Foto Jilmer Postma



Dijk met schorren langs de Westerschelde

AUTEURS



Vincent Vuik
(TU Delft, HKV)



Bas Jonkman
(TU Delft)



Pim W.J.M. Willemsen
(Universiteit Twente, NIOZ, Deltares)



Bas W. Borsje
(Universiteit Twente)



Stephanie K.H. Janssen
(TU Delft, Deltares)



Leon M. Hermans
(TU Delft),



Tjeerd J. Bouma
(NIOZ, Universiteit Utrecht)

VOORLANDEN VOOR HOOGWATERBESCHERMING

In Nederland zijn honderden kilometers aan waterkering toe aan versterking. De aanleg van begroeide vooroevers, zoals schorren en kwelders, is een mogelijkheid om de belasting op dijken te verminderen. Daarmee dalen overstromingsrisico's en gaan natuurwaarden omhoog.

Waterkeringen die gebruik maken van natuurlijke dynamiek vereisen een andere manier van ontwerpen, toetsen en beheren dan traditionele waterkeringen. Dit artikel beschrijft deze innovatie vanuit het perspectief van waterbouwkunde, morfologie, ecologie en bestuurlijke implementatie (afbeelding 1).

Geïntegreerde beoordeling

Een dijk met een voorland hoeft in principe minder hoog en sterk te zijn. Om dit te kwantificeren, is multidisciplinair onderzoek nodig. Dit heeft vorm gekregen binnen het onderzoeksproject BE SAFE (Bio Engineering for Safety).

Waterveiligheid

In het deelonderzoek Waterveiligheid is gerekend aan golfreductie tijdens extreme stormen. Uit rekenmodellen en veldmetingen op schorren in de Westerschelde en kwelders in de Waddenzee blijkt dat voorlanden een golfaanval op een dijk aanzienlijk kunnen verlagen, afhankelijk van de waterdiepte, voorlandbreedte en de vegetatie.
De vraag is vervolgens of golfdemping ook optreedt tijdens zeer extreme stormen, en of de vegetatie intact blijft. Uit berekeningen bleek dat vegetaties in grote wateren als de Westerschelde en Waddenzee grotendeels zullen afbreken tijdens stormen waar dijken op zijn ontworpen. Dit doet de golfdemping niet teniet, maar beperkt deze wel tot het effect van de hoog opgeslibde bodem met een ruw, stoppelig oppervlak met restanten van vegetatie.



Afbeelding 1. Begroeide voorlanden: processen en functies (Bron: Jeroen Helmer / ARK Nature)

Voorlanden: minder overstromings-risico's 8

Tenslotte zijn methoden ontwikkeld om in te schatten hoeveel een voorland kan bijdragen aan de verlaging van de kans op een dijkdoorbraak door golfklappen en golfoverslag, zowel op korte als lange termijn. Varianten met voorlanden blijken deze faalkans te verlagen, en ze zijn onder voorwaarden kosten-effectiever dan traditionele dijkverhoging of aanleg van een harde bekleding. Ook maakt een voorland de kans kleiner dat de dijk bezwijkt door piping of afschuiven van het buitentalud.

Biogeomorfologie

Het deelonderzoek Biogeomorfologie onderzoekt variaties in voorlandkarakteristieken, zoals schorbreedte, bodemhoogte en begroeiing, en de gevolgen daarvan voor golfdemping. De lange-termijn variaties zijn onderzocht middels analyse van historische data over een periode van 60 à 70 jaar, wat de typische levensduur van dijkversterkingsprojecten afdekt. Daarnaast is middels veldmetingen gekeken hoe vooroevers zich houden op een termijn van een jaar. Veel voorlanden bestaan uit een hoog gelegen schor tegen de dijk aan, en lager gelegen onbegroeide slikken verder van de dijk af. Het schor levert de grootste bijdrage aan golfdemping richting de dijk. Variaties van golfdemping in ruimte en tijd zijn voornamelijk het gevolg van verschuiving van de vegetatierand tussen schor en slik. Deze verschuiving is afhankelijk van de stress veroorzaakt door inundatietijd en erosie en sedimentatie. Als erosie en sedimentatie beperkt zijn, kunnen jonge planten een langere inundatieduur verdragen. Is de bodemdynamiek hoog, dan kunnen de planten slechter tegen inundatie. Op een tijdschaal van seizoenen is de bodemdynamiek van groter belang voor de overleving van jonge kwelderplanten dan de directe invloed van golven.

Ecologie

In het deelonderzoek Ecologie zijn 3 typen vragen onderzocht: i) de betrouwbaarheid van voorlandoplossingen voor kustbescherming, ii) de natuurlijke dynamiek van voorlanden en iii) de compatibiliteit van natuurdoelen met veiligheidsdoelen.
Analyse van historische stormen (1717, 1953) toont aan dat voorlanden bijdragen aan waterveiligheid doordat zij de kans op bresvorming verkleinen en bresdimensies beperken.
Daarnaast is de sterkte van verschillende plantensoorten gemeten, om daarmee hun golfdempende werking en het moment van afbreken te kunnen voorspellen. Hierbij zijn metingen gedaan langs zowel een successiegradiënt (van laag naar hoog schor) als langs een zoutgradiënt (van zoute naar zoete voorlanden). Verschillen tussen soorten bleken vele malen groter dan verschillen over de seizoenen.
Om de natuurlijke dynamiek van voorlanden te begrijpen en voorlanden succesvol te kunnen aanleggen, zijn voor verschillende pioniersoorten de kritische vestigingsvoorwaarden onderzocht, en is gekeken naar afkalving van voorlanden. Soortverschillen bleken grote verschillen in voorlanddynamiek te veroorzaken: sommige plantensoorten zorgen langdurig voor een stabiele voorlandbreedte, terwijl bij andere soorten de voorlandbreedte cyclisch groeit en krimpt, op een tijdschaal van ca. 60 jaar.

Governance

In het Governance deelonderzoek is gekeken naar afwegingen van besluitvormers bij het implementeren van natuurlijke oplossingen voor waterveiligheid. In zo'n benadering worden meerdere functies gecombineerd, waardoor meerdere partijen betrokken zijn bij de besluitvorming. Hoewel voorlanden bijdragen aan waterveiligheid, en dijkbeheerders bovendien verplicht zijn voorlanden mee te nemen en afspraken te

	Voorlandoplossing	Dijkversterking
Benodigde ingreep	Aanleg, monitoring, en voortdurend onderhoud van kwelderwerken, of sedimentsuppletie (bij voorkeur uit uitgebaggerde geulen).	Verhogen van de dijk, verbreden aan weerszijden, vervangen gras, asfalt en steenzetting.
Kosten over levensduur	Kwelderwerken: 2-4 M€ per km Suppletie voorland: 2-4 M€ per km (Vuik et al. 2019)	Dijkverhoging: 5-15 M€ per meter verhoging per km dijk, exclusief onderhoud. (Vuik et al. 2019)
Effect op veiligheid	Effect normale kwelders vergelijkbaar met 0,5 m dijkhoogte. Bij kwelder-werken duurt dit tientallen jaren. Grasbekleding op dijk volstaat.	Direct en groot effect op golfoverslag. Asfaltbekleding op dijk nodig.
Beheer en onderhoud	Gezamenlijk beheer en onderhoud. Gebruik maken van elkaars middelen en mogelijkheden en meerdere belangen dienen. Adaptief werken.	Beheer en onderhoud van de dijk alleen. Geen verdere afstemming met voorlandbeheerders en -gebruikers.
Overige baten	Bijdrage aan natuurwaarde, recreatie en gebiedskwaliteit, mogelijkheid voor verpachten buitendijks land.	Geen toegevoegde waarde
Governance	Oplossingen gezamenlijk bedenken en ontwerpen. Zoeken naar de 'win-win'.	Oplossingen vanuit veiligheid bedenken en ontwerpen.

Vergelijking van de voorlandoplossing met een reguliere dijkversterking.

maken met gebruikers van aangrenzend areaal, ontstaan dijk-voorland coalities niet vanzelf. Verschillen in belangen en verantwoordelijkheden en historische factoren bemoeilijken de samenwerking.
Waarom werd wel of niet voor een integrale natuurlijke oplossing gekozen bij de Zandmotor, of bij de dijkversterkingsprojecten Markermeerdijken en Afsluitdijk? Speltheoretische modellen van dergelijke projecten laten zien dat de institutionele context grotendeels het uiteindelijke ontwerp bepaalt. Een multifunctionele pilot biedt meer ruimte voor natuurlijke oplossingen dan een regulier waterveiligheidsproject. Daarnaast blijkt dat hoe meer het natuurlijk alternatief beantwoordt aan de waterveiligheidsdoelen, des te groter de kans is op implementatie.
Om besluitvormers te ondersteunen, is deze speltheoretische benadering toepasbaar gemaakt middels de tool 'Meerwaarde van Samenwerking'. Het onderliggend argument is dat spelers alleen samenwerken als dit hun meer oplevert dan de huidige strategie van niet-samenwerken. Partijen leren wat ze alleen kunnen bereiken en wat ze kunnen bereiken door samenwerken. Het levert inzicht in ieders belangen en draagt bij aan het ontwikkelen van een gezamenlijk toekomstperspectief en daadwerkelijke implementatie.

Voorlandoplossingen bij Koehool-Lauwersmeer

Voor het traject Koehool-Lauwersmeer in Friesland is onderzocht of een voorlandoplossing een goed alternatief is voor de dijkversterking. De bekleding en stabiliteit van dit dijktraject voldoen niet meer en de dijk is afgekeurd. In totaal zou de kering over een lengte van 47 kilometer moeten worden versterkt en de kosten zijn geraamd op meer dan 300 miljoen euro. Op meerdere plekken langs de dijk zijn reeds kwelders aanwezig, of is het mogelijk voorlanden op natuurlijke wijze te ontwikkelen.
Het BE SAFE team heeft verkend wat een voorlandoplossing kan bijdragen aan de veiligheid. Ook is met betrokken partijen (dijk- en natuurbeheerders, landbouwers en overheden) nagedacht over realisatie en beheer.
Het lijkt technisch goed mogelijk een kwelder voor de dijk aan te leggen. Een nog openstaande vraag is hoe om te gaan met verandering van natuur: wat win en verlies je als je slik omzet in kwelder. Ecologisch gezien zou kwelderontwikkeling aan de binnenzijde van de dijk interessant zijn, door het inlaten van getij en de aanleg van een tweede dijk, omdat hiermee geen wadplaten verloren gaan. Kostentechnisch is dit echter minder aantrekkelijk dan het verkwelderen van een buitendijks slik.
Veldmetingen door BE SAFE toonden aan, dat de golven bij de dijk tijdens stormen veel lager zijn met kwelders dan met onbegroeide slikken. Faalkansberekeningen laten zien dat een begroeid voorland een tot ca. 0,5 m lagere Waddenzeedijk mogelijk maakt.

Vooral de golfbelastingen op de dijkbekleding van gras, asfalt en steenzettingen dalen sterk (tot wel 50%); dit is veelal het duurste onderdeel van de dijk. BE SAFE en de Projectoverstijgende Verkenning (POV) Waddenzeedijken hebben gewerkt aan de samenwerking tussen partijen op en rond het voorland 'Noard-Fryslân Bûtendyks' (4200 hectare) voor de te versterken dijk. Vijf partijen (Wetterskip Fryslân, It Fryske Gea, gemeente Nordeast Fryslân, pachters en Rijkswaterstaat) hebben oplossingen ontwikkeld met draagvlak bij alle partijen. Een van de onderzochte thema's is vernatting van zomerpolders op de kwelders, wat zowel de waterveiligheid, de pachters als natuurbelangen raakt, en waar gezamenlijk optrekken kan leiden tot winst voor alle partijen.
De effecten, kosten en baten van een voorlandoplossing zijn vergeleken met een reguliere dijkversterking bestaande uit verhoging en verbreding van de dijk en vervanging van de dijkbekleding – zie de tabel).

Afsluiting

Voorlanden kunnen een kosteneffectieve oplossingsrichting zijn voor meer waterveiligheid, met ecologische en landschappelijke meerwaarde. Onder de juiste omstandigheden kunnen ze bovendien meegroeien met de zeespiegel, wat ze aantrekkelijk maakt voor klimaat¬adaptatie. Een multidisciplinaire aanpak is nodig om dit type maatregel te implementeren. Ecologische en morfologische processen interacteren en bepalen de mate waarin het voorland golfbelastingen op de dijk omlaag kan brengen. Voorlandoplossingen voor waterveiligheid bieden meerwaarde voor ecologie, recreatie en ruimtelijke kwaliteit. Tegelijk zijn nieuwe samenwerkings- en financieringsvormen nodig voor realisatie. Concreet liggen er in Nederland kansen om dergelijke oplossingen toe te passen langs de Waddenkust, in Zeeland en rond het IJsselmeer en Markermeer. Daarnaast kunnen voorlanden en hun vegetatie een bijdrage leveren aan de veiligheid van rivierdijken waarvoor golfaanval relevant is.
Tot slot kunnen de in dit project ontwikkelde methoden ook internationaal bijdragen aan het ontwikkelen van innovatieve natuurlijke strategieën. Op veel plekken in de wereld spelen (of speelden) ecosystemen als wetlands en mangroves (Afbeelding 2) een belangrijke rol bij de kustverdediging.

Vincent Vuik (*TU Delft, HKV*),
Bas Jonkman (*TU Delft*),
Pim W.J.M. Willemsen (*Universiteit Twente, NIOZ, Deltares*),
Bas W. Borsje (*Universiteit Twente*),
Stephanie K.H. Janssen (*TU Delft, Deltares*),
Leon M. Hermans (*TU Delft*),
Tjeerd J. Bouma (*NIOZ, Universiteit Utrecht*)

Dankwoord
BE SAFE is gefinancierd door NWO, en werkt met (financiële) steun van Deltares, Boskalis, Van Oord, Rijkswaterstaat, Wereld Natuur Fonds, Hogeschool Zeeland, HKV, Staatsbosbeheer, Natuurmonumenten, It Fryske Gea, Ecoshape, STOWA en HWBP.

Voorlanden: minder overstromingsrisico's

Referenties

Publicaties rond waterveiligheid zijn gebundeld in het volgende proefschrift:
Vuik (2019). Building Safety with Nature: Salt Marshes for Flood Risk Reduction. Technische Universiteit Delft, maart 2019.
Een overzicht van andere publicaties uit BE SAFE is te vinden op **https://www.researchgate.net/project/BE-SAFE**

SAMENVATTING

Aanleg van begroeide voorlanden zoals kwelders en schorren kan een kosteneffectieve maatregel zijn voor het vergroten van de waterveiligheid, met ecologische en maatschappelijke meerwaarde. Voorlanden met kwelders of schorren beschermen een dijk terdege. Voor realisatie zijn nieuwe samenwerkings- en financieringsvormen nodig. Recent onderzoek aan het dijkversterkingsproject Koehool-Lauwersmeer in Friesland biedt aanknopingspunten voor andere projecten in Nederland en daarbuiten.