

Dijkversterking primaire waterkering Gebiedsontwikkeling Ooijen en Wanssum

Uitgangspunten en ontwerp groene keringen

Projectbureau Ooijen en Wanssum

12 maart 2015

Definitief V1.0

9Y3672-105



Jonkerbosplein 52
Postbus 151
6500 AD Nijmegen
+31 (0)88 348 70 00 Telefoon
info@rhdhv.com E-mail
www.royalhaskoningdhv.com Internet
Gooi-, Eem- en Flevoland 56515154 KvK

Documenttitel	Dijkversterking primaire waterkering Gebiedsontwikkeling Ooijen en Wanssum Uitgangspunten en ontwerp groene keringen
Verkorte documenttitel	Uitgangspunten en ontwerp groene keringen
Status	Definitief V1.0
Datum	12 maart 2015
Projectnaam	Ooijen en Wanssum
Projectnummer	9Y3672-105
Opdrachtgever	Projectbureau Ooijen en Wanssum
Referentie	9Y3672-105-103/R0003/902717/BW/Nijm

Auteur(s)	Thomas Viehöfer en Ilse Hergarden
Collegiale toets	Ilse Hergarden
Datum/paraaf	12 maart 2015
Vrijgegeven door	Gert-Jan Meulepas
Datum/paraaf	12 maart 2015

B/a 


INHOUDSOPGAVE

	Blz.
1 INLEIDING	1
1.1 Achtergrond	1
1.2 Doel project: Ontwerp Maasdijken ten behoeve van PIP	2
1.3 Opmerkingen ten aanzien van het ontwerp	2
1.3.1 Veiligheidsniveau Maasdijken voor Ooijen-Wanssum	2
1.3.2 Planperiode	3
1.3.3 Overstroombaarheid	3
1.3.4 Gebruik hoogtegegevens uit AHN2	4
1.3.5 Gebruik Ontwerpkader versus Ontwerpleidraden	4
2 ONTWERPUITGANGSPUNTEN	5
2.1 Algemeen	5
2.2 Waterwet, toets- en ontwerpleidraden, ontwerpkader Maaskaden	5
2.3 Veiligheid	6
2.3.1 Veiligheidsniveau/normfrequentie	6
2.3.2 Planperiode	6
2.3.3 Uitbreidbaarheid	6
2.3.4 Robuustheid	6
2.3.5 Partiële veiligheidsfactoren	7
2.3.6 Gesloten seizoen	8
2.4 Duurzaamheid	8
2.5 Hydraulische randvoorwaarden	8
2.5.1 Ontwerpwaterstand	8
2.5.2 Val van het buitenwater	8
2.5.3 Overige waterstanden	8
2.5.4 Overslagdebieten	8
2.6 Geometrie	9
2.6.1 Huidige situatie	9
2.6.2 Algemeen	9
2.6.3 Waakhoogte	9
2.6.4 Kruinhoogte	9
2.6.5 Kruinbreedte	9
2.6.6 Taludhellingen	9
2.6.7 Pipingberm	9
2.6.8 Voorlandverbetering	10
2.6.9 Materiaalgebruik	10
2.6.10 Voorlandstabiliteit	11
2.6.11 Zetting en klink	11
2.7 Geotechnische uitgangspunten	12
2.7.1 Grondonderzoek	12
2.7.2 Schematisering bodemopbouw	13
2.7.3 Grondparameters	13
2.7.4 Rekenmodellen	14
2.7.5 Verkeersbelasting	14

2.8	Kabels & Leidingen	14
2.9	Overige NWO's	15
2.9.1	Bebouwing	15
2.9.2	Bomen	15
3	UITWERKING ONTWERP GROENE DIJKEN	16
3.1	Proces	16
3.2	Aanpak ontwerp ruimtebeslag groene keringen	16
3.3	Hoogte	18
3.4	Bekleding	18
3.4.1	Standaard bekledingsontwerp groene dijken	18
3.4.2	Overslagdebieten	19
3.4.3	Erosie voorland en geulen	20
3.5	Macrostabiliteit binnenwaarts (STBI)	21
3.6	Macrostabiliteit buitenwaarts (STBU)	22
3.7	Zandmeevoerende wellen (piping en heave)	23
3.8	Microstabiliteit	27
3.9	Voorlandstabiliteit	27
3.10	Kabels en leidingen	27
3.11	Overige NWO's	28
3.11.1	Kelders	28
3.11.2	Bomen/Vegetatie	28
4	AANSLUITING OP BESTAANDE WATERKERING(EN)/HOGE GRONDEN	29
5	BIJZONDERE WATERKERENDE CONSTRUCTIES	30
6	WATERKERENDE KUNSTWERKEN	30
7	AANDACHTSPUNTEN VOOR VOLGENDE FASE EN UITVOERING	30
8	OMGEVINGSBEINVLOEDING	32
9	OVERIGE ASPECTEN	32
9.1	Onderhoud	32
9.2	Beschermingszone en buitenbeschermingszone	32
9.3	Keur	32
10	LITERATUUR EN DOCUMENTATIE	33
10.1	Rapporten en tekeningen Royal HaskoningDHV	33
10.2	Normen en richtlijnen	33
10.3	Projectdocumenten	33

BIJLAGEN

1. Ontwerpkader
2. Grondonderzoek
3. Lengteprofielen grondonderzoek
4. Principe dwarsprofielen
5. Resultaten analyse microstabiliteit (STMI)
6. Resultaten analyse golfoverslagberekeningen
7. Factsheets Groene keringen
8. Overzichtskaarten ruimtebeslag VKV Groene keringen
9. Dwarsprofielen VKV Groene Keringen

1 INLEIDING

1.1 Achtergrond

Sinds 2005 vallen de waterkeringen langs de Limburgse Maas onder de Wet op de waterkering, nu Waterwet, en zijn aangewezen als “primaire waterkering” of “dijk”. In de Waterwet is het beschermingsniveau van de dijkringgebieden vastgelegd op een overschrijdingskans van 1/250^{ste} per jaar.

Om het beschermingsniveau (1:250^{ste} per jaar bij een maatgevende afvoer van 3.275 m³/s) te bereiken worden rivierverruimende maatregelen uitgevoerd in combinatie met de aanleg en/of versterking van waterkeringen. De rivierverruimende maatregelen worden onderscheiden in de maatregelen die direct tot de Maaswerken behoren en zodoende bijdragen aan het bereiken van een beschermingsniveau van 1/250^{ste} per jaar en in rivierverruimende maatregelen die verder gaan dan deze doelstelling. Deze laatste dienen om een hogere rivierafvoer veilig te kunnen verwerken op de langere termijn.

Onderdeel van dit plan vormt de gebiedsontwikkeling tussen de dorpen Ooijen en Wanssum, waar tal van maatregelen worden genomen om de waterveiligheid te verbeteren. De Oude Maasarm wordt gereactiveerd, er komen twee hoogwatergeulen en er worden nieuwe waterkeringen aangelegd en bestaande keringen versterkt of verlegd. Het plan voor de gebiedsontwikkeling wordt uitgewerkt door het Projectbureau Ooijen-Wanssum in opdracht van Provincie Limburg.

Projectbureau Ooijen-Wanssum en Waterschap Peel en Maasvallei (WPM) hebben gezamenlijk in 2012 kansrijke oplossingen voor dijktracés uitgewerkt. Op basis van deze kansrijke tracéoplossingen is door hen vervolgens een basisvariant samengesteld voor de dijkringen die vallen binnen het gebied Ooijen-Wanssum. Het tracé van deze basisvariant is indicatief vastgesteld en aangegeven op kaart “Schetsontwerp ten behoeve van planologie” (d.d. november 2012).

In opdracht van het Projectbureau Ooijen-Wanssum en met begeleiding van zowel het Projectbureau als Waterschap Peel en Maasvallei heeft Royal HaskoningDHV in 2013 een variantenstudie uitgevoerd, waarin meer in detail naar de dijktracés is gekeken vanuit een uitgebreider technisch onderbouwd indicatief ontwerp van de groene waterkeringen en ruimtebeslag. De inpasbaarheid van het ontwerp en daarmee de haalbaarheid van het tracé van de basisvariant uit 2012 is vervolgens beoordeeld. Daar waar zich knelpunten voordeden is het tracé van de basisvariant aangepast en/of zijn lokaal alternatieve tracé-varianten bepaald.

Het benodigde ruimtebeslag voor de waterkeringen van de aangepaste basisvariant en alternatieven is opnieuw met behulp van GIS inzichtelijk gemaakt op kaarten en in dwarsprofielen.

Op basis hiervan is een 10-tal knelpunten (issues) geïdentificeerd.

In deze fase worden deze 10 punten nader onderzocht en het ontwerp van de groene keringen verder uitgewerkt.

1.2 Doel project: Ontwerp Maasdijken ten behoeve van PIP

In september 2013 is het schetsontwerp van de wateringen bij Ooijen-Wanssum opgesteld. Hierin is een variantenstudie uitgevoerd waarin het ruimtebeslag van de groene keringen op basis van een indicatief ontwerp is bepaald. Dit indicatief ontwerp dient nu verder te worden uitgewerkt ten behoeve van een Provinciaal Inpassingsplan (PIP) voor een voorkeursvariant voor de gebiedsontwikkeling Ooijen-Wanssum. Een PIP heeft een bepaalde juridische status. Bij het PIP behoren kaarten waar het ruimtebeslag van de dijkversterking en van de nieuw aan te leggen dijken (waterkeringen) staan aangegeven. De vereiste nauwkeurigheid van deze kaarten en de juridische grondslag van het PIP bepalen het technisch vereiste uitwerkingsniveau. De nauwkeurigheid wordt vooral bepaald door:

1. De vereiste nauwkeurigheid van de stabiliteits- en pipingberekeningen (dit wordt nader toegelicht in hoofdstuk 3.
2. De marge die het PIP toestaat, orde grootte 2 tot 5 m.
3. De nauwkeurigheid van de geometrische gegevens.

In het planproces dient het technisch vereiste ruimtebeslag te zijn afgestemd met de belanghebbenden.

Dit document bevat de uitgangspunten en het ontwerp van de groene keringen in het projectgebied. Dit rapport dient in samenhang met de volgende documenten te worden gelezen, welke zijn opgenomen in de bijlagen:

- factsheets met per dijkvak beschrijving van ontworpen dwarsprofiel;
- tekeningen met bovenaanzicht van nieuwe en aangepaste dijken.

1.3 Opmerkingen ten aanzien van het ontwerp

Bij de uitwerking van het ontwerp van de groene dijken in dit gebied geldt een aantal specifieke punten en beperkingen. Onderstaand zijn deze toegelicht.

1.3.1 Veiligheidsniveau Maasdijken voor Ooijen-Wanssum

De bedijkte gebieden krijgen een veiligheidsniveau van 1/250^{ste} per jaar. De betekenis van dit beschermingsniveau is vastgelegd in de Waterwet. Daarnaast is het document "Ontwerpkader nog aan te leggen Maaskaden [1]" in Limburg van toepassing waarin de hoogte van de kaden wordt gemaximeerd in verband met benedenstroomse effecten op waterstanden en de daaraan gekoppelde eis van overstroombaarheid.

Voor wat betreft de uitgangspunten en ontwerp van de waterkeringen zijn wij gehouden aan dit "Ontwerpkader". Op een aantal punten conflicteert dit ontwerpkader met de gangbare principes van veiligheid volgens de Waterwet:

1. Planperiode 50 jaar (groene keringen) en 100 jaar (harde keringen), klimaatverandering, waterstandwijzigingen.
2. Technische overstroombaarheidseisen.

Onderstaand is een aantal opmerkingen ten aanzien van de uitgangspunten voor het ontwerp van de groene keringen in deze fase toegelicht.

1.3.2 Planperiode

De planperiode voor de dijken ligt niet vast. De dijktafelhoogte van de dijken wordt opgelegd door de waterstanden in de as van de rivier in het document 'Ontwerpkader nog aan te leggen Maaskaden'. Deze waterstanden zijn gebaseerd op een verhanglijn die Rijkswaterstaat in 2002/2004 (POL Zandmaas 2002 en Herziening POL Zandmaas 2004) heeft bepaald en bestuurlijk is vastgelegd. Het document "Ontwerpkader", voorziet niet in een actualisering van de vermelde waterstanden.

Bij het bepalen van de ontwerpwaterstand (door Maaswerken, horizon 2015/2017) is rekening gehouden met de realisatie van de rivierverruimende maatregelen welke vallen binnen de scope van Maaswerken. Het effect van de gebiedsontwikkeling Ooijen-Wanssum zelf is niet meegenomen.

De gebruikelijke planperiode elders in het land neemt te verwachten veranderingen van waterstanden mee in het ontwerp. In het ontwerpkader wordt dit, vanwege de overstroombaarheidseis, niet gedaan. Als deze eis zou wijzigen verandert tevens het dijkontwerp en het ruimtebeslag.

1.3.3 Overstroombaarheid

Opdracht bij het ontwerpen van de waterkeringen voor Ooijen-Wanssum is dat deze dijken overstroombaar moeten zijn. Werkelijk overstroombaar ontwerpen zal leiden tot dijken met zeer flauwe taludhellingen en/of zware steenbestorting aan zowel het binnen- als buitentalud.

In dit project wordt, op aanwijzing van WPM, op de volgende wijze vorm gegeven aan het begrip 'overstroombare dijken':

- De kruinhoogte van de dijken is beperkt tot 0,5 m (waakhoogte) boven MHW volgens Ontwerpkader. De kruinhoogtebepaling is niet conform Leidraad Rivieren, daarom kan het golfoverslagdebiet groter zijn dan volgens gangbare ontwerpen. Dit kan leiden tot meer infiltratie op het binnentalud en een hogere waterstand in het dijklichaam.
- Omdat de waterkeringen conform het ontwerpkader standzeker moeten overstromen, er mag geen plotselinge bresvorming optreden, worden de waterkeringen voor wat betreft stabiliteit ontworpen met een ontwerpwaterstand gelijk aan kruinhoogte. De weerstand tegen bresvorming wordt dus gezocht in een robuust grondlichaam.
- De taludhellingen zijn/worden minimaal 1:3 (V:H).
- Voor wat betreft erosiebestendigheid is, uit kostenoverweging, gekozen om op zowel het buitentalud als het binnentalud een erosiebestendige kleilaag aan te brengen met een dikte van minimaal 1,2 m. Deze laag is bestendig tegen 1 l/s/m conform het gebruikelijke dijkontwerp. Daarbij wordt deze bekleding aan de buitenzijde en aan de binnenzijde enkele meters doorgezet (uitloopstrook als overstromingsbestendige laag). Meer informatie in 2.6.9 en 3.4.

1.3.4 Gebruik hoogtegegevens uit AHN2

Bij het ontwerp is gebruik gemaakt van de hoogtegegevens uit het Actueel Hoogtebestand Nederland (AHN2-bestand).

Dit bestand bevat meetdata met een grid 0,5m x 0,5 m uit 2005. De data is gefilterd. De diepte van sloten, watergangen, etc. is niet bepaald. Waar dit relevant is, zal een aanname worden gedaan over de bodemdiepte hiervan, o.a. op basis van de ontwerpen van “Groen/blauw” van projectbureau Ooijen-Wanssum.

1.3.5 Gebruik Ontwerpkader versus Ontwerpleidraden

De keringen worden ontworpen volgens het Ontwerpkader. Daarnaast wordt gebruik gemaakt van ontwerpleidraden en handreikingen ten aanzien van het ontwerpen van rivierdijken. Op een aantal punten wordt echter afgeweken van de leidraad Rivieren:

- robuust ontwerpen;
- bepaling benodigde kruinhoogte.

Dit is toegelicht in het ontwerpkader, zie bijlage 1.

De handreiking overstromingskansen is niet meegenomen in voorliggend ontwerp.

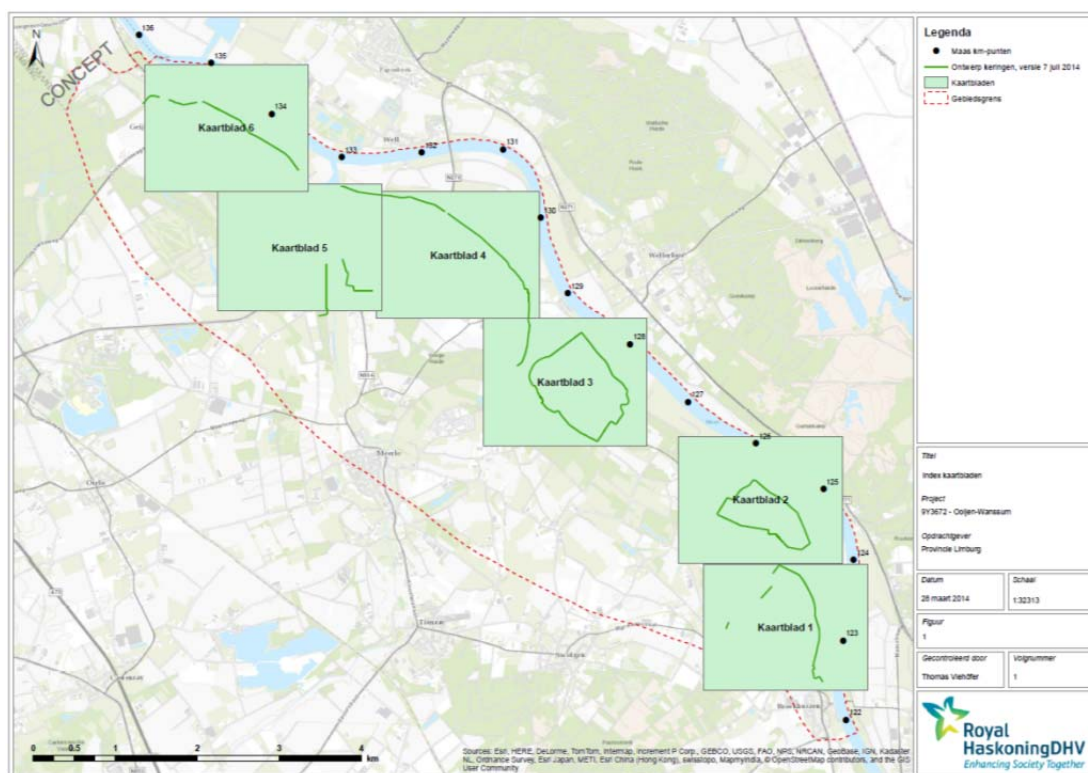
2 ONTWERPUITGANGSPUNTEN

2.1 Algemeen

De versterkingsopgave is in onderstaande figuur aangegeven.

In de huidige fase is het project in 6 deelgebieden met verschillende issues opgedeeld:

- Deelgebied 1: Broekhuizenvorst.
- Deelgebied 2: Ooijen.
- Deelgebied 3: Boltweg.
- Deelgebied 4: Blitterswijk.
- Deelgebied 5: Wanssum.
- Deelgebied 6: Geijsteren.



2.2 Waterwet, toets- en ontwerpkeidraden, ontwerpkeid Maaskaden

Uitgangspunten voor het ontwerp zijn gebaseerd op 'Ontwerpkeid nog aan te leggen Maaskaden', en de vigerende relevante ontwerpkeidraden zoals deze door het ministerie beschikbaar zijn gesteld, evenals de Keur en het beleid van het waterschap zoals is vastgelegd in het beheerplan waterkeringen en de beleidsregels waterkeringen.

De door de waterkeringen beschermde gebieden vallen onder bijlage 1A van de Waterwet of dienen in de toekomst in de Waterwet te worden opgenomen.

2.3 Veiligheid

2.3.1 Veiligheidsniveau/normfrequentie

De waterkeringen dienen versterkt te worden tot een beschermingsniveau van 1/250^e per jaar.

De waterkeringen moeten overstroombaar zijn bij waterstanden boven de ontwerpkuinhoogte. Plotselinge bresvorming/bezwijken mag niet optreden.

Concreet betekent dit voor het ontwerp van de sterkte van groene keringen rekenen met een waterstand tot kruinniveau

2.3.2 Planperiode

Geen eisen / uitgangspunten t.a.v. planperiode.

Dijkontwerp volgt het ontwerp kader, waarin MHW-waarden voor de periode 2015/2017 zijn opgenomen, zonder rekening te houden met toekomstige ontwikkelingen.

2.3.3 Uitbreidbaarheid

Bijzonder waterkerende constructies en waterkerende kunstwerken die onderdeel uitmaken van de groene kering, dienen constructief (sterkte) ontworpen te worden zodanig dat ze toekomstig uitbreidbaar zijn met 0,5 m door middel van een verhoging van de constructie zonder aanpassingen beneden maaiveld.

Uitbreidbaarheid van groene keringen wordt niet expliciet meegenomen in het ontwerp. Extra ruimte voor toekomstige dijkverhogingen zal voornamelijk aan buitendijkse zijde dienen te worden gezocht, maar zal locatie specifiek onderzocht moeten worden.

2.3.4 Robuustheid

Er zijn geen vastgestelde toeslagen voor robuustheid bij normen met $T < 1250^{\text{ste}}$ per jaar. Volgens het Ontwerpkader is robuustheid in waakhoogte voldoende.

Het effect van een evt. rivierpeilverlaging/verhoging door de uit te voeren rivierverruimingswerkzaamheden is niet meegenomen in het ontwerp.

2.3.5 Partiële veiligheidsfactoren

Partiële veiligheidsfactoren Macrostabiliteit:	
– Schematiseringsfactor	$\gamma_b = 1,2^1$ (er is één schematiseringsfactor aangehouden voor het gehele dijktracé/projectgebied)
– Modelfactor	$\gamma_d = 1,0$ (bij cirkelvormige glijvlakken) $\gamma_d = 1,05$ (bij langgerekte glijvlakken)
– Materiaalfactor	$\gamma_m =$ variabel Er is gebruik gemaakt van de partiële materiaalfactoren uit tabel 5.3.1 Addendum TRWG. De materiaalfactoren zijn verwerkt in de rekenwaarden voor de sterkte, zie grondparameters.
– Schadefactor hoogwater gecorreleerd	$\gamma_{n,HW} = 1,004$ De schadefactor is bepaald aan de hand van de formules 5.3.8 en 5.3.9 uit Addendum TRWG uitgaande van: - dijkringlengte = 20,0 km - normfrequentie = 1/250 per jaar. $P_{f,inst} = 1,0$ $\beta = 4,03$ Indien het optreden van de instabiliteit samenhangt met het optreden van hoogwater is $P_{f,inst} = 1,0$ aangehouden.
– Schadefactor niet hoogwater-gecorrleerd (buitenwaarts)	$\gamma_{n,HW} = 0,928$ De schadefactor is bepaald aan de hand van de formules 5.3.8 en 5.3.9 uit Addendum TRWG uitgaande van: - dijkringlengte = 20,0 km - normfrequentie = 1/250 per jaar. $P_{f,inst} = 0,1$ $\beta = 3,45$ Indien het optreden van een instabiliteit niet samenhangt met het optreden van hoogwater is $P_{f,inst} = 0,1$ aangehouden.
– Veiligheidsfactor van de sterkte (SF_{eis})	$\gamma_R = \gamma_b \times \gamma_d \times \gamma_m \times \gamma_n$ STBI (Bishop) : 1,2 STBI (Uplift Van) : 1,27 STBU : 1,11

Voor het ontwerp van kabels en leidingen dient een importantiefactor (schadefactor) conform NEN3650 series van 0,8 te worden gehanteerd.

¹. Grondonderzoek aan de binnenzijde van de waterkering is beperkt. De beschikbare resultaten laten een grote variatie in bodemopbouw zien. Er zijn geen projectspecifieke waterspanningsmetingen beschikbaar. Daarnaast is de geometrie van de bestaande situatie bepaald op basis van AHN2 en niet op basis van lokale metingen. Op dit moment is daarom gekozen voor een schematiseringsfactor van 1,2 (normaliter tussen 1,1 en 1,3).

2.3.6 Gesloten seizoen

In het gesloten seizoen (15/10-15/3) mogen geen werkzaamheden worden uitgevoerd die de huidige stabiliteit en erosiebestendigheid van de waterkeringen negatief beïnvloeden.

2.4 Duurzaamheid

Voorkeur voor oplossingen in grond, voorkeur voor zoveel mogelijk hergebruik van grond.

2.5 Hydraulische randvoorwaarden

2.5.1 Ontwerpwaterstand

De ontwerpwaterstand is voor de faalmechanismen macrostabiliteit en zandmeevoerende wellen als volgt gedefinieerd:

Ontwerpwaterstand = Maatgevend Hoogwater (MHW) + 0,50 m

Voor de overige faalmechanismen geldt:

Ontwerpwaterstand = Maatgevend Hoogwater (MHW)

Voor de Maatgevend Hoogwater (MHW) waarden dient gebruik gemaakt te worden van Bijlage 1 van het document: "Ontwerpkader nog aan te leggen Maaskaden". In voorliggend ontwerp worden de ontwerpwaterstanden getrapd toegepast in het ontwerp, zoals vermeld in het ontwerpkader.

2.5.2 Val van het buitenwater

Bij een val van de buitenwaterstand na hoogwater wordt in de maatgevende situatie de waterstand gelijk aan maaiveldniveau (buitenzijde) gehouden.

2.5.3 Overige waterstanden

Onder maatgevende omstandigheden wordt de freatische grondwaterstand binnendijs op maaiveldniveau verondersteld, tenzij er zich lokale omstandigheden voordoen die een andere ligging van de freatische lijn rechtvaardigen.

2.5.4 Overslagdebieten

De hoogte van de keringen ligt vast volgens het Ontwerpkader.

Het overslagdebiët wordt niet gebruikt om de hoogte van de kering te bepalen.

Voor situaties met een kans van voorkomen $< 1/250^e$ per jaar zal het overslagdebiët $> 0,1$ l/m/s kunnen zijn. In het ontwerp wordt daarom op zowel binnen- als buitentalud een erosiebestendige kleibekleding toegepast met een dikte $\geq 1,2$ m en een uitloopstrook van 2,5 meter. De overslagdebieten zijn bepaald met behulp van Hydra-R.

2.6 Geometrie

2.6.1 Huidige situatie

De huidige situatie is bepaald op basis van AHN2.

Waardevolle omgevingselementen zijn door de landschapsarchitect tijdens de ontwerp sessies ingebracht. Een afweging tussen de belangen heeft als basis gediend voor het ontwerp. Hierbij is gekeken of de integriteit van de veiligheid en de (functionele, economische) uitvoerbaarheid en beheersbaarheid zijn gegarandeerd.

2.6.2 Algemeen

Dijkvakken en langsconstructies dienen zo uniform en homogeen mogelijk te worden uitgevoerd.

Een tuimeldijk mag alleen worden toegepast als de rijbaan/inspectiepad minder dan 1,0m onder de toekomstige kruin komt te liggen.

2.6.3 Waakhoogte

Voor de waakhoogte van groene keringen dient (volgens het Ontwerpkader) 0,5 m te worden aangehouden.

2.6.4 Kruinhoogte

De kruinhoogte groene keringen dient volgens Ontwerpkader te voldoen aan MHW + 0,50 m.

2.6.5 Kruinbreedte

De kruinbreedte van een groene dijk bedraagt minimaal 4,5 meter.

Op de kruin komt een inspectie-/onderhoudspad van 3 meter breed met aan weerszijden een berm van 0,75 meter.

2.6.6 Taludhellingen

De helling van het binnentalud dient gelijk aan of flauwer te zijn dan 1V:3H.

De helling van het buitentalud dient gelijk aan of flauwer te zijn dan 1V:3H.

Helling stabiliteitsberm in verband met afwatering 1:10.

Helling van de uitloopstroken van de bekleding voorbij de teenlijnen aanleggen onder talud 1:10 in verband met afwatering.

2.6.7 Pipingberm

Uitgangspunten ten aanzien van het dimensioneren van pipingbermen:

1. Bovenkant berm volgt de verhanglijn, bepaald op basis van Sellmeijer, behorende bij het grootste waterstandsverschil.
2. Aan te houden dekking op deze lijn bedraagt tenminste 25 cm.

2.6.8 Voorlandverbetering

De minimaal aan te houden dekking/leeflaag op de voorlandverbetering bedraagt $\geq 0,5$ m. In geval van landbouwgrond bedraagt de aan te houden dekking $\geq 1,0$ m in verband met diepploegen. Indien de wens bestaat om bomen te herplanten ter hoogte van de voorlandverbetering of in geval van natuurontwikkeling (in het geulengebied) bedraagt de aan te houden dekking $\geq 1,0$ m, waarbij de definitieve waarde afgestemd dient te worden op de type beplanting, die verwacht c.q. aangebracht wordt. De dikte van de klei voor voorlandverbetering dient minimaal 1,0 m te bedragen.

2.6.9 Materiaalgebruik

Harde bekleding op groene waterkeringen dient tot een minimum beperkt te worden. Waar mogelijk de voorkeur aan oplossingen in grond zoals verflauwing van taluds.
Het inspectie-/onderhoudspad wordt op de kruin gelegd en wordt opgebouwd uit 30 cm betongranulaat (0-40). Het betongranulaat wordt middels een geogrid gescheiden van de kleibekleding.
Er dient geen separate leeflaag te worden toegepast op de dijktaaluds, bermen en kruin.
Voor aanleg van de groene keringen wordt waar mogelijk gebruikt gemaakt van vrijkomende grond, mits niet verontreinigd.
Het bestaande grondlichaam (dijkbekleding en/of dijk kern) dient voor aanvulling trapsgewijs te worden ontgraven. Maximaal aan te houden traphoogte bedraagt 30 cm.
Voor het kernmateriaal van de nieuwe keringen is uitgegaan van zand. Bij bestaande dijken dient te worden voorkomen dat zand ingesloten raakt tussen kleilagen (zogenaamde zandscheggen). Bij kleikern: eisen kernmateriaal conform Technisch Rapport Klei voor Dijken (TAW, 1996) en de aanvullingen hierop in Addendum I van de Leidraad Rivieren. Bij zandkern: eisen voor zand in aanvulling of ophoging conform RAW.
De voorlandverbetering dient opgebouwd te zijn uit een kleilaag met daarboven terugplaatsing van de reeds aanwezige leeflaag conform eisen uit Technisch Rapport Zandmeevoerende Wellen. Voor de kleilaag gelden de volgende eisen: zandgehalte <35%, lutumgehalte >18%.
De erosiebestendige bekledingslaag op binnentalud, kruin en buitentalud dient voorbij de teenlijnen te worden doorgezet over een lengte van 2,5 m (zowel aan binnen- als buitenzijde). In geval van een stabiliteitsberm aan binnendijkse zijde wordt de kleibekleding 2,5 m doorgezet in de berm. Voor de bekledingslaag wordt cat.2 klei toegepast met een goede grasmat. De kleilaag dient een dikte te hebben van minimaal 1,2 meter.

Eisen ten aanzien van samenstelling van deze klei zijn als volgt (conform TRKD (TAW, 1996) en Leidraad Rivieren (2007), Addendum): • kalkgehalte <25%; • organisch stofgehalte <4%; • lutumgehalte > 18% en < 25%; • vloeigrens <45%; • plasticiteitsindex >18%; • zandgehalte <35%.
De erosiebestendige laag van het binnentalud, de kruin en het buitentalud op de groene keringen dient bij gebruik van vigerende leidraden bestand te zijn tegen overslag bij een maatgevende waterstand.
Op de kleibekleding dient gras ingezaaid te worden, type D2-dijkgrasmengsel, minimaal 150 kg/ha.

2.6.10 Voorlandstabiliteit

De stabiliteit van het voorland ter hoogte van de hoogwatergeulen is beoordeeld op basis van het mechanisme afschuiving en zettingsvloeiing.

De toets heeft plaatsgevonden op basis van schadelijkheidscriteria uit de VTV, katern 9. Dit betreft een geometrische beoordeling uitgaande van inscharingslengtes na het optreden van een afschuiving of vloeiing.

Verwekingsgevoeligheid van de ondergrond is onderzocht aan de hand van de relatieve dichtheid van de zandlagen op basis van de resultaten van beschikbare sonderingen.

Tussen de buitenteen van de dijk en de insteek van sloten/beken en watergangen dient minimaal een afstand van 4,0 m te worden aangehouden.

2.6.11 Zetting en klink

De ondergrond in het projectgebied kan zettingsgevoelig zijn, op een aantal locaties is klei, leem en/of veen in de ondergrond aangetroffen. Bij aanbrengen van een ophoging (dijk of berm) op een samendrukbare ondergrond kunnen zettingen optreden. Gezien de veelal beperkte dikte van deze samendrukbare lagen en de consistentie van de lagen (over het algemeen niet erg slap) zullen de zettingen meevallen, met uitzondering van aanwezige veenlagen. Naast het (eventueel) optreden van zetting dient rekening te worden gehouden met het optreden van klink. Voor het bepalen van de hoeveelheden kan conform TRGC een percentage van 5% (zand) en 10% (klei) worden aangehouden.

In deze fase van het project zijn zettingen niet verder onderzocht, omdat de impact op het benodigde ruimtebeslag beperkt is. Zettingen en klink dienen in de vervolgfases van het project (indien relevant) nader te worden onderzocht.

De optredende zettingen dienen tijdens de uitvoering gecompenseerd te worden door het aanbrengen van een overhoogte.

2.7 Geotechnische uitgangspunten

2.7.1 Grondonderzoek

Door MOS [2] is in verschillende fasen geotechnisch veldonderzoek uitgevoerd en gerapporteerd:

- Juli 2013: onderzoek ter plaatse van de hoogwatergeul (R1301052-**HE2**):
 - 6 sonderingen;
 - 10 handboringen;
 - 7 machinale boringen, inclusief monsternamen.
- September 2013; onderzoek ter plaatse van de nieuwe waterkeringen (R1301052-**HE3**):
 - 59 sonderingen;
 - 332 handboringen;
 - 32 machinale boringen, inclusief monsternamen.
- December 2013: onderzoek ter plaatse van de rondweg (R1301052-**HE4**):
 - 31 sonderingen;
 - 10 machinale boringen.

Aansluitend aan het veldonderzoek is in 2013 laboratoriumonderzoek uitgevoerd en gerapporteerd (ook door MOS).

Doel van dit onderzoek was classificatie van de verschillende aangetroffen grondlagen.

- Juli 2013: onderzoek ter plaatse van de hoogwatergeul (R1301052-**HE2**):
 - 20 maal bepaling Atterbergse grenzen;
 - 20 maal bepaling kalkgehalte;
 - 80 maal bepaling korrelverdeling.
- September 2013; onderzoek ter plaatse van de nieuwe waterkeringen (R1301052-**HE3**):
 - 122 maal bepaling nat/droog volumiek gewicht;
 - 73 maal bepaling Atterbergse grenzen;
 - 73 maal bepaling kalkgehalte;
 - 160 maal bepaling korrelverdeling.
- Maart 2014: bepaling lutum- en zandgehalte (R1301052-**HE5**)

Resultaten van het onderzoek zijn opgenomen in bijlage 2.

Daar waar onvoldoende gegevens beschikbaar zijn, is gebruik gemaakt van bestaand grondonderzoek uit Dino.

Op dit moment wordt door MOS aanvullend grondonderzoek uitgevoerd, op enkele locaties zijn conceptresultaten reeds meegenomen in het ontwerp.

2.7.2 Schematisering bodemopbouw

Lengteprofielen, waarin de boringen en sonderingen zijn uitgezet, zijn opgenomen in de rapportages van MOS [2]. Dit betreffen profielen ter plaatse van de buitenzijde van de kering, ter plaatse van de kruin en ter plaatse van de binnenzijde van de kering. Deze lengteprofielen zijn tevens met kleine aanpassingen (toevoeging van extra informatie) toegevoegd als bijlage 3.

Per dijkvak zijn de resultaten van het grondonderzoek gebruikt om de bodem voor het betreffende dijkvak te schematiseren. Voor ieder dijkvak is een factsheet opgeleverd, waarin o.a. de bodemopbouw en ontwerpberekeningen zijn weergegeven. Op locaties waar het dijktracé is aangepast na oplevering van het grondonderzoek is (voor zover mogelijk) een veilige aanname gedaan ten aanzien van de bodemopbouw op basis van de op dat moment beschikbare data.

Over het algemeen is een zandige ondergrond aangetroffen met een deklaag van één tot enkele meters bestaande uit klei- of leemlaag. Op een aantal locaties is een veenlaag aangetroffen.

2.7.3 Grondparameters

De schuifsterkte parameters zijn overgenomen uit de ontwerpen van Maaswerken in de periode 2005 – 2010. De parameters zijn opgenomen in de rapportage van Arcadis: *De proevenverzameling van "De Zandmaas"* met kenmerk 0757399991:A, 9 november 2011.

De parameters voor piping zijn afgeleid uit het voor dit project door MOS uitgevoerde grondonderzoek.

Tabel 1: Aangehouden schuifsterkteparameters (bron: proevenverzameling Zandmaas opgesteld door Arcadis)

Code	Grondsoort	Volume gewicht		Representatieve waarde		Materiaalfactor		Rekenwaarde	
		γ_{nat} [kN/m ³]	γ_{sat} [kN/m ³]	c [kPa]	ϕ [°]	$\gamma_{m,c}$ [-]	$\gamma_{m,\phi}$ [-]	c [kPa]	ϕ [°]
OA	zand dijk	18,0	20,0	0,0	30,0	1,00	1,20	0,0	25,7
OB	klei dijk	18,5	18,5	3,0	27,0	1,25	1,20	2,4	23,0
19	Klei	18,0	18,0	3,0 *)	25,0	1,25	1,20	2,4	21,2
19A	klei, zandig	18,5	18,5	3,0	27,0	1,25	1,20	2,4	23,0
4 - 19	klei, humeus	16,5	16,5	3,5	20,0	1,50	1,25	2,3	16,2
4	Veen	11,0	11,0	2,0	15,0	1,50	1,25	1,3	12,1
19 - 20	klei zand gelaagd	17,0	19,0	5,0	25,0	1,25	1,20	4,0	21,2
20	zand, matig grof	18,0	20,0	0,0	32,0	1,00	1,20	0,0	27,5
32	zand, grof / grind, fijn	19,0	20,0	0,0	35,0	1,00	1,20	0,0	30,3
31	Leem	20,0	20,0	2,0 *)	27,5	1,25	1,20	1,6	23,5

*) Parameters op basis van ervaring naar beneden toe bijgesteld

2.7.4 Rekenmodellen

De volgende rekenmodellen worden gehanteerd:

Mechanisme	Rekenmodel	Programmatuur
Stabiliteit	Bishop (voor cirkelvormige glijvlakken) UpliftVan (voor langgerekte glijvlakken)	DGeoStability v10.1.3.2
Piping	Sellmeijer	Spreadsheet
Aangehouden taludhellingen bij secundaire afschuivingen, o.a. bij NWO's	Aanbevolen taludhellingen aanhouden uit TRAS ¹⁾	

Toelichting bij de tabel:

¹⁾ de aanbevolen taludhellingen uit TRAS gelden in principe voor geringe overslagdebieten (< 1 l/s/m). Bij grotere overslagdebieten (zoals voor dit project te verwachten) is dit mogelijk te gunstig. Op basis van engineering judgement wordt voorgesteld om uit te gaan van taludhellingen 1:7 in zand en 1:4 in klei.

In geval van opdrijven (opdrukveiligheid tussen 1,1 en 1,2) en bij aanwezigheid van veenlagen in de ondergrond wordt naast de berekening met methode Bishop ook een berekening met methode Uplift Van uitgevoerd.

In geval van opbarsten (opdrukveiligheid < 1,1) wordt de sterkte van de deklaag in de opbarstzone gereduceerd naar een verwachte reststerkte van 1 kPa (cohesie), de hoek van inwendige wrijving wordt op nul gesteld. Bishop is dan het maatgevende faalmechanisme.

2.7.5 Verkeersbelasting

Bij de bepaling van de macrostabiliteit wordt op de kruin van de waterkeringen een verkeersbelasting van 13,3 kN/m² (rekenwaarde) in rekening gebracht over een breedte van 2,5 m (1,0 m uit rand binnenkruinlijn). De verkeersbelasting wordt in de cohesieve lagen ongedraineerd (0%) aangebracht en in de zandkern wordt een aanpassingspercentage van 50% gehanteerd. De belasting wordt aangebracht met een spreidingshoek van 45°.

2.8 Kabels & Leidingen

De (on)mogelijkheden rondom kabels en leidingen dienen in nauw overleg met de verantwoordelijke dijkbeheerder en kabel- en/of leidingbeheerder bepaald.
Nieuw aan te leggen kabels en leidingen en aan te passen kabels en leidingen moeten aan NEN3650 series en NEN3651 voldoen met een ontwerplevensduur van 100 jaar en een bijbehorende waterstand.
Waterkeringen dienen vrij te zijn van mantelbuizen.
Indien mogelijk dienen bestaande kabels en leidingen te worden verplaatst naar een ligging buiten de (buiten)beschermingszone.

Kabels en leidingen die niet in gebruik zijn binnen de ingreep dienen te worden verwijderd.
De gehandhaafde kabels en leidingen dienen minimaal voldoende te scoren in de VTV toets.
Kruisingen tussen K&L en de waterkering dienen haaks uitgevoerd te worden.
Meerdere doorsnijdingen van K&L met de waterkering dienen te worden gebundeld in leidingstraten.

2.9 Overige NWO's

2.9.1 Bebouwing

Bij het ontwerp dient rekening te worden gehouden met bestaande bebouwing.

2.9.2 Bomen

Binnen de kernzone en invloedzone van de waterkering mag geen beplanting/bomen staan, tenzij via bijzondere maatregelen de waterveiligheid gewaarborgd is.
--

3 UITWERKING ONTWERP GROENE DIJKEN

3.1 Proces

In de huidige fase van het project is het belangrijk beter inzicht te krijgen in het ruimtebeslag voor de keringen.

Vanuit de projectorganisatie is een strakke planning opgezet om in korte tijd tot een ontwerp te komen, waarbij afstemming met alle disciplines is gewaarborgd d.m.v. werkateliers en review-momenten.

Voor wat betreft het geotechnisch ontwerp van de groene keringen is op basis van de geïdentificeerde issues een keuze gemaakt in door te rekenen profielen. Hierbij is de volgorde van behandeling van de issues zoals ook aangehouden door de landschapsarchitecten en het omgevingsmanagement gevolgd. Parallel daaraan zijn in dezelfde volgorde de “gewone” groene dijken ontworpen: delen van de kering zonder speciale issues. Per doorgerekend dwarsprofiel zijn de specifieke uitgangspunten, aandachtspunten en resultaten van de ontwerpberekeningen in factsheets per dijkvak gepresenteerd. De factsheets zijn in bijlage 7 van dit rapport opgenomen.

Het ruimtebeslag van de groene keringen is opgenomen in de overzichtstekeningen in bijlage 8.

3.2 Aanpak ontwerp ruimtebeslag groene keringen

Het ontwerp van de groene keringen heeft zich met name toegespitst op de faalmechanismen die het ruimtebeslag van de keringen bepalen. Dit zijn de faalmechanismen macrostabiliteit en zandmeevoerende wellen (piping).

Het **minimaal** benodigde theoretische ruimtebeslag wordt vastgelegd door de benodigde kerende hoogte (ontwerphoogte minus maaiveldniveau) en de afmetingen van het standaardprofiel, zoals weergegeven in bijlage 4.

Als uit de ontwerpberekeningen blijkt dat de binnenwaartse stabiliteit van het standaardprofiel op een specifieke locatie onvoldoende is, is een stabiliteitsberm toegepast. Op een enkele locatie (omdat een stabiliteitsberm vanuit landschappelijk oogpunt niet wenselijk was) is een grondverbetering/drainage toegepast om de stabiliteit van de dijk te verhogen. Als de buitenwaartse stabiliteit onvoldoende is, is een taludverflauwing toegepast.

De standaardoplossing voor het faalmechanisme zandmeevoerende wellen bestaat uit het toepassen van een voorlandverbetering, d.w.z. het inkassen van klei in het voorland teneinde de kwelweglengte te vergroten. In enkele uitzonderlijke gevallen zijn pipingbermen toegepast.

Het theoretisch ruimtebeslag van de groene keringen omhelst zodoende de volgende onderdelen:

1. Dijkbasis.
2. Stabiliteitsberm.
3. Afstand waarover kleibekleding wordt doorgezet voorbij de teenlijnen, de zogenaamde uitloopstroken met een breedte van 2,5 m (onafhankelijk van de kerende hoogte).
4. Zone van 2,5 m binnendijs, op locaties waar grondverbetering, danwel drainage nodig bleek voor het realiseren van een veilig ontwerp.
5. Pipingberm.

Op basis van geometrische kenmerken en bodemopbouw is het tracé van de keringen opgedeeld in dijkvakken. Per dijkvak is een dwarsprofiel ontworpen op stabiliteit. De aangenomen maaiveldhoogtes binnen- en buitendijs zijn de laagst aangetroffen maaiveldhoogtes per dijkvak volgens het actuele hoogtebestand van Nederland beschikbaar op www.ahn.nl. De maatgevende schematisatie van de ondergrond is bepaald aan de hand van de beschikbare ondergrondgegevens op het moment van ontwerpen.

Per dijkvak is het theoretisch benodigde ruimtebeslag, waarin de hierboven benoemde aspecten zijn opgenomen, bepaald en in GIS verwerkt (zie overzichtstekeningen in bijlage 8). Daarnaast is de theoretisch benodigde ophoging in GIS berekend uitgaande van de typerende kenmerken van het berekende dwarsprofiel per dijkvak (zie ook de factsheets in bijlage 7). Dit dwarsprofiel is in GIS uitgezet vanaf het hart van de kruin van de nieuwe keringen en doorsneden met het actuele hoogtebestand (ahn2).

Nadat de ophogingen voor de keringen in GIS zijn verwerkt, is ten behoeve van het faalmechanisme piping een verdere onderverdeling gemaakt in sub-segmenten per dijkvak, waarbij per subsegment het laagste maaiveldniveau (wederom op basis van ahn2) conservatief is ingeschat op basis van 0,25 m intervallen. Door deze aanpak kan het zijn dat er kleine verschillen aanwezig zijn in kerende hoogte bij de stabiliteitsberekeningen en de pipingberekeningen. Voor piping is de verfijning (binnen dijkvakken) toegepast omdat kleine verschillen in kerende hoogte een grote impact hebben op de benodigde lengte aan voorlandverbetering.

Het ruimtebeslag kan in de praktijk afwijken doordat:

- aangenomen maaiveldhoogtes niet maatgevend blijken te zijn;
- wanneer uitgangspunten wijzigen zal dit direct impact hebben op het ruimtebeslag;
- de keuze voor een andere dijkopbouw (klei in plaats van zandkern), de keuze voor andere pipingmaatregelen (bijvoorbeeld: kwelschermen beïnvloeden het stijghoogteverloop in het watervoerende pakket onder de dijk, dit kan de stabiliteit van de dijk negatief beïnvloeden);
- tracé wijzigingen etc.

Daarnaast zijn aansluitingen tussen de verschillende dijkvakken en aansluitingen op hoge gronden niet in detail ontworpen. Wel is hier op basis van engineering judgement enig ruimtebeslag voor gereserveerd.

Ook grondverbeteringen c.q. drainagevoorzieningen achter de kering die nodig zijn voor een veilige dijk zijn niet nader ontworpen. Hiervoor is op basis van engineering

judgement een bepaalde ruimtereservering ingeschat. Drainagevoorzieningen achter de kering zijn op verzoek van het Waterschap zo min mogelijk toegepast. Indien drainagevoorzieningen worden toegepast, dienen deze onderhoudsvrij te zijn.

Naast bovengenoemde aspecten zijn onderkende risico's en aandachtspunten per dijkvak in de factsheets opgenomen.

De benodigde werkruimte voor het uitvoeren van het werk is groter dan het ruimtebeslag voor de keringen zelf en niet vastgelegd op de overzichtskaarten in bijlage 8.

Geadviseerd wordt om in het PIP extra ruimte op te nemen ten opzichte van het theoretische ruimtebeslag volgens de kaarten in bijlage 8. Een extra marge is cruciaal voor het welslagen van projecten die niet als RAW contract op de markt worden gezet. Door een extra marge van (zeg) 5 m op te nemen heeft een toekomstige aannemer ontwerprijheid voor optimalisaties. Als de aannemer geen speelruimte heeft, zal er weinig ruimte zijn voor creativiteit, cq. slimme/innovatieve oplossingen. Een technische marge van ca. 2 m wordt te allen tijde aangeraden.

Het is niet aan te bevelen optimalisaties in het theoretische ruimtebeslag door te voeren zonder terugkoppeling vooraf met de geotechnisch ontwerper. Door de gehanteerde GIS aanpak met een standaard dwarsprofiel per dijkvak dat is uitgezet vanuit hart kruin, kan het zijn dat de stabiliteitsberm bij een oplopend maaiveld binnendijks (deels) verdwijnt. Dit betekent echter niet, dat er op een dergelijke doorsnede dan helemaal geen berm nodig is. Dit zal moeten blijken uit vervolgonderzoek. Vooralsnog is er daarom voor het gehele dijkvak rekening gehouden met het benodigde ruimtebeslag uitgaande van de maatgevende doorsnede.

3.3 Hoogte

Conform het 'Ontwerpkader' is de kruinhoogte van de aan te leggen groene waterkeringen gelijk aan MHW plus een waakhoogte van 0,5 m.

De MHW waarden in de as van de rivier zijn vastgelegd in het Ontwerpkader. De vertaling van de MHW waarden vanuit het midden van de rivier naar de locaties van de dijken is gebaseerd op het isohypsenverloop dat volgt uit WAQUA berekening van Arcadis, waarin het plan Ooijen Wanssum is meegenomen, dat wil zeggen: het ontwerp van de hoogwatergeulen en Oude Maasarm conform ontwerp 2012. Per rivierkilometer is de bovenstroomse rivierwaterstand gekozen.

3.4 Bekleding

3.4.1 Standaard bekledingsontwerp groene dijken

In bijlage 4 zijn principe dwarsprofielen opgenomen, waarin de minimaal vereiste afmetingen van de bekleding zijn weergegeven.

Conform de eisen van het waterschap (WPM) wordt voor het voorliggende ontwerp uitgegaan van een 1V:3H binnentalud, waarop minimaal een laag van 1,2 m goed verdichte erosiebestendige klei, cat. 2 wordt aangebracht en ingezaaid met gras.

Conform de Leidraad Rivieren dient deze kleilaag qua dikte aan de buitenzijde uit te wiggen: van 1 m aan de kruin tot 2 m aan de teen. De LR is (vooral) gericht op dijken langs rivieren in midden en west Nederland, met vaak grote kerende hoogte. Voor de dijken langs de Maas geldt dat deze over het algemeen lager zijn, een kleidikte van 2 m aan de teen bij een dijk van <2 m hoogte lijkt dan overdreven.

In het ontwerp is uitgegaan van een kleidikte van 1,5 aan de buitenteen (vergelijk: bij kerende hoogte van 5 m een wig met dikte van 2 m aan de teen, bij kerende hoogte van 2,5 m dan de helft kiezen, dus 1,5 m).

In een strook, grenzend aan de binnen- en buitenteen dient de kleibekleding van 1,2 m dikte over een breedte van 2,5 m te worden ingegraven. In geval van een stabiliteitsberm wordt deze strook gecombineerd met de berm, of anders gezegd: de kleibekleding wordt doorgezet in de berm. Bij korte bermen wordt de hele berm uit cat. 2 klei gemaakt. Bij langere stabiliteits- en pipingbermen wordt de bekleding minimaal 2,5 m doorgezet in de berm. Zie tevens principedwarsprofielen in bijlage 4.

Aan de buitenzijde gaat de kleibekleding over in de voorlandverbetering (indien aanwezig). Om een goede waterremmende aansluiting te realiseren is een minimale overlap tussen voorlandverbetering en bekleding van 2,5 m aangehouden.

Het aanbrengen van de bekleding op het kernmateriaal (ongeacht of dit uit zandig of kleilig materiaal bestaat) dient trapsgewijs te gebeuren, waarbij een maximale trapgrootte van 30 cm dient te worden aangehouden.

De dijken dienen te worden voorzien van een doorlopende erosiebestendige kleibekleding. Daar waar wegen de dijk kruisen dient de kleibekleding onder de wegoevergang door te lopen. Daar waar openbare wegen op de kruin van de dijk liggen dient de kleibekleding onder de fundering van de weg door te lopen. De kleibekleding dient tevens onder het inspectie-/ onderhoudspad door te lopen. In alle gevallen dient een minimale kleidikte van 1,0 m aanwezig te zijn en mag de bovenkant van de klei niet lager liggen dan MHW. Dit betekent dat de cunetdiepte van bijvoorbeeld een openbare weg op de kruin van de dijk niet dieper mag zijn dan 0,50 m. Als vanuit verkeerskundig oogpunt een grotere funderingsdikte nodig is, dient de kruin van de dijk hoger te worden aangelegd. De aansluiting tussen de kleibekleding en het asfalt/wegfundering is eveneens een aandachtspunt en een gevoelig punt voor erosie. Hier dient in het ontwerp aandacht aan besteed te worden. Het funderingsmateriaal en de kleibekleding dienen in ieder geval van elkaar te worden gescheiden door toepassing van een zanddicht geotextiel.

3.4.2 Overslagdebieten

De verwachte overslagdebieten zijn per dijkvak bepaald met behulp van Hydra-R en uitgaande van het dijkontwerp van september 2014. De berekeningsresultaten zijn opgenomen in bijlage 6. Voor 9 profielen is de benodigde kruinhoogte voor een gegeven overslagcriterium (0,1 en 1 l/m/s) bepaald, omdat Hydra-R op deze locaties geen strijklengte kon berekenen. Voor 8 van de 9 profielen is de overslaghoogte bij $q = 0,1$ l/m/s ($z_{q0,1}$) kleiner dan de kruinhoogtemarge van 0,5 m. Voor deze profielen wordt daarom ook een overslagdebiet < 0,1 l/m/s verwacht. Voor 1 van de 9 profielen, is de

ontwerpkruinhoogte 7 cm lager dan de benodigde kruinhoogte voor een overslagdebiet van 0,1 l/m/s. Hier zal het overslagdebiet dus iets groter dan 0,1 l/m/s zijn.

Uit de overslagdebietberekeningen met Hydra-R volgt dat het overslagdebiet in de meeste gevallen lager is dan 0,1 l/m/s. Voor enkele dijkvakken is het berekende overslagdebiet hoger, maar in alle gevallen lager dan 1,0 l/m/s. De maximale waarde voor het overslagdebiet is berekend bij dijkvak GEI_07_2/3, te weten 0,8 l/m/s.

Als de dijken worden gerealiseerd met een categorie 2 (matig erosiebestendige) kleilaag, die voldoet aan de eisen qua dikte en samenstelling, zoals gesteld in dit document, en een goed onderhouden grasmatt (D2-dijkgrasmengsel van 150 kg/ha), is de verwachting dat het binnentalud bij MHW niet zal eroderen als gevolg van golfoverslag.

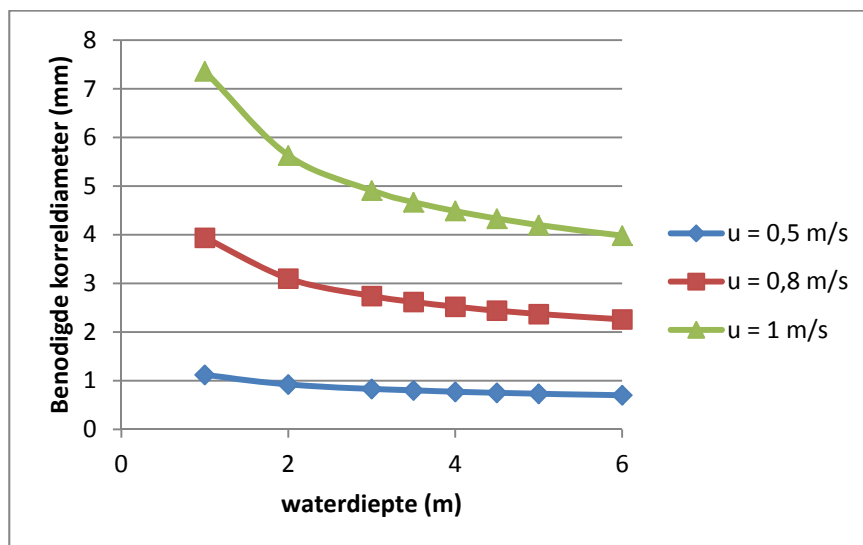
3.4.3 Erosie voorland en geulen

Voor het bepalen van het risico op erosie van het voorland ten gevolge van stroomsnelheden bij maatgevende afvoer, met mogelijke aantasting van de dijken als gevolg, zijn de volgende gegevens gebruikt:

1. MHW-waarden voor de 6 deeltrajecten
2. Boringen en korrelverdelingen voor de geullocaties
3. Maaiveldhoogtes (uit boorstaten)
4. Kaarten met dieptegemiddelde stroomsnelheden bij MHW

Er is bepaald welke korreldiameter (D_{n50} benodigd - granulair materiaal) nodig is om een (uniforme) stroming te weerstaan bij gegeven dieptegemiddelde stroomsnelheid en waterdiepte (uitgaande van MHW waterstand en geulbodem op ontwerphoogte).

De resultaten zijn weergegeven in onderstaande grafiek.



Ter hoogte van de geulen zijn onder MHW omstandigheden dieptegemiddelde stroomsnelheden berekend die liggen tussen ca. 0,5 m/s en 1 m/s.

Uit de boorstaten blijkt een D50 voor fijn zand (toplaag) van ca. 0,22 mm en grof zand (diepere lagen) met een D50 van ca. 0,77 mm.

Uit bovenstaande grafiek blijkt dat bij een MHW afvoer, de stroomsnelheid dusdanig is, dat onbeschermd zandbodems kunnen eroderen. Het risico op erosie van onbeschermd zandbodems is dus reëel, vermoedelijk ook reeds bij waterstanden lager dan MHW. Het laatste is niet onderzocht.

Er zijn verschillende mogelijkheden om met dit risico om te gaan, namelijk:

- Geen beschermende maatregelen treffen, wel monitoring van erosie van geulbodem- en oevers. Onder dagelijkse omstandigheden zal er, door de drempels in de geulen, nauwelijks sprake zijn van stroming in de geulen. Stroomsnelheden zullen laag zijn. Bij lagere waterstanden zal op de oevers ook vegetatie ontstaan, wat de erosiebestendigheid van de oevers verhoogt. Met monitoring kan worden bepaald of, wanneer, waar en onder welke omstandigheden erosie plaatsvindt.
- de gehele geul (bodem en oevers) kan worden beschermd door aanbrengen van bv. breuksteen, kleilaag, vegetatie, etc. Dit vraagt om een nadere afweging van meerdere aspecten als kosten, risico's, gebruik van geul en oevers en de landschappelijke inpassing.
- Alleen de vooroevers beschermen waar deze dicht bij de waterkering ligt. Hierbij kan nog gedifferentieerd worden naar alleen de vooroevers in de buitenbochten van de geul. Ook hier geldt de noodzaak voor nadere afweging van de hiervoor genoemde aspecten.
- Stroming afremmen nabij de kering (bv. door plaatsing van bomen). Dit dient afgestemd te worden met de waterkeringbeheerder, maar heeft ook effecten op de MHW-afvoercapaciteit van de geulen (toename hydraulische ruwheid)

Het aspect van erosie van onbeschermd zandbodems in het voorland en de geulen en de te treffen maatregelen dient in volgende fasen van het project nader onderzocht te worden.

3.5 Macrostabieliteit binnenwaarts (STBI)

Het faalmechanisme macrostabieliteit (stabieliteitsberekeningen) dient te worden doorgerekend bij een ontwerpwaterstand gelijk aan MHW + 0,5 m (oftewel gelijk aan kruinhoogte) voor groene keringen en een ontwerpwaterstand gelijk aan MHW + 1,0 m (0,5 m waakhogte + 0,5 m uitbreidbaarheid) voor bijzonder waterkerende constructies en waterkerende kunstwerken die onderdeel uitmaken van de groene kering (bijvoorbeeld kwelschermen, duikers etc.). De uitbreidbaarheidstoeslag geldt voor harde constructies, omdat deze vaak moeilijk aanpasbaar zijn.

De onderstaande uitgangspunten zijn gehanteerd bij het uitvoeren van de berekeningen voor de binnenwaartse macrostabieliteit:

Tabel 2: Uitgangspunten macrostabiliteit (algemeen)

Onderdeel	Uitgangspunt
Geometrie standaardprofiel:	
– Buitentalud	1:3 (V:H)
– Kruinbreedte	4,5 m
– Binnentalud	1:3 (V:H)
– Kruinhoogte	Variabel: 1m t/m 4 m
– Bekleding	1,2 m dik
Geometrie stabiliteitsberm	
– Helling stabiliteitsberm	1:10 (V:H) in verband met afwatering
– Talud berm	1:3 (V:H)
– Hoogte berm	0,5 – 1,0 m (zie schetsen in bijlage 4)
Grondopbouw:	
– Bekleding	Klei dijk (code: OB, zie tabel 1)
– Kernmateriaal nieuw aan te leggen dijken	Zand dijk (code: OA, zie tabel 1)
– Ondergrond	Variabel, zie berekeningen in factsheets (bijlage 7).

Tabel 3: Uitgangspunten macrostabiliteit (STBI)

Onderdeel	Uitgangspunt
Waterspanningen:	
– Ontwerpwaterstand	Gelijk aan kruinhoogte
– Freatische lijn	T.h.v. buitenkruinlijn: Gelijk aan kruinhoogte, T.h.v. binnenkruinlijn: 0,2 m onder kruin T.h.v. binnentalud: 0,2 m onder maaiveld T.h.v. achterland: op maaiveld, tenzij anders vermeld in factsheet. Hydrostatisch drukverloop in kleibekleding.
– Stijghoogte watervoerend pakket	Waterspanningen conform TR Waterspanningen bij dijken, model 4B of 4C

3.6 Macrostabiliteit buitenwaarts (STBU)

De onderstaande uitgangspunten zijn gehanteerd bij het uitvoeren van de berekeningen voor de buitenwaartse macrostabiliteit:

Tabel 4: Uitgangspunten macrostabiliteit (STBU)

Onderdeel	Uitgangspunt
Waterspanningen:	
– Maatgevende buitenwaterstand	Maaiveld
– Freatische lijn	0,2 m onder kruin en talud Hydrostatisch drukverloop in kleilagen
– Stijghoogte watervoerend pakket/zandkern	Verlopend van maatgevende buitenwaterstand tot binnendijks maaiveldniveau

3.7 Zandmeevoerende wellen (piping en heave)

Het faalmechanisme piping dient te worden doorgerekend bij een ontwerpwaterstand gelijk aan MHW + 0,5 m (oftewel gelijk aan kruinhoogte) voor groene keringen. Voor bijzonder waterkende constructies en waterkerende kunstwerken die onderdeel uitmaken van de groene kering (bijvoorbeeld kwelschermen, duikers etc.) dient voor het faalmechanisme piping uit te worden gegaan van een ontwerpwaterstand gelijk aan MHW + 1,0 m (0,5 m waakhogte + 0,5 m uitbreidbaarheid). De uitbreidbaarheidstoeslag geldt voor harde constructies, aangezien deze vaak moeilijk aanpasbaar zijn.

In de huidige fase is de volgende aanpak gevolgd voor wat betreft het ontwerpen ten aanzien van het faalmechanisme piping:

- Gebaseerd op bestaand grondonderzoek.
- De bestaande aan te passen dijken en de nieuw aan te leggen dijken worden voorzien van een kleibekleding (zowel aan buiten- als aan binnentalud) doorlopend tot in voor- en achterland. Het kernmateriaal van de dijken is op voorhand niet te bepalen, dit kan zowel zandig als leem- of kleiachtig materiaal zijn. Voor het ontwerp van de nieuwe dijken is uitgegaan van een zandkern. Met deze opbouw van de toekomstige dijk is pipinggevoeligheid op voorhand niet uit te sluiten.
- Op plaatsen met wisselende grondslag is het grondonderzoek niet zodanig verdicht dat over significante strekkingen piping uitgesloten kan worden.

Er zijn diverse pipingmaatregelen mogelijk. De keuze van toe te passen maatregelen hangt samen met de lokale situatie en de beschikbare ruimte. In de huidige fase is bij het bepalen van het ruimtebeslag in eerste instantie uit de volgende oplossingen gekozen:

1. Toepassen van voorlandverbetering (voorkeursoplossing).
2. Toepassen van pipingberm.
3. Toepassen van kwelscherm.

Andere oplossingen zoals kleikisten en innovatieve oplossingen met gebruik van filters en/of geokunststoffen zijn ook mogelijk. Het ligt voor de hand de keuze en nadere uitwerking van de pipingmaatregelen door de uitvoerende partij te laten doen.

De piping-analyse is uitgevoerd volgens de thans vigerende methode Sellmeijer, gebruikmakend van het beschikbare grondonderzoek en Dino.

Het grondonderzoek is uitgevoerd ter plaatse van de bestaande en nieuw aan te leggen dijken. Het grondonderzoek bestaat onder andere uit 113 korrelverdelingen en is uitgevoerd in september 2013 door MOS Grondmechanica [2].

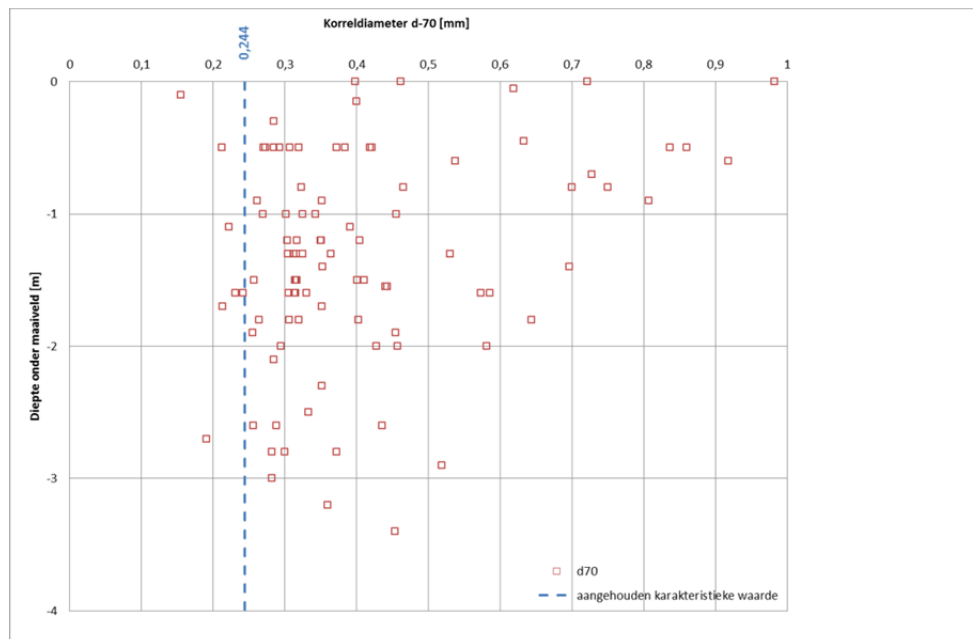
Voor de beoordeling van het faalmechanisme piping dient een aantal parameters vastgesteld te worden, namelijk: de d_{70} -waarde, de doorlatendheid en de dikte van het watervoerend pakket en de deklaag.

De eerste stap in het piping onderzoek bestaat uit de bepaling van de d_{70} -waarde van de zandlaag direct onder de deklaag. De d_{70} -waarde is bepaald door middel van een statistische bewerking conform technisch rapport Zandmeevoerende Wellen. In deze bewerking zijn van de 113 beschikbare korrelverdelingen er 16 niet geanalyseerd, omdat deze niet direct in de nabijheid van de dijken zijn gelegen of om andere redenen niet relevant zijn. De resultaten van deze bewerking zijn weergegeven in Tabel 5 en Figuur 1. Er is een laaggemiddelde karakteristieke d_{70} -waarde toegepast van 0,244 mm (op basis van regionale proevenverzameling).

Tabel 5 Toegepast d_{70} waarden

Statistische bewerking	Waarde [mm]
Aantal korrelverdelingen	97
Gemiddelde	0,423
Karakteristieke waarde	d_{70} -waarde [mm]
Laaggemiddelde regionaal verdeeld	0,244

De verdeling van de d_{70} -waarde over de diepte onder maaiveld is voor het gehele projectgebied weergegeven in figuur 1, evenals de aangehouden karakteristieke waarde van het laaggemiddelde. Algemeen kan worden gesteld dat er geen specifieke gebieden binnen het projectgebied lijken voor te komen met significant andere korrelverdeling (significant grover of fijner materiaal). De locaties waar een lagere d_{70} is gemeten liggen niet in één specifiek deelgebied, maar liggen verspreid over het gebied.



Figuur 1: Verdeling d_{70} -waarde [mm] uitgezet tegen de diepte onder maaiveld [m]

De doorlatendheid is bepaald aan de hand van onderstaande formule². Deze formule is alleen geldig bij een zandfractie groter dan 16 µm.

$$k = (C0 - 1,83 \cdot 10^3 \cdot \ln(U)) d 10^2$$

$$U = d60/d10$$

waarin:

k: doorlatendheid [m/s]

C0: kwalitatieve aanduiding van de in situ pakkingsdichtheid [-] (los: 15000)

Er is gekozen voor de meest conservatieve pakking. Dit is een losse pakking omdat deze zorgt voor een hogere doorlatendheid. Voor de berekeningen is gebruik gemaakt van de hoog gemiddelde waarde van de doorlatendheid (uitgaand van een regionaal waarnemingsbestand).

De met de bovenstaande formule berekende doorlatendheden zijn vergeleken met de doorlatendheden bepaald via het geohydrologisch model (uit DINO). De maatgevende doorlatendheid is bepaald uit de maximale waarde gevonden uit de korrelverdelingen en het geohydrologische model, zie Tabel 6.

Tabel 6: Toegepaste doorlatendheden

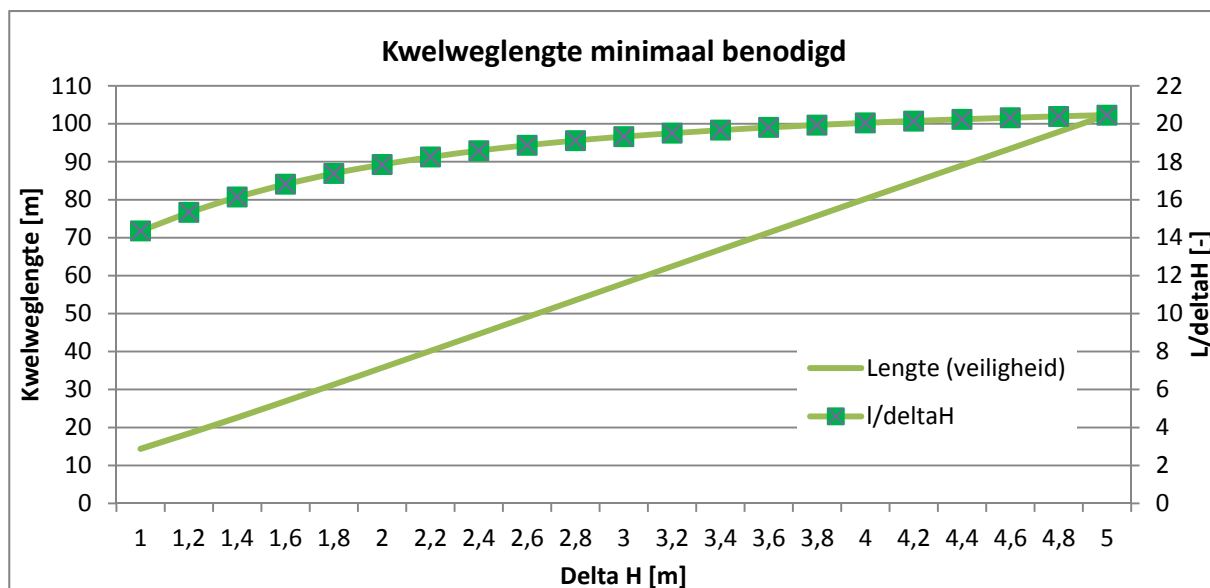
Doorlatendheid bepaald aan de hand van:	k [m/s]
Korrelverdeling (hierboven staande formule)	5,5E-04
Geohydrologisch model	6,4E-04

De dikte van het watervoerend pakket is overgenomen uit het geohydrologisch model. De totale dikte van het watervoerend pakket bedraagt 47 m.

In onderstaande figuur (figuur 1) is de minimaal benodigde kwelweglengte weergegeven bij een bepaald verval over de waterkering. In de figuur is te zien dat bij een kritiek verval van ca. 2 m een L/ΔH verhouding geldt van 18.

In deze beschouwing is geen rekening gehouden met de weerstand in het opbarstkanaal in geval van een deklaag. Als dit wel in rekening gebracht wordt, is een geringe reductie van de kwelweglengte mogelijk.

² Rooijen, H den., (1992), *Literatuuronderzoek doorlatendheid- korrelkarakteristieken*, Grondmechanica Delft, Rapport



Figuur 2: De minimaal benodigde kwelweglengte in relatie tot het kritieke verval

Tabel 7: Invoerwaarden van bovenstaande grafiek

Delta H [m]	Kwelweglengte Sellmeijer [m]
1,0	14,4
1,2	18,4
1,4	22,6
1,6	26,9
1,8	31,3
2,0	35,7
2,2	40,1
2,4	44,6
2,6	49,1
2,8	53,5
3,0	58,0
3,2	62,4
3,4	66,9
3,6	71,3
3,8	75,7

Opgemerkt wordt dat de formule van Sellmeijer gevoelig is voor de invoerparameter d_{70} en het opsplitsen van de totale verzameling in deelverzamelingen (lees: deelgebieden) zal leiden tot geringe afwijkingen in afgeleide d_{70} -waarden en daarmee andere kwelweglengtes. Echter, op basis van de geanalyseerde korrelverdelingen is onze verwachting dat de bovenstaande analyse voor het projectgebied Ooijen & Wanssum doorgaans leidt tot een veilige benadering van de benodigde kwelweglengte op basis van de thans vigerende methode Sellmeijer en de gepresenteerde gegevens kunnen daarmee als maatgevend voor het gehele projectgebied worden beschouwd.

Dimensionering van kwelschermen is gebaseerd op de rekenregels van Lane.

3.8 Microstabiliteit

Bij dijken met een kleikern speelt microstabiliteit (opdrukken en afschuiven van de bekleding) niet. Voor dijken met een zandkern is de controle van opdrukken en afschuiven van de kleibekleding op het binnentalud uitgevoerd conform de rekenregels uit Technisch Rapport Waterkerende Grondconstructies (TRWG). Bij een dikte van de kleilaag van 1,2 m en een taludhelling van 1:3, bedraagt het maximaal toelaatbare stijghoogte-/grondwaterstandsverschil ten opzichte van bovenkant bekleding (Δh) 1,5 m. In het voorliggende ontwerp wordt deze grenswaarde nergens overschreden.

De berekeningsresultaten zijn weergegeven in bijlage 5.

3.9 Voorlandstabiliteit

Het faalmechanisme stabiliteit voorland (STVL) bestaat uit twee deelsporen, te weten zettingsvloeiing (ZV) en afschuiving (AF). Beiden zijn meegenomen in de beoordeling. Bij de tracékeuze is rekening gehouden met zowel bestaande geulen als de nieuw aan te leggen geulen.

Conform het Voorschrift Toetsen op Veiligheid, katern 9 is voldoende afstand tot de ingravingen gehouden zodat de stabiliteit van het voorland is gewaarborgd. Voor de betreffende dijkvakken is de analyse opgenomen in de factsheets in bijlage 7.

3.10 Kabels en leidingen

De bestaande kabels en pijpleidingen, die in de nabijheid van de dijktracés liggen, zijn door het projectbureau geïnventariseerd en op tekening weergegeven.

Bij het opstellen van het schetsontwerp is bij leidingen die de veiligheid van de waterkering bedreigen gekeken of alternatieve dijktracés mogelijk zijn, zodat het verleggen van de leidingen kan worden voorkomen. Hierbij is een veilige afstand van circa 20 m aangehouden tussen de bestaande kabels en leidingen en de (nieuwe) dijk.

In de huidige fase is niet verder in detail naar de kabels en leidingen gekeken. Dit moet in een volgende fase verder worden uitgewerkt.

Wanneer het verleggen van de dijk tracés niet tot de mogelijkheden behoort, moet worden gedacht aan alternatieve maatregelen, zoals:

- Verleggen van de leidingen.
- Plaatsen van een erosiescherm tussen de pijpleiding en de dijk. Dit scherm voorkomt dat erosie door een calamiteit aan de leiding de waterkering aantast. In geval van een erosiekrater zal het scherm dienst doen als tijdelijke grondkering.
- Aanbrengen van een erosiebestendige verzonken harde bekleding. Hierbij kan gedacht worden aan bijvoorbeeld een verzonken talud met breuksteen bekleding en eventuele filterlaag of geotextiel. Deze bekleding bevindt zich onder het maaiveld en heeft dezelfde werking als het erosiescherm.

In dit geval van het ontstaan van een erosiekrater houdt de verzonken bekleding het talud van de dijk instant en voorkomt verder gaande erosie richting de dijk.

- Aanbrengen van gestabiliseerde grond door middel van Mixed-in-Place technieken.
- Versterken van leidingen.

3.11 Overige NWO's

3.11.1 Kelders

Kelders zijn vooralsnog buiten beschouwing gelaten. In een later stadium zal moeten worden onderzocht of en waar er kelders aanwezig zijn. Er is nu vanuit gegaan dat de aanwezigheid van een eventuele kelder geen invloed heeft op het tracé en ruimtebeslag van de te beschouwen dijkvakken. Indien er kelders aanwezig blijken te zijn, zijn mogelijk lokaal maatregelen nodig om de eventueel negatieve invloed van de kelder op de waterkering duurzaam te voorkomen.

Vooralsnog is geen extra PIP-ruimte gereserveerd in de buurt van bebouwing.

3.11.2 Bomen/Vegetatie

Uitgangspunten Ten aanzien van bomen zijn als volgt:

- Bomen zijn niet toegestaan in de kernzone en invloedzone van de kering. Tot de kernzone van de kering behoren in ieder geval de waterkering, de stabiliteits- en/of pipingberm en de lengte waarover de kleibekleding in het voor- en achterland worden doorgezet (uitloopstroken). De invloedzone wordt bepaald door erosie. Dit wordt hieronder nader toegelicht.
- Als gevolg van het omvallen van een boom ontstaat er een erosiekuil, die de kernzone niet mag raken. Voor de erosiekuil is uitgegaan van een gat van 1 m diep en 2 m uit het hart van de boom (diameter dus 4 m, conform VTV2011). De rand van de erosiekuil zal, door water dat over de dijk stroomt/gutst, weg eroderen onder een taludhelling van 1:4 in geval van klei en 1:7 in geval van zand.
- In het geval er bestaande bomen op het maaiveld staan wordt het volgende aangehouden:
 - grond die erodeert zal de kuil ook weer deels opvullen. Aangenomen is dat het evenwichtstalud dat resteert ter hoogte van de rand van de ontgrondingskuil de helft van de kerende hoogte bedraagt;
 - bij een zandige ondergrond dient zodoende de minimale afstand tot de kernzone: $2\text{ m} + (0,5\text{ m} \times 7\text{ m}) = 5,5\text{ m}$ te bedragen;
 - in het geval de ondergrond uit klei bestaat, bedraagt deze afstand ca. 4 m.
- Bij kleine kerende hoogtes (tot 1 m à 1,5 m) is waarschijnlijk geen stabiliteitsberm nodig, maar wordt de kleibekleding binnendijs 2,5 m doorgezet. Bestaande bomen en vegetatie op een afstand van minimaal $(2,5 + 5,5 =) 8,0\text{ m}$ uit de teenlijnen van de kering kunnen in dat geval worden gehandhaafd.
- Als het nieuwe bomen betreft die op een terpie van 0,5 m boven maaiveld worden aangelegd wordt de bovengenoemde afstand korter, te weten: $2 + 1,75\text{ m} = \text{ca. } 3,75\text{ m}$.
- op een pipingberm mogen alleen bomen staan wanneer voldoende overhoogte (1m extra) aanwezig is en een minimale afstand van 8 meter tot de kering wordt gerespecteerd.

4 AANSLUITING OP BESTAANDE WATERKERING(EN)/HOGE GRONDEN

De waterkering dient qua hoogte en profiel aan te sluiten op hoge gronden of aansluitende dijktrajecten.
Waar de primaire waterkering op de hoge grond moet aansluiten dient een lijn getrokken te worden vanaf de kruinhoogte van de primaire waterkering naar de hoge grond.

In het projectgebied Ooijen & Wanssum zijn aansluitingen op naastgelegen dijktrajecten niet aan de orde omdat het tracé uit gesloten dijktringen bestaat of aansluit op hoge gronden. Enige uitzondering hierop betreft de geplande uitbreiding van de bestaande (industrie)haven van Wanssum. De dijken van gebiedsontwikkeling Ooijen&Wanssum moeten in de toekomst aansluiten op de dijken die onderdeel uitmaken van de haven-uitbreiding. Aangezien het ontwerp van de havenuitbreiding inclusief de dijken nog niet beschikbaar is, is het ontwerp van de aansluiting een aandachtspunt voor de vervolgfase.

De bekleding van de dijk (klei) dient bij de aansluiting op de hoge grond zowel binnen- als buitendijs tot kruinhoogte te worden doorgezet en minimaal 1,2 m in de hoge grond door te lopen. Tevens dient buitendijs de kleibekleding tot kruinhoogte parallel aan de hoge grond te worden doorgezet over de gehele breedte van de voorlandverbetering. Dit laatste is nodig om kortsluiting in het voorland en daarmee risico op piping te voorkomen.

Indien in verband met mogelijk optreden van piping een voorlandverbetering is voorzien aan de buitenzijde van de dijk, dan zal deze klei-ingraving ook bij de aansluiting op de hoge grond moeten worden doorgezet tot kruinhoogte-niveau. In bijlage 4 is de aansluiting op hoge gronden schematisch weergegeven. Ondanks dat er in de overzichtskaarten ruimte is gereserveerd, zijn de aansluitingen op hoge gronden niet in detail ontworpen. Hier dient in de vervolgfases aandacht aan besteed te worden.

In het projectgebied komen ook diverse lokale hooggelegen gronden voor, waar de waterkering doorheen loopt. Deze zijn vaak beperkt van omvang en hebben een beperkte overhoogte boven kruinniveau. Ten aanzien van deze lokale hoogtes geldt dat het naastgelegen dijkprofiel (inclusief de kleibekleding) onder de lokale hoogtes dient door te lopen. Daartoe dienen de lokale hoogtes (tijdelijk) ontgraven te worden. Na realisatie van de dijk kan de lokale hoogte hersteld worden. Een aandachtspunt hierbij is dat onderhouds- en calamiteitenvoertuigen op maaiveld-/kruinniveau door kunnen rijden over de lokale hoogten. Indien nodig dienen hiertoe aanvullende maatregelen getroffen te worden.

5 BIJZONDERE WATERKERENDE CONSTRUCTIES

In dit rapport worden alleen de groene dijken behandeld.

De bijzondere waterkerende constructies, zoals keerwanden, demontabele keerwanden en kwelschermen dienen in de vervolgfasen verder te worden uitgewerkt.

Op de overzichtskaarten in bijlage 8 zijn de locaties waar harde keringen gepland zijn wel ingetekend, maar het gaat hier enkel om een tracévoorstel. Er ligt geen ontwerp aan ten grondslag.

In Geijsteren is bijvoorbeeld het tracé van de bestaande keerwanden gevolgd, maar het is niet evident dat de bestaande keerwanden hergebruikt kunnen worden. De status van de huidige keerwanden is onbekend. Tevens is niet bekend of er kwelschermen aanwezig zijn onder de bestaande keerwanden. Naar verwachting dienen de bestaande keerwanden in zijn geheel vervangen te worden. In Broekhuizen zullen de harde keringen moeten aansluiten op de coupure. De keuze voor de ligging van de coupure zal het tracé van de harde keringen beïnvloeden. Dit soort keuzes zijn nog niet gemaakt.

Dientengevolge zal op deze locaties in het PIP veel meer ruimte beschikbaar gesteld moeten worden om de aannemer de vrijheid te geven een optimaal tracé te kunnen kiezen en een gedegen ontwerp te kunnen maken.

Vanuit beheer en onderhoud (Waterschap) dient rondom de harde keringen ten minste ruimte gereserveerd te worden voor een beheerstrook/obstakelvrije zone binnendijs (4,0 m breed en 10,0 m hoog) en een obstakelvrije zone buitendijs (2,0 m breed).

6 WATERKERENDE KUNSTWERKEN

In dit rapport worden alleen de groene dijken behandeld. Waterkerende Kunstwerken, zoals uitwateringsconstructies, duikers en coupures dienen in de vervolgfasen verder te worden uitgewerkt. Vooralsnog is alleen een coupure voorzien ter hoogte van de aansluiting van de Veerweg op de Hoogstraat te Broekhuizen en een coupure ter hoogte van de botenhelling in de jachthaven te Wanssum. De drempelhoogte bij deze coupures dient zo hoog mogelijk gelegd te worden.

7 AANDACHTSPUNTEN VOOR VOLGENDE FASE EN UITVOERING

Onderstaande aspecten zijn aandachtspunten voor de uitvoering, de gepresenteerde lijst pretendeert geenszins compleet te zijn.

Om uitvoeringstechnische redenen is het aan te raden om het werkgebied minimaal 1,0 m voorbij kleibekleding/stabiliteitsberm te leggen, en 2,0 m voorbij de voorlandverbetering om deze in te kunnen graven/aan te kunnen leggen.

Voor het aanbrengen van de voorlandverbetering (in den droge) zal in veel gevallen een tijdelijke bemaling nodig zijn. Hiervoor dienen vergunningen aangevraagd te worden.

Het aanbrengen van de bekleding op het kernmateriaal (ongeacht of dit uit zandig of kleiig materiaal bestaat) dient trapsgewijs te gebeuren, waarbij maximale trapgroottes van 30 cm dienen te worden gehanteerd.

Verdichting dient te geschieden volgens eisen conform RAW.

Het ontwerp van weglichamen en onderhoudspaden is in deze fase buiten beschouwing gelaten. Met name dient aandacht besteed te worden aan het ontwerp van wegovertgangen en de aansluiting van de kleibekleding en voorlandverbetering op asfalt en wegfundering. Dergelijke overgangen zijn bijzonder erosiegevoelig en dienen daarom met zorg te worden ontworpen. Enkele aandachtspunten zijn reeds benoemd in paragraaf 3.4 en geschetst in bijlage 4.

Aandacht dient te worden besteed aan het ontwerp van de aansluitingen op hoge gronden en de geplande uitbreiding van de industriehaven Wanssum, zie hiervoor de aspecten benoemd in hoofdstuk 4.

Aandacht dient te worden besteed aan ontwatering/drainage van de dijk kern ter voorkoming van wateroverdrukken achter de bekleding. Dit is ook een aandachtspunt bij de bestaande waterkeringen, waarvan de kern blijft gehandhaafd, hier kunnen zandscheggen (insluitingen van zand in de waterkering) aanwezig zijn die ongewenst zijn. Het is aan te raden deze zandscheggen te verwijderen of te draineren. Drainagevoorzieningen zijn in principe niet wenselijk in het dijkontwerp. Wanneer deze onvermijdelijk zijn, dan dienen deze constructies zo robuust te worden ontworpen en uitgevoerd zodat ze onderhoudsvrij zijn gedurende de levensduur van de dijk.

De grond die wordt gebruikt voor de aanleg van de groene dijken dient schone grond te zijn.

Indien bij de werkzaamheden in de bestaande te versterken dijken dijkvreemde materialen worden aangetroffen, zoals puin, big bags, metselwerk etc., dient dit verwijderd te worden.

De materialen die gebruikt worden voor de bijzondere waterkerende constructies en waterkerende kunstwerken dienen nieuw te zijn.

Er is vastgesteld dat er een risico bestaat op erosie van onbeschermde zandbodems in het voorland en de geulen als gevolg van hoge stroomsnelheden van het Maaswater. Erosie van het voorland en geulen kan de stabiliteit van de dijken in gevaar brengen. Dit aspect dient in de vervolgfases nader uitgezocht te worden, waarbij tevens passende maatregelen dienen te worden genomen om de stabiliteit van de dijken te waarborgen.

In het project dient geregeld te worden dat de nieuwe en gewijzigde dijkeringen in de Waterwet worden opgenomen.

8 OMGEVINGSBEINVLOEDING

Nader uitwerken in volgende fase.

9 OVERIGE ASPECTEN

9.1 Onderhoud

De dijk wordt na aanleg ingezaaid met gras en frequent gemaaid. Opschot van bomen of struiken op het buitentalud, de kruin en het binnentalud en eventuele bermen dient regelmatig verwijderd te worden.

9.2 Beschermingszone en buitenbeschermingszone

In het ontwerp is de beschermingszone gedefinieerd als een zone van 20 m uit het ruimtebeslag voor de keringen of zoveel meer als de breedte van de voorlandverbetering plus 2 m. De buitenbeschermingszone is gedefinieerd als een zone van 20 m uit de beschermingszone.

9.3 Keur

In de keur zijn begrippen, verboden en beperkingen opgenomen ten aanzien van gebruik van de kernzone, beschermingszone en buitenbeschermingszone. Voor de pipingberm geldt in ieder geval dat het gewicht van de berm altijd aanwezig moet blijven, graverij is daarom niet toegestaan.

10 LITERATUUR EN DOCUMENTATIE

10.1 Rapporten en tekeningen Royal HaskoningDHV

1. Kansrijke tracé-varianten primaire waterkeringen Ooijen-Wanssum, definitief rapport met kenmerk 9Y3672.A0/R0004/902717/JEBR/Nijm d.d. 9 september 2013.

10.2 Normen en richtlijnen

- [L1] Waterwet, Staatsblad 2009 490, 's Gravenhage, 20 november 2009.
- [L2] NEN-EN1997-1:2012, Eurocode 7: Geotechnisch ontwerp-deel 1: Algemene Regels
- [L3] ENW, Leidraad Rivieren, ISBN 978-90-369-1408-6, 's -Gravenhage, juli 2007.
- [L4] ENW, Addendum I bij de Leidraad Rivieren t.b.v. het ontwerpen van rivierdijken.
- [L5] ENW, Technisch Rapport Ontwerpbelastingen voor het rivierengebied, ISBN 978-90-369-1409-3 's -Gravenhage, juli 2007.
- [L6] ENW, Addendum bij het Technisch Rapport Waterkerende Grondconstructies, ISBN 978-90-369-1411-6 's -Gravenhage, juli 2007.
- [L7] Deltares, Ontwerp stabiliteitsschermen in primaire waterkeringen, ontwerprichtlijn, kenmerk 1205887-000-GEO-0005, mei 2012.
- [L8] Deltares, Ontwerp stabiliteitsschermen in primaire waterkeringen, achtergronddocument bij ontwerprichtlijn, kenmerk 1205887-000-GEO-0006, mei 2012.
- [L9] TAW, Technisch Rapport Waterkerende Grondconstructies, ISBN 90-369-3776-0, kernmerk P-DWW-2001-035, Delft, juni 2001.
- [L10] TAW, Technisch Rapport Waterspanningen bij Dijken, ISBN 90-369-5565-3, kenmerk DWW-2004-057, Delft, september 2004.
- [L11] TAW, Technisch Rapport Zandmeevoerende Wellen, Delft, maart 1999.
- [L12] Rijkswaterstaat – Waterdienst en Arcadis, "Stappenplan schematiseringsfactor" nr. 074497336:A, d.d. 11 juni 2010.
- [L13] TAW, Technisch Rapport Actuele Sterkte van dijken, Delft, 27 maart 2009. Ministerie van Verkeer en Waterstaat, Voorschrift toetsen op veiligheid, september 2007.

10.3 Projectdocumenten

- [1] Ontwerpkader nog aan te Leggen Maaskaden – Het ontwerpen van overstroombare waterkeringen met een norm van 1/250 per jaar, binnen het project Maaswerken met kenmerk VenW/DGW-2010/1187, definitief d.d. 27 september 2010;
- [2] Resultaten grondonderzoek uitgevoerd door MOS Grondmechanica met kenmerken R1301052-**HE2**, R1301052-**HE4**, R1301052-**HE2**, R1301052-**HE3**, R1301052-**HE3**, R1301052-**HE5**.

