



Waterveiligheidsopgave als katalysator voor innovatie in het Eems-Dollardgebied

De toekomstige waterveiligheidsopgave vraagt om innovatieve en flexibele maatregelen die passen in een langetermijnstrategie. Bij het daadwerkelijk implementeren van innovatieve dijkconcepten is de verbinding met andere beleidsopgaven en partners cruciaal. Zo bleek voor de innovatieve dijkconcepten 'brede groene dijk' en 'dubbele dijk' de verbinding met natuurwaarden, waterkwaliteit en economische perspectieven nodig om een breed draagvlak te verwerven onder natuurorganisaties, overheid en bedrijfsleven, en om financiële en juridische belemmeringen te overkomen.

Langs de Eems-Dollard vinden momenteel diverse pilotprojecten plaats rond innovatieve en duurzame waterkeringen. Zo worden bij de Brede groene dijk traditionele dijkprofielen en -bekledingen vervangen door minder steile en met gras beklede taluds, wordt in het dijkconcept 'dijk met voorland' de golfremmende werking van de kwelder meegenomen, zijn aan de 'rijke dijk' elementen op en nabij de dijk toegevoegd die aantrekkelijk zijn voor flora en fauna en heeft de Dubbele dijk een extra dijk waardoor een brede zilte gebruikszone ontstaat (figuur 1).

Het Deltaprogramma Waddengebied was de start voor de ideevorming rond deze innovatieve dijkconcepten, die niet alleen veiligheid moeten bieden in een veranderend klimaat met een stijgende zeespiegel, maar ook meerwaarde moeten hebben voor natuur, landschap, recreatie of duurzame economische ontwikkeling. Implementatie van innovatieve dijkconcepten is echter niet vanzelfsprekend omdat innovatieve dijken soms duurder zijn, er vaak geen passende juridische en administratieve procedures zijn of omdat ze gebruik maken van ruimte die is bestemd voor andere functies. De verbinding met andere beleidsopgaven en partners blijkt cruciaal om tot daadwerkelijke implementatie te komen. In dit artikel schetsen we hoe waterveiligheidsopgaven kunnen leiden tot innovatie, aan de hand van twee van

deze innovatieve dijkconcepten: de Brede groene dijk en de Dubbele dijk. We behandelen voor beide dijkconcepten de waterveiligheidsprincipes, de meerwaarde en de verbinding met andere beleidsopgaven en partners en tot slot de vraag- en knelpunten die zich voordoen bij de implementatie.

Beschermen tegen overstroming

Al duizenden jaren proberen de bewoners van de Waddenkustzone maatregelen te nemen om het vruchtbare kustgebied te beschermen tegen overstroming. Vaak bleken overstromingsrampen aanleiding voor vernieuwing en ontwikkeling: grootschalige dijkversterkingen, nieuw waterveiligheidsbeleid, het toepassen van nieuwe (goedkopere of effectievere) ontwerpen en technieken en kennisontwikkeling rond geotechnische processen en technische innovaties. Zo was de Zuiderzeeramp van 1916 aanleiding tot de aanleg van de Afsluitdijk, waarmee veel kennis en ervaring werd opgedaan met de aanleg van grootschalige afsluitingsdijken in estuaria en nieuwe manieren van dijkbekleding. De overstromingsramp van 1953 leidde tot een nieuw waterveiligheidsbeleid gebaseerd op een economische kosten-batenafweging: sindsdien wordt het overstromingsrisico uitgedrukt als: 'kans op overstroming' vermenigvuldigd met 'negatieve gevolgen door die overstroming'.

Innovatieve dijkconcepten
Eems-Dollard-estuarium
Waterveiligheid
Natuur
Slib

**J.M. (Jantsje) van
Loon-Steensma**

Wageningen Universiteit,
Water Systems and Global
Change Group, Postbus 47,
6700 AA Wageningen,
jantsje.vanloon@wur.nl

**H.A. (Harry)
Schelfhout**

Schelfhout Advies

Foto **Waterschap
Noorderzijlvest**. Dubbele
dijk de Ommelanderdiek,
nabij Nieuwstad.

Figuur 1 Projecten langs de Eems-Dollard. Van links naar rechts: Dubbele dijk en Rijke dijk; Marconi; kleirijperij; kleiputten in de kwelder voor de Brede groene dijk; Brede groene dijk.

Figure 1 Projects on innovative dike design along the Ems-Dollard estuary. From left to right: parallel defense and a dike with nature friendly revetment; Marconi project; clay ripening project; clay mining pits in front of the wide green dike; wide green dike.

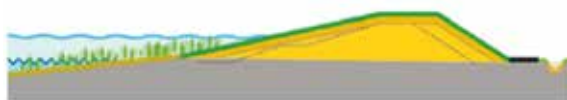


Voor het dijkttraject langs het Eems-Dollard-estuarium is een maximaal toelaatbare overstromingskans van eens in de 3000 jaar vastgesteld. Veel dijken langs het Eems-Dollard-estuarium voldeden niet aan deze norm en moesten daarom worden aangepast.

Waterveiligheidsprincipes innovatieve dijkconcepten

In het Deltaprogramma (VenW, LNV & VROM, 2010) werd het adaptief deltamanagement geïntroduceerd, voortvloeiend uit het advies van de tweede Deltacommissie (2008) over een langetermijnbescherming tegen de effecten van klimaatverandering en zeespiegelstijging. Bij adaptief deltamanagement wordt ver vooruit gekeken naar toekomstige (waterveiligheids)opgaven om

steeds op tijd de maatregelen te nemen die op dat moment nodig en betaalbaar zijn. Flexibiliteit en het inspelen op nieuwe kansen en nieuwe inzichten zijn daarbij belangrijk (Bloemen *et al.*, 2018; Van Alphen, 2016). Vanaf 2011 wordt in het Waddengebied gezocht naar innovatieve waterveiligheidsmaatregelen die passen bij adaptief deltamanagement en ook rekening houden met andere belangen. Innovatieve dijkconcepten bleken interessant als adaptatiemaatregel voor het Waddengebied (van Loon-Steensma *et al.*, 2014). Traditionele dijkconcepten zijn qua hoogte, taludhelling en bekleding ontworpen om zo efficiënt mogelijk aan de waterveiligheidseisen te voldoen. Innovatieve dijkconcepten hebben een ander ontwerpprofiel of waterkeringsprincipe en kunnen soms meerwaarde bieden omdat ze beter in



het landschap passen, nieuwe kansen bieden voor het Waddengebied, beter tegemoet komen aan de internationale status van de Waddenzee als belangrijk natuurgebied of robuuster zijn en daarmee beter beschermen tegen de effecten van klimaatverandering. Om zicht te krijgen op de meest kansrijke dijkconcepten is begonnen met het maken van een longlist van alle mogelijke dijkconcepten. Samen met de Noordelijke waterschappen is, op basis van de belangrijkste kenmerken en hun effecten op de omgeving, gekeken hoe deze dijkconcepten scoren op de criteria in de vergelijkingssystematiek van het Deltaprogramma. Vervolgens werd, op basis van de belangrijke criteria voor het Waddengebied (veiligheid, effecten en kansen voor andere functies en waarden, uitvoerbaarheid en financiering) de volgende shortlist van geschikte innovatieve dijkconcepten opgesteld:

- Rijke dijk: een traditionele dijk met een voor vissen, vogels of schelpdieren aantrekkelijke bekleding of bestorting (bijvoorbeeld een palenbos of getijdenpoelen);
- Overslagbestendige dijk;
- Een robuuste Deltadijk of Multifunctionele kering (bijvoorbeeld met windmolens);
- Parallele kering via een extra dijk landwaarts of een voorlandkering;
- Dijk met een kweldervoorland;
- Brede groene dijk.

In 2013 startte het Hoogwaterbeschermingsprogramma (HWBP), dat tot doel heeft dat in 2050 alle primaire keringen in Nederland op een sobere en doelmatige wijze

zijn versterkt, zodat deze voldoen aan de wettelijke normen zoals vastgelegd in de Waterwet. In het programma is een belangrijke rol weggelegd voor kennisontwikkeling en innovatie. In dat kader hebben de waterschappen Noorderzijlvest en Hunze en Aa's in de projectoverstijgende verkenning (POV) Waddenzeedijken de toepasbaarheid van de Brede groene dijk en de Dubbele dijk (figuur 2) voor de Eems-Dollard verder verkend (www.pov-waddenzeedijken.nl).

Bij de Brede groene dijk wordt rekening gehouden met de golfremmende werking van de voorliggende kwelder en is sprake van een flauwere taludhelling. Daarbij wordt, in plaats van een harde bekleding op het buitentalud, een grasmat met kleibekleding toegepast. De erosiebestendigheid van deze bekleding wordt geborgd door een dikkere kleilaag en een flauwere taludhelling (1:7 in plaats van de gebruikelijke 1:3-5). Dit levert tevens een extra golfremmend effect op.

Bij de Dubbele dijk wordt aan de landzijde van de bestaande zeedijk een nieuwe achterliggende dijk aangelegd. Beide dijken samen vormen de primaire waterkering, waarbij de kans op falen van de achterliggende kering, gegeven de kans op schade aan de voorliggende, wordt meegenomen. In het tussenliggende gebied kan via een getijdenduiker zeewater worden ingelaten en is er ruimte voor andere gebruiksfuncties zoals zilte teelt, natuur en kleiwinning. Interessant is dat de nieuwe achterliggende dijk wordt aangelegd op de plaats waar vroeger een zogenaamde 'slaaperdijk' aanwezig was (M. Schroor, persoonlijke mededeling).

Figuur 2 Brede Groene Dijk en Dubbele Dijk.

Figure 2 Wide Green Dike and Parallel Defense.

Meerwaarde van de Brede groene dijk en de Dubbele dijk

Na de kennisontwikkeling rond waterveiligheid vormen pilots de volgende stap naar daadwerkelijke toepassing (Programmabureau Hoogwaterbescherming, 2019). De meerwaarde voor andere beleidsopgaven bleek in deze stap cruciaal. Voor het uitvoeren van pilots, waarin een innovatie in de praktijk wordt getest, is vaak extra financiering nodig, moet een daadwerkelijke locatie worden gevonden en moeten er juridische en administratieve belemmeringen worden overwonnen. In het beschermde Natura 2000 gebied Waddenzee gelden allerlei beperkingen en achter de dijk bevindt zich economisch waardevol landbouwgebied. Daarom is draagvlak vanuit overheidsorganisaties, natuurorganisaties, landeigenaren, bedrijfsleven en bewoners belangrijk. Het Deltaprogramma Waddengebied heeft vanaf 2010 al het fundament gelegd voor een brede en integrale langetermijnvisie op waterveiligheid én verbinding met andere beleidsterreinen en samenwerkingspartners (Deltaprogramma Waddengebied, 2011). Daarbij werd een blik naar de toekomst én naar buiten ontwikkeld: innovatieve dijken zijn vooral kansrijk als ze bij een veranderend klimaat ook op de lange termijn waterveiligheid bieden, een positief effect hebben op de beschermde natuurwaarden in Natura 2000-gebied Waddenzee, kansen bieden voor recreatie én bijdragen aan een duurzame economische ontwikkeling.

Meerwaarde en samenwerking Brede groene dijk
Uit de eerste verkenningen, in opdracht van het Deltaprogramma Waddengebied, kwam vooral het adaptieve karakter van de Brede groene dijk als positief punt naar voren. Zo is verhoging, om de hoogte aan te passen aan de zeespiegelstijging, bij een grasbekte dijk eenvoudiger dan bij een smalle met as-

falt of stenen beklede dijk. Het is ook nog eens goedkoper als daar lokaal beschikbare klei voor wordt gebruikt. Bovendien past een Brede groene dijk beter in het Waddenkustlandschap. Wel vraagt een dergelijke dijk meer ruimte, ten koste van kwelders voor de dijk of landbouwgrond erachter. Als opmaat naar het POV-demonstratieproject Brede groene dijk heeft het waterschap Hunze & Aa's diverse stakeholders - inclusief onderzoekers - betrokken om de meerwaarde van de Brede groene dijk verder te verkennen. Zij brachten diverse werkbezoeken aan Duitsland. De Duitse ervaringen waren overwegend positief: de lokale kleiputten op de aangrenzende kweldervoorlanden in Jadebüßen en Elisabethaußengroden konden snel opslibben door de verbinding met de Waddenzee (Bartholomä et al., 2013). Ook bleek de aanpak in Duitsland uitstekend te passen binnen de Natura 2000-doelstellingen: op beide pilotlocaties had het habitatype Zilte pionierbegroeiingen (H1310) zich hersteld en waren broedplaatsen voor vogels ontstaan.

Het Nederlandse pilotproject Brede groene dijk bestaat uit verschillende fasen: 1) het graven van kleiputten in de kwelder voor de invang van slib (Slibvang Klutenplas), 2) het inrichten van depots voor het rijpen van slib (de kleirijperij) en 3) het aanleggen en testen van een kilometer dijk met dit lokaal gewonnen slib. Net als in Duitsland gaat dit samen met natuurontwikkeling. Hoewel kleiwinning uit het kweldervoorland de aanwezige kwelderhabitats (H1330, H1310 en H1320) aantast (Reitsma et al., 2008), is het ontwerp van de slibvang gericht op het creëren van kansen voor nieuwe natuurwaarden. In de ringvormige kleiput op de kwelder is een eilandje aangelegd waar kluten ongestoord kunnen broeden en waar na natuurlijke opslibbing nieuwe pioniervegetatie kan ontstaan. Zo wordt ervaring opgedaan met de impact van directe kleiwinning uit de kwelder op de natuurwaarden

in de Waddenzee. In dat kader wordt de opslibbing in de kleiput (klutenplas) nauwlettend gemonitord (Esselink et al., 2019). Daarnaast is de Brede groene dijk via de kleirijperij verbonden met de waterkwaliteitsopgaven in het Eems-Dollard-estuarium (zie Haarman, dit nummer). In een proefopstelling wordt onderzocht hoe baggerslib geschikt gemaakt kan worden als bouw materiaal voor de dijk. Als het inderdaad geschikt blijkt voor dijkversterking is de intentie om ook het resterende dijkvak langs de Dollard te versterken met slib uit het Eems-Dollard-estuarium (www.ecoshape.nl). In een evaluatie van het pilotproject Brede groene dijk stelt Riemersma (2019) dat de koppeling van het innovatieve dijkconcept met het slibprobleem van de Dollard heeft gezorgd voor een hoger en gemeenschappelijk doel waaraan partijen graag hun medewerking verlenen: juist deze koppeling en de inbedding van het pilotproject binnen het programma ED2050 en de aanleg van het broedeiland zijn belangrijk geweest om de eerste twee fasen succesvol te laten verlopen. Zo was vanwege de groene meerwaarde cofinanciering beschikbaar vanuit het Waddenfonds. Maar ook het zorgvuldig geregisseerde gebieds- en ontwerpproces waren belangrijk voor het succes. Het integraal projectmanagementteam onderhield nauw contact met alle regie-, beleids- en adviesgroepen en alle belangrijke stakeholders kregen een plek in de diverse adviesgroepen. Bovendien waren er middelen beschikbaar voor compensatie van de grondeigenaren. Ook stelt Riemersma (2019) dat de koppeling van de dijkversterking met natuur en waterkwaliteit en de brede blik op ecosysteemniveau ervoor hebben gezorgd dat de benodigde vergunningen en ontheffing van de Wet natuurbescherming voor de eerste twee fasen (kleiputten in de kwelder en het inrichten van depots voor het rijpen van slib) tijdig zijn verkregen. Het inzicht in het complexe proces van vergunbaarheid van innovaties in en langs beschermd Natura 2000-gebied dat dit heeft

opgeleverd kan worden gezien als een procesinnovatie (Riemersma, 2019). Voor fase 3, de aanleg van een kilometer lange Brede groene dijk, gepland voor 2021, zijn echter nog geen vergunningen en ontheffingen verleend. Belangrijke aandachtspunten bij het verder opschalen van de Brede groene dijk en de tijdelijke kleiwinning uit het kweldervoorland zijn het ruimtebeslag voor kleirijping en de compensatie voor verlies aan beschermd habitat.

Meerwaarde en samenwerking Dubbele dijk

De Dubbele dijk, waarin getij wordt toegelaten, zou nieuwe economische kansen kunnen bieden voor zilte landbouw of voor natuur. De provincie Groningen nam het initiatief voor een haalbaarheidsstudie naar dit innovatieve dijkconcept tussen Eemshaven en Delfzijl. Een belangrijke vraag was of dit systeem kan worden beoordeeld op waterveiligheid (Van Meurs & Kieftenburg, 2014). Hoewel onder meer Jongejan (2016) manieren beschrijft waarop een Dubbele dijk op waterveiligheid kan worden beoordeeld, zijn er nog steeds vragen over onder andere de impact van de faalkans en de dimensies van de getijdenduiker in de buitenste kering op de veiligheid in het achterland. Uit een studie naar de economische en ecologische perspectieven van een Dubbele dijk langs de Eems-Dollard (Kwakernaak & Lenselink, 2015) kwam naar voren dat meerwaarde voor de biodiversiteit kan worden gecreëerd met een geleidelijke overgang van zoet-brak-zout water (belangrijk voor de migratie van diadrome trekvis en wadvogels) en dat er economische kansen zijn voor aquacultuur (met name kokkels), zilte teelt en slibwinning. Ook benoemen Kwakernaak & Lenselink (2015) het vermogen tot natuurlijke adaptatie als meerwaarde: door het toelaten van het getij kan het tussengebied als slibinvang werken en zo, de zeespiegelstijging volgend, natuurlijk ophogen. Waterschap Noorderzijlvest neemt de uitkomsten van de studies

mee bij de uitwerking van de dijkversterkingsplannen. Inmiddels is de dijk langs het Eems-Dollard-estuarium versterkt en voldoet aan de normen. Ook de achterliggende dijk is gereed. De provincie Groningen is nog bezig om de dimensies van de duikers en de inrichting van het tussengebied zodanig te ontwerpen dat een veilig dubbele dijksysteem ontstaat dat ruimte geeft aan zoveel mogelijke andere functies. De provincie moet dit ontwerp ter goedkeuring voorleggen aan het waterschap. De provincie Groningen heeft het hele gebied tussen de dubbele dijken voor twintig jaar gepacht en voorbereid voor de nieuwe functies. Na deze periode moet het gebied in principe weer in oude staat worden opgeleverd. Hoewel verkenningen laten zien dat zilte teelt of aquacultuur economisch meer rendabel is dan traditionele akkerbouw, is er op het moment van schrijven van dit artikel nog geen exploitant gevonden die het hele gebied grootschalig wil uitbaten. Wel is er veel belangstelling voor meer kleinschalige experimenten gericht op kennisontwikkeling. Daarom is besloten om het gebied tussen de dijken beschikbaar te stellen voor kleinschalige proeven en voor onderwijs.

Langetermijnperspectief innovatieve dijken

De pilots voor de innovatieve dijken worden uitgevoerd binnen het HWBP. Dat betekent dat ze moeten voldoen aan de wettelijke normen zoals die zijn vastgelegd in de Waterwet en dat ze gebaseerd moeten zijn op de KNMI'14 scenario's. Nieuwe klimaatscenario's waarschuwen echter voor snellere zeespiegelstijging dan verwacht (DeConto & Pollard, 2016; Le Bars *et al.*, 2017). Een studie van Vermeersen *et al.* (2018) naar de effecten van snellere klimaatverandering op de Waddenzee laat zien dat vooralsnog geen sprake is van versnelling in zeespiegelstijging, maar dat dit in de toekomst wel valt te verwachten. Dit houdt in dat de dijken met een steeds ho-

gere frequentie versterkt zullen moeten worden om aan de veiligheidsnormen te voldoen. Waarschijnlijk zal in de toekomst daarom nog een meerwaarde van de huidige pilots met de innovatieve dijken aan het licht komen: kennisontwikkeling over en ervaring met het adaptief en duurzaam versterken van (verschillende typen) dijken. Volgens een modelmatige verkenning van Marijnissen *et al.* (2020) zal, afhankelijk van de toegepaste zeespiegelscenario's en de gesimuleerde sedimentatieprocessen, de kleiput in de kwelder na het 'oogsten' van de klei na 11-50 jaar opnieuw gevuld zijn met klei. Geschat wordt dat voor het versterken in 2050 van 1 km dijk een kleiput nodig is van 4,6 tot 9,4 ha (Marijnissen *et al.*, 2020). Mocht de opslibbing van de zand- en slibplaten en de kwelders de zeespiegelstijging niet meer bij kunnen houden (Wang *et al.*, 2018), dan neemt de golfdempende werking van de Waddenzee af. Deze verandering in hydraulische omstandigheden zal tot een extra waterveiligheidsopgave leiden, en ook de mogelijkheden voor kleiwinning uit het kweldervoorland beïnvloeden. Dubbele dijksystemen die natuurlijk ophogen en slib invangen ten behoeve van bouw materiaal voor dijkversterking worden dan nog interessanter als langetermijnwaterveiligheidsmaatregelen (Van Loon-Steensma *et al.*, 2020). In het brede, overslagbestendige tussengebied is ruimte voor verschillende functies (figuur 3). Voor het ontwikkelen van adaptatiepaden naar zo'n breed dijkenlandschap is het belangrijk om waterveiligheid onder snelle zeespiegelstijging te verbinden met andere vraagstukken en ontwikkelingen. Dankzij de huidige innovatieve en traditionele dijkversterkingen is de veiligheid van de Waddenkust op orde. Dit geeft ruimte en tijd om vanuit diverse beleidsgebieden vooruit te denken en te experimenteren met nieuwe dijkconcepten, het invangen van waardevol bouw materiaal voor dijken en nieuwe economische functies.

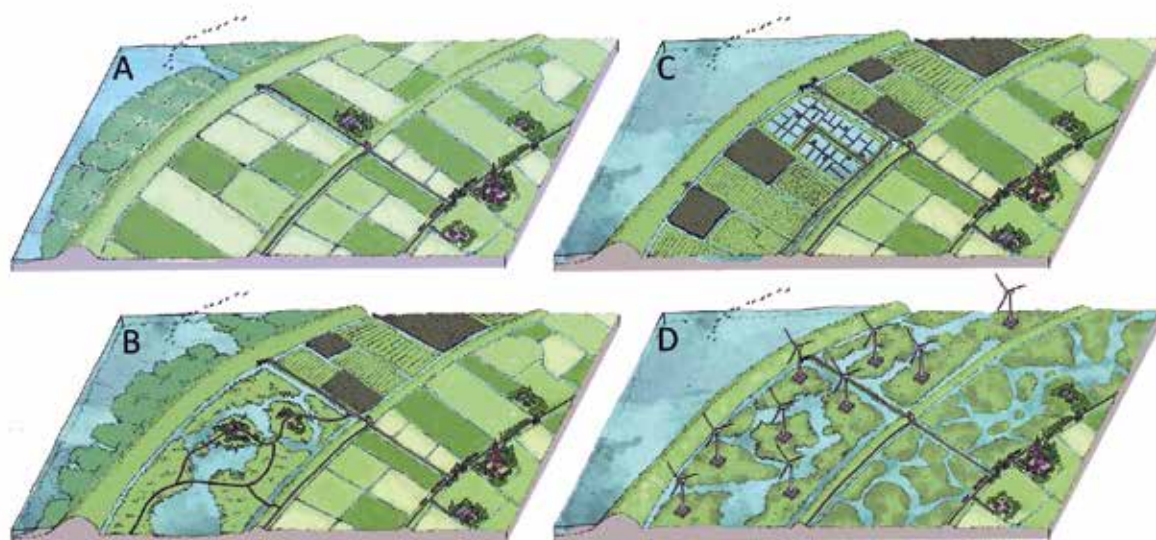
Conclusie

In het verleden bleken overstromingsrampen vaak aanleiding voor innovatie in waterveiligheidsbeleid en -maatregelen, maar langs het Eems-Dollard-estuarium vormt de waterveiligheidsopgave voortvloeiend uit de voorziene zeespiegelstijging en nieuwe waterveiligheidsnormen aanleiding voor innovatie. Het Deltaprogramma Waddengebied speelde een belangrijke initiërende rol bij het zoeken naar innovatieve waterveiligheidsmaatregelen die passen bij adaptief deltamanagement en die ook rekening houden met andere belangen. Maar de ruimte en financiering voor het verder verkennen en daadwerkelijk implementeren van innovatieve dijkconcepten kwam uiteindelijk vanuit het HWBP.

Zowel de Brede groene dijk als de Dubbele dijk moeten voldoen aan de waterveiligheidsnormen. De Brede groene dijk wordt door het waterschap aangelegd. Er is in de

afgelopen jaren veel kennis opgedaan met de golfremmende werking van voorlanden en de erosiebestendigheid van klei en grasbekleding. In het ontwerp van de Brede groene dijk wordt expliciet rekening gehouden met deze golfremmende werking van de voorliggende kwelders en met de erosiebestendigheid van de grasbekleding op het flauwe talud.

Bij een Dubbele dijk vormen beide dijken samen de waterkering, maar er zijn nog steeds vragen rond de impact van de faalkans en de dimensies van de getijdenduiker op de veiligheid in het achterland. Inmiddels is de zeewaartse dijk door het waterschap versterkt en deze dijk voldoet (als enkele dijk) aan de waterveiligheidsnormen. Ook de achterliggende dijk is gereed. Het tussengebied is nog niet met de zee verbonden, en het uiteindelijke ontwerp van de duikers en het tussengebied moet ter goedkeuring worden voorgelegd aan het waterschap.



Figuur 3 Visuele impressies van dubbele dijk-landschappen met diverse functies in het tussendijkse gebied: A. traditionele landbouwfunctie in het gebied tussen de dijk en slaperdijken; B. natuur, recreatie en zilte landbouw in het onder getijwerking staande gebied tussen zeewaartse en achterliggende kering, met traditionele landbouw tussen de slaperdijken; C. zilte landbouw en aquacultuur in het onder getijwerking staande gebied tussen de zeewaartse en achterliggende kering, met traditionele landbouw tussen de slaperdijken; D. zilte natuur en energiefunctie in het onder getijwerking staande gebied tussen de zeewaartse en achterliggende kering en natuur en waterberging in het gebied tussen de slaperdijken. (Bron: Van Loon-Steensma et al., 2020).

Figure 3 Artist impression of coastal landscapes with parallel defenses: A. traditional agriculture in the hinterland; B. saline nature and agriculture, and recreation in the area (under tidal influence) between parallel defenses; C. saline agriculture and aquaculture in the area (under tidal influence) between parallel defenses; D. saline nature and energy production in the area (under tidal influence) between parallel defenses and freshwater retention in the hinterland. (Source: Van Loon-Steensma et al., 2020).

Uit de ervaringen in het Eems-Dollardgebied blijkt dat implementatie van innovatieve dijken ook vraagt om innovaties in samenwerking, het omgaan met regelgeving en het bundelen van financieringsstromen. Zo is het gebruik van slib uit de Eems-Dollard als bouw materiaal voor de Brede groene dijk een daadwerkelijke maatregel om slib uit het systeem te onttrekken en daarmee de waterkwaliteit te verbeteren. Deze verbinding heeft gezorgd dat - na een zorgvuldig op samenwerking gericht proces - het Brede groene dijk-pilotproject in het programma ED2050 is ingepast en er additionele financiering beschikbaar kwam. Om draagvlak vanuit natuurorganisaties te krijgen en juridische belemmeringen vanuit Natura 2000 te overkomen was het belangrijk om breder te kijken naar de meerwaarde op ecosysteemniveau. Bij de Dubbele dijk lijken de meerwaarde en de verbinding met andere beleidsopgaven zelfs doorslaggevend

voor de daadwerkelijke aanleg. De bestaande zeewaartse dijk is inmiddels versterkt en voldoet aan de waterveiligheidsnormen. De achterliggende kering biedt een kans om via kleinschalige experimenten kennis te ontwikkelen over zilte landbouw, natuurontwikkeling en opslibbing in een tussendijs gebied en daarbij om via monitoring kennis te ontwikkelen over de waterveiligheid van het Dubbele dijk-concept.

In een veranderend klimaat waarbij de zeespiegel sneller gaat stijgen krijgen de huidige pilots met de innovatieve dijken nog meer waarde. Met deze pilots wordt kennis ontwikkeld en ervaring opgedaan met het adaptief en duurzaam versterken van verschillende typen dijken die passen in verschillende klimaatadaptatiepaden. De innovatieve dijkconcepten van nu dragen zo bij aan de flexibiliteit van toekomstige waterveiligheidsmaatregelen.

Summary

Innovative dike concepts - Water safety as a catalyst for innovation in the Ems-Dollard area

Jantsje van Loon-Steensma & Harry Schelfhout

Innovative dike concepts, Ems-Dollard estuary, water safety, nature, clay

There are currently several innovative dike concepts implemented along the Ems-Dollard estuary. This includes the Wide Green Dike and the Parallel Defense concepts. A Wide Green Dike has a grass covered mildly sloping seaward face. The clay needed for the Wide Green Dike is extracted from a clay pit in the adjacent salt marsh. The Parallel Defense concept consists of a system of a parallel dike landward of the existing seaward dike with

a zone between these two dikes that is exposed to tidal impacts through a culvert. Both the Wide Green Dike and the Parallel Defense must comply with the strict Dutch safety standards. Although the Delta Program Wadden region played an important initiating role in the search for innovations, it was the Dutch Flood Protection Program that facilitated the exploration and implementation by providing funding. Furthermore, the co-benefits for other functions, alignment with the water quality policy, and collaboration with a range of stakeholders ensured that both pilots received additional funding and that legal hurdles were overcome. It is expected that in a changing climate with increasing sea-levels, the current pilots are gaining even more value, because of the developed knowledge and experience with adaptive and sustainable dike reinforcement.

Literatuur

- Bartholomä, A., T. Dittmann, K.M. Exo, et al. (eds.), 2013.** Developments of a clay mining pit after clay extraction. Opportunities and risks of clay mining in salt marshes [in German]. III. Jever. Oldenburgischer Deichband, with the University of Oldenburg, the Institute for Bird Research and the Wadden Sea National Park of Lower Saxony.
- Bloemen, P., T. Reeder, C. Zevenbergen et al., 2018.** Lessons learned from applying adaptation pathways in flood risk management and challenges for the further development of this approach. *Mitigation and Adaptation Strategies Global Change* 23(7): 1083-1108. doi.org/10.1007/s11027-017-9773-9.
- DeConto, R. & D. Pollard, 2016.** Contribution of Antarctica to past and future sea-level rise. *Nature* 531: 591-597.
- Deltacommissie, 2008.** Samen werken met water: een land dat leeft, bouwt aan zijn toekomst. bevindingen van de Deltacommissie 2008. Rotterdam. Deltacommissie.
- Deltaprogramma Waddengebied, 2011.** Deltaprogramma 2012. Probleemanalyse Waddengebied. Den Haag. Deltaprogramma Waddengebied.
- Esselink P., K. Elschot, M. Tolman et al., 2019.** Monitoring Demonstratieproject Brede Groene Dijk (fase 1 en 2): vervolgmonitoring ontwateringsstelsel, kwelderafslag, opslibbing en vegetatie (2018). PUCCIMAR-rapport 18.
- Jongejan, R., 2016.** Advies dubbele dijk Noorderzijlvest. Kennisplatform Risicobenadering.
- Kwakernaak, C. & G. Lenselink, 2015.** Economische en ecologische perspectieven van een dubbele dijk langs de Eems-Dollard. Wageningen/Delft. Alterra-rapport 2635, Deltares-rapport 1209046.000.BGS.0009
- Le Bars, D., S. Drijfhout, S. & H. De Vries, 2017.** A high-end sea level rise probabilistic projection including rapid Antarctic ice sheet mass loss. *Environmental Research Letters* 12(4): 044013.
- Marijnissen, R., P. Esselink, M. Kok et al., 2020.** How natural processes contribute to flood protection - A sustainable adaptation scheme for a wide green dike. *Science of the Total Environment*. doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.139698.
- Min VenW, Min LNV & Min VROM, 2010.** Deltaprogramma 2011. Werk aan de delta. Investeren in een veilig en aantrekkelijk Nederland, nu en morgen. Den Haag. Ministerie van Verkeer en Waterstaat, Ministerie van Landbouw Natuur en Voedselkwaliteit, Ministerie van Volkshuisvesting Ruimtelijke Ordening en Milieu.
- Programmabureau Hoogwaterbescherming, 2019.** Kennis & Innovatieagenda HWBP. Utrecht.
- Reitsma, J.M., G. Hoefsloot & L.S.A. Anema, 2008.** Toelichting bij de vegetatiekartering Dollard & Punt van Reide 2006. Delft. Bureau Waardenburg, in opdracht van Rijkswaterstaat & Rijksinstituut voor Kust en Zee. DID-2008-DSPW-010.
- Riemersma, P. 2019.** Evaluatie vergunningen- en gebiedsproces demonstratieproject Brede Groene Dijk (fase 1 en 2). SWECO.
- Rijkswaterstaat, 2017.** Ontwerpinstrumentarium 2017. Handreiking ontwerpen met overstromingskansen. Veiligheidsfactoren en belastingen bij nieuwe overstromingskansnormen. Rijkswaterstaat, Ministerie van Infrastructuur en Milieu.
- Van Alphen, J., 2016.** The Delta Programme and updated flood risk management policies in the Netherlands. *Journal of Flood Risk Management* 9: 310-319.
- Van Loon-Steensma, J.M., M.B. de Vries, T.J. Bouma et al., 2020.** Weerbare Waddenkust. Aanzet tot een conceptueel raamwerk en beslisregels voor een lange termijn handelingsperspectief waterveiligheid en landgebruik bij extreme zeespiegelstijging. Waddenacademie, position paper 2020-07.
- Van Loon-Steensma, J.M., H.A. Schelfhout, T. Van Hattum et al., 2014.** Innovatieve dijken als strategie voor een veilig en aantrekkelijk waddengebied. Samenvatting onderzoek naar innovatieve dijken. Deltaprogramma Waddengebied. Wageningen. Alterra-rapport 2535.
- Van Meurs, G.A.M. & A.T.M.M. Kieftenburg, 2014.** Dubbele dijken, een verkenning voor Eemshaven-Delfzijl. Beoordeling van de toetsbaarheid. Delft. Deltares, Deltares-rapport 1209152-003
- Vermeersen, B.L.A., A.B.A. Slangen, T. Gerkema et al., 2018.** Sea-level change in the Dutch Wadden Sea. *Netherlands Journal of Geosciences - Geologie en Mijnbouw* 97(3): 79-127.
- Wang, Z.B., E.P.L. Elias, A.J.F. Van der Spek et al., 2018.** Sediment budget and morphological development of the Dutch Wadden Sea: impact of accelerated sea-level rise and subsidence until 2100. *Netherlands Journal of Geosciences - Geologie en Mijnbouw* 97(3): 183-214.