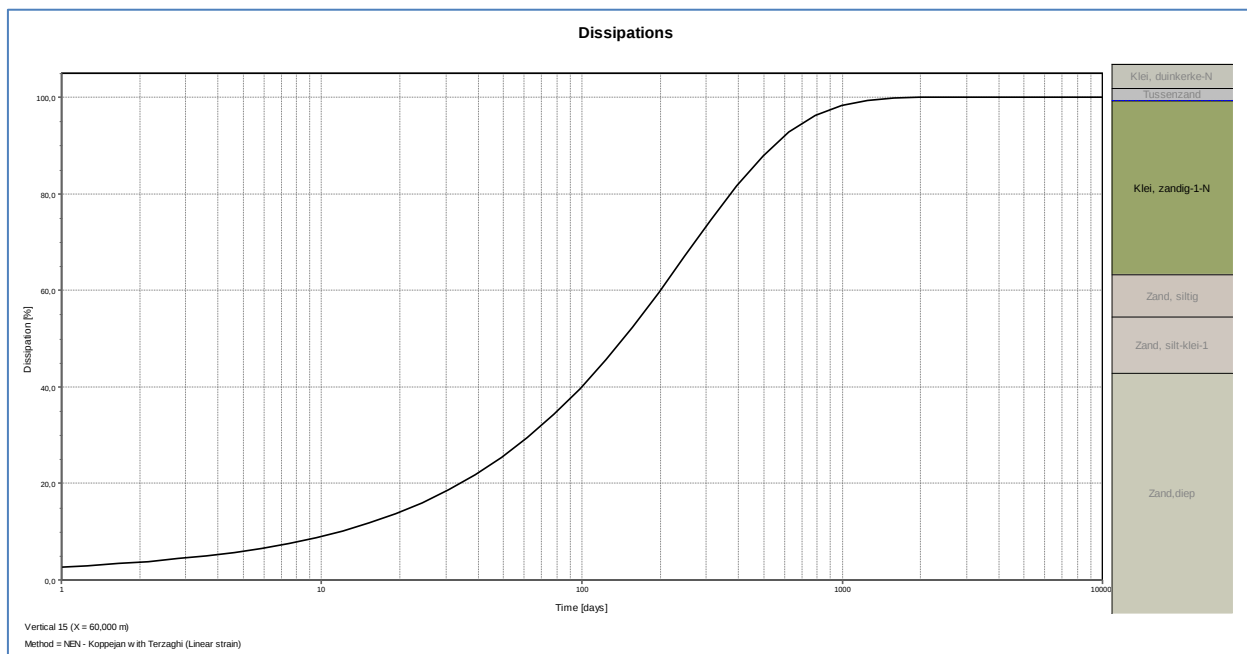
4.2 Tijdzettingsverloop en consolidatie

Het tijdzettingsverloop en de mate van consolidatie wordt met name bepaald door laag 6. Het tijdzettingsverloop ter plaatse van verticaal 16 (midden onder de ophoging) is aangegeven in Figuur 4.4. Op basis hiervan zijn de restzettingen bepaald die nog optreden na 100 dagen en na een jaar na aanleg van de woonterp.

In Figuur 4.5 is het maatgevende consolidatieverloop in de ondergrond aangegeven. Op basis van dit consolidatieverloop is bepaald hoe snel de terp op hoogte gebracht kan worden, zie paragraaf 4.4.



Figuur 4.4 Tijd-zettingsverloop verticaal 16 (midden van de woonterp)



Figuur 4.5 Consolidatieverloop verticaal 16 (midden van de woonterp, laag 6 (klei, zandig))

4.3 Stabiliteitsberekeningen

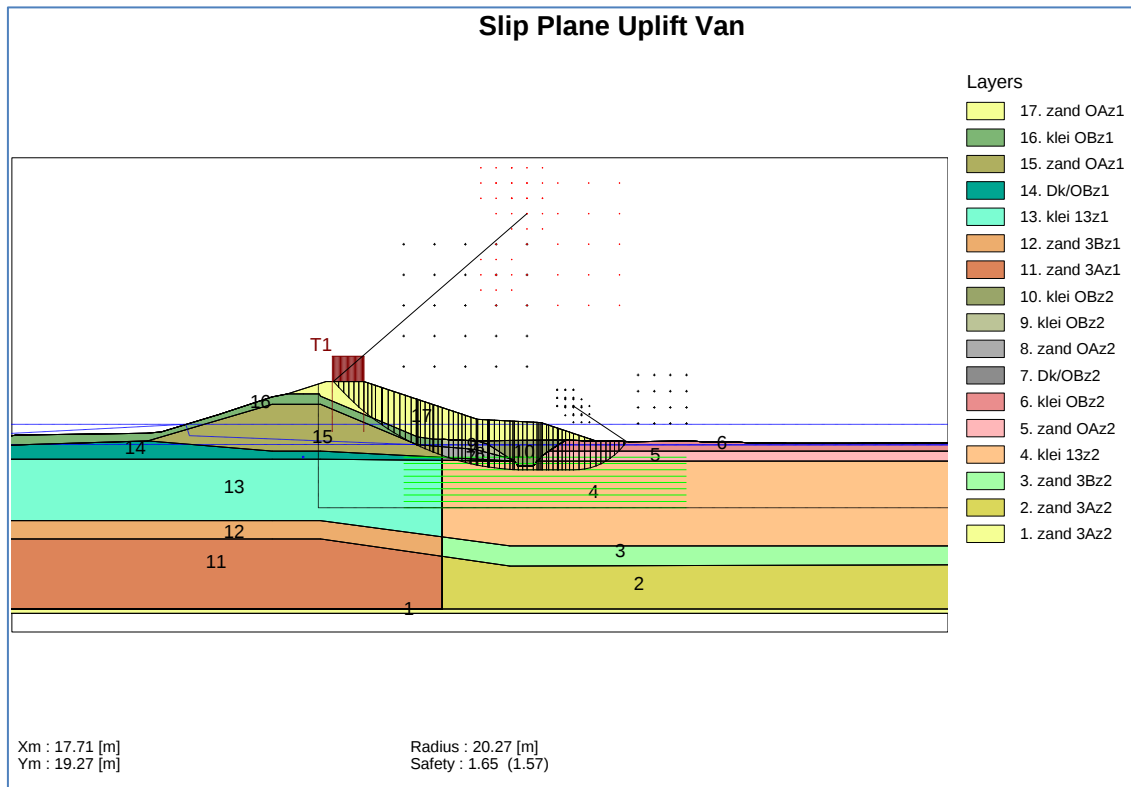
Ten behoeve van de stabiliteit van zowel de in het gebied aanwezige waterkeringen als van de woonterp zelf zijn de volgende berekeningen en/of analyses uitgevoerd:

- Indicatieve berekeningen naar de stabiliteit van de huidige waterkering, waarbij een binnendijs versterkt profiel is berekend met een kruinverhoging van 1 m, tot circa NAP +6 m, en een stabiliteitsberm van 5 m, met taluds van 1:3. Een dergelijk profiel zou, als bouwbeleid- of beheerprofiel, door het Waterschap gedefinieerd/gehanteerd kunnen worden.
- Berekeningen van de stabiliteit van het zuidelijke talud van de woonterp, zoals dat op tekening (ontvangen dwarsprofiel) is weergegeven.
- Berekeningen van de stabiliteit van het talud van de kade aan de zuidzijde van het zoetwaterkanaal, zoals dat op tekening (ontvangen dwarsprofiel) is weergegeven.
- Berekening van de stabiliteit van de taluds van de woonterp tijdens de uitvoeringsfase, met name ter bepaling van het ophoogtempo. Hierbij is onderscheid gemaakt in twee situaties:
 - 1 De terp wordt direct is maatgevend tegen de primaire waterkering aangebracht, het zuidelijke talud
 - 2 De terp wordt eerst 'los' van de waterkering aangelegd en later wordt de aansluiting/aanvulling tussen de terp en de waterkering gerealiseerd. In dat geval is vermoedelijk de stabiliteit van het noordelijke talud maatgevend, omdat dit vermoedelijk steiler opgezet zal worden en bovendien nog een teensloot aanwezig is.
- Analyse van de stabiliteit van de secundaire waterkering (Buitendijk) aan de zuidkant van het gebied

4.3.1 Huidige waterkering met 1 m kruinverhoging en binnenberm

Ten behoeve van de huidige waterkering is een min of meer fictief dwarsprofiel doorgerekend met een kruinverhoging van 1 m en taluds van 1:3. Daarbij is uitgegaan van een ontwerppeil conform de toetsing (NAP +2,60 m) en een 5 m brede binnenberm op NAP +3,0 m, met een afschot van 1:20.

Het maatgevend berekende glijvlak is weergegeven in Figuur 4.6. De berekende stabiliteitsfactor bedraagt, inclusief modelfactor voor het model UpliftVan, $F_{\min} = 1,57$.



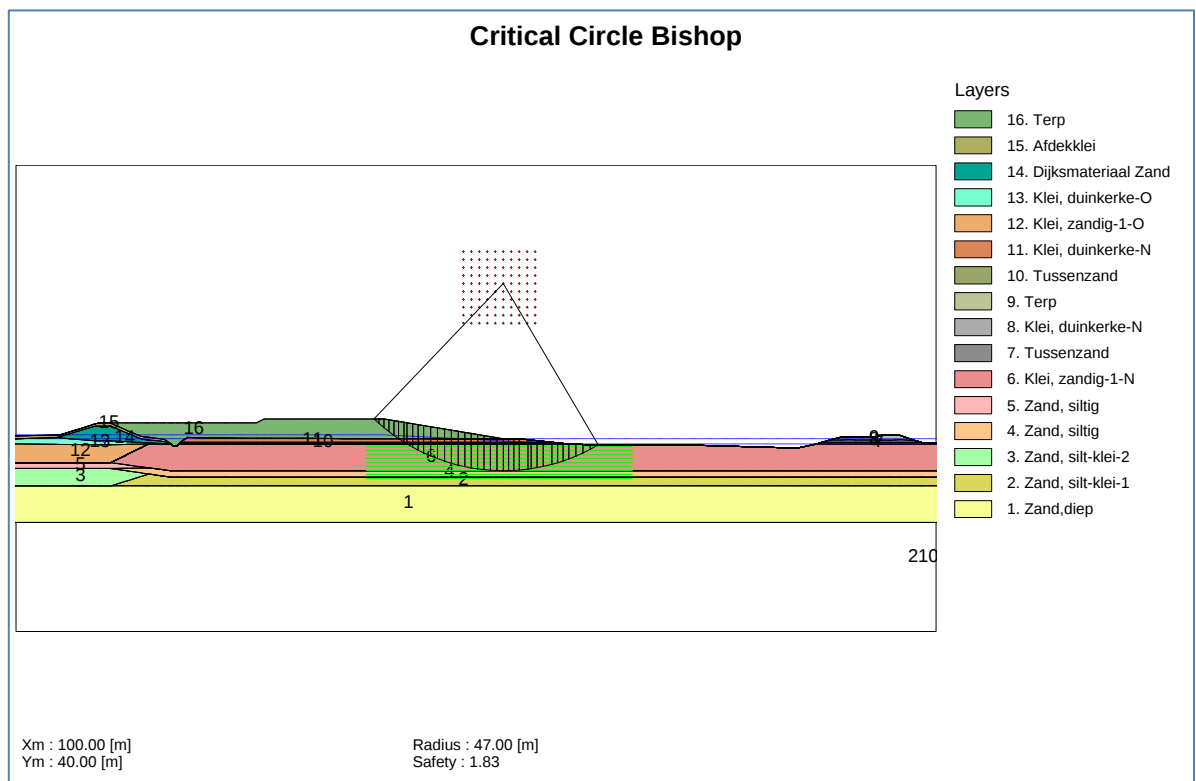
Figuur 4.6 Maatgevend glijvlak dijkprofiel hmp 12,1; kruin 1 m verhoogd, binnentalud 1:3 en berm 5 m breed

Het betreffende profiel zou min of meer als een soort beheerprofiel, of bouwbeleidprofiel door het Waterschap gehanteerd kunnen worden.

4.3.2 Stabiliteit zuidelijk talud woonterp

De stabiliteit van het talud van de woonterp is gecontroleerd met aanwezigheid van het zoetwaterkanaal. Daarbij is in het zoetwaterkanaal een lage waterstand van NAP -0,30 aangehouden, overeenkomstig het huidige winterpeil.

Het maatgevend berekende glijvlak is weergegeven in Figuur 4.7. De berekende stabiliteitsfactor bedraagt $F_{\min} = 1,83$.



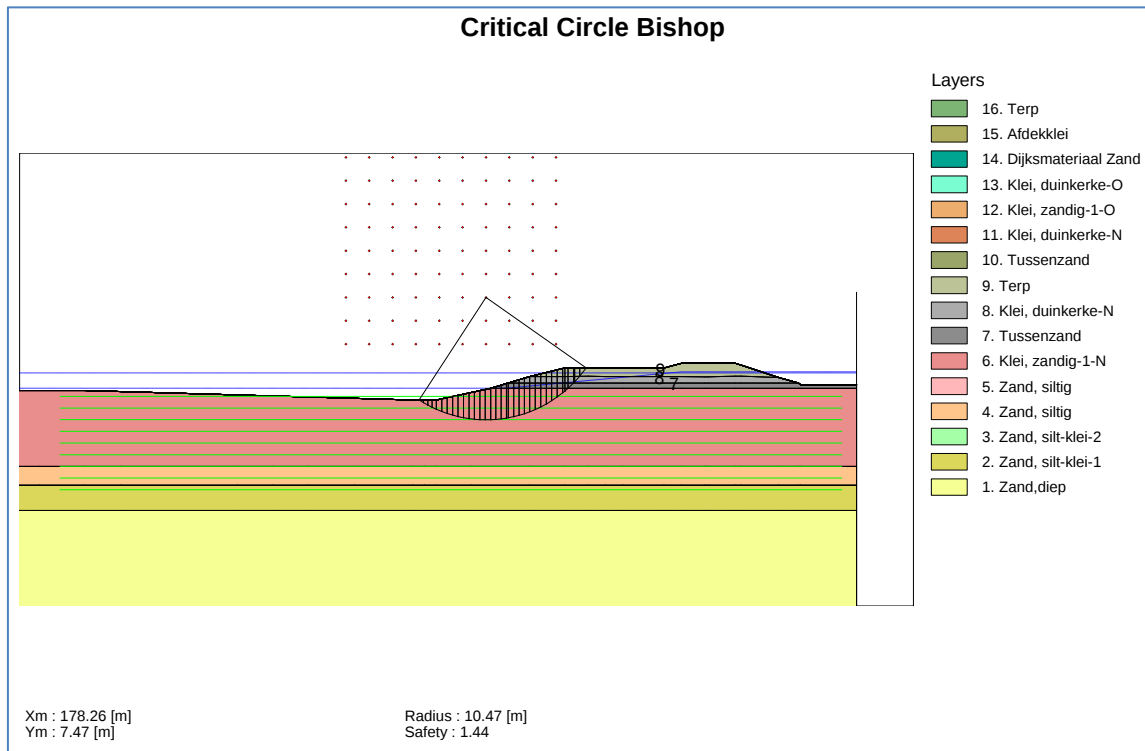
Figuur 4.7 Maatgevend glijvlak talud woonterp

4.3.3 Stabiliteit talud zoetwaterkanaal

De stabiliteit van het talud van de kade langs het zoetwaterkanaal (zuidzijde) is gecontroleerd met een lage waterstand in het zoetwaterkanaal van NAP -0,30 m overeenkomstig het huidige winterpeil.

Het maatgevend berekende glijvlak is weergegeven in Figuur 4.8. De berekende stabiliteitsfactor bedraagt $F_{\min} = 1,44$.

De gevonden waarde voldoet en komt goed overeen met de eerder bepaalde stabiliteit van taluds langs het zoetwaterkanaal in het kader van het uitgevoerde onderzoek in 2013 (Deltares, 1208747).



Figuur 4.8 Maatgevend glijvlak kade zoetwaterkanaal

4.4 Uitvoeringsstabiliteit en ophoogtempo

Ten behoeve van de woonterp en het bepalen van de snelheid waarmee de woonterp, zonder stabiliteitsverlies, aangelegd kan worden, zijn berekeningen uitgevoerd naar de stabiliteit van het talud tijdens de uitvoering. Als gevolg van het ophogen ontstaan wateroverspanningen in de ondergrond die de stabiliteit verminderen. Door consolidatie (het wegebben van de wateroverspanningen) neemt de sterkte van de ondergrond toe. Door gefaseerd en niet te snel op te hogen kan dit proces gestuurd worden en, afhankelijk van de situatie en benodigde mate van consolidatie, kan sneller of minder snel worden opgehoogd.

Er zijn 2 situaties beschouwd:

- 1 De stabiliteit van het (flauwe) zuidelijke talud. Dit talud is ongeveer 1:6.
- 2 De stabiliteit van een eventueel talud aan de noordzijde, waarbij niet direct tegen de primaire waterkering aan opgehoogd worden. Er is rekening gehouden met een talud van ongeveer 1:3,5.

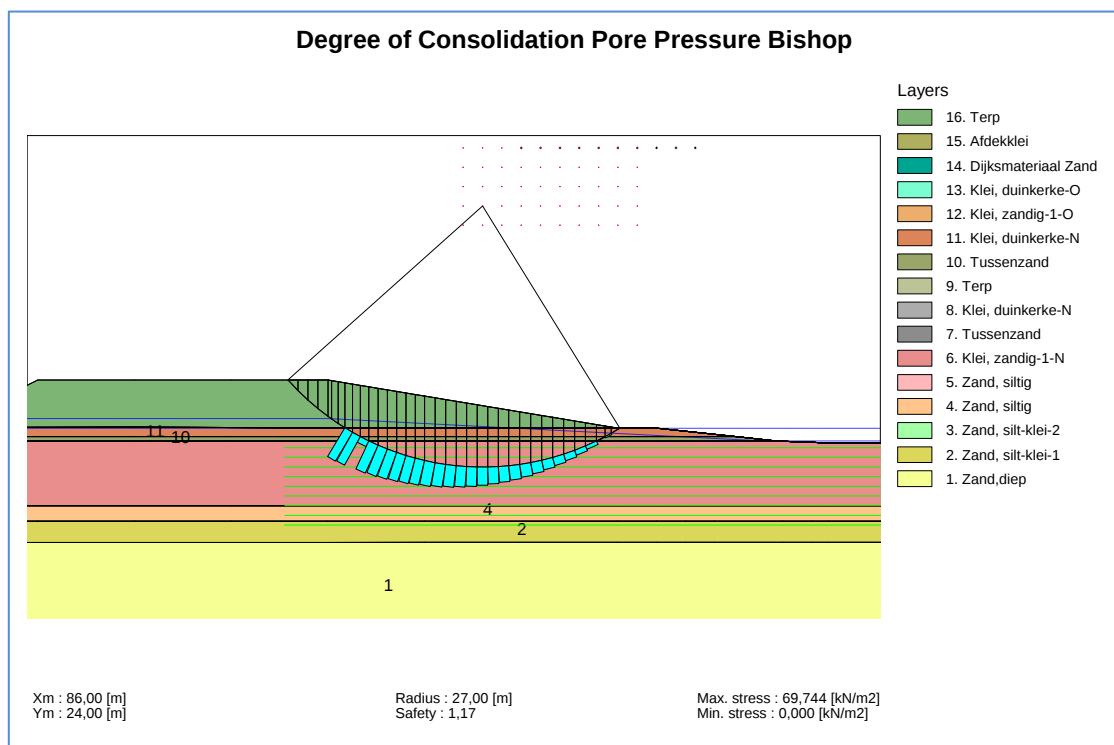
4.4.1 Uitvoeringsstabiliteit zuidelijk talud

De stabiliteit van het zuidelijke talud tijdens de uitvoering is maatgevend en bepalend voor het ophoogtempo wanneer de woonterp direct tegen de primaire waterkering aan gebouwd wordt.

Er is gerekend met een consolidatiepercentage van 0 % van de wateroverspanning die in de ondergrond ontstaat als gevolg van de aangebrachte ophoging. Dat betekent dat in de ondergrond op dat moment 100 % wateroverspanning (in de cohesieve lagen) aanwezig is.

De berekende stabiliteitsfactor voor deze uitvoeringssituatie bedraagt $F_{\min} = 1,17$. Dit voldoet aan de vereiste waarde van $F_{\min} = 1,1$. Het maatgevende glijvlak is weergegeven in Figuur 4.9.

Indien geen aanpassing/consolidatie van de ondergrond nodig is, gelden er in principe, vanuit oogpunt van stabiliteit, geen beperkingen aan het aan te houden ophoogtempo. Dat betekent dat de ophoging in 1 keer aangebracht kan worden, zonder wachttijden tussen de ophoogslagen. Er dient wel, conform de vigerende richtlijnen (Standaard RAW 12015; CROW), laagsgewijs opgehoogd en verdicht worden. Het ophoogtempo wordt dan bepaald door zaken als kwaliteit en aanvoer van het materiaal en uitvoeringscontrole c.q. monitoring van het ophoogproces. Hoe sneller de ophoging gerealiseerd wordt en aanwezig is, des te geringer zullen de restzettingen zijn.



Figuur 4.9 Maatgevend glijvlak uitvoeringssituatie woonterp zuidzijde, met 20% wateroverspanning in de ondergrond

4.4.2 Uitvoeringsstabiliteit noordelijk talud

Indien niet direct tegen de primaire waterkering aan opgehoogd wordt, zal de stabiliteit van het talud aan de noordzijde van de woonterp maatgevend zijn en bepalend voor het aan te houden tempo van ophogen. Dit is mede afhankelijk van de steilheid van het talud.

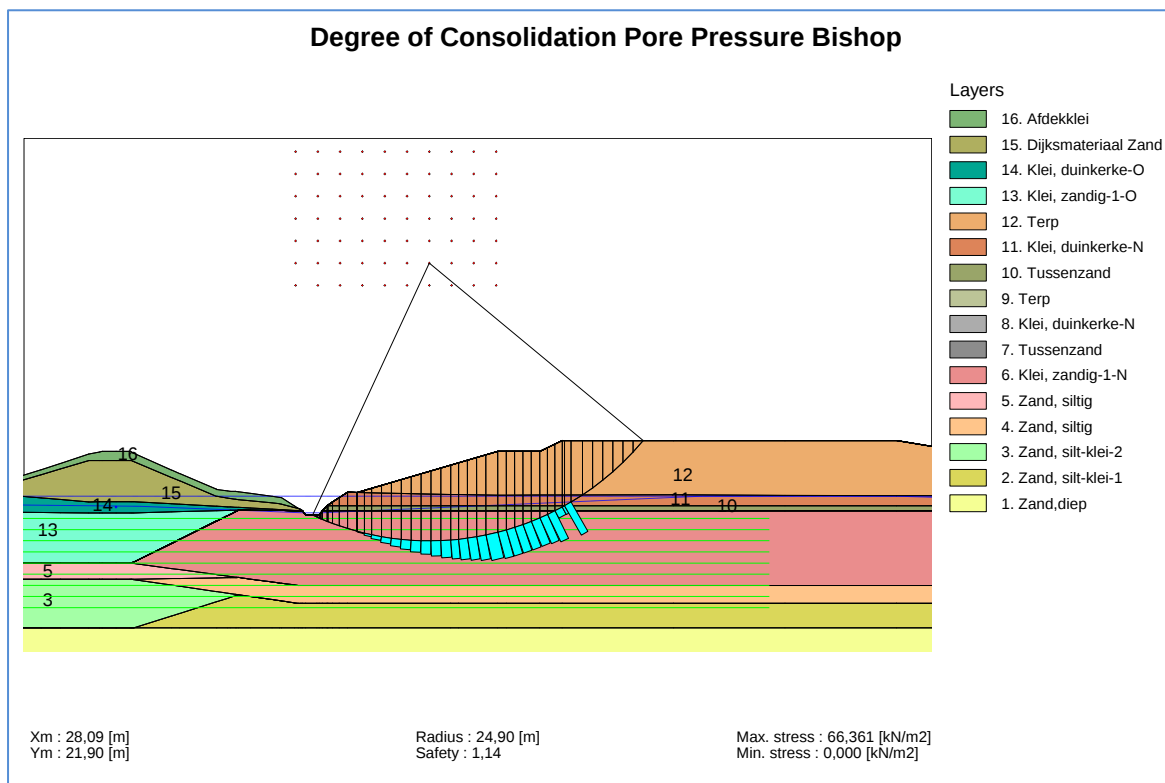
Er is gerekend met een talud van circa 1:3,5 en een consolidatiepercentage van 20 % van de wateroverspanning die in de ondergrond ontstaat als gevolg van de aangebrachte ophoging. Dat betekent dat in de ondergrond op dat moment nog 80 % wateroverspanning (in de cohesieve lagen) aanwezig is.

De berekende stabiliteitsfactor voor deze uitvoeringssituatie bedraagt $F_{\min} = 1,14$. Het maatgevende glijvlak is weergegeven in Figuur 4.9. De waarde van 1,14 is voor de uitvoeringssituatie voldoende (eis: $F_{\min} = 1,1$).

Uit het consolidatieverloop (Figuur 4.5) blijkt dat, zonder extra maatregelen, na circa 25 dagen (4 weken) een aanpassingspercentage van 20 % bereikt wordt. Dat betekent in principe dat de ophoging gemiddeld in circa 8 weken, laagsgewijs, veilig opgehoogd kan worden. Het ophoogtempo bedraagt daarmee maximaal ongeveer 0,7 m per week.

Hiermee kan de gehele woonterp in circa 2 maanden worden gerealiseerd.

Er dient daarbij conform de vigerende richtlijnen (Standaard RAW 2015; CROW) laagsgewijs opgehoogd en verdicht worden. Het ophoogtempo wordt mede bepaald door zaken als: kwaliteit en aanvoer van het materiaal, uitvoeringscontrole en/of monitoring van het ophoogproces. Hoe sneller de ophoging gerealiseerd wordt en aanwezig is, des te geringer kunnen de restzettingen zijn.



Figuur 4.10 Maatgevend glijvlak uitvoeringssituatie woonterp noordzijde, met 20% wateroverspanning in de ondergrond

4.5 Analyse stabiliteit secundaire waterkering (Buitendijk)

Op basis van de verkregen dwarsprofielen en het eerder gegeven advies ten behoeve van de aanleg van de zoetwaterkanalen op Goeree-Overflakkee (Deltares; 1208747-000-GEO-0004, d.d. december 2013), is een analyse gemaakt van de invloed van de herinrichting van het gebied op de secundaire waterkering.

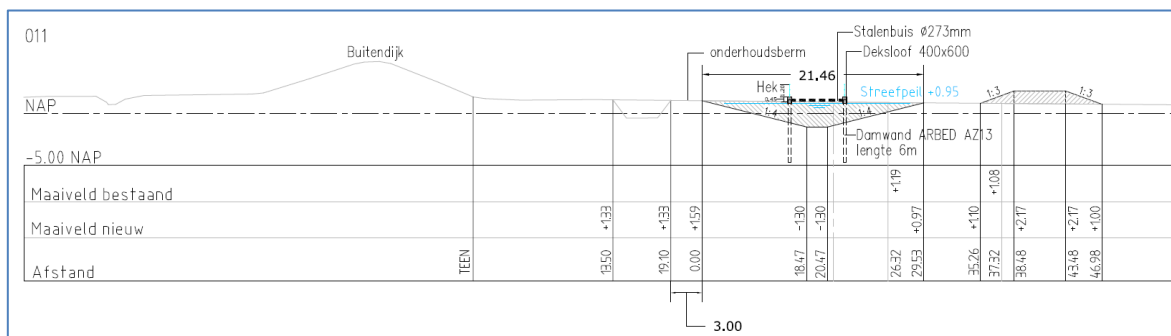
Hiertoe zijn het maatgevende (berekende) dwarsprofiel dwp 011, uit het advies van december 2013, en de uitkomsten van de berekeningen daarvan, vergeleken met de maatgevende dwarsprofielen STR002 en STR006 uit onderhavig advies.

Gebleken is dat de stabiliteit van de Buitendijk wordt bepaald en begrensd door de ligging van de bestaande poldersloot aan de buitenzijde (zie paragraaf 3.2.2).

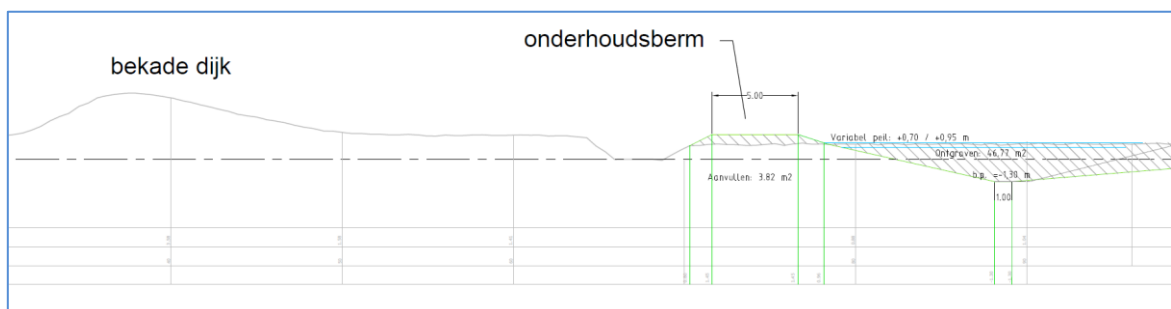
Omdat in de huidige plannen de ligging van deze sloot gehandhaafd blijft, heeft dit verder geen negatieve consequenties ten aanzien van de stabiliteit van de Buitendijk.

Het aanbrengen van de kade aan de zuidzijde van het zoetwaterkanaal (huidig plan), in plaats van aan de noordzijde (voormalig plan), zal eerder een positief dan negatief effect hebben op de stabiliteit van de secundaire waterkering.

Voor de beeldvorming zijn onderstaand de maatgevende (beoordeelde) dwarsprofielen weergegeven. Zie verder ook paragraaf 3.2.2.



Figuur 4.11 Dwarsprofiel 011 t.h.v. hmp 11,1; secundaire waterkering (Buitendijk) met zoetwaterkanaal conform oorspronkelijk plan (2013)



Figuur 4.12 Dwarsprofiel STR006 ter plaatse van secundaire waterkering (Buitendijk), huidig plan (2015)

5 Overige (uitvoerings)aspecten

5.1 Fasering aanbrengen terp, extra overhoogte

Zoals reeds bij de rekenresultaten in paragraaf 4.4 is aangegeven, wordt de uitvoeringsstabiliteit, indien niet direct tegen de primaire waterkering aan gebouwd wordt, met name bepaald door het noordelijke talud. Berekend is dat de terp, met een talud van circa 1:3,5, in circa 2 maanden veilig op hoogte gebracht kan worden. Daarbij zal, afhankelijk van het zettingsverloop, het nodig zijn om extra grond/hoogte aan te brengen ter compensatie van de zettingen.

Het is daarbij een goede optie om ook alvast de grond, als extra overhoogte, aan te brengen, die op een later tijdstip nodig is om de aanvulling tussen de woonterp en het dijklichaam te realiseren.

Dit heeft als voordeel dat de restzettingen ter plaatse van de toekomstige woningen verder beperkt kunnen worden, afhankelijk van de grootte van de extra voorbelasting en de tijdsduur dat deze aanwezig kan zijn. In de berekeningen is hier nog geen rekening mee gehouden.

Verwacht wordt dat een extra overhoogte niet tot problemen ten aanzien van de stabiliteit tijdens de uitvoering zal leiden. Dit is mede afhankelijk van de gehanteerde taludhelling en grootte van de overhoogte. Mogelijk leidt dit tot een iets langere wachttijd tussen de laatste ophoogslagen.

Het pas later aanvullen van de strook tussen de woonterp en de primaire waterkering zal mogelijk wel leiden tot iets grotere restzettingen in dit gebied. Door spanningsspreiding en spanningsverhoging in de ondergrond valt dit mogelijk mee.

5.2 Aanvullend grondonderzoek

Onderhavig advies is gebaseerd op een beperkte hoeveelheid grondonderzoek, wat met name direct achter de primaire waterkering is uitgevoerd.

Op basis van aanvullend onderzoek zullen de berekeningsresultaten nauwkeuriger kunnen worden vastgesteld. Op voorhand lijkt dit, mede gezien de uitkomsten en de gevoeligheidsberekeningen die reeds gedaan zijn, niet echt noodzakelijk. Wel is het zo dat, ten behoeve van de fundering van de woningen die op de woonterp gerealiseerd zullen worden, in de toekomst in ieder geval sonderingen uitgevoerd moeten worden.

Overwogen kan worden om de sonderingen op korte termijn al uit te voeren en op basis daarvan te kijken of onderhavig advies bijgesteld dient te worden. Indien tijdens de uitvoering echter zorgvuldig de zettingen gemonitord worden kan op een nauwkeurige wijze inzicht in het tijdzettingsverloop worden verkregen en de restzettingen en zettingsrisico's voor de woningen beter bepaald worden.

5.3 Aansluiting woonterp op bestaande waterkering

Ter plaatse van de aansluiting van de terp op het talud van de primaire waterkering zal, in overleg en overeenstemming met het Waterschap Hollandse Delta, tot een goede oplossing gekomen dienen te worden. Daarbij zijn in principe 2 scenario's denkbaar:

- 1 Het laten zitten van de huidige kleibekleding op het binnentalud en het eventueel aanbrengen van een extra kleibekleding op het zogenaamde bouwbeleid-, of beheerprofiel, dat door het Waterschap zal moeten worden vastgesteld.

- 2 Het verwijderen van de huidige bekleding en het aansluiten van het zandlichaam van de woonterp op het zandlichaam van de dijkskern, zodat een meer uniform, homogeen en doorlatend dijk/grondlichaam wordt verkregen.

Voor beide methoden valt iets te zeggen. Indien echter door middel van voldoende kruinhoogte een voldoende laag overslagdebiet gehandhaafd kan worden, zal geotechnisch gezien de voorkeur uitgaan naar de 2^e optie. Uit oogpunt van beheer is echter een andere keuze denkbaar.

Mogelijk dient ter plaatse van de aansluitingen aan de oost- en westzijde van de terp, over een bepaalde afstand nog wel voorzien te worden in een meer erosiebestendige aansluiting en afdekking van het aansluitende talud van de woonterp. Dit is mede afhankelijk van het uiteindelijke overslagdebiet waarop de waterkering ontworpen is (of wordt) en mogelijke eisen die het Waterschap hier aan stelt.

Hiermee samenhangend kan, ook in overleg met het Waterschap, bepaald worden tot welke afstand van, het als waterkering gedefinieerde profiel, de bebouwing gerealiseerd mag worden. Gezien de tot nog toe berekende veiligheid van een fictief verhoogd en versterkt dijkprofiel, zal dit vermoedelijk dichterbij kunnen zijn dan de tot nog toe aangegeven afstand van 20 m uit de fictieve nieuwe binnenteen.

5.4 Gebruik vrijkomend materiaal

Het in het gebied vrijkomende materiaal, voornamelijk bestaand uit zand en klei, is in principe prima geschikt als ophoogmateriaal voor de woonterp.

Mede gezien het huidige polderpeil en de huidige drooglegging in de polder, mag verwacht worden dat bij ontgraving het materiaal niet erg nat zal zijn en goed verwerkbaar is.

Indien met name het meer kleiige materiaal te nat blijkt om gelijk te verwerken, dient het materiaal eerst in een depot te rijpen (drogen). Een dergelijk depot kan binnen het projectgebied worden ingericht, maar mag niet zondermeer tegen het talud van een waterkering worden aangebracht, omdat dit de erosiebestendigheid (tijdelijk) zal aantasten.

Uit het grondonderzoek blijkt dat, met name de bovenste meter, vaak bestaat uit een kleilaag, met daaronder veelal zandigere lagen.

Het verdient aanbeveling om tijdens de uitvoering te bekijken, of te onderzoeken, of het mogelijk is deze toplaag (klei) separaat te ontgraven en te verwerken. Daarbij heeft het de voorkeur om het zandige materiaal meer onder in de terp te verwerken en het meer kleiige materiaal, of de klei, als afdeklaag/toplaag te gebruiken.

De opbouw van de terp dient laagsgewijs te gebeuren waarbij per laag verdicht wordt. Daarbij dient voldaan te worden aan de eisen die hieraan gesteld worden in de Standaard RAW 2015 (CROW). Dit betreft naast de verdichtingseisen, ook de eisen die gelden ten aanzien van het watergehalte in geval van klei en ook de overige eisen die van toepassing zijn op de verwerking van zand en klei(grond), zoals bijvoorbeeld de afwatering.

Bij een goede verdichting van het materiaal zal de klink van het materiaal minder zijn dan 5 %. Het grootste gedeelte van de klink van het ophoogmateriaal zelf treedt meestal op al tijdens het ophoogproces en in een relatief korte periode daarna. Dit is onder andere ook afhankelijk van de weersomstandigheden. Hoe lang dit proces precies doorgaat is niet exact bekend. Voor de woonterp betekent dit dat mogelijk met circa 0,25 m klink rekening gehouden dient te worden.

5.5 Monitoring

Ten behoeve van de optredende zettingen wordt geadviseerd metingen uit te voeren met behulp van voldoende zakbakens. Indien dit regelmatig en zorgvuldig gebeurt, ten minste vlak voor en vlak na iedere ophoogslag, kan tijdens de uitvoering een goed beeld verkregen worden van de optredende zettingen en restzettingen na het gereed komen van de woonterp en/of andere ophogingen.

Een belangrijk aandachtspunt zijn de zettingen die berekend zijn ter plaatse van de binnendijkse sloot en de teen van de huidige waterkering. Deze zorgen mogelijk voor extra vervormingen en/of kanteling van de huidige waterkering. Hierdoor kan mogelijk scheurvorming optreden. Hier dient zorgvuldig mee te worden om gegaan en zo nodig dient eventuele schade hersteld te worden.

Het consolidatieverloop kan eventueel gemonitord worden met één of meerdere waterspanningsmeters. Hiermee kan tevens het ophoogproces beter gestuurd worden.

5.6 Aanpassing polderpeil

Als gevolg van de aanleg van het zoetwaterkanaal, zal het huidige polderpeil van NAP -0,30 m (zp) en NAP -0,50 m (wp) aanzienlijk verhoogd worden naar een variabel peil van NAP +0,70 m à NAP +0,95 m.

Dit zal aanzienlijke consequenties hebben ten aanzien van de drooglegging in het gebied, met name op de delen waar akkerbouw gehandhaafd blijft. Met behulp van geohydrologische berekeningen kunnen de effecten hiervan goed in kaart worden gebracht.

Indien blijkt, dat als gevolg van grondwaterstandsstijging percelen extra moeten worden gedraineerd, dan dient rekening gehouden te worden met kosten die liggen in de orde van € 1.500,- à € 2.500,- per hectare. Dit is afhankelijk van het type drainage, de benodigde diepte en de drainafstand.

Indien de percelen ook nog van (kleine) kades en of sloten dienen te worden voorzien, dan moet globaal rekening gehouden worden met kosten in de orde van € 100,- tot € 250,- per m¹. Dit is echter sterk afhankelijk van de beschikbaarheid van materiaal (klei) en de benodigde afmetingen.

6 Conclusies en advies

De belangrijkste conclusies en aandachtspunten zijn onderstaand weergegeven:

- De berekende zettingen ter plaatse van de woonterp liggen in de orde van maximaal 0,40 – 0,70 m. De restzettingen na 1 jaar zijn daarbij beperkt tot circa 10 à 20 cm. Ter plaatse van de Evides infiltratieleiding, onder de zuidelijke kade van het zoetwaterkanaal, is een maximale zetting berekend van circa 0,25 m en een restzetting van circa 5 cm na 1 jaar. De (eind)zettingen zijn berekend over een periode van circa 30 jaar.
- Indien de woonterp niet direct tegen de primaire waterkering aan wordt aangebouwd, dan zal de uitvoeringsstabiliteit van het noordelijke talud maatgevend zijn voor het ophoogtempo van de woonterp. Op basis van de uitgevoerde berekeningen (met een talud van circa 1:3,5) blijkt dat een aanpassingspercentage van de waterspanningen in de ondergrond van 20 % benodigd is. Dit wordt in principe bereikt na circa 25 dagen (4 weken). De totale uitvoeringsduur (bouwtijd) komt daarmee op circa 8 weken. Dat betekent dat het ophoogtempo maximaal circa 0,7 m per week kan bedragen. De hele woonterp kan derhalve in 2 maanden tijd veilig op hoogte gebracht worden. Daarbij dienen de richtlijnen conform de Standaard RAW 2015 (CROW) gevolgd te worden ten aanzien van aanbrengen en verdichten van grondlagen (zand en klei).
- Indien de woonterp wel direct tegen de primaire waterkering aan wordt aangebouwd, dan is de uitvoeringsstabiliteit van het flauwe zuidelijke talud (1:6) maatgevend voor het ophoogtempo. Berekend is dat in dat geval geen aanpassing van de ondergrond benodigd is en dat er vanuit oogpunt van stabiliteit geen beperkingen gesteld hoeven te worden aan het ophoogtempo. Wel dienen de richtlijnen conform de Standaard RAW 2015 (CROW) gevolgd te worden ten aanzien van aanbrengen en verdichten van grondlagen (zand en klei). Het ophoogproces kan in principe snel verlopen vanwege de zandige ondergrond.
- De ophoging zal laagsgewijs moeten worden aangebracht en daarbij in lagen worden verdicht, mede ook om zoveel mogelijk klink van het ophoogmateriaal te voorkomen. Daarbij dienen ook de zettingen (zakking van de ondergrond) te worden gemonitord. Hiermee kan een nauwkeurig inzicht worden verkregen in het tijdszittingsverloop en de risico's ten aanzien van optredende zettingen en restzettingen beter worden beheerst. De verwachting is overigens dat deze niet heel groot zullen zijn. Dat betekent, afhankelijk van de tijdsduur tussen aanleg terp en bouw woningen, dat de restzettingen ook niet erg groot zullen zijn en dat het niet nodig is om zettingsversnellende maatregelen toe te passen, bijvoorbeeld verticale drainage of extra overhoogte. Indien de woonterp niet direct tegen de waterkering wordt aangebouwd, dan kan de benodigde grond, om later de aanvulling tussen de terp en de waterkering te realiseren, als extra overhoogte op de terp worden toegepast. Dit zal de restzettingen ter plaatse van de woningen verder beperken.
- Ter plaatse van de aansluiting van de terp aan weerszijden op het bestaande dijklichaam dienen mogelijk extra maatregelen (erosievoorziening) getroffen te worden. Daarnaast geldt dat, in overleg met het Waterschap, bekeken moet worden op welke wijze de woonterp het beste op het binnentalud van de primaire waterkering kan worden aangesloten en wat daarbij de eisen/wensen van het Waterschap zijn. Verder zal het Waterschap vermoedelijk een profiel van vrije ruimte definiëren waarbinnen niet gebouwd mag worden. Op basis van onderhavig onderzoek mag verwacht worden, dat de woningen dicht bij de kruin van de waterkering gebouwd kunnen worden dan in de huidige plannen is aangegeven.
- Ten aanzien van de hoogte van de dijk en de terp zal, mede in het licht van nieuwe normering en het te hanteren overslagdebiet, het Waterschap (als beheerder) aan

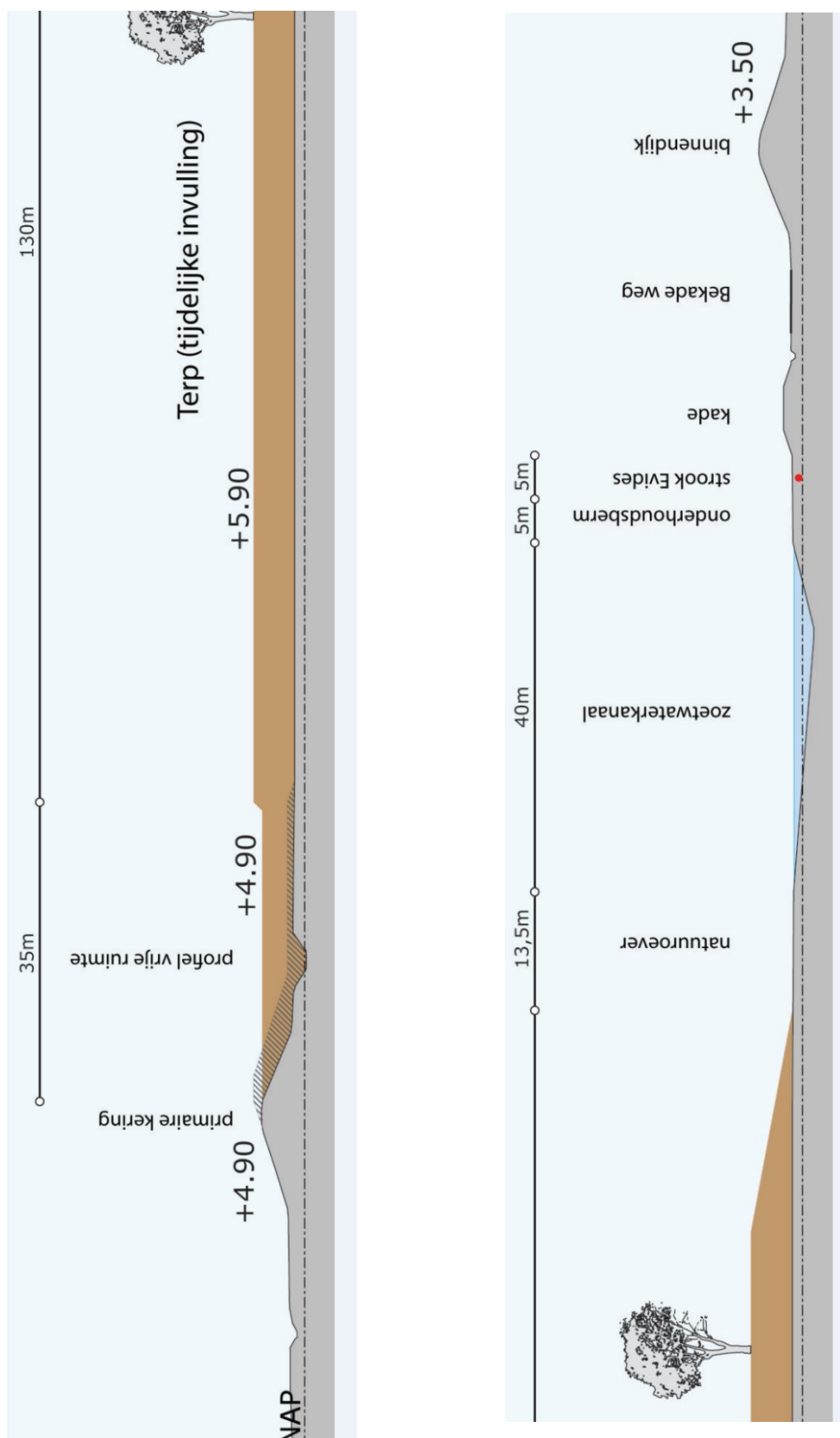
moeten geven of de aangehouden maten en peilen voldoende zijn. Voor onderhavige opdracht zijn hiervoor vooralsnog geen extra berekening gedaan, maar is uitgegaan van de aangegeven dijktafelhoogte van NAP +4,90 m. Voor de hoogte van de woonterp is een ruime (veilige) marge gekozen van 1 m, waarmee de woonterp aangelegd zal worden op een niveau van NAP +5,90 m. Dit maakt tevens een eventuele toekomstige dijkverhoging relatief eenvoudig mogelijk.

- Het vrijkomende materiaal zal voornamelijk zandige klei en/of zand zijn. Zo mogelijk dient dit apart ontgraven en verwerkt te worden. Daarbij is met name de consistentie van de klei belangrijk voor de verwerking. Als klei erg (te) nat is kan deze niet, of moeilijk, verwerkt worden en zal dan eerst in een depot moeten 'rijpen'. Binnen het gebied is ruimte voor depotvorming (i.v.m. grondstromen), maar dit mag niet zonder toestemming tegen het talud van een waterkering worden aangebracht.
- Qua opbouw van de woonterp is het zowel praktisch als theoretisch het beste om het zandige materiaal (of het zand) zoveel mogelijk onderin de terp te verwerken en het meer kleiige materiaal meer bovenin de terp. Op basis van de beschikbare gegevens is het niet mogelijk om goed te beoordelen of klei en zand gescheiden ontgraven kunnen worden. Indien geen aanvullend onderzoek wordt uitgevoerd, zal dit tijdens de uitvoering naar bevinding beoordeeld moeten worden.
- Het wordt, gezien onderhavig onderzoek en de resultaten, vooralsnog niet nodig geacht om aanvullend grondonderzoek uit te voeren. Wel kan overwogen worden om de benodigde sonderingen ten behoeve van de funderingen van de woningen alvast uit te voeren en te kijken of dit consequenties heeft ten aanzien van onderhavig advies.

7 Literatuurlijst

- Leidraad Toetsen Op Veiligheid 2002, definitief eindconcept, Rijkswaterstaat DWW, Delft, november 2002.
- Technisch Rapport Waterspanningen bij dijken, TAW, 1 september 2004.
- Technisch Rapport Waterkerende Grondconstructies, TAW, juni 2001.
- Handreiking Constructief Ontwerpen (TAW 1994)
- Leidraad Rivieren, RWS, Min. V&W / ENW, juli 2007.
- Addendum bij het TR Waterkerende Grondconstructies, RWS, Min. V&W / ENW, juli 2007.
- Addendum I van Leidraad Rivieren RWS, Min. V&W / ENW, december 2008.
- Hydraulische Randvoorwaarden 2006, Rijkswaterstaat Min. V&W, september 2007.
- Handreiking ontwerpen met overstromingskansen, Ontwerp Instrumentarium 2014-v3, Rijkswaterstaat, Min. V&W, juli 2015;
- Toetsing primaire waterkeringen Goeree-Overflakkee, globaal onderzoek (GeoDelft, CO-379800/90 versie 2, mei 1999).
- Toetsing primaire waterkeringen Goeree-Overflakkee, detailonderzoek (GeoDelft, CO-379800/118, september 2000).
- Beoordeling primaire waterkeringen 1^e categorie Goeree-Overflakkee, detailonderzoek dijkvak 3 Buitenhavendijk Middelharnis (GeoDelft, CO-379801/9, februari 2001).
- Beoordeling primaire waterkeringen 1^e categorie Goeree-Overflakkee, dijkvak 0 Haven Stellendam (GeoDelft, CO-397260/5, april 2001).
- Toetsing primaire waterkeringen Goeree-Overflakkee, geavanceerd onderzoek fase 1 (GeoDelft, CO-379802/8, juli 2002).
- Toetsing primaire waterkeringen Goeree-Overflakkee, geavanceerd onderzoek fase 2 (GeoDelft, CO-379803/9, augustus 2003).
- Conceptversie Aanvullende toetsing, doorkijk naar effecten HR-2001 en LTV-2002 (GeoDelft, CO-379805/4, december 2003).
- Zoetwatervoorzieningen Goeree-Overflakkee, Goeree-oost,-midden en –west (Deltares 1208747-000-GEO-0004-v02, 13 december 2013, definitief).

A Bijlage 1 Dwarsprofiel woonterp



B Bijlage 2 Situatiekening

