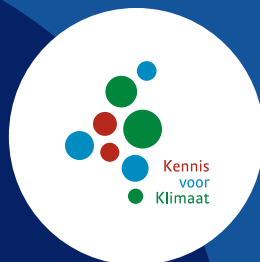


**Kennis voor Klimaat** is een onderzoeksprogramma waarin kennis, instrumenten en diensten zijn ontwikkeld voor het klimaatbestendig maken van Nederland. Een serie van negen boeken geeft in vogelvlucht weer wat de onderzoeken hebben opgeleverd en hoe de kennis kan worden toegepast in de praktijk.

Deel één van de serie is **Klimaat en overstromingen**. Het geeft een andere kijk op het beheersen van de risico's op overstromingen, die binnen Kennis voor Klimaat is ontwikkeld. Deze frisse blik heeft geleid tot vernieuwend onderzoek en verrassende resultaten.



1

# Waterveiligheid Klimaat en overstromingen

Kennis voor Klimaat | Klimaatadaptatie in Nederland

Waterveiligheid

# Klimaat en overstromingen

Waterveiligheid

## Klimaat en overstromingen

Onderzoekers, beleidsmakers en ondernemers werkten in Kennis voor Klimaat samen aan manieren om Nederland klimaatbestendiger te maken. In het thema Waterveiligheid zijn maatregelen bedacht en onderzocht om de risico's van overstromingen te beheersen.

01

**Volledige  
veiligheid is  
niet haalbaar**

pagina 4



02

**Weerstand en  
veerkracht**

pagina 8

03

**Rem de golf**

pagina 16

04

**Bouwen met zand**

pagina 18

05

**Dijken die niet  
bezwijken**

pagina 20

06

**Kan niet  
bestaat niet**

pagina 24

07

**Elders en anders  
bouwen**

pagina 26

08

**Gevolgen van  
overstroming  
beperken**

pagina 32

09

**Lessen uit het  
buitenland**

pagina 34

10

**Opmerkelijk**

pagina 36





“Het denken over waterveiligheid in Nederland verandert langzaam; leven met een zeker risico wordt algemener aanvaard.”

Frans Klijn, consortiumleider Waterveiligheid

# 01 Volledige veiligheid is niet haalbaar

Het consortium Waterveiligheid fungeerde als luis in de pels van het Deltaprogramma. Vernieuwend onderzoek, gecombineerd met een frisse blik, leverde verrassende resultaten op.

Consortiumleider Frans Klijn gebruikt zelf nooit het woord ‘waterveiligheid’. Hij vindt het een te beperkte omschrijving en hanteert liever de term ‘overstromingsrisico’s’, want, zegt hij: “Ten eerste duidt veiligheid alleen op slachtoffers, maar het gaat ook om maatschappelijke ontwrichting en economie. Ten tweede is volledige veiligheid niet haalbaar.” Om die reden is binnen het consortium uitgebreid onderzoek gedaan naar robuustheid. “In het Deltaprogramma draait het vooral om risicoreductie en de kosten daarvan”, zegt Klijn. “Wij hebben aanvullende vragen gesteld, zoals: hoe erg is het als het fout gaat, wat betekent dat voor een bepaald gebied? Kun je de gevolgen zo beperken dat je sneller herstelt? Het onderzoek naar robuustheid toont aan dat dit inderdaad mogelijk is.”

.....  
[Lees meer over robuustheid op pagina 8](#)  
 .....

Eén van de opmerkelijkste onderzoeken van het consortium heeft uitgevoerd, vindt Klijn, is het opvijzelen van panden. “Het blijkt een serieuze mogelijkheid bij dijkverhoging.” Hij merkt dat de onderzoeksresultaten van het consortium langzaam doorsijpelen naar de praktijk, “vooral naar dijkbeheerders en waterschappen.” Bij gesprekken over nieuwbouwplannen langs de Lekdijken stelt het waterschap Rivierland sinds kort als eis dat de woningen aanpasbaar zijn aan eventuele dijkverhoging, bijvoorbeeld door ze opvijzelbaar of verplaatsbaar te maken. “Onze ideeën zingen rond en daarmee hebben we een beetje invloed op de voorkeursstrategieën die gemaakt zijn binnen de Delta-deelprogramma’s”, zegt Klijn. Hij omschrijft die invloed als “kleine duwtjes tegen een mam-

.....  
[Lees meer over het opvijzelen van panden op pagina 24](#)  
 .....

moettanker”, maar: “het toont wel aan dat het denken over waterveiligheid in Nederland langzaam verandert en dat leven met een zeker risico algemener aanvaard wordt.”

### Doorbraakvrije dijken

Klijn is al twintig jaar betrokken bij het programma Ruimte voor de Rivier en hij is trots op de resultaten die daarmee zijn geboekt. “De inspanningen hebben geleid tot werkelijke veranderingen. De rivier heeft weer wat ruimte teruggekregen door dijken te verleggen; dat was vroeger onbespreekbaar.” Nu is het tijd voor een andere transitie, vindt hij: van hoge dijken die het water altijd buiten lijken te houden maar plotseling en onverwacht kunnen bezwijken, naar dijken die niet meer kunnen doorbreken. “Het water stroomt heel soms in kleine hoeveelheden over de dijk, maar de dijk zal niet bezwijken. Rampen ontstaan door het plotseling breken van een dijk, waardoor het water onbeheersbaar een gebied instroomt, met mogelijk veel slachtoffers tot gevolg.”

Volgens Klijn zijn doorbraakvrije dijken het mooiste voorbeeld van de manier waarop zijn consortium de gevolgen van klimaatverandering voor overstromingsrisico's benadert. “Het traditionele denken gaat ervan uit dat er geen water in de polder mag komen. Wij zeggen: je hebt dijken nodig om ervoor te zorgen dat er geen ramp plaatsvindt. En dat moet mogelijk zijn met doorbraakvrije dijken die op een aantrekkelijke manier in het landschap passen. Er zijn nu al wel voorbeelden, maar die zijn nogal lomp omdat ze gemaakt zijn met veel grond die over was, zoals in de Biesbosch en het Munnikenland. Je kunt heel slanke dijken maken, bijvoorbeeld door een paar damwanden te slaan. Dat hoop ik nog mee te maken.”

.....  
 Lees meer over *doorbraakvrije dijken* op [pagina 20](#)  
 .....

.....  
 Foto Haven van Lemmer

“Dankzij Kennis voor Klimaat is er gewerkt aan kennis die van cruciaal belang is om in de Delta te kunnen blijven leven.”

Wim Kuijken, Deltacommissaris



## 02 Weerstand en veerkracht

Hoe hoog moet een dijk zijn? Beleidsmakers en waterbeheerders beantwoorden die vraag meestal op basis van analyses van de risico's en van de kosten en baten. Onderzoek toont aan dat een derde factor van belang is: systeemrobustheid. Beslissingen kunnen hierdoor heel anders uitpakken.

Ondanks een toenemende hoeveelheid kennis over klimaatverandering, blijft onzekerheid over de exacte gevolgen ervan bestaan. Extreme afvoeren van rivierwater zullen waarschijnlijk vaker voorkomen, maar het is de vraag hoe hoog het water zal komen. Hoe hoog een dijk ook is, er bestaat altijd een kans dat het gebied erachter overstroomt tijdens extreme omstandigheden. Die onzekerheid vormde het uitgangspunt voor het onderzoek dat Marjolein Mens uitvoerde naar de systeemrobustheid van de IJsselvallei. Ze vroeg zich af of het meetbaar is in hoeverre een gebied van een eventuele overstroming kan herstellen en welke maatregelen het best zijn om de robuustheid van het gebied te vergroten.

### Onacceptabele schade vermijden

Robuustheid bestaat volgens de onderzoeker uit een combinatie van weerstand en veerkracht. Weerstand is het beschermingsniveau dat de dijken bieden; veerkracht wil zeggen dat de overstromingsschade beperkt blijft en het gebied zich snel kan herstellen. “Denken vanuit robuustheid is niet gestoeld op het vermijden van schade, maar op het vermijden van onacceptabele schade”, zegt Mens. “Bij een robuust systeem gaat het er niet alleen om hoe vaak het mis gaat, maar ook hoe het misgaat. Als een gebied geleidelijk overstroomt, is er meer tijd om maatregelen te treffen. Dat is ook het geval als er minder gebieden tegelijkertijd overstroomt. Robuustheid verkleint de kans op een overstroming die onbeheersbaar is.”

---

“Bij een robuust systeem gaat het er niet alleen om hoe vaak het mis gaat, maar ook hoe het misgaat.”

Marjolein Mens, Deltares

---



Mens nam voor haar onderzoek de IJsselvallei als uitgangspunt, maar bracht op een aantal onderdelen fictieve wijzigingen in het gebied aan om zoveel mogelijk aspecten tegen het licht te kunnen houden. Ze bestudeerde de effecten van doorbraakvrije dijken, reguliere dijkverhoging, compartimentering en diverse maatregelen van het programma Ruimte voor de Rivier. Ze concludeert dat conventionele dijken niet robuust genoeg zijn om rampen uit te sluiten, in tegenstelling

Foto Rivier de Waal bij veerpont Werkendam - Kop van't Land

Lees meer over *compartimentering* op [pagina 32](#).



tot doorbraakvrije dijken. Welke maatregelen uiteindelijk het hoogst scoren op de schaal van robuustheid, hangt onder meer af van de ligging van het gebied en hoe het gebruikt wordt.

### Meerlaagsveiligheid

Het onderzoek naar robuustheid past goed bij het principe van meerlaagsveiligheid, dat de Rijksoverheid in het Nationaal Waterplan 2009-2015 heeft benoemd. Dit principe onderscheidt drie elementen: hoogwaterbescherming (eerste laag), het beperken van de gevolgen door een duurzame ruimtelijke inrichting (tweede laag) en rampenbeheersing (derde laag). Maatregelen op het gebied van robuustheid werken op meer lagen tegelijk, zegt Mens. “Het onderzoek in de IJsselvallei laat zien dat bepaalde hoogwaterbeschermingsmaatregelen veel invloed hebben op de beperking van de gevolgen.” Ze doelt op het variëren van de dijkhoogte in een stroomgebied. Uit het

Foto Hoogwater bij autosnelweg langs de IJssel in Overijssel

Het rapport ‘Analyse van systeemrobuustheid: een toepassing op de IJssel’ is te downloaden via [www.kennisvoorklimaat.nl/oogst/waterveiligheid](http://www.kennisvoorklimaat.nl/oogst/waterveiligheid)

“Veiligheid is betrekkelijk. Het is heel verstandig om te kijken wat er moet gebeuren met het restrisico dat er altijd zal zijn.”

Jan Lourens, Waterschap Rijn en IJssel

robuustheidsonderzoek blijkt dat het zinvol kan zijn om doorbraakvrije dijken in het landelijk gebied lager te maken dan die in het stedelijk gebied. Bij een extreme rivierafvoer loopt dan vooral het landelijk gebied onder water en wordt de stad ontlast, zegt de onderzoeker. “Daardoor is de economische schade aanzienlijk lager dan wanneer alle dijken even hoog zouden zijn.”

Directeur Jan Lourens van waterschap Rijn en IJssel is blij met het onderzoek naar systeemrobuustheid. Vooral het uitgangspunt ‘veerkracht’ spreekt hem aan. “Veiligheid is betrekkelijk. Het is heel verstandig om te kijken wat er moet gebeuren met het restrisico dat er altijd zal zijn. Beheersbaarheid speelt een belangrijke rol, net als handelingsperspectieven voor burgers: mensen moeten weten wat ze kunnen doen als er een overstroming plaatsvindt.” Of het variëren van de dijkhoogte een goede oplossing is voor het gebied rondom de Rijn en de IJssel vraagt Lourens zich af. “Dit betekent dat er altijd één dijkkring als eerste overstroomt. Misschien zijn doorbraakvrije dijken alleen een betere keuze. Daar loopt het water wel overheen, maar dan gaat het om beheersbare overlast. En dat is van essentieel belang. In de IJsselvallei zou de economische schade van een dijkdoorbraak ergens tussen de 26 en 37 miljard euro liggen. Maar minstens zo belangrijk is nog dat de Betuweroute en de A12, onze handelsaders naar het Ruhrgebied, er maandenlang uit zouden liggen. Dat kunnen we ons economisch niet veroorloven.”

Welke oplossingen ook worden gekozen, internationale afstemming is van wezenlijk belang, betoogt Lourens. “Eén van de dijken in ons gebied ligt een flink aantal kilometers op Duits grondgebied. Als net over de grens de dijk doorbreekt omdat daar andere maatstaven gelden, zitten wij alsnog met een probleem.”

Lees meer over *doorbraakvrije dijken* op [pagina 20](#).

De invuloefening voor beleidsmakers is te vinden op [www.kennisvoorklimaat.nl/oogst/waterveiligheid](http://www.kennisvoorklimaat.nl/oogst/waterveiligheid)

## Aanvullend en vernieuwend

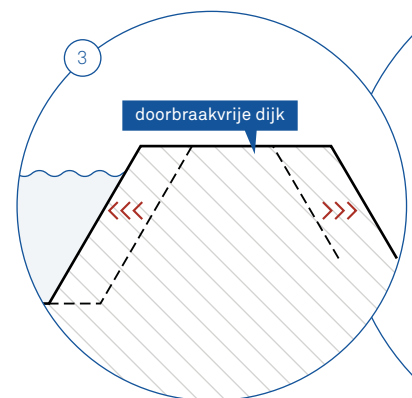
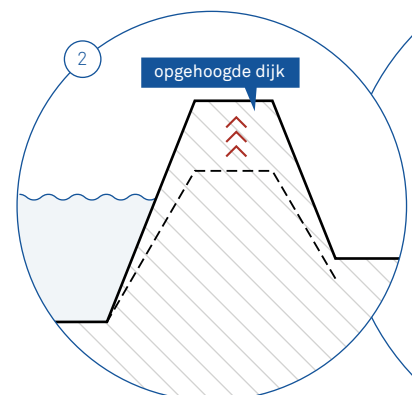
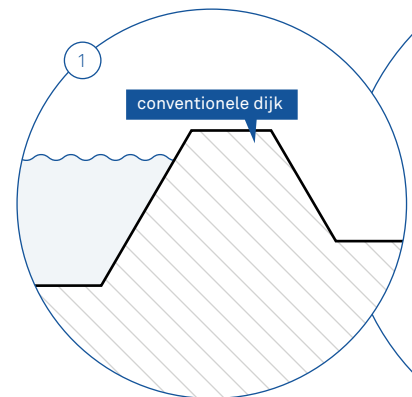
Lilian van den Aarsen, directeur van het Deelprogramma Rivieren van het Deltaprogramma, noemt het onderzoek naar systeemrobustheid “aanvullend en vernieuwend”, juist omdat het een relatie tussen maatregelen, effecten en kosten legt. “Het verbindt de wetenschap met de praktijk en dat is precies wat wij met het Deltaprogramma ook willen doen. Wij zeggen: basisveiligheid voor iedereen en een schepje erbovenop in economisch belangrijke gebieden. Vervolgens moet je kunnen uitleggen waarom de ene dijk wel versterkt wordt en de andere niet. Het onderzoek van Marjolein Mens helpt daarbij, want het geeft ons argumenten met een fundamentele, relevante wetenschappelijke onderbouwing.” De Deelprogramma-directeur benadrukt het belang van duidelijkheid voor diegenen die uiteindelijk besluiten moeten nemen over de inrichting van een gebied. “Een burgemeester of gedeputeerde wil weten waar hij of zij zich op moet voorbereiden en of de noodzakelijke investeringen kosteneffectief zijn. Inzicht in systeemrobustheid kan hieraan een belangrijke bijdrage leveren.”

## Invuloefening voor beleidsmakers

Het onderzoek in de IJsselvallei vormt de basis voor een praktische online toepassing waarmee beleidsmakers aan de slag kunnen. Het eerste gebied waarvoor dit is uitgewerkt is het rivierengebied Bedijkte Maas. Met een paar muisklikken wordt inzichtelijk welke maatregelen voorkomen dat de grens van acceptabele overstromingsschade wordt overschreden. Het is een vereenvoudigde vorm van het uitgebreide onderzoek dat Mens heeft uitgevoerd. Ze hoopt dat beleidsmakers voortaan, naast een risicoanalyse voor een stroomgebied, ook de robuustheid van het gekozen systeem onderzoeken. “Dat kan op basis van de gegevens die toch al voor de risicoanalyse zijn verzameld. En het is heel goed mogelijk dat de robuustheidsanalyse laat zien dat de gevolgen van een overstroming beheersbaarder zijn als voor andere oplossingen wordt gekozen.”

“Een burgemeester of gedeputeerde wil weten waar hij of zij zich op moet voorbereiden.”

Lilian van den Aarsen,  
Deltaprogramma Rivieren



Op deze drie figuren is te zien wat de invloed van maatregelen is op de robuustheid van een gebied.

### Figuur 1. Uitgangssituatie

Tot een bepaalde afvoer (A) treden geen overstromingen op (weerstand). Bij overschrijding van deze afvoer (B), neemt de schade snel toe tot de acceptabele schadegrens (C) wordt bereikt.

### Figuur 2. Opgehoogde dijken

De weerstand neemt toe (D), maar het moment waarop de acceptabele schadegrens wordt overschreden (E), blijft gelijk.

### Figuur 3. Doorbraakvrije dijken

De weerstand (F) is hetzelfde als in figuur 1, maar de veerkracht (G) is veel groter geworden. De acceptabele schadegrens wordt minder snel overschreden (H).

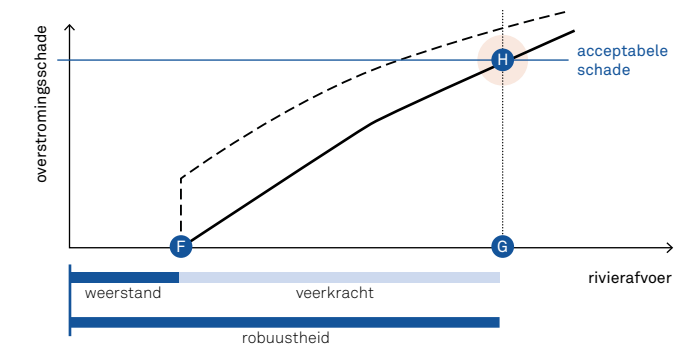
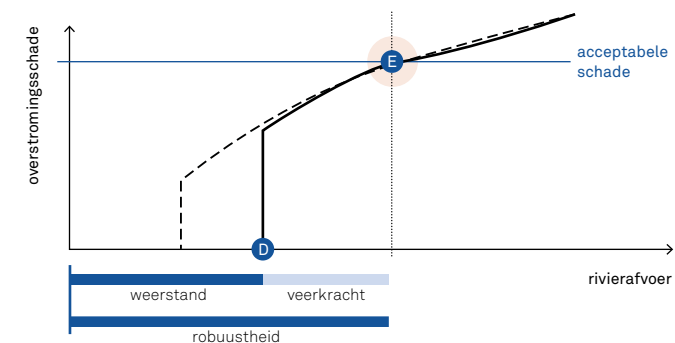
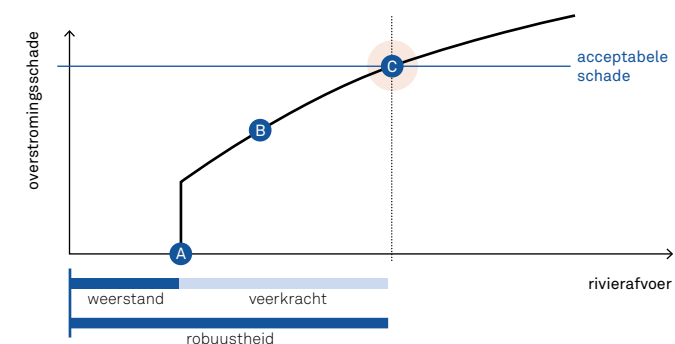






Foto Ontpoldering Werkendam.

De Noordwaard wordt ontpolderd door de dijken aan de rivierzijde gedeeltelijk af te graven en de dijkkring te verkleinen. Hierdoor kan de Nieuwe Merwede bij hoogwater via de Noordwaard sneller naar zee stromen. De vrijgekomen grond wordt gebruikt voor de aanleg van een brede groene dijk bij Werkendam waar een sterkere dijk nodig is.

## 03 Rem de golf



Superstormen met zware wind zorgen voor nietsontziende golven. Dit consortium onderzoekt op verschillende locaties hoe de golven te remmen zijn voor ze dijken bereiken.

Kwelders en grienden zijn natuurlijke buffers die zee- en rivierdijken beschermen tegen heftige golven. Deze buffers dreigen te verdwijnen door zeespiegelstijging, bodemdaling en steeds heftiger of vaker voorkomende stormen. Ook de richting en de duur van stormen kunnen wijzigen door klimaatverandering wat een bedreiging is voor de bestaande buffers.

Onderzoek van dit consortium leidde tot een aantal voorbeelden waar bescherming van de dijken samen gaat met het vormen van nieuwe natuur of recreatiegebieden. Uitbreiding van kwelders en grienden zorgt dat dijken minder hoog hoeven te zijn en een minder harde bekleding nodig hebben; het levert een aantrekkelijke kostenbesparing op in aanpassing



Foto Kwelder Texel

Foto In het Zeeuws-Vlaamse Perkpolder zijn plannen gemaakt voor een terp buiten de dijk. Doel is nieuwe natuur te creëren die heftige golven remt voor deze de terp bereikt. Op de terp komt een dorp en luxe hotel met jachthaven.

en beheer van de dijken. In het Duitse deel van de Waddenzee is succesvol geëxperimenteerd met deze vorm van dijkbescherming. Kennis voor Klimaat onderzocht manieren om in Nederland zulke natuurlijke golfdempers uit te breiden en te behouden.

### Wat kun je hiermee in de praktijk?

Uitbreiding van kwelders en grienden levert een grotere natuurlijke zone op tussen zee en land. Dergelijke gebieden zijn te gebruiken voor (nieuwe) vormen van zilte landbouw, visteelt, natuurontwikkeling, recreatie en toerisme. Daarvan kan de hele streek profiteren.

*Voorbeelden alternatieve waterkeringen*

**Werkendam** Brede, groene dijk zie pagina 14-15

**Zeeuws-Vlaamse Perkpolder** Nieuw, nat natuurgebied van schorren en slikken met 200 vakantiehuizen.

**Prins Hendrikdijk (Texel)** Zanddijk met lagune in de Waddenzee.



## 04 Bouwen met zand

Onverzettelijke dijken en technisch hoogstaande waterkeringen zijn de trots van waterbouwend Nederland. In de afgelopen decennia is de visie op kustbescherming gekanteld. Zand is nu het sleutelwoord.

Kustbescherming met zand levert een ander kustlandschap op, met meer plek voor recreatie, wonen en bedrijvigheid. Zee en wind krijgen de ruimte om het zand te verplaatsen. Het bekendste voorbeeld is de zandmotor voor de Delflandse kust. Ook de versterking van de Hondsbossche zeekering is een mooi voorbeeld. Zonder extra zand zou de dijk zeven meter hoger moeten worden om heviger stormen en zeespiegelstijging te kunnen opvangen. In plaats daarvan is gekozen voor een ondiepe vooroever van 40 miljoen kuub zand, die de golven breekt. Een nieuwe duinenrij met strand van 200 tot 400 meter breed vormt de nieuwe zeekering. De gemeenten Schagen en Bergen krijgen er in één klap acht kilometer strand bij, met paviljoens, een lagune voor badgasten en nieuwe duinnatuur.

Promovendus Joep Keijsers van de Wageningen UR ontwikkelde voor dit consortium een simulatiemodel dat laat zien wat het effect van klimaatverandering op de ontwikkeling van duinen is. Dit levert meer begrip op van de verspreiding van zand en de ontwikkeling van strand en duin. Keijsers: "Bouwen met zand is niet nieuw. Het begrip is wel veel breder verspreid. Volgens mij is er een duidelijke verschuiving in het denken over kustverdediging van vechten tegen natuur naar bouwen met de natuur."

### Laat de kust met rust

Het is belangrijk dat strand en duin kunnen groeien. Dat kan door ander beheer zoals het laten liggen van hoopjes wier, schelpen en vogelveren. Vaak wordt deze 'rommel' verwijderd in het toeristenseizoen en bij kustplaatsen. Maar juist als dit materiaal blijft liggen, kunnen nieuwe duinen ontstaan.

---

**Zandhonger** De aanleg van de Oosterscheldekering verstoort de balans tussen eb en vloed. Hoge golven voeren zand van de platen in de Oosterschelde weg en de vloedstroom is te zwak om zand af te zetten. Sinds 2013 wordt bij de Oesterdam 600.000 m<sup>3</sup> extra zand aangebracht. Zo ontstaat een twee kilometer lange zandbank die de kustveiligheid op natuurlijke wijze vergroot en twintig jaar besparing op onderhoud aan de dijk oplevert. De zandbank is bovendien een extra rustgebied voor zeehonden en trekvogels.

---

*Zand nodig voor geplande  
suppleties van 2013 tot 2016*

**Waddengebied:** 8.400.000 m<sup>3</sup>  
**Hollandse Kust:** 14.300.000 m<sup>3</sup>  
**Zeeland:** 5.435.000 m<sup>3</sup>

---

**Totaal:** 28.135.000 m<sup>3</sup>

---

.....  
**Foto** Luchtfoto van de zandmotor voor de Delflandse kust in oktober 2013

# 05 Dijken die niet bezwijken

“Om Nederland te beschermen, moeten de dijken hoger”, was lange tijd het uitgangspunt. Het consortium Waterveiligheid liet dit los en onderzocht hoe doorbraakvrije dijken onbeheersbare rampen kunnen voorkomen.

Het traditionele denken in Nederland over bescherming tegen overstromingen gaat ervan uit dat er geen water in het achterland mag komen. Het consortium Waterveiligheid richt zich echter ook op het beperken van mogelijke gevolgen van een overstroming. Een overstroming kan nu eenmaal niet met honderd procent zekerheid worden voorkomen. “Je hebt dijken nodig die ervoor zorgen dat er geen ramp plaats vindt”, zegt consortiumleider Frans Klijn. “En dat moet mogelijk zijn met een doorbraakvrije dijk die op een aantrekkelijke manier in het landschap past.”

Een doorbraakvrije dijk is veel sterker dan een traditionele dijk. Deze dijken kunnen niet plotseling en onbeheersbaar doorbreken, met een vloedgolf tot gevolg die het gebied met kracht overstroomt. Wel kan heel af en toe enig water over de dijk heen komen. Bijvoorbeeld tijdens extreme weersomstandigheden, die gemiddeld eens in de 1.000-10.000 jaar voorkomen. Het water loopt dan geleidelijk en voorspelbaar het achterland in. Dit maakt evacuatie van mensen, dieren en bedrijven makkelijker. Hierdoor vallen er minder slachtoffers en blijft de schade beperkt.

## Voorkomen van slachtoffers voorop

Een doorbraakvrije dijk kan een ramp dus voorkomen. Een conventionele dijk niet altijd. Joost Knoop, van het Planbureau voor de Leefomgeving: “Hoewel de gevolgen van een overstroming enorm kunnen zijn, is het huidige beleid niet gefocust op het beperken van deze gevolgen. Schade kun je herstellen,

“Schade kun je herstellen, overleden familieleden krijg je nooit meer terug.”

Joost Knoop, Planbureau voor de Leefomgeving



Foto Dijkversterking met zandzakken om hoog water tegen te houden

overleden familieleden krijg je nooit meer terug. Vanuit dat perspectief is het veel belangrijker om te zorgen dat er geen slachtoffers vallen. De aanleg van doorbraakvrije dijken op plekken waar de meeste slachtoffers kunnen vallen, kan deze gevolgen beperken.”

Doorbraakvrije dijken zijn wel duurder dan traditionele dijken. De investeringskosten liggen gemiddeld 25 procent hoger, maar over de loop van honderd jaar is een doorbraakvrije dijk toch vaak voordeliger. Gemeenten en waterschappen kunnen namelijk besparen op andere aanpassingsmaatregelen, zoals het steeds weer verhogen of verbeteren van de dijk. Een doorbraakvrije dijk verkleint het overstromingsrisico in een gebied namelijk sterk.

## Experiment aan de Lek

Het Zuid-Hollandse plaatsje Streefkerk, gelegen aan de Lek, had een probleem. De gemeente en een projectontwikkelaar wilden woningen voor een hoger inkomenssegment bouwen.



De gemeente wilde bovendien historische dijkpanden behouden en zorgen dat het dorp niet verder van de rivier werd afgescheiden.

Tegelijkertijd had waterschap Rivierenland ruimte nodig voor de versterking van de rivierdijk die er de komende eeuwen weer tegen moest kunnen. Het 'normale' recept was slopen van oude dijkhuizen voor de dijkverhoging en geen bouw van nieuwe huizen op of rond de dijk. In het geval van Streefkerk sloegen de betrokken partijen echter samen met wetenschappers en ingenieurs aan het tekenen en rekenen. In onderling overleg ontstond er een ontwerp voor een doorbraakvrije dijk. Bij de aanleg van de dijk blijven de historische panden gespaard, en de gemeente kan op de brede dijk nieuwe woningen bouwen. De dijk is bestand tegen de toekomstige veranderingen in de afvoer van de rivier. Het resultaat is dat zowel waterschap Rivierenland, de provincie Zuid-Holland, de gemeente en de projectontwikkelaars positief zijn over het ontwerp en er praktische ideeën zijn ontstaan. Streefkerk krijgt een fraai dorpsgezicht aan de rivier, wat het een aantrekkelijke plek maakt om te wonen. Het project wordt inmiddels gerealiseerd. De aanleg zal in 2017 klaar zijn.

### Slanke dijken

Doorbraakvrije dijken gemaakt van aarde kunnen veel ruimte in beslag nemen. Volgens Frans Klijn kunnen goede ontwerpen van brede dijken het karakter van de omgeving versterken. De huidige ontwerpen zijn vaak lomp en breed, maar dit hoeft niet altijd het geval te zijn. "Je kunt ook een hele slanke dijk maken, bijvoorbeeld door een damwand te slaan", zegt Frans Klijn. "Dat hoop ik nog mee te maken."

.....  
 Kennis voor klimaat TV, Superveilige dijken:  
[www.kennisvoorklimaat.nl/oogst/waterveiligheid](http://www.kennisvoorklimaat.nl/oogst/waterveiligheid)  
 .....

---

Een doorbraakvrije dijk is vele malen sterker dan een conventionele dijk. Het langzaam volstromen van een gebied maakt evacuatie makkelijker.

---

.....  
 Foto Doorbraakvrije dijk  
 Streefkerk, Zuidwestaanzicht



# 06 Kan niet bestaat niet

Innovatie betekent soms met andere ogen naar een eeuwenoud probleem kijken. Dat deed dit consortium voor het probleem van de wateroverlast in historisch Dordrecht. Juist de historie bleek een interessante oplossing te bieden.

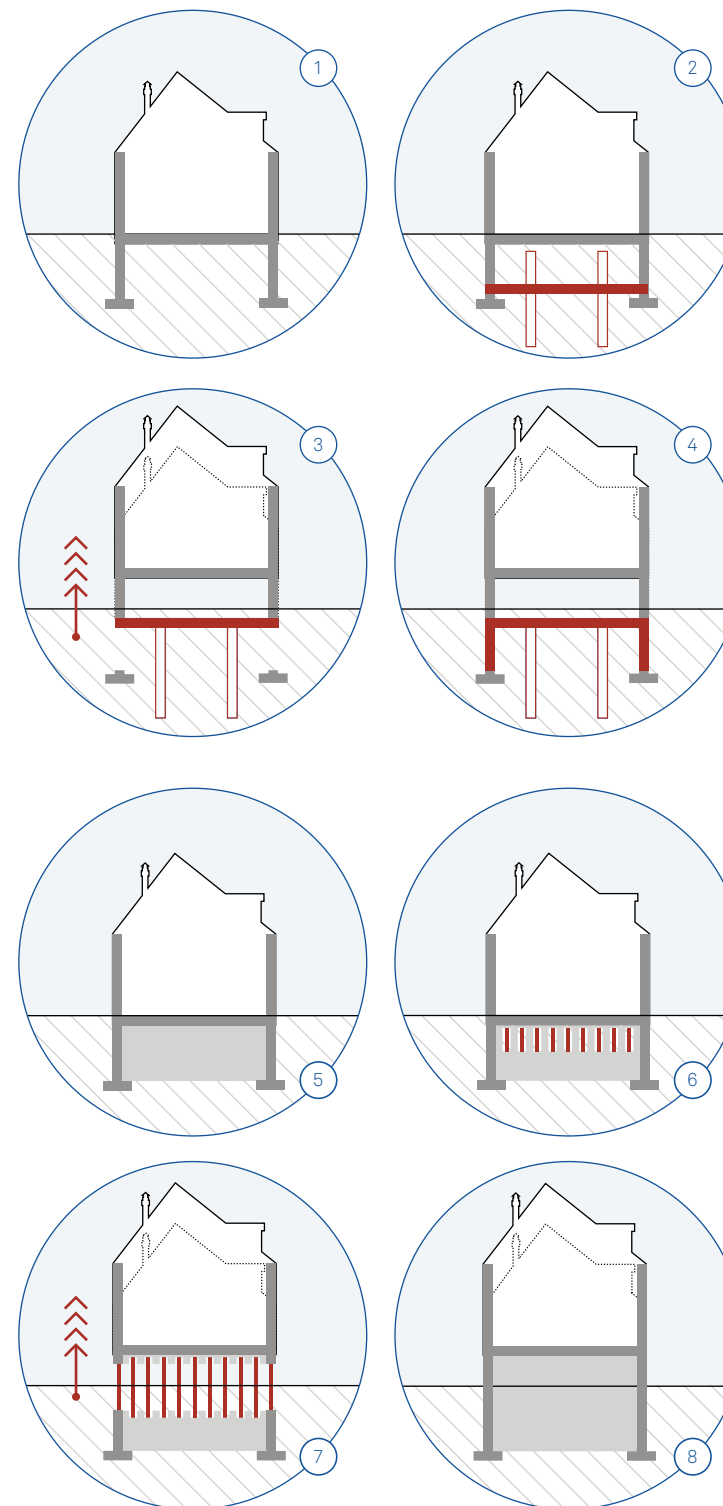
Het water stijgt, dus de dijken moeten hoger. Dat is de gangbare reflex in het denken over waterveiligheid. Maar in oude binnensteden is dat makkelijker gezegd dan gedaan. De historische Voorstraat in Dordrecht is de belangrijkste waterkering. Onmogelijk om die straat, inclusief de 17e eeuwse en 18e eeuwse huizen en winkels, te verhogen. De straat is de belangrijkste sta-in-de-weg voor welke adaptatiestrategie dan ook in die historische, bebouwde omgeving. De focus lag vooral op onderzoek naar een systeem van zeer kostbare en geavanceerde stormvloedkeringen elders in het gebied.

## Innoveren met oude technieken

Het consortium accepteerde de kwalificatie 'onmogelijk' niet. Consortiumleider Frans Klijn: "‘Kan niet’ zet juist aan tot innoveren." Student Joost Polman van de TU Delft benaderde het probleem van de andere kant: als je het water niet weg kunt houden bij de bebouwing, moet je de bebouwing maar uit het water halen. Er zijn zelfs historische technieken beschikbaar om gebouwen decimeters of meters op te 'krikken': opvijzelen. Het onderzoek van Polman toont aan dat het waarschijnlijk mogelijk is om alle gebouwen over een lengte van 1,4 kilometer op te vijzelen voor minder dan dertig miljoen euro. Zelfs als de kosten twee keer zo hoog zouden uitvallen, is het nog altijd goedkoper dan veel van de plannen zoals beweegbare waterkeringen. Grootschalige ingrepen in de omgeving, die jaren kunnen duren, zijn dan niet nodig.

“‘Kan niet’, zet juist aan tot innoveren.”

Frans Klijn, consortiumleider  
Waterveiligheid



Hoe krik je een gebouw op?

**Tafelmethode (1-4)** rood is nieuw aangebracht

1. Uitgangssituatie.
2. Onder het pand komt een vloer van gewapend beton.
3. Door de vloer worden holle, stalen palen geboord, die worden gevuld met beton.
4. Met de vijzels wordt het gebouw aan de palen omhoog getrokken.

**Vijzelen vanuit de muur (5-8)**

5. Uitgangssituatie.
6. In de muur komen uitsparingen.
7. Door het opspannen van de vijzels scheurt de muur los.
8. Nadat voldoende hoogte is bereikt, worden de muren naast de vijzels dichtgemetseld.



## 07 Elders en anders bouwen

Dijken staan dubbel onder druk: aan de ene kant zeespiegelstijging en hogere rivierstanden, aan de andere kant meer bewoners en economische belangen. Dit consortium combineerde deze uitdagingen tot bruikbare oplossingen.

Mensen willen niet alleen veilig wonen, maar ook in een mooi en aantrekkelijk gebied. Hogere, grotere dijken passen vaak niet in dat beeld. Soms staan bijvoorbeeld historische panden de verzwaaring van een dijk in de weg, zoals in wijken in Rotterdam en Dordrecht. De maatschappij gaat ook niet klakkeloos akkoord met ingrijpende maatregelen die het landschap minder aantrekkelijk maken. Inrichten én rekening houden met klimaatverandering vergt dus veel flexibiliteit en samenwerking, gericht op meer dan alleen het vermijden van overstromingen.

### Wolkenkrabbers aan de Maas

Het Consortium Waterveiligheid nam onder meer bouwen in buitendijkse delen van Rotterdam en Dordrecht onder de loep. Grote, dicht bebouwde gebieden met veel bedrijven liggen buiten de dijkringen en zijn door klimaatverandering meer blootgesteld aan overstromingen. 65.000 mensen wonen al in onbeschermd gebied en dat aantal zal groeien tot tussen de 80.000 en 100.000 mensen in 2050. Met Rotterdam Climate Proof wil de gemeente 1600 hectare van het buitendijkse stadshavengebied duurzaam en veilig herstructureren. Onderzoek naar multifunctionele dijken wees uit dat die te veel ruimte vergen. De vraag ontstond of er ook compactere versies mogelijk zijn, passend in de stad?

Peter van Veelen is stedenbouwkundige bij de gemeente Rotterdam en werkte met dit consortium aan het onderzoek adaptief bouwen. “Partijen als projectontwikkelaars, woningcorporaties

---

“Door klimaatverandering is de wereld waar we nu in plannen niet de wereld van morgen.”

Hans de Moel, VU Amsterdam

---

en netbeheerders hebben behoefte aan kennis die zij op korte termijn in de praktijk kunnen toepassen. De kaarten en kennis die met het consortium zijn ontwikkeld, blijken daarbij van grote waarde. We konden bedrijven tot op de decimeter laten zien hoe hoog het water in hun fabriek kan komen te staan. Aan corporaties konden we inzichtelijk maken met wat voor schadebedragen ze te maken kunnen krijgen. Dan ontstaat er urgentie en worden mensen zich echt bewust van het probleem.”

Ruimtelijk ontwerp, financiering en *governance* zijn bij klimaatbestendig bouwen en inrichten niet los van elkaar te zien. Dat is volgens Van Veelen de belangrijkste les van het werk van Kennis voor Klimaat voor alle betrokken partijen. “Vaak kijken planners alleen naar hoe zij maatregelen kunnen inpassen in een gebied. Daarmee is er nog geen draagvlak voor die ingrepen. Dat draagvlak wordt vele malen groter als je vanaf het begin duidelijk kunt maken hoe bijvoorbeeld een muur die water keert, is gefinancierd, en wie verantwoordelijk is voor beheer en behoud. Die informatie zorgt dat planners het bestuur heel goed kunnen adviseren over alle aspecten, wat de keuze om aangepast te bouwen sterk kan beïnvloeden. Dat is de kracht van adaptief bouwen.”

### Belanghebbenden op tijd verbinden

Timing is bij anders bouwen cruciaal. Verschillende betrokken partijen hebben uiteenlopende deadlines en doelen. Hoe eerder partijen samenkomen, des te groter de kans dat zij een alternatief pad kunnen kiezen. Maar wat vormt de aanzet voor partijen om elkaar op te zoeken en een alliantie te smeden? In de praktijk is het volgens onderzoeker Hans de Moel van de VU Amsterdam vaak zo dat de partij die middelen vrijmaakt, zoals een projectontwikkelaar of een woningbouwcorporatie, degene is die initiatief neemt en houdt. “Het zou gangbaar moeten zijn om bij elk plan voor een gebied te zoeken naar mogelijkheden om op het juiste moment aan te haken op andere ontwikkelingen die (gaan) spelen. Er bestaat echter geen beleid dat partijen noodzaakt dit van tevoren uit te zoeken. Men weet bovendien van te voren vaak niet waar men aan toe is, omdat er voor bouwen in overstromingsgebied geen standaard regelgeving vanuit ruimtelijke ordening is.” Dergelijke regelgeving is er wel voor bouwen op het water. De overheid geeft nu vanuit veiligheids-overwegingen alleen aan waar niet gebouwd mag worden.

Dit consortium onderzoekt technieken en maatregelen rond adaptief bouwen, zoals het opkrikken van historische panden met eeuwenoude vjzelmethodes. De technieken zijn bruikbaar



Foto De buitendijkse wijk Heijplaat in het Rotterdamse havengebied is aangewezen als voorbeeldproject voor adaptief bouwen.



in de praktijk, maar worden door gebrek aan kaders nauwelijks toegepast. De Moel: “Veel heeft met bewustzijn te maken, met kennis van de opties en technische mogelijkheden die er zijn. Dat ontbreekt bij zowel planners en bouwers, als bij kopers. Verder ziet men aangepast bouwen in overstromingsgebied vaak als onnodig duurder.” Waar adaptief bouwen in de praktijk wordt gebracht, is te zien hoe complex en ambigu de regelgeving op dit vlak is. In het bouwbesluit is bijvoorbeeld onduidelijk of gemeentes wel of niet extra voorwaarden aan waterbestendige gebouwen mogen opleggen. De Moel: “Het opstellen van technische standaardrichtlijnen voor aangepast bouwen is een goede stap om meer helderheid te creëren. Als partijen weten wat kan en met welke regels ze te maken krijgen, zullen ze eerder kiezen voor adaptief bouwen.”

## Resultaten

Binnen dit consortium is in praktijkprojecten veel kennis vergaard over de voordelen en kosten van aangepast bouwen. Er zijn modellen ontwikkeld die planvormers kunnen helpen bij overwegingen om bepaalde ingrepen wel of niet uit te voeren. Nederland kan daarnaast volgens De Moel veel leren van bijvoorbeeld de Verenigde Staten als het gaat om bouwvoorschriften en het verzekeren van vastgoed. “Ook wij kunnen ons de gevolgen van rampen als superstorm Sandy in New York en orkaan Katrina in New Orleans aantrekken. Ze leren ons over nut en noodzaak van aangepast bouwen en de regelgeving die dat mogelijk maakt. De belangrijkste les die we vanuit Kennis voor Klimaat willen meegeven is dat er opties zijn voor aangepast bouwen. De wereld waarin we nu plannen, is door klimaatverandering niet de wereld van morgen. Dus moeten we nu de juiste maatregelen treffen bij het inrichten van gebieden met een hoog overstromingsrisico.” Planners en ontwerpers hebben dus vele borden waar ze op moeten schaken.

De onderzoekers van dit consortium adviseren om in bestemmingsplannen overstromingszones aan te geven. Dit zou moeten gebeuren in samenspraak met de waterschappen, die kunnen aangeven waar voldoende ruimte voor water moet zijn. Dit geeft gemeenten een middel in handen om bouwers te verplichten om gebouwen en gebieden adaptief in te richten en overstromingen beheersbaar te maken.

## Eigen huis beschermen

Het consortium keek niet alleen naar grootschalige ingrepen in gebieden. Ook kleine ingrepen aan gebouwen zijn onder-

---

### *Manieren om elders te bouwen via ruimtelijk ordening*

1. **Zonering** Sturing van ruimtelijke ordening aan de hand van overstromingsgevaar, bijvoorbeeld aan de hand van waterdiepte kaarten en overstromingssimulaties.
2. **Verplaatsen** van bebouwing door middel van subsidiëring. Dit is toegepast in de Verenigde Staten na de Mississippi-overstromingen in 1993.
3. **Inrichten** om evacuatie te optimaliseren, zowel binnen het gebied als naar buiten.

---

### *Manieren om anders te bouwen*

1. **Integraal ophogen** van het hele gebied.
  2. **Gedeeltelijk ophogen** van gebouwen en infrastructuur
  3. **Huizen op palen**, die uitsteken boven de grond.
  4. **Waterdicht maken** van gebouwen.
  5. **Waterbestendig maken** van gebouwen.
  6. **Vluchtwegen** (voor overstromingen) opnemen in ontwerp gebouw.
- 



Foto Drijvend paviljoen Rotterdam

zocht. Mensen die buitendijks wonen, zijn zelf verantwoordelijk voor schade aan eigendommen. Dus bij buitendijks bouwen kunnen bewoners zorgen voor een extra muurtje rondom het huis, verhoogd bouwen met een trap naar de voordeur, of voor ramen die boven de hoogste waterstand zitten.

Een goede dialoog met de burger is hiervoor essentieel. Uit een enquête in buitendijks Dordrecht bleek dat wateroverlast op de kade niet geheel uitgesloten hoeft te worden. Inwoners vinden enige wateroverlast één à twee keer per jaar acceptabel. Voor de gemeente Dordrecht betekent dit dat de stad tot 2050 veilig genoeg is. Daarna zijn er maatregelen nodig om de risico's beheersbaar te houden. Burgers, gemeente en waterschap hebben een fonds opgericht, niet alleen om opgelopen schade uit te betalen, maar ook voor toekomstige aanpassingen.

De samenwerking binnen de Kennis voor Klimaatprojecten rond adaptief bouwen zorgde voor betere afstemming tussen wetenschap, gemeente en partijen als netbeheerders, woningcorporaties, rioolbeheerders en bedrijven over het beperken van schade in gebied met overstromingsrisico. Als betrokken partijen per plek de hulp inschakelen van ontwerpers voor een oplossing die in de omgeving past, blijven stad en platteland op lange termijn veilig én aantrekkelijk.

“Voor bouwen op het water bestaan wel regels, voor bouwen in gebied met overstromingsrisico niet.”

Hans de Moel, VU Amsterdam

# 08 Gevolgen van overstroming beperken

Compartimentering gaat om het opdelen van een gebied binnen een dijkkring. Dit kan de gevolgen van een overstroming beperken. Maar de afweging welk gebied meer of minder te beschermen is lastig. Welk gebied bescherm je tegen welke kosten?

Nederland kent een fijnmazig web van dijken. Sommige dijken beschermen tegen overstromingen en keren het water. Als deze dijken doorbreken of het water erover komt, verdelen andere dijken een gebied in delen. Dit voorkomt dat een gebied helemaal overstromt. Dit onderverdelen van gebieden heet compartimentering. Regionale dijken die in eerste instantie het water keren, kunnen in tweede instantie ook compartimenteringsdijk zijn.

## Wat wordt beschermd?

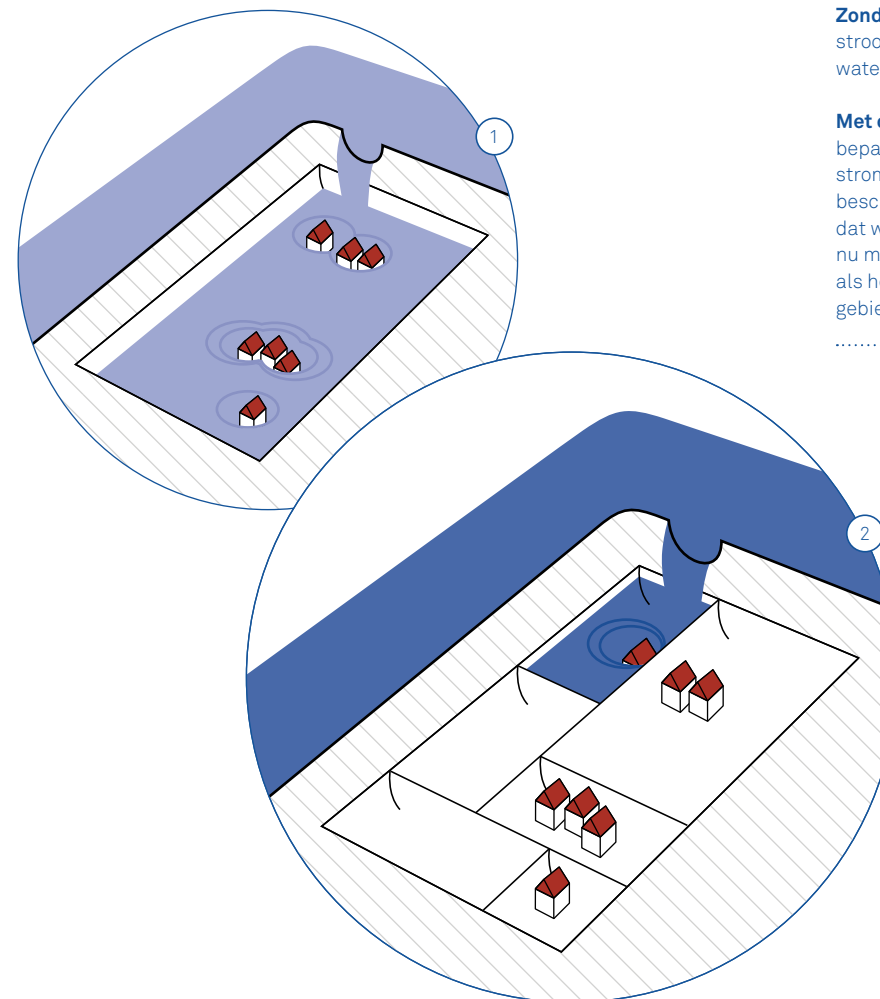
Compartimentering verkleint overstromingsrisico's en beperkt gevolgen. Het is echter een lastige afweging. Welk gebied treft het water bij een overstroming? Welke mensenlevens zijn dan beschermd en welke niet? Henk van Hemert van STOWA: "Theoretisch beschermt compartimentering een specifiek deel extra tegen overstroming. Maar een ander gebied staat er dan slechter voor, omdat het water daar sneller stijgt."

Voor deze afweging heeft dit consortium nieuwe inzichten geleverd over klimaatverandering. Kaartmateriaal maakt inzichtelijk waar het water een gebied in kan lopen. Bij compartimentering spelen ook investeringskosten een rol. "De aanleg van een kering is duur en er zijn maar weinig plekken waar de

---

Het is een lastige afweging: welke mensenlevens zijn bij een overstroming waar beschermd?

---



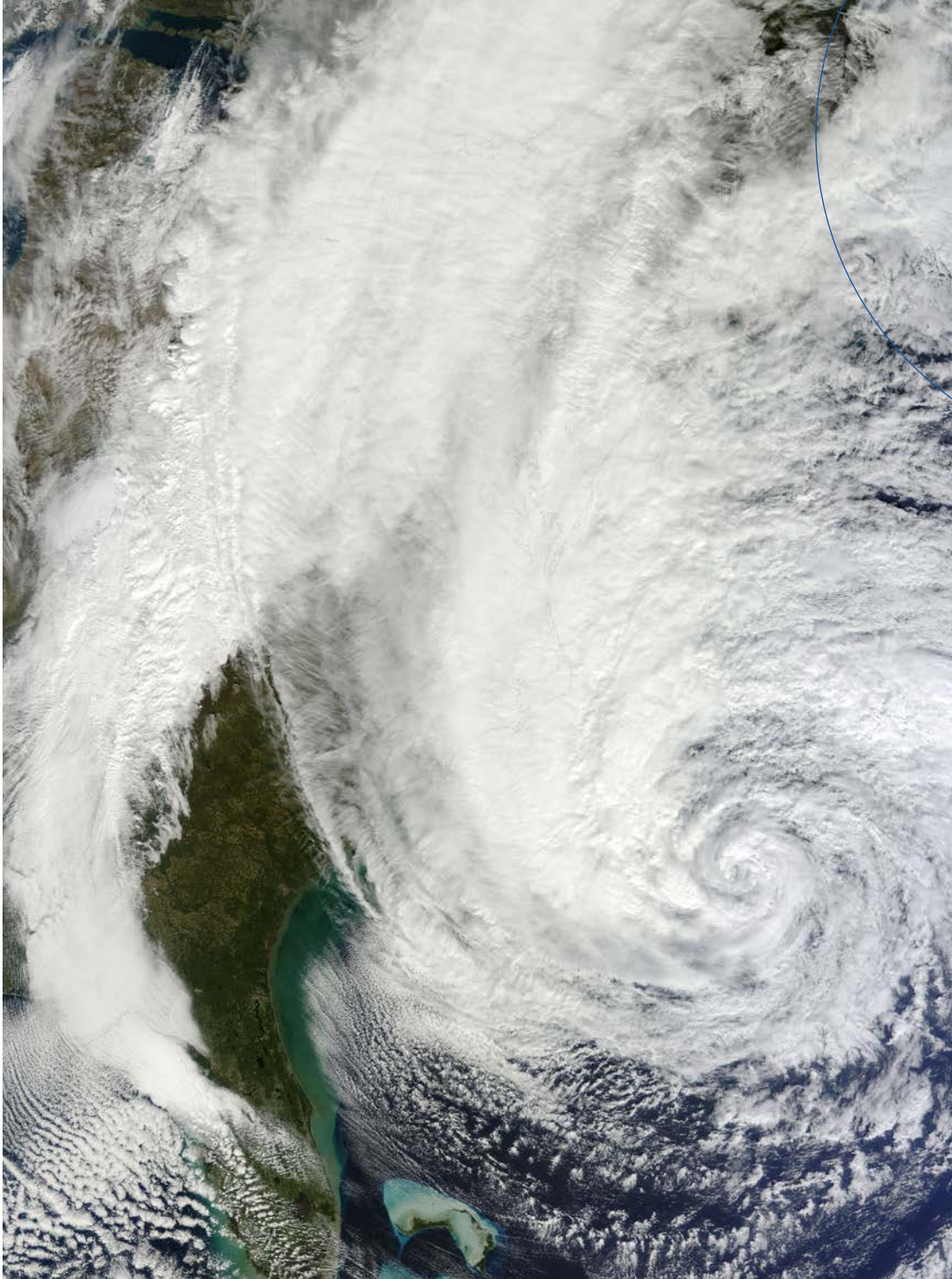
**Zonder compartimentering (1)** stroomt het hele gebied onder water.

**Met compartimentering (2)** bepaalt de plek van de overstroming welke deelgebieden beschermd zijn. Het deelgebied dat wel overstromd wordt, krijgt nu meer water te verduren dan als het water zich over het hele gebied had kunnen verspreiden.

analyse van kosten van investeringen nu gunstig uitvalt tegenover de vermeden kosten door schade in de toekomst", zegt Ellen Vonk, senior beleidsadviseur waterschap Rivierenland.

## Status quo van compartimenteringsdijken

De moeizame afweging brengt mee dat er weinig beweging op dit gebied is. Huidige compartimenteringsdijken worden behouden; een dijk afgraven is eng, want dan gaat het water zich anders gedragen met vaak onbekende gevolgen. Het komt er vaak op neer dat de status quo wordt behouden.



## 09 Lessen uit het buitenland

Voor veel landen is Nederland een voorbeeld als het gaat om waterveiligheid. We doen het echter niet zo goed als het gaat om verzekeren van en communiceren over overstromingsrisico. Daarom bekeek dit consortium wat we kunnen leren van het buitenland.

Nederland is het enige Europese land waar overstromingsrisico's niet verzekerd zijn. Eén van de redenen is dat verzekeraars failliet kunnen gaan bij een grootschalige overstroming. Kennis voor Klimaat onderzocht de internationale voorbeelden en de mogelijkheden van een dergelijke verzekering voor Nederland.

Het verzekeren van overstromingsrisico's kan een prikkel zijn voor burgers om de mogelijke schade zo klein mogelijk te houden. Ook kan de verzekeraar premiekortingen geven bij het voldoen aan bepaalde bouwvoorschriften, zoals ophoging. Het wordt dan een bewustere keuze om in een overstromingsgevoelig gebied te wonen. Voor Nederland is een publieke verzekering waarschijnlijk het aantrekkelijkst, omdat die voor de maatschappij als geheel en voor individuele burgers het goedkoopst uitvalt. Daarbij kan de overheid er voor zorgen dat ook de meest kwetsbaren verzekerd zijn, en kan ze maatregelen stimuleren die de risico's beperken.

### Particuliere maatregelen tegen overstromingen

In 1993 overstroomde de Rijn. Duitse burgers reageerden hierop door zelf maatregelen te nemen, zoals de aanschaf van tijdelijk te plaatsen waterkeringen. Vervolgens vond er opnieuw een overstroming plaats in 1995. De schade viel toen vijftig procent lager uit dan twee jaar daarvoor. Als burgers het idee hebben dat het risico op een overstroming groot is en dat ze hier zelf maatregelen tegen kunnen nemen, zullen zij zelf in actie komen. Communicatie met burgers over de risico's van overstroming is hiervoor essentieel.

---

Mensen komen in actie als ze eigenhandig de schade kunnen beperken.

---

.....

**Foto** Satellietopname van orkaan Sandy, die als superstorm New York in oktober 2012 bereikte.

# 10 Opmerkelijk

De onderzoeken van het consortium Waterveiligheid hebben geleid tot een groot aantal opmerkelijke inzichten, weetjes en eyeopeners. Een greep hieruit staat op deze pagina's.

Het is geen ramp als water beheerst over een **doorbraakvrije dijk** stroomt. Een ramp is het als de dijk plotseling bezwijkt, met slachtoffers en schade tot gevolg.

De Maeslantkering bij storm half sluiten helpt om de waterstand bij storm niet te hoog te laten worden. Dit **beschermt het achterland** zonder de scheepvaart te belemmeren.

Soms vormen historische panden de waterkering, zoals in Dordrecht. Dankzij de **eeuwenoude techniek** van het **opvijzelen** is het mogelijk deze panden omhoog te krikken.

Investeren in **natuurlijke beschermers** als **kwelders, grienden, schorren, slikken en duinen** blijkt in veel gevallen effectief en meer gewaardeerd door omwonenden dan hogere en sterkere dijken.

Het is zinvol om dijken niet overal even hoog te maken. Door toe te staan dat dunbevolkte gebieden **beheerst onder water lopen**, is het mogelijk te voorkómen dat dichtbevolkte gebieden overstroomden.

**Natuurlijke zones** tussen land en zee, zoals kwelders en grienden, zijn bruikbaar voor (zilte) landbouw, visteelt, natuurontwikkeling, recreatie en toerisme.

Ruimtelijk ontwerp, financiering en governance zijn bij **klimaatbestendig bouwen** en inrichten niet los van elkaar te zien.

Bewoners zullen in actie komen om **schade** aan hun **eigendommen** tegen te gaan, als ze weten dat ze zelf doeltreffende maatregelen kunnen nemen tegen hoog water.



Als betrokken partijen de hulp inschakelen van ontwerpers voor een oplossing die in de omgeving past, blijven stad en platteland op lange termijn veilig én aantrekkelijk. Een goed voorbeeld is het Dakpark Rotterdam, waarin een waterkering, een parkeergarage, winkels en een park gecombineerd worden.

Waterveiligheid

## Klimaat en overstromingen

Eind 2014 sluit Kennis voor Klimaat haar poorten. Dit programma heeft zeven jaar lang onderzoek gedaan naar klimaatverandering en adaptatie. Een doorsnede van alle kennis die is opgedaan door honderden onderzoekers samen met mensen uit de praktijk, is in negen boeken beschreven. Acht boeken over de belangrijkste thema's, zoals de stad, waterveiligheid, infrastructuur, zoet water en governance, en één boek met het overzicht van het hele programma.

Samenwerken met de praktijk, co-creatie van kennis, was het hart van het onderzoekprogramma. Provincies, gemeenten, waterschappen en bedrijven hebben de vragen gesteld en hebben meegewerkt aan de uitvoering, samen met de wetenschap. Zonder al deze partijen waren de resultaten minder interessant geweest voor de praktijk. En, nog belangrijker, zonder deze partijen had dit onderzoek niet plaats gevonden. Immers, zij hebben financieel diep in de buidel getast om het onderzoek mogelijk te maken.

Voor u ligt het boekje 'Klimaat en overstromingen'. Kennis voor Klimaat dankt alle partijen die aan dit thema hebben bijgedragen en vooral hen die door co-financiering het onderzoek van het consortium Waterveiligheid mogelijk hebben gemaakt.



Kennis voor Klimaat is mogelijk gemaakt door een basissubsidie uit het Fonds Economische Structuurversterking. Het ministerie van Infrastructuur en Milieu was penvoerder voor het onderzoeksprogramma.

#### illustratieverantwoording

Cover, pagina's 4, 7, 9, 14-15, 23, 29 en 38-39: Anneke Hymmen; Pagina 10: Rijkswaterstaat / Martin van Lokven; Pagina 16: Ronald van Wijk; Pagina 17: Buro Lubbers; Pagina 18: Rijkswaterstaat / Joop van Houdt; Pagina 21: Rijkswaterstaat / Henri Cormont; Pagina 26: Jan de Groen; Pagina 31: Marc Heeman; Pagina 34: NASA

#### Dit is een uitgave van Kennis voor Klimaat

Postbus 85337  
3508 AH Utrecht

#### Projectleiding, (beeld)redactie en teksten

Synergos Communicatie

#### Redactieraad

Programmabureau Kennis voor Klimaat  
Consortium Waterveiligheid

#### Fotografie

Anneke Hymmen

#### Grafisch ontwerp

Zinnebeeld

#### Druk

Platform P

#### Foto's en illustraties

Foto's en illustraties zijn van genoemde organisaties en fotografen. We hebben naar volledigheid gestreefd; voor opmerkingen of vragen kunt u contact opnemen met Synergos Communicatie.

© 2014 Kennis voor Klimaat

ISBN 978-94-90070-91-5

[www.kennisvoorklimaat.nl](http://www.kennisvoorklimaat.nl)

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden veeelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand of openbaar gemaakt in enige vorm op op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen op enige andere manier zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de uitgever.



wit striemt het water  
sijpelt traag de polder in  
een zucht, nooit meer angst