



Pilotstudie Groene Dollard Dijk

Een verkenning naar de haalbaarheid van een brede groene dijk met flauw talud en een voorland van kwelders

Alterra-rapport 2437
ISSN 1566-7197

J.M. van Loon-Steensma en H.A. Schelfhout

Pilotstudie Groene Dollard Dijk

Dit onderzoek is uitgevoerd binnen het kader van BO Deltaprogramma Waddengebied (Ministerie van EZ), het Corporate Innovatie Programma (RWS) en het Kennisbasisonderzoek 'Duurzame ontwikkeling van de groenblauwe ruimte' (Ministerie van EZ) en is mede gefinancierd door het Waterschap Hunze en Aa's en het Programma naar een Rijke Waddenzee.

Projectcode Alterra: BO-11-015-012, KB-14-001-017

Projectcode Deltares: 18050-000-ZKS-0004

Pilotstudie Groene Dollard Dijk

Een verkenning naar de haalbaarheid van een brede groene dijk met flauw talud en een voorland van kwelders

J.M. van Loon-Steensma¹ en H.A. Schelfhout²
m.m.v. R. Reintsema³, E. Jolink⁴ en H. van der Leij⁴

- 1 Wageningen University en Research centrum
- 2 Deltares
- 3 Rijksuniversiteit Groningen (student Water and Coastal Management)
- 4 Waterschap Hunze en Aa's

Alterra-rapport 2437

Deltares rapport: 18050-000-ZKS-0004

Alterra Wageningen UR
Wageningen, 2013

Referaat

J.M. van Loon-Steensma en H.A. Schelfhout, 2013. *Pilotstudie Groene Dollard Dijk; een verkenning naar de haalbaarheid van een brede groene dijk met flauw talud en een breed voorland*. Wageningen, Alterra, Alterra-rapport 2437; Deltares: 18050-000-ZKS-0004. 102 blz.; 50 fig.; 37 tab.; 16 ref.

In dit rapport worden de mogelijkheden voor een Groene Dollard Dijk verkend. Deze dijken hebben een met gras bekleed flauw buitentalud dat op natuurlijke wijze overgaat in de voorliggende kwelders. Door het golfreducerend vermogen van het kweldervoorland en een verflauwd dijkstalud, is er geen harde bekleding nodig op het buitentalud. Het waterschap wil de Groene Dollard Dijk graag als (voorkeurs)variant meenemen in de MER-procedure voor de komende dijkversterking. Het blijkt dat een brede groene dijk weliswaar meer ruimte vraagt, maar toch nog binnen de huidige beheerzone van de dijk kan worden gerealiseerd. Wel zijn er nog diverse vragen over mogelijkheden om de benodigde grond op een duurzame en natuurvriendelijke manier te winnen, het effect van de brede groene dijk op natuurwaarden, de aanleg- en beheerkosten en het draagvlak.

Trefwoorden: Brede groene dijk, Dollard, Voorland

Dit rapport is gereviewed door prof. Pier Vellinga (Wageningen UR).

ISSN 1566-7197

Dit rapport is gratis te downloaden van www.wageningenUR.nl/alterra (ga naar 'Alterra-rapporten'). Alterra Wageningen UR verstrekt geen gedrukte exemplaren van rapporten. Gedrukte exemplaren zijn verkrijgbaar via een externe leverancier. Kijk hiervoor op www.rapportbestellen.nl.

© 2013 Alterra (instituut binnen de rechtspersoon Stichting Dienst Landbouwkundig Onderzoek)
Postbus 47; 6700 AA Wageningen; info.alterra@wur.nl

- Overname, verveelvoudiging of openbaarmaking van deze uitgave is toegestaan mits met duidelijke bronvermelding.
- Overname, verveelvoudiging of openbaarmaking is niet toegestaan voor commerciële doeleinden en/of geldelijk gewin.
- Overname, verveelvoudiging of openbaarmaking is niet toegestaan voor die gedeelten van deze uitgave waarvan duidelijk is dat de auteursrechten liggen bij derden en/of zijn voorbehouden.

Alterra aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele schade voortvloeiend uit het gebruik van de resultaten van dit onderzoek of de toepassing van de adviezen.

Alterra-rapport 2437; Deltares: 18050-000-ZKS-0004
Wageningen, Delft, juli 2013

Inhoud

Samenvatting	7
Voorwoord	11
1 Inleiding	13
1.1 Aanleiding	13
1.2 Dijken langs de Dollard	14
1.3 Doel van de verkenning	16
1.4 Werkwijze en leeswijzer	16
2 Achtergrondinformatie	17
2.1 De Dollard	17
2.2 Historie Dollardgebied	18
2.3 Gebied achter de dijk	19
2.4 Sedimenthuishouding in de Dollard	21
2.5 Kwelders in de Dollard	22
3 Dijken langs de Dollard in Duitsland	25
3.1 Historie	25
3.2 Kenmerken van de groene dijk langs de Dollard	27
3.3 Grondwinning	28
3.4 Kwelders voor de dijk	29
3.5 Verantwoordelijkheden	29
3.6 Beheer en onderhoud	31
4 Groene dijk in Friesland	33
4.1 Inleiding	33
4.2 Uitgangspunten ontwerp	34
4.3 Kenmerken dijkprofiel	34
4.4 Beheer en onderhoud	35
5 Waterkeringsaspecten Dollarddijken	37
5.1 Introductie	37
5.2 Kenmerken van de bestaande dijk	38
5.2.1 Traject met dijkvakken	38
5.2.2 Dwarsprofielen	39
5.2.3 Waterkeringszones en eigendomsgrens	40
5.3 Veiligheidstoetsing huidige dijk	41
5.3.1 Uitgangspunten en randvoorwaarden 3 ^e toetsronde	41
5.3.2 Resultaten 3 ^e toetsronde	42
5.3.3 Nieuwe hydraulische randvoorwaarden	43
5.3.4 Geactualiseerde kruinhoogtetoets op basis van HR-2015	43
5.4 Dijkontwerpen gericht op de toekomst	45
5.4.1 Ontwerp van de Traditionele Dijk en de Brede Groene Dijk (Groene Dollard Dijk)	45

5.4.2	Hydraulische randvoorwaarden in een veranderend klimaat	46
5.4.3	Rekenparameters voor het ontwerp	46
5.5	Traditionele Dijk - Basisontwerp 2050	47
5.5.1	Hydraulische randvoorwaarden Basisontwerp 2050	47
5.5.2	Minimaal vereiste kruinhoogte Traditionele Dijk (Basisontwerp 2050)	48
5.5.3	Ruimtebeslag Traditionele Dijk (Basisontwerp 2050)	48
5.5.4	Indicatieve kosten Traditionele Dijk (Basisontwerp 2050)	49
5.6	Groene Dollard Dijk - Basisontwerp 2050	50
5.6.1	Hydraulische randvoorwaarden Basisontwerp 2050	50
5.6.2	Minimaal vereiste kruinhoogte Groene Dollard Dijk (Basisontwerp 2050)	50
5.6.3	Ruimtebeslag Groene Dollard Dijk (Basisontwerp 2050)	51
5.6.4	Indicatieve kosten Groene Dollard Dijk (Basisontwerp 2050)	51
5.7	Vergelijking Basisontwerp Traditionele Dijk - Groene Dollard Dijk	52
5.7.1	Kruinhoogten	52
5.7.2	Kernzone	53
5.7.3	Dwarsprofielen Basisontwerp 2050 per dijkvak	54
5.7.4	Indicatieve kosten	55
5.8	Robuustheid van de Traditionele Dijk en de Groene Dollard Dijk	55
5.8.1	Kruinhoogte	55
5.8.2	Ruimtebeslag	56
5.9	Uitbreidbaarheid Traditionele Dijk - Groene Dollard Dijk	56
5.9.1	Kruinhoogte	56
5.9.2	Ruimtebeslag	56
5.10	Vergelijking Traditionele Dijk - Groene Dollard Dijk als Deltadijk	56
5.10.1	Kruinhoogte	57
5.10.2	Ruimtebeslag	57
5.11	Bevindingen en aanbevelingen	57
	<i>Aanbevelingen:</i>	59
6	Belangrijkste uitkomsten symposium	61
7	Meerwaarde en multifunctionaliteit van de Groene Dollard Dijk	63
8	Bevindingen en vervolg	67
	Literatuur	69
Bijlage 1	Gesprekken met Duitse deskundigen	71
Bijlage 2	Symposium Groene Dollard Dijk	73
Bijlage 3	Resultaten extra berekeningen traditionele dijk	87
	Traditionele Dijk als Deltadijk	90
Bijlage 4	Resultaten extra berekeningen Groene Dollard Dijk	93
	Robuustheid Groene Dollard Dijk	93
	Uitbreidbaarheid Groene Dollard Dijk	96
	Groene Dollard Dijk als Deltadijk	98

Samenvatting

In dit rapport worden de mogelijkheden voor een Groene Dollard Dijk verkend. De Dollard is een zeeboezem van ongeveer 10 x 10 km op de grens van Groningen (Nederland) en Oost-Friesland (Duitsland), en maakt deel uit van het estuarium van de rivier de Eems. Via de Waddenzee staat de Dollard in verbinding met de Noordzee. Het buitendijkse gebied, waaronder zo'n 1000 ha kwelders, wordt zowel aan Nederlandse als aan Duitse zijde beschermd als onderdeel van het Natura 2000-gebied Waddenzee.

De dijken langs het Nederlandse deel van de Dollard moeten worden aangepast omdat in de derde toetsronde de bekleding op het buitentalud als onvoldoende is beoordeeld. Het voor de volgende toetsronde (2017) aanpassen van de hydraulische randvoorwaarden aan de verwachte effecten van klimaatverandering kan tot aanvullende opgaven leiden. Het waterschap Hunze en Aa's is daarom op zoek naar een duurzame, klimaat-robuuste en efficiënte manier om de Dollard Dijk te versterken, waarbij rekening wordt gehouden met de belangrijke natuurwaarden en landschappelijke kwaliteiten en de voor het gebied kenmerkende omstandigheden en opgaven. Daarbij komt het concept van een brede groene dijk (de Groene Dollard Dijk) in beeld. Dit dijkconcept is geënt op de brede Duitse dijken langs het aangrenzende Duitse deel van de Dollard. Deze dijken hebben zo'n breed voorland en zo'n flauw buitentalud dat onder normale omstandigheden de golven worden gedempt in het voorland. Alleen bij verhoogde waterstanden tijdens stormachtige omstandigheden (hooguit enkele tientallen malen per jaar) bereiken de dan al enigszins gedempte golven de dijk. Bovendien breken de golven in de waterlaag van de teruglopende vorige golven. Een voldoende hoge dijk met een flauw buitentalud en een goed onderhouden grasmat en dikkere kleilaag kan deze kortstondige golfaanval zonder noemenswaardige schade weerstaan. Bij een voldoende brede kwelder en een flauw buitentalud is een harde bekleding overbodig. Ook in Fryslân ligt een groene dijk van ca. 12,5 km lengte (op het traject Noorderleegpolder tot Westholwerderpolder in Ferwerderadeel).

Het waterschap wil de Groene Dollard Dijk als (voorkeurs)variant meenemen in de MER-procedure voor de komende dijkversterking. Duurzaamheid is daarbij een belangrijk aandachtspunt. Dit geldt niet alleen voor de veiligheid maar bijvoorbeeld ook voor de winning van grond die nodig is voor de dijkversterking. Daarover zijn nog vele vragen, evenals over de technische aspecten, het ruimtebeslag, effecten op de natuur, draagvlak, aanleg- en beheerkosten, etc. Als eerste stap heeft het waterschap een voorverkenning geïnitieerd naar de haalbaarheid van de Groene Dollard Dijk, met de bedoeling om zicht te krijgen op de belangrijkste kenmerken, randvoorwaarden en vragen die in een volgende stap nader moeten worden onderzocht. Het waterschap verwacht dat kan worden geleerd van de ervaringen in Duitsland.

Het initiatief van het Waterschap Hunze en Aa's om de mogelijkheden voor een Groene Dollard Dijk als innovatieve manier van dijkversterking te verkennen, sluit aan bij het Deltaprogramma Waddengebied. Het doel van het Deltaprogramma Waddengebied is om te onderzoeken hoe de waterveiligheid van het Waddengebied op de lange termijn kan worden verzekerd met behoud van natuur en landschappelijke kwaliteit. Omdat het brede groene dijkconcept kansen biedt voor het combineren van de waterkerende functie met andere functies draagt de studie bij aan het thema Multifunctionele Waterkeringen van het Corporate Innovatie Programma van Rijkswaterstaat (Ministerie van I&M) en het onderzoek naar duurzame ontwikkeling van de groenblauwe ruimte in het Kennisbasisonderzoek (Ministerie van EZ). Ook sluit de studie aan bij de ambitie van het Programma naar een Rijke Waddenzee om zachtere overgangen tussen het wad en de vaste wal te realiseren.

Naast achtergrondinformatie over het gebied worden in het rapport de kenmerken van en de ervaringen met de brede Duitse dijken beschreven. De brede dijk is in Duitsland de traditionele dijk. De dijk langs de Dollard

vanaf Nieuwe Statenzijl tot aan Pogum, is qua profiel tamelijk homogeen. De dijkhoogte (variërend van 9,07 tot 10,18 m +NN) is hoger dan de dijkhoogte van de huidige dijk langs het Nederlandse deel van de Dollard (variërend van 7,75 tot 9,30 m +NAP). Het buitentalud is 1:6. Op ongeveer 4 m +NN is een berm aangelegd met een weg (bekleed met doorgroeiëstenen) om het aangespoelde veek af te voeren. Het binnentalud is 1:3 en er is een binnenberm met een onderhoudsweg. De kwelder voor de dijk is tussen de 150-500 m breed. Op die plaatsen waar de kwelder smal is, is een rand van stortsteen aangebracht om afslag van de kwelderrand te voorkomen.

In de studie is ook de minimaal vereiste kruinhoogte en het ruimtebeslag voor twee dijkconcepten onderzocht:

1. Traditionele Dijk met grasbekleding op het boventalud (1:7) en asfaltbekleding op het ondertalud (1:4); dit is het referentie-ontwerp.
2. Groene Dollard Dijk met grasbekleding op het hele buitentalud (1:7).

Daarnaast is gekeken naar de uitvoering van beide concepten als:

3. Deltadijk (tien maal veiliger).

Dit is gedaan voor drie klimaatscenario's van het Deltaprogramma met een tijdhorizon tot 2050 of tot 2100, waarbij de volgende uitgangspunten zijn gehanteerd:

- Basisontwerp (2050 met 0,35 m zeespiegelstijging).
- Robuust ontwerp (2100 met 0,60 m zeespiegelstijging).
- Uitbreidbaarheid (2100 met 0,85 m zeespiegelstijging en 10% hogere windsnelheden).
- Deltadijk (tien maal veiliger; 2100 met 0,60 m zeespiegelstijging).

Uit de indicatieve berekeningen (basisontwerp) komt naar voren dat de vereiste aanleghoogte voor de kruin van de Groene Dollard Dijk en de Traditionele Dijk nagenoeg gelijk is, maar dat bij de Groene Dollard Dijk de kernzone zo'n 9 m zeewaarts verschuift ten opzichte van de Traditionele Dijk. Wel blijft de kernzone van de Groene Dijk nog binnen de beheerzone van de huidige dijk, en gaat de aanleg van een Groene Dollard Dijk niet ten koste van kwelderareaal. Door toepassing van grasbekleding op een verflauwd ondertalud en een dikkere kleilaag in plaats van asfaltbekleding is aanpassing van het buitentalud van De Groene Dollard Dijk zo'n € 0,8 miljoen per km goedkoper dan het aanpassen van het buitentalud van de Traditionele Dijk. Deze kosten zijn slechts indicatief en er is geen rekening gehouden met kosten van maatregelen ter verbetering van de binnenwaartse stabiliteit en piping, of andere kosten.

De robuustheid van beide ontwerpen is min of meer gelijkwaardig, maar door de flauwere taludhelling van de Groene Dollard Dijk is de buitenwaartse stabiliteit van dit concept beter. Een robuust ontwerp van de Groene Dollard Dijk leidt tot een extra zeewaartse verschuiving van de kernzone van 9 m tot 12 m.

Als beide ontwerpen worden uitgevoerd als Deltadijk is de extra zeewaartse verschuiving van de kernzone 10 m tot 15 m.

Bij een Groene Dollard Dijk maakt het kweldervoorland integraal onderdeel uit van de veiligheidsstrategie: dijk en kwelder zijn met elkaar verbonden. Wel is afstemming van doelstellingen voor het beheer van de kwelder vanuit kustbescherming en natuurbeheer een belangrijk aandachtspunt. Overleg en samenwerking met de diverse betrokkenen is daarom belangrijk (waarbij kan worden geleerd van de ervaringen in Duitsland).

Voor de Groene Dollard Dijk is bijna twee maal zoveel afdekklei nodig dan voor de Traditionele Dijk. De kosten daarvan zijn sterk afhankelijk van de beschikbaarheid van geschikte klei en de transportafstand. Er zijn waarschijnlijk mogelijkheden om lokaal afdekklei te winnen (bijvoorbeeld via slibvang). Dit moet echter nader worden onderzocht. Daarbij moet ook aandacht zijn voor de kwaliteit (na rijping in depots) van de gewonnen klei.

De pilot Groene Dollard Dijk geeft een unieke mogelijkheid om innovatieve maatregelen integraal te onderzoeken en modelmatig werk, veldobservaties en gedetailleerde proceskennis met elkaar te verbinden. Daarvoor is een multidisciplinair onderzoeksteam nodig, dat dijkversterking kan verbinden met ecologie, waterveiligheid, de sedimenthuishouding, eventuele andere functies en beheeraspecten.

In een vervolgtraject worden samen met de stakeholders de criteria, de beoordeling van de criteria en het gewicht van de criteria, nader in beeld gebracht. Daarbij hoort het benoemen van alle mogelijke functies die de dijk op deze locatie kan vervullen, en het kwantificeren van het effect van de Groene Dollard Dijk op deze functies ten opzichte van de Traditionele Dijkversterking. Op deze locatie (landelijk gebied) zal het vooral gaan om het combineren van de waterveiligheidsfunctie met de functies natuur, landschappelijke kwaliteit, cultuurhistorie, recreatie, maar ook de agrarische functie.

Voorwoord

Deze verkenning naar de haalbaarheid van een brede groene dijk langs het Nederlandse deel van de Dollard is in het najaar 2012 door het Waterschap Hunze en Aa's geïnitieerd. De studie maakt deel uit van het Deltaprogramma Waddengebied. De start van de studie werd door Erik Jolink en Henk van der Leij belegd op het uitkijkpunt nabij Nieuw Statenzijl. Hier sluiten de Nederlandse en Duitse dijk langs de Dollard op elkaar aansluiten (met de Westerwoldse Aa daartussen). De eerste stappen tot de studie zijn al een jaar eerder genomen door Kampe Lentz van Waterschap Hunze en Aa's. Hij heeft samen met belangrijke stakeholders uit het gebied een aantal nieuwe dijkconcepten voor de dijk langs de Dollard besproken. Bij zijn pensionering heeft hij zijn enthousiasme voor de brede groene dijk zoals bij de Oosterburen doorgegeven aan zijn collega's binnen het Waterschap Hunze en Aa's en andere betrokkenen.

De daadwerkelijk start van de verkenning werd mogelijk omdat naast het Deltaprogramma Waddengebied en het Waterschap Hunze en Aa's ook het Corporate Innovatie Programma van Rijkswaterstaat (thema Multifunctionele Waterkeringen), het Kennisbasisonderzoek Duurzame ontwikkeling groenblauwe ruimte van het ministerie van Economische Zaken (project Multifunctionele Klimaatrobuuste Waterkeringszones) en het Programma naar een Rijke Waddenzee bereid waren de studie te steunen. Hans Gerritsen (Deltaprogramma Waddengebied en Rijkswaterstaat) en Rick Hoeksema (Deltaprogramma Waddengebied en Rijkswaterstaat) speelden daarbij een rol, onder meer vanwege hun deelname in de projectgroep.

Een belangrijk deel van de informatie over de Duitse dijk is verzameld door Rob Reintsema die in het kader van zijn studie Water and Coastal Management aan de Rijksuniversiteit Groningen een aantal bezoeken heeft gebracht aan Duitse deskundigen. Maar ook de presentaties (in het Nederlands!) van Peter Spekker (Landskreis Leer) en Arnold Hensmann (NLWKN) over de ervaring in Duitsland tijdens het symposium vormden een belangrijke informatiebron. Joep Frissel en Maurice Paulissen van Alterra hebben (o.a. via een veldbezoek) informatie aangeleverd over de grasbekleding en de geschiedenis van de dijk langs de Dollard. Tenslotte willen we nog alle deelnemers aan het symposium noemen. Vanuit hun achtergrond en expertise hebben zij een aantal belangrijke aandachtspunten en vragen benoemd.

Jantsje van Loon
Harry Schelfhout
Erik Jolink
Henk van der Leij
Rob Reintsema

1 Inleiding

1.1 Aanleiding

Het Waterschap Hunze en Aa's heeft naar aanleiding van de resultaten van de derde toetsronde te maken met een veiligheidsopgave voor de dijken langs de Dollard. Ca. 80% van het dijktraject langs de Dollard is als onvoldoende beoordeeld, vooral door de onvoldoende sterkte van de grasbekleding in de golfklapzone (Hunze en Aa's, 2010). Het aanpassen van de hydraulische randvoorwaarden aan de verwachte effecten van klimaatverandering kan tot aanvullende opgaven leiden. Het waterschap Hunze en Aa's is daarom op zoek naar duurzame, klimaat-robuste en efficiënte manieren om de Dollarddijk te versterken, waarbij rekening wordt gehouden met voor dit gebied kenmerkende omstandigheden en opgaven.

Eind 2011 heeft het waterschap een bijeenkomst georganiseerd om met de belangrijkste stakeholders te praten over de toekomst van de Dollard Dijk, waarbij de hoofdvraag was: *Hoe kan de Dollard Dijk zo worden aangepast dat de dijk op een zo natuurvriendelijke mogelijke manier voldoet aan de wettelijke vastgestelde norm?* Voor deze bijeenkomst waren naast de traditionele manier vijf ontwerpen gemaakt om de deelnemers een beeld te geven van de mogelijkheden (Oranjewoud, 2011). Uit de bijeenkomst kwam naar voren dat er bij de aanwezige stakeholders een voorkeur is voor een zeewaartse oplossing. Het waterschap is zeer geïnteresseerd in het concept van een Groene Dollard Dijk. Dit concept is geënt op de brede Duitse dijken, die een flauw buitentalud met een grasbekleding hebben, dat op natuurlijke wijze overgaat in kwelders. Door het golfreducerend vermogen van het kweldervoorland en het flauwe dijktaalud, is op het buitentalud geen harde bekleding nodig.

Het waterschap wil de Groene Dollard Dijk als (voorkeurs)variant meenemen in de MER-procedure voor de komende dijkversterking. Duurzaamheid is daarbij een belangrijk aandachtspunt. Dit geldt niet alleen voor de veiligheid maar bijvoorbeeld ook voor de winning van klei die nodig is voor de dijkversterking. Kan klei uit de kwelders voor de dijk worden gebruikt? Kan sedimentatie voor kleiwinning worden gestimuleerd? Wat zijn mogelijke neveneffecten op de natuurwaarden van de kwelders (verjonging, of juist aantasting) en op het hele systeem in het Eems-Dollard estuarium. Kan het 'oogsten' van slib bijdragen aan het verlagen van de troebelheid en daarmee aan de waterkwaliteitsverbetering in de Dollard? Ook de mogelijkheid tot aanpassing van de brede groene dijk aan de effecten van klimaatverandering, de aanleg- en beheerkosten en de mogelijke meerwaarde zijn belangrijke aspecten. Daarnaast zijn er nog vragen over het dijkprofiel, het ruimtebeslag, de technische aspecten, de hoeveelheid grond die nodig is, tijdsfasering, wettelijk kader, draagvlak, effecten op natuur, etc. Als eerste stap heeft het waterschap een verkenning geïnitieerd naar de haalbaarheid van de Groene Dollard Dijk, met de bedoeling om zicht te krijgen op de belangrijkste randvoorwaarden en vragen. Het waterschap verwacht dat kan worden geleerd van de ervaringen in Duitsland.

Het initiatief van het Waterschap Hunze en Aa's om de mogelijkheden voor een Groene Dollard Dijk als innovatieve manier van dijkversterking te verkennen, sluit aan bij het Deltaprogramma Waddengebied. Het doel van het Deltaprogramma Waddengebied is om te onderzoeken hoe de waterveiligheid van het Waddengebied op de lange termijn verzekerd kan worden met behoud van natuur en landschappelijke kwaliteit. De verkenning naar de Groene Dollard Dijk vormt binnen het Deltaprogramma Waddengebied een vervolg op een verkennende studie naar de mogelijkheden voor innovatieve dijken in het Waddengebied (Van Loon-Steensma et al., 2012). Omdat het brede groene dijkconcept kansen biedt voor het combineren van de waterkerende functie met andere functies draagt de studie bij aan het thema Multifunctionele Waterkeringen van het Corporate Innovatie

Programma van Rijkswaterstaat (Ministerie van I&M) en het onderzoek naar duurzame ontwikkeling van de groenblauwe ruimte in het Kennisbasisonderzoek (Ministerie van EZ).

1.2 Dijken langs de Dollard

Zowel het Nederlandse als het Duitse achterland worden tegen overstroming vanuit de Dollard beschermd door dijken (figuur 1.1). In Nederland moeten deze dijken bestand zijn tegen extreme omstandigheden die eens per 4000 jaar voorkomen. Figuur 1.2 geeft een impressie van deze dijken langs het Nederlandse deel van de Dollard en figuur 1.3 van de dijken langs het Duitse deel van de Dollard. Zowel voor de dijk langs het Duitse deel van de Dollard, als voor het zuidelijk deel van de Nederlandse dijk langs de Dollard liggen kwelders (figuur 1.1).



Figuur 1.1

Dijken met kwelders langs de zuid- en ooststrand langs de Dollard (Nederland en Duitsland).



Figuur 1.2
 Dijken langs het Nederlandse deel van de Dollard (met op sommige plaatsen kwelders voor de dijk).



Figuur 1.3
 Dijken langs het Duitse deel van de Dollard (met een groen kweldervoorland).

1.3 Doel van de verkenning

Het doel van de verkenning is om een beter beeld te krijgen van de kenmerken, de randvoorwaarden, de haalbaarheid en de meerwaarde van een brede groene dijk langs het Nederlandse deel van de Dollard, en om daarnaast de belangrijkste vragen rond deze Groene Dollard Dijk te benoemen. Dit vormde input voor een symposium over de Groene Dollard Dijk waarin het idee aan een brede groep betrokkenen en geïnteresseerden is gepresenteerd en het draagvlak is verkend. Ook is de verkenning bedoeld om het concept van de Groene Dollard Dijk verder te brengen via bijvoorbeeld een voorstel voor een pilotstudie (inclusief praktijkproef rond het winnen van slib), inbreng bij het nHWBP, Deltaprogramma Waddengebied, Corporate Innovatie Programma of het Waddenfonds.

1.4 Werkwijze en leeswijzer

Er is begonnen om zoveel mogelijk achtergrond informatie te verzamelen over het gebied, inclusief over de kwelders en de slibhuishouding (hoofdstuk 2). Vervolgens is informatie verzameld over de brede groene dijk in Duitsland (hoofdstuk 3). Hiervoor is een verslag van een excursie uit 1991 gebruikt, en zijn door Rob Reintsema (student Water and Coastal Management aan de Rijksuniversiteit Groningen) gesprekken gevoerd met een aantal Duitse deskundigen (zie bijlage 1). Ook is informatie uit de presentaties tijdens het symposium verwerkt (zie bijlage 2). In hoofdstuk 4 wordt informatie gegeven over een vergelijkbare Groene Dijk in Fryslân. Om een beter beeld te krijgen van de haalbaarheid en de ruimtelijke impact zijn op basis van nieuwe interim hydraulische randvoorwaarden indicatieve berekeningen gemaakt voor de bepaling van de vereiste kruinhoogte van de Groene Dollard Dijk (hoofdstuk 5 en de bijlagen 3 en 4).

Om het concept van de Groene Dollard Dijk te presenteren, het draagvlak te verkennen en de mogelijke meerwaarde beter in beeld te krijgen, is op 25 januari 2013 een symposium georganiseerd voor een brede groep betrokkenen en geïnteresseerden (zie bijlage 2). Om te leren van de ervaringen met een brede groene dijk in Duitsland waren ook Duitse deskundigen uitgenodigd. Hoofdstuk 6 geeft de belangrijkste bevindingen van het symposium.

Hoofdstuk 7 gaat in op de meerwaarde van het brede groene dijkconcept ten opzichte van een traditionele versterking.

In hoofdstuk 8 worden tenslotte de belangrijkste bevindingen en aanbevelingen gegeven voor een vervolg.

2 Achtergrondinformatie

2.1 De Dollard

De Dollard is een zeeboezem van ongeveer 10 x 10 km op de grens van Groningen (Nederland) en Oost-Friesland (Duitsland), en maakt deel uit van het estuarium van de rivier de Eems. Via de Waddenzee staat de Dollard in verbinding met de Noordzee (figuur 2.1).



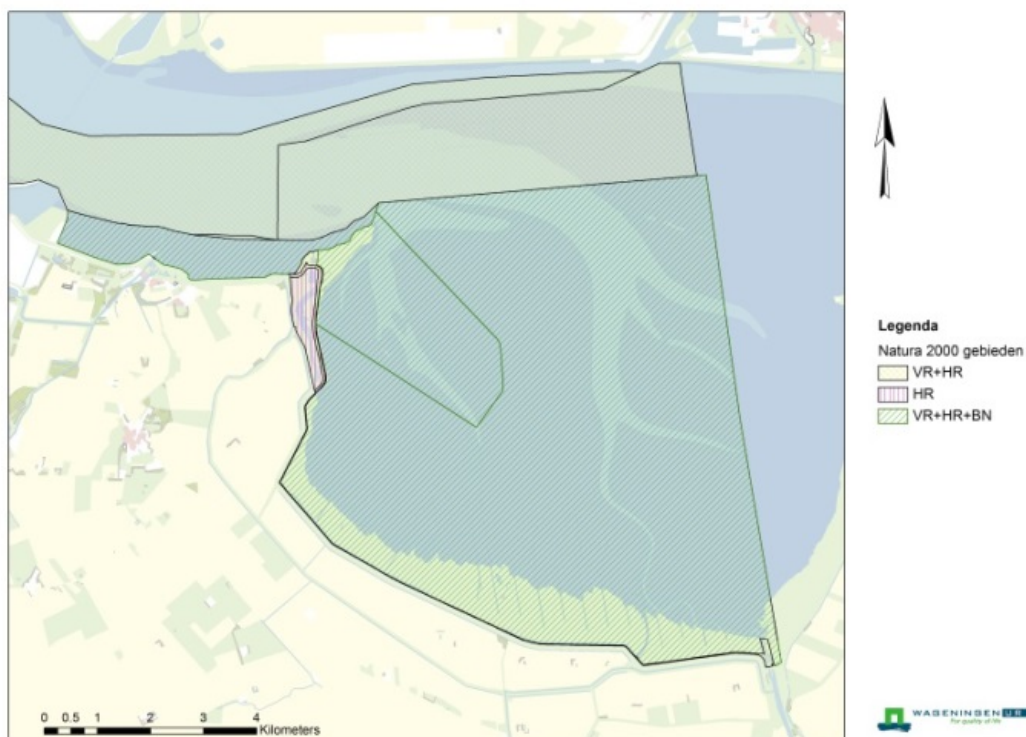
Figuur 2.1

De Dollard staat via de Waddenzee in verbinding met de Noordzee (in de kaart staan de hoogtes (bron: data RWS) aangegeven).

De streek ten zuiden en ten oosten van de Dollard staat in beide landen bekend als het Reiderland. Het buitendijkse gebied, waaronder de kwelders, wordt zowel aan Nederlandse als aan Duitse zijde beschermd als onderdeel van het Natura 2000-gebied Waddenzee (zie figuur 2.2). De dijk zelf maakt geen deel uit van het Natura 2000-gebied.

Nabij de grens met Duitsland mondt de Westerwoldse Aa uit in de Dollard. Buitendijks zet deze waterloop zich voort, in een steeds breder wordende geul, als Buiten Aa en Schanskerdiep. Het Schanskerdiep sluit aan op het Groote Gat, de belangrijkste geul van de Dollard.

Vanuit de Europese Kaderrichtlijn Water (KRW) gelden doelstellingen voor de waterkwaliteit in de Dollard. Doelstellingen en maatregelen maken deel uit van het stroomgebiedbeheerplan Eems dat een doorlooptijd heeft van 2010 tot en met 2015.



Figuur 2.2

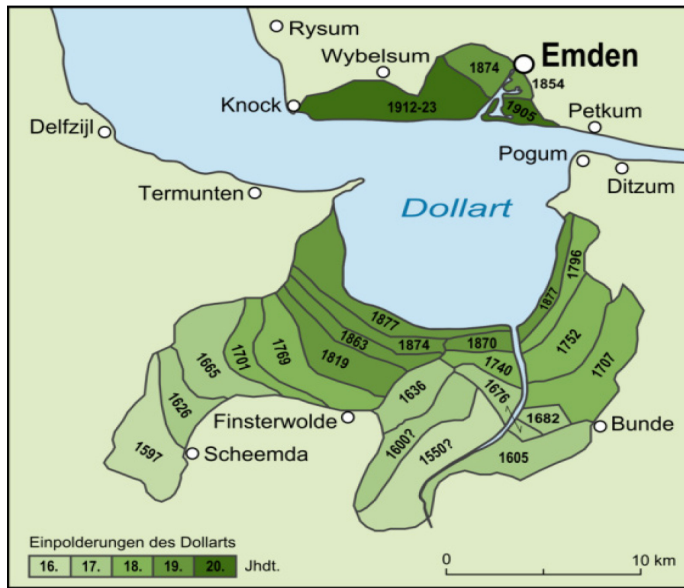
De Dollard (inclusief kwelders) maken deel uit van Natura 2000-gebied Waddengebied.

Ontwikkelingen in andere delen van het estuarium (de rivier de Eems, het gebied van de Monding van de Dollard tot het zeegat tussen Rottumeroog en Borkum) zijn van invloed op de Dollard (Esselink et al., 2011). Door ingrepen voor de scheepvaart, zoals verdieping en stroomlijning van vaargeulen, zijn de getijslag en stroomsnelheden in het estuarium toegenomen. Door de toegenomen stroomsnelheden en een verhoging van het onderhoudsbaggerwerk is in het hele estuarium het zwevend-stofgehalte in het water toegenomen. In de Dollard zelf wordt niet gebaggerd, maar de Mond van Dollard is de laatste jaren wel in gebruik als belangrijk verspreidingsgebied van baggerspecie (Esselink et al., 2011). Volgens modelberekeningen is door deze baggerspreiding sprake van verhoogde slibconcentraties in het water en bezinkt een groot deel van het verspreide slib in de Dollard (Cleveringa, 2008).

2.2 Historie Dollardgebied

Het Dollardgebied is sterk beïnvloed door de mens. De eerste bewoners (6^e eeuw voor Christus) gebruiken de kwelders vooral als weidegrond voor hun vee. In eerste instantie verblijven ze alleen in het zomerhalfjaar op de kwelders, maar later vestigen ze zich permanent in het gebied, bij voorkeur op kwelderwallen in de nabijheid van geulen (Cools, 1948). Na verloop van tijd gaan ze hun huissteden ophogen om zich tegen overstroming te beschermen. Deze huissterpen groeien door verdere ophoging en uitbreiding in veel gevallen aaneen tot dorpsterpen. Later werd via de aanleg van dijken ook het landbouwgebied beschermd tegen overstroming.

Het ontstaan van de zeeboezem Dollard vindt zijn oorsprong in de veenontginningen in de late middeleeuwen. Door een combinatie van bodemdaling als gevolg van deze veenontginningen en een verhoogde stormvloedfrequentie ontstond een ondiepe baai, die steeds verder erodeerde. Aan het begin van de 16^e eeuw bereikte de Dollard zijn maximale omvang. Hierna begon een periode van inpoldering van het Eems-Dollard estuarium, in het bijzonder van de Dollard (zie figuur 2.3).

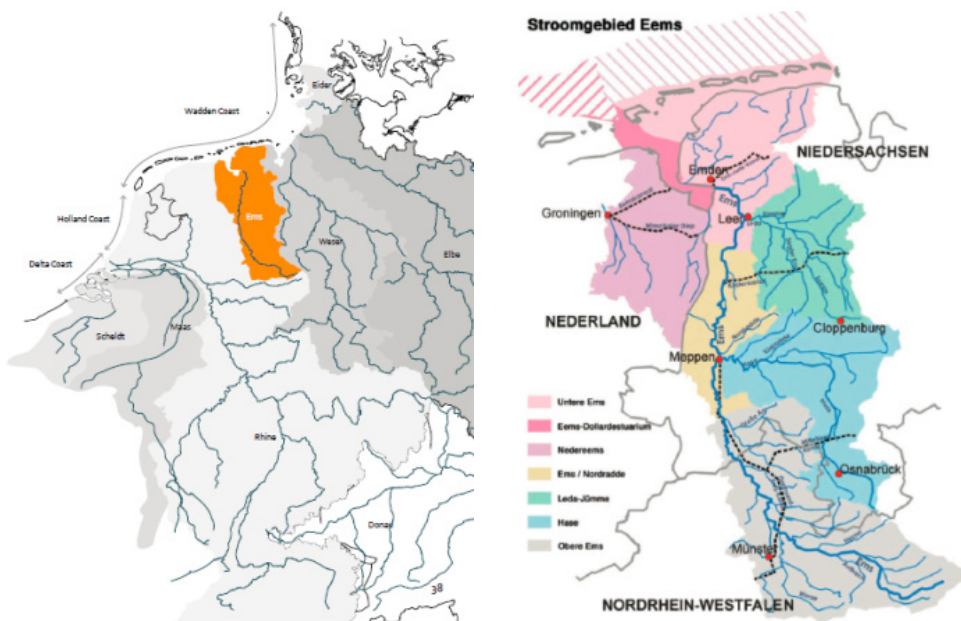


Figuur 2.3

Kaart van de landaanwinningpolders rond de Dollard (<http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Dollart-Geschichte.png>)

2.3 Gebied achter de dijk

De dijken langs het Nederlandse deel van de Dollard liggen in het beheergebied van Waterschap Hunze en Aa's. Het beheergebied van Waterschap Hunze en Aa's maakt deel uit van het stroomgebied Nedereems, dat zelf weer onderdeel is van het internationale stroomgebied Eems (figuur 2.4). Het gebied langs de Dollard maakt deel uit van de watersystemen Fiemel en Westerwolde, en wordt deels bemalen. De natuurlijke afwatering in het gebied loopt van zuid naar noord, en vindt plaats op de Eems en de Dollard, waarbij de Westerwoldse Aa een belangrijke rol speelt.



Figuur 2.4

Stroomgebied van de Eems (bron: Beheerplan 2010 t/m 2015 van Waterschap Hunze en Aa's).

Het gebied achter de dijk bestaat uit vruchtbare klei en is ontstaan uit inpoldering van voormalige landaanwinningskwelders. In het landschap is deze ontstaansgeschiedenis te zien in de vorm van dijken (met doorgangen (coupures), zie figuur 2.5). Landbouw, en vooral akkerbouw, vormt een belangrijke functie. Het gebied is dun bevolkt. Door inklinking van de bodem is het maaiveld van de oudste polders lager dan het maaiveld van de recenter ingedijkte polders. De huidige, niet bedijkte, kwelders liggen nu het hoogst.



Figuur 2.5
Landbouwgebied in de Carel Coenraadpolder en doorgang in voormalige dijk.

Aan de oostkant van de Dollard bevindt zich Polder Breebaart. Dankzij plannen voor een scheepvaartverbinding vond hier in 1979 bedijking en inpoldering plaats. Inmiddels is het gebied achter de dijk een natuurgebied geworden met uitgegraven natte delen (figuur 2.6) en hogere delen waar grond is opgeslagen. In de dijk is een duiker met een inlaatklep aangebracht waardoor tijdens hoogwater het getij het gebied kan bereiken. Dit zorgt voor opslibbing.



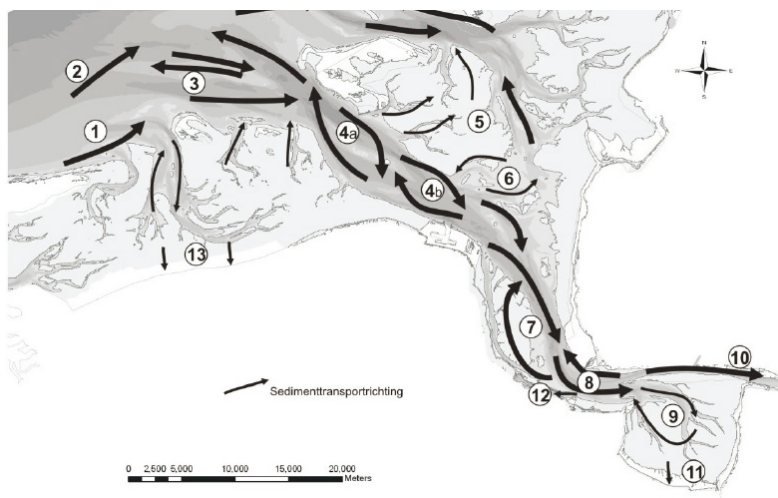
Figuur 2.6
Natte natuur achter de dijk in polder Breebaart.

2.4 Sedimenthuishouding in de Dollard

De sedimenthuishouding in de Dollard wordt beïnvloed door landgebruik in het stroomgebied van de Eems (o.a. inpoldering van de uiterwaarden) en langs de randen van estuarium (landaanwinning) en door ingrepen voor de scheepvaart (verdieping vaargeulen en het verspreiden van baggerspecie, aanleg van dammen en stuwen).

Al vanaf het begin van de 20^e eeuw wordt er op grote schaal gebaggerd en in de zestiger jaren zijn de scheepvaartgeulen gestroomlijnd waardoor het oorspronkelijke geulensysteem met parallelle nevengeulen is omgevormd tot een systeem met één hoofdgeul (Cleveringa, 2008). Ook ingrepen in de rivier de Eems (zoals verdieping tussen Emden en Papenburg en bochtafsnijding) om de bouw van grote passagiersschepen in Papenburg mogelijk te maken, hebben via hun effect op het getijverschil in de rivier en daarmee op de stroomsnelheid en het sedimenttransport, het gehalte aan zwevend-stof in de Dollard beïnvloed (Esselink et al., 2011).

De getijbewegingen zijn bepalend voor de stromingen in de Eems-Dollard. Het gemiddelde tijverschil in het huidige estuarium neemt toe in stroomopwaartse richting van ongeveer 2,3 m in het mondingsgebied bij Borkum tot 3,5 m in de benedenloop van de rivier de Eems (Esselink et al., 2011). Figuur 2.7 geeft een schematische weergave van de sedimenttransportpaden in de Eems-Dollard en aangrenzende delen van de Waddenzee. Op sommige plaatsen in het systeem vindt sedimentatie plaats, terwijl op andere plaatsen juist erosie overheerst. De Dollard is de afgelopen eeuwen een luw, natuurlijk sedimentatiegebied geweest (Esselink et al., 2011), maar vanaf ca. de 18^e eeuw werd deze sedimentatie wel gestimuleerd door landaanwinningswerken.



Figuur 2.7

Schematische weergave van de sedimenttransportpaden in de Eems-Dollard en aangrenzende delen van de Waddenzee (Cleveringa, 2008).

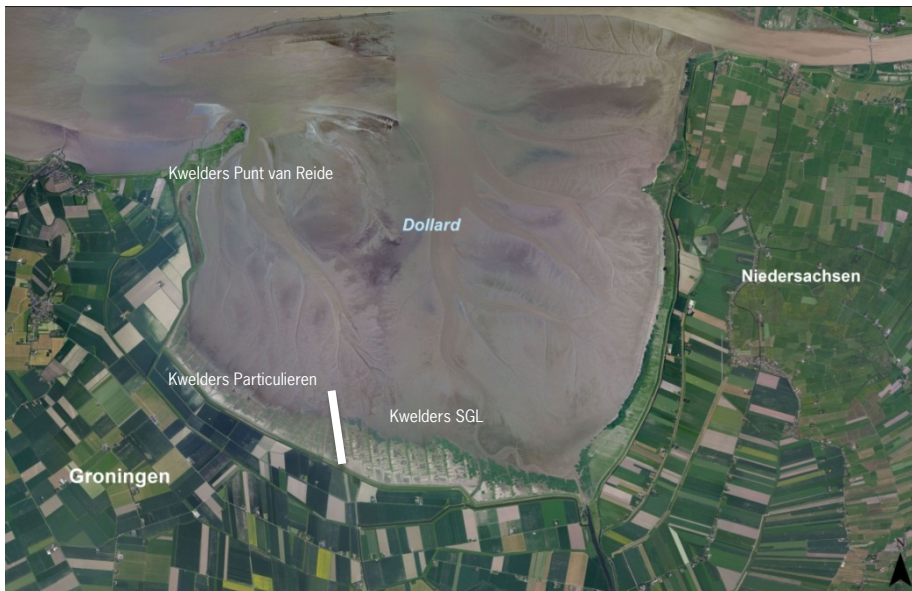
De EU Kaderrichtlijn Water (KRW, 'Water Framework Directive') verplicht de EU lidstaten om zich in te spannen om een goede waterkwaliteit te bewerkstelligen. Vanuit de KRW bestaat de verplichting om het inzicht in de slibhuishouding in de Dollard te verhogen, en er is een doelstelling voor 2015 voor een toename in het doorzicht. In dit verband heeft Rijkswaterstaat het project 'Onderzoek slibhuishouding Eems-Dollard' geïnitieerd om i) het effect van de huidige baggerpraktijk op de slibhuishouding te onderzoeken, ii) het effect van de

slibhuishouding op de ecologie en de waterkwaliteit in beeld te brengen en iii) identificatie van mogelijke maatregelen om de kwaliteit te verbeteren (Spiteri et al. 2011).

In 2011 verscheen op verzoek van de Waddenacademie het rapport 'Clear as Mud: understanding fine sediment dynamics in the Wadden Sea - Action Plan' (Van Duren et al., 2011). In dit rapport worden kennislacunes rond de sedimenthuishouding in de Waddenzee (inclusief het Eems-Dollard estuarium) geïdentificeerd en wordt een onderzoeksagenda gepresenteerd.

2.5 Kwelders in de Dollard

Momenteel komt in de Dollard zo'n 1000 ha kwelder voor, waarvan zo'n 760 ha langs het Nederlandse deel van de Dollard (Esselink et al., 2011). Dit is een areaal van ca. 50 ha buitendijks gelegen oud land bij de Punt van Reide, waarvan de kwelderrand door steen wordt beschermd tegen erosie. Langs de zuidrand van de Dollard bevindt zich zo'n 714 ha kwelders die zijn voortgekomen uit landaanwinning (Esselink et al., 2011). Hiervan is het oostelijk deel (zo'n 263 ha) in eigendom van particulieren en het westelijk deel (zo'n 450 ha) in eigendom van Natuurmonumenten en Stichting het Groninger Landschap (SGL) en in beheer bij SGL (zie figuur 2.8).



Figuur 2.8

Kwelders langs de randen van de Dollard.

Van de voormalige landaanwinningswerken in de Dollard (die hier bestonden uit dammetjes van klei) is niets over zodat de kwelderrand niet meer wordt beschermd tegen erosie. Aanvankelijk werd de vegetatie op de kwelderrand gedomineerd door riet en heen, maar deze laatste soort is waarschijnlijk door vraat van ganzen afgenomen (Esselink et al., 2011). Sinds het beheer van het oostelijk deel als natuurreserveaat (1981) is de beweiding met runderen op dit deel van de kwelder geëxtensiverd en is het greppelonderhoud gestaakt (1984) (Esselink et al., 2011). De extensivering van de beweiding leidde tot een toename van riet (Esselink et al., 2011).

In 2011 is in het kader van het implementatieproces van de EU-Kaderrichtlijn Water (KRW) in opdracht van de Dienst Landelijk Gebied regio Noord (DLG) een verkennende studie uitgevoerd naar de mate van afslag van de kwelders in het Nederlandse deel van de Dollard. Esselink et al. (2011) geven in deze studie een globale beschrijving van de ontwikkeling van de omvang van de kwelders vanaf ongeveer 1920, en voor de periode 1980-2009 een gedetailleerde analyse van de veranderingen in de positie van de kwelderrand van de voormalige landaanwinningkwelders langs de zuidelijke rand van de Dollard.

Door inpoldering van de Carel Coenraadpolder (1924) viel de omvang van de Nederlandse kwelders in de Dollard in één keer terug van 840 ha naar 170 ha (inclusief de Punt van Reide). Door landaanwinningsswerken werd dit verlies binnen 30 jaar weer ingelopen. Sinds de stopzetting van de landaanwinningsswerken in de Dollard in 1954 is de omvang van de kwelders door afslag (met gemiddeld 1,4 ha/ jaar in 1981 tot zo'n 0,3 ha/jaar in 2008) geleidelijk afgenomen (Esselink et al., 2011). Analyse van luchtfoto's toont aan dat in alle deelgebieden erosie plaatsvond, maar dat er na 1988 één deelgebied op de particuliere kwelder was waar de kwelder aangroeide. In de periode 1984-1986 is een strook van zo'n 47 m kwelder (ca. 46 ha) gebruikt voor het verbreden van de dijk (Esselink et al., 2011).

Tussen 1980 en 2008 zijn de kwelders in de Dollard zo'n 0,2 m gestegen t.o.v. GHW (Esselink et al., 2011). De omvang van de kwelders in de Europese kustwateren zou per 2015 tenminste moeten voldoen aan het zgn. Goede Ecologische Potentieel (GEP). Terwijl in de huidige situatie de Nederlandse Dollardkwelders een omvang hebben van ongeveer 760 ha, is het GEP vastgesteld op 700 ha. Bij ongewijzigde voortzetting van de trend (een jaarlijkse afslag van zo'n 0,3 ha/jaar in 2008) is er de eerste decennia geen aanleiding om maatregelen te nemen die erosie tegengaan (Esselink et al., 2011). Wel kunnen maatregelen gericht op kwaliteitsverbetering van de kwelders wenselijk zijn.

Kwelderherstelproject

De afgelopen jaren is een project uitgevoerd dat is gericht op het vergroten van de biodiversiteit in de kwelder via begrazing. Daartoe zijn de kwelders met betrekking tot veeveiligheid verbeterd door het creëren van hogere gebieden (figuur 2.10), het verkleinen van te brede greppels en het aanbrengen van betere dammen en hekwerk. Dit project is gefinancierd vanuit het Waddenfonds.



Figuur 2.10

Kwelderherstelproject op de particuliere kwelders langs de zuidrand van de Dollard.

Duitse kwelder

De Duitse kwelder bestaat uit drie verschillende deelgebieden, waarvan het jongste deel pas na 1960 door landaanwinning is ontwikkeld (Werkgroep Dollard, 2001). De Duitse kwelder is de laatste decennia in omvang afgenomen: over de periode 1991-2004 met 95 ha (Esselink et al., 2011).

In Duitsland worden de kwelders voor het overgrote deel beweid, en wel met meer dan 1,5 grootvee-eenheid (GVE) per hectare. De kwelderrand is sinds ongeveer tien jaar uitgesloten van beweiding. Daardoor heeft zich hier een vegetatie van riet kunnen ontwikkelen. De begreppeling wordt in het beweidde deel bijgehouden. Langs bijna de gehele kwelderrand is een vooroeververdediging aangelegd evenwijdig aan en op enige afstand van de kwelderrand: in het zuiden een rijshouten dam en in het noorden een stenen dam.



Figuur 2.11

Maatregelen om erosie te voorkomen van de kwelder nabij Dyksterhusen (en compensatiewerken).

3 Dijken langs de Dollard in Duitsland

De brede groene dijk is in Duitsland de traditionele zeedijk. Deze dijken hebben een dusdanig breed voorland en flauw buitentalud dat onder normale omstandigheden de golven worden gedempt in het voorland. Alleen bij verhoogde waterstanden tijdens stormachtige omstandigheden (hooguit enkele tientallen malen per jaar) bereiken de dan al enigszins gedempte golven de dijk. Bovendien breken de golven in de waterlaag van de teruglopende vorige golven. Een voldoende hoge dijk met flauwe taluds en een goed onderhouden grasmat kan deze kortstondige golfaanval zonder noemenswaardige schade weerstaan. Bij een voldoende brede kwelder en een flauw buitentalud met een dikke kleilaag en goede grasmat is een harde bekleding overbodig (Van der Maas et al., 1997).

De belangstelling vanuit Nederland voor de brede groene dijken langs de Duitse kust is niet nieuw. Zo zijn er vanaf 1955 diverse excursies geweest naar de dijken in Noord-Duitsland en Denemarken door o.a. de toenmalige werkgroep 'Grasmat op dijken', Technische Adviescommissie Water, de Kring van Zeewaterende ingenieurs en de Dienst Weg- en Waterbouwkunde. De informatie in dit hoofdstuk komt uit een verslag van zo'n excursie uit 1991 (Van der Maas et al., 1997), uit gesprekken met Duitse deskundigen (zie bijlage 1) en uit de presentaties tijdens het symposium (zie bijlage 2).

3.1 Historie

Net als in Nederland werden ook in Duitsland de eerste dijken in de Middeleeuwen aangelegd met als voornaamste doel de uitbreiding van landbouwareaal door het bedijken van aangeslibde kwelders. De eerste dijken waren niet meer dan 2,5 m hoog, en men woonde vooral op 'warften' (terpen). Later vond actieve landaanwinning plaats. Rond 1950 loopt de interesse voor nieuwe landbouwgrond terug (Van der Maas et al., 1997).

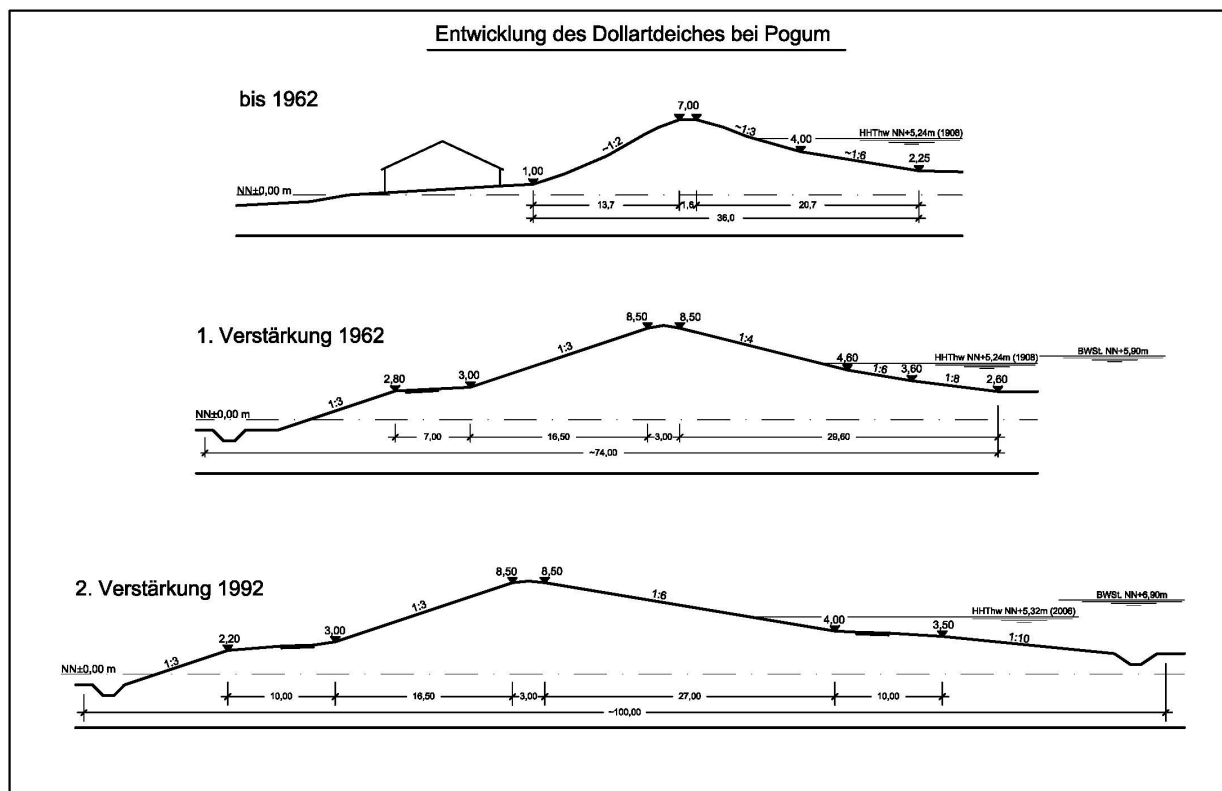
Na de stormvloed van 1953 in Zuidwest-Nederland was het duidelijk dat er ook een veiligheidsopgave was voor de dijken langs de Dollard. Maar pas na de stormvloed van 1962, die in Duitsland tot zo'n 340 slachtoffers leidde (meer dan 300 in Hamburg en negen in Nedersaksen) en nogal wat schade aanrichtte (er werden zo'n 28.000 huizen beschadigd), werd in Nedersaksen een nieuwe dijkwet ingesteld (Niedersächsischer Deichgesetz, NDG) en een 'Generalplan' opgesteld. Het Generalplan Küstenschutz (1963) is een met het Nederlandse Deltaplan vergelijkbaar algemeen plan voor dijkversterking, dijkverkorting en kustbescherming in Nedersaksen en Bremen. Het vormt de basis voor alle activiteiten op het gebied van hoogwaterbeschermingsmaatregelen in Nedersaksen. Ook werden financiële middelen beschikbaar gesteld (Küstenplanmittel). Tot op heden wordt er jaarlijks zo'n 60-65 miljoen euro besteed. Hiervan betaalt de Bondsrepubliek Duitsland 70% en de Deelstaat Nedersaksen 30%. Sinds 1955 is in Nedersaksen zo'n 2,4 miljard euro aan kustbescherming uitgegeven.

De dijkversterkingen na 1962 betroffen het zeewaarts uitbouwen van nieuwe dijken met zandkern en flauwe buitentaluds (figuur 3.1). Was voorheen gerekend met stormvloeden met een overschrijdingskans van 1:20 per jaar, volgens het 'Generalplan' diende voortaan gerekend te worden met een kans van 1:60 tot 1:100 per jaar. De dijkversterkingen dienden voor 2000 te zijn afgerond. In 1977 is het 'Generalplan' geactualiseerd, waarbij voor de dijken minimum-profielen zijn vastgesteld in verband met golfploop en veiligheid (Van der Maas et al., 1997).

Het beseft dat flauwere hellingen golven beter kunnen weerstaan dan steilere hellingen ontstond op basis van ervaring en waarnemingen, onder meer tijdens de stormvloed van 1962. Vóór de uitvoering van het dijkversterkingsprogramma ontstond bij stormvloeden schade aan grasdijken als gevolg van onder meer grote golfdrukken bij steile buitentaluds, overspoeling en daardoor verweking bij lage en smalle kruinen, en uitspoeling bij steile binnentaluds.

Er kan alleen voor een groene dijk (zonder harde bekleding) worden gekozen als er voldoende brede voorlanden met een hoogte tot boven GHW aanwezig zijn. Is het voorland te smal, dan is er te regelmatig een golfaanval tijdens hoog water. Er wordt dan een harde bekleding toegepast die via een verharde weg overgaat in het grastalud (Van der Maas et al., 1997). Langs de Dollard zijn echter wel brede voorlanden in de vorm van kwelders aanwezig, en is gekozen voor groene dijken.

Een andere reden voor de aanleg van (brede) groene dijken is de aanwezigheid van een weinig draagkrachtige ondergrond. Om dure grondverbeteringen te voorkomen is gekozen voor spreiding van de belastingen door de aanleg van lage en brede dijken (Van der Maas et al., 1997).



Figuur 3.1

Aanpassing van het profiel (bron: Deichbuch der Rheider Deichacht (Juni, 1996)).

Er is in Duitsland niet echt sprake geweest van een ontwikkelingsproces van de brede groene dijk, maar eerder van het optimaliseren van het (traditionele) ontwerp op basis van de positieve ervaringen. Tot nu toe voldoet dit concept prima: er is de afgelopen decennia geen noemenswaardige schade geweest. Ook niet tijdens de Allerheiligenvloed in 2006.

Door de voorkeur van de diverse betrokken instanties voor groene dijken is waarschijnlijk nooit een kostenvergelijking gemaakt met steilere, hard verdedigde dijken. Als er geen breed voorland aanwezig is, wordt op de lagere buitenberm een steen- of asfaltbekleding toegepast. Steenbekledingen en asfalt zijn duurder in aanleg en herstel. Bovendien kan schade aan een groene dijk zowel gemakkelijker worden waargenomen als sneller worden gerepareerd.

3.2 Kenmerken van de groene dijk langs de Dollard

De dijk langs de Dollard vanaf Nieuwe Statenzijl tot aan Pogum (ca. 11,5 km), waar de Eems uitmondt in de Dollard, is qua profiel tamelijk homogeen (figuur 3.2). Vooral bij storm uit noordwestelijke richting heeft deze dijk te maken met hoge waterstanden en golfaanval. De kwelder voor de dijk is tussen de 150-500 m breed. Op die plaatsen waar de kwelder smal is, is een rand van stortsteen aangebracht om afslag van de kwelderrand te voorkomen. Ook langs de Kanaalpolder ligt een dijk; deze fungeert als slaperdijk. De Kanaalpolderdijk is in de periode 1986-1995 versterkt. Daarna volgde een buitenwaartse versterking van de Dollard Dijk in de periode 1996-1998. Tegen het buitenwaarts versterken van de dijk bestond weerstand vanuit natuur- en milieuorganisaties vanwege de natuurwaarden van de kwelders. Landwaarts van de dijk bevindt zich echter een afwateringskanaal (Wymeerer Sieltief), die bij binnenwaartse versterking zou moeten worden verplaatst. Uiteindelijk is de dijk toch zeewaarts uitgebreid onder voorwaarde van compensatiemaatregelen.

Enkele karakteristieken van de Duitse Dollard dijk (bron: Deichacht Rheiderland):

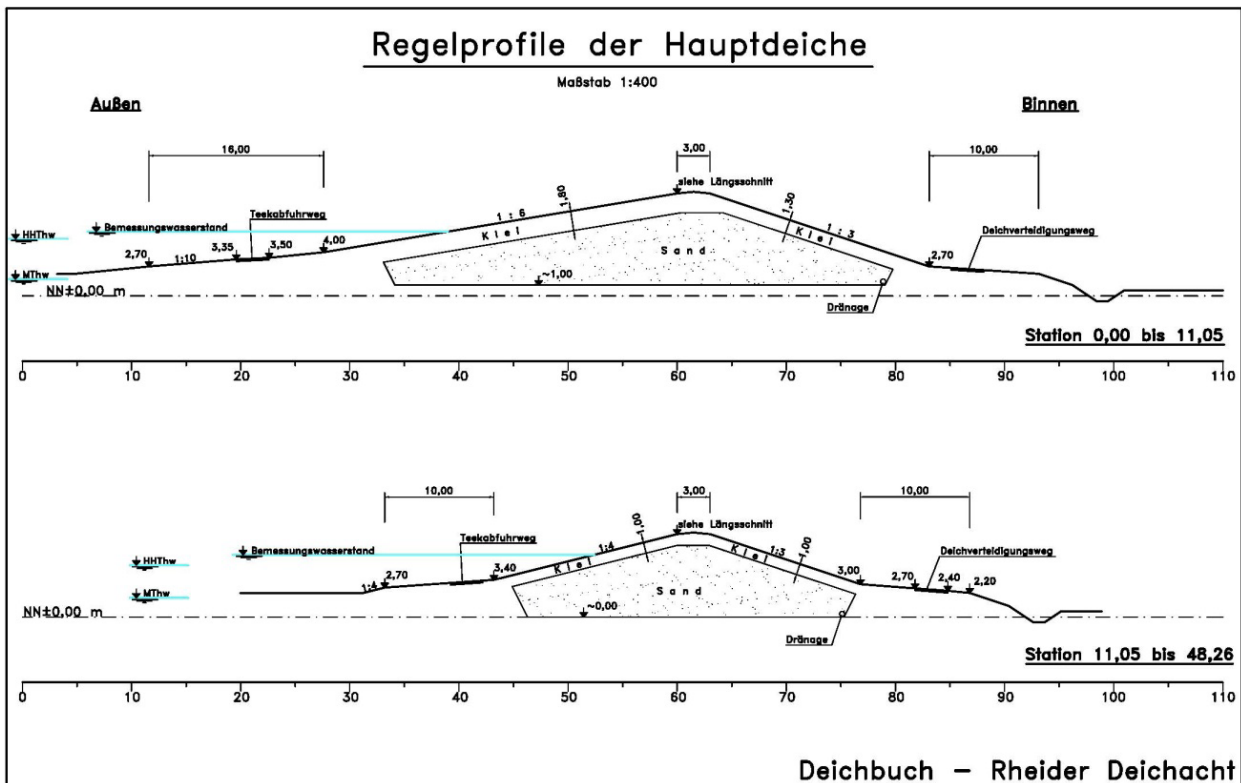
- Talud zeezijde 1 : 6
- Talud landzijde 1 : 3
- Hoogte variërend van 9,07 tot 10,18 +NN *
- Dikte kleilaag zeezijde 1,80 m.
- Dikte kleilaag landzijde 1,30 m.

* NN= Normalnull, het referentiepunt voor hoogtemetingen in Duitsland. Het NN is het Duitse equivalent voor NAP.

De hoogte van de kruin is gebaseerd op de maatgevende waterstand (Bemessungswasserstand), vermeerderd met de golfoploop en een onzekerheidstoets van 1,0 m (vanwege onzekerheden in zeespiegelstijging en eventuele zakkings) met als randvoorwaarde een bepaald overstromingsrisico. Verschillen tussen de aanleg hoogte (Ist Höhe) en de berekende benodigde hoogte (Soll Höhe) zijn locatieafhankelijk, en hangen af van bijvoorbeeld de ondergrond. De dijkhoogte (variërend van 9,07 tot 10,18 m +NN, zie tabel 3.1) is hoger dan de dijkhoogte van de huidige dijk langs het Nederlandse deel van de Dollard (variërend van 7,75 tot 9,30 m +NAP, zie hoofdstuk 4). Op ongeveer 4 m +NN is een berm aangelegd met een afvoerweg (bekleed met doorgroeienden) voor veek (Treibsel). Het veek moet regelmatig worden verwijderd. Er is een binnenberm met een onderhoudsweg. Deze binnenberm is nog van de oorspronkelijke dijk. Aan de binnenkant loopt een afwateringskanaal van 11 km van de Eems tot Nieuwe Statenzijl.

De ondergrond in het Dollardgebied bestaat uit slib, klei en turf. De kern van de dijk bestaat uit zand. Bij de aanleg van de dijk is eerst aan de binnenkant de klei van de oorspronkelijke kleidijk verwijderd en vervangen door zand. Na twee jaar is de klei aan de buitenkant vervangen door zand. Er is rekening gehouden met het verzakken van de ondergrond van 10-15% en met zetting van de dijk. Na een zettingstijd van twee jaar is het profiel aangelegd en is de dijk met klei bekleed. In de kern van de dijk is drainage aangelegd om het water uit de kern van de dijk af te voeren. Hierdoor wordt een hoge waterstand en hoge waterdruk in de kern van de dijk voorkomen en blijft de inwendige stabiliteit (microstabiliteit) gewaarborgd.

Voor een groene dijk zonder harde bekleding is een breed voorland nodig met een hoogte ruim boven gemiddeld hoogwater. De begrenzing van het voorland bevindt zich op 150 m uit de dijkvoet; daarbuiten zijn de kwelders als natuurgebied aangewezen.



Figuur 3.2

Profiel huidige dijk langs de Dollard (bron: Deichbuch der Rheider Deichacht (Juni, 1996).

Als geen voorland aanwezig is of als het geulenpatroon (diepe geulen 16 tot 20 m) tot dicht tegen de dijk loopt, kan niet worden volstaan met een geheel groene dijk (Van der Maas et al., 1997). Dit is bijvoorbeeld het geval bij dijktrajecten in Sleeswijk-Holstein. In dergelijke gevallen is in de golfaanvalzone bij gemiddeld hoog water een bestorting aangebracht onder een helling van 1:3. Boven deze bestorting gaat het profiel over in een groene dijk met flauwe taluds, waarop de golven breken bij maatgevend hoogwater. Ook de onderhoudsweg (vlak boven de bestorting) biedt bescherming tegen overslaand water. Langs oevers met een functie voor oeverrecreatie is veelal een bredere buitenberm aangebracht (Van der Maas et al., 1997). Op enkele locaties in Sleeswijk-Holstein is een bijzonder profiel toegepast. Hier is de buitenberm wat lager dan de bestorting aan de teen, waardoor de berm bij hoge waterstanden fungeert als demping van de golven. Op regelmatige afstanden zijn verdedigde openingen aangebracht voor het terugstromen van water.

3.3 Grondwinning

Bij de dijkversterking is ca. 270 m³ zand en klei per strekkende meter dijk gebruikt. In totaal is per strekkende meter zo'n 500 m³ grond verzet. Al met al kostte de dijkversterking tussen 1986 en 1995 ca. 2 miljoen euro per kilometer.

De zandkern van de groene dijk is opgebouwd met zand dat bij het baggeren in de Eems vrij kwam. De klei die nodig is voor het versterken of ophogen van een dijk wint het Rheider Deichacht, het lokale dijkschap, in de Heinitzpolder. Deze polder is eigendom van het Rheider Deichacht, maar door de onttrekking van klei moeten wel compensatiemaatregelen worden genomen. Vroeger werden kwelderzoden uit het voorland gebruikt, maar vanuit het geldende natuurbeschermingsbeleid is dit nu verboden (tenzij er sprake is van een noodsituatie).

3.4 Kwelders voor de dijk

Net als in Nederland zijn de kwelders voor de dijk ontstaan door landaanwinningswerken. Door het neergeslagen slib binnen de bezinkvelden zijn de kwelders langzaam opgehoogd. De kwelders zijn volledig in bezit van de staat. De huidige kwelders zijn zo'n 1,8-2,0 m +NN.

In 1985 is door de deelstaatregering het Duitse Waddengebied aangewezen als nationaal park. De begrenzing van dit park loopt tot 150 m uit de buitenteen van de (geplande) zeeweringen, waardoor een strook van de voorliggende kwelders als onderdeel van de zeewering wordt beschouwd (Van der Maas et al., 1997). Buiten deze zone van 150 m zijn de kwelders als natuurgebied aangewezen. Vanuit kustbescherming wordt het gebied voor de dijk voorland genoemd, en vanwege het golfreducerend vermogen van het voorland heeft een breed voorland de voorkeur. De NDG schrijft voor dat het voorland moet worden onderhouden en bij voorkeur zo'n 500 m breed moet zijn, en waar mogelijk moet worden verhoogd. Op diverse plaatsen wordt de kwelderrand beschermd door een stortstenenbeschoeiing. Voorheen werd het voorland ook meegenomen in de berekening van maatgevende waterstanden. Onlangs is op basis van nieuwe inzichten (ook rond zeespiegelstijging) geconcludeerd dat het voorland bij de hoogste waterstanden geen rol van betekenis meer speelt bij het reduceren van golfenergie.

Sinds 1986 (na het aanwijzen van het Duitse Waddengebied als nationaal park) geldt als beleidsuitgangspunt dat veiligheid van het kustgebied voorop staat, maar dat aanwezige natuurwaarden zoveel mogelijk moeten worden ontzien. Dit houdt in dat bij dijkversterking eerst wordt gekeken naar manieren die niet ten koste gaan van natuur (zoals bijvoorbeeld binnenwaarts versterken). Wanneer natuurgebied verloren gaat voor dijkversterking of de aanleg van nieuwe bedijkingen, moeten compensatiemaatregelen worden getroffen. Wanneer kwelderareaal verloren gaat, kunnen deze compensatiemaatregelen bestaan uit de aanleg van nieuwe landaanwinningswerken om kweldervorming te stimuleren. Maar het nieuw ingedijkte gebied kan ook worden ingericht als natuurgebied (zoals op Spiekeroog en Beltringhaderog). Het is nog onduidelijk wat het effect van versnelde zeespiegelstijging op de kwelders zal zijn: kunnen de kwelders door opslibbing de zeespiegelstijging bijhouden? Door de dijken kunnen de kwelders niet landwaarts opschuiven ('coastal squeeze'). Zoals in paragraaf 2.5 genoemd, is de Duitse kwelder de afgelopen decennia in omvang afgenomen.

3.5 Verantwoordelijkheden

Het Duitse gedeelte van de Dollard valt binnen de deelstaat Nedersaksen (Niedersachsen). In Nedersaksen is de dijkwet (NDG, Niedersächsisches Deich Gesetz) het belangrijkste instrument voor de kustbescherming. Alle formele aspecten rond kustbescherming zijn in deze wet opgenomen. In Duitsland is een dergelijke wet uniek, aangezien de overige deelstaten de wetgeving rondom kustbescherming verwerken in hun waterwet (Wassergesetz).

De instanties die betrokken zijn bij de kustbescherming zijn de dijkschappen (Deichacht of Deichverband), de staatsdistricten (Landkreis) en de deelstaat zelf. Voor de Dollard betekent dit dat het Rheider dijkschap (Rheider Deichacht), het staatsdistrict Leer (Landkreis Leer) en Nedersaksische Agentschap voor Water Management, Kust- en Natuurbescherming (NLWKN, Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz) verantwoordelijk zijn voor de kustbescherming.

Het NLWKN bepaalt de eisen waaraan dijken moeten voldoen, en stelt de ontwerpeisen vast. Ook is het NLWKN verantwoordelijk voor het voorland. Daarnaast bekleedt het NLWKN de rol van opdrachtgever en projectmanager bij het bouwen van de dijken. Hierbij hoort ook de financiering van projecten, waarbij het NLWKN verantwoordelijk is voor 30% van de kosten en de federale staat 70%. Het NLWKN heeft ook, in samenwerking met de deelstaat Bremen, het Masterplan Kustbescherming (Generalplan Küstenschutz) opgesteld, waarin voor een brede doelgroep (burgers en betrokken organisaties) het beleid en de plannen voor kustbescherming staat aangegeven.

Als er een dijk moet worden verbreed of een nieuwe dijk moet worden aangelegd, dan is het NLWKN verantwoordelijk om ook andere belanghebbenden (zoals natuurorganisaties) erbij te betrekken. Er geldt een discussie-, c.q. inspraaktermijn waarin alle betrokkenen zich kunnen melden en schriftelijk bezwaar kunnen maken. Dit is een openbaar proces waarin een voorzitter, van het NLWKN of bij kleinere projecten van het staatsdistrict, uiteindelijk beslist of een project doorgang kan vinden.

De dijkschappen zijn verantwoordelijk voor de aanleg, het onderhoud en het beheer van bepaalde gedeelten van de dijken in en langs Nedersaksen. Na aanleg worden zij ook grondeigenaar van de dijk. Het Rheider Deichacht is verantwoordelijk voor de dijk om Rheiderland, vanaf de landgrens bij Nieuwe Statenzijl tot en met Papenburg. De NDG vormt daarbij het grondbeginsel.

Het Deichacht int jaarlijks een bijdrage voor onderhoud en beheer van de dijk van de gebiedsbewoners.

Het Seilacht Rheiderland is binnen hetzelfde werkgebied als het Deichacht verantwoordelijk voor de afwatering.



Figuur 3.3

Gedenk- c.q. informatiesteen nabij Dyksterhusen.

Tweemaal per jaar - in het najaar als voorbereiding op het stormseizoen en in het voorjaar als evaluatie van het stormseizoen - vindt een schouw plaats waarbij de staat van de dijk visueel wordt beoordeeld. Naast het Deichacht zijn het Landkreis Leer, het NLWKN, en voor delen langs de Eems betrokkenen uit de scheepvaart bij deze schouw aanwezig. Er wordt onder meer gekeken naar de hoogte van de dijk en naar de bekleding. Naast deze toetsing controleert het Landkreis zelf of de dijkhoogten voldoen aan de voorgeschreven eisen van het NLWKN. Als de gemeten hoogte niet toereikend is, dan schrijft de NDG voor dat de dijk moet worden versterkt.

Het Landkreis heeft geen aanleg of onderhoudstaak, maar alleen vergunning- en toezichtstaken. Als toezichthouder van de dijkschappen is het Landkreis uiteindelijk verantwoordelijk voor de staat van de dijk. Er vallen zo'n 30 waterschappen en dijkschappen onder het Landkreis Leer. Ca. 88 km waterkering langs de Dollard en de Eems valt onder de verantwoordelijkheid van het Landkreis Leer. Het Landkreis Leer werkt

regelmatig samen met Waterschap Hunze en Aa's omdat bij een eventuele dijkdoorbraak van de Westerwoldse Aa ook het Duitse achterland kan overstromen.

Ook zijn er voor de waterveiligheid nog twee stuwwerken: het Ledasperwerk (sinds 1954) en het Emssperwerk (sinds 2002). Het Emssperwerk gaat bij een waterniveau boven 3,7 m +NN dicht. Daarnaast speelt het Emssperwerk een rol bij het vervoer van grote cruiseschepen die op de Meyerwerft in Papenburg worden gebouwd. Door het Emssperwerk kan het water worden opgestuwd van 2,2 naar 2,7 m +NN. In het gebied ten oosten van Leer liggen nog ongeveer 135 km secundaire dijken.

In andere deelstaten zijn de taken en verantwoordelijkheden voor de waterkerende dijken soms anders belegd. Zo heeft Schlegwig-Holstein in de jaren '70 van de vorige eeuw de taken rond kustbescherming, die tot dan toe erg versnipperd waren bij lagere overheden, waterschappen en particulieren, op zich genomen en is met financiële steun van de Bondsregering gestart met een programma van dijkversterkingen (Van der Maas et al., 1997).

3.6 Beheer en onderhoud

Het Deichacht Rheiderland laat alle dijken begrazen door schapen. Begrazing door schapen zorgt ervoor dat het gras kort blijft. In het zuiden van het gebied heeft het dijkschap een eigen schapenhouderij. In het westelijke en noordelijk deel (dus niet langs de Dollard) is de dijk aan particulieren verpacht. De hekken worden door de deelstaat betaald. Enkel in uitzonderlijke situaties wordt het gras door het Deichacht gemaaid.

Het dijkonderhoud omvat verder het bestrijden van distels en ander onkruid, en het op orde houden van het hekwerk om de schapen binnen het dijkgebied te houden.

Ook moet het Deichacht het aangespoelde veek van de grasbekleding verwijderen (soms wel 20-30 m³ per meter dijk). Het aangespoelde veek leidt tot beschadiging van de grasbekleding en tot hoge kosten voor verwijdering. Het veek bestaat vooral uit riet, afkomstig vanuit de kwelders (ook misschien van de Nederlandse kwelders). Het is vaak onduidelijk waar men heen moet met het ingezamelde afval. In principe wordt het aangespoelde riet gecomposteerd en gebruikt bij akkerbouwbedrijven. Maar door de grote hoeveelheden is vorig jaar gekozen om het te vergraven. Er lopen inmiddels gesprekken met het ministerie van Milieu en het NLWKN rond de veek-problematiek.

Het NLWKN heeft inmiddels de taak op zich genomen voor de verwerking van veek tot aan Siel Dieksterhusen. Vanuit het perspectief van natuurorganisaties vormt riet langs de kwelderrand geen probleem; riet is juist één van de kenmerkende soorten die zich op de kwelderrand in een brak estuarium ontwikkelen en die de kwelderrand zelfs enigszins tegen erosie kunnen beschermen.

Zowel vanuit kustbescherming als natuurbeheer vormt beheer van de kwelders / voorland een belangrijk aspect. Maar de beheerdoelstellingen voor de kwelders vanuit natuurbeleid verschillen van de beheerdoelstellingen voor het voorland vanuit kustbescherming. Of de doelen kunnen worden geïntegreerd hangt af van het type natuurbescherming: bescherming van de natuurlijke processen of bescherming van de status quo. Als er ruimte moet zijn voor natuurlijke processen betekent dit dat dynamiek (en daarmee erosie) in de kwelders wordt toegelaten. Eventueel kan het gebruiken van klei vanuit de kwelders voor dijkversterking bijdragen aan verjonging van de kwelder.

De laatste jaren is het overleg tussen het Deichacht en de natuurbeheerders verbeterd, en is er meer overleg rond de randvoorwaarden aan het beheer van het voorland vanuit kustbescherming en waterbeheer. Er zijn gesprekken om begrazing van het voorland onder verantwoordelijkheid van het dijkschap uit te breiden.

Grasbekleding rond 1991 in Sleeswijk-Holstein (Van der Maas et al., 1997)

Er is een scherpe grens tussen de door zout- of zoetwater beïnvloede vegetatie (ca. 0,7 m boven GHW).

De grasbekleding boven de zout-zoetwatergrens op de dijk wordt gekenmerkt door een tamelijk uniforme, soortenarme vegetatie van het Beemdgras-raaigrasstype, met Engels raaigras als aspectbepalende soort. De wat oudere taluds worden gekenmerkt door een vegetatie met dominantie van Rood zwenkgras. Daarnaast komt een dijkbegroeiing voor die gerekend kan worden tot de Kamgrasweide: hier met meer grassoorten dan in de Beemdgras-raaigrasweide, maar over het algemeen kruidenarm.

De grasbekleding beneden de zout-zoetwatergrens betreft doorgaans een in breedte variërende strook tussen de voet van de dijk en de onderhoudsweg tot op een hoogte van ca. 2,2 m + NN, die overgaat in de kwelderbegroeiing van het voorland. De zode is zeer dicht en compact en bestaat uit Kweldergras, Rood zwenkgras en Fioringras met enkele kruiden (o.a. Melkkruid). De begroeiing (waarvan de oorspronkelijke zoden uit het voorland afkomstig zijn) geeft een zeer erosiebestendige indruk. Bij beweiding van het voorland bestaat de vegetatie op de hoger gelegen delen vooral uit Kweldergras met in de greppels (lagere delen) ook Schorrekruid, Engels gras, Zeealsem, Zeeaster en Lamsoor.

Bij de aanleg van de grasmat is rekening gehouden met de zout-zoet grens. Het zoete deel van het dijktalud wordt ingezaaid; voor het zoute deel werden kwelderzoden uit het voorland gestoken (tot 150 m uit de teen van de dijk, hierbuiten is het natuurgebied). Voor aanleg werd gebruik gemaakt van plakzoden (3-4 cm dik) die na plaatsing werden beregend met zout water. Bij herstel gebruikt men ook blokszoden (8-10 cm dik). Vroeger werden voor aanleg dikke zoden gebruikt, maar ervaring leerde dat dunne zoden beter hechten aan de ondergrond.

Het inzaaien gebeurt met graszaadmengsels, bij voorkeur in het voorjaar of aan het eind van de zomer. Door de invloed van 'salt spray' en direct overspoelen met zout water kan niet direct vanaf de grens zout-zoet met zoetwatergrassen worden ingezaaid. Daarom vindt bezoding plaats met kwelderzoden tot ruim boven deze grens; de zoden ontwikkelen zich dan langzaam tot zoete zoden. Zoete zoden kunnen echter beperkt zout water verdragen. Het is dus beter om aan het buitentalud ook boven de zout-/zoetwatergrens te bezoden met kwelderzoden i.p.v. in te zaaien.

Het steken van zoden uit de kwelder en het aanbrengen van de zoden op de dijken was heel bewerkelijk.

De schadegevoelige zones van de brede groene dijken liggen aan de onderzijde van het buitentalud gemiddeld 1-2 m boven GHW, dus doorgaans op ca. 3,0 m +NN, net boven de veekafvoerweg. Deze zone heeft tijdens storm golfaanval te verduren, waardoor verweking en uitspoeling kan optreden.

Het voorland is begrensd tot op 150 m vanuit de dijkvoet; buiten deze zone begint het natuurgebied (en heet het kwelder). In de jaren '90 van de vorige eeuw is onderzoek gestart naar het effect van extensivering van beweiding op de vegetatieontwikkeling in de kwelders.

Sprangers (1991, 1996) vond dat bij een minder intensief beheer de doorworteling en erosiebestendigheid van grasbekleding op dijken kan toenemen.

Betreding van dijken is toegestaan met uitzondering van voorliggende kwelders, die als natuurgebied zijn aangewezen. Op enkele plaatsen zijn buitenbermen ingericht voor recreatie. Hier wordt gazonbeheer toegepast (7-8 per jaar maaien zonder afvoer). Grote strandstoelen, die als voorziening voor badgasten op de buitenberm worden gezet, kunnen de grasmat verstikken. Zij moeten dan ook gedurende het seizoen regelmatig worden verplaatst (Van der Maas et al., 1997).

4 Groene dijk in Friesland

4.1 Inleiding

Ook in Fryslân bevindt zich bij Ferwerderadeel (traject Noorderleegpolder tot Westholwerdepolder) een groene dijk van ca. 12,5 km (figuur 4.1). Deze dijk werd in 1992 opgeleverd als sluitstuk van 30 jaar dijkversterking in het kader van de Deltawet.

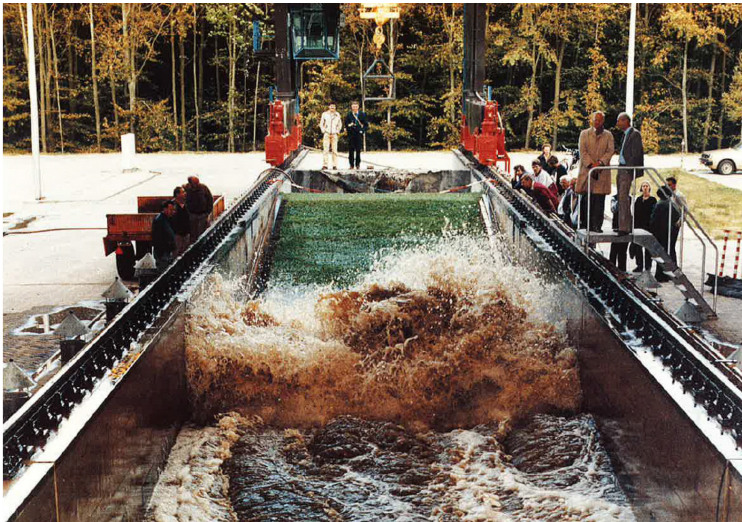
In eerste instantie waren er plannen om de bestaande dijk zeewaarts te verleggen en daarmee het Noorderleeg in te polderen. Uiteindelijk is in 1986 door de Raad van State besloten dat vanwege de hoge natuurwaarden van het buitendijkse gebied geen bedijking van de kwelder mocht plaatsvinden. Vervolgens is de bestaande dijk versterkt waarbij is gekozen voor een groene dijk met een flauw buitentalud met een bekleding van een kleilaag met gras (figuur 4.1). Zoals in hoofdstuk 3 genoemd, worden bij een brede groene dijk onder normale omstandigheden de golven gedempt in het brede voorland. Alleen bij verhoogde waterstanden tijdens stormachtige omstandigheden (hooguit enkele malen per jaar) bereiken de dan al enigszins gedempte golven de dijk. De golven breken dan op het flauwe talud. Uit onderzoek van het Waterloopkundig Laboratorium in de Deltagoot is gebleken dat de dijk met een flauw talud en een goed onderhouden grasmat deze kortstondige golfaanval zonder noemenswaardige schade kan weerstaan (Waterloopkundig Laboratorium, 1984, figuur 4.2). Bij een voldoende breed voorland is geen harde bekleding op het ondertalud nodig.

Het gebied voor de dijk bij Ferwerderadeel (Noorderleeg) is ontstaan door landaanwinningswerken. Door aanleg van een kade is een zomerpolder ontstaan die in de zomer wordt beweid met vee. Maar er zijn ook nog bezinkvelden omringd door rijshouten dammen, die langzaam opslibben. De hoogteligging van de zomerpolder varieert tussen circa 1,00 tot + 1,80 m +NAP (aan de landzijde) en de hoogte van het kweldergebied aan de Waddenzeezijde is ongeveer 0,80 m +NAP.



Figuur 4.1

Luchtfoto Noorderleegh en groene dijk Ferwerderadeel (bron: Frysk Fotoargyf) (links) en Versterking groene dijk Ferwerderadeel (bron Wetterskip Fryslân) (rechts).



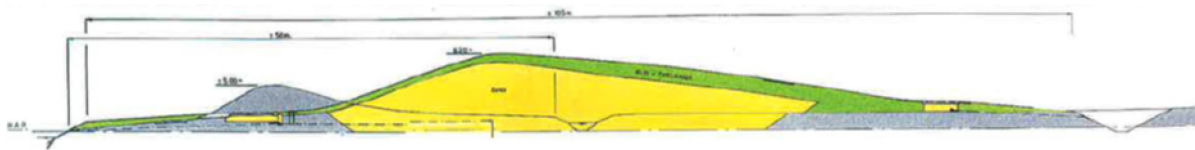
Figuur 4.2
Onderzoek golfaanval op talud in de Deltagoot (bron: Wetterskip Fryslân).

4.2 Uitgangspunten ontwerp

Het ontwerp van de groene dijk is gebaseerd op de volgende uitgangspunten en randvoorwaarden:

- Ontwerppeil (overschrijdingsfrequentie 1/4000^{ste} per jaar).
- Planperiode 50 jaar.
- Stormvloedpeil 5,50 m + NAP.
- Significante golfhoogte 1,85 m en significante golfperiode 4,8 s.
- Minimaal vereiste kruinhoogte 6,00 m tot + 7,60 m +NAP (afhankelijk van ligging).

4.3 Kenmerken dijkprofiel



Figuur 4.3
Dwarsprofiel ontwerp Friese groene dijk (bron: Wetterskip Fryslân).

Uit het algemene dwarsprofiel van het dijkversterkingsontwerp van de groene dijk (figuur 4.3) blijkt dat de bestaande dijk iets zeewaarts is verlegd en is opgebouwd uit een zandkern met een kleiafdekking. Het zand komt uit de Waddenzee en is via een persleiding naar de wal getransporteerd en is ter plekke tussen perskaden opgespoten. Na de aanleg van een verdiept cunet is de dijk gefaseerd met perskaden opgebouwd. In de kern van de dijk is drainage aangelegd om het water uit de kern af te voeren, waardoor een hoge waterstand en hoge waterdrukken in de dijk worden voorkomen. Bij de bepaling van de aanleghoogte van de kruin is rekening gehouden met een variabele overhoogte voor zetting van de ondergrond en klink van de dijk. Voor de kleibekleding is gebruik gemaakt van klei uit de bestaande dijk en het voorland.

Enkele karakteristieke gegevens van de Friese groene dijk zijn als volgt:

- Talud zeezijde 1 : 8
- Talud landzijde 1 : 3
- Kruinhoogte NAP + 7,60 m tot + 8,40 m
- Dikte kleilaag zeezijde 1,50 m
- Dikte kleilaag landzijde 0,80 m



Figuur 4.4

Overgang groene dijk naar zomerpolder, met op de achtergrond het monument dat is opgericht ter gelegenheid van 30 jaar Deltawerken in Fryslân (bron: Wetterskip Fryslân).

4.4 Beheer en onderhoud

De dijk wordt door schapen begraasd om het gras kort en in goede conditie te houden. De beweiding vindt plaats via pachtovereenkomsten met particulieren. Het waterschap draagt zorg voor de watervoorziening voor de beweiding en het op orde houden van hekwerken. Verder betreft het dijkonderhoud het bestrijden van distels en ander onkruid, het bestrijden van ongedierte en het strooien van kunstmest.

In de winter moet het waterschap regelmatig het aangespoelde veek van de grasbekleding verwijderen. Veek kan namelijk de grasbekleding beschadigen. Een toename in de hoeveelheid veek leidt tot een toename in onderhoudskosten. De afgelopen jaren vormde de hoeveelheid aangespoeld veek een probleem. Het veek bestaat vooral uit organisch materiaal, voornamelijk afkomstig vanaf de kwelders. Het aangespoelde veek wordt zo spoedig mogelijk afgevoerd naar een erkende verwerker. Om het veek snel af te kunnen voeren zijn de onderhoudspaden voorzien van doorgroeištenen om beschadiging van de grasmat door spoorvorming en vertrapping door vee te voorkomen.

5 Waterkeringsaspecten Dollarddijken

5.1 Introductie

In dit hoofdstuk worden de resultaten van de kwantitatieve verkenning naar de Groene Dollard Dijk gepresenteerd. Er wordt begonnen met het beschrijven van de kenmerken van de bestaande dijk langs de zuidelijke rand van de Dollard, inclusief de profielen van de vier onderscheiden dijkvakken. Ook worden de resultaten van de toetsing van de bestaande dijk aan zowel de huidige hydraulische randvoorwaarden (HR-2006) als de interim geactualiseerde hydraulische randwaarden gegeven (HR-2015).

Vervolgens wordt een principe ontwerp gemaakt voor twee dijkconcepten:

1. Traditionele Dijk met grasbekleding op het boventalud (1:7) en asfaltbekleding op het ondertalud (1:4).
2. Groene Dollard Dijk met grasbekleding op het hele buitentalud (1:7).

Daarbij vormt de Traditionele Dijk de referentieoplossing en de Groene Dollard Dijk de voorkeursvariant van het Waterschap Hunze & Aa's.

Daarna is voor beide concepten gekeken naar de minimaal vereiste kruinhoogte en het ruimtebeslag bij drie klimaatscenario's uit het Deltaprogramma:

- Zichtjaar 2050 met 0,35 m zeespiegelstijging ('Basisontwerp').
- Zichtjaar 2100 met 0,60 m zeespiegelstijging ('Robuust ontwerp').
- Zichtjaar 2100 met 0,85 m zeespiegelstijging en 10% hogere windsnelheden ('Uitbreidbaarheid').

Voor beide concepten is vervolgens gekeken naar de minimaal vereiste kruinhoogte en het ruimtebeslag voor een Deltadijk (die tien keer veiliger is dan een standaard ontwerp dat voldoet aan de vigerende leidraden en technische rapporten voor primaire waterkeringen)

- Deltadijk (tien maal veiliger met 0,60 m zeespiegelstijging).

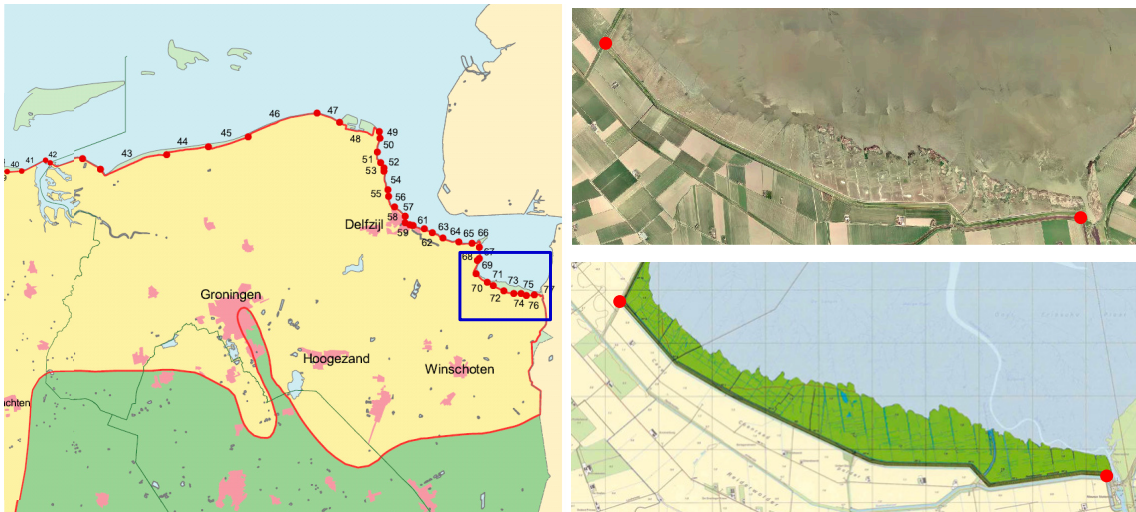
Er is een indicatieve schatting gemaakt van de kosten van de aanpassing van het buitentalud.

In de verkenning is niet gekeken naar de stabiliteit en de sterkte van de bekleding, macrostabiliteit buitenwaarts en binnenwaarts, piping/heave en microstabiliteit.

5.2 Kenmerken van de bestaande dijk

5.2.1 Traject met dijkvakken

Er is gekeken naar de zeedijken langs de zuidzijde van de Dollard (figuur 5.1). Deze maken deel uit van de primaire waterkering van Friesland en Groningen (dijkkring 6) met een veiligheidsnorm van 1/4000^{ste} per paar.



Figuur 5.1

De onderzochte dijk langs de Dollard dat onderdeel uitmaakt van de primaire waterkering dijkkring 6.

Het onderzochte dijktraject is op basis van gegevens uit de legger van de zeedijk (Waterschap Hunze en Aa's, 2011) ingedeeld in dijkvakken (figuur 5.2). Tabel 5.1 geeft de kenmerken van de onderscheiden dijkvakken.



Figuur 5.2

Indeling traject in dijkvakken.

Tabel 5.1

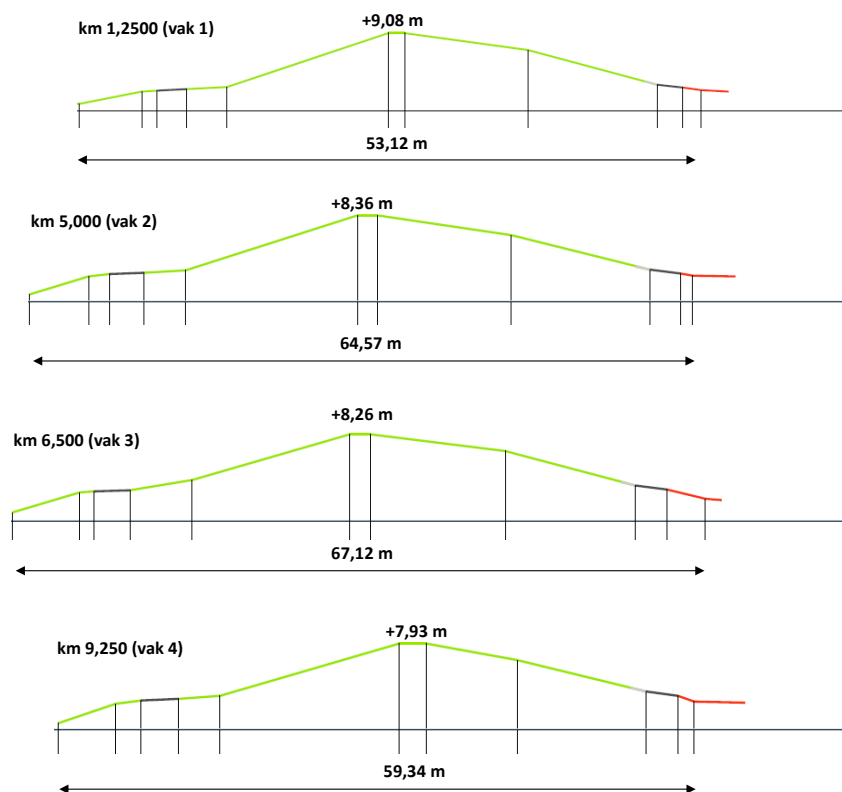
Kenmerkende gegevens per dijkvak

Vak nr.	Lengte	Kruinhoogte [m NAP]	
		Legger	Aanwezig (gemiddeld)
1	km -1,30 t/m 3,75 = 5,05 km	+9,08	+7,89 tot +9,29
2	km 3,75 t/m 6,25 = 2,50 km	+8,36	+7,95 tot +8,52
3	km 6,25 t/m 7,90 = 1,65 km	+8,26	+7,86 tot +8,49
4	km 7,90 t/m 9,45 = 1,55 km	+7,93	+7,75 tot +8,01

Het onderzochte dijktraject is in totaal 10,75 km lang. De leggerhoogte varieert tussen 7,93 en 9,08 m +NAP. De aanwezige kruinhoogte varieert tussen 7,75 en 9,29 m +NAP en dit betekent dat nagenoeg het hele traject aan de legger voldoet.

5.2.2 Dwarsprofielen

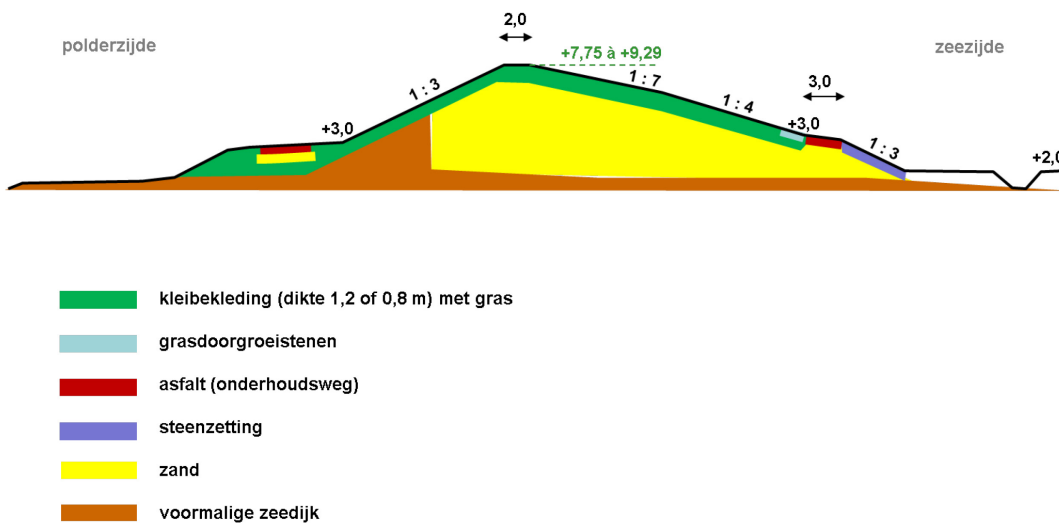
Per dijkvak is een representatief dwarsprofiel bepaald op basis van de legger van het waterschap. De representatieve dwarsprofielen zijn weergegeven in figuur 5.3.



Figuur 5.3

Dwarsprofielen van de vier onderscheiden dijkvakken uit legger (bron: Waterschap Hunze en Aa's, 2011).

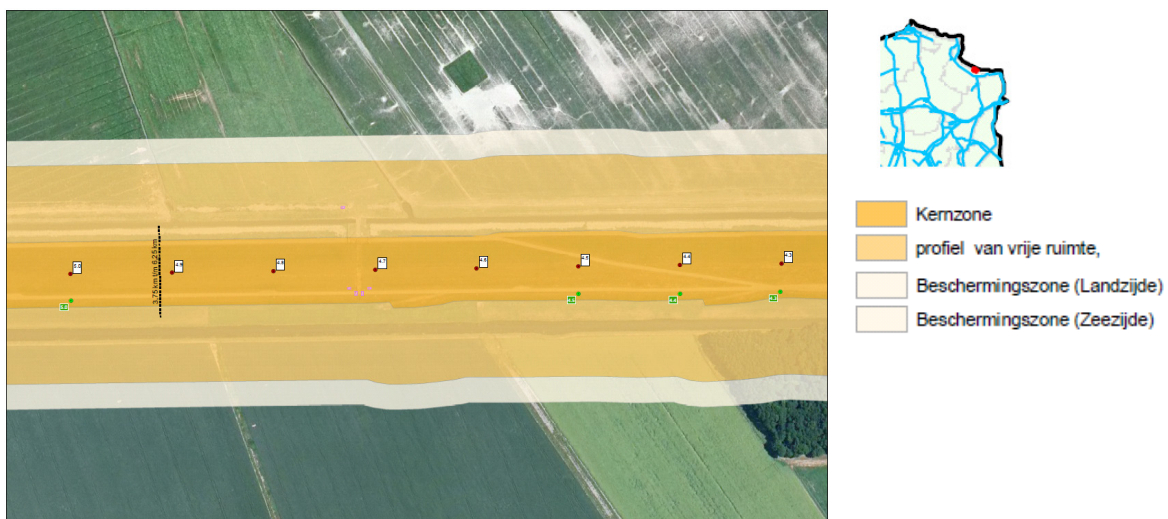
Uit deze dwarsprofielen blijkt dat de geometrie van de dijk vergelijkbaar is voor de vier dijkvakken. Aan de zeezijde (rechterzijde in de dwarsprofielen) is op alle vier dijkvakken sprake van een geknikt buitentalud. Een schematisch dwarsprofiel van de geometrie en de opbouw van de dijk is weergegeven in figuur 5.4.



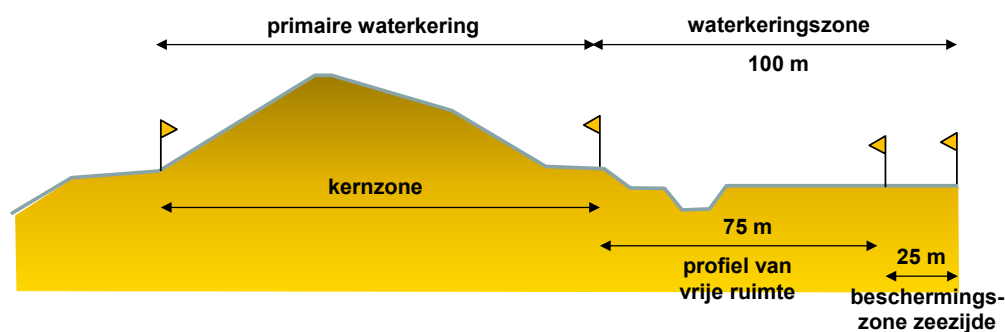
Figuur 5.4
Schematisch dwarsprofiel met dijkopbouw.

5.2.3 Waterkeringszones en eigendomsgrens

Voor de beheerzones in het buitengebied wordt onderscheid gemaakt in de kernzone, het profiel van vrije ruimte en de beschermingszone. Figuur 5.5 geeft een bovenaanzicht en in figuur 5.6 zijn waterkeringszones en eigendomsgrens aan de zeezijde in het dwarsprofiel is weergegeven.



Figuur 5.5
Situatie met kernzone, profiel van vrije ruimte en beschermingszones (bron: Hunze en Aa's, 2011).



Figuur 5.6
Ligging kernzone en beschermingszone buitenzijde in het dwarsprofiel.

Uit figuur 5.6 blijkt dat de waterkeringszone zich uitstrekt tot 100 m uit de kernzone c.q. de primaire waterkering met daarbinnen een profiel van vrije ruimte van 75 m en een beschermingszone van 25 m breed. De beheerzone van de waterkering reikt tot aan de insteek van de kweldersloot aan de zeezijde.

5.3 Veiligheidstoetsing huidige dijk

5.3.1 Uitgangspunten en randvoorwaarden 3^e toetsronde

De 3^e toetsronde is in 2011 uitgevoerd op basis van het huidige wettelijke toetsinstrumentarium (WTI), dat onder meer bestaat uit het Hydraulisch Randvoorwaardenboek (HR-2006) (Ministerie van Verkeer en Waterstaat, 2007a) en het Voorschrift Toetsen op Veiligheid (VTV-2006) (Ministerie van Verkeer en Waterstaat, 2007b). In het HR-2006 worden per dijkkring de bijbehorende hydraulische randvoorwaarden (waterstanden en golven) gegeven en in het VTV-2006 worden de toetsmethoden per beoordelingsspoor beschreven. De voor de pilotstudie relevante hydraulische randvoorwaarden zijn samengevat in tabel 5.2.

Tabel 5.2
Hydraulische randvoorwaarden 3^e toetsronde volgens HR-2006 voor de vier dijkvakken in de pilotstudie.

HR-2006				
Dijkvak dwarsprofiel	Toetspeil [m NAP]	Golfhoogte H_{m0} [m]	Golfperiode $T_{m-1.0}$ [s]	Invalshoek β [°]
1	+6,7	1,15	3,84	0
2	+6,6	1,00	3,58	0
3	+6,6	1,00	3,58	0
4	+6,5	0,90	3,40	0

5.3.2 Resultaten 3^e toetsronde

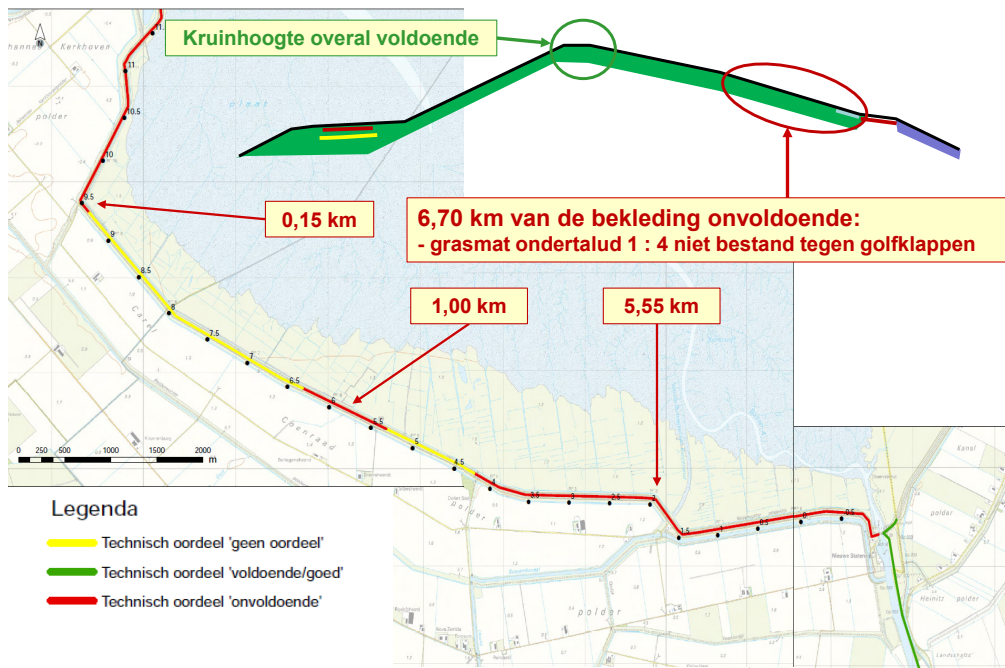
Het zuidelijke traject van de Dollard Dijken is getoetst door Waterschap Hunze en Aa's (2010). De eindscores voor de diverse beoordelingssporen zijn samengevat in tabel 5.3.

Tabel 5.3

Resultaten 3^e toetsronde zeedijk langs de Dollard (Hunze en Aa's, 2010).

Beoordelingsspoor	Lengte	Oordeel
Kerende hoogte (HT)	10,75 km	Voldoet
Bekledingen (BK):	grasmat 6,70 km	Onvoldoende
	grasmat 4,05 km	Voldoet
	asfalt 10,75 km	Voldoet
Macrostabieliteit buitenwaarts (STBU)	10,75 km	Voldoet
Macrostabieliteit binnenwaarts (STBI)	2,59 km 8,16 km	Voldoet Geen oordeel
Piping/heave (STPH)	10,75 km	Voldoet
Microstabieliteit (STMI)	10,25 km 0,50 km	Voldoet Geen oordeel

Over een lengte van 6,7 km is de sterkte van de grasmatbekleding (in de golfklapzone op het ondertalud) onvoldoende (tabel 5.3). Dit komt overeen met ruim 60% van de lengte van het beschouwde traject. Figuur 5.7 geeft een schematisch overzicht van de toetsresultaten.



Figuur 5.7

Overzicht dijktraject pilotstudie met resultaten 3^e toetronde.

5.3.3 Nieuwe hydraulische randvoorwaarden

Door Deltares zijn voor het Deltaprogramma geactualiseerde interim hydraulische randvoorwaarden berekend. De nieuwe interim waarden wijken af van de HR-2006-waarden en zijn samengevat in tabel 5.4.

Tabel 5.4

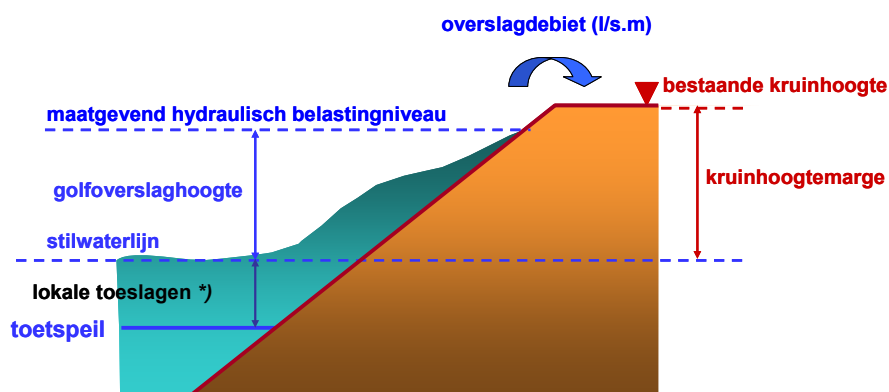
Interim hydraulische randvoorwaarden 2015.

Interim HR-2015 (geactualiseerde toetsrandvoorwaarden)				
Dijkvak / dwarsprofiel	Toetspeil [m NAP]	Golfhoogte H_{m0} [m]	Golfperiode $T_{m-1.0}$ [s]	Invalshoek β [°]
1	+6,6	2,20	4,47	21
2	+6,4	2,18	4,10	49
3	+6,3	2,04	3,85	50
4	+6,3	0,98	2,64	50

Bij vergelijking van tabel 5.2 met tabel 5.4 blijkt dat het Toetspeil 0,1 m tot 0,3 m lager is geworden en de golfhoogte in de vakken 1 t/m 3 ongeveer is verdubbeld. In de vakken 1 en 2 is ook de golfperiode toegenomen.

5.3.4 Geactualiseerde kruinhoogtetoets op basis van HR-2015

Op basis van de nieuwe interim randvoorwaarden is de bestaande kruinhoogte opnieuw getoetst. In het geschematiseerde dwarsprofiel zijn een aantal specifieke begrippen rond de hydraulische belasting en de kruinhoogte weergegeven (figuur 5.8). Deze parameters zijn relevant zijn voor de toetsing van de bestaande kruinhoogte. Tabel 5.5 geeft de resultaten van de berekeningen weer, waarbij is uitgegaan van een overslagcriterium van 1,0 l/s per strekkende m dijk.



*) seiches, buistoten-/oscillaties, lokale opwaaiing

Figuur 5.8

Rekenparameters bij kruinhoogtetoets.

Tabel 5.5

Resultaten geactualiseerde kruinhoogtetoeets op basis van nieuwe interim randvoorwaarden

Dijkvak	Bestaande kruinhoogte [m NAP]	Minimaal vereiste kruinhoogte (MHBN bij $q = 1,0$ l/s.m) [m NAP]
1	+7,9 à +9,3	+9,3
2	+8,0 à +8,5	+8,5
3	+7,9 à +8,5	+8,4
4	+7,8 à +8,0	+7,3

Uit tabel 5.5 blijkt dat de bestaande kruinhoogte in de vakken 1, 2 en 3 (gedeeltelijk) niet aan de eis voldoet.

Aanbevelingen voor de vervolgfase:

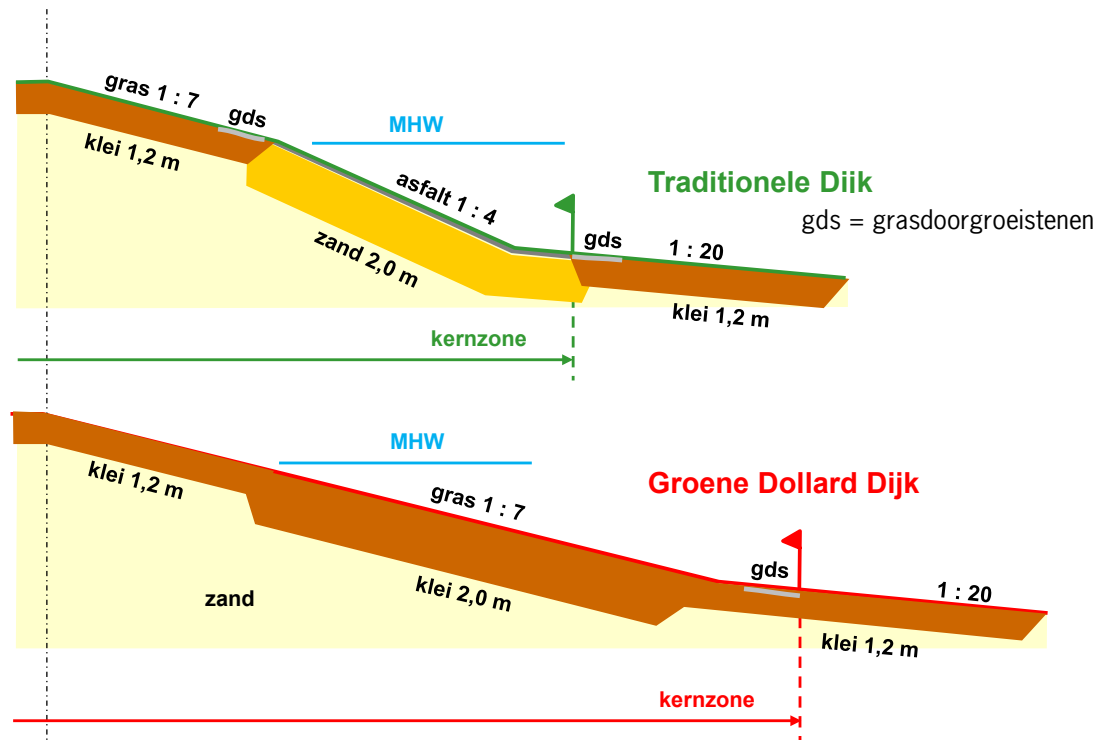
Aanbeveling 1: Er zijn extra berekeningen nodig om in beeld te brengen welke dijkvakken niet voldoen aan de toetsing met geactualiseerde hydraulische randvoorwaarden. Verwacht wordt dat 90% van de totale lengte niet aan de eis zal voldoen.

Aanbeveling 2: Er is nadere kwantificering nodig van golfbelastingen van de grasbekledingen in de golfklapzone op het ondertalud (verwacht wordt dat de grasbekleding over nagenoeg het hele traject wordt afgekeurd).

5.4 Dijkontwerpen gericht op de toekomst

5.4.1 Ontwerp van de Traditionele Dijk en de Brede Groene Dijk (Groene Dollard Dijk)

Figuur 5.9 geeft een schematisch ontwerp van het concept Traditionele Dijk en het concept Brede Groene Dijk. De traditionele dijk heeft op het boventalud (1:7) grasbekleding en op het ondertalud (1:4) asfaltbekleding (vanwege de zwaardere golfaanval). De Groene Dollard Dijk heeft een grasbekleding op het volledige buitentalud (onder- en boventalud 1:7). In beide ontwerpen wordt er van uitgegaan dat de bestaande sloot tussen de buitenteen van de dijk en de kwelder komt te vervallen en er een geleidelijke overgang naar de kwelder wordt gemaakt.



Figuur 5.9

Geometrie zeezijde van het concept Traditionele Dijk en de Groene Dollard Dijk.

Deze beide ontwerpen worden uitgewerkt voor verschillende klimaatscenario's, waarbij wordt nagegaan wat de vereiste kruinhoogte en het ruimtebeslag aan de zeezijde zijn voor de vier gekozen dwarsprofielen. Daarbij wordt ervan uitgegaan dat de X-Y-coördinaten van de bestaande buitenkruinlijn niet veranderen.

Aangenomen wordt dat een ontwerp voor een klimaatscenario met een hogere zeespiegelstijging of een langere planperiode 'robuuster' is (de dijk hoeft dan minder vaak te worden aangepast) dan een ontwerp met een lagere zeespiegelstijging en een kortere planperiode. Door te kijken naar het meest extreme klimaatscenario wordt een indruk gekregen van de 'uitbreidbaarheid' van het ontwerp.

Er wordt ook gekeken naar de kruinhoogte en het ruimtebeslag wanneer beide concepten als Deltadijk zouden worden uitgevoerd. Daarbij wordt de Deltadijk ingevuld als een dijk waarvan de kans op golfoverslag een factor 10 kleiner is dan bij een dijk die wordt ontworpen volgens de vigerende leidraden en technische rapporten voor waterkeringen.

5.4.2 Hydraulische randvoorwaarden in een veranderend klimaat

Om rekening te houden met de toekomstige effecten van klimaatverandering zijn met het rekenmodel Hydra-K maatgevende combinaties van hoogwaterstand en golven (het Maatgevend Hydraulisch Belasting Niveau (MHBN)) voor verschillende klimaatscenario's berekend. De klimaatscenario's bestrijken een periode van 2015 tot 2100 en geven verschillende combinaties van zeespiegelstijging, windcondities en golfbrandvoorwaarden (tabel 5.6). De voor de verkenning geselecteerde Deltascenario's zijn in tabel 5.6 rood gemarkeerd. Voor deze klimaatscenario's worden met het rekenmodel PC-Overslag de kruinhoogten van de Traditionele Dijk, de Groene Dollard Dijk en van beide concepten als Deltadijk (tien keer veiliger) berekend.

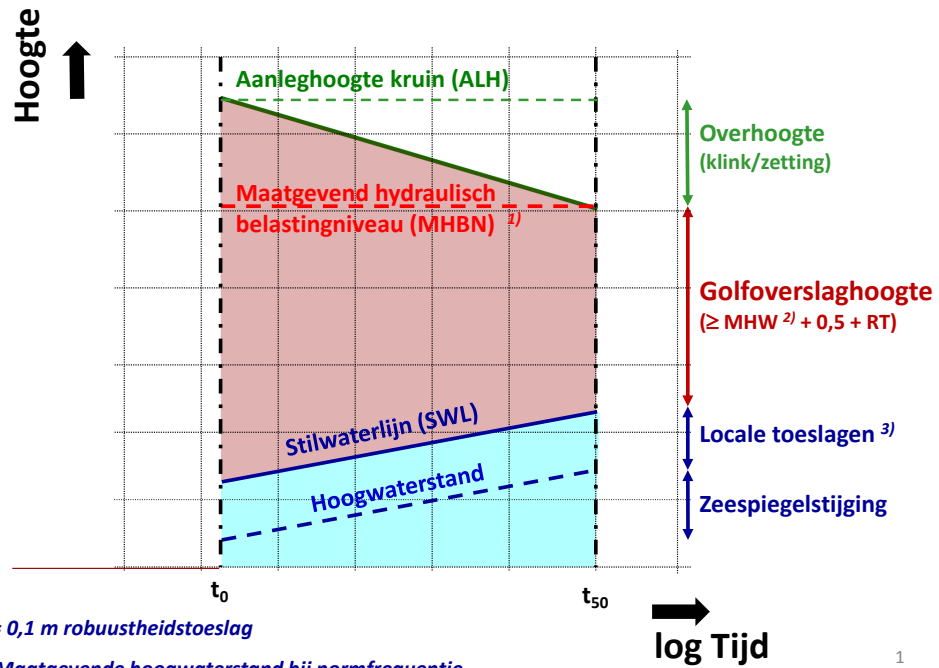
Tabel 5.6

Overzicht van geselecteerde Deltascenario's (rood gemarkeerd).

Categorie	Nr	Waterstand	Golfhoogte (H_{m0})	Golfperiode ($T_{m-1,0}$)	Windrichting	Windsnelheid	Kruin hoogte	Zichtjaar
		[m]	[%]	[%]	[°]	[%]	[m]	[jaar]
Referentie	0	0.00	0	0	0	0	0	2015
Klimaatscenario's	1	0.15						2050
	2	0.35						2050
	3	0.60						2100
	4	0.85						2100
	5	0.35			10			2050
	6	0.85			20			2100
	7	0.35				5		2050
	8	0.85				10		2100
Autonome ontwikkeling	9	0.10						2050
	10	0.35						2100
	11	0.35	10	10				2050
	12	0.85	20	50				2100
	13	0.35					-0.15	2050
	14	0.85					-0.30	2100

5.4.3 Rekenparameters voor het ontwerp

Voor het ontwerp van een dijk gelden andere parameters dan voor de toetsing. Een ontwerp wordt gemaakt voor een planperiode van 50 jaar (dus moet rekening worden gehouden met zetting en de waterstand en golfhoogte over 50 jaar), terwijl bij de toetsing wordt gekeken naar de actuele situatie. In figuur 5.10 zijn een aantal specifieke begrippen rond de hydraulische belasting en de kruinhoogte schematisch weergegeven die relevant zijn voor het ontwerp van de kruinhoogte.



Figuur 5.10
 Rekenparameters bij het ontwerp van de kruinhoogte.

De robuustheidstoeslag van 0,10 m is een marge voor onzekerheden in de hydraulische randvoorwaarden conform Appendix I bij de Leidraad Zee- en Meerdijken (Ministerie van Verkeer & Waterstaat, 2009).

5.5 Traditionele Dijk - Basisontwerp 2050

5.5.1 Hydraulische randvoorwaarden Basisontwerp 2050

Bij het Basisontwerp voor 2050 wordt rekening gehouden met 0,35 m zeespiegelstijging (klimaatscenario 2). De berekende maatgevende belastingcombinaties voor het ontwerp van de Traditionele Dijk zijn samengevat in tabel 5.7.

Tabel 5.7

Interim hydraulische randvoorwaarden ontwerp 2050 (klimaatscenario 2).

Interim HR-2050 Traditionele Dijk (bij 0,35 m zeespiegelstijging)				
Dijkvak	MHW _{1/4000} *) [m NAP]	Golfhoogte H _{m0} [m]	Golfperiode T _{m-1,0} [s]	Invalshoek β [°]
1	+6,7	1,85	4,18	21
2	+6,5	1,83	3,86	49
3	+6,4	1,71	3,62	50
4	+6,4	0,93	2,64	57

*) Maatgevend Hoog Water (inclusief 0,10 m robuustheidstoeslag)

5.5.2 Minimaal vereiste kruinhoogte Traditionele Dijk (Basisontwerp 2050)

De berekeningsresultaten van PC-Overslag zijn samengevat in tabel 5.8.

Tabel 5.8

Minimaal vereiste kruinhoogten Traditionele Dijk (basisontwerp).

Minimaal vereiste kruinhoogte Traditionele Dijk (basisontwerp)					
Dijkvak	MHBN 1) (q = 1,0 l/s.m) [m NAP]	Over hoogte [m]	Aanleg hoogte [m NAP]	Bestaande kruinhoogte 2) [m NAP]	Kruinhoogte tekort [m]
1	+9,3	0,5	+9,8	+8,8	1,0
2	+8,5	0,5	+9,0	+8,2	0,8
3	+8,5	0,5	+9,0	+8,2	0,8
4	+7,3	0,5	+7,8	+7,9	-0,1

1) Inclusief 0,10 m robuustheidstoeslag

2) Gemiddelde waarde binnen dijkvak

Uit tabel 5.8 volgt dat bij versterking op basis van de Traditionele Dijk de bestaande kruinhoogte in vak 1 t/m met 3 met 0,8 tot 1,0 m moet worden verhoogd en dat in vak 4 de bestaande kruinhoogte voldoende is.

5.5.3 Ruimtebeslag Traditionele Dijk (Basisontwerp 2050)

Het ruimtebeslag wordt gedefinieerd ten opzichte van de bestaande buitenkruinlijn. Dit is de overgang van de kruin naar het buitentalud. Het ruimtebeslag van de bestaande dijk en versterking volgens het concept van de Traditionele Dijk is per dijkvak weergegeven in tabel 5.9. De bijbehorende dwarsprofielen per dijkvak zijn weergegeven in de figuren 5.11 t/m 5.14.

Tabel 5.9*Ruimtebeslag Traditionele Dijk (basisontwerp 2050).*

Dijkvak	Grens kernzone	
	Bestaande Dijk [m]	Traditionele Dijk [m]
1	87 - 54 = 33	93 - 54 = 39 (6)
2	75 - 45 = 30	79 - 45 = 34 (4)
3	74 - 46 = 28	79 - 46 = 33 (5)
4	74 - 50 = 24	78 - 50 = 28 (4)

Uit tabel 5.9 blijkt dat bij een versterking op basis van de Traditionele Dijk de bestaande kernzone 4 m à 6 m (zie getallen tussen haakjes) zeewaarts verschuift.

5.5.4 Indicatieve kosten Traditionele Dijk (Basisontwerp 2050)

Er is een globale schatting gemaakt van de kosten van een traditionele versterking van het buitentalud op basis van de benodigde hoeveelheid klei, de asfaltbekleding en de doorgroeistenen (tabel 5.10). Daarbij is gebruik gemaakt van de schematisering volgens figuur 5.9 en de dwarsprofielen volgens paragraaf 5.7.3. In dit verkennende stadium nog geen rekening gehouden met mogelijk hergebruik van zand of klei uit de bestaande dijk. Deze globale schatting is bedoeld om een eerste indruk te krijgen van het prijsverschil tussen de Traditionele Dijk en de Groene Dollard Dijk. In werkelijkheid moet er rekening worden gehouden met veel meer aspecten.

Tabel 5.10:*Indicatieve kosten aanpassing buitentalud Traditionele Dijk (basisontwerp 2050).*

Dijkvak	Zand (2,0 m)		Afdekklei (1,2 m)		Asfaltbeton		Grasdoorgroeistenen	
	[m ³]	[€]	[m ³]	[€]	[m ²]	[€]	[m ²]	[€]
1 (5,50 km)	188673	€3 018 773	242304	€6 057 596	116337	€7 561 883	44000	€660 000
2 (2,50 km)	82668	€1 322 692	96137	€2 403 435	51334	€3 336 719	20000	€300 000
3 (1,65 km)	54153	€866 446	65131	€1 628 269	33676	€2 188 968	13200	€198 000
4 (1,55 km)	49848	€797 574	48426	€1 210 646	31124	€2 023 071	12400	€186 000
totaal/10,75 km	375343	€6 005 485	451998	€11 299 946	232471	€15 110 641	89600	€1 344 000
totaal/km	34916	€558 650	42046	€1 051 158	21625	€1 405 641	8335	€125 023

- 1) eenheidsprijs leveren en verwerken € 16/m³
- 2) eenheidsprijs leveren en verwerken € 25/m³
- 3) eenheidsprijs leveren en verwerken € 65/m²
- 4) eenheidsprijs leveren en verwerken € 15/m²

Uit tabel 5.10 kan worden afgeleid dat de totale kosten voor aanpassing van het buitentalud volgens het concept van de Traditionele Dijk uitkomen op zo'n € 3,1 miljoen per km dijk.

5.6 Groene Dollard Dijk - Basisontwerp 2050

5.6.1 Hydraulische randvoorwaarden Basisontwerp 2050

Bij het Basisontwerp voor 2050 wordt rekening gehouden met 0,35 m zeespiegelstijging (klimaatscenario 2). De met Hydra-K berekende maatgevende belastingcombinaties staan in tabel 5.11.

Tabel 5.11

Interim hydraulische randvoorwaarden 2050 voor Groene Dollard Dijk.

Interim HR-2050 Groene Dollard Dijk (bij 0,35 m zeespiegelstijging)					
Dijkvak	MHW ¹⁾ [m NAP]	SWL ²⁾ [m NAP]	Golfhoogte H_{m0} [m]	Golfperiode $T_{m-1,0}$ [s]	Invalshoek β [°]
1	+7,0	+7,2	2,00	4,33	20
2	+6,6	+6,8	1,94	3,90	50
3	+6,4	+6,6	1,85	3,74	49
4	+6,3	+6,5	1,01	2,72	54

1) Maatgevend Hoog Water (inclusief 0,10 m robuustheidstoelag)

2) Stil Water Lijn (inclusief 0,10 m robuustheidstoelag)

Vanwege het effect van het voorland en de geometrie van het buitentalud van de dijk op de berekende hydraulische randvoorwaarden is er een verschil tussen de waterstanden (MHW en SWL) en golf randvoorwaarden (H_{m0} , $T_{m-1,0}$ en β) van de Groene Dollard Dijk en van de Traditionele Dijk. In feite zouden de MHW-standen hier niet gevoelig voor moeten zijn. Dit heeft verder geen invloed op de dimensionering van de kruinhoogte en de bekledingen. Voor de beoordeling van piping en macro-stabiliteit binnenwaarts moet in principe rekening worden gehouden met een MHW-stand aan de buitenzijde. In de vervolgfase moeten de aan te houden MHW-standen nog nader worden bepaald.

5.6.2 Minimaal vereiste kruinhoogte Groene Dollard Dijk (Basisontwerp 2050)

De berekeningsresultaten van PC-Overslag zijn samengevat in tabel 5.12.

Tabel 5.12*Minimaal vereiste kruinhoogten Groene Dollard Dijk (basisontwerp).*

Minimaal vereiste kruinhoogte Groene Dollard Dijk (basisontwerp)					
Dijkvak	MHBN ¹⁾ (q = 1,0 l/s.m) [m NAP]	Over hoogte [m]	Aanleg hoogte [m NAP]	Bestaande kruinhoogte [m NAP]	Kruinhoogte tekort [m]
1	+8,8	0,5	+9,3	+8,8	0,5
2	+8,4	0,5	+8,9	+8,2	0,7
3	+8,2	0,5	+8,7	+8,2	0,5
4	+7,4	0,5	+7,9	+7,9	0,0

1) *Inclusief 0,10 m robuustheidstoeslag*2) *Gemiddelde waarde binnen dijkvak*

Uit tabel 5.12 volgt dat bij versterking middels een Groene Dollard Dijk de bestaande kruinhoogte in vak 1 t/m 3 met 0,5 tot 0,7 m moet worden verhoogd en dat in vak 4 de bestaande kruinhoogte voldoende is.

5.6.3 Ruimtebeslag Groene Dollard Dijk (Basisontwerp 2050)

Het ruimtebeslag wordt gedefinieerd ten opzichte van de bestaande buitenkruinlijn. De kernzone van de bestaande dijk en het basisontwerp van de Groene Dollard Dijk is per dijkvak weergegeven in tabel 5.13. De bijbehorende dwarsprofielen per dijkvak zijn weergegeven in de figuren 5.11 t/m 5.14.

Tabel 5.13*Ruimtebeslag Groene Dollard Dijk (Basisontwerp 2050).*

Dijkvak	Grens kernzone	
	Bestaande Dijk [m]	Groene Dollard Dijk [m]
1	87 - 54 = 33	103 - 54 = 49 (16)
2	75 - 45 = 30	90 - 45 = 45 (15)
3	74 - 46 = 28	89 - 46 = 43 (15)
4	74 - 50 = 24	88 - 50 = 38 (14)

Uit tabel 5.13 blijkt dat bij een versterking op basis van de Groene Dollard Dijk de bestaande kernzone met 14 à 16 m (zie getallen tussen haakjes) zeewaarts verschuift.

5.6.4 Indicatieve kosten Groene Dollard Dijk (Basisontwerp 2050)

Er is een globale schatting gemaakt van de kosten van het versterken van het buitentalud op basis van de benodigde hoeveelheid klei en de doorgroeistenen. Daarbij is gebruik gemaakt van de schematisering volgens

figuur 5.9 en de dwarsprofielen volgens paragraaf 5.7.3. In dit verkennende stadium is nog geen rekening gehouden met mogelijk hergebruik van klei uit de bestaande dijk. Deze kosten zijn bepaald om een eerste indruk te krijgen van het prijsverschil tussen een Traditionele Dijk en een Groene Dollard Dijk. De kosten kunnen daarom ook alleen in die context worden geïnterpreteerd. In werkelijkheid moet met meer aspecten rekening worden gehouden. De hoeveelheden klei en grasdoorgroeistenen en kosten zijn samengevat in tabel 5.14.

Tabel 5.14:

Indicatieve kosten aanpassing buitentalud Groene Dollard Dijk (Basisontwerp).

Basisontwerp Groene Dollard Dijk				
Dijkvak	Afdekklei (1,2 m/2,0 m)		Grasdoorgroeistenen	
	[m ³]	[€]	[m ²]	[€]
1 (5,50 km)	496982	€12 424 558	22000	€330 000
2 (2,50 km)	215118	€5 377 955	10000	€150 000
3 (1,65 km)	139155	€3 478 865	6600	€99 000
4 (1,55 km)	120448	€3 011 196	6200	€93 000
totaal/10,75 km	971703	€24 292 573	44800	€672 000
totaal/km	90391	€2 259 774	4167	€62 512

1) Eenheidsprijs leveren en verwerken € 25/m³

2) Eenheidsprijs leveren en verwerken € 15/m²

Uit tabel 5.14 kan worden afgeleid dat de totale kosten voor aanpassing van het buitentalud volgens het concept van de Groene Dollard Dijk uitkomen op ongeveer € 2,3 miljoen per km dijk. Bij opmaak gele kleur weghalen

5.7 Vergelijking Basisontwerp Traditionele Dijk - Groene Dollard Dijk

5.7.1 Kruinhoogten

De kruinhoogten van de bestaande dijk en de voor beide basisontwerpen berekende aanleghoogten van de kruin zijn samengevat in tabel 5.15.

Tabel 5.15

Aanleghoogten kruin voor basisontwerpen Traditionele Dijk en Groene Dollard Dijk.

Dijkvak	Kruinhoogten [m NAP]		
	Bestaande dijk	Traditionele Dijk (gras 1:7/asfalt 1:4)	Groene Dollard Dijk (gras 1:7)
1	+8,8	+9,6 (0,8)	+9,3 (0,5)
2	+8,2	+8,8 (0,6)	+8,9 (0,7)
3	+8,2	+8,9 (0,7)	+8,7 (0,5)
4	+7,9	+7,9 (0,0)	+7,9 (0,0)

Uit tabel 4.15 blijkt dat de verschillen tussen de aanleghoogten van de Traditionele Dijk en de Groene Dollard Dijk niet zo groot zijn. Bij versterking volgens het principe van de Traditionele Dijk moet de bestaande kruin in de dijkvakken 1 t/m 3 met 0,0 m à 0,8 m (zie getallen tussen haakjes) worden verhoogd. Voor het basisontwerp van de Groene Dollard Dijk is dat 0,0 à 0,7 m. In dijkvak 4 is voor beide oplossingen de minimaal vereiste kruinhoogte hetzelfde en voldoet de bestaande kruinhoogte aan de eis.

5.7.2 Kernzone

De kernzone van de waterkering, gemeten uit de buitenkruinlijn van de bestaande dijk, is voor beide principe oplossingen samengevat in tabel 5.16.

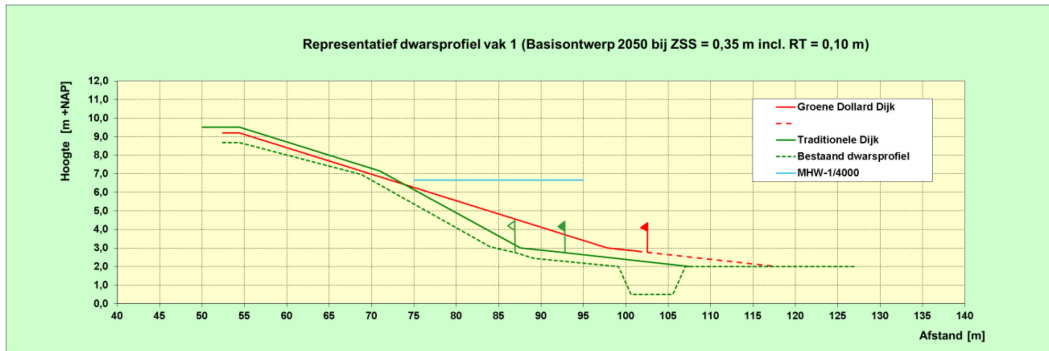
Tabel 5.16

Kernzone bij basisontwerp Traditionele Dijk en Groene Dollard Dijk.

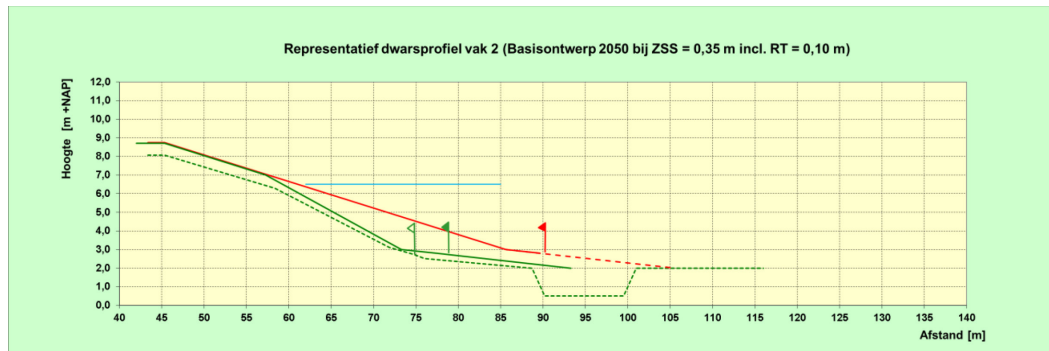
Dijkvak	Kernzone [m uit bestaande buitenkruinlijn]		
	Bestaande dijk	Traditionele Dijk (gras 1:7/asfalt 1:4)	Groene Dollard Dijk (gras 1:7)
1	33	39 (6)	49 (16)
2	30	34 (4)	45 (15)
3	28	33 (5)	43 (15)
4	24	28 (4)	38 (14)

Uit tabel 5.16 blijkt dat de kernzone van de Groene Dollard Dijk 10 m à 11 m verder zeewaarts verschuift dan de Traditionele Dijk.

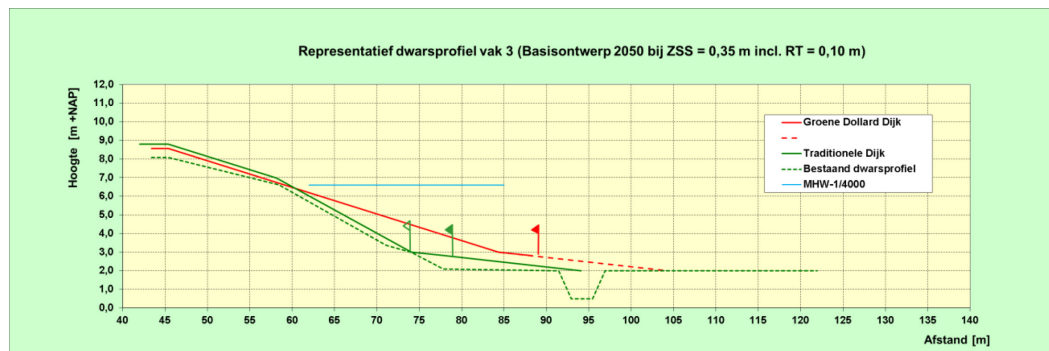
5.7.3 Dwarsprofielen Basisontwerp 2050 per dijkvak



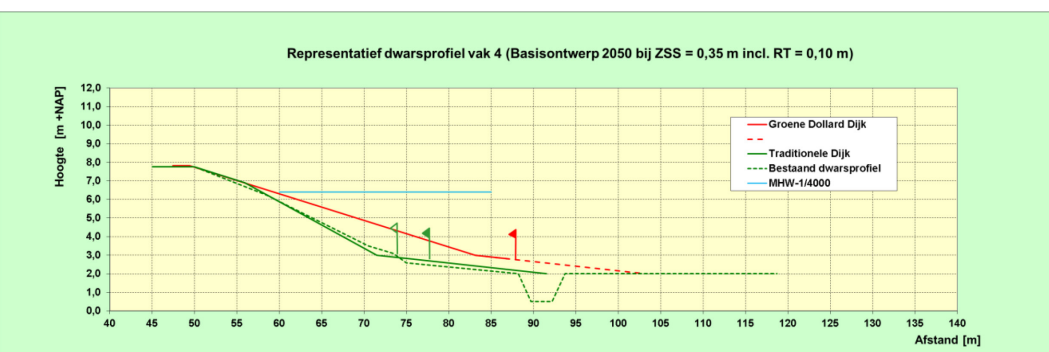
Figuur 5.11
Dwarsprofiel vak 1 met contouren dijkontwerpen 2050.



Figuur 5.12
Dwarsprofiel vak 2 met contouren dijkontwerpen 2050.



Figuur 5.13
Dwarsprofiel vak 3 met contouren dijkontwerpen 2050.



Figuur 5.14
Dwarsprofiel vak 4 met contouren dijkontwerpen 2050.

5.7.4 Indicatieve kosten

De globale kosten van aanpassing van het talud aan de zeezijde zijn voor beide concepten samengevat in tabel 5.18.

Tabel 5.18

Indicatieve kosten versterking buitentalud bij basisontwerp Traditionele Dijk en Groene Dollard Dijk.

Kosten versterking buitentalud [€]				
Dijkvak	Traditionele Dijk	Groene Dollard Dijk	Verschil	
	(gras 1:7, asfalt 1:4)	(gras 1:7)		
1 (5,50 km)	€17 298 252	€12 754 558	€4 543 694	
2 (2,50 km)	€7 362 846	€5 527 955	€1 834 891	
3 (1,65 km)	€4 881 683	€3 577 865	€1 303 819	
4 (1,55 km)	€4 217 291	€3 104 196	€1 113 095	
Totaal/10.75 km	€33 760 072	€24 964 573	€8 795 499	
Totaal/km	€3 140 472	€2 322 286	€818 186	

Uit tabel 4.18 blijkt dat de kosten voor versterking van het buitentalud volgens het principe van de Traditionele Dijk ongeveer € 3,1 miljoen per km dijk bedragen. Voor de Groene Dollard Dijk is dat ongeveer € 2,3 miljoen per km dijk. Dit betekent dat het basisontwerp van de Groene Dollard Dijk ongeveer € 0,8 miljoen per km goedkoper is dan het basisontwerp van de Traditionele Dijk. Opgemerkt wordt dat hierbij nog geen rekening is gehouden met de extra kosten voor verhoging van de kruin en maatregelen aan de landzijde ter verbetering van de macrostabiliteit en piping/heave. Daartegenover staat dat deze extra kosten voor beide dijkversterkingsopties gelden. Bovendien gaat het hier slechts om een indicatieve kostenvergelijking, die in een vervolgfase verder wordt uitgewerkt.

5.8 Robuustheid van de Traditionele Dijk en de Groene Dollard Dijk

Robuustheid wordt hier gedefinieerd als een veiligheidsmarge voor het opvangen van toekomstige verhogingen van de hydraulische randvoorwaarden, zodat aanpassingen van de waterkeringen beperkt kunnen blijven. Om de robuustheid van de dijkconcepten te kunnen beoordelen zijn aanvullende berekeningen met Hydra-K gemaakt met een langere tijdhorizon (klimaatscenario 3, tijdhorizon tot 2100 met 0,6 m zeespiegelstijging). De berekeningsresultaten voor beide basisontwerpen zijn opgenomen in bijlage 3 (Resultaten extra berekeningen Traditionele Dijk) en bijlage 4 (Resultaten extra berekeningen Groene Dollard Dijk). De eindresultaten zijn samengevat in de volgende paragrafen.

5.8.1 Kruinhoogte

Uit tabel 3.2 van bijlage 3 blijkt dat bij versterking op basis van de Traditionele Dijk de bestaande kruinhoogte met 0,7 m à 1,6 m moet worden verhoogd.

Uit tabel 4.2 van bijlage 4 blijkt dat bij versterking op basis van de Groene Dollard Dijk de bestaande kruinhoogte met 0,9 m à 1,6 m moet worden verhoogd.

Hieruit blijkt dat de verschillen in kruinhoogte tussen beide oplossingen minimaal zijn.

5.8.2 Ruimtebeslag

Uit tabel 3.3 van bijlage 3 blijkt dat bij een versterking op basis van de Traditionele Dijk de bestaande kernzone 6 m à 10 m zeewaarts verschuift.

Uit tabel 4.3 van bijlage 4 blijkt dat bij een versterking op basis van de Groene Dollard Dijk de bestaande kernzone 18 m à 19 m zeewaarts verschuift.

Hieruit blijkt dat de zeewaartse verschuiving van de kernzone van de Groene Dollard Dijk ongeveer 9 m à 12 m groter is dan van de Traditionele Dijk.

5.9 Uitbreidbaarheid Traditionele Dijk - Groene Dollard Dijk

Om de uitbreidbaarheid en het profiel van vrije ruimte van de beide dijkconcepten te kunnen beoordelen zijn aanvullende berekeningen gemaakt voor een tijdhorizon tot 2100 bij 0,85 m zeespiegelstijging en 10% hogere windsnelheden (klimaatsscenario 8). De bijbehorende illustratiepunten van de hydraulische randvoorwaarden zijn met Hydra-K berekend. De berekeningsresultaten zijn opgenomen in bijlage 3 - Resultaten extra berekeningen Traditionele Dijk en bijlage 4 - Resultaten extra berekeningen Groene Dollard Dijk. De eindresultaten zijn samengevat in de volgende paragrafen.

5.9.1 Kruinhoogte

Uit tabel 3.5 van bijlage 3 volgt dat bij versterking op basis van de Traditionele Dijk de bestaande kruinhoogte met 1,2 m à 2,3 m moet worden verhoogd.

Uit tabel 4.5 van bijlage 4 volgt dat bij versterking op basis van de Groene Dollard Dijk de bestaande kruinhoogte met 1,0 m à 1,7 m moet worden verhoogd.

Hieruit blijkt dat bij een doorkijk van het ontwerp naar 2100 de vereiste kruinhoogte van de Groene Dollard Dijk 0,2 m à 0,6 m lager is dan de Traditionele Dijk.

5.9.2 Ruimtebeslag

Uit tabel 3.6 van bijlage 3 blijkt dat bij een versterking op basis van de Traditionele Dijk de bestaande kernzone 8 m à 14 m zeewaarts verschuift.

Uit tabel 4.6 van bijlage 4 blijkt dat bij een versterking op basis van de Groene Dollard Dijk de bestaande kernzone 19 m à 20 m zeewaarts verschuift.

Hieruit blijkt dat bij de beoordeling van het ontwerp in 2100 de Groene Dollard Dijk de kernzone 6 m à 11m verder zeewaarts verschuift dan de Traditionele Dijk.

5.10 Vergelijking Traditionele Dijk - Groene Dollard Dijk als Deltadijk

In het kader van het Deltaprogramma wordt het concept van de Deltadijk ontwikkeld. Deze Deltadijk is een factor 10 veiliger dan een standaarddijk die voldoet aan de vigerende Leidraden en technische rapporten. De factor 10 maal veiliger wordt verdisconteerd door voor de toelaatbare kans op overbelasting door golfoverslag uit te gaan van de veiligheidsnorm/10 = 1/40.000ste per jaar. Daarnaast wordt uitgegaan van een tijdhorizon tot 2100 met 0,6 m zeespiegelstijging. De bijbehorende illustratiepunten van de hydraulische randvoorwaarden zijn met Hydra-K berekend. De berekeningsresultaten zijn opgenomen in bijlage 3 - Resultaten extra berekeningen Traditionele Dijk en bijlage 4 - Resultaten extra berekeningen Groene Dollard Dijk. De eindresultaten zijn samengevat in de volgende paragrafen.

5.10.1 Kruinhoogte

Uit tabel 3.8 van bijlage 3 volgt dat als de Deltadijk op basis van een Traditionele Dijk wordt uitgevoerd, de bestaande kruinhoogte 1,4 m à 2,5 m moet worden verhoogd.

Uit tabel 4.8 van bijlage 4 blijkt dat als de Deltadijk als Groene Dollard Dijk wordt uitgevoerd, de bestaande kruinhoogte met 1,4 m à 2,3 m moet worden verhoogd.

Hieruit blijkt dat het verschil in kruinhoogte tussen beide principeoplossingen maximaal 0,2 m is.

5.10.2 Ruimtebeslag

Uit tabel 3.9 van bijlage 3 blijkt dat als de Deltadijk op basis van een Traditionele Dijk wordt uitgevoerd, de bestaande kernzone 10 m à 15 m zeewaarts verschuift.

Uit tabel 4.9 van bijlage 4 blijkt dat als de Deltadijk als Groene Dollard Dijk wordt uitgevoerd, de bestaande kernzone 20 m à 29 m zeewaarts verschuift.

Hieruit blijkt dat als de Deltadijk als Groene Dollard Dijk wordt uitgevoerd de zeewaartse verschuiving van de kernzone 10 m à 14 m groter is dan wanneer deze als Traditionele Dijk wordt uitgevoerd.

5.11 Bevindingen en aanbevelingen

Voor de bepaling van de minimaal vereiste kruinhoogte en het ruimtebeslag van de dijkversterking langs de zuidelijke rand van de Dollard zijn twee dijkconcepten onderzocht:

1. Traditionele Dijk met grasbekleding op het boventalud (1:7) en asfaltbekleding op het ondertalud (1:4); dit is het referentie-ontwerp.
2. Groene Dollard Dijk met grasbekleding op het hele buitentalud (1:7).

Daarnaast is gekeken naar de uitvoering van beide concepten als:

3. Deltadijk (tienmaal veiliger).

Dit is gedaan voor drie klimaatscenario's van het Deltaprogramma met een tijdhorizon tot 2050 of tot 2100, waarbij de volgende uitgangspunten zijn gehanteerd:

- Basisontwerp (2050 met 0,35 m zeespiegelstijging).
- Robuust ontwerp (2100 met 0,60 m zeespiegelstijging).
- Uitbreidbaarheid (2100 met 0,85 m zeespiegelstijging en 10% hogere windsnelheden).
- Deltadijk (tienmaal veiliger; 2100 met 0,60 m zeespiegelstijging).

De resultaten van de analyse zijn samengevat in de tabellen 5.19 en 5.20.

Tabel 5.19*Resultaten Traditionele Dijk.*

Traditionele Dijk (gras 1:7 / asfalt 1:4)			
Beoordeling	Kruinhoogte tekort [m]	Globale kosten [€ per km dijk]	Zeewaartse verschuiving grens kernzone [m]
Basisontwerp	-0,1 à 1,0	€ 3.100.000	4 à 6
Robuust ontwerp	0,7 à 1,6	-	6 à 10
Uitbreidbaarheid	1,2 à 2,3	-	8 à 14
Deltadijk	1,4 à 2,5	-	10 à 15

Tabel 5.20*Resultaten Groene Dollard Dijk.*

Beoordeling	Kruinhoogte tekort [m]	Globale kosten [€ per km dijk]	Zeewaartse Verschuiving kernzone [m]
Basisontwerp	0,0 à 0,7	€ 2.300.000	14 à 16
Robuust ontwerp	0,9 à 1,6	-	14 à 19
Uitbreidbaarheid	1,0 à 1,7	-	19 à 20
Deltadijk	1,4 à 2,3	-	20 à 29

Op basis van deze resultaten kan het volgende worden afgeleid

Basisontwerp

De vereiste aanleghoogte voor de kruin van de Groene Dollard Dijk en de Traditionele Dijk is nagenoeg gelijk. Om aan de eis te kunnen voldoen moet bij de Traditionele Dijk de bestaande kruin met -0,1 m tot 1,0 m worden verhoogd. Voor de Groene Dollard Dijk is dat 0,0 m tot 0,7 m en is de extra zeewaartse verschuiving van de kernzone gelijk aan 10 m. Door toepassing van grasbekleding op een verflauwd ondertalud en een dikkere kleilaag in plaats van asfaltbekleding is aanpassing van het buitentalud van De Groene Dollard Dijk € 800.000 per km goedkoper dan het aanpassen van het buitentalud van de Traditionele Dijk. Deze kosten zijn slechts indicatief, en bedoeld om een eerste indruk te krijgen van het prijsverschil tussen beide concepten en kunnen dan ook alleen in die context worden geïnterpreteerd. Er is geen rekening gehouden met kosten van maatregelen ter verbetering van de binnenwaartse stabiliteit en piping, of andere kosten.

Robuust ontwerp

De robuustheid van beide ontwerpen is min of meer gelijkwaardig, maar door de flauwere taludhelling van de Groene Dollard Dijk zal de buitenwaartse stabiliteit van dit concept beter zijn. Een robuust ontwerp van de Groene Dollard Dijk leidt tot een extra zeewaartse verschuiving van de kernzone van 8 m tot 9 m.

Uitbreidbaarheid

Bij de Groene Dollard Dijk moet meer ruimte worden gereserveerd voor toekomstige ontwikkelingen. De extra benodigde ruimte voor de kernzone is gelijk aan 6 m tot 11 m.

Deltadijk

Indien beide ontwerpen worden uitgevoerd als Deltadijk, moet de kruin van de Traditionele Dijk met 1,4 tot 2,5 m worden verhoogd. Voor de Groene Dollard Dijk is dat 1,4 m tot 2,3 m en is de extra zeewaartse verschuiving van de kernzone gelijk aan 10 m tot 14 m.

Aanbevelingen:

Aanbeveling 1: Werk de voorkeursoplossing nader uit voor meerdere dwarsprofielen, inclusief de juiste maaiveldhoogte van de kwelder, waarvoor nu NAP +2,0 m is ingeschat. Omdat de kruinhoogteberekeningen zijn gebaseerd op voorlopige interim hydraulische randvoorwaarden, zijn deze slechts indicatief.

Aanbeveling 2: In de vervolgfase is bij de uitwerking van de Groene Dollard Dijk verificatie nodig van de sterkte van de grasbekleding en de vereiste dikte van de kleilaag in de golfklapzone.

Aanbeveling 3: Er is nadere analyse van de binnenwaartse stabiliteit en piping/heave nodig om te kunnen beoordelen of aanvullende maatregelen nodig zijn, die consequenties hebben voor het ontwerpplan. De daarbij aan te houden MHW-standen moeten nog nader worden bepaald.

Aanbeveling 4: De berekende kosten zijn indicatief, waarbij ook nog geen rekening is gehouden met hergebruik van materiaal uit de bestaande dijk en de invloed op de dijkdimensies van piping en macrostabiliteit binnenwaarts. Deze beide aspecten moeten in combinatie met de aanbevelingen 1 en 3 bij de vervolganalyse worden betrokken.

Aanbeveling 5: Onderzoek de mogelijkheden voor het lokaal winnen van afdekklei (bijvoorbeeld via slibvang). Voor de Groene Dollard Dijk is bijna twee maal zoveel afdekklei nodig dan voor de Traditionele Dijk. De kosten daarvan zijn sterk afhankelijk van de beschikbaarheid en de transportafstand. Ook moet worden onderzocht of lokaal gewonnen materiaal de juiste kwaliteit heeft om na rijping in depots als klei voor de dijk te worden toegepast.

6 Belangrijkste uitkomsten symposium

Op 25 januari 2013 is een symposium georganiseerd om het concept van de Groene Dollard Dijk aan een brede groep betrokkenen en geïnteresseerden voor te leggen, en om de reacties en ideeën van allen te horen (figuur 6.1). Er waren ongeveer 70 deelnemers aanwezig, afkomstig vanuit het waterschap zelf, andere noordelijke waterschappen, het Deltaprogramma Waddengebied, onderzoeksinstituten, diverse lokale, regionale en nationale overheden, kwelderbeheerders (natuurorganisaties en particulieren) en belangenorganisaties (zie bijlage 2). Ook waren een aantal deskundigen vanuit Duitsland aanwezig, die op het symposium hebben verteld over de kenmerken en de ervaringen met een brede groene dijk in Duitsland. In het middagdeel is aan de deelnemers gevraagd om op kaarten aan te geven waar zij mogelijkheden zien voor het winnen van klei, en om hun vragen, opmerkingen en suggesties aan te geven (figuur 6.2). In bijlage 2 is het programma en is een uitgebreid verslag bijgevoegd.



Figuur 6.1

Presentatie tijdens het symposium Groene Dollard Dijk.

Tijdens het symposium kwam naar voren dat er veel draagvlak is voor het concept van een groene dijk langs de Dollard. Vooral het gegeven dat er geen harde stenen bekleding nodig is, dat het een gelijkwaardig concept is (ervaringen met de brede groene dijk in Duitsland), en het lange termijn en flexibele karakter van de Groene Dollard Dijk spreken de deelnemers aan. Wel zijn er vragen rond de technische achtergrond en ontwerp uitgangspunten (de Duitse Dijk is bijvoorbeeld minstens zo hoog als de Nederlandse dijk, maar er worden verschillende maatgevende omstandigheden gehanteerd).

Door verschillende deelnemers werd gepleit voor de ontwikkeling van een integraal plan, onder meer omdat bij de Groene Dollard Dijk de kwelders integraal deel uitmaken van de veiligheidsstrategie.

De belangrijkste vragen en bezwaren rond de Groene Dollard Dijk betreffen het ruimtegebruik en het winnen van grond. De Groene Dollard Dijk heeft een flauwer buitentalud en is dus breder. Aan de buitenkant van de dijk liggen de kwelders. Deze zijn als Natura 2000-gebied aangemerkt en er geldt een instandhoudingsdoelstelling voor het kwelderareaal. Aan de binnenkant van de dijk ligt landbouwareaal.

Wanneer er extra ruimte nodig is voor een brede groene dijk, is consensus met belanghebbenden nodig. Het huidige beleid biedt geen juridische handvaten om extra ruimte te claimen ten opzichte van een dijkversterking op basis van een traditionele oplossing.

In Duitsland is een strook van 150 m voor de buitenzijde van de dijk als voorland aangemerkt (daarbuiten heet het kwelder). Dit voorland moet een zekere hoogte hebben voor golfreductie. Als er in Nederland een brede groene dijk komt, worden er dan ook eisen gesteld aan de zone die aan de dijk grenst?

Wat de vraag naar klei betrof werden suggesties gedaan rond het afplaggen van de huidige kwelder waardoor verjonging en opnieuw opslibbing van de kwelder kan plaatsvinden, het uitbaggeren van de kweldersloten of de Westerwoldse Aa, het direct gebruiken van baggerspecie die vrij komt bij het verdiepen van de vaarwegen in het Eems-estuarium en het oogsten van klei in tussendijks gebied dat in verbinding met het getij staat (zoals in Polder Breebaart). Maar ook werd er op gewezen dat voor het verbreden van de huidige dijk tot het berekende profiel al genoeg grond in depot is (bijvoorbeeld door de aanleg van 'Brakke Parels' zoals in polder Breebaart).

Is er op de lange termijn genoeg slib om de dijk aan te passen? En wat is het effect van het gebruiken van het slib op het hele systeem?

Ook kwam naar voren dat de meerwaarde van de Groene Dollard Dijk op het gebied van landschap wordt gezien, maar dat er wel vragen zijn rond de natuurwaarde van deze dijk ten opzichte van de huidige dijk en kwelder. Hoe past de Groene Dollard Dijk bij het Natura 2000-beleid?

Met name vanuit de natuur- en landschapsorganisaties werd sterk gepleit voor een integrale afweging: betrek de verbeteringsopgave voor het hele Eems-estuarium bij de maatregelen en kijk ook naar de verbinding met het binnendijkse gebied.

Het beheer, en met name de afvoer van veek, is een belangrijk aandachtspunt, dat zeker ook in de afweging meegenomen moet worden.

Zonering en multifunctionaliteit is belangrijk om mee te nemen in de ideeën rond de Groene Dollard Dijk. Dit kunnen ideeën zijn rond recreatie, natuurontwikkeling op de dijk, een fietspad bovenop of langs de dijk, verbinding binnen-buitendijks, etc.



Figuur 6.2

Workshop waarin aan de deelnemers werd gevraagd om hun suggesties rond de toepassing van de Groene Dollard Dijk in te brengen.

7 Meerwaarde en multifunctionaliteit van de Groene Dollard Dijk

Hoewel de belangrijkste functie van de dijk langs de Dollard waterveiligheid is en de aanleiding voor de aanpassing van dijk een waterveiligheidsopgave is, vervult de dijk langs de Dollard ook andere functies: het is een kenmerkend landschapselement in dit weidse gebied en een overgang van het binnendijkse agrarische gebied naar het Waddenlandschap (kwelders en wad). Voor recreanten, toeristen en natuurliefhebbers zijn er een aantal passageplaatsen en uitkijkpunten met bankjes en informatiepanelen (zie figuur 7.1) en er is een fietspad onder de dijk (de Dollard-route) en een langeafstandswandelpad over de dijk. Bij de Westervoldse Aa is een vogel-observatiehut in de kwelder. De meerwaarde van een dijkconcept wordt in belangrijke mate bepaald door multifunctionaliteit: het combineren van de functie waterveiligheid met andere functies. Als de Groene Dollard Dijk op deze plaats de mogelijkheid geeft om meer functies te vervullen, dan heeft dit concept meerwaarde.



Figuur 7.1

Passageplaats over de dijk en informatiepanelen bij Nieuw Statenzijl (en op de rechterfoto een kunstwerk op de dijk).

Het aanpassen van de dijk tot een brede groene dijk raakt naast waterveiligheid ook andere functies van de dijk en omgeving. De Groene Dollard Dijk kan sommige bestaande functies versterken en wellicht zelfs nieuwe functies mogelijk maken, maar kan andere functies beperken of veranderen (vanuit waterveiligheid kunnen er bijvoorbeeld randvoorwaarden worden gesteld aan de kwelder voor de dijk). Daarom is het belangrijk om in het afwegingsproces voor de Groene Dollard Dijk alle voor- en nadelen én alle kosten en baten in beeld te brengen. Deze moeten worden afgezet tegen een traditionele versterking. Daarbij is het belangrijk om niet alleen naar (toekomstige) hydraulische omstandigheden te kijken, maar ook naar de lokale fysische en sociaal-

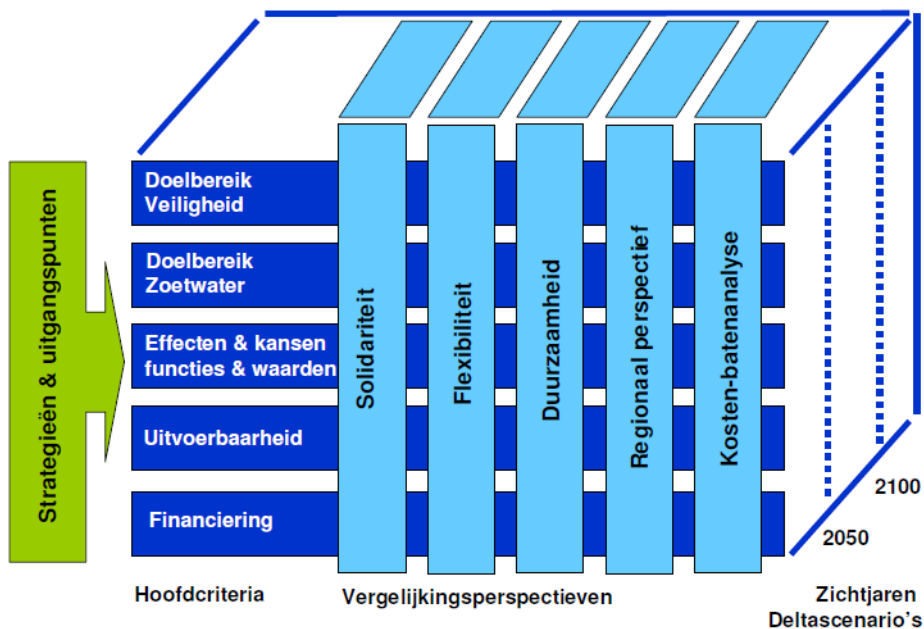
economische omstandigheden én naar de wensen en plannen voor het gebied. Er moeten verschillende belangen tegen elkaar worden afgewogen. Lokale stakeholders vormen niet alleen een belangrijke bron van kennis en informatie over lokale omstandigheden, maar ook voor opgaven en wensen voor het gebied.

In het afwegingsproces zijn zowel de keuze van de afwegingscriteria, de waardering van de criteria als het gewicht dat aan elk criterium wordt toegekend van belang. Zowel experts als lokale stakeholders spelen een rol in het bepalen van de relevante beoordelingscriteria in het afwegingsproces. Vaak zijn experts nodig om de effecten van de diverse alternatieven (kwantitatief) in beeld te brengen. Die effecten kunnen verschillend worden beoordeeld voor verschillende stakeholders of belangen. De informatie over de effecten voor de relevante criteria vormt input voor het besluitvormingsproces. Meestal wegen in het besluitvormingsproces, afhankelijk van de doelstelling, randvoorwaarden of de ambitie van de beslissers, bepaalde criteria zwaarder dan andere. In feite houdt dit proces een 'ex ante evaluatie' in van een maatregel, waarbij informatie over de verschillende alternatieven wordt verzameld en geanalyseerd.

In deze voorverkenning is nog niet gedetailleerd ingezoomd het identificeren van de voor de Groene Dollard Dijk relevante afwegingscriteria, de waardering van de criteria en het gewicht dat aan deze criteria door de verschillende stakeholders wordt toegekend.

Wel zijn op basis van de verzamelde informatie en het informatie die uit het symposium naar voren kwam, voor een aantal criteria uit de hoofdcriteria van de Vergelijkingsystematiek Deltaprogramma een aantal voor de Groene Dollard Dijk relevante aspecten/aandachtspunten benoemd (tabel 7.1).

In het Deltaprogramma is een vergelijkingssystematiek ontwikkeld die bestaat uit een structuur van vijf hoofdcriteria en vijf vergelijkingsperspectieven (figuur 7.2), een overzicht van 33 criteria (met daarin sub-criteria) en een toelichting op de manier waarop de systematiek kan worden toegepast. De criteria en de systematiek zijn afgestemd op de wensen vanuit het beleid.



Figuur 7.2

Hoofdstructuur van de Vergelijkingsystematiek Deltaprogramma (Lamberigts et al., 2012).

Tabel 7.1

Indicatieve beschrijving van relevante criteria en aspecten/aandachtspunten voor de Groene Dollard Dijk op basis van de verzamelde informatie, het symposium en expert-kennis.

Hoofdcriterium (Vergelijkingssystematiek Deltaprogramma)	Locatiespecifiek criterium (op basis informatie, symposium en expert-opinion)	Groene Dollard Dijk in vergelijking met Traditionele Dijkversterking
Veiligheid ¹⁾	Voldoet aan huidige norm	Het voldoen aan de norm is uitgangspunt voor de dijkaanpassing: zowel een Groene Dollard Dijk als een traditioneel versterkte dijk moeten voldoen aan de norm.
	Anticipeert op toekomstige norm	Een groene dijk is gemakkelijker aan te passen dan een dijk waarvan het onderste deel van het buitentalud met stenen of asfalt is bekleed.
	Robuust (biedt extra veiligheid)	Een groene dijk met een grasmat en kleibekleding van 2 m dik is qua robuustheid iets beter dan een traditionele versterking met asfaltbekleding. Als de grasmat op de groene dijk faalt is er nog een zekere reststerkte in de vorm van de kleibekleding. Bij een traditionele versterking met asfaltbekleding, is er geen reststerkte omdat het asfalt direct op de zandkern ligt.
	Aanpasbaar	Een brede groene dijk is gemakkelijker aan te passen dan een dijk waarvan het onderste deel van het buitentalud met stenen of asfalt is bekleed.
	Effect op dijkringgebied	Een groene dijk is robuuster dan de traditionele dijk, maar het is onduidelijk wat het effect is van een groene dijk langs de Dollard op de hele dijkring 6.
Veiligheid ²⁾	Effect op buitendijks gebied	Een groene dijk kan zodanig worden ontworpen dat er een vluchtplaats ontstaat voor het vee dat buitendijks loopt tijdens hoogwater (b.v. door het creëren van overhoogte in de overgangszone tussen het onderhoudspad en de kwelder.
Zoetwatervoorziening	Niet relevant	
Effecten en kansen voor functies en waarden	Effect op natuurwaarden kwelders (Natura 2000-gebied Waddengebied)	Bij een buitenwaartse uitbreiding van de dijk, zal de Groene Dollard Dijk meer ruimte in beslag nemen dan een traditionele dijk (indicatieve berekeningen laten zien dat in eerste instantie nog binnen de huidige dijkzone wordt gebleven, en het dus (nog) niet ten koste van de kwelders of wad zal gaan). Bij de vorige (traditionele) versterking is echter wel een areaal kwelders verloren gegaan. Gebruik van klei uit de kwelder kan zowel positief zijn voor de kwelders (verjonging) of negatief (schade of verkleining areaal). Veel hangt af van de locatie-specifieke omstandigheden en de gebruikte technieken.
	Effecten op het Dollard-Eems estuarien systeem	Onbekend. Misschien dat het gebruiken van baggerslib voor de dijkaanpassing een gunstig effect heeft op de waterkwaliteit.
	Effect of vegetatie	In hoeverre bij een groene dijk minder intensief onderhoud nodig is en een meer soortenrijke vegetatie kan worden toegestaan dan bij een traditionele dijk, moet nader worden onderzocht. In de golfklapzone zal frequenter schade moeten worden hersteld en is een goede grasmat met dito kleibekleding nodig.

	Verbinding binnen- en buitendijks gebied	Een groene dijk vormt een meer vloeiende overgang tussen het agrarische achterland en de kwelder.
	Versterking recreatie	Nog onbekend, maar wellicht dat een brede groene dijk minder kwetsbaar is, en daarom gemakkelijker kan worden gebruikt als voor recreatie (bv. als wandelroute).
	Verbetering ruimtelijke kwaliteit	Een groene dijk past goed in het landschap (maar ook een traditionele dijk heeft landschappelijke en cultuurhistorische waarde).
	Kansen voor binnendijkse natuur	Dit moet nog worden onderzocht. Maar gebruik van grond dat vrij komt uit binnendijkse natuurontwikkeling kan bijdragen tot kansen voor binnendijkse natuur.
Uitvoerbaarheid	Risico's	De groene dijk is een lange termijn maatregel; vanwege de mogelijkheden tot aanpassingen lijkt een brede groene dijk niet risicovoller dan een traditionele versterking. Natura 2000-wetgeving kan een belemmering vormen voor buitenwaartse uitbreiding en gebruik klei uit de kwelders.
	Passen bij andere programma's, doelen en/of opgaven	Dit moet nog (in nauwe samenwerking met een brede groep stakeholders) worden onderzocht.
	Aanpassingsvermogen	Een groene dijk is gemakkelijk aanpasbaar.
Financiering	Investeringskosten	Uit indicatieve berekeningen blijkt dat een groene dijk M€ 0,8 per km dijk goedkoper dan een traditionele versterking (met asfalt of stenen).
	Kosten van beheer, onderhoud en organisatie	Onbekend. In Duitsland leidt de grote hoeveelheid veek tot problemen. Maar dit geldt ook voor een traditionele dijk. Omdat er in de golfklapzone frequenter schade wordt verwacht, die acuut moet worden hersteld zullen de beheerskosten mogelijk iets groter zijn dan bij een traditionele dijk. Maar in Duitsland valt de schade, en daarmee de kosten, mee.
	Financieringsmogelijkheden	Onbekend. Meerwaarde en het aansluiten bij andere opgaven en plannen kan tot extra financieringsmogelijkheden leiden. Ook multifunctionaliteit en het innovatieve karakter biedt misschien mogelijkheden op andere fondsen.
	Kansen om aan te sluiten bij andere programma's of projecten	Nog onvoldoende bekend. Dit moet nog samen met een brede groep stakeholders nader worden verkend.
	1) Betreft veiligheid dijkring 6 (Groningen en Friesland) en niet veiligheid buitendijks gebied	2) Betreft veiligheid buitendijks gebied

In een vervolotraject worden samen met de stakeholders de criteria, de beoordeling van de criteria en het gewicht van de criteria, nader in beeld gebracht. In de pilotstudie Lauwersoog (Van Loon-Steensma en Schelfhout, 2012) is hiermee al ervaring opgedaan. Daarbij hoort het benoemen van alle mogelijke functies die een dijk in dit landelijk gebied kan vervullen, en het kwantificeren van het effect van de Groene Dollard Dijk op deze functies ten opzichte van de Traditionele Dijkversterking. Op deze locatie (landelijk gebied) zal het vooral gaan om het combineren van de waterveiligheidsfunctie met de functies natuur, landschappelijke kwaliteit, cultuurhistorie, recreatie, maar ook de agrarische functie.

8 Bevindingen en vervolg

Verbinding waterveiligheid en natuur en landschap in het Waddengebied

Er ligt een veiligheidsopgave voor de dijk langs de Dollard. Dit biedt de kans om te zoeken naar een maatregel die waterveiligheid zo goed mogelijk verbindt met het waardevolle landschap en de natuur in het Waddengebied.

Bij een Groene Dollard Dijk maakt het kweldervoorland integraal onderdeel uit van de veiligheidsstrategie: dijk en kwelder zijn met elkaar verbonden. Afstemming van doelstellingen voor het beheer van de kwelder vanuit kustbescherming en vanuit natuurbeheer is een belangrijk aandachtspunt. Overleg en samenwerking met de diverse betrokkenen is daarom belangrijk (waarbij kan worden geleerd van de ervaringen in Duitsland).

Waterkeringsaspecten

Er zijn extra berekeningen nodig om in beeld te brengen welke dijkvakken niet voldoen aan de toetsing met geactualiseerde hydraulische randvoorwaarden.

Bij zichtjaar 2050 en een verwachte zeespiegelstijging van 0,35 m is de vereiste aanleghoogte voor de kruin van de Groene Dollard Dijk en de Traditionele Dijk nagenoeg gelijk. Om aan de eis te kunnen voldoen moet bij de Traditionele Dijk de bestaande kruin met 0,0 m tot 1,0 m worden verhoogd. Voor de Groene Dollard Dijk is dat 0,0 m tot 0,7 m en is de extra zeewaartse verschuiving van de kernzone 10 m (38 tot 49 m versus 28 m tot 39 m). Door toepassing van grasbekleding op een verflauwd ondertalud en een dikkere kleilaag in plaats van asfaltbekleding is aanpassing van het buitentalud van De Groene Dollard Dijk M€ 0,8 (M€3,1 - M€2,3) per km goedkoper (zie tabel 5.18) dan het aanpassen van het buitentalud van de Traditionele Dijk. Deze kosten zijn slechts indicatief, en bedoeld om een eerste indruk te krijgen van het prijsverschil tussen beide concepten en kunnen dan ook alleen in die context worden geïnterpreteerd. Er is geen rekening gehouden met hergebruik van materiaal uit de bestaande dijk en kosten van maatregelen ter verbetering van de binnenwaartse stabiliteit en piping, of andere kosten.

De robuustheid van een Groene Dollard Dijk en de Traditionele Dijk is min of meer gelijkwaardig, maar door de flauwere taludhelling van de Groene Dollard Dijk is de buitenwaartse stabiliteit van dit concept beter. Een robuust ontwerp van de Groene Dollard Dijk leidt tot een extra zeewaartse verschuiving van de kernzone van 9 m tot 12 m.

Als de dijk 'uitbreidbaarheid' moet zijn (met als uitgangspunten zichtjaar 2100, zeespiegelstijging van 0,85 m en 10% hogere windsnelheden), dan moet bij de Groene Dollard Dijk meer ruimte worden gereserveerd dan bij de Traditionele Dijk. De extra verschuiving van de kernzone bedraagt 6 m tot 10 m.

Bij uitvoering van de Groene Dollard Dijk of de Traditionele Dijk als Deltadijk, moet de kruin van de Traditionele Dijk met 1,4 tot 2,5 m worden verhoogd en moet de kruin van de Groene Dollard met 1,4 m tot 2,3 m worden verhoogd. De extra zeewaartse verschuiving van de kernzone van de Groene Dollard Dijk als Deltadijk, is 10 m tot 14 m.

Het is nodig om voor de voorkeursoplossing (de Groene Dollard Dijk) meerdere dwarsprofielen uit te werken, waarbij gebruik wordt gemaakt van de werkelijke maaiveldhoogte van de kwelder. In de verkennende berekeningen is aangenomen dat de kwelders 2,0 m + NAP hoog zijn. De kruinhoogteberekeningen in de

verkenning zijn gebaseerd op voorlopige interim hydraulische randvoorwaarden, en zijn daarom slechts indicatief.

In de vervolgfase is bij de uitwerking van de Groene Dollard Dijk verificatie nodig van de sterkte van de grasbekleding en de vereiste dikte van de kleilaag in de golfklapzone.

Er is nadere analyse van de binnenwaartse stabiliteit en piping/heave nodig om te kunnen beoordelen of aanvullende maatregelen nodig zijn, die consequenties hebben voor het ontwerpplan.

Klei en zand voor de Groene Dollard Dijk

Onderzoek de mogelijkheden voor het lokaal winnen van afdekklei (bijvoorbeeld via slibvang). Voor de Groene Dollard Dijk is bijna twee maal zoveel afdekklei nodig dan voor de Traditionele Dijk. De kosten daarvan zijn sterk afhankelijk van de beschikbaarheid van klei en de transportafstand. Ook moet worden onderzocht of lokaal gewonnen materiaal de juiste kwaliteit heeft om na rijping in depots als klei voor de dijk te worden toegepast.

Om zicht te krijgen op het verband met de sedimenthuishouding in de Dollard, en eventuele gunstige effecten van maatregelen op de waterkwaliteit in de Dollard, is het belangrijk om af stemmen met kennisontwikkeling rond de sedimenthuishouding in het Eems-Dollard Estuarium en de Waddenzee.

Flexibiliteit

Een Groene Dollard Dijk is een langetermijn maatregel die relatief gemakkelijk kan worden aangepast aan veranderende omstandigheden of inzichten.

Afstemmen met Duitsland

Door het effect van baggeren in het Eems-Dollard estuarium op de sedimenthuishouding in de Dollard, is het belangrijk om ook af te stemmen met Duitsland.

Integraal onderzoeksteam

De pilot geeft een unieke mogelijkheid om innovatieve maatregelen integraal te onderzoeken en modelmatig werk, veldobservaties en gedetailleerde proceskennis met elkaar te verbinden.

Daarvoor is een multidisciplinair onderzoeksteam nodig, dat dijkversterking kan verbinden met ecologie, waterveiligheid, de sedimenthuishouding, recreatie en eventuele andere functies en beheeraspecten.

Afstemmen met andere partijen

Naast belanghebbenden als het Deltaprogramma Waddengebied (die geïnteresseerd zijn in maatregelen die waterveiligheid combineren met natuur en landschapswaarden), het nHWBP (de Groene Dollard Dijk vormt een alternatief om de zeedijk te versterken), Rijkswaterstaat (opgave verbetering waterkwaliteit in de Dollard en instandhoudingsdoelstelling kwelderareaal), ministerie van EZ (Natura 2000-beleid en Integraal Plan Eems-estuarium), is het belangrijk om andere belanghebbenden als beheerders, eigenaren, gemeenten, natuur- en landschapsorganisaties, wetenschappers te betrekken in de ideeën rond de Groene Dollard Dijk.

Zoek aansluiting bij het nHWBP.

Kwantificeren meerwaarde en multifunctionaliteit

In een vervolgtraject worden samen met de stakeholders de criteria, de beoordeling van de criteria en het gewicht van de criteria, nader in beeld gebracht. Daarbij hoort het benoemen van alle mogelijke functies die een dijk in dit landelijk gebied kan vervullen, en het kwantificeren van het effect van de Groene Dollard Dijk op deze functies ten opzichte van de Traditionele Dijkversterking. Op deze locatie (landelijk gebied) zal het vooral gaan om het combineren van de waterveiligheidsfunctie met de functies natuur, landschappelijke kwaliteit, cultuurhistorie, recreatie, maar ook de agrarische functie.

Literatuur

Arkesteijn, J., 2011. Verslag Discussiebijeenkomst 9 december 2011. Oranjewoud.

Cleveringa, J., 2008. Ontwikkeling sedimentvolume Eems-Dollard en het Groninger Wad: Overzicht van de beschikbare kennis en gegevens. Rapport A2269. Alkyon, Marknesse. 47 p.

Cools, R.H.A., 1948. Strijd om den grond in het lage Nederland: het proces van bedijking, inpoldering en droogmaking sinds de vroegste tijden. Nijgh & Van Ditmar, Rotterdam.

Duren, L., van, H. Winterwerp, B. van Prooijen, H. Ridderinkhof en A. Oost, 2011. Clear as Mud: understanding fine sediment dynamics in the Wadden Sea - Action Plan. Leeuwarden, Waddenacademie.

Esselink, P., D. Bos, A.P. Oost, K.S. Dijkema, R. Bakker en R. de Jong, 2011. Verkenning afslag Eems-Dollardkwelders. Vries/Feenwouden: PUCCIMAR, Altenburg & Wymenga (PUCCIMAR rapport 02; A&W rapport 1574).

Lamberigts, P., L. Bruin, H. van Duijn, B. Groffen, R. Knoben, B. Jonkman, M. Marchand, J. Kind en F. Klijn, 2012. Vergelijkingsystematiek Deltaprogramma; Structuur, inrichting en gebruik. Staf Deltaprogramma.

Loon-Steensma, J.M. van, H.A. Schelfhout, N.M.L. Eernink en M.P.C.P. Paulissen, 2012. Verkenning Innovatieve Dijken in het Waddengebied; Een verkenning naar mogelijkheden voor innovatieve dijken in het Waddengebied. Wageningen: Alterra (Alterra-rapport 2294).

Loon-Steensma, J.M. van en H.A. Schelfhout, 2012. Pilotstudie Innovatieve dijken Lauwersoog; Ervaringen meerwaardebepaling innovatieve waterkeringen voor de pilotlocatie Lauwersoog. Wageningen: Alterra (Alterra-rapport 2384).

Maas, P., van der, J.A. Muijs, J.T.C.M. Sprangers en C.A. Visser, 1997. Groene zeedijken in Noord-Duitsland en Denemarken; Verslag van een studiereis 3-7 juni 1997. Delft, Ministerie van Verkeer en Waterstaat, Directoraat-Generaal Rijkswaterstaat, Dienst Weg- en Waterbouwkunde.

Ministerie van Verkeer & Waterstaat, 2007a. Hydraulische Randvoorwaarden primaire waterkeringen voor de derde toetsronde 2006 - 2011 (HR2006), Ministerie van Verkeer en Waterstaat, Augustus 2007.

Ministerie van Verkeer & Waterstaat, 2007b. Voorschrift Toetsen op Veiligheid primaire waterkeringen voor de derde toetsronde 2006 - 2011 (VTV2006), Ministerie van Verkeer en Waterstaat, Augustus 2007.

Ministerie van Verkeer & Waterstaat, 2009. Appendix I bij de Leidraad Zee-en Meerdijken voor het ontwerpen van meerdijken. Ministerie van Verkeer en Waterstaat, 25 maart 2009.

Spiteri, C., R. Rieman, H. Winterwerp, B. Brinkman, W. Stolte, R. Jak en B. van Maren, 2011. Mud Dynamics in the Eems-Dollard, research phase 1; literature review mud and primary production. Deltares (rapport 1204891-000).

Waterloopkundig Laboratorium, 1984. Verslag van het buitenbeloop van een 'groene dijk' tijdens een superstormvloed. Onderzoek van een met gras begroeide dijk langs de Fries Waddenkust, tussen de Noorderleegpolder en Holwerd. Verslag grootschalig modelonderzoek. Rapport Waterloopkundig Laboratorium.

Waterschap Hunze & Aa's, 2010. Veiligheidstoetsing primaire waterkering, Beheersgebied Waterschap Hunze en Aa's, Waterschap Hunze en Aa's, 22 Oktober 2010.

Waterschap Hunze & Aa's, 2011. Legger van de Primaire waterkering (zeewaterkering), Waterschap Hunze en Aa's, 3 januari 2011.

Bijlage 1 Gesprekken met Duitse deskundigen

Interviews door: Rob Reintsema (Student Rijksuniversiteit Groningen)
Deskundigen: Armin Beening (Rheider Deichacht, Jemgum)
Stefan Michels (Rheider Deichacht, Jemgum)
Frank Ahlhorn (Universität Oldenburg)
Arnold Hensmann (NLWKN, Leer)
Jan Berends (NLWKN, Leer)
Peter Spekker (Landskreis Leer)

Bijlage 2 Symposium Groene Dollard Dijk

Deelnemerslijst

Waterschap Hunze en Aa's	Jan den Besten Marian Boelens Robert Boonstra Sjouke Hoekstra Erik Jolink Willem Kastelein Jelmer Kooistra Jan van de Laan Jan Lammers Henk van der Leij Kampe Lentz Harrie Prins Wilco Reefman Meino Smit Cees in 't Veld Boy de Vries Helmer van der Wal Rita Warendorp Torringa
Wetterskip Fryslân	Jan Hateboer Andre Zijlstra
Waterschap Noorderzijlvest	Tineke Cnossen Gerwin Zantingh
Deltaprogramma Waddengebied	Hans Gerritsen Harrie Groen Siep Groen Rick Hoeksema Kees de Jong Willem Tjebbe Oostenbrink Hennie Roos Egbertha Schuiling Robert Zijlstra
Deichacht Rheiderland NLWKN	Armin Beening Jan Berends Arnold Hensmann Klaus Wenn
Landkreis Leer	Peter Spekker

Deltares	Harry Schelfhout
	Victor Beumer
	Sophie Moinier
Wageningen UR	Joep Frissel
	Jantsje van Loon
	Rik Huiskes
Studenten	Rob Reintsema
	Arend van Woerden
RWS	Dick As
	Koos Saathof
	Theo Vulink
PRW	Julia Klooker
Groninger Landschap	Dirk Brul
	Marco Glastra
	Silvan Puijman
	Jan Smit
Ministerie van EZ (EL&I)	Jan Huinink
	Wim Schoorlemmer
Kwelderbeheerder	Jan Bouman
	Wim Huisman
Directeur Onverdeelde Munnikeveen B.V.	Cornelis de Ranitz
Vereniging van oevereigenaren en -gebruikers	Klaas Sijpkens
Provincie Groningen	Huub Schuurman
Gemeente Oldambt	George Kievitsbosch
Stichting Landschap Oldambt	Aize Tolsma
Programmabureau nHWBP	Gert Leene
Programmabureau HWBP-2	Henk Senhorst
Dagvoorzitter	Aize Bouma
Küste und Raum GbR	Dr. Frank Alhorn
Wiertsema & Partners b.v.	Pieterjan van Boven

Verslag Symposium Groene Dollard Dijk

Datum: 25 januari 2013

Locatie: Waterschapshuis te Veendam

Doel van het symposium. Het waterschap Hunze & Aa's staat voor een veiligheidsopgave waarin de huidige Dollard Dijk versterkt moet worden, en prefereert hiervoor de zogenoemde Groene Dollard Dijk. Het symposium is georganiseerd om het concept van de Groene Dollard Dijk aan alle betrokkenen voor te leggen, en om de reacties en ideeën van allen te horen.

Programma

1. Opening door Aize Bouma (dagvoorzitter) en Meino Smit (dagelijks bestuurslid van Waterschap Hunze en Aa's).
2. Presentatie over de dijk langs de Dollard in Duitsland door Peter Spekker (Landskreis Leer) en Arnold Hensmann (Niedersächsische Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz).
3. Presentatie over de dijk langs de Dollard in Nederland door Jantsje van Loon (Wageningen UR).
4. Presentatie over waterveiligheid en technische achtergrond: vergelijking traditionele dijk en Groene Dollard Dijk door Harry Schelfhout (Deltares).
5. Plenaire discussie en vragen.

Lunch

Workshop: hoe realiseren we de Groene Dollard Dijk

Plenaire terugkoppeling

Afsluiting

1. Opening symposium Groene Dollard Dijk

De dagvoorzitter Aize Bouma opent het symposium en heet de Nederlandse en Duitse deelnemers van harte welkom.

Aize Bouma stelt aan Dagelijks Bestuurslid Meino Smit vragen over het doel van het symposium. Meino Smit geeft aan dat het doel van het symposium is om met elkaar van gedachten te wisselen over de Groene Dollard Dijk: is er draagvlak en welke ideeën hebben de betrokkenen. Daarom is een brede groep deelnemers uitgenodigd: kwelderbeheerders (natuurorganisaties en particulieren), Rijkswaterstaat, de provincie, onderzoekers.

Volgens Meino Smit is het interessant om na te gaan of het slibvangend vermogen van de kwelders een mogelijkheid biedt om die grond te winnen die nodig is voor een brede Groene Dollard Dijk. Dan hoeft je niet materiaal van elders te transporteren. Misschien kun je het slib uit de geulen op de kwelders gebruiken.

In Duitsland hebben ze al groene dijken. We kunnen van de ervaringen in Duitsland leren.

Volgens Meino Smit is het symposium geslaagd als aan het eind van de dag in beeld is gebracht wat volgens de betrokkenen de randvoorwaarden zijn voor de Groene Dollard Dijk.

2. De groene dijk in Duitsland

Peter Spekker

Peter Spekker is hoofdingenieur waterbouw en waterbestuur bij het Wasserbehörde und Deichbehörde Landkreis Leer, en zal iets vertellen over de dijkbouw langs het Duitse deel van de Dollard. Het Landkreis heeft geen aanleg of onderhoudstaak, maar heeft vergunning- en toezichtstaken. Er vallen zo'n 30 waterschappen en dijkschappen onder het Landkreis Leer. Het NLWKN maakt plannen voor dijkaanleg.

Ca. 88 km waterkering langs de Dollard en de Eems valt onder de verantwoordelijkheid van het Landkreis Leer. Daarnaast zijn er voor de waterveiligheid nog twee stuwwerken: het Ledasperwerk (sinds 1954) en het Emssperwerk (sinds 2002). Het Emssperwerk gaat bij een waterniveau boven 3,7 NN (Normalnull, het Duitse equivalent voor NAP) dicht. Daarnaast speelt het Emssperwerk een rol bij het vervoer van grote cruiseschepen die op de Meyerwerf in Papenburg worden gebouwd. Door het Emssperwerk kan het water worden opgestuwd van 2,2 naar 2,7 m.

In het gebied ten oosten van Leer zijn er nog ongeveer 135 km secundaire dijken.

Al na de stormvloed van 1953 in zuidwest-Nederland was het duidelijk dat er ook een veiligheidsopgave was voor de Dollard dijken. Maar pas na de stormvloed van 1962 (waar in Hamburg meer dan 300 mensen verdronken) werd door de autoriteiten een nieuwe dijkwet ingesteld (Niedersächsischer Deichgesetz), en een met het Nederlandse Deltaplan vergelijkbaar algemeen plan voor kustbescherming in Nedersaksen en Bremen, het Generalplan Küstenschutz. Dat plan vormt de basis voor alle activiteiten op het gebied van hoogwaterbeschermingsmaatregelen in Nedersaksen. Ook werden financiële middelen beschikbaar gesteld (Küstenplanmittel). Tot op heden wordt er zo'n 60-65 Miljoen euro besteed. Hiervan betaalt de Bondsrepubliek Duitsland 70% en de Deelstaat Nedersaksen 30%. Sinds 1955 is in Nedersaksen zo'n 2,4 miljard euro aan kustbescherming uitgegeven. Het onderhoud van de dijken ligt bij de Deichachten (de dijkschappen).

De Dollard Dijk was oorspronkelijk een gewone, lage kleidijk, zoals die in de loop der eeuwen in dit gebied zijn aangelegd. Na de stormvloed van 1962 is de dijk aangepast.

De laatste versterking heeft plaatsgevonden tussen 1996 en 1998. Er was toen vanuit de milieubeschermingsorganisaties veel weerstand tegen een zeewaartse versterking, die ten kosten van een strook kwelders zou gaan. Uiteindelijk is wel een vergunning verleend en is de dijk versterkt.

Arnold Hensmann

De dijk langs de Dollard in Duitsland is ca. 11,5 km: van Nieuwe Statenzijl tot het booreiland bij Dyksterhusen is 7,5 km, en het stuk tot Pogum is 4 km. Vooral bij storm uit noordwestelijke richting heeft deze dijk te maken met hoge waterstanden en golfaanval.

De kwelder voor de dijk is ca. 150-500 m, en is het breedst in het zuidelijk deel. In dit gebied is nog een 2^e dijklijn, langs de Kanaalpolder. Zowel de Dollard dijk als de dijk langs de Kanaalpolder zijn in de periode 1986-1996 versterkt, op basis van de berekeningen uit 1976-1979. De oude hoogte van de Kanaalpolderdijk was + 6,5 NN. Tijdens de stormvloed van 1 november 2006 zijn de waterhoogtes gemeten.

Vanwege de karakteristieken van de ondergrond - slib, klei en turf tot 17 m - is voor de kern van de dijk zand gebruikt. Dit zand is in lagen opgebracht: na consolidatie van de eerste laag is na twee jaar de tweede laag opgebracht. Bij de aanleg is rekening gehouden met het verzakken van de ondergrond van 10-15% (*meereszetting*) en met zetting van de dijk. Bij de aanleg van de dijk is eerst aan de binnenkant de klei van de oorspronkelijke kleidijk verwijderd, en vervangen door zand. Na twee jaar is de klei aan de buitenkant vervangen door zand. Na een zettingstijd van twee jaar is het profiel aangelegd en is de dijk met klei bekleed: aan de buitenkant is de kleilaag 1,8-2 m en aan de binnenkant 1,3 m.

In de kern van de dijk is drainage aanwezig.

Het buitentalud is 1:6; op +4 m NN gaat het talud over in een berm waarop een afvoerweg voor Treibsel (drijfsel, veek) is aangelegd; deze weg ligt op +3,8 m NN. Het veek wordt regelmatig verwijderd.

Het binnentalud is 1:3 en de berm is nog van de oorspronkelijke dijk. Hier ligt nog een onderhoudsweg. Aan de binnenkant loopt ook een rioolleiding van 11 km van de Eems tot Nieuw Statenzijl.

Bij de versterking is ca. 270 m³ zand en klei per strekkende meter dijk gebruikt. In totaal is per strekkende meter zo'n 500 m³ grondverzet. Al met al kostte de dijk tussen 1986 en 1995 2 Miljoen euro per kilometer. Maar sinds de laatste versterking is er geen schade meer aan de dijk geweest: de ervaringen met deze dijk langs de Dollard zijn prima.

Peter Spekker

De hoeveelheid aangespoeld veek is wel een probleem. Dit veek bestaat vooral uit riet, afkomstig vanuit de kwelders (ook misschien van de Nederlandse). De kwelders behoren tot het nationaal park Waddenzee in Nedersaksen en zijn aangewezen als Natura 2000-gebied.

De laatste jaren is het overleg met de natuurbeheerders verbeterd. We kunnen aangeven wat de randvoorwaarden zijn vanuit de kustbescherming en waterbeheer. Het dijkschap zorgt voor begrazing van het voorland en zijn in discussie om de begrazing uit te breiden. Er lopen gesprekken met het ministerie van Milieu en het NLWKN rond de veek-problematiek. Het aangespoelde riet wordt gecomposteerd en gebruikt bij akkerbouwbedrijven.

In geheel Nedersaksen, en in het Landkreis Leer is de groene dijk de traditionele dijk. Er worden alleen op de lagere buitenberm steen- of asfaltbekleding toegepast. De steenbekleding en asfalt zijn duurder in hun herstel. Schade aan een groene dijk kan sneller worden gerepareerd.

Het Reider-dijkschap laat alle dijken begrazen door schapen. In het zuiden van het gebied heeft het dijkschap een eigen schapenhouderij. In het westelijke en noordelijk deel is de dijk aan particulieren verpacht. De hekken worden door de deelstaat betaald.

Het Landkreis Leer is toezichthouder en schouwt de dijken twee maal per jaar. Er wordt goed samengewerkt met het WS Hunze en Aa's; bij een eventuele dijkdoorbraak van de Westerwoldse Aa kan het Duitse achterland overstromen.

3. De dijk langs het Nederlandse deel van de Dollard

Jantsje van Loon

Op initiatief van het Waterschap Hunze en Aa's is vanuit het Deltaprogramma Waddengebied een pilotstudie naar de Groene Dollard Dijk geïnitieerd. Doel van het Deltaprogramma Waddengebied is om te onderzoeken hoe de waterveiligheid in het Waddengebied op de lange termijn kan worden verzekerd, waarbij ook natuur en landschap worden behouden. Hoe verder je vooruit kijkt, hoe meer onzekerheid er is.

We zijn dus op zoek naar robuuste oplossingen. In 2011 zijn onderzoekers van Wageningen UR en Deltares samen met de noordelijke waterschappen nagegaan of er langs de Waddenkust innovatieve dijkconcepten mogelijk zijn. In 2012 hebben we ingezoomd op Lauwersoog, en gekeken wat de eventuele meerwaarde is van een innovatief concept. Daarbij moeten alle voor- en nadelen tegen elkaar worden afgewogen.

Momenteel zie je langs de Dollard ook groene dijken, met aan de voet een stenen bekleding en bij de Punt van Reide en langs de zuidelijke rand een strook kwelders.

Eind 2011 heeft Waterschap Hunze & Aa's al eens samen met stakeholders verkend of er innovatieve concepten in aanmerking komen om te voldoen aan de versterkingsopgave. Daar kwam de brede Groene Dollard Dijk naar voren als een interessant concept om verder te onderzoeken.

Vandaar het initiatief om nu verder in te zoomen op de kansen en randvoorwaarden voor een brede groene dijk langs de Dollard.

Het is belangrijk om naar het grote geheel te kijken: de Dollard maakt onderdeel uit van het Eems-Dollard estuarium, en is via de Waddenzee verbonden met de Noordzee. Ingrepen en ontwikkelingen in het estuarium hebben invloed op de Dollard.

Het gebied achter de dijk laat de sporen van haar ontstaansgeschiedenis zien: inpoldering van landaanwinningswerken (van gebied dat eerst was weggeslagen).

In de jaren '50 is het onderhoud aan de landaanwinningswerken gestaakt, en vervolgens trad er erosie op. De kwelders zijn in beheer van particulieren en natuurorganisaties, en maken deel uit van het Natura 2000-gebied Waddenzee.

Naast doelstellingen vanuit Natura 2000 gelden er ook KRW doelstellingen, onder meer voor de waterkwaliteit in de Dollard. Van nature komt er in de veel sediment in het water van de Dollard voor, maar vanwege ingrepen voor de scheepvaart is het gehalte sediment wel erg hoog geworden, en voldoet het water niet aan de waterkwaliteitsnormen.

Interessant is om na te gaan wat de voor- en nadelen van een brede groene dijk zijn. Er is veel grond nodig. Maar zoals we van onze oosterburen hoorden, is een brede groene dijk erg veilig en treedt er nauwelijks schade op. Vanwege zijn robuustheid kan er misschien ook wat andere vegetatie toegelaten worden. Momenteel vindt een kwelderherstel project plaats: daar wordt grond verplaatst. Ook is een project bezig dat kwelderzoden afsteekt voor het nabouwen van een terp. Zonder de kwelderwerken zouden de kwelders in Noord-Fryslân en Groningen afslaan. Bij het booreiland te Dysterhusen zijn ook interessante kwelderwerken. Misschien dat de ervaringen in deze projecten gebruikt kunnen worden in pilotstudie.

4. Presentatie over waterveiligheid en technische achtergrond: vergelijking traditionele dijk en Groene Dollard Dijk

Harry Schelfhout

Voor de pilotstudie Groene Dollard Dijk is gekeken naar de betekenis van de toekomstige waterveiligheidsopgave voor dijkdimensies en het ruimtebeslag dat dit concept inneemt t.o.v. een traditionele dijk. Daarbij is alleen naar het buitenprofiel gekeken, waarbij in bovenaanzicht de kruin op dezelfde plek is gebleven.

In de derde toetsronde (2011) is de dijk getoetst en is de grasbekleding in de golfklapzone afgekeurd. Over een aantal beoordelingssporen kon nog geen eindoordeel worden gegeven. De dijk langs de Dollard maakt onderdeel uit van dijkkring 6, en moet extreme waterstanden die eens per 4000 jaar voorkomen, kunnen keren. Voor het bepalen van de dimensies van een groene dijk en een traditionele dijk is uitgegaan van de legger, waarin de juridische grenzen van de waterkering staan aangegeven. Er zijn een kernzone, een beschermingszone en een profiel van vrije ruimte te onderscheiden.

Het onderzoek is uitgevoerd voor het zuidelijke dijktraject met een lengte van 10,75 km. Daarbij is conform de legger uitgegaan van vier dijkvakken met in elk dijkvak een representatief dwars profiel. Voor elk van deze profielen zijn berekeningen gemaakt voor een groene dijk en een traditionele dijk.

Aan de zeezijde van de dijk is een onderhoudspad, en tussen de dijk en de kwelder is een kwelsloot. Ook aan de landzijde is op de berm een onderhoudspad.

In het bestaande dijkprofiel is de oude dijk nog te herkennen; die is verticaal afgesneden. De kern van de dijk is net als de Duitse dijk van zand, maar er is geen drainage in de kern. De kleilaag aan de buitenkant is 1,2 m dik en aan de binnenkant 0,8 m, dus dunner dan bij de Duitse dijk.

In de derde toetsronde is er 60% van het onderzochte traject afgekeurd. De oorzaak daarvan is dat de grasmat en kleibekleding op het (1:4) dat te steil is om golfklappen op te vangen. Het boventalud is flauwer (1:7). De hoogte van de dijk voldoet aan de norm.

Voor het Deltaprogramma zijn een aantal klimaatscenario's gedefinieerd en is ook gekeken wat dit op een termijn van 100 jaar voor de zeespiegelstijging betekent, rekening houdend met bodemdaling. Hiermee zijn

sommen gemaakt om zicht te krijgen op de benodigde hoogte van de waterkeringen en het ruimtebeslag van deze keringen.

Bijvoorbeeld met een zeespiegelstijging van 1,1 m in 100 jaar t.o.v. het niveau in 2015, uitgaande van aangepaste (interim) randvoorwaarden. Hierbij zijn de toetspeilen 10 tot 20 cm lager geworden, maar de golfhoogten zijn behoorlijk groter geworden (orde grootte 2 m in plaats van 1 m volgens de oude golfrandvoorwaarden). Op basis van de oude golfrandvoorwaarden werd vanwege de golfklappen al een deel van de dijken afgekeurd. Zeer waarschijnlijk zal op basis van de nieuwe golfrandvoorwaarden het hele traject om deze reden worden afgekeurd.

Er zal iets moeten gebeuren, want wanneer schade optreedt aan een beneden-talud dat met asfalt is bekleed, dan wordt direct de zandkern bedreigt en is er geen reststerkte.

Als we nu het onder eens 1:7 maken met een kleilaag van 2 m dik (vergelijk constructie van Duitse Dollarddijk: talud : 6 met een kleilaag van 1,8 m) dan wordt het plaatje gunstiger. Interessant is dat de kernzone binnen de legger past. Hier hebben we nu de zeespiegelstijging en golfhoogten opgelegd die bij de verschillende klimaatscenario's horen. Dan blijkt dat bij het concept van een groene dijk de kruinhoogte min of meer gelijk is aan die van een de traditionele dijk, en dat de nieuwe eigendomsgrens maximaal 25 m richting kwelder opschuift. Door het flauwere talud wordt de buitenwaartse stabiliteit beter. Doordat de kwelsloot bij beide concepten komt te vervallen betekent dit dat het intrepunt voor piping richting de kwelder opschuift, dit is gunstig voor de kwelweglengte.

Voor een traditionele dijk is ca. 3700 m³ klei per kilometer nodig; voor de brede groene dijk ongeveer 4 maal zo veel. Het verschil is dus zo'n 13.000 m³ klei per kilometer.

Bij een traditionele dijk is asfalt nodig, en dat is relatief duur. Voor de groene dijk heb je doorgroeistenen nodig voor het onderhoudspad.

Een grove schatting van de kosten is dat een buitenwaartse aanpassing van een traditionele dijk zo'n 4,5 Keuro per km kost, en een groene dijk zo'n 3 Keuro per km. Een Groene Dollard Dijk zou vanuit de kosten dus het nHWBP moeten aanspreken.

5. Plenaire discussie en vragen

1. Vraag: De brede Groene Dollard Dijk lijkt een uitstekende oplossing. Waarom is dit niet eerder toegepast in Nederland?

Reactie: Er is wel eerder belangstelling voor dit concept geweest, maar een brede dijk kost veel ruimte. Daarom is er de laatste tijd ook veel belangstelling voor multifunctionele keringen.

Bij een dijkaanpassing is meestal een MER-procedure nodig, er zijn dan zwaarwegende argumenten nodig om extra terrein van derden te gebruiken.

2. Vraag: Waar wordt in Duitsland de grond gewonnen?

Reactie: Het zand hebben we in de Eems gewonnen en de klei hebben we uit het voorland gehaald en er is klei gewonnen in de Heinitzpolder. Deze polder is eigendom van de Rheider Deichacht. Er moeten wel compensatiemaatregelen worden genomen.

3. Vraag: Waarom laten jullie in Duitsland het aangespoelde riet niet liggen? Het is toch ook natuur?

Reactie: Het is wel natuur, maar niet goed voor de grasmat op de dijk.

4. Vraag: Uit de presentatie kwam de indruk naar voren dat de natuurorganisaties in Duitsland niet blij waren met de groene dijk, maar dat uiteindelijk toch een vergunning is verleend door de deelstaat.

Reactie: De dijk is versterkt in de periode 1996-1998, toen was er een andere politieke situatie. Nu zou het aanpassen van de dijk op meer problemen stuiten. Tegenwoordig is zelfs al discussie nodig met het Nationaal Park over het schonen van de sloten voor een goede afvoer van het water.

5. Vraag: Voordat de dijk op Deltahoogte werd gebracht, was er niet overal een petsloot aanwezig. Toen konden zowel schapen, koeien als paarden op de dijk komen. Dat is nu niet meer aan de orde. Maar wat als de petsloot bij een brede Groene Dollard Dijk verdwijnt?

Reactie: Als de kwelsloot verdwijnt, dan zal er een andere goede afrastering komen om te voorkomen dat runderen of paarden op de dijk kunnen komen.

6. Vraag: Hoe verhouden zich de onderhoudskosten van een brede groene dijk ten opzichte van de traditionele dijk.

Reactie: Voor een goede afweging moeten inderdaad alle kosten worden meegenomen. Er is tot nu toe alleen gekeken naar het opbrengen van klei of stenen. Maar die klei moet natuurlijk ook ergens vandaan komen. En vanzelfsprekend horen er beheer en onderhoudskosten bij. Daarbij is het ook belangrijk om naar de lange termijn te kijken (vervanging en/of aanpassingen).

In Duitsland is juist voor de (traditionele) dijk gekozen vanuit kostenaspecten en zekerheid. Maar als er geen kwelder is, dan ligt de situatie anders: dan moet toch een steen- of asfaltbekleding worden toegepast.

7. Vraag: Vorig jaar zijn tijdens een workshop bij Waterschap Noorderzijlvest ook ideeën over andere binnen- of buitendijkse maatregelen naar voren gekomen. Wordt daar nog iets mee gedaan?

Reactie: De interesse voor de brede Groene Dollard Dijk komt voort uit de workshop die door het Waterschap Hunze & Aa's eind 2011 is georganiseerd en waar met stakeholders een aantal concepten is besproken. De brede groene Duitse dijk kwam daar als voorkeursalternatief naar voren. Bovendien wordt dit concept al bij onze Oosterburen toegepast. Dit was aanleiding voor het waterschap om verder in te zoomen op dit concept. We hebben verder informatie verzameld en hebben dat in de presentaties aan de stakeholders gepresenteerd.

8. Vraag: In de workshop bij Waterschap Noorderzijlvest hebben we vooral nagedacht over de mogelijkheden om slib te winnen voor de brede groene dijk. Heeft het Waterschap daar al ideeën over?

Reactie: Het Waterschap hoopt dat uit de workshop vanmiddag ideeën komen. Het lijkt duurzamer om slib uit de Dollardkwelders te gebruiken dan om het met vrachtwagens van elders te halen. Maar kan dit echt? Wat zijn de randvoorwaarden?

9. Vraag/Opmerking: In het Kwelderherstelprogramma was het winnen van klei ook een belangrijke vraag. De optie om klei te winnen uit het achterland is verworpen, omdat je dan het binnendijkse gebied lager maakt. Bovendien zijn er voor het inpolderen enorme investeringen gedaan.

Kan het gebaggerde slib niet worden gebruikt? Ook zouden aan de westkant van de Dollard kwelders kunnen worden aangelegd.

Het is goed dat problemen samenhangend worden aangepakt, zoals in het IBP (het Integral Bewirtschaftungsplan) van de Dollard. Daarom moeten in samenwerking met Duitsland toekomstige golfhoogtes worden verkend en bodemdalingskaarten worden gemaakt.

10. Vraag: Het ministerie van Economische Zaken is inderdaad trekker van het integrale managementplan Eems-Dollard. Zo'n groene dijk is vanuit landschapskwaliteit waardevol, maar wat is de waarde voor de natuur? De Dollard is namelijk een waardevol estuarium, en aangewezen als Natura 2000-gebied.

Reactie: Dat is één van de discussieonderwerpen voor de workshop. Het is nu nog niet onderzocht, maar er zijn wel ideeën om met een proefsituatie te onderzoeken wat het effect kan zijn op beheer (misschien soortenrijkere vegetatie?) en of winnen van slib kan worden gecombineerd met kwelderherstelmaatregelen.

Reactie: in Duitsland was er een idee om slib uit baggermateriaal te winnen, maar met de nieuwe regering lijken de kansen op uitvoering van dit idee afgenomen.

11. Vraag/Opmerking: Uit de presentatie kwam naar voren dat een groene dijk slechts een strook van 30 m vraagt, die ook nog eens binnen het huidige profiel van vrije ruimte ligt. Het ruimtelijke effect van het concept van de brede groene dijk op de kwelders valt dus wel mee.

Of is het nodig om de kwelder tot voorland op te hogen, of is de kwelder nodig als winplaats voor de klei? In elk geval is het belangrijk om breed, naar het hele systeem te kijken.

Het Groninger Landschap heeft een paar jaar ervaring met 'Brakke Parels'; die zijn zo'n 20 ha, waarbij enkele 10.000-en m³ grond vrijkomt. De inlaatklep in Polder Breebaart zorgt dat hier opslibbing plaatsvindt, en die klei zou voor de dijk kunnen worden gebruikt.

Reactie: Uit de studie naar de mogelijkheden voor innovatieve dijkconcepten, kwamen ook andere concepten naar voren. Inderdaad kan een soort voorland voor de dijk kansen bieden voor zowel waterveiligheid als andere functies.

12. Vraag: Is er in Duitsland verschil in kwaliteit van het gras tussen de dijk die niet is verpacht (met eigen kudde), en het verpachte deel (aan particulieren)?

Reactie: Nee, er is geen groot verschil.

13. Vraag: Is er jaarronde begrazing in Duitsland?

Reactie: Nee, maar wel zo lang mogelijk.

14. Vraag: Vindt er in Duitsland ook beweiding van de dijk met runderen plaats?

Reactie: Nee, niet meer. In het verleden werd dit soms gedaan, maar dit is verboden omdat begrazing met runderen tot schade leidt (vooral in regenachtige perioden)

Workshops

Plenaire terugkoppeling workshop-groep 1:

Verrassend was dat naar voren kwam dat er in Ferwerderadiel al eind jaren 80 van de vorige eeuw een groene dijk is gebouwd met een talud van 1:8.

Benadrukt werd dat er een harde veiligheidsopgave ligt voor het waterschap, en de uitdaging is om die te combineren met natuur- en landschapdoelstellingen. In de praktijk blijkt dat er soms meer mogelijk is dan gedacht.

De deelnemers in deze groep zijn overwegend positief over de groene dijk. De aanpassing van de dijk langs de Dollard tot een brede groene dijk lijkt niet zo ingrijpend qua ruimtebeslag en grondvraag. En de berekende hoeveelheid van 300.000 kuub, valt genoeg mee. Die grond is er nu al: de kwelsloot wordt nu ook gebaggerd en dat levert al grond en er is een gronddepot bij Oterdum en in polder Breebaart. Maar hoe is dat op de lange termijn? Is er dan voldoende materiaal voor regelmatige aanpassingen? Bij het winnen van slib is de kwaliteit een aandachtspunt.

Wel kwamen er vragen naar voren over de berekeningen van het profiel (en ruimtebeslag).

Is het winnen van slib te combineren met natuurverjonging? Of biedt het baggeren van de kweldersloten of de Westerwoldse Aa een oplossing? Dat is in elk geval een belangrijk onderzoeksthema.

Uit de groep kwam naar voren dat bij een groene dijk een kwelder hoort. Maatregelen moeten hierop worden afgestemd. In Duitsland zijn er ook wel een paar voorbeelden van een groene dijk zonder kwelder. Dat is een aandachtspunt.

Het beheer van de kwelder kan van invloed zijn op het beheer van de dijk. In Friesland is de ervaring dat het aanspoelsel altijd weg moet worden gehaald; dat is best intensief.

Sheetinformatie groep 1

- Uitdaging: veiligheidsopgave koppelen met natuuropgave.
- Knelpunt of niet?
 - Natura 2000-gebied
 - Groen = huidig of ook toekomst? Meer onderzoek naar ruimtebeslag.
 - + Niet ingrijpend ander uiterlijk
 - + Texel → MER-rapportage: aantoonbaar meerwaarde voor veiligheid en natuur
- Grond: is er voldoende?
 - Slib is voorradig, uit kwelsloot
 - Niet alles in een keer nodig
 - Slib als afdek materiaal → na verloop van tijd wordt het zoete klei → begroeiing
 - Doel Natura 2000: verjonging kwelder. Afgraven = grond
- Zonder aanvoer van elders?
 - Ja, is mogelijk. Zandkern is al aanwezig. Alleen aanvoer van klei nodig
 - Dijk is al op deltahoogte
 - Depot in de buurt, 300.000 m³
 - Buiten Aa slibt dicht
- Krui wel of niet hoger?
 - Is aanpassing talud voldoende voor +1m. golfopzet? (presentatie Harry Schelfhout)
- Schets van vanochtend: voldoende benodigd klei in de omgeving
- Kwelders → building with nature
 - Wat is minimale kwelderhoogte?
- Onderhoud:
 - Nu voldoende klei voor aanleg. Hoe over 40 jaar? Is er dan weer voldoende op voorraad op kwelder?
 - Kanalen graven om klei in te winnen
 - Grond/slib uit Polder Breebaart?
 - Is slib schoon genoeg?
- Kwelders aan zuidzijde Dollard veranderen laatste tiental jaren niet meer. Geen garantie voor de toekomst
- Groene dijk zonder kwelder is geen optie
 - Wel in Duitsland, maar niet in de Dollard
- Doel Natura 2000:
 - Kwelder in stand houden
 - Waterkwaliteit goed houden
 - Kwelderaanwas / jonge kwelders
 - Onderzoek in deel van Groninger Landschap
- Open steen asfalt = alternatief op flauw talud
 - Geen aanvoer klei nodig
- nHWBP → sober en doelmatig
- Dijk (1987) Friesland 1:8.
 - Voldoet uitstekend
 - Net als in Duitsland is onderhoud en afvoer van riet veel werk
- Goede beweiding van kwelder zorgt voor minder rietafval.
- Verschil tussen kwelders in eigendom van Groninger Landschap en agrariërs.

Plenaire terugkoppeling workshop-groep 2:

Binnen deze groep is vooral op conceptueel niveau naar mogelijke oplossingen gekeken. Daarbij werd niet alleen aan de dijk zelf, maar ook aan de buitendijkse en binnendijkse zones gedacht. Voor de erosiebestendigheid is de gradiënt van de overgang van de kwelder naar de dijk belangrijk. Als met slib en klei

een zekere overhoogte kan worden gecreëerd, dan biedt dat mogelijkheden voor allerlei andere functies. Genoemd werd dat er ruimte is voor bijvoorbeeld ruigten, die op die overhoogte de waterkerende functie helemaal niet negatief beïnvloeden. Dat geeft meer diversiteit in vegetatie. Dit zijn dan natuurlijk wel andere typen natuur dan in het lage intergetijdengebied.

Het is denkbaar dat er ook veiligheidsopgave aan de binnenkant van de dijk komt. Als de stabiliteit niet op orde is, dan begint er een vergelijkbare discussie: hoe ga je de binnenberm verbreden? Landwaarts, of moet de dijk naar buiten worden verschoven. Als er van zonering wordt uitgegaan, dan is er vrijheid om op dezelfde plek met de kruin te blijven of te schuiven. Zonering en multifunctionaliteit is belangrijk om mee te nemen in de ideeën rond het aanpassen van de Dollard Dijk tot een brede groene dijk. Dit kunnen ideeën zijn rond recreatie, een fietspad bovenop of langs de dijk, een vistrap, verbinding binnen-buitendijks, etc.

Binnen de groep werden al een aantal plannen voor het winnen van slib genoemd, bijvoorbeeld in een brak water wingebed bij Nieuw Statenzijl of via het verbreden van de kopsloten. Een ander idee was landaanwinning in de breedte, via rijshouten dammen of op andere manieren. Er werden op de kaart een viertal plekken aangewezen. Overigens kost het rijpen van klei tijd. Zijn er juridische obstakels voor het creëren van landaanwinningsswerken voor slibvang? In de groep werd de dijk en de kwelder als één geheel gezien.

Sheetinformatie groep 2

- Basis principe = Groene dijk.
- Binnenberm (→opvang dieren → uitbreiden naar buiten) - sloot (→ naar achteren geeft problemen).
- Kwelders benutten.
- Niet te snel in concepten, maar ruimte/vrijheid benutten.
- Spinoff (stortplaats beheerder).
- Kwaliteit slib (baggerstort) nadelig voor natuur.
- Alle functies, natuur/landbouw/veiligheid hun plek geven.
- Opmerking over pacht - niet opzegbaar: reguliere pacht (niet opzegbaar) en geliberaliseerde pacht.
- Toelichting problematiek slibvang/slibmotor: Polder Breebaart, Oude Geut, uitgraven slenken, nieuwe buitengeul voor Reiderland, opvangen slib die van nature aanspoelt.
- Oude plan Schanskerakken (brakwaterplan Nieuw Statenzijl) biedt mogelijkheid winning grote hoeveelheden klei.
- Hoe snel groeit slib aan? Tien jaar, dan ontstaat probleem. Kan sneller door microbiologische processen / rijping klei.
- Gras kan goed groeien op zoute kwelder / zout slib.
- Verbetering estuarium / ontpoldering / verbetering veiligheid. Levert m³ klei op - zoeken in zone rond de dijk.
- Suggestie alternatieve/innovatieve vormen van landbouw.
- Aqualandbouw.
- In Dollard gebied (lage kwelders) geen landaanwinning zoals in noord kust. Gestopt in de 50-jaren door economische ontwikkeling en conjunctuur.
- Waarom kweldervorming gestopt als dit positieve invloed heeft op veiligheid?
- Niet inzoomen op praktische problemen, hoger abstractieniveau. Binnen-buitenzone.
- Zijn er beheervormen mogelijk waar bijvoorbeeld vogels baat bij hebben? Dan differentiatie nodig, hoeveel speelruimte is er dan. Ruigte/poeltjes.
- Nadenken over overgangszone. Zone eronder die 'hard' is, en overhoogte gebruiken als speelruimte.
- Overdimensionering om habitatdifferentiatie toe te passen. Brakke zones/riet. Wetlands kan veel grazen, waterbuffels. Kan dit qua regelgeving, zoals Natura 2000?
- Extra natuur waarde bovenop bestaande creëren, doe je dit dan aan binnen of buitenzijde?
- Wenselijkheden combineren.
- Landaanwinning (klassieke) wenselijke aanvulling op slibgroei.

- Groene dijk concept leent zich voor allerlei gradiënten.
- Rekening houden met landschap/eigenheid. Ruigte/riet.
- Kwelders afgraven en daardoor sneller slib vangen (kwelders zijn al laag).
- Recreatieprojecten: kiek over de diek (fietsprogramma), Waddenwandelen (maaipaden open).
- Ganzen overlast - convenant nakomen - gevolg van de dijk.
- Sterke stromingen, hoge golven. Heeft het dan zin de kwelders verder de zee in te ontwikkelen?
- Veiligheid: vooroever verder zee in dempt golfslag.
- Wenselijkheid van het hoger maken van de kwelders.
- Wenselijkheid is er wel. Vergunningendruk is heel hoog.
- Vooroever moet blijven zoals het is, inclusief kwelder. Eigendom staat. Nederlandse situatie is anders.
- Kwelder + dijk zien als een geheel
- Als voorland rol heeft in veiligheid, biedt waarschijnlijk mogelijkheden voor meerdere functies.
- Ombuigen ganzenoverlast - inzaaien met gras wat ganzen lekker vinden en daar bejagen.
- Klei afgraven.

Plenaire terugkoppeling workshop-groep 3:

Ook in deze groep werd geconstateerd dat we de groene dijk in principe een goed concept vinden, maar ook dat iedereen z'n eigen kleur en invulling aan het concept geeft.

Er kwam ook naar voren dat de aanpassing van de dijk tot een brede groene dijk geïntegreerd moet worden in de hele problematiek in de Eems-Dollard. Kijk ook of je iets met zoet-zout waterovergangen of voor de waterkwaliteit kunt doen. En zijn er kansen voor binnendijkse parels en buitendijkse slibvang? Wellicht biedt polder Breebaart een kans.

In elk geval is duidelijk dat de dijk moet worden versterkt, en dat het belangrijk is om geen barrières op te werpen en mogelijke kansen te benutten.

Als je breed en integraal kijkt, dan zijn er waarschijnlijk ook meer kansen op financiering, uit verschillende bronnen (bijvoorbeeld Waddenfonds, nHWBP).

Ook is gesproken over manieren om slib of klei te winnen. Het verkennen van gebruik van baggerspecie is zeker de moeite waard. Maar op zich zou de hoeveelheid benodigde klei geen probleem moeten zijn. Als de dijkversterking gefaseerd wordt aangepakt, dan kan er bijvoorbeeld elke tien jaar een stukje dijk worden aangepast met het geogoste slib, en ben je bezig met een lange termijn aanpak (die langzaam groeit).

Er kwam ook nog een suggestie voor een brede dijkzone naar voren (bijvoorbeeld een strook van 500 m.) waar de dijk wat kan meanderen en goed in het landschap past en die ook tijdens de werkzaamheden de veiligheid waarborgt.

Belangrijk is om ook naar de langere termijn te kijken; dus ook naar de periode na 2025. Dan zijn de werken klaar, maar zijn er misschien weer nieuwe opgaven. Een groene dijk is gemakkelijk aan te passen, en in die zin een flexibele, lange termijn oplossing.

Sheetinformatie groep 3

- Groene dijk:
 - Tegenhanger van asfalt
 - Meer dan groen
- Klei als uitgangspunt?
- Groeiend dijkconcept.
- Eems-Dollard gebied: problemen.
 - Zoet-zout
 - Meer ruimte voor water
- Vertroebeling.
- Ervaringen uit Breebaart gebruiken. Getijdenduiker: zoet-zout flexibiliteit.
- Binnendijks (parels) of buitendijks slib vangen?
- Verlagen bij de dijk → pionier.
- Ontwikkelprogramma Eems-Dollard.
- Groninger Landschap: koppeling groene dijk en barrière zoet-zout.
- Systeemherstel naast ontwikkelingsprogramma.
- Waddenfonds.
- Buitendijks afgraven: natuurontwikkeling. Slib vangen → verbinding slibrijke Dollard.
- Baggeren: vrijkomen slib → opslag? Depots creëren, maar wat zijn de kosten hiervan?
- Slib van voldoende kwaliteit voor klei?
- Duitsland: slib/zand combinatie. Slib vangen en terugstorten.
- Dijk nog flauwer maken?
- Brede dijkzone met verschillende hoogtes. Polder binnen én buiten, +/- 500 m. (een natuurlijke dijk).
- Oude dijken meenemen, tracé aanpassen.
- Gefaseerd ophogen: lange termijn oplossing.
- Duitsland: buitendijkse kleiputten: compensatie.
- Beperkt ruimtebeslag voor benodigd klei, één a twee percelen nodig.

Vraag en discussieronde

15. Opmerking: Er zijn ideeën voor het invangen van slib (via landaanwinningswerken of het uitgraven van uitwateringssloten), slibmotoren, het rechtstreeks gebruiken van baggerspecie. Maar wat is het effect op het hele systeem wanneer je dit sediment voor dijkversterking aan het systeem onttrekt. De Dollard maakt onderdeel uit van de Waddenzee, en de Waddenzee is een sedimentvragend systeem. Is er bijvoorbeeld een effect op de ontwikkeling van wadplaten?

16. Opmerking: Het Waterschap heeft veel deskundigheid over de dijk, en het is belangrijk om over duurzame, lange termijn oplossingen na te denken. Daarbij moet echter wel de verbinding worden gelegd met systeemherstel in het hele Eems-Dollard estuarium.

17. Opmerking: Als je met 10 km dijk aan de gang gaat, dan liggen er heel veel kansen, ook met kansen en opgaven in het achterland. Daarom is het belangrijk dat direct alle belangen worden vertegenwoordigd in de ideevorming rond de dijkaanpassing.

18. Vraag: is er al een stappenplan voor het vervolg?

Reactie: Er is een begin gemaakt met het verzamelen van informatie, en die is tijdens dit symposium gepresenteerd. Het Waterschap heeft een zo'n breed mogelijke groep mensen voor het symposium uitgenodigd om mee te denken. Voor het Waterschap is dit symposium een moment om na te gaan of er inderdaad draagvlak is voor een brede groene dijk. Er is grofweg een keus tussen een zwarte (stenen en asfalt) of een groene (met gras beklede en met een groen voorland) dijk. Als er inderdaad draagvlak is voor

een groene dijk, dan wil het Waterschap die ideeën samen met anderen verder brengen. Daarbij is de bijdrage en het commitment van velen nodig.

Bij voldoende draagvlak (en dit symposium heeft duidelijk gemaakt dat er inderdaad brede steun is voor een Groene Dollard Dijk), dan wil het Waterschap Hunze en Aa's deze variant inbrengen in het nHWBP. Een volgende stap is dan om in beeld te brengen hoe de dijk daadwerkelijk uitgevoerd kan worden. Dat is helemaal niet zo gemakkelijk, en waarschijnlijk zal eerst nog nader onderzoek en misschien zelfs veldproeven nodig zijn (bijvoorbeeld rond het invangen van slib).

Het Waterschap Hunze en Aa's zal het initiatief nemen tot een vervolg, en de samenwerking met andere belanghebbenden.

19. Vraag: Wat is de relatie met het Deltaprogramma in het vervolgtraject?

Reactie: Inzicht krijgen in manieren om slib in te vangen is waarschijnlijk ook heel interessant voor het Deltaprogramma Waddengebied.

20. Vraag: Binnen welke termijn komt de Groene Dollard Dijk?

Reactie: Als voor deze dijk slib wordt geoogst uit de Dollard, dan hebben we het over de lange termijn. Dat is prima: want we hebben de tijd. Zeespiegelstijging gaat langzaam. Bovendien hebben we dan de tijd om te leren.

21. Opmerking: Voor het realiseren van zo'n nieuw concept loop je waarschijnlijk ook tegen wet- en regelgeving aan. Vaak is het helemaal niet gemakkelijk om nieuwe oplossingen binnen de bestaande wet- en regelgeving te realiseren, en moet er ook de nodige aandacht aan het governance traject worden besteed.

22. Opmerking: Er zijn suggesties gedaan om een brede Groene Dollard Dijk onderdeel te laten worden van het Waddenlandschap. Dit is ook zeer interessant voor andere dijktrajecten langs de Waddenkust. Dit zou een 'learning by doing' project kunnen zijn. Wellicht zijn er daarom interessante kansen voor financiering uit bv het innovatiebudget of het hoogwaterbeschermingsprogramma.

23. Opmerking: Het integraal denken, en ook inpassen in de herstelplannen voor het Eems-Dollard estuarium past ook goed bij de ambitie van het Programma Naar een rijke Waddenzee. Het Programma Naar een rijke Waddenzee denkt dus graag mee!

Afsluiting

Dagvoorzitter Aize Bouma en dagelijks bestuurslid Meino Smit bedanken alle aanwezigen voor hun inbreng.

Het verslag van het symposium wordt opgenomen in de rapportage over de voorverkenning. Dit zal aan de deelnemers aan het symposium worden gestuurd.

Bijlage 3 Resultaten extra berekeningen traditionele dijk

Robuustheid ontwerp Traditionele Dijk

Hydraulische randvoorwaarden 2100

Bij de doorkijk van het ontwerp naar 2100 wordt rekening gehouden met 0,60 m zeespiegelstijging (klimaatsscenario 3). De bijbehorende met Hydra-K berekende illustratiepunten zijn samengevat in tabel 3.1.

Tabel 3.1

Interim hydraulische randvoorwaarden 2100 (klimaatsscenario 3).

Interim HR-2100 (bij 0,6 m zeespiegelstijging)				
Dijkvak	MHW ^{*)} [m NAP]	Golfhoogte H _{m0} [m]	Golfperiode T _{m-1.0} [s]	Invalshoek β [°]
1	+7,0	1,98	4,33	21
2	+6,9	1,94	3,98	49
3	+6,8	1,81	3,73	50
4	+6,8	0,98	2,71	57

^{*)} Maatgevend Hoog Water (incl. 0,10 m robuustheidstoelag)

Minimaal vereiste kruinhoogte Traditionele Dijk (doorkijk naar 2100)

De berekeningsresultaten van PC-Overslag zijn samengevat in tabel 3.2.

Tabel 3.2

Minimaal vereiste kruinhoogten Traditionele Dijk (doorkijk naar 2100).

Minimaal vereiste kruinhoogte Traditionele Dijk (doorkijk naar 2100)					
Dijkvak	MHBN ¹⁾ (q = 1,0 l/s.m) [m NAP]	Over hoogte [m]	Aanleg hoogte [m NAP]	Bestaande kruinhoogte ²⁾ [m NAP]	Kruinhoogte tekort [m]
1	+9,4	1,0	+10,4	+8,8	1,6
2	+8,5	1,0	+9,5	+8,2	1,3
3	+8,6	1,0	+9,6	+8,2	1,4
4	+7,6	1,0	+8,6	+7,9	0,7

1) Maatgevend Hydraulisch Belasting Niveau (incl. 0,10 m robuustheidstoelag)

2) Gemiddelde waarde binnen dijkvak

Uit tabel 3.2 volgt dat bij versterking op basis van het concept van de Traditionele Dijk de bestaande kruinhoogte met 0,7 m à 1,6 m moet worden verhoogd.

Ruimtebeslag Traditionele Dijk (doorkijk naar 2100)

De consequenties voor de grens van de kernzone zijn weergegeven in tabel 3.3.

Tabel 3.3

Grens kernzone Traditionele dDijk (doorkijk naar 2100).

Dijkvak	Grens kernzone		
	Bestaande dijk [m]	Basisontwerp 2050 [m]	Robuust ontwerp 2100 [m]
1	87 - 54 = 33	93 - 54 = 39 (6)	97 - 54 = 43 (10)
2	75 - 45 = 30	79 - 45 = 34 (4)	81 - 45 = 36 (6)
3	74 - 46 = 28	79 - 46 = 33 (5)	83 - 46 = 37 (9)
4	74 - 50 = 24	78 - 50 = 28 (4)	80 - 50 = 30 (6)

Uit tabel 3.3 blijkt dat bij een Traditionele Dijk (doorkijk naar 2100) de bestaande kernzone 6 m à 10 m zeewaarts verschuift.

De dwarsprofielen van de bestaande dijk, het ontwerp van de Traditionele Dijk en het ontwerp van de Groene Dollard Dijk zoals die in 2100 zouden gelden, zijn per dijkvak weergegeven in bijlage 4 (figuren 4.1 t/m 4.4).

Uitbreidbaarheid Traditionele Dijk

Hydraulische randvoorwaarden

Bij de beoordeling van de uitbreidbaarheid wordt rekening gehouden met een tijdshorizon van 2100 en een extreem klimaatscenario (klimaatscenario 8) met 0,85 m zeespiegelstijging en 10% hogere windsnelheden. De bijbehorende met Hydra-K berekende hydraulische randvoorwaarden zijn samengevat in tabel 3.4.

Tabel 3.4

Interim hydraulische randvoorwaarden voor uitbreidbaarheid (klimaatscenario 8).

Interim HR-2100 met 0,85 m zeespiegelstijging en 10% hogere windsnelheden				
Dijkvak	MHW *) [m NAP]	Golfhoogte H _{m0} [m]	Golfperiode T _{m-1,0} [s]	Invalshoek β [°]
1	+7,3	2,33	4,66	16
2	+7,2	2,32	4,22	49
3	+7,2	2,16	3,95	50
4	+7,1	1,21	2,86	49

*) *Maatgevend Hoog Water*

Minimaal vereiste kruinhoogte

De berekeningsresultaten van PC-Overslag zijn samengevat in tabel 3.5.

Tabel 3.5

Minimaal vereiste kruinhoogten Traditionele Dijk (klimaatscenario 8).

Minimaal vereiste kruinhoogte Traditionele Dijk (uitbreidbaarheid)					
Dijkvak	MHBN 1) (q = 1,0 l/s.m) [m NAP]	Over hoogte [m]	Aanleg hoogte [m NAP]	Bestaande kruinhoogte [m NAP]	Kruinhoogte tekort [m]
1	+10,1	1,0	+11,1	+8,8	2,3
2	+9,3	1,0	+10,3	+8,2	2,1
3	+9,3	1,0	+10,3	+8,2	2,1
4	+8,1	1,0	+9,1	+7,9	1,2

1) *Maatgevend Hydraulisch Belasting Niveau*

Uit tabel 3.5 volgt dat bij versterking op basis van het concept van de Traditionele Dijk de bestaande kruinhoogte 1,2 m à 2,3 m moet worden verhoogd.

Ruimtebeslag

De consequenties voor de grens van de kernzone zijn weergegeven in tabel 3.6.

Tabel 3.6

Grens kernzone Traditionele dDijk (uitbreidbaarheid).

Dijkvak	Grens kernzone Traditionele Dijk		
	Bestaande dijk [m]	Basisontwerp 2050 [m]	Ruimtebeslag 2100-extreem [m]
1	87 - 54 = 33	93 - 54 = 39 (7)	101 - 54 = 47 (14)
2	75 - 45 = 30	90 - 45 = 45 (15)	86 - 45 = 41 (11)
3	74 - 46 = 28	89 - 46 = 43 (15)	86 - 46 = 40 (12)
4	74 - 50 = 24	88 - 50 = 38 (14)	82 - 50 = 32 (8)

Uit tabel 3.6 blijkt dat bij een Traditionele Dijk de bestaande kernzone 8 à 14 m zeewaarts verschuift.

Traditionele Dijk als Deltadijk

Hydraulische randvoorwaarden

Een Deltadijk is tienmaal veiliger dan een standaard ontwerp met randvoorwaarden voor een planperiode van 100 jaar met 0,6 m zeespiegelstijging (klimaatscenario 3). De factor tienmaal veiliger wordt verdisconteerd door voor de kans op overbelasting door golfoverslag uit te gaan van een waarde van de veiligheidsnorm (1/4000ste per jaar) gedeeld door 10, dit komt overeen met een waarde van 1/40000^{ste} per jaar. De voor de Traditionele Deltadijk met Hydra-K berekende hydraulische randvoorwaarden zijn samengevat in tabel 4.4.

Tabel 3.7

Interim hydraulische randvoorwaarden 2100 (klimaatscenario 3) voor Traditionele Dijk als Deltadijk.

Interim HR-2100 Traditionele dijk als Deltadijk: (10× veiliger)				
Dijkvak	MHW ^{*)} [m NAP]	Golfhoogte H _{m0} [m]	Golfperiode T _{m-1.0} [s]	Invalshoek β [°]
1	+7,5	2,36	4,69	19
2	+7,3	2,38	4,25	48
3	+7,3	2,19	3,99	47
4	+7,2	1,22	2,88	51

**) Maatgevend Hoog Water*

Minimaal vereiste kruinhoogte Traditionele Dijk als Deltadijk

De berekeningsresultaten van PC-Overslag zijn samengevat in tabel 3.8.

Tabel 3.8

Minimaal vereiste kruinhoogten Traditionele dijk als Deltadijk (klimaatscenario 3).

Minimaal vereiste kruinhoogte Traditionele Dijk als Deltadijk (10× veiliger)					
Dijkvak	MHBN ¹⁾ (q = 1,0 l/s.m) [m NAP]	Over hoogte [m]	Aanleg hoogte [m NAP]	Bestaande kruinhoogte [m NAP]	Kruinhoogte tekort [m]
1	+10,3	1,0	+11,3	+8,8	2,5
2	+9,3	1,0	+10,3	+8,2	2,1
3	+9,5	1,0	+10,5	+8,2	2,3
2	+8,3	1,0	+9,3	+7,9	1,4

1) Maatgevend Hydraulisch Belasting Niveau

Uit tabel 3.8 volgt dat bij versterking op basis van de Traditionele Dijk als Deltadijk de bestaande kruinhoogte 1,4 m à 2,5 m moet worden verhoogd. Opgemerkt wordt dat deze waarden representatief zijn bij toepassing

van een overslagcriterium van 1,0 l/s.m. Als de Deltadijk uit oogpunt van doorbraakbestendigheid bijvoorbeeld wordt aangelegd met een verbrede kruin kan meer overslag worden toegestaan, waardoor met een hoger overslagdebiet kan worden gerekend en met een lagere kruinhoogte kan worden volstaan. In dat geval zijn aanvullende kruinhoogteberekeningen nodig.

Ruimtebeslag Traditionele Dijk als Deltadijk

De consequenties voor de kernzone van de Traditionele Dijk als Deltadijk zijn weergegeven in tabel 3.9.

Tabel 3.9

Ruimtebeslag Traditionele Dijk als Deltadijk (klimaatscenario 3 en 10× veiliger).

Dijkvak	Grens kernzone Traditionele Dijk		
	Bestaande dijk[m]	Basisontwerp 2050 [m]	Deltadijk 2100 [m]
1	87 - 54 = 33	93 - 54 = 39 (7)	102 - 54 = 48 (15)
2	75 - 45 = 30	90 - 45 = 45 (11)	87 - 45 = 42 (12)
3	74 - 46 = 28	89 - 46 = 43 (15)	89 - 46 = 43 (15)
4	74 - 50 = 24	88 - 50 = 38 (14)	84 - 50 = 34 (10)

Uit tabel 3.9 blijkt dat bij een versterking op basis van de Traditionele Dijk als Deltadijk de bestaande kernzone 10 m à 15 m zeewaarts verschuift.

Bijlage 4 Resultaten extra berekeningen Groene Dollard Dijk

Robuustheid Groene Dollard Dijk

Hydraulische randvoorwaarden 2100

Bij de doorkijk van het ontwerp naar 2100 wordt rekening gehouden met 0,60 m zeespiegelstijging (klimaatscenario 3). De bijbehorende met Hydra-K berekende hydraulische randvoorwaarden zijn samengevat in tabel 4.1.

Tabel 4.1

Interim hydraulische randvoorwaarden 2100 (klimaatscenario 3).

Interim HR-2100				
Dijkvak	MHW ^{*)} [m NAP]	Golfhoogte H _{m0} [m]	Golfperiode T _{m-1.0} [s]	Invalshoek β [°]
1	+7,3	2,10	4,44	20
2	+7,2	2,04	3,99	50
3	+7,0	1,93	3,81	49
4	+7,0	1,04	2,76	54

**) Maatgevend Hoog Water (incl. 0,10 m robuustheidstoetslag)*

Minimaal vereiste kruinhoogte Groene Dollard Dijk (doorkijk naar 2100)

De berekeningsresultaten van PC-Overslag zijn samengevat in tabel 4.2.

Tabel 4.2

Minimaal vereiste kruinhoogten Groene Dollard Dijk (klimaatscenario 3).

Minimaal vereiste kruinhoogte Groene Dollard Dijk (uitbreidbaarheid)					
Dijkvak	MHBN ¹⁾ (q = 1,0 l/s.m) [m NAP]	Over hoogte [m]	Aanleg hoogte [m NAP]	Bestaande kruinhoogte ²⁾ [m NAP]	Kruinhoogte tekort [m]
1	+9,3	1,0	+10,3	+8,8	1,5
2	+8,8	1,0	+9,8	+8,2	1,6
3	+8,5	1,0	+9,5	+8,2	1,3
4	+7,8	1,0	+8,8	+7,9	0,9

1) Maatgevend Hydraulisch Belasting Niveau (incl. 0,10 m robuustheidstoetslag)

2) Gemiddelde waarde binnen dijkvak

Uit tabel 4.2 volgt dat bij versterking op basis van de Groene Dollard Dijk de bestaande kruinhoogte met 0,9 m à 1,6 m moet worden verhoogd.

Ruimtebeslag Groene Dollard Dijk (doorkijk naar 2100)

De consequenties voor de kernzone voor de Groene Dollard Dijk zijn weergegeven in tabel 4.3.

Tabel 4.3

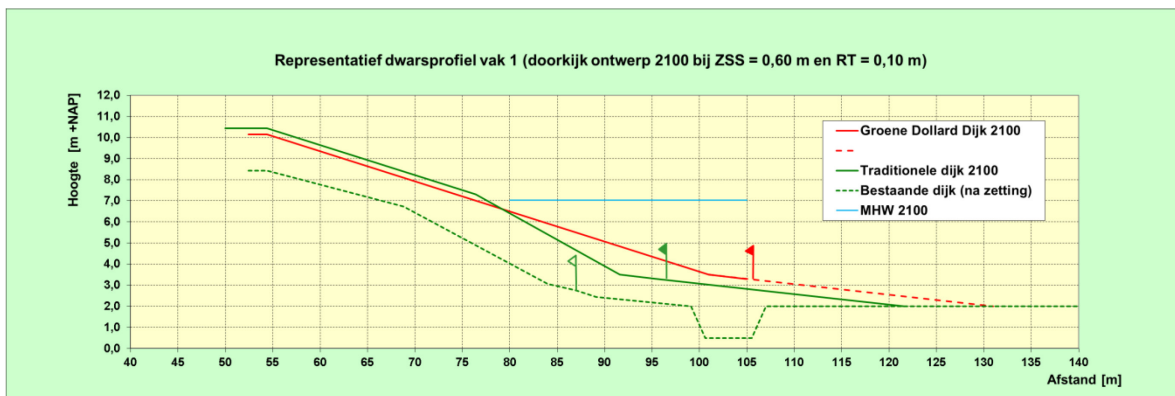
Ruimtebeslag Groene Dollard Dijk.

Dijkvak	Grens kernzone Groene Dollard Dijk		
	Bestaande dijk [m]	Basisontwerp 2050 [m]	Robuust ontwerp 2100 [m]
1	87 - 54 = 33	103 - 54 = 49 (16)	106 - 54 = 52 (19)
2	75 - 45 = 30	90 - 45 = 45 (15)	93 - 45 = 48 (18)
3	74 - 46 = 28	89 - 46 = 43 (15)	91 - 46 = 45 (17)
4	74 - 50 = 24	88 - 50 = 38 (14)	90 - 50 = 40 (16)

Uit tabel 4.6 blijkt dat bij een versterking op basis van de Groene Dollard Dijk de bestaande kernzone 18 m à 19 m zeewaarts verschuift.

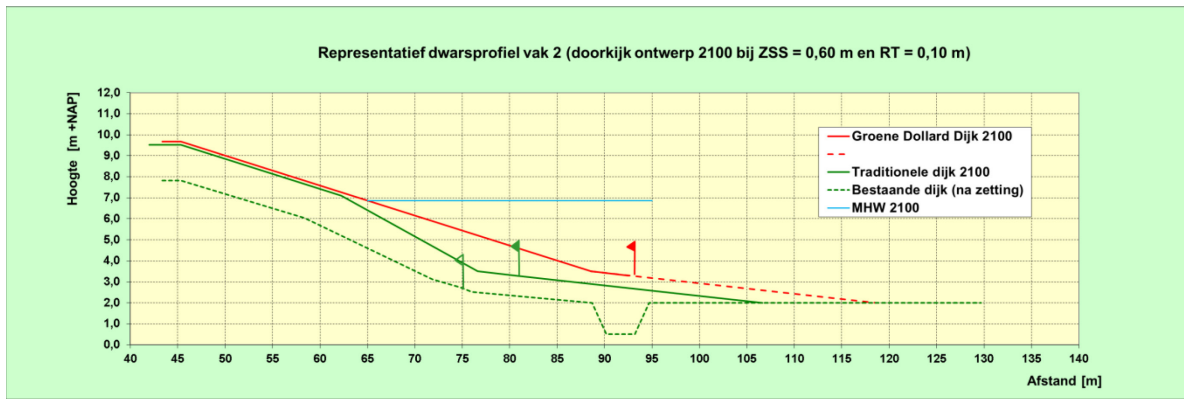
Dwarsprofielen ontwerp 2100

De dwarsprofielen van de bestaande dijk, het ontwerp van de Traditionele Dijk en het ontwerp van de Groene Dollard Dijk zoals die in 2100 zouden gelden, zijn per dijkvak weergegeven in de figuren 4.1 t/m 4.4.

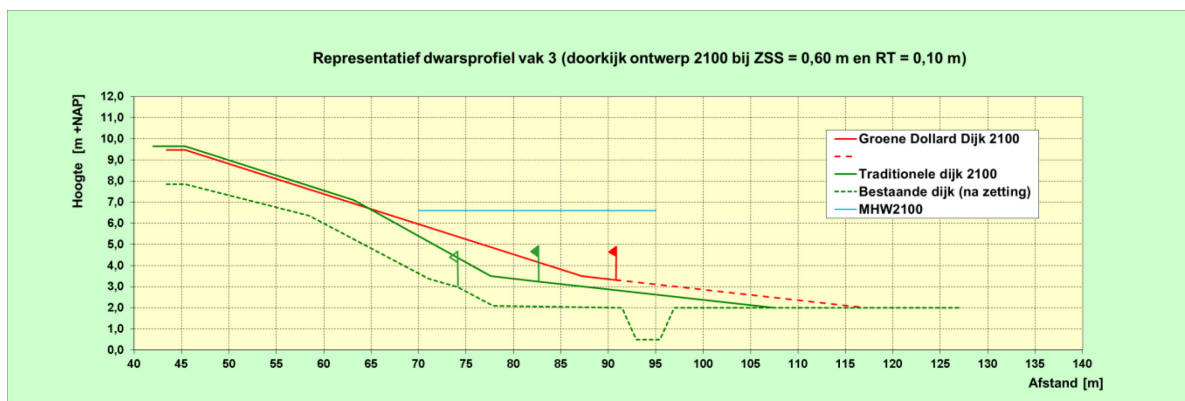


Figuur 4.1:

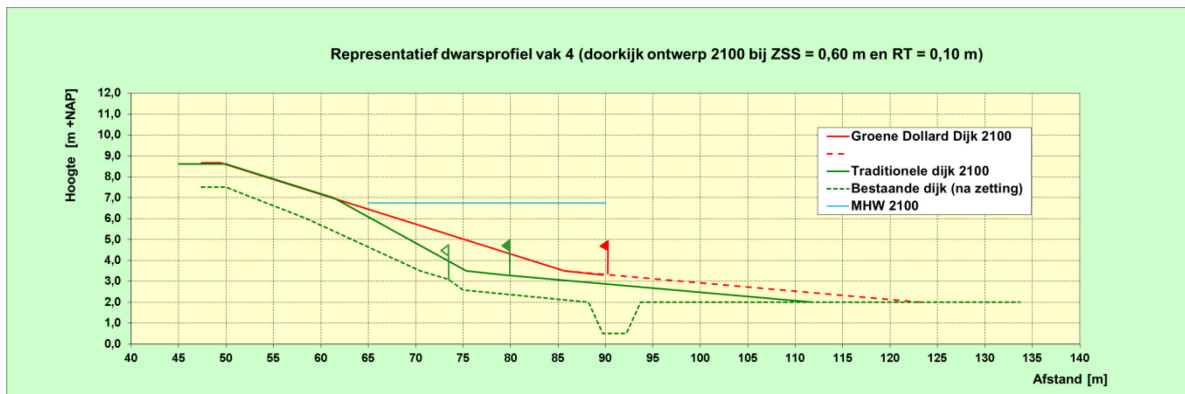
Dwarsprofiel vak 1 met contouren dijkontwerpen 2100.



Figuur 4.2
Dwarsprofiel vak 2 met contouren dijkontwerpen 2100.



Figuur 4.3
Dwarsprofiel vak 3 met contouren dijkontwerpen 2100.



Figuur 4.4:
Dwarsprofiel vak 4 met contouren dijkontwerpen 2100.

Uitbreidbaarheid Groene Dollard Dijk

Hydraulische randvoorwaarden

Bij de beoordeling van de uitbreidbaarheid wordt rekening gehouden met een tijdshorizon van 2100 en een extreem klimaatscenario (klimaatscenario 8) met 0,85 m zeespiegelstijging en 10% hogere windsnelheden. De bijbehorende met Hydra-K berekende hydraulische randvoorwaarden zijn samengevat in tabel 4.4.

Tabel 4.4

Interim hydraulische randvoorwaarden voor uitbreidbaarheid (klimaatscenario 8).

Interim HR-2100 bij 0,85 m zeespiegelstijging en 10% hogere windsnelheid				
Dijkvak	MHW *) [m NAP]	Golfhoogte H_{m0} [m]	Golfperiode $T_{m-1,0}$ [s]	Invalshoek β [°]
1	+7,6	2,30	4,59	16
2	+7,5	2,30	4,18	49
3	+7,4	2,16	3,95	50
4	+7,3	1,18	2,85	49

*) Maatgevend Hoog Water

Minimaal vereiste kruinhoogte Groene Dollard Dijk (uitbreidbaarheid)

De berekeningsresultaten van PC-Overslag zijn samengevat in tabel 4.5.

Tabel 4.5

Minimaal vereiste kruinhoogten Groene Dollard Dijk (klimaatscenario 8).

Minimaal vereiste kruinhoogte Groene Dollard Dijk 2100 (bij 0,85 m zeespiegelstijging en 10% hogere windsnelheid)					
Dijkvak	MHBN ($q = 1,0 \text{ l/s.m}$) [m NAP]	Over hoogte [m]	Aanleg hoogte [m NAP]	Bestaande kruinhoogte *) [m NAP]	Kruinhoogte tekort [m]
1	+9,5	1,0	+10,5	+8,8	1,7
2	+8,9	1,0	+9,9	+8,2	1,7
3	+8,8	1,0	+9,8	+8,2	1,6
2	+7,9	1,0	+8,9	+7,9	1,0

*) gemiddelde waarde binnen dijkvak

Uit tabel 4.5 volgt dat bij versterking op basis van het concept van de Groene Dollard Dijk vanwege de uitbreidbaarheid in de toekomst (profiel van vrije ruimte) de bestaande kruinhoogte met 1,0 m à 1,7 m moet worden verhoogd.

Ruimtebeslag Groene Dollard Dijk (uitbreidbaarheid)

De consequenties voor de kernzone van een Dollard Dijk zijn weergegeven in tabel 4.6.

Tabel 4.6

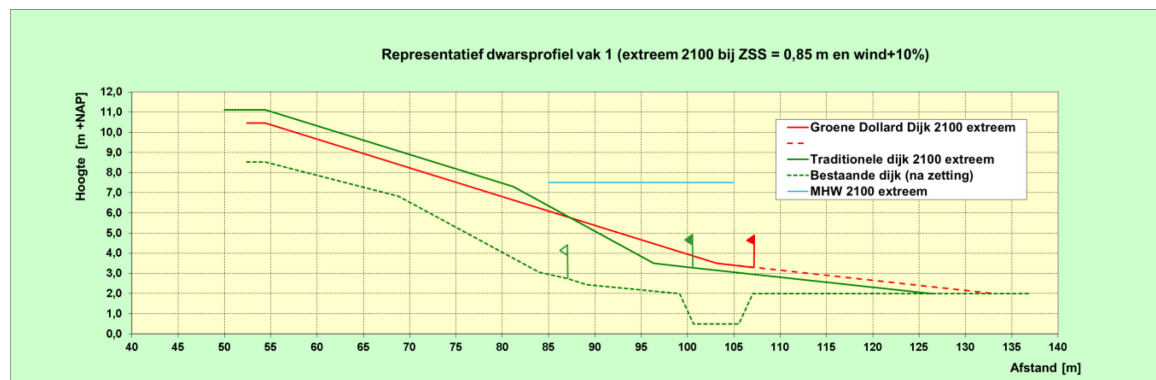
Ruimtebeslag Groene Dollard Dijk (klimaatscenario 8).

Dijkvak	Grens kernzone Groene Dollard Dijk		
	Bestaande dijk [m]	Basisontwerp 2050 [m]	Ruimtebeslag 2100-extreem [m]
1	$87 - 54 = 33$	$103 - 54 = 49$ (16)	$107 - 54 = 53$ (20)
2	$75 - 45 = 30$	$90 - 45 = 45$ (15)	$95 - 45 = 50$ (20)
3	$74 - 46 = 28$	$89 - 46 = 43$ (15)	$93 - 46 = 47$ (19)
4	$74 - 50 = 24$	$88 - 50 = 38$ (14)	$92 - 50 = 42$ (18)

Uit tabel 4.6 blijkt dat bij een versterking op basis van de Groene Dollard Dijk in verband met de uitbreidbaarheid de bestaande kernzone 19 m à 20 m zeewaarts verschuift.

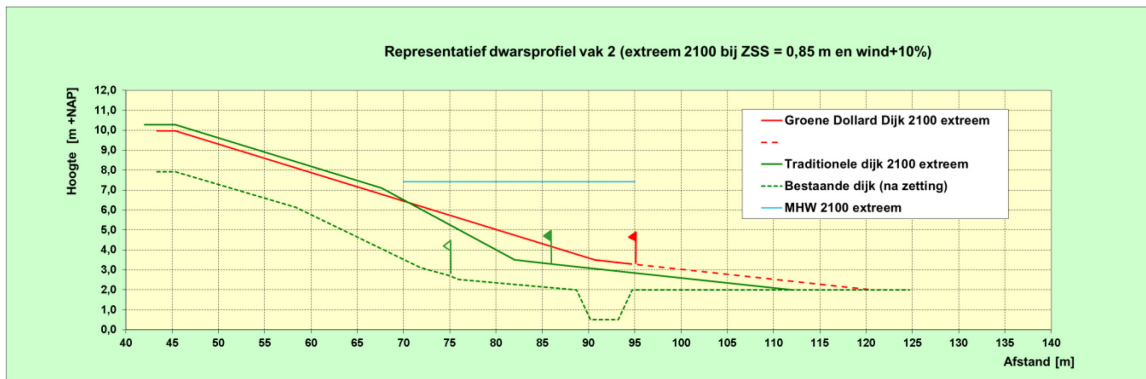
Dwarsprofielen uitbreidbaarheid 2100 en 10% hogere windsnelheden

De dwarsprofielen van de bestaande dijk, het ontwerp van de Traditionele Dijk en het ontwerp van de Groene Dollard Dijk zoals die in 2100 (klimaatscenario 8 met 0,85 m zeespiegelstijging en 10% hogere windsnelheden) zouden gelden, zijn per dijkvak weergegeven in de figuren 4.5 t/m 4.8.



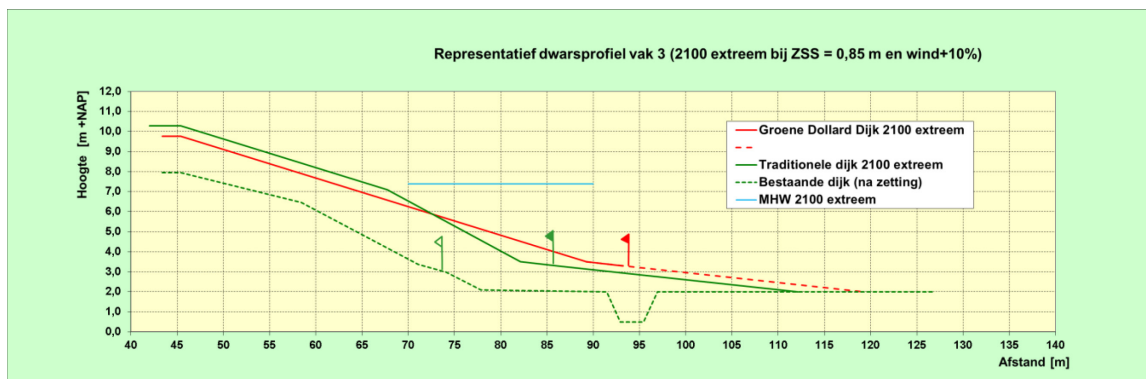
Figuur 4.5

Dwarsprofiel vak 1 met contouren uitbreidbaarheid.



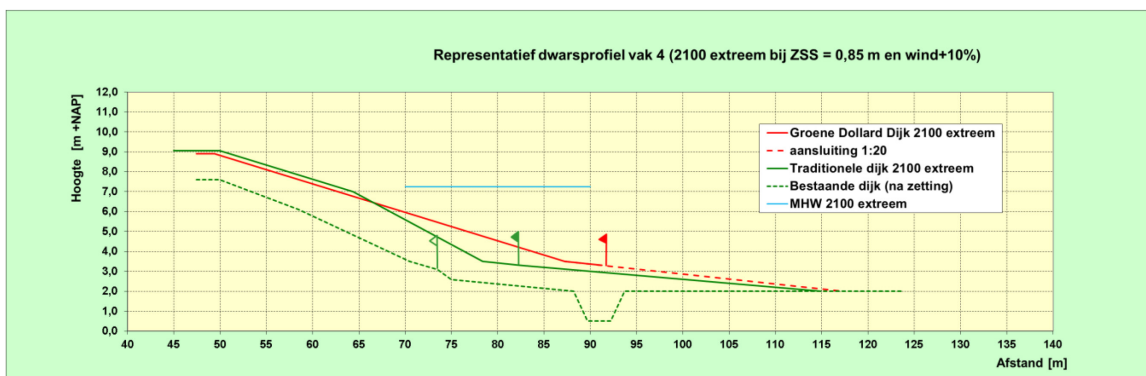
Figuur 4.6

Dwarsprofiel vak 2 met contouren uitbreidbaarheid.



Figuur 4.7

Dwarsprofiel vak 3 met contouren uitbreidbaarheid.



Figuur 4.8

Dwarsprofiel vak 4 met contouren uitbreidbaarheid.

Groene Dollard Dijk als Deltadijk

Hydraulische randvoorwaarden

Een Deltadijk is 10 maal veiliger dan een standaard ontwerp met randvoorwaarden voor een planperiode van 100 jaar met 0,6 m zeespiegelstijging (klimaatscenario 3). De factor 10 maal veiliger wordt verdisconteerd door de voor de kans op overbelasting door golfoverslag uit te gaan van een waarde van de veiligheidsnorm (1/4000^{ste} per jaar) gedeeld door 10, en dat komt overeen met 1/40000^{ste} per jaar. De voor de als Groene

Dollard Dijk uitgevoerde Deltadijk met Hydra-K berekende hydraulische randvoorwaarden zijn samengevat in tabel 4.7.

Tabel 4.7

Interim hydraulische randvoorwaarden 2100 (klimaatscenario 3) voor de Groene Dollard Dijk als Deltadijk.

Interim HR-2100 (Groene Dollard Dijk als Deltadijk 10× veiliger)				
Dijkvak	MHW ^{*)} [m NAP]	Golfhoogte H _{m0} [m]	Golfperiode T _{m-1.0} [s]	Invalshoek β [°]
1	+7,7	2,50	4,81	20
2	+7,6	2,50	4,37	50
3	+7,5	2,34	4,08	49
4	+7,5	1,28	2,94	54

**) Maatgevend Hoog Water*

Minimaal vereiste kruinhoogte Groene Dollard Dijk als Deltadijk

De berekeningsresultaten van PC-Overslag zijn samengevat in tabel 4.8.

Tabel 4.8:

Minimaal vereiste kruinhoogten Groene Dollard Dijk als Deltadijk (klimaatscenario 3).

Minimaal vereiste kruinhoogte Groene Dollard Dijk als Deltadijk (10× veiliger)					
Dijkvak	MHBN (q = 1,0 l/s.m) [m NAP]	Over hoogte [m]	Aanleg hoogte [m NAP]	Bestaande kruinhoogte ^{*)} [m NAP]	Kruinhoogte tekort [m]
1	+10,0	1,0	+11,0	+8,8	2,2
2	+9,5	1,0	+10,5	+8,2	2,3
3	+9,3	1,0	+10,3	+8,2	2,1
2	+8,3	1,0	+9,3	+7,9	1,4

**) Gemiddelde waarde binnen dijkvak*

Uit tabel 4.8 volgt dat bij versterking op basis van de Groene Dollard Dijk als Deltadijk de bestaande kruinhoogte met 1,4 tot 2,3 m moet worden verhoogd.

Ruimtebeslag Groene Dollard Dijk als Deltadijk

De consequenties voor de kernzone voor de Groene Dollard Dijk als Deltadijk zijn weergegeven in tabel 4.9.

Tabel 4.9

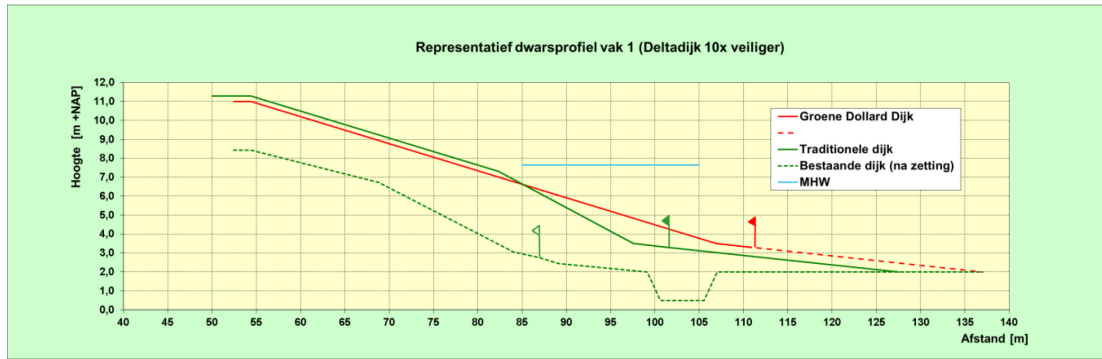
Ruimtebeslag Groene Dollard Dijk als Deltadijk.

Dijkvak	Grens kernzone Groene Dollard Dijk		
	Bestaande dijk[m]	Basisontwerp 2050 [m]	Deltadijk 2100 [m]
1	$87 - 54 = 33$	$103 - 54 = 49$ (16)	$112 - 54 = 62$ (29)
2	$75 - 45 = 30$	$90 - 45 = 45$ (15)	$98 - 45 = 53$ (23)
3	$74 - 46 = 28$	$89 - 46 = 43$ (13)	$97 - 46 = 51$ (23)
4	$74 - 50 = 24$	$88 - 50 = 38$ (14)	$94 - 50 = 44$ (20)

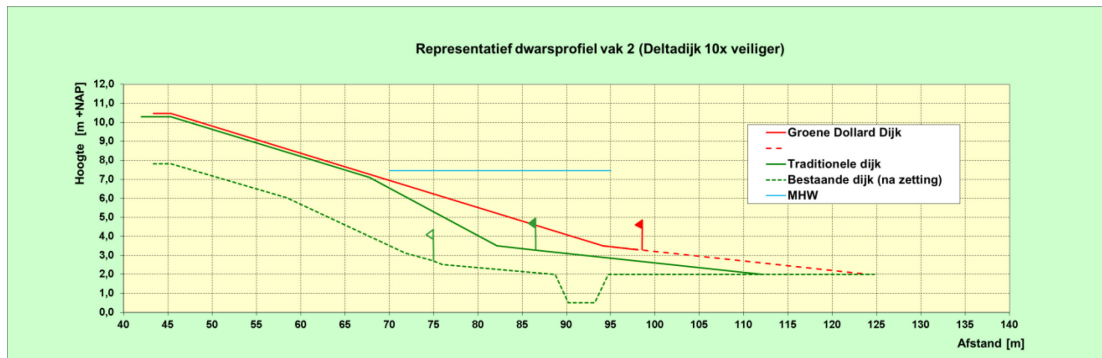
Uit tabel 4.9 blijkt dat bij een versterking op basis van de Groene Dollard Dijk als Deltadijk de bestaande kernzone 20 tot 29 m zeewaarts verschuift.

Dwarsprofielen Deltadijk 2100 en 10xveiliger

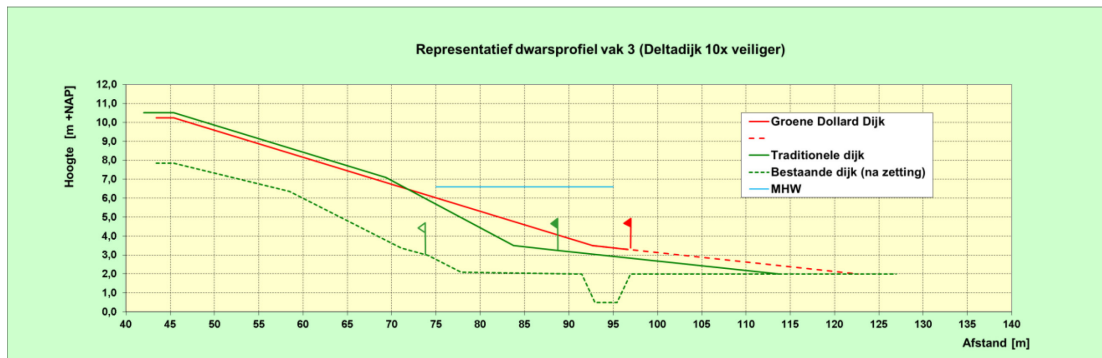
De dwarsprofielen van de bestaande dijk, het ontwerp van de Traditionele Dijk en het ontwerp van de Groene Dollard Dijk zoals die in 2100 met 0,6 m zeespiegelstijging zouden gelden zijn per dijkvak weergegeven in de figuren 4.9 t/m 4.12.



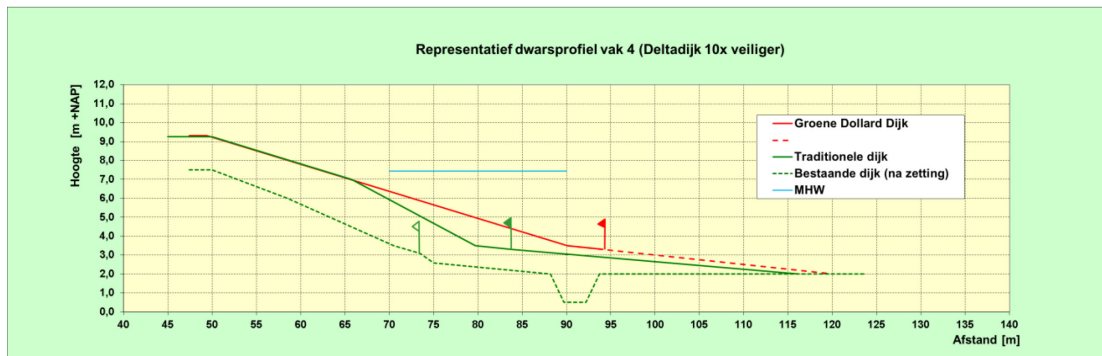
Figuur 4.9
Dwarsprofiel vak 1 met contouren Deltadijken.



Figuur 4.10
Dwarsprofiel vak 2 met contouren Deltadijken.



Figuur 4.11
Dwarsprofiel vak 3 met contouren Deltadijken.



Figuur 4.12
Dwarsprofiel vak 4 met contouren Deltadijken.



Alterra is onderdeel van de internationale kennisorganisatie Wageningen UR (University & Research centre). De missie is 'To explore the potential of nature to improve the quality of life'. Binnen Wageningen UR bundelen negen gespecialiseerde en meer toegepaste onderzoeksinstituten, Wageningen University en hogeschool Van Hall Larenstein hun krachten om bij te dragen aan de oplossing van belangrijke vragen in het domein van gezonde voeding en leefomgeving. Met ongeveer 40 vestigingen (in Nederland, Brazilië en China), 6.500 medewerkers en 10.000 studenten behoort Wageningen UR wereldwijd tot de vooraanstaande kennisinstellingen binnen haar domein. De integrale benadering van de vraagstukken en de samenwerking tussen natuurwetenschappelijke, technologische en maatschappijwetenschappelijke disciplines vormen het hart van de Wageningen Aanpak.

Alterra Wageningen UR is het kennisinstituut voor de groene leefomgeving en bundelt een grote hoeveelheid expertise op het gebied van de groene ruimte en het duurzaam maatschappelijk gebruik ervan: kennis van water, natuur, bos, milieu, bodem, landschap, klimaat, landgebruik, recreatie etc.

Meer informatie: www.wageningenUR.nl/alterra