

EUREKA! EN NU VERDER

TIEN WATERTHEMA'S BELICHT



2014
29



stowa

RESULTATEN VAN KLIMAATONDERZOEK -
EN WAT WATERBEHEERDERS DAARMEE KUNNEN

EUREKA! EN NU VERDER

TIEN WATERTHEMA'S BELICHT



COLOFON

Amersfoort, december 2014

Uitgave

Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer

Postbus 2180

3800 CD Amersfoort

Deze publicatie is een gezamenlijke uitgave van Kennis voor Klimaat en STOWA. Het onderzoeksprogramma Kennis voor Klimaat en de Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer (STOWA) duiden hierin de relevantie van vier jaar klimaatonderzoek voor tien thema's van het waterbeheer.

De publicatie vertaalt onderzoeksresultaten naar handelingsperspectieven. De tien thema's bestrijken het terrein van de klimaatadaptieve waterrobuuste stad, de waterveiligheid en de zoetwaterbeschikbaarheid. De nadruk ligt op de handelingsperspectieven van waterbeheerders. De vraag die centraal staat: Hoe kunnen zij de opbrengsten van het klimaatonderzoek in beleid en praktijk integreren?

Auteurs

Maarten Vergouwen en Edwin Lucas

Redactiecommissie

Rob Ruijtenberg, Michelle Talsma (STOWA), Florrie de Pater, Kim van Nieuwaal, Monique Slegers (Kennis voor Klimaat)

De teksten zijn tot stand gekomen op basis van interviews met:

Bert Sman (Deltares), Henk van Hemert (STOWA), Hans de Moel (VU/IVM), Mathijs van Vliet (WUR), Rob Koeze (Waternet), Nick van Barneveld (Gemeente Rotterdam), Caroline Uittenbroek (Universiteit Utrecht), Frans Klijn (Deltares), Jantsje van Loon (WUR), Jacco Groeneweg (Deltares), Hans Gerritsen (RWS/DP Wadden), Jacco Zwemer (RWS), Kees Broks (STOWA), Jeroen Kluck (Hogeschool van Amsterdam/Tauw), Peter Bosch (TNO), Toine Vergroesen (Deltares), Heleen Mees (Universiteit Utrecht), Jan Wijn (Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier), Bert van Hove (WUR), Frans van de Ven (Deltares), Marco Hoogvliet (Deltares), Koen Zuurbier (KWR Water), Carl Paauwe (Stichting waterbuffer/Hoogheemraadschap van Delfland), Gualbert Oude Essink (Deltares), Arjen de Vos (Zilt Proefbedrijf), Lodewijk Stuyt (WUR)

Fotografie

Beeldarchief Rijkshuisstijl Deltaprogramma (blz 111 onder), Copijn Tuin- en Landschapsarchitecten (blz 72) , Henri Cormont/InZicht (blz 14, 17 en 106), Fototoma/Toma Tudor (blz 67), Gemeente Zwolle (blz 37 en 39 onder), Istockphoto (blz 60, 64 en 88), KWR Watercycle Research Institute (blz 97 en 98), Phildaphoto | Yves Adams (blz 34), Rijkswaterstaat (blz 52 en 53), Wendy Rutgers (blz 84, 86, 111 boven en 120), Stichting FloodControl IJkdijk (blz 18), Maartje Strijbos (blz 11), Lars Soerink (blz 46), Thinkstock (blz 4, 6, 10, 24, 94, 116, 119 en 128), De Urbanisten (blz 68), Waterschap Groot Salland (blz 39 boven), Herman Verheij (blz 49, 50 en 55), Waternet (blz 75) en Zilt proefbedrijf (blz 122)

Vormgeving Shapeshifter, Utrecht

Druk Zwaan Printmedia, Wormerveer

STOWA-rapportnummer 2014-29

ISBN 978.90.5773.659.9

Op stowa.nl kunt u een exemplaar van dit rapport bestellen, of een pdf van het rapport downloaden.

Kijk onder de kop [Producten](#) | [Publicaties](#).

Copyright

De informatie uit dit rapport mag worden overgenomen, mits met bronvermelding. De in het rapport ontwikkelde, dan wel verzamelde kennis is vrij verkrijgbaar. De eventuele kosten die STOWA voor publicaties in rekening brengt, zijn uitsluitend kosten voor het vormgeven, vermenigvuldigen en verzenden.

Disclaimer

Dit rapport is gebaseerd op de meest recente inzichten in het vakgebied. Desalniettemin moeten bij toepassing ervan de resultaten te allen tijde kritisch worden beschouwd. De auteurs en STOWA kunnen niet aansprakelijk worden gesteld voor eventuele schade die ontstaat door toepassing van het gedachtegoed uit dit rapport.

INHOUDSOPGAVE



Colofon	02
Ten geleide	06
STOWA in het kort	08
Kennis voor Klimaat in het kort	11
Inleiding	12

WATERVEILIGHEID	
Veendijken	14
Anders of elders bouwen	24
Compartimenteren	34
Kwelders en dijkversterkingen	46

DE STAD	
Wateroverlast in de stad voorkomen	60
Gebouwen als waterbuffer	72
Hittestress	84

ZOET WATER	
Ondergrondse zoetwateropslag	94
Doorspoelen	106
Omgaan met zoutnormen	116

Literatuurlijst	128
-----------------	-----

TEN GELEIDE



Tijdens Prinsjesdag 2014 is het Deltaprogramma met de Deltabeslissingen aangeboden aan de Tweede Kamer. Daarmee is een proces afgerond van intensief overleg tussen betrokken overheden en belangengroeperingen over het op orde houden van het waterbeheer, tegen de achtergrond van klimaatverandering. Het resultaat is te bestempelen als een routekaart om ons blijvend te beschermen tegen hoogwater en ook in de toekomst over voldoende zoet water te beschikken.

Het Deltaprogramma had er niet kunnen liggen zonder het vele onderzoek dat is verricht naar de effecten van klimaatverandering en de mogelijkheden om ons aan die veranderingen aan te passen. Onderzoek dat is verricht door de hele kennisketen, universiteiten, kennisinstellingen en ingenieursbureaus. Dat onderzoek startte met Klimaat voor Ruimte, en werd voortgezet met Kennis voor Klimaat en het kennisprogramma Deltaproof van de gezamenlijke waterschappen.

Kennis voor Klimaat en STOWA hebben in de aanloop naar de Deltabeslissingen op een aantal onderzoeksthema's samengewerkt: waterveiligheid, zoetwater en stedelijk gebied. Het betrof een samenwerking die vooral gericht was op het zoeken naar, en creëren van, praktische oplossingen. Vanuit die oplossingen is het nog een stap om tot handelingsperspectieven te komen. In dit boekje belichten wij een aantal oplossingen en handelingsperspectieven waar waterschappers en kennismedewerkers de afgelopen periode aan hebben gewerkt.

Met de presentatie van het Deltaprogramma is de behoefte aan nieuwe kennis niet gestopt. Daarom hebben overheden en de kennisdragers een coalitie gesloten, met als resultaat een nieuw kennisprogramma: het Nederlands Kennisprogramma Water en Klimaat, kortweg NKWK. Dit kennisprogramma gaat, nog meer, de verbinding leggen tussen wetenschap en uitvoering, bouwt voort op de al ontwikkelde kennis en sluit aan bij ontwikkelingen op aangrenzende velden, zoals ruimte, natuur, landbouw, recreatie, de stad en klimaatmitigatie.

Wij hopen dat dit document u inspireert om aan de slag te gaan: Eureka, en nu verder!

JOOST BUNTSMA,

Directeur STOWA

PIER VELLINGA,

Directeur Kennis voor Klimaat

STOWA IN HET KORT

STOWA is het kenniscentrum van de regionale waterbeheerders (veelal de waterschappen) in Nederland. STOWA ontwikkelt, vergaart, verspreidt en implementeert toegepaste kennis die de waterbeheerders nodig hebben om de opgaven waar zij in hun werk voor staan, goed uit te voeren. Deze kennis kan liggen op toegepast technisch, natuurwetenschappelijk, bestuurlijk-juridisch of sociaalwetenschappelijk gebied.

STOWA werkt in hoge mate vraaggestuurd. We inventariseren nauwgezet welke kennisvragen waterschappen hebben en zetten die vragen uit bij de juiste kennisleveranciers. Het initiatief daarvoor ligt veelal bij de kennisvragende waterbeheerders, maar soms ook bij kennisinstellingen en het bedrijfsleven. Dit tweerichtingsverkeer stimuleert vernieuwing en innovatie.

Vraaggestuurd werken betekent ook dat we zelf voortdurend op zoek zijn naar de 'kennisvragen van morgen' - de vragen die we graag op de agenda zetten nog voordat iemand ze gesteld heeft - om optimaal voorbereid te zijn op de toekomst.

STOWA ontzorgt de waterbeheerders. Wij nemen de aanbesteding en begeleiding van de gezamenlijke kennisprojecten op ons. Wij zorgen ervoor dat waterbeheerders verbonden blijven met deze projecten en er ook 'eigenaar' van zijn. Dit om te waarborgen dat de juiste kennisvragen worden beantwoord. De projecten worden begeleid door commissies waar regionale waterbeheerders zelf deel van uitmaken. De grote onderzoeklijnen worden per werkveld uitgezet en verantwoord door speciale programmacommissies. Ook hierin hebben de regionale waterbeheerders zitting.

STOWA verbindt niet alleen kennisvragers en kennisleveranciers, maar ook de regionale waterbeheerders onderling. Door de samenwerking van de waterbeheerders binnen STOWA zijn zij samen verantwoordelijk voor de programmering, zetten zij gezamenlijk de koers uit, worden meerdere waterschappen bij één en het zelfde onderzoek betrokken en komen de resultaten sneller ten goede van alle waterschappen.

DE GRONDBEGINSELEN VAN STOWA ZIJN VERWOORD IN ONZE MISSIE:

Het samen met regionale waterbeheerders definiëren van hun kennisbehoeften op het gebied van het waterbeheer en het voor én met deze beheerders (laten) ontwikkelen, bijeenbrengen, beschikbaar maken, delen, verankeren en implementeren van de benodigde kennis.



STOWA

Postbus 2180
3800 CD Amersfoort

Bezoekadres

Stationsplein 89, vierde etage
3818 LE Amersfoort

t. 033 460 32 00
e. stowa@stowa.nl
i. www.stowa.nl

KENNIS VOOR KLIMAAT IN HET KORT

Kennis voor Klimaat is een stichting die onderzoek programmeert, financiert en faciliteert. Kennis voor Klimaat is opgericht door drie universiteiten (Wageningen UR, Vrije Universiteit en Universiteit Utrecht) en drie kennisinstellingen (TNO, KNMI en Deltares). Binnen het onderzoeksprogramma werken onderzoekers samen met overheden en het bedrijfsleven om kennis, instrumenten en diensten te ontwikkelen die nodig zijn om Nederland klimaatbestendig te maken. Het onderzoek richt zich op specifieke locaties in Nederland die kwetsbaar zijn voor klimaatverandering. Naast toegepast onderzoek richt Kennis voor Klimaat zich op het ontwikkelen van hoogstaande wetenschappelijke kennis binnen acht onderzoeksthema's.

Het programma is in 2008 van start gegaan en loopt tot eind 2014. Het wordt medefinancierd door het ministerie van Infrastructuur en Milieu.

➤ **KENNIS VOOR KLIMAAT**

t. 030 253 99 61

e. o.van.steenis@programmabureauklimaat.nl

i. www.kennisvoorklimaat.nl



Joost Buntsma, directeur STOWA (links) en Pier vellinga, directeur Kennis voor Klimaat.

INLEIDING

De zeespiegel stijgt. De bodem daalt. Het water komt. Of blijft weg. De hitte slaat toe. En dan plotseling geselt een hoosbui stad en land.

Zijn we voorbereid?

We wisten ervan, maar hebben we maatregelen getroffen?

Hadden we een idee van wat we moesten doen?

WAAROM DIT BOEKJE?

Vier jaar lang is binnen het onderzoeksprogramma Kennis voor Klimaat op tal van terreinen uitgezocht voor welke uitdagingen klimaatverandering ons stelt. Inzichten, modellen en veel rapporten zijn geproduceerd. Nu Kennis voor Klimaat het einde nadert, is het tijd om het net op te halen en de vangst te bekijken.

STOWA, medefinancier van het klimaatonderzoek, en Kennis voor Klimaat verkennen in deze publicatie voor drie thema's wat de consequenties zijn van de resultaten van het klimaatonderzoek voor de waterbeheerder. Welke aanwijzingen voor het toekomstige water- en waterkeringbeheer halen we naar boven?

WELKE THEMA'S ZIJN BELICHT?

STOWA en Kennis voor Klimaat hebben in deze publicatie voor drie thema's gekozen: waterveiligheid, de stad en zoet water. Natuurlijk zijn er andere thema's waar onderzoek naar is gedaan, maar deze drie thema's raken de waterbeheerder het meest en zijn urgent.

Binnen deze drie thema's belichten we tien onderwerpen, die goed verbeelden hoe de noodzaak van klimaatadaptatie raakt aan het waterbeheer. Hoe houden we bijvoorbeeld veendijken sterk bij toenemende lange perioden van droogte? Hoe passen we de stad aan om én wateroverlast te beperken én langdurige hittegolven op te vangen? Hoe waarborgen we de beschikbaarheid van zoet water voor landbouw en natuur als de zeespiegel stijgt, de bodem daalt en zout water dieper het land binnen dringt? Kunnen we de natuur ook voor ons laten werken? Waar ligt de uitdaging? Wat is de opgave? En wat kunnen we nu doen?

HET HANDELINGSPERSPECTIEF

De gezamenlijke inspanning van Kennis voor Klimaat en STOWA om wetenschappelijke kennis te vertalen naar praktijkkennis heeft geleid tot handelingsperspectieven voor de waterbeheerder en laat zien hoe onderzoek deze schraagt. Soms zijn de handelingsperspectieven nog niet heel concreet, maar geven toch inzichten waar de waterbeheerder wat mee kan.

Een aspect dat in de thema's vaak terugkomt is samenwerking. Omdat klimaatverandering een sluipend proces is en vaak pas op de wat langere termijn tot grote effecten leidt, zullen andere, politiek meer dringende zaken investeringen in klimaatadaptatie vaak naar achter dwingen. Maar om grote investeringskosten en schade in de toekomst te vermijden is het verstandig om nu slim in klimaatadaptatie te investeren. Koppeling met andere doelen, bijvoorbeeld binnen het natuurbeheer of leefbaarheid in de stad, ligt dan voor de hand. Realisatie van klimaatadaptatie vraagt juist ook daarom om een goed samenspel van uiteenlopende partijen. Dit komt in de alle hoofdstukken terug.

WAAR KOMT DE KENNIS VANDAAN?

Het Kennis voor Klimaat onderzoek is als uitgangspunt genomen voor deze publicatie. Dit wil niet zeggen dat alle onderzoeken, die in de publicatie worden genoemd, in het kader van Kennis voor Klimaat zijn gedaan. We hebben naast het onderzoek van Kennis voor Klimaat gezocht naar interessante onderzoeken die de conclusies in de verschillende hoofdstukken onderbouwen.

De publicatie borduurt voort op de kennisconferentie 'Eureka! Wat nu: van kennen naar kunnen', die op 1 oktober 2013 in Amersfoort is gehouden. De bevindingen uit deze conferentie zijn later via interviews met onderzoekers en betrokkenen uit de watersector concreter gemaakt. We hopen dat deze handelingsperspectieven waterbeheerders helpen om een stap voor uit te zetten in denken en doen en dat deze publicatie een basis is om op voort te bouwen. Bij voortschrijdend inzicht zullen we er met zijn allen aan werken deze tot steeds concretere handelingsperspectieven te verwoorden.

H1 VEENDIJKEN

Hoe sterk zijn ze?

Hoe houden we ze sterk bij droogte?

Kennis wijst de waterbeheerder de weg ➞

Naar schatting liggen er ongeveer 3500 kilometer aan veenkaden in West- en Noord-Nederland. Veenkaden zijn kwetsbaar bij droogte. De dijkdoorbraak bij Wilnis confronteerde de waterkeringbeheerders in de droge zomer van 2003 onverwachts met deze kwetsbaarheid. De risico's van droogte voor veendijken zijn sindsdien uitvoerig onderzocht. Voortzetting van onderzoek en vertaling van kennis naar de praktijk zijn en blijven belangrijk.

WAT IS DE OPGAVE VOOR KLIMAATADAPTATIE?

Waterbeheerders anticiperen op droogte bij beheer en onderhoud van veendijken.

Want

Nu klimaatscenario's drogere zomers voorspiegelen, is het extra belangrijk dat waterkeringbeheerders de reacties van veendijken op droogte kennen. Toepasbaar en toegankelijk gemaakte kennis stelt hen in staat tijdig en met de juiste maatregelen op risicovolle weersomstandigheden te reageren.

Waterbeheerders nemen overigens al maatregelen op basis van kennis die in de afgelopen tien jaar beschikbaar is gekomen. STOWA speelde en speelt bij de vertaling van kennis naar de praktijk een belangrijke rol.

HOE DRAGEN NIEUWE INZICHTEN BIJ AAN OPLOSSINGEN?

Onderzoek en praktijk komen op de volgende wijzen samen:

- Onderzoekers en kennisinstellingen brengen kennis samen, dragen deze over en maken opgedane inzichten toepasbaar.
- Onderzoekers valideren de theoretische kennis via praktijkproeven en/of toetsing aan meetgegevens van waterschappen. Vervolgens komen nieuwe modellen en instrumenten beschikbaar voor de waterbeheerders.
- Waterkeringbeheerders passen de verworven kennis toe bij dijkonderhoud; zij passen de constructie van kwetsbare dijken aan.
- Waterkeringbeheerders voeren in droge perioden preventieve inspecties uit en nemen maatregelen als dat nodig is. Onderzoek laat zien welke (type) dijken kwetsbaar zijn.

HANDELINGSPERSPECTIEVEN VOOR WATERBEHEERDERS OP EEN RIJ

Anticiperen op droogte

Sinds Wilnis staan risico's van droogte voor veendijken bij waterbeheerders

goed op het netvlies. Onderzoek van de afgelopen tien jaar heeft veel aanwijzingen opgeleverd waar bij inspecties op gelet moet worden. Dijkinspecteurs zijn waakzaam op:

- scheurvorming;
- afname van de draagkracht van de grond in de teen van de dijk of verschuiving van de bermslootrand; dit kan een teken zijn dat water door de dijk heen sijpelt of de veenkade in beweging is;
- lagere grondwaterstanden;
- aantasting door graverij van dieren; als gevolg van de verlaging van de waterstand in de dijk kunnen de mollen, muskusratten en konijnen dieper in de dijk gaan graven;
- aantasting door bomen;
- begroeiing van de dijk; veel begroeiing versnelt de verdamping;
- verlagingen van de kruin van de dijk;
- veranderingen bij de aansluitingen op vaste elementen in de kade.

Waterschappen verzwaren hun veendijken bij periodiek onderhoud. Dit gebeurt al veel. De kruin en het talud krijgen een kleidek. De dijk wordt hierdoor hoger en zwaarder en de uitdroging verloopt langzamer.

DE EIGENSCHAPPEN VAN VEEN

Bij aanhoudende droogte verdampt het water uit de veenkade. De grondwaterstand daalt en de dijk droogt uit. Als veen uitdroogt kan het waterafstotend worden. Tegelijk kan uitdroging scheuren veroorzaken waardoor water gemakkelijk de dijk in loopt. Bovendien neemt het gewicht van het dijklichaam fors af. Als gevolg hiervan wordt de dijk minder sterk. Het herbevochtigen van veen is een langzaam proces. Een zeer zware bui na een droogteperiode doet de risico's niet afnemen, maar kan juist het bezwijken van de dijk in gang zetten.

Waterbeheerders nemen kennis van en dragen bij aan doorgaande kennisontwikkeling

De kennisontwikkeling staat niet stil. Doorgaand onderzoek naar de risico's van droogte helpt de waterbeheerder steeds beter de risico's te herkennen. Waterbeheerders zijn vaak bij onderzoek betrokken.



Het Kennis voor Klimaat onderzoek heeft een theoretisch model voortgebracht dat risico's van droogte voor veenkaden in beeld brengt. Het model gebruikt gegevens van waterbeheerders, onder andere over de ligging, opbouw en samenstelling van veendijken, om voor alle dijktracé's de risico's te bepalen. Met het model kunnen waterbeheerders:

- de klimaatgevoeligheid van een dijktracé (beter) beoordelen;
- (betere) focus aanbrengen in de dijkbewaking in droge of natte perioden;
- onderzoek en onderhoud met betrekking tot de klimaatgevoeligheid van veendijken nauwkeuriger prioriteren.

In de kaders en in de paragraaf Onderzoek Uitgelicht zijn deze en andere onderzoeken uitgebreider beschreven.

Waterbeheerders delen kennis

Kennisontwikkeling gaat sneller als onderzoekers en waterschappen samenwerken en van elkaars inzichten en gegevens profiteren. Eind 2013 hebben partijen die bezig zijn met onderzoek naar de sterkte van veen, besloten hun onderzoeksinspanningen naast elkaar te leggen. In een bijeenkomst (tijdens de werkconferentie van STOWA en Kennis voor Klimaat) kwam men erachter dat veel partijen met onderzoek bezig zijn, maar dat men lang niet altijd van elkaar weet wie wat doet of wie welk model ontwikkelt of heeft ontwikkeld.

De bundeling van onderzoek kreeg nog een interessante staart. Hoogheemraadschap van Rijnland bracht tijdens de overleggen een praktijklocatie in. Rijnland zal een kleine polder aan de rand van de Haarlemmermeer omzetten in natte natuur. Het hoogheemraadschap zal een deel van de dijk van deze polder in 2014 ontmantelen. Een prachtige kans voor zogenaamde bezwijktesten. In de zomer van 2014 gaan de partijen gezamenlijk praktijkproeven uitvoeren.

LIVEDIJK ONDERZOEKT INZET MEETAPPARATUUR

Zouden we met slimme meetapparatuur ook 'live' de effecten van verdroging op een veenkade kunnen volgen? In het project "Livedijk de Veenderij" in Ouderkerk aan de Amstel is hiermee geëxperimenteerd. Dit is onderzoek dat valt onder het onderzoeksprogramma van de Stichting IJkdijk. In een kade zijn diverse sensoren geïnstalleerd. De waterbeheerder kan hiermee 'zien' hoe de kade van binnen op droogte reageert.

De onderzoekers doen waterbeheerders de concrete suggestie aan de hand in hun beheergebied een of meerdere 'referentie-dijken' uit te rusten met meetapparatuur. Een dijkvak vol met sensoren signaleert de effecten van verdroging of vernatting sneller dan de dijkspecteur, die op signalen aan de buitenkant moet afgaan. Als de apparatuur gevaarlijke afname van waterdruk of beweging in de referentiedijken registreert, kan het waterschap actie ondernemen. Een waterschap zal dan teams op pad sturen en alle vergelijkbare dijktracés inspecteren.



Kennis landt in instrumenten die waterbeheerders gebruiken bij toetsing en normering

Nieuwe kennis moet uiteindelijk in richtlijnen, leidraden en handreikingen terecht komen die gebruikt worden bij het normeren, toetsen, verbeteren en beheren van de regionale waterkeringen. Dit is het sluitstuk van de kennisontwikkeling. De modellen en instrumenten worden toegankelijk gemaakt door ze in bestaande modellenplatforms zoals DAM (een 'modellenbibliotheek' voor de waterschappen) op te nemen.

HOE REAGEERT EEN DIJK OP VEEN OP BELASTING BIJ MAATGEVEND HOOGWATER?

Gevoeligheid voor droogte is niet het enige aspect van veendijken dat de afgelopen jaren aandacht heeft gekregen. Ook de sterkte (belastbaarheid) van veen onder maatgevende hoogwater omstandigheden is afgelopen jaren nader bekeken. Dit gebeurde in het onderzoek Dijken op Veen van Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier. Experts en omwonenden hadden al langer het vermoeden dat een dijk op veen bij maatgevend hoogwater veel meer kan hebben dan modellen voorspellen. Praktijkonderzoek bevestigt dit vermoeden.

De op stapel staande versterking van de Markermeerdijken heeft de kennisontwikkeling flink versneld. Met name vanwege de vooruitzichten op kostenbesparingen, is het hoogheemraadschap met praktijkproeven gestart. Hiervoor zijn onder meer dijken van containers in weilanden opgebouwd die vervolgens tot bezwijken zijn gebracht. De met opzet veroorzaakte dijkdoorbraken leverden een schat aan gegevens op over de sterkte van het veen in de ondergrond.

Met deze gegevens kunnen we veel. Als we exacter weten hoeveel meer druk veen in werkelijkheid aankan, hoeven de waterschappen de dijken minder rigoreus te verzwaren. Dit bespaart ten eerste miljoenen euro's. In de tweede plaats zullen dijkverbeteringsprojecten het landschap minder hoeven aan te tasten.

In het vervolgonderzoek werken de onderzoekers aan een aangepaste rekenmethode voor dijken op een veenondergrond en aan nieuwe meetmethoden voor de vaststelling van de sterkte. Vooralsnog doen zij dit specifiek voor de Markermeerdijken.

ONDERZOEK UITGELICHT



ONDERZOEK KENNIS VOOR KLIMAAT (DELTA RES) LEVERT MODEL OP VOOR RISICO'S VAN DROOGTE

Onderzoekers van Deltares ontwikkelden een computermodel om de stabiliteit van een veendijk onder veranderende klimatologische omstandigheden te beoordelen. Het model vertaalt de gevolgen van uitdroging van een veendijk naar een risicofactor. De grondwaterstand in of onder de dijk is een belangrijke aanwijzing voor afname van stabiliteit.

Voor de berekening zijn fysieke gegevens nodig. Deze hebben waterbeheerders doorgaans vastgelegd in databestanden: afmetingen, opbouw, ondergrond en de (geo)hydrologische situatie van dijken. Ook de oppervlaktewaterpeilen in de omgeving van de dijk zijn van belang. Het model berekent op basis van deze gegevens de risico's. Dit kunnen actuele risico's zijn.

Daarnaast kunnen de effecten van een gekozen historisch of toekomstig klimaat-scenario worden doorgerekend. Een klimaatscenario is een lange reeks opeenvolgende weersomstandigheden. Om een toekomstig scenario door te rekenen, verhogen de onderzoekers de waarden van een historisch scenario met de voorspelde percentages van toe- of afname (bijvoorbeeld 5% meer regenval of 1% stijging van de temperatuur).

Het model berekent aan de hand van het gekozen scenario het verloop van de waterhuishouding in de dijk. De stijging of daling van de grondwaterstand in of onder de dijk geeft zoals gezegd een belangrijke aanwijzing voor het risico.

Gegevens van de Middelburgse kade in Boskoop zijn gebruikt voor een eerste toets (validatie). Meer van dergelijke toetsen zijn nodig om de voorspellende werking van het model definitief te bevestigen. Momenteel wordt naar financiering voor meer praktijktoetsen gezocht.



INCAH (INFRASTRUCTURE NETWORKS FOR CLIMATE ADAPTATION IN HOTSPOTS): ONDERZOEK NAAR STABILITEIT VAN GRONDLICHAMEN EN KENNISUITWISSELING MET STAKEHOLDERS

Het hierboven beschreven model is een onderdeel van het onderzoeksprogramma INCAH (Infrastructure Networks for Climate Adaptation in Hotspots). INCAH is ondergebracht bij het Kennis voor Klimaat programma. Onder de vlag van INCAH werken universiteiten en kennisinstututen samen aan het bepalen van fysieke, organisatorische en economische aspecten van klimaatverandering. Onder andere worden mogelijke faalmechanismen in grondlichamen bestudeerd. Grondlichamen zijn zowel weg- en spoortaluds als dijklichamen.

Onderzoekers binnen het Kennis voor Klimaat-programma hebben een serie workshops georganiseerd met stakeholders zoals Rijkswaterstaat, waterschappen, gemeenten en de veiligheidsregio's. Onderzoekers deelden inzichten en onderzochten samen met de stakeholders de organisatorische en beleidsmatige consequenties van de samenhang van de verschillende netwerken - en de cascade-effecten - bij eventuele calamiteiten. Een concrete casestudie voor Rotterdam-Noord liet zien welke samenhangen er in een gebied zijn.

Een opvallende bevinding is dat bij een overstroming de grootste problemen met grondlichamen pas ontstaan bij het zakken van het water. In een modelstudie bleek een aantal dagen na een calamiteit het grootste risico op instabiliteit van het grondlichamen werd berekend.

Een concreet handelingsperspectief voor weg- en waterkeringbeheerders: sloten naast een grondlichaam vergroten de risico's van afschuiving. Een aanbeveling is drainagesloten verder van het talud weg te leggen dan nu gebruikelijk is.

MEER INFORMATIE

Meer lezen over dit onderwerp

- www.deltaproof.nl
- www.deltafacts.nl
 - Stabiliteit veenkade m.o. klimaatverandering
 - Sensoren
- www.kennisvoorklimaat.nl
 - Informatie over INCAH en verslaglegging stakeholderbijeenkomsten
Kennis voor Klimaat/Deltares/TNO/INCAH
 - <http://oss.deltares.nl/web/dam>

LITERATUUR

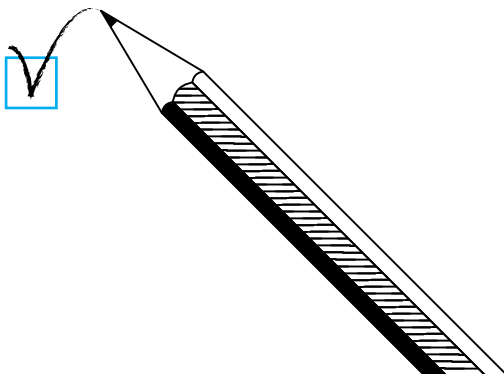
Dr.ir. J. van Esch, ir. H.T. Sman (2012). *Impact of climate change on engineered slopes for infrastructure; computer model*, rapport Deltares.

Ing. G. de Vries (2012). *Monitoring droogteonderzoek veenkaden*. Stichting IJkdijk, Deltares, TNO, mede gefinancierd door FloodControl2015 en STOWA.

EN NU VERDER!

Geinspireerd? Maak hier de **to do lijst** voor uw eigen situatie.

To do lijst maken



H2 ANDERS OF ELDERS BOUWEN

Het waterbewustzijn

bij burgers en bedrijven moet beter ➔



Nederland is de veiligste delta ter wereld. Voor woningen, bedrijven en steden die laag in het landschap liggen, niet ver van zee en langs grote rivieren, binnendijks en buitendijks, blijven echter overstromingsrisico's bestaan. In Nederland is het waterbewustzijn echter laag. Veel bewoners in buitendijks gebied weten zelfs niet dat zij buitendijks wonen, zo bleek uit Kennis voor Klimaat-onderzoek in Rotterdamse wijken. Geen wonder dat waterbewust bouwen nog geen hoge vlucht neemt. Is er een kentering op komst? Waar een gemeente of waterschap een kwartiermaker of waterambassadeur op pad stuurde, heeft dit effect gesorteerd.

WAT IS DE OPGAVE VOOR KLIMAATADAPTATIE?

Anders bouwen en *elders bouwen* krijgt meer aandacht in Nederland. Overigens niet alleen vanwege de risico's van de toekomst die samenhangen met de klimaatverandering, maar ook vanwege de risico's van vandaag.

Want

Anders of *elders* bouwen zorgt er *niet* voor dat de *kans* op overstromingen kleiner wordt. Wel kunnen gevolgbeperkende maatregelen de overstromingsschade terugbrengen. Onderzoek naar de consequentie van een overstroming van buitendijks gebied in Duitsland laat zien dat aangepaste huizen aanzienlijk minder te lijden hebben gehad.

HOE DRAGEN NIEUWE INZICHTEN BIJ AAN OPLOSSINGEN?

Elders bouwen impliceert dat we bij de keuze van bouwlocaties de laaggelegen plekken mijden.

Anders bouwen doe je bijvoorbeeld door:

- het ophogen van terreinen, gebouwen en infrastructuur;
- bouwen op palen;
- waterdicht of waterbestendig maken van bebouwing;
- aanleggen van vluchtwegen.

Anders bouwen is voor een aanzienlijk percentage woningen en bedrijfspanden in het buitendijks gebied in Nederland lucratief. Dit percentage stijgt mee met het rijzen van de zeespiegel.

Anders bouwen kan binnendijks (kosten)efficiënt zijn als een kostbare dijkverster-

king wordt voorkomen door een beperkt aantal huizen waterbestendig te maken. Anders bouwen staat in dat geval voor de keuze voor maatregelen in de tweede laag binnen het concept meerlaagsveiligheid.

HANDELINGSPERSPECTIEVEN VOOR WATERBEHEERDERS OP EEN RIJ

Inzichten verkrijgen

De kennis over klimaatadaptief bouwen (in de breedste zin, dus ook met betrekking tot kostenefficiëntie, veerkracht en de gevolgen voor beheer en onderhoud) moet stevig worden uitgebreid. Daarbij gelden de volgende aandachtspunten:

- Overstromingsrisico's, -gevolgen en oplossingsrichtingen moeten exact in beeld komen. Die inzichten moeten worden gedeeld met de professionals die zich met ruimtelijke inrichting van Nederland bezig houden; daar ontbreekt het nu nog vaak aan.
- Het is van belang heldere afwegingskaders en toetsingscriteria te ontwikkelen en die door te vertalen naar de praktijk van ruimtelijke planners, ontwikkelaars en bouwers. Zij beschikken vaak wel over kennis van 'anders bouwen' en reductie van overstromingsrisico's, maar ontplooiën weinig initiatief omdat toetsingscriteria ontbreken en kennis over de kosten tekort schiet.
- Het is van belang kennis te vertalen in praktische, hanteerbare richtlijnen. Voor bouwen op het water zijn al diverse handreikingen en (ISO-)richtlijnen opgesteld. Verder dan het Bouwbesluit hoeft op dit moment echter niemand te gaan. Dat maakt het onmogelijk waterbestendig bouwen wettelijk af te dwingen. Een praktische ISO-richtlijn zou een stap verder helpen.
- Veel financiële instrumenten en financieringsconstructies werken beknellend. Ze zijn nog erg gericht op de 'oude' manier van overstromingsbeheer en laten te weinig ruimte voor meer creatieve en meerlaagse veiligheidsoplossingen.
- Differentiatie in de planvorming is van belang. Of 'anders of elders bouwen' effectief is, hangt van de locatie af. Plekken die binnendijks relatief hoog in een polder liggen, zullen minder gevaar lopen. Daardoor is het nut van aanpassingsmaatregelen beperkt. Aan de hand van differentiatie kunnen locaties worden aangewezen waar wel en niet (of aangepast) mag of zelfs moet worden gebouwd (gegeven de aanwezigheid van vitale functies). Bouwen op relatief hoge plekken vergt minder aanpassingsmaatregelen. Dit gegeven moet worden geïntroduceerd in het (nu vaak te grof afgestelde) afwegingskader van de ruimtelijke ontwerpers van het gebied.

-
- Bij het aangeven van mogelijke oplossingen is maatwerk nodig. Elke locatie stelt eigen uitdagingen.
 - Voor anders en elders bouwen is een advies: stel in kansrijke gebieden een kwartiermaker aan. Waternet in Amsterdam en de gemeente Rotterdam doen dit met bewezen succes. Deze rol kan worden versterkt als de regisseur zich niet beperkt tot water of klimaatadaptatie, maar breder kijkt naar de lokale situatie. Dat gaat (veel) verder dan de rol van waterbeheerder, maar heeft daarvoor ook meer kans van slagen, omdat dit meer aansluit bij wat bewoners/bedrijven bezighoudt.
 - Voor anders en elders bouwen werkt aansluiten bij bestaande initiatieven goed. Anders en elders bouwen hoeft niet tot een revolutie te leiden. In veel gebieden waar het kansrijk is – binnendijks of buitendijks – kan het worden ingepast in lopende, vaak langdurige andere processen zonder dat deze zelf fundamenteel hoeven te worden aangepast.
 - Een combinatie van waterveiligheid en een grotere aantrekkelijkheid van de leefomgeving biedt kansen. Voorbeeld: een opgehoogd terrein kan een rol gaan spelen in een recreatieve (fiets)route.

LEREN UIT HET BUITENLAND?

Wie in de VS zijn woning extra beveiligt tegen zware stormen, wordt hiervoor gecompenseerd in de sfeer van aanpassing van de verzekeringspremie of de hypotheekrente. In Nederland zouden passende klimaatmaatregelen aan de woning wellicht ook kunnen worden gerelateerd aan financiële producten. Nader onderzoek hiernaar is gewenst.

In de VS mag een bedrijf dat een hogere vloer in het bedrijfspannend legt ook hoger bouwen. In Nederland kan dat (nog) niet. Datacenters die zich in de laaggelegen Watergraafsmeer (Amsterdam) willen vestigen, zijn bereid vloeren hoger te leggen om de gevolgen van een onverhoopte overstroming te beperken. Ze komen dan echter in de knel met de maximale bouwhoogten in het bestemmingsplan.

Communicatie en bewustwording vergroten

Waterbeheerders kunnen systematisch werken aan het vergroten van de kennis en het bewustzijn van het belang van klimaatadaptief bouwen bij alle betrokken partijen. Zo kunnen ze ervoor zorgen dat dit onderwerp bij deze partijen hoger op de agenda komt en werken aan bredere acceptatie. Het bewustzijn dat we te afhankelijk zijn geworden van de hoge beschermingsniveaus die we hebben gecreëerd (of überhaupt het overstromingsbewustzijn) is nog zwak ontwikkeld.

- De aanwezige kennis en ervaring moet worden gedeeld met betrokken partijen, van lokale overheid tot leidingbeheerder, van onderneming tot bedrijventerrein. Ze moeten zakelijk en nauwkeurig worden geïnformeerd over risico's en gevolgen en over de afwegingen die hierbij spelen. Het bewustzijn kan worden vergroot door stakeholders mee te nemen naar overstromingslocaties elders ter wereld, of door de gevolgen in het eigen gebied te presenteren aan de hand van modellen.
- Het is van belang om de kennis over klimaatadaptief bouwen permanent en breed te ontsluiten. Kennis moet landen bij ontwerpers, ruimtelijke planners, bouwers en gebouwingenaren. Nu zit die kennis nog te veel vast bij experts.
- Waterveiligheid kan een asset zijn. De haven of de bedrijvenzone die zichzelf profileert als 'overstromingsbestendig' of 'klimaatrobuust' kan dat gebruiken als extra vestigingsargument.



Ruimte voor waterberging in de stad

ONDERZOEK UITGELICHT

Een uitvoerig overzicht van relevante literatuur en onderzoeksresultaten is te vinden op www.kennisvoorklimaat.nl. Onderzoek naar de kansen en beperkingen van klimaatadaptief bouwen vindt ook plaats in het Deltadeelprogramma Nieuwbouw en Herstructurering.

Inmiddels zijn tal van verkenningen, pilots en concrete acties ontplooid, onder meer in Dordrecht, Kampen en Rotterdam.

De afgelopen jaren is onder meer het volgende bereikt:

- Een algemeen geaccepteerde kansrijke locatie voor ‘anders bouwen’ is het buitendijkse gebied in Nederland. Onder de vlag van Kennis voor Klimaat is onderzoek gedaan naar anders bouwen-maatregelen in het buitendijkse gebied van Rotterdam. Een Kennis voor Klimaat-workshop in de regio over meerlaagse veiligheid buitendijks wees uit dat men ‘waterproofen’ voor cultuurhistorisch waardevolle panden en dorpsgezichten een aantrekkelijke optie vindt.
- Uit sommige modelstudies blijkt dat de kansen niet moeten worden overschat. Buitendijks is het (vaak) gewoon wél beter en kosteneffectiever om de kans op een overstroming zo veel mogelijk te beperken (bijvoorbeeld door waterkeringen te verstevigen) dan om de gevolgschade te minimaliseren (door anders en elders te bouwen).
- Modelmatig onderzoek voor de regio Rotterdam-Rijnmond laat zien dat anders bouwen het risico buitendijks flink kan verlagen. Het leidt wel tot hogere kosten. De kosteneffectiviteit hangt af van de overstromingseigenschappen en varieert daarmee in de ruimte. Dit is inzichtelijk gemaakt in een voorlopige ruimtelijke kosten-batenanalyse. Deze toont aan dat het voor grofweg 20% van de gebouwen die gevaar lopen in het buitendijkse gebied kosteneffectief is om schadereducerende maatregelen te nemen. Hieruit kan een kaart worden afgeleid die aangeeft waar schadereducerende maatregelen efficiënt zijn, onder verschillende scenario's. Dit soort informatie kan worden gebruikt bij herbouwplannen en nieuwe ontwikkelingen.





GOVERNANCE VAN LOKALE ADAPTATIESTRATEGIEËN

Deze actiegeoriënteerde studie beschrijft mogelijkheden voor klimaatadaptatieve ontwikkeling van binnenstedelijke buitendijkse gebieden. Twee strategieën zijn mogelijk: een individueel adaptatieve strategie en een collectief preventieve strategie.

Individueel adaptatieve strategie

Deze strategie heeft als uitgangspunt dat water toegelaten wordt in een gebied. Om schade te voorkomen in geval van overstromingen betekent dit dat het gebied hierop moet worden aangepast, met andere woorden adaptief gemaakt. Maatregelen hiervoor dienen voor zowel bestaande bebouwing, als nieuwbouwprojecten en de openbare ruimte te worden genomen. Maatregelen worden op project en objectniveau getroffen, dus per individueel gebouw of openbare ruimte. Deze strategie kan worden gezien als een aanvulling op het huidige beleid: naast het ophogen bij sloop en nieuwbouw worden aanvullende maatregelen getroffen om gebouwen en voorzieningen waterbestendig te maken. Tegelijkertijd is het de vraag wie de regie neemt en welke verantwoordelijkheid bij wie ligt (zowel tijdens de ontwikkeling als daarna).

Collectief preventieve strategie

In tegenstelling tot de voorgaande strategie wordt hier het water uit het gebied gehouden door het ophogen van de kades of het aanbrengen van een keermuur. Deze strategie kan alleen op gebiedsniveau toegepast worden, omdat maatregelen voor het gehele gebied moeten worden genomen om overstromingen te voorkomen. Omdat water buiten het gebied blijft, zijn maatregelen binnen het gebied niet langer nodig. Deze strategie brengt (bestuurlijk) grote veranderingen met zich mee: wie neemt/nemen de regie, hoe stuur je, wie neemt de verantwoordelijkheid? Ook is de vraag hoe je ervoor zorgt dat ook in de toekomst het water uit het gebied blijft.

In termen van de drie lagen van meerlaagse veiligheid kun je zeggen dat bij de individueel adaptatieve strategie het accent ligt op maatregelen in de tweede laag (de ruimtelijke inrichting van het gebied) en bij de collectief preventieve strategie op de eerste laag (preventie).

Voor Noordereiland (Rotterdam) blijkt de individueel adaptatieve strategie het meest geschikt te zijn. Een gebrek aan gevoel van urgentie bij bewoners belemmert echter de implementatie van deze strategie. Voor de Kop van Feijenoord is de collectief-preventieve strategie het meest van toepassing.



OPVIJZELEN VOORSTRAAT DORDRECHT

De Voorstraat ligt op een waterkering. Deze zou met 0,75 meter moeten worden verhoogd om de komende eeuw aan de normen te blijven voldoen. Maar hoe pak je dat aan met historische, stedelijke bebouwing op een kering? Met vijzeltechnologie is het mogelijk om hele woonblokken op te tillen, zonder dat bewoners en ondernemers het pand uit moeten, en zonder het historisch stadsgezicht aan te tasten. Het kan bewoners wellicht een kelder opleveren. Opvijzelen kan kostentechnisch concurreren met bijvoorbeeld een beweegbare kering. Voor de hoogwaterveiligheid van het Eiland van Dordrecht is het een reële oplossing, die het verdient om verder te worden onderzocht en overwogen.



WETGEVING HOUDT NIET TEGEN, MAAR STIMULEERT OOK NIET

In deze studie is onderzocht hoe alternatieve, adaptieve maatregelen voor de laaggelegen Kop van Feijenoord zich verhouden tot het huidige beleid en de wet- en regelgeving. In principe zijn hierin weinig echte barrières te vinden. Toch worden adaptieve methoden nog maar weinig gebruikt. Er zijn echter goede mogelijkheden om ze in ruimtelijke plannen mee te nemen: er zijn geen duidelijke belemmeringen in de huidige wet- en regelgeving. Een probleem is dat juridisch afdwingen van maatregelen veelal moeilijk is, zeker in bestaand gebied. Daardoor zal veel via communicatie, convenanten en subsidies geregeld moeten worden. Dat hoeft bij voldoende draagvlak geen probleem te zijn, maar biedt wel minder zekerheid. Via participatieve processen kan het draagvlak worden vergroot. Daarnaast zouden gemeenten in de regelgeving meer mogelijkheden moeten krijgen om adaptieve maatregelen af te dwingen.

MEER INFORMATIE

Meer lezen over dit onderwerp

- www.deltaproof.nl
 - www.kennisvoorklimaat.nl
 - www.rijksoverheid.nl/onderwerpen/deltaprogramma
-

LITERATUUR

Joost Pol, onder begeleiding van S.N. Jonkman (TU Delft), M.R. Bruggers (Deltares) en F. Klijn (Deltares) (2012). *Een innovatieve oplossing voor de hoogwaterveiligheid in Dordrecht*.

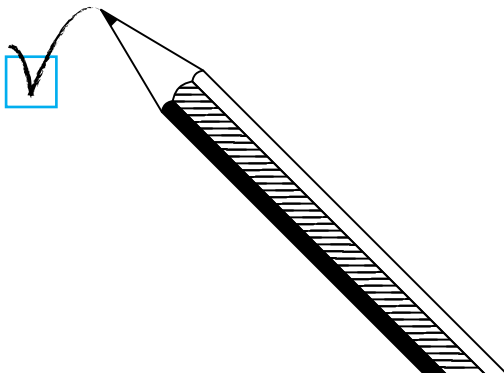
Ir. drs. Hanne van den Berg, dr. Arwin van Buuren, dr. Mike Duijn, Danny van der Lee MSc, ir. drs. Ellen Tromp, ir. Peter van Veelen (2013). *Governance van Lokale Adaptatiestrategieën, de casus Feijenoord*, Deltares, Kennis voor Klimaat, Gemeente Rotterdam.

Dr. ir. M. van Vliet (2012). *Juridische haalbaarheid van maatregelen Kop van Feijenoord*, VU, IVM Amsterdam.

EN NU VERDER!

Geïnspireerd? Maak hier de **to do lijst** voor uw eigen situatie.

To do lijst maken



An aerial photograph of a rural landscape. A river flows through the center, bordered by lush green fields and a line of trees. A road runs parallel to the river. In the background, there are residential buildings and more fields. The overall scene is a typical Dutch countryside.

H3 COMPARTIMENTEREN

Een niet te verwaarlozen optie voor
meer waterveiligheid ➔

Hoe veilig de Nederlandse delta ook is, bij een eventuele dijkdoorbraak waarbij grote gebieden onder water komen te staan, kunnen slachtoffers vallen en kan veel schade ontstaan. Klimaatveranderingen hebben invloed op de kans op dijkdoorbraken. Het sterk houden en steeds verder ophogen van de buitendijken is één optie om de waterveiligheid op voldoende niveau te houden. Compartimenteren is een alternatieve of aanvullende optie.

WAT IS DE OPGAVE VOOR KLIMAATADAPTATIE?

Op grote schaal nieuwe compartimenteringen aanleggen is erg duur. Er liggen echter veel regionale waterkeringen en andere lijnvormige verhogingen in het landschap met een compartimenterende functie. Het vertragend effect daarvan op het verloop van een overstroming is niet te onderschatten. Het realiseren of handhaven van gewenste compartimentering kan aan de orde zijn bij keuzes over beheer en onderhoud van bestaande regionale keringen.

Nieuwe plannen voor de ruimtelijke inrichting bieden kansen. Een wegtalud of een geluidswal kan met wat extra investeringen zo vormgegeven worden dat deze ook als compartimenteringskering kan dienen. Soms kan compartimentering eenvoudig bereikt worden door aanwezige verhoogde elementen in het landschap met een korte dijk met elkaar te verbinden. Aandacht voor compartimenteren is in dergelijke situaties gewenst.

Want

Compartimenteren kan slachtoffers en schade in geval van een dijkdoorbraak fors reduceren. Bij een ingrijpende dijkdoorbraak kan compartimentering mogelijk zelfs maatschappelijke ontwrichting voorkomen.

HOE DRAGEN NIEUWE INZICHTEN BIJ AAN OPLOSSINGEN?

Onderzoekers pleiten ervoor het principe van compartimentering in ieder geval niet te verwaarlozen bij het onderhoud van bestaande 'droge' of regionale waterkeringen.

Onderzocht is wat consequenties van zeespiegelstijging kunnen zijn. Een hogere zeespiegel kan tot gevolg hebben dat regionale keringen bij een overstroming vanuit zee minder effect hebben dan nu, omdat de huidige kruin daarvan onder zee-niveau komt te liggen.

HANDELINGSPERSPECTIEVEN VOOR WATERBEHEERDERS OP EEN RIJ

Om de voordelen van compartimentering te benutten kunnen waterbeheerders het volgende doen.

Zuinig zijn op de waterkerende infrastructuur met een compartimenterende functie die nu aanwezig is

Uit simulaties van overstromingen blijkt dat ook kleine verhogingen in het landschap het water al behoorlijk kunnen ophouden. In laag-Nederland liggen veel bestaande elementen die - bedoeld of onbedoeld - nuttig zijn, omdat zij als compartimenteringskering werken. Vanwege de compartimenterende werking die ze hebben, zouden we terughoudend moeten zijn met het opruimen hiervan. Wellicht is goed onderhoud ervan een betere optie.

TEGENHOUDEN OF VERTRAGEN

Compartimenteren is het opsplitsen van dijkringen in kleinere eenheden. Er zijn twee varianten:

- 1 Compartimentering met keringen die een dijkkring volledig splitsen. De compartimenteringsdijk is hierbij even hoog als de primaire kering of buitenwaterkering. Schade en slachtoffers worden beperkt doordat slechts een deel van de dijkkring overstroomt.
- 2 Compartimentering met keringen die lager zijn dan de buitenring. Deze vertragen de overstroming. Daarmee wordt tijd gewonnen voor evacuatie. De overheid kan mede hierdoor de overstroming beter beheersen.

De voor- en nadelen van compartimenteren

Voordelen:

- Minder blootstelling.
- Vertragen verspreiding van het water.
- Minder mensen evacueren, kortere afstanden bij evacueren.
- Evacuatie routes en vluchtplaatsen veilig stellen.

Ook zijn er effecten op de dijkdoorbraak zelf:

- Als het water minder hard een gebied instroomt, doordat compartimenteringskeringen het water ophouden, verloopt de bresgroei minder snel.
- Bij overstromingen vanuit zee is het effect van het getij een belangrijke factor.

Een groot areaal overstromd gebied heeft een heftige in- en uitstroom van water als gevolg. Bij een beperkt gehouden overstroming (als gevolg van compartimentering) is deze in- en uitstroom minder heftig.

Nadelen van compartimenteren zijn, behalve uiteraard de hoge kosten van aanleg, beheer en onderhoud:

- In de compartimenten die wel volstromen kan het risico op slachtoffers toenemen.
- De extra dijken nemen ruimte in.

Het principe van compartimentering op het netvlies houden bij de ruimtelijke inrichting

Hierbij geldt: benut kansen. Zoek naar locaties waar en momenten waarop met slimme oplossingen extra waterveiligheid via compartimentering kan worden gerealiseerd tegen acceptabele kosten. Gaat een gebied op de schop, dan kan realisatie van compartimentering minder kostbaar zijn, omdat oplossingen worden gevonden in combinatie met andere ingrepen. De waterbeheerder kan het initiatief tot samenwerking nemen als deze kansen zich voordoen.

Simulaties uitvoeren

Simulaties van het overstromingsverloop bij een dijkdoorbraak zijn zeer waardevol voor inzicht, informatieoverdracht en ondersteuning van afwegingsprocessen.



Inzet van (flexibele) keringen

Gebiedsanalyses uitvoeren

In een gebiedsanalyse zijn de volgende zaken van belang:

- Weet waar compartimenteringskeringen en lijnvormige grondlichamen met compartimenterende werking liggen.
- Weet welke functie zij hebben en of zij voor die functie (nog) geschikt zijn.
- Ken het overstromingsverloop bij diverse overstromingsscenario's
- Maak kennis actueel. Wat weten we van:
 - huidige afmetingen, samenstelling van keringen?
 - lengteprofielen? (variaties in afmetingen of hoogte in lengteprofiel; is de kering volledig gesloten, zijn er kruisingen met doorgaande waterverbindingen en andere infrastructuur?)
 - staat van onderhoud?
 - standzekerheid?
 - Kosten van beheer en onderhoud?

GELUIDSWAL COMPARTIMENTEERT

Bij de woonwijk Stadshagen in Zwolle is een geluidswal aangelegd die tegelijk een functie heeft als noodwaterkering. Hij wordt stevig, krijgt een afwerking met klei en wordt ingezaaid met speciaal diepwortelend gras.

Dankzij de extra investeringen kan de geluidswal water een tijd lang keren, als dat nodig mocht zijn. De extra functie van de geluidswal is het resultaat van de samenwerking tussen overheidspartners in de IJssel-Vechtdelta: de provincie Overijssel, Waterschap Groot Salland en de gemeenten Zwolle, Kampen en Zwartewaterland. De geluidswal is een verantwoordelijkheid van de gemeente Zwolle. De provincie zag in de aanleg een kans om de waterveiligheid te verhogen.

Gedeputeerde Bert Boerman van Provincie Overijssel zegt hierover: “Waterschap Groot Salland zorgt voor de dijken rondom de polder, maar we kunnen samen de waterveiligheid in een gebied met relatief kleine investeringen enorm verhogen.”

De gemeente investeert miljoenen in de geluidswal die er toch al moet komen. De meerkosten voor een extra functie vanuit waterveiligheid zijn circa een half

miljoen euro. Daarnaast zijn er kosten voor de aansluiting op de bestaande dijken. Boerman: “Het gaat om overzichtelijke bedragen. Onze conclusie is dat dergelijke maatregelen alleen betaalbaar zijn als je ze kan combineren met een project dat je toch al gaat uitvoeren. Het gaat om extra veiligheid die je relatief makkelijk en goedkoop kan realiseren.”



Locatie geluidswal Zwolle

Voorbeelden van compartimentering zijn:

- Men kan onderzoeken hoe men, bijvoorbeeld door dijkhoogten te variëren, overstromingen kan sturen en gericht naar plekken kan leiden waar het minder schade zal aanrichten. Ook dan is de overstromingsschade minder groot.
- Een ander voorbeeld van een ingreep is het aanleggen van keringen rondom kwetsbare gebieden en functies, bijvoorbeeld om nieuwbouwwijken of dorpen heen. Soms kan dat door combinatie met een geluidswal langs een ringweg.

Een status toekennen aan compartimenterende dijk- of grondlichamen en verantwoordelijkheid nemen voor het functioneren

Wanneer is vastgesteld dat compartimentering een bijdrage levert aan waterveiligheid, is het zaak het systeem op orde te houden. Voor de regionale waterbeheerder geldt: neem de verantwoordelijkheid voor behoud van de werking van een kering. Dit kan via het vaststellen van normen waaraan de keringen moeten voldoen. Men kan aan een compartimenteringskering een formele status geven. Op regionale schaal moeten er afspraken zijn – of worden gemaakt - met mede-overheden over het eigenaarschap en het beheer en onderhoud van waterkerende infrastructuur.

Rekening houden met effecten van klimaatverandering

Op de lange termijn is het stijgen van de zeespiegel relevant, omdat lijnelementen die nu nog boven gemiddeld zeeniveau uitstijgen, onder zeeniveau kunnen komen te liggen. De nu nog compartimenterende werking van bijvoorbeeld veel boezemkades in Noord- en West-Nederland vervalt daarmee. Dit is aan de orde bij een verhoging van de zeespiegel van circa een meter. Tijdig ophogen van deze elementen is vereist om ze hun- onbedoelde – compartimenterende functie te laten behouden. Zorg bij het reguliere onderhoud of bij verbetering van de bestaande boezemkades dus voor extra verhoging.

BEPALEN NUT COMPARTIMENTERINGSKERINGEN: GEEN EENVOUDIGE OPGAVE

Een compartimenteringskering kan een positief, maar ook een negatief effect hebben op schade en slachtoffers. Eén en ander is afhankelijk van waar de dijkdoorbraak plaatsvindt en hoe de overstroming verloopt. Onderzoek dat in opdracht van STOWA is gedaan ten behoeve van de Richtlijn Normering Compartimenteringskeringen, laat zien hoe complex het bepalen van nut en/of norm soms is.

Bij de Middeldijk van Hoogheemraadschap Hollandse Delta leverde het rekenwerk bij het ene doorbraakscenario (doorbraak bij Flauwe Werk) een andere wenselijke (norm)hoogte op dan het rekenen bij een ander doorbraakscenario (bij Kwade Hoek). Ook bij de Meidijk van Waterschap Rivierenland leidden de berekeningen voor doorbraakscenario's (bij Zuilichem en bij Brakel) tot andere, zelfs tegengestelde, conclusies.

De Knardijk leverde minder hoofdbrekens op: het effect bij een doorbraak in zowel het noordelijke als zuidelijke deel van de Flevopolder is positief; schade en de slachtoffers zijn in beide gevallen 40% lager dan de situatie zonder dat de Knardijk Flevoland in tweeën splitst.

Twee voorbeelden laten zien dat een lagere compartimenteringskering soms te verkiezen is boven een hogere. Voor Callantsoog in de provincie Noord-Holland bleek dat de hoogste schades ontstaan wanneer de compartimenteringskering, de Noordschinkeldijk, het water volledig keert. Een hogere waterstand in het compartiment dat volstroomt levert meer schade op dan een groter overstromingsgebied. Conclusie: het overstroombaar maken van de dijk lijkt kosten-effectief, maar het aantal mensen dat door de overstroming wordt getroffen neemt toe.

Ook bij berekeningen van het effect van de Maasdijk in Zuid-Holland bleek de situatie zonder dijk bij een zeker overstromingsscenario vanuit zee vanuit economisch risico te prefereren. Het water komt dan minder hoog te staan in Den Haag.

ONDERZOEK UITGELICHT



HOOFDRAPPORT COMPARTIMENTERINGSTUDIE: NEEM COMPARTIMENTERING SERIEUS IN OVERWEGING

In 2008 verscheen een landelijke verkenning naar de mogelijkheden van toepassing van compartimentering. De studie stelt vast dat compartimentering een effectieve strategie is om de impact van een overstroming te verminderen. Ook wordt hierin vastgesteld dat bestaande (restanten van) regionale waterkeringen het verloop van een overstroming en de impact ervan sterk beïnvloeden. Voor acht van de 53 dijkringen in Nederland, wordt aanbevolen compartimentering serieus in overweging te nemen.

Voor 18 dijkringen wordt gesteld dat compartimentering een zinvolle strategie kan zijn.

De compartimenteringsstudie heeft bij waterkeringbeheerders discussies losgemaakt. De principiële vraag is of we te grote dijkringen rond kwetsbare gebieden niet maatschappelijk onaanvaardbaar moeten vinden, vanwege de maatschappelijke ontwrichting en de schade en slachtoffers die een overstroming van zo'n dijkkring tot gevolg kan hebben, hoe klein we die kans ook maken.

Er wordt een vergelijking gemaakt met compartimentering op andere terreinen. Bijvoorbeeld: in de bouw geldt dat compartimentering vanuit brandveiligheid verplicht is. Een compartiment mag nooit groter zijn dan een bepaald gegeven volume. Ook in de scheepsbouw (olietankers) en bosbouw (brandgangen) wordt compartimentering toegepast. Analoog hieraan zou in een waterveiligheidsbeleid dat compartimentering als strategie omarmt, kunnen gelden dat er een maximum gesteld wordt aan het areaal dat als gevolg van een enkelvoudige dijkdoorbraak onder water mag komen te staan. Vooral nog lijkt een dergelijke keuze niet te worden gemaakt.



GEVOLGEN ZEESPIEGELSTIJGING VOOR COMPARTIMENTERENDE WERKING REGIONALE KERINGEN

Uit deze Kennis voor Klimaat-studie, waarbij simulaties van overstromingen vanuit zee zijn uitgevoerd met twee scenario's van zeespiegelstijging, blijkt dat de hoogten van compartimenterende regionale keringen in Centraal Holland niet meer toereikend zijn bij zeespiegelstijgingen van ruim een meter. Het gevolg daarvan is dat het overstroomde areaal aanzienlijk toeneemt in geval van een dijkdoorbraak. Alertheid is dus geboden. Waterkeringbeheerders zouden de keringen bij periodiek onderhoud kunnen laten meegroeien met het rijzen van de zeespiegel.



'HET VOORDEEL EENER DUBBELE DEFENSIE, COMPARTIMENTERING VAN DIJKRINGEN ALS AMFIBISCHE STRATEGIE'

Informatief is het artikel van Alex van Heezik in het Tijdschrift voor Waterstaatsgeschiedenis 21 (2012): 'Het voordeel eener dubbele defensie, compartimentering van dijkkringen als amfibische strategie', gebaseerd op de gelijknamige publicatie uit 2008.

Van Heezik belicht de wisselende aandacht die compartimentering in het verleden ten deel viel. Meestal na calamiteiten (1953) en bijna-calamiteiten (bijna overstromingen 1993 en 1995) verschijnt het onderwerp op de agenda, om daarna weer langzaam in vergetelheid te raken.

In het slotstuk van zijn artikel schrijft Van Heezik:

" ... het ziet er naar uit dat er voorlopig nog geen einde komt aan de discussie over de toepassing van (nadere) compartimentering van dijkkringen ... Uit de hier beschreven discussies over het compartimenteren van dijkkringen in de twintigste eeuw is in ieder geval duidelijk geworden dat de meningen hierover plotseling radicaal kunnen veranderen. Zowel na de ramp van 1953 als na de bijna-rampen van de jaren negentig was er sprake van een sterk stijgende waardering voor het compartimenteringsprincipe. Dat die waardering uiteindelijk niet vertaald werd in concrete maatregelen, is deels toe te schrijven aan de beperkte opvatting van de baten van compartimentering, waardoor de kosten-batenverhouding vrijwel altijd ongunstig uitviel. De belangrijkste achterliggende oorzaak was echter dat het vertrouwen in de (technische) mogelijkheden tot beheersing van het water steeds bleef overheersen."

MEER INFORMATIE

Meer lezen over dit onderwerp

- www.deltaproof.nl
- www.deltafacts.nl
Gevolgenbeperking compartimentering dijkringen
- kennisonline.deltares.nl
Compartimenteringsstudie, hoofdrapport
- www.stowa.nl
Richtlijn Normering Compartimenteringskeringen
- www.kennisvoorklimaat.nl

LITERATUUR

N. Asselman, H. van der Most, F. Klijn (2008). *Hoofdrapport Compartimenteringstudie: Verkenning van nadere compartimentering van dijkringgebieden in het kader van de beleidsvoorbereiding Waterveiligheid 21^e eeuw (WV21)*.

Chris Geerse, Jan Stijnen, Bas Kolen (2007). *Richtlijn Normering Compartimenteringskeringen*, uitgevoerd in opdracht van STOWA. De richtlijn bevat naast de showcases een uniforme methode voor het vaststellen van het nut van compartimenteringskeringen en voorbeelden van kosten-baten berekeningen. Bij de ontwikkeling van deze Richtlijn is de methode getest en bijgesteld met de uitwerking van 10 cases.

Alex van Heezik, Tijdschrift voor Waterstaatsgeschiedenis 21 (2012): 'Het voordeel eener dubbele defensie, compartimentering van dijkringen als amfibische strategie'.

Alex van Heezik (2008). *Het voordeel eener dubbele defensie*. Deltares rapport T2513.20.

Frans Klijn, Matthijs Kok, Hans de Moel (2012). *Towards climate-change proof flood risk management, Exploration of innovative measures for the Netherlands' adaptation policy inspired by experiences from abroad*. Interim report Thema 1, Kennis voor Klimaat.

Frans Klijn, Jaap Kwadijk, Karin de Bruijn, Joachim Hunink (2010). *Overstromingsrisico's en droogte-risico's in een veranderend klimaat*. Deltares-rapport 1002565-000.

Jakolien K. Leenders, Susanne M. Groot, Bas Kolen en Henk van Hemert (2007). *Assessing the effects of compartmentalisation of dike-ring area's on the amount of economical damage and the number of casualties related to a flood*.

M. Mens, Universiteit Twente/Deltares (2013). *Robuustheid als extra beleidsdoel? De bedijkte Maas als testcase*, Sessie 3.2, Kennisconferentie Deltaprogramma, 23 april, Wageningen.

M. Mens, (2012). *Analyse van systeemrobustheid; een toepassing op de IJssel*, rapportage KvK Thema 1

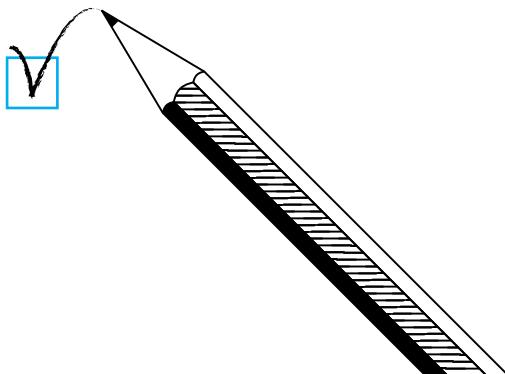
M.J.P. Mens, F. Klijn, K.M. de Bruijn, E. van Beek, (2011). *The meaning of system robustness for flood risk management*. Environmental Science & Policy, 14(8), 1121-1131.

M.J.P. Mens, J.H. Kwakkel, A. d. Jong, J.A. Wardekker, W.A.H. Thissen, J.P. v. d. Sluijs (2012). *Begrippen rondom onzekerheid*. Kennis voor Klimaat Thema 2.

EN NU VERDER!

Geïnspireerd? Maak hier de **to do lijst** voor uw eigen situatie.

To do lijst maken





H4 KWELDERS EN DIJKVERSTERKINGEN

Samenspel harde techniek en
natuur verzilveren ➞

De afgelopen jaren is er bij waterbeheerders, natuurorganisaties en de waterbouwsector interesse ontstaan voor diverse vormen van samenspel van civiele techniek en natuurlijke processen. Bij dijkversterkingen langs kuststroken waar kwelders liggen zijn er hiervoor mogelijkheden. Waterbeheerders kunnen gebruik maken van het gegeven dat kwelders golfenergie dempen.

WAT IS DE OPGAVE VOOR KLIMAATADAPTATIE?

Waterbeheerders kunnen natuurlijke processen benutten om de waterveiligheid te verbeteren. Een waterkeringbeheerder die bij een dijkversterking de combinatie van kwelder en dijk als één geheel benadert, combineert diverse voordelen.

Want

De waterkeringbeheerder kan kosten uitsparen doordat het dijklichaam minder hard of minder hoog hoeft te zijn. Wanneer zo'n dijk met een kwelder beter past in het landschap, is dit ook nog eens winst voor de samenleving. Bovendien kan waardevolle natuur tot ontwikkeling komen op zo'n kwelder voor de dijk. Kwelders kunnen, mits er genoeg sediment is, meegroeien met de verhoging van de zeespiegel.

HOE DRAGEN NIEUWE INZICHTEN BIJ AAN OPLOSSINGEN?

Het Kennis voor Klimaat-programma heeft veel inzichten uit binnen- en buitenland vergaard rondom technische en andere aspecten die aan de orde zijn bij dit thema. Een belangrijk aspect is bijvoorbeeld het regelen van beheer en onderhoud.

HANDELINGSPERSPECTIEVEN VOOR WATERBEHEERDERS OP EEN RIJ

Kennis nemen van inzichten

Het Kennis voor klimaat-programma heeft samen met de noordelijke waterschappen en het Deltaprogramma Wadden de nodige kennis verzameld. Te weten:

- kennis over de effecten van kwelders en voorlanden onder diverse situaties: van gemiddelde tot extreme (maatgevende) condities;
- voorbeelden van arrangementen tussen waterkeringbeheerders en eigenaren en beheerders van kwelders; als de kwelder onderdeel is van de dijk zijn afspraken over beheer en onderhoud immers nodig om de veiligheid te waarborgen;
- instrumenten voor de vormgeving van een meer complex gebiedsproces, waarbij de dijkversterking in combinatie met landschapsontwikkeling wordt aangepakt (en waarbij meer partijen betrokken) zijn;
- uitgewerkte (voorbeelden van) alternatieve dijkconcepten en voorbeelden van toepassing.

Nodig is nog:

- doorvertaling van kennis naar ontwerp, beheer en toetsing;
- praktijktoepassing;
- monitoring van effecten onder praktijkomstandigheden.

Praktijkgegevens over de effecten van kwelders op de golfslag die de dijk bereikt zijn nog niet ruim voorhanden. Wanneer het alternatieve ontwerp met kwelder wordt uitgevoerd, is het zaak de daadwerkelijke effecten goed in beeld te brengen. Zodoende zal meer praktijkkennis beschikbaar komen. Voor onderzoeksdoeleinden is het dus wenselijk zo snel mogelijk een praktijksituatie te kunnen beoordelen.

UIT HET DELTAPROGRAMMA (2014):

‘Innovatieve dijkconcepten kunnen in het Waddengebied een oplossing bieden voor de veiligheidsopgave en zijn te koppelen aan ambities voor natuur, recreatie en lopende gebiedsontwikkelingen. Vijf dijkconcepten lijken kansrijk: rijke dijk, dijk met biobouwers, standaarddijk met innovatieve elementen, groene dijk en standaarddijk met kwelderwal. Langs de Dollard bestaat breed draagvlak voor een dijk die met gras is bekleed en via een flauw talud overgaat in een kwelder. De kwelder groeit op natuurlijke manier mee met de zeespiegel, wat de dijk duurzaam veilig maakt (bouwen met de natuur). Ook biedt de groene dijk meerwaarde voor natuur en landschap.’

Plekken identificeren waar dijkversterking uitgevoerd kan worden volgens innovatieve concepten waarbij de kwelder deel uitmaakt van de waterkering

Hoewel de nieuwe concepten nog niet in toetsingsprotocollen zijn geïntegreerd, kunnen waterkeringbeheerders wel gebruik maken van nieuw verworven kennis en inzichten. Een daarop gestoeld en in alle facetten goed uitgewerkt en onderbouwd plan, zou in uitvoering kunnen worden genomen. Er is een zoekkaart opgesteld met kansrijke locaties (zie verderop bij onderzoek uitgelicht).

Plannen voor de dijkversterking met alle belanghebbenden bespreken; besteed hierbij veel aandacht aan de afstemming van doelen

Innovatieve concepten die het voorland bij de dijkversterking betrekken, impliceert meer interdisciplinaire samenwerking in meer complexe besluitvormings-

processen. Doelstellingen en belangen van waterbeheerders, natuurbeheerders, lokale stakeholders en grondeigenaren moeten worden gecombineerd, mogelijk in een gebiedsproces.

Een aanbeveling uit één van de studies is dan ook: breng in een gebiedsproces alle partijen vanaf de start samen om samen te bekijken wat belangen, doelen en mogelijkheden zijn. Het kan nuttig zijn een neutrale partij of persoon als begeleider aan te wijzen.

Verkennen van opties in verband met wet- en regelgeving

Omdat de Waddenzee wordt beschermd vanuit o.a. Natura2000 (doelstelling: behoud) en de Planologische Kernbeslissing (PKB) Wadden, is verandering van de aard van een kwelder ten behoeve van waterveiligheid niet zomaar toegestaan. Er kan een spanning optreden tussen de inzet van kwelders voor waterveiligheid en de natuurwaarden. Het kunstmatig laten ontwikkelen van kwelders in zeewaartse richting legt bijvoorbeeld beslag op andere habitattypen. Daarom is voor kwelderontwikkeling een vergunning nodig in het kader van de natuurwetgeving.



Kwelderlandschap

Samenwerking zoeken met kennisinstellingen om oplossingsrichtingen te verkennen en kennis te verwerven door monitoring

Hoewel er nog veel vragen zijn over de precieze wisselwerking tussen kwelder en dijk, zijn effecten van kwelders/vooroevers met numerieke modellen (SWAN) tegenwoordig wel in kaart te brengen. Als een dijkversterking wordt uitgevoerd waarbij dijk en kwelder als één systeem worden benaderd, biedt dat een mogelijkheid om onderzoek te doen dat ertoe leidt dat we over meer ervaringsgegevens gaan beschikken over het samenspel van dijk en kwelder.

Concrete vertaling in de praktijk

Bij het implementeren van een innovatief dijkconcept komt veel onderzoek naar diverse aspecten kijken.

- Concreet moet worden vastgesteld hoe de inzet van een kwelder zich vertaalt in de dimensionering van de harde waterkering.
- Concreet moet worden vastgesteld hoe het alternatief uitwerkt op het onderhoudsregiem van een dijk en tot welke kostenbesparingen en/of extra inspanningen dit leidt.
- Concreet moet worden vastgesteld hoe eigendom, beheer en onderhoud van de kwelder en dijk worden geregeld.



Multifunctioneel gebruik van het landschap

DUITSE ERVARINGEN DIENEN ALS VOORBEELD VOOR EEN GROENE DOLLARD DIJK

In Duitsland past men in de Dollard brede groene dijken toe als traditionele zeedijk. Deze dijken hebben een breed met gras bekleed flauw buitentalud dat op natuurlijke wijze overgaat in de voorliggende kwelders. Golven worden gedempt in het voorland. Alleen bij verhoogde waterstanden tijdens stormachtige omstandigheden (hooguit enkele tientallen malen per jaar) bereiken de golven de dijk. Ze zijn dan al enigszins gedempt en worden ook nog eens gebroken door de teruglopende vorige golven. Er is geen harde bekleding nodig op het buitentalud. In Nederland wordt deze variant met interesse bekeken bij het bepalen van voorkeursvarianten voor de Nederlandse Dollarddijk.

Observaties uit Duitsland zijn:

- Vóór de aanleg van de brede dijken ontstond bij stormvloed schade aan de grasdijken met steile buitentaluds. De afgelopen decennia is er geen noemenswaardige schade geweest. Ook niet tijdens de Allerheiligenvloed in 2006.
- Het Deichambt (dijkschap) heeft nooit een kostenvergelijking gemaakt tussen de het ontwerp van de brede dijk en een ontwerp met steilere, hard verdedigende dijken. De wenselijkheid van het concept werd niet betwist. Men kende de voordelen op basis van waarnemingen.
- Alleen 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 bij schade. Bovendien kan schade aan een groene dijk gemakkelijker worden waargenomen en sneller worden gerepareerd.
- De Duitse kwelder is de afgelopen decennia in omvang afgenomen. Een interessante vraag voor de toekomst is of en hoeveel opslibbing gaat plaatsvinden en of dit voldoende is om de zeespiegelstijging bij te houden.
- Het dijkschap heeft overleg met natuurbeheerders over het beheer van het voorland. Er wordt verkend of de begrazing van het voorland onder verantwoordelijkheid van het dijkschap kan komen te vallen.
- Op het flauwe talud blijft veel veek achter. Veek bestaat vooral uit riet, afkomstig vanuit de kwelders. Het is vaak onduidelijk waar men heen moet met dit afval. Akkerbouwbedrijven kunnen het composteren. Het kan ook worden vergraven of wellicht als biobrandstof worden gebruikt, wat financieel voordelig kan zijn.

NOORDWAARD: AANLEG BEGROEID VOORLAND RESULTEERT IN LAGERE EN SMALLERE RIVIERDIJK

In de Noordwaard is het principe van begroeide vooroevers toegepast bij een rivierdijk. De Noordwaard wordt ontpolderd, waardoor de Nieuwe Merwede bij hoogwater sneller naar zee kan stromen. Bij de opening van het te ontpolderen gebied, rond Fort Steurgat, zou er oorspronkelijk een dijkverhoging plaatsvinden. Deltares heeft een alternatieve innovatieve oplossing aangedragen. Deze is uitgewerkt met de betrokkenen: Rijkswaterstaat, het kwaliteitsteam Hollandse Waterlinie, Waterschap Rivierenland en de bewoners. Het alternatief voorziet in de aanleg van een wilgengriend.

Een groep experts van verschillende disciplines heeft de combinatie van biologische en technische aspecten onderzocht. De ENW (Expertise Netwerk Waterveiligheid) heeft de innovatieve oplossing beoordeeld en goedgekeurd. "Het betrof een toetsing voor deze unieke situatie", aldus projectleider Noordwaard Jacco Zwemer van Rijkswaterstaat. "De oplossing is voor het waterschap vernieuwend. Het was bijzonder dat het waterschap hiervoor meteen open stond. Deltares heeft een goede onderbouwing geleverd, waarna de ENW akkoord is gegaan."



Te ontpolderen gebied en locatie Fort Steurgat



Een 60 tot 80 meter brede griend van wilgen voor de dijk, resulteert in een aanzienlijke reductie van de afmetingen van het dijklichaam: de dijk kon een meter lager en 15 tot 20 meter smaller worden uitgevoerd. De wilgen brengen de golfhoogte met tachtig procent terug. De strook voor de dijk is goed bereikbaar voor onderhoud.

Op basis van een studie zijn de volgende conclusies getrokken (lessons learned):

- De winst is de betere inpassing in de omgeving dan bij een klassiek ontwerp.
- Het vegetatieveld geeft een golfreductie van 70% - 90%. Hiervoor moet de griend over voldoende breedte worden geplant (circa 60 - 80 m).
- Omdat het wilgengriend arbeidsintensiever is om te onderhouden dan een harde dijk, nemen de beheerkosten toe. De aanlegkosten wijken niet sterk af van de kosten die gemaakt hadden moeten worden voor een klassieke dijkversterking.

Afstemming over de toetsing

Welke benadering wordt bij de toetsing gekozen? Zijn kwelders onderdeel van de waterkering (verantwoordelijkheid waterschap) of reduceren ze de hydraulische belasting op de waterkering (verantwoordelijkheid Rijk)?

Werkbare handleidingen en toetsingscriteria voor de waterveiligheid van de Nederlandse kust zijn alleen beschikbaar voor gangbare keringen. Een waterschap dat kiest voor een innovatief dijkconcept, waarin de kwelder is meegenomen, zal dit moeten onderbouwen. Als het plan in alle facetten goed is uitgewerkt, heeft het waterschap goede kans van slagen om de oplossing geaccepteerd te krijgen. De provincies vragen in hun beleid de waterkeringbeheerders immers om rekening te houden met landschap, natuur en cultuurwaarden (LNC waarden) bij het uitwerken van dijkversterkingsplannen. De verkenning van innovatieve oplossingen wordt bovendien gesteund door het Deltaprogramma. "De inzet is verschillende opgaven in het gebied te combineren. Te denken valt aan een combinatie van dijkversterkingen met kwelders, overslagbestendigheid, innovatieve dijken en zandsuppleties." (uit: Deltaprogramma 2014 Werk aan de delta, Kansrijke oplossingen voor opgaven en ambities)

Communiceren

Waarde en kosten en baten van maatregelen voor andere overheden en voor de buitenwacht inzichtelijk maken; maak duidelijk: wat gaan we doen en wat levert dit de maatschappij op? Hoe is waterveiligheid gewaarborgd.

ONDERZOEK UITGELICHT



VERKENNING INNOVATIEVE DIJKEN IN HET WADDENGEBIED

De vier noordelijke waterschappen hebben samen met onderzoekers van Kennis voor Klimaat (Alterra en Deltares), in het kader van het Deltaprogramma Waddengebied een inventarisatie gedaan naar innovatieve dijkconcepten.

In deze verkenning is gekeken naar de volgende onderzoeksvragen:

- Welke innovatieve dijkconcepten zijn er?
 - Welke innovatieve dijkconcepten zijn er mogelijk in het Waddengebied?
 - Waar zouden innovatieve dijkconcepten eventueel in het Waddengebied toepasbaar zijn?
 - Wat zijn de bouwstenen voor de ontwikkeling van een afwegingsmethodiek voor de bepaling van de meerwaarde van innovatieve dijkconcepten?
-



Kwelderlandschap



ZOEKKAART KWELDERS EN WATERVEILIGHEID WADDENGEBIED

De 'Zoekkaart Kwelders en Waterveiligheid Waddengebied' geeft een beeld van locaties in het Waddengebied waar kwelders mogelijk kunnen bijdragen aan de waterveiligheid. Dit gaat zowel om bestaande kwelders als om het stimuleren van nieuwe kweldervorming. Het Deltaprogramma Waddengebied wil de zoekkaart gebruiken in gebiedsbijeenkomsten, waarin samen met lokale stakeholders wordt gezocht naar geschikte waterveiligheidsstrategieën in het Waddengebied. Deze strategieën richten zich naast waterveiligheid op doelstellingen voor de natuur en de ruimtelijke kwaliteit.

Via een expertmeeting, georganiseerd vanuit het project 'Kwelders en waterveiligheid' Deltaprogramma Waddengebied is in samenwerking met het cluster 'Randen van het Wad' van het Programma naar een Rijke Waddenzee, met inbreng van waterschappen, verkend welke criteria belangrijk zijn om tot een integrale kansenkaart te komen.



EFFECTEN GOLFREDUCTIE (BEPERKT) ONDERZocht

Aan de hand van literatuuronderzoek dat door Kennis voor Klimaat is verricht naar de rol van kwelders voor waterveiligheid, en modelmatige verkenningen die zijn uitgevoerd voor het Deltaprogramma, zijn de volgende conclusies te trekken:

- Voor een significante golfreductie is in elk geval een strook kwelders van 10-80 m breed nodig.
- Een hoge (ca. 2.3 m +NAP) en brede (200 m) kwelder kan zelfs onder extreme condities (1/4000 jaar) voor een golfreductie van ca. 30% zorgen.

De precieze effecten zijn in de praktijk lastig te meten. Zowel internationaal als nationaal zijn nog nauwelijks veldmetingen gedaan naar de golfreducerende werking van kwelders. Met name extreme omstandigheden zijn zeldzaam en moeilijk te meten. Bekend is wel dat in extreme situaties alleen een hoge kwelder in staat is de dijk te ontlasten.

Dit laatste is een aandachtspunt bij het combineren van waterveiligheids- en natuurdoelstellingen. Vanuit natuuroogpunt is een hoge kwelder (meer dan 2 meter boven NAP) minder waardevol dan een kwelder met een hoogte rond gemiddeld hoogwater. Zo'n lage kwelder dempt de golven veel minder.

Conclusies die betrekking hebben op het onderhoud van de kwelder:

- Waar kwelders mede bepalend zijn voor de maatgevende condities is het voorkomen van te sterke kweldererosie van belang. Waterkeringsbeheerders en kweldereigenaren dienen hierop alert te zijn bij het maken van afspraken over beheer.
- Willen kwelders worden ingezet voor dijkveiligheid (kostenreductie bij gemiddelde stormvloed en misschien zelfs beperking van golfoverslag bij maatgevende condities) dan dienen de kwelders ook redelijk bestand te zijn tegen klimaatverandering.



BEHEERSARRANGEMENTEN: GEEN CONFLICTERENDE BELANGEN GEVONDEN

In een verkenning voor het Deltaprogramma is ook aandacht besteed aan beheersarrangementen. Wanneer een locatie kansrijk blijkt te zijn beginnen er immers vervolgvragen te leven. Wie spelen een rol bij het beheer van een kwelder? Welke partij is verantwoordelijk? Eigenaren zijn vooral boeren en natuurorganisaties, en in mindere mate waterschappen en de Stichting der Domeinen (het Rijk).

Beheerders en gebruikers zijn ook weer boeren (soms in de rol van pachters), Rijkswaterstaat, en natuurorganisaties. De belangrijkste doelen van kwelders zijn beweiding van vee, bijdragen aan biodiversiteit en kustbescherming.

De natuurdoelen zijn op dit moment verreweg het belangrijkste. Tijdens het onderzoek zijn geen duidelijke gevallen van conflicterende belangen bekend geworden. De belangrijkste partijen zijn eensgezind gericht op natuurbeheer op de kwelders.

MEER INFORMATIE

Meer lezen over dit onderwerp

- www.deltafacts.nl
Managed realignment
 - www.kennisvoorklimaat.nl
 - www.deltaprogramma.pleio.nl/groups/profile/320811/waddengebied-openbaar
-

LITERATUUR

J. M. van Loon-Steensma, Harry A. Schelfhout, Niels M.L. Eernink en Maurice P.C.P. Paulissen (2012). *Een verkenning naar mogelijkheden voor innovatieve dijken in het Waddengebied*. Alterra rapport 2294.

J. M. van Loon-Steensma en Harry A. Schelfhout (2013). *Gevoeligheidsanalyse Innovatieve Dijken Waddengebied, Een verkenning naar de meest kansrijke dijkconcepten voor de Waddenkust*.

J.M. van Loon-Steensma, A.V. de Groot, W.E. van Duin, B.K. van Wesenbeeck en A.J. Smale m.m.v. H.A.M. Meeuwssen en R.M.A. Wegman (2012). *Een verkenning naar locaties in het Waddengebied waar bestaande kwelders of kwelderontwikkeling mogelijk kunnen bijdragen aan waterveiligheid*. Alterra-rapport 2391.

J.M. van Loon-Steensma, P.A. Slim, J. Vroom, J. Stapel en A.P. Oost (2012). *Een Dijk van een Kwelder - Een verkenning naar de golfreducerende werking van kwelders*.

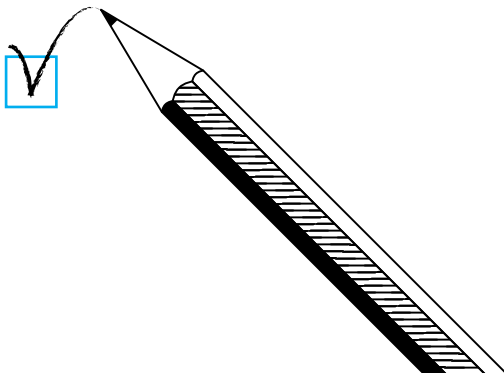
Schrevel, A.; Klostermann, J.E.M. (2013). *Eigendom, beheer en gebruik van kwelders in het Waddengebied*. Alterra werkdocument.

Venema, Johannes E., Schelfhout, Harry A. and Van der Meulen, Myra D., 2013. *Toetsmethode vriendelijk Fort Steurgat*. Deltares.

EN NU VERDER!

Geinspireerd? Maak hier de **to do lijst** voor uw eigen situatie.

To do lijst maken



H5 WATEROVERLAST IN DE STAD VOORKOMEN

Bruggen slaan naar de ruimtelijke
ordering is en blijft nodig ➔

Klimaatscenario's wijzen op een toename van de kans op extreme neerslag. Rioleren zijn hier doorgaans niet op toegerust. Nederlandse steden krijgen daardoor naar alle waarschijnlijkheid te maken met aanzienlijk meer wateroverlast. De extreme buien zullen lokaal vallen. De ene stad kan hier dus nog honderd jaar van gevrijwaard blijven, de andere kan ze morgen moeten opvangen.

De impact van dergelijke extreme buien kan fors zijn, zo hebben verschillende steden, waaronder Kopenhagen, inmiddels ondervonden. Zijn de Nederlandse steden voorbereid?

WAT IS DE OPGAVE VOOR KLIMAATADAPTATIE?

De mogelijkheid van extreme regenval zou vanaf nu bij elke ingreep in de openbare ruimte standaard een aandachtspunt moeten zijn. Toekomstscenario's moeten hierbij richtinggevend zijn, in plaats van dimensionering van maatregelen op basis van historische gebeurtenissen.

Want

Anticiperen op extreme neerslag kan schade voorkomen. Hiervoor zijn zowel ondergronds als bovengronds inrichtingsmaatregelen vereist. De aandacht hiervoor bij stedelijke inrichtingsprocessen moet echter vaak nog worden verworven, terwijl anticiperen nu nodig is. Is de ruimte eenmaal (her)ingericht, dan ligt de vorm voor lange tijd vast.

HOE DRAGEN NIEUWE INZICHTEN BIJ AAN OPLOSSINGEN?

Sommige gemeenten, zoals Rotterdam, pakken klimaatadaptatie *dedicated* (specifiek toegewijd) aan. Maar in alle steden is het belangrijk om wateroverlast te voorkomen. Dit besef is nog niet altijd aanwezig. Onderzoek brengt ervaringen met het vormgeven van klimaatadaptatie in kaart en reikt overzichten van oplossingen met hun voor- en nadelen aan. Ontwerptools worden steeds beter.

HANDELINGSPERSPECTIEVEN VOOR WATERBEHEERDERS OP EEN RIJ

Samenwerking, bewustwording en inzicht in het stedelijk watersysteem zijn drie belangrijke elementen om een waterrobuuste stad succesvol te realiseren. Waterbeheerders bepalen, als de urgentie is begrepen, met inbreng van hun kennis en kunde samen met andere partijen in de stad per locatie de juiste maatregelen.

DEDICATED APPROACH EN MAINSTREAMING: DE TOEGEWIJDE OF INTEGRALE AANPAK

Er zijn verschillende manieren om klimaatadaptatie mee te nemen in beleid. Het Kennis voor Klimaat-onderzoek onderscheidt een toegewijde (*dedicated*) aanpak en een integrale aanpak (ook wel *mainstreaming* genoemd). Beide benaderingen streven via andere wegen naar hetzelfde doel: klimaatadaptatie borgen in stedelijk beleid. In de praktijk zullen de twee benaderingen elkaar afwisselen.

Dedicated approach

In een *toegewijde* aanpak is er expliciete (politieke) aandacht voor de klimaatopgave. Dit betekent dat beleidsmakers specifiek bezig zijn met deze vorm van klimaatadaptatie: ze hebben eigen gelden en maken of volgen het adaptatiebeleid. Een voorbeeld is de stad Rotterdam. In de afgelopen vier jaar heeft het Rotterdamse klimaatbureau diverse adaptatiemaatregelen gerealiseerd, bijvoorbeeld de waterpleinen Benthemplein en Bellamyplein. Hierbij was het klimaatbureau verantwoordelijk voor de uitvoering.

Het bureau vond aansluiting bij onder andere de watermanagers van het Rotterdamse Waterloket. Bij een toegewijde aanpak is de kans groter dat de adaptatiemaatregelen ook werkelijk worden gerealiseerd. Er is immers geld en mankracht. Als deze specifieke aandacht verdwijnt (omdat bijvoorbeeld de politieke aandacht zich richt op andere vraagstukken) is het echter de vraag of andere beleidsdomeinen zich dan geroepen voelen - dan wel de (financiële) middelen hebben - om klimaatadaptatie te realiseren.

Mainstreaming: integrale aanpak

Omdat een *dedicated* aanpak niet altijd mogelijk is, of de politieke aandacht ontbreekt, is *mainstreaming* een alternatief. Beleidsmakers zijn zich ervan bewust dat klimaatverandering hun beleidsdomein raakt. Ze zoeken wegen om klimaatadaptatiemaatregelen te borgen in bestaand beleid, dan wel te koppelen aan doelen in beleidsprocessen. Klimaatadaptatie wordt niet gezien als het ultieme doel, maar als toegevoegde waarde. Zo kan extra oppervlaktewater (geschikt om neerslag op te vangen) ook een recreatieve functie hebben. Binnen het beleidsdomein zijn er een of meer 'kwartiermakers' die op zoek gaan naar slimme koppelingen.

Bij *mainstreaming* gaan beleidsmakers zelf op zoek naar mogelijkheden om klimaatadaptatie te borgen in beleid. Men gaat zelf kijken waar de kansen liggen om te kop-

pelen en wat er mogelijk is binnen bestaande structuren en middelen. Er ontstaat een gezamenlijk leerproces dat kan leiden tot structurele verandering in het handelen. Ook is de constatering mogelijk dat met de bestaande structuren en/of middelen koppelingen met klimaatadaptatie niet mogelijk zijn. Dan is misschien extra (politieke) aandacht gewenst.

Werken aan een gedeelde verantwoordelijkheid

Waterschappen kunnen samen met de gemeenten als bewuste voorlopers de diverse partijen die invloed hebben op de ruimtelijke inrichting overtuigen van het belang van een waterrobuuste stad. Het gaat dan niet alleen om het (snel) afvoeren van water, maar om het samenspel van wateropvang, vertraging, waterberging en waterafvoer.

Wat kunnen waterbeheerders doen?

- *Vertel het verhaal.* Zoek van hoog tot laag de partijen op die invloed hebben op de ruimtelijke inrichting van stedelijk gebied. Bespreek met hen de noodzaak (urgentie) van klimaatadaptatie.
- *Toon de urgentie aan.* Laat het zien. Heb doorrekenmodellen en voorbeelduitwerkingen paraat; voer samen met actoren wijkgerichte analyses uit en visualiseer de impact van intense buien.
- *Stel vast welke gebieden prioriteit hebben vanwege een grote kwetsbaarheid.* Begin vooral daar tijdig met het benaderen van spelers die nodig zijn voor ingrepen om wateroverlast in de toekomst te voorkomen.
- *Bepaal samen met inrichters en beheerders van de openbare ruimte, burgers en bedrijven de ambities.* Vorm coalities. Coalities kunnen op meerdere schaalniveaus gestalte krijgen, van een meer globale gebiedsverkenning tot een concreet inrichtingsontwerp. Op de verschillende schaalniveaus zijn uiteraard andere spelers actief. Een sterk voorbeeld van deze aanpak is de brede stakeholderbenadering die Amsterdam heeft gehanteerd voor de projecten WATERgraafsmeer en Amsterdam Rainproof.
- *Ken de lopende ruimtelijke processen en zoek daar aansluiting bij.* Daarbij is het van belang te beseffen dat de klimaatverandering geleidelijk gaat. Het is een proces van tientallen jaren. Dat biedt de mogelijkheid om mee te liften op andere activiteiten, zoals onderhoud, rioolrenovatie, nieuwbouw en herstructurering, en stadsontwikkeling. Diverse gemeenten stellen al samen met waterbeheerders

een langetermijnagenda of -schema vast, waarop geplande herstructureringen, grootschalige renovaties en riool- of wegwerkzaamheden zijn aangegeven. Dit zijn de momenten waarop partijen om de tafel gaan zitten.

- *Kijk naar kansen.* Waar nieuwbouw wordt voorbereid of een wijk op de schop gaat, liggen kansen voor meekoppelen.
- *Zoek naar efficiency.* Multifunctionaliteit en vervlechting van doelen kunnen maatregelen kostenefficiënter maken. Als dezelfde maatregelen meer doelen tegelijk dienen, of integraal worden opgenomen in een totaalplan, kunnen ook verschillende budgetten samenkomen.
- *Zoek aansluiting bij coalities die ontstaan 'van onderop'.* Diverse initiatieven voor aanpassing van de ruimte komen tegenwoordig ook van lokale partijen, zoals bewonersgroepen.
- *Leer andermans opgaven kennen om daarop te kunnen aansluiten.* Soms is het nodig de eigen boodschap te 'reframen'. Dat wil zeggen: de winst benoemen in termen die de ander ook als directe winstpunten ervaart, zoals leefbaarheid, duurzaamheid, groen, recreatie. Leg (in tweede instantie) uit dat dit co-benefits zijn van maatregelen die ook voor het waterbeheer gewenst zijn.



Klimaatveranderingen hebben heftigere buien tot gevolg

Maatregelen treffen

In het Kennis voor Klimaat-onderzoek zijn inzichten, methoden en instrumenten ontwikkeld die de waterbeheerder ondersteunen bij het in kaart brengen van situaties. Een klimaatrobuuste stad wordt via de volgende drie stappen gerealiseerd:

1 *De kwetsbaarheid in kaart brengen*

Een kwetsbaarheidsanalyse maakt het mogelijk gebieden te prioriteren waar maatregelen moeten worden genomen. De analyse maakt onderscheid tussen blootstelling, gevoeligheid en aanpassingsvermogen. Ze laat zien in welke delen van de stad wateroverlast kan optreden (blootstelling), of dat veel of weinig schade zou opleveren (gevoeligheid), en of de omgeving en de getroffen objecten, gebruikers en belangen zich van nature gemakkelijk zouden kunnen aanpassen. Daarnaast speelt ook de (rest)levensduur van de bebouwing en de infrastructuur een rol: wanneer zijn vervanging, verbetering, of renovatie gepland?

2 *Maatregelen selecteren*

Oplossingen zijn er legio, bijvoorbeeld het aanleggen van bergings- en infiltratievoorzieningen, aanpassen van het maaiveld om water naar laaggelegen groenvoorzieningen te leiden, en inzet van gebouwen en infrastructuur. In een Kennis voor Klimaat-onderzoek is een lijst opgesteld van 180 harde en zachte maatregelen voor het waterrobuust inrichten van de stad. Een compleet overzicht van maatregelen staat in T. Vergroesen, R. Brolsma en D. Tollenaar: Verwerking van extreme neerslag in stedelijk gebied.

De gekozen maatregelen geven idealiter vorm aan een uitgekiend samenspel van wateropvang, vertraging, berging en afvoer. De klimaatscenario's wijzen immers in twee richtingen: hogere regenintensiteiten én meer droge perioden – dus meer regen in de winter en minder regen in de zomer, maar in de zomer dan wel weer de meest extreme regenintensiteiten. Water dat we op het ene moment snel van de straat willen hebben, kan later juist hard nodig zijn om de stad leefbaar te houden. Waar mogelijk selecteren partijen oplossingen zoals infiltratie in de bodem en buffering in parken, pleinen, parkeergarages of gebouwen. Zo kan er, als dat nodig is, meer water voor verdamping en aanvulling van grondwater (nodig voor leefbaarheid en verkoeling in de stad) beschikbaar zijn.

Een belangrijk aspect bij oplossingen is ook de hersteltijd, waarmee hier wordt bedoeld: hoe snel is de capaciteit voor wateropvang na een bui weer beschikbaar voor de volgende?

Voor de bepaling van een goede mix van maatregelen wordt gewerkt aan tools waarin 'overleggen, rekenen en tekenen' samenkomen, zoals 3Di (Deltares, TU Delft en Nelen & Schuurmans, PriceXD, of WOLK van Tauw. Voor het steeds verder verfijnen van de omgang met water in stedelijk gebied is verder inzicht in de stedelijke hydrologie onontbeerlijk. Ook hiernaar is divers onderzoek gedaan:

- Onderzoek naar de water- en energiebalans en de relatie tussen waterverdamping en hitte in de stad (onderzoek WUR, Alterra en Climate change and Adaptive Land and Water Management);
- Beter beeld van de consequenties van de verwachte klimaatverandering op de kans van optreden van extreme neerslag en neerslagintensiteiten (onderzoek KNMI);
- Onderzoek naar hoge resolutie neerslaginformatie in stedelijk gebied (RainGain onderzoek in onder andere Rotterdam).

3 Ontwerpen

Nieuwe rekentechnieken, modelinstrumenten en visualisatiemogelijkheden maken een snelle ontwikkeling door. Voorbeelden zijn 3Di, PriceXD en InfoWorks. Daarnaast zijn er ook eenvoudiger tools als WOLK en WODAN beschikbaar die met beperkte inspanning inzicht geven wateroverlast bij extreme neerslag.

Ook wordt gewerkt aan:

- verschillende vernieuwende technieken die nauwkeurige maaiveldhoogtebepalingen mogelijk maken;
- de ontwikkeling van Basisregistratie Grootchalige Topografie (BGT).

De Basisregistratie Grootchalige Topografie is een digitale basiskaart opgebouwd uit objecten als wegen, water, groen en spoor die in veel werkprocessen van de overheid nodig zijn. IMGeo biedt de mogelijkheid deze gegevens in 3D uit te wisselen. Hieruit zijn de benodigde gegevens af te leiden voor geavanceerde modellering van het neerslagafvoerproces boven, op en onder de grond.

EEN RELATIEF EENVOUDIGE OPLOSSING IN ENSCHEDÉ: AANPASSING MOZARTLAAN EN ROESSINGHSBLEEKWEG

In zeven uur tijd ruim 100 mm neerslag. Zoveel water kwam op 26 augustus 2010 in Enschede naar beneden. Water stroomde langs de Mozartlaan en de Roessinghsbleekweg woningen en bedrijven binnen. De gemeente moest ondergelopen wegen afsluiten. Hierop besloot Enschede maatregelen te nemen.

Enschede vond het belangrijk de bewoners goed bij dit proces te betrekken. De gemeente heeft allereerst tijdens een bewonersavond geverifieerd of haar beeld van de overlast klopte met dat van de bewoners. De volgende uitgangspunten (ambities) zijn daarna in samenspraak met bewoners opgesteld:

- Water mag niet meer in woningen of bedrijven stromen.
- Wegen hoeven niet meer afgezet te worden, ook niet bij nóg extremer neerslag dan op 26 augustus 2010.
- De waterdiepte op straat mag maximaal 15 cm zijn.

De maatregelen zijn in 2012 voltooid. Het water stroomt bij een bui nu via verlaagde wegen en brede greppels naar drie retentiegebieden (weilanden). De gemeente vindt het belangrijk dat het water zichtbaar afstroomt. Zo is voor iedereen duidelijk wat er met het water gebeurt en hoeveel water moet worden afgevoerd. Op 20 juni 2013 was de vuurdoop. Op deze avond viel in één uur 50 mm neerslag. Hiermee was de piek van de neerslag zelfs groter dan op 26 augustus 2010. Grote problemen bleven uit. Voor de lange termijn probeert de gemeente de wateraanvoer te beperken door verhard oppervlak af te koppelen in de bovenstroomse gebieden.



HET BENTHEMPEIN, EEN WATERPLEIN IN ROTTERDAM, GEFINANCIERD UIT VERSCHILLENDE BUDGETTEN

In het stenige centrum van het laaggelegen Rotterdam kan hemelwater bij hoosbuien niet voldoende wegstromen. Veel mogelijkheden voor extra waterberging zijn niet voorhanden in dit sterk verstedelijkte gebied. De gevonden oplossing: het Benthemplein is getransformeerd tot een waterbassin.

Tijdens stevige regenval vangt het plein het regenwater van de daken in de omgeving op. Overstromingen in en bij het riool worden daarmee voorkomen. Als de bui over is en de omgeving deze heeft verwerkt, kan het water uit het waterplein worden afgevoerd. Op droge dagen is het Benthemplein een levendig plein met een theater, basketbalveld en skatebaan.

Het nieuwe plein heeft 4,5 miljoen euro gekost. Dat is veel geld voor een openbare ruimte. Twee overheidsbudgetten zijn gecombineerd die elkaar normaal zelden of nooit ontmoeten: het 'bovengrondse' en het 'ondergrondse' budget. Het grootste deel van het budget komt uit rioleringsgelden, waterbergingsbudget en innovatiesubsidies. Zeven ton komt uit het klassieke budget van de openbare ruimte. Het plein is al met al goedkoper dan de kostbare ondergrondse waterberging die Rotterdam bij het Museum-park heeft gebouwd (kosten 10 miljoen euro).

Vanaf het begin is ontwerp bureau De Urbanisten aan de slag gegaan met ondernemers, de buurt en studenten. Daarmee kwam er een plein dat aan de wensen van stadbewoners voldoet.



ONDERZOEK UITGELICHT



VERWERKING VAN EXTREME NEERSLAG IN STEDELIJK GEBIED

De ontwerper krijgt in deze studie een indruk van het palet aan oplossingen. De toepasbaarheid wordt gerelateerd aan het type stedelijk gebied, reliëf, aard van de stedelijke ontwikkeling. De studie bevat:

- een handleiding voor analyse en verbetering van het stedelijk afwateringssysteem;
- de inzet van rekentools om de impact van maatregelen te kwantificeren;
- een uitgebreid overzicht van mogelijke ingrepen in het stedelijk watersysteem met voor- en nadelen en karakteristieken.



ANTICIPEREN OP EXTREME NEERSLAG IN DE STAD

Hoe kun je kwetsbare locaties in de stad te identificeren en welke (geavanceerde) modelstudies zijn vervolgens bruikbaar? Omdat met de klimaatontwikkeling de koppeling tussen hoeveelheid neerslag en herhalingstijd onzeker is, kozen de onderzoekers uitdrukkelijk voor een aanpak waarin we geen norm voor zeer extreme neerslag definiëren. De onderzoekers laten zien dat voor de analyse van de gevolgen van extreme neerslag in de stad relatief eenvoudige rekenmethodieken (maaiveldanalyses) vaak voldoende inzicht geven. Voor specifieke probleemgebieden zijn meer geavanceerde modellen in te zetten. Tevens concluderen de onderzoekers dat het daadwerkelijk realiseren van ruimte voor water een lange adem vergt en een goede samenwerking tussen de verschillende beheerders van de openbare ruimte.



SCHADE AAN GEBOUWEN EN ROERENDE GOEDEREN DOOR HEVIGE NEERSLAG

Door literatuuronderzoek hebben de onderzoekers de ordegrootte van schade vastgesteld die ontstaan als gevolg van watergerelateerde problemen in de stad (te veel en te weinig water). Schade aan gebouwen en roerende goederen door hevige neerslag ('water op straat') kan per incident oplopen tot meer dan 5.000 euro per woning en ligt tussen 2.000 en 30.000 euro voor een bedrijfspand. Het rapport gaat ook in op de maatregelen die tot oplossingen leiden. Het maakt de koppeling tussen wateroverlast en de noodzakelijke aanvulling van grondwater in de stad.

MEER INFORMATIE

Meer lezen over dit onderwerp

- www.deltaproof.nl
 - www.deltafacts.nl
Klimaatverandering/ grondwaterbeheer stedelijk gebied
 - www.kennisvoorklimaat.nl
 - www.klimaatbestendigestad.nl
-

LITERATUUR

M. Hoogvliet *et al.* (2012) *Schades door watertekorten en -overschotten in stedelijk gebied - Quick scan van beschikbaarheid schadegetallen en mogelijkheden om schades te bepalen*. Een belangrijk deel van de schade gegevens in het bovengenoemde rapport komen uit: K. Stone, H. Daanen, W. Jonkhoff, P. Bosch (2013). *Quantifying the sensitivity of our urban systems - Impact functions for urban systems*. Deltares report 1202270.008.

Jeroen Kluck, Rutger van Hogezaand, Eric van Dijk, Jan van der Meulen, Annelies Straatman (2013). *Anticiperen op extreme neerslag in de stad*.

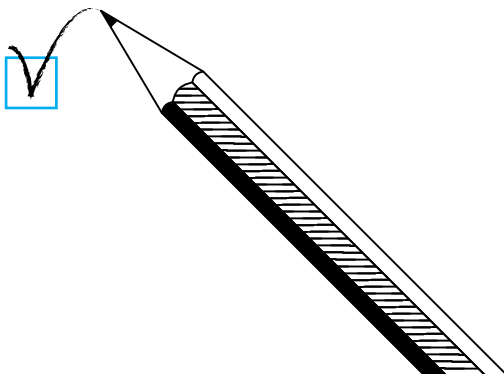
H. Pötz en P. Bleuzé (2012). *Groenblauwe netwerken voor duurzame en dynamische steden*.

Toine Vergroesen *et al.* (2013). *Verwerking van extreme neerslag in stedelijk gebied*. Deltares report 1202270-009.

EN NU VERDER!

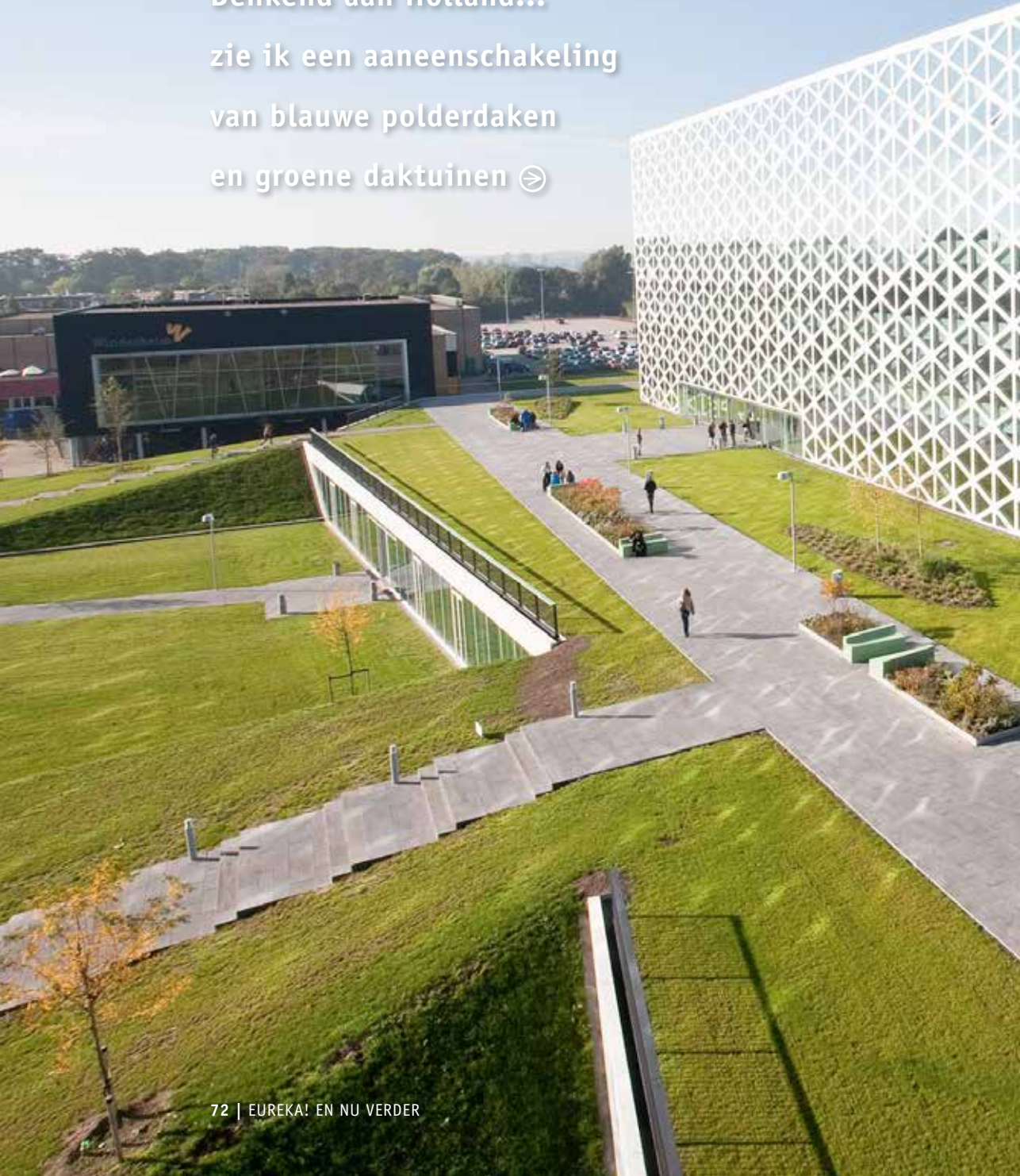
Geïnspireerd? Maak hier de **to do lijst** voor uw eigen situatie.

To do lijst maken



H6 GEBOUWEN ALS WATERBUFFER

Denkend aan Holland...
zie ik een aaneenschakeling
van blauwe polderdaken
en groene daktuinen ➔



De kans op wateroverlast door extreme neerslag in stedelijk gebied neemt toe. Klimaatscenario's wijzen op meer droge en hete perioden in de zomer. Dit betekent dat de stad soms ineens een grote plens water te verwerken krijgt, én dat de stad regelmatig dringend tekort zal hebben aan verkoelend en plantenvoedend (grond)water.

Deze twee problemen - afwisseling van overschot en tekort - stellen gemeenten en waterschappen voor de uitdaging oplossingen te vinden waarbij het mes aan twee kanten snijdt. Deze oplossingen leggen het accent niet op afvoeren, maar op vasthouden, benutten, laten infiltreren en/of tijdelijk bergen van water op of nabij de plek waar het valt. Het oog valt dan al snel ook op gebouwen als optie voor bergen en bufferen van water.

WAT IS DE OPGAVE VOOR KLIMAATADAPTATIE?

De uitdaging is om gebouwen te benutten voor waterbuffering. Omdat er geen regelgeving op dit gebied bestaat, is het zaak bij gebouweigenaren de juiste snaar te raken die hen aanzet maatregelen voor wateropvang in, op, onder of bij hun gebouwen te nemen.

Want

Waar zonnepanelen al lang in de belangstelling staan van particulieren en bedrijven, heeft wateropvang in, onder of bij huis of bedrijfspand nog veel aandacht te verwerven. Particuliere gebouweigenaren, vastgoedbezitters en ondernemers lopen nog niet warm voor waterberging op, in of onder hun gebouwen. Voor het waterbeheer bieden gebouwen kansen in verband met de omgang met water in de stad. Wel is de afgelopen jaren het aantal vierkante meters begroeide daken in Nederland flink toegenomen. Dat is onder andere te danken aan de subsidies die enkele steden beschikbaar stellen.

HOE DRAGEN NIEUWE INZICHTEN BIJ AAN OPLOSSINGEN?

Voor wie wil, is er een scala aan maatregelen op het niveau van het gebouw en zijn directe omgeving beschikbaar: regentonnen, waterberging in kruipruimtes, groene en blauwe daken, afkoppelen, opslagtanks, daktuinen, waterpasserende verhardingen, enzovoort. Voor elk type gebouw is er wel een passende maatregel beschikbaar. Doelgroepen bewust maken van de aanwezigheid van deze oplossingen (en de voordelen ervan) is een eerste stap in de richting van de toepassing.

HANDELINGSPERSPECTIEVEN VOOR WATERBEHEERDERS OP EEN RIJ

De situatie analyseren

Per type stedelijk gebied zijn er verschillen in de ruimte die voor extra waterberging wenselijk en beschikbaar is. Mogelijke maatregelen zijn in te delen naar doel, schaal, type stedelijk gebied, reliëf, gebiedsontwikkeling, ontwatering, kosten, toegevoegde waarde, beheer en de bijbehorende kentallen.

De volgende acties zijn zinvol:

- *Bepaal met een kwetsbaarheidsanalyse (klimaatstresstest) de locaties waar wateroverlast kan optreden.* Bij een analyse kan gebruik worden gemaakt van één-, twee- of driedimensionale modellen, waarnemingen (ook tijdens buien) en overlastmeldingen.
- *Selecteer maatregelen die een oplossing kunnen bieden voor het gesignaleerde probleem.* Geschiktheid en kansrijkheid verschillen per (type) stedelijk gebied. Er bestaan diverse uitgebreide overzichten van maatregelen (onder meer in T. Vergroesen, R. Brotsma, en D. Tollenaar, 2013).
- *Onderzoek welk bestuurlijk arrangement het beste past voor de samenwerking met de gebouwdegenaren, teneinde de geselecteerde maatregelen uit te voeren.*

De *hersteltijd* is een belangrijke factor om in de analyse van het effect van maatregelen te betrekken. De hersteltijd is de tijd die het systeem nodig heeft om het te bergen of tijdelijk gebufferde water te verwerken. Met andere woorden: hoe snel is het bergend vermogen weer beschikbaar?

Een ander belangrijk aandachtspunt is het *beheer*. Bij maatregelen die een voordeel voor de gebouweigenaar/bewoner opleveren, zoals een regenton, zal het vereiste beheer en onderhoud geen probleem vormen. Onderhoud van gebouwelementen die géén direct voordeel opleveren (zoals blauwe daken) kan op langere termijn verslonzen.

Onderzoeken of maatregelen ook andere waarde(n) kunnen toevoegen

Zijn er koppelingen mogelijk met energiebesparing, hitte-adaptatie of esthetica? Zo ja, dan kan die extra toegevoegde waarde de invoering van maatregelen bevorderen. Een aantal waterbufferingsmaatregelen leent zich goed voor inpassing in reguliere renovatie- en groot onderhoudscycli van gebouwen, bijvoorbeeld de aanleg van een groen dak. Daarbij kan dan de combinatie met andere waarden gestalte krijgen.

Onderzoeken op welke schaal maatregelen nodig zijn

Hier en daar een kleinschalige oplossing of maatregel, dat helpt niet of nauwelijks. In woongebieden maken veel kleine (en diverse) oplossingen samen een grote buffer; rond grote (kantoor)gebouwen zijn grootschaliger oplossingen mogelijk. Als verschillende oplossingen in samenhang moeten worden toegepast, is het van belang alle maatregelen als een geheel te bekijken.

Samenwerken bij de implementatie

Een gezamenlijke aanpak heeft meer kans van slagen. De aard van de samenwerking kan verschillen, afhankelijk van de urgentie die bestuurders en partijen voelen. Is het besef van urgentie hoog, dan is er waarschijnlijk draagvlak voor een *toegewijde* aanpak. Deze kenmerkt zich door expliciete (politieke) aandacht. Het probleem wordt bij de naam genoemd en er zijn beleidsmakers die specifiek voor dit probleem aan oplossingen werken: ze hebben eigen budgetten en maken apart adaptatiebeleid. Waar het (politieke) draagvlak voor deze specifieke aandacht niet aanwezig is, is *mainstreaming* een alternatief. Binnen bestaande beleidsdomeinen, waar het bewustzijn van het belang van klimaatadaptatie al aanwezig is, zoekt men dan naar wegen om maatregelen mee te nemen in bestaand beleid, dan wel gewenste oplossingen te koppelen aan doelen in (ander) beleid. Klimaatadaptatie wordt niet gepresenteerd als het ultieme doel, maar als toegevoegde waarde.



Polderdak in Amsterdam

Aanbevelingen die binnen beide vormen van aandacht (de *dedicated approach* en *mainstreaming*) opgeld doen, zijn:

- *Smeed coalities van actoren.* Breng partijen met uiteenlopende belangen bij elkaar. Voorbeeld: Polderdak Zuidas (zie kader).
- *Breng medewerkers van een aantal gemeenten en waterschappen (voorlopers) samen.* Werk gezamenlijk aan een beperkt aantal (bijvoorbeeld 5 tot 7) concepten voor waterbuffering rond gebouwen die hoog scoren op:
 - aanwijsbare, evidente voordelen;
 - begrijpelijke techniek;
 - aansprekende naamgeving;
 - de mogelijkheid om ze eenvoudig (zelf) aan te leggen.
- *Voer een gezamenlijke campagne* om de best beoordeelde maatregelen consequent onder de aandacht te brengen.
- *Stel een adaptatiemakelaar of regisseur aan.* Maatregelen komen pas echt van de grond als een sleutelfiguur zich er met overtuiging voor inzet. Waterbeheerders kunnen deze rol naar zich toetrekken. Deze regisseur of makelaar laat alle partijen beter samenwerken, waardoor adaptatiebeleid beter kan worden ingevoerd op regionale schaal. Deze rol kan worden versterkt als de regisseur zich niet beperkt tot water of klimaatadaptatie, maar breder kijkt naar de lokale situatie. Dat gaat (veel) verder dan de rol van waterbeheerder, maar heeft daardoor ook meer kans van slagen, omdat dit meer aansluit bij wat bewoners/bedrijven bezighoudt.

Aandacht besteden aan communicatie en bewustwording

Pas bij voldoende maatschappelijk draagvlak komen maatregelen echt van de grond. Suggesties om meer draagvlak te creëren zijn:

- *Werk systematisch aan het beïnvloeden van het gedrag* c.q. het vergroten van het draagvlak (van burgers, gebouwigenaren en bedrijven)
- *Druk waterbuffermaatregelen bij voorkeur uit in termen van (energie)kostenbesparing en waardevermeerdering van het vastgoed* zodat het eigenbelang zichtbaar wordt. Dat kan helpen om draagvlak te verkrijgen en invoering te versnellen.
- *Stem de communicatie goed af op de doelgroep van gebouwigenaren* (bedrijven, particulieren, woningcorporaties)
- *Draag behaalde resultaten actief uit naar gebouwigenaren.*
- *Zet een spraakmakend praktijkvoorbeeld op:* een icoonproject, bijvoorbeeld met een

opvallend gebouw. Het doet er niet toe wie dit voorbeeld geeft: soms moet dat de gemeente zijn, soms de waterbeheerder, soms een woningcorporatie. Zorg voor actieve communicatie over de resultaten.

- *Richt een (wetenschappelijke) proeflocatie in (een 'Living Lab')* om gedurende langere tijd ervaring op te doen en beter inzicht te verkrijgen in de effecten van bepaalde maatregelen (bijvoorbeeld een groen dak of waterdoorlatende verharding). Test hier op ware schaal de levensduur, de hersteltijd en de mate van benodigd onderhoud. Communiceer actief over de resultaten.
- *Zet een competitie op.* Schrijf een prestigestrijd uit tussen gemeentelijk waterbeheerders of waterschappen. Stel een prijs in voor het gebouw dat het beste is in wateropslag (zoals er ook een competitie bestaat voor het Duurzaamste Gebouw). Besteed hier (internationale) aandacht aan.

POLDERDAK ZUIDAS: WIN-WINSITUATIE VOOR GEBIED EN GEBOUW

Polderdak Zuidas is het eerste dak in Nederland dat alternatieve waterberging combineert met de voordelen van een groen dak. Een opstaande dakrand (de 'dijk' van de polder) houdt tijdelijk regenwater vast. Na de bui loopt het water langzaam en gecontroleerd weg. Zo beperkt de buffer wateroverlast als gevolg van extreme neerslag. Polderdak Zuidas heeft een omvang van 1200 m² en een minimale capaciteit van 84 m³. Dit is vergelijkbaar met de opvangcapaciteit van 210 m² oppervlaktewater.

Het realiseren van waterberging is traditioneel een opgave voor de gebiedsontwikkelaar. Op de Zuidas is de gemeente Amsterdam hiervoor verantwoordelijk. Zij realiseert dit door de aanleg van oppervlaktewater in de schaarse, beschikbare ruimte. De kosten hiervoor worden via de grondprijs doorbelast aan gebouwontwikkelaars. Door water op te vangen op het dak, geeft een gebouwontwikkelaar mede invulling aan deze opgave.

In dichtbebouwde stedelijke gebieden zijn de bouwkosten van een vierkante meter 'polderdak' lager dan de kosten voor traditionele watercompensatie. Dit creëert een innovatieve win-win situatie voor gebied en gebouw. Ook voor de gebruiker van het gebouw en de maatschappij als geheel zijn er voordelen. Voor de gebruiker zullen de exploitatiekosten lager uitvallen. Afhankelijk van de situatie en gebouwconditie is naar verwachting een besparing van 10 tot 30% op de energielasten mogelijk. De maatschappelijke baten zijn minder 'smart' te kwantificeren.

In het algemeen biedt een groen dak kansen voor biodiversiteit, voedselproductie, het dempen van geluid, koeling van stedelijke hitte, koeling van het gebouw. Daarbij levert Polderdak Zuidas direct een zichtbare en aantrekkelijke buitenruimte met flora en fauna op.

Op dit moment zijn er weinig objectieve data over de meerwaarde van waterbergende groene daken beschikbaar. In samenwerking met Waternet en universiteiten worden deze data de komende jaren verzameld. Met als doel om een solide business case op te stellen, zodat er in Nederland en daarbuiten veel meer Polderdaken komen.

Betrokken partijen: OGA, Dienst Zuidas, De Dakdoctors en Waternet.



Vertegenwoordigers van betrokken partijen op het Polderdak

EEN VOORBEELD VAN EEN EENVOUDIGE FLEXIBELE OPLOSSING: DE RAINWINNER

Jan Broos bedacht samen met Harry den Hartigh een innovatief en simpel systeem voor de opslag en het hergebruik van regenwater: de Rainwinner. Dit is een holle module van 110 liter. Meerdere losse modules zijn als lego-blokken te stapelen tot functionele elementen, zoals een schutting of een muurtje. De aloude huisschutting krijgt zo – gevuld met water – een dubbelfunctie. Het systeem kan onder- en bovengronds worden geplaatst en is zowel in de zomer als in de winter te gebruiken. Het is slechts een van de vele voorbeelden van waterbuffering in, op of onder een gebouw.

Bedrijven, woningcorporaties, ontwikkelaars, scholen en gemeenten zijn geïnteresseerd. De Rainwinner kreeg van de Unie van Waterschappen de Waterinnovatieprijs 2013. Veelzeggend is wat Broos zegt op de vraag wat er moet gebeuren om de toepassing van dit systeem (en vergelijkbare maatregelen) te versnellen. Hij wijst erop dat Duitsland en België gebouweigenaren al verplichten regenwater op eigen grondgebied te verwerken. *(Bron: Het Financieele Dagblad, 15 februari 2014)*

LEREN UIT HET BUITENLAND? WET- EN REGELGEVING – EN DE HAKEN EN OGEN

Via ontheffingen of belastingen kunnen gebouweigenaren extra worden geprikkeld om actie te ontplooien. Te denken valt aan extra (waterschaps)belasting bij verharding in tuinen, of juist een fiscale tegemoetkoming voor wie de juiste maatregelen neemt, zoals de aanleg van doorlatende bestrating of een groen dak.

Voorbeelden in het buitenland zijn er al: in Duitsland (Stuttgart) betalen particulieren met een verharde tuin extra belasting en krijgen ze belastingaftrek bij een groen dak. Ook mogelijk is wetgeving waarbij verzekeraars alleen uitbetalen bij schade als de gebouweigenaar voldoende maatregelen heeft getroffen om het regenwater op te vangen en te verwerken. Een alternatief is subsidies.

Deze maatregelen in de fiscale en juridische sfeer verdienen nader onderzoek. Onderzoek in het buitenland wijst uit dat verplichting uiteindelijk een begaanbare weg is, mits de maatschappelijke acceptatie al een feit is. De haken en ogen moeten echter goed onder ogen worden gezien. De praktijk is weerbarstig, handhaving kost tijd en geld, en bezwaarprocedures kunnen een zware last worden.

ONDERZOEK UITGELICHT



HET DAKLABORATORIUM IN WAGENINGEN: ONDERZOEK NAAR WAT WE PRECIJS VAN BEGROEIDE DAKEN MOGEN VERWACHTEN IN TERMEN VAN WINST VOOR WATERBEHEER EN VERKOELING VAN DE STAD

Het Daklaboratorium is een uniek experimenteel onderzoek naar het effect van (biodiverse) dakvergroening op waterhuishouding, energie en klimaat. Het dak van het Nederlands Instituut voor Oecologisch Onderzoek (NIOO) in Wageningen is het lab. In het onderzoek wordt een duurzame businesscase uitgewerkt voor de ontwikkeling van een nieuwe generatie biodiverse vegetatiedaken voor de 2^e eeuw. Deze vegetatiedaken worden eigenschappen toegedacht die zouden bijdragen aan de biodiversificatie van de gebouwde omgeving en duurzaam waterbeheer in compacte binnensteden.

Het onafhankelijk onderzoek naar de waterwerking van begroeide daken levert inzicht op in de werking en de verbetering van de modellering ervan. Dat biedt een basis voor de optimalisatie van de waterverwerking. Het onderzoek wordt in een later stadium opgeschaald naar bestaande vegetatiedaken in Rotterdam. Rotterdam heeft het verband gelegd tussen vergroening van het Rotterdams daklandschap en de voordelen die dat oplevert voor het beter en duurzaam kunnen beheersen van wateroverlast in de binnenstad.



BESTUURLIJKE ARRANGEMENTEN TER BEVORDERING VAN GROENE DAKEN ALS INNOVATIEVE MAATREGEL VOOR WATERBERGING IN HOOGSTEDELIJK GEBIED

Onderzoek heeft licht geworpen op bestuurlijke arrangementen ter bevordering van groene daken als innovatieve maatregel voor waterberging in hoogstedelijk gebied. De praktijken in Basel, Chicago, Londen, Rotterdam en Stuttgart, koplopers op het gebied van groene daken, zijn onderzocht. Ze hebben verschillende bestuurlijke arrangementen om het groene daken-beleid vorm te geven.

De belangrijkste conclusies:

- Er is een vrij strikte scheiding tussen publieke en private verantwoordelijkheden; publiek-private samenwerking komt nauwelijks voor.
- De beginfase van het beleidsproces wordt gedomineerd door publieke verantwoordelijkheid. Plaatselijke overheden bepalen het beleid en de strategie om

daarmee private actie te stimuleren.

- Private verantwoordelijkheid uit zich vooral in de implementatie- en onderhoudsfase van het beleidsproces.
- Met name de groene daken-industrie zorgt voor veel innovaties, hetzij om de kosten te reduceren, hetzij om de opbrengsten te verhogen.
- De publieke verantwoordelijkheid is groter in Basel en Stuttgart. Beide steden hebben een verplichting voor groene daken bij nieuw/herbouw opgenomen in het plaatselijke bouwbesluit. In Chicago, Londen en Rotterdam is juist de private verantwoordelijkheid groter: het wordt aan eigenaren van onroerend goed zelf overgelaten of ze een groen dak installeren. De plaatselijke overheden in Chicago en Rotterdam gebruiken wel financiële prikkels om gebouweigenaren te verleiden een groen dak te installeren.

MEER INFORMATIE

Meer lezen over dit onderwerp

-
- www.deltaproof.nl
 - www.kennisvoorklimaat.nl
 - www.klimaatbestendigestad.nl

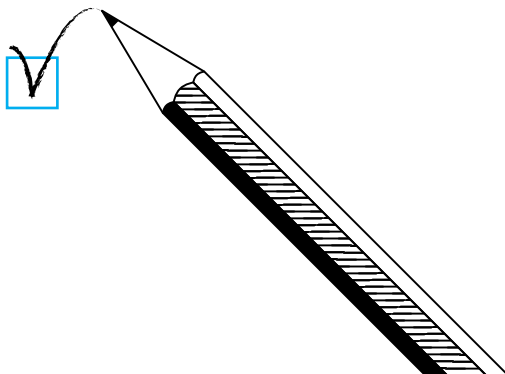
LITERATUUR

H.L.P. Mees, P.P.J. Driessen, H.A.C. Runhaar & J. Stamatelos (2013). *Who governs climate adaptation? Getting green roofs for storm-water retention off the ground*. *Journal of Environmental Planning and Management*, 56(6): 802-825. Kennis voor Klimaat

EN NU VERDER!

Geïnspireerd? Maak hier de **to do lijst** voor uw eigen situatie.

To do lijst maken



H7 HITTESTRESS

Groen en water

als koeling voor de stad ➔



De stad warmt op. Als klimaatveranderingen zich volgens de ongunstigste scenario's van het KNMI gaan voltrekken, kunnen bewoners van dichtbebouwde stedelijke gebieden met veel verhard oppervlak (letterlijk) hun borst nat maken. Zij krijgen flinke perioden van onaangename hitte te verduren. Tijdens hittegolven is de sterfte vooral onder ouderen hoger. Ook neemt de arbeidsproductiviteit af als het heel warm is en vermindert het comfort op straat.

WAT IS DE OPGAVE VOOR KLIMAATADAPTATIE?

Meer verkoelend groen en blauw in de stad. Niet voor niets lopen de stadsparken vol op zomerse dagen en zit men graag naast waterpartijen. De verkoelende werking van water en groen heeft echter grenzen. Die worden snel bereikt als de aanvoer van water naar de stad stopt. Voor het behoud van de verkoelende werking van groenvoorzieningen (door verdamping) is een continue aanvulling van (grond) water nodig. Het zal de nodige voeten in de aarde hebben en grondig onderzoek vergen om dit goed te regelen. Ook andere maatregelen om hittestress tegen te gaan moeten nog verder worden onderzocht.

Want

We weten nog te weinig van de water- en energiebalans in de stad. Het onderzoek naar de relatie tussen kenmerken van de bebouwde omgeving en hittestress staat in de kinderschoenen.

HOE DRAGEN NIEUWE INZICHTEN BIJ AAN OPLOSSINGEN?

Door onderzoek is in ieder geval duidelijk geworden dat het voorkómen van hittestress aanpassingen van het stedelijk gebied vergt die veel verder gaan dan 'iets meer water en groen in de wijk'. Het Kennis voor Klimaat onderzoek doet uitspraken over het type maatregelen dat gemeenten en waterbeheerders zouden moeten nemen.

DE HANDELINGSPERSPECTIEVEN VOOR DE WATERBEHEERDER OP EEN RIJ

Kennis nemen van de bestaande inzichten

Bijvoorbeeld:

- Meer water in de stad draagt slechts beperkt bij aan de verkoeling van de stad.
- Groen is veel effectiever dan water vanwege schaduwwerking (bomen, overdag) en door evapotranspiratie (gras, 's avonds).
- Om het maximale effect te sorteren moet wel goed worden nagedacht over de juiste locatie (bomen aan de zonnige kant van de straat).

-
- Groene structuren die verdrogen bieden weinig tot geen verkoeling meer aan hun omgeving. Het Hydepark in Londen bleek tijdens een hittegolf op satellietbeelden even heet als de stedelijke omgeving; de grasvelden bleken totaal verdroogd. Uit recent onderzoek in Duitsland blijkt dat een uitgedroogde binnenplaats met gras minstens even warm wordt als een compleet verharde binnenplaats.
 - Het waterbeheer in de stad moet in verband met de opwarming van stedelijk gebied meer aandacht hebben voor het vasthouden van water. Het huidige stedelijk waterbeheer is meestal ingericht op een snelle afvoer van water. Water dat in natte weersomstandigheden meteen wordt afgevoerd, kan tijdens droge perioden echter hard nodig zijn om groene structuren hun verkoelende functie te laten behouden.
 - Maatregelen voor vermindering van de hittestress in de stad hebben een positief effect op de gezondheid en de beleving van de stad (de leefbaarheid).

Water in de stad kan diverse, soms ook niet bedoelde, effecten hebben. Enkele bevindingen:

- Een grote wateroppervlakte kan ervoor zorgen dat er via de wind meer ventilatie en dus verkoeling kan optreden.
- Onderzoek in Rotterdam wees uit dat het stedelijk hitte-eilandeffect juist kan worden vergroot door oppervlaktewater. Na zonsondergang bleek het water in de Rijnhaven warmer dan de omgeving.



Grote wateroppervlakten kunnen bijdragen aan ventilatie

Zoals gezegd, is er nog veel onderzoek naar hittestress nodig. Wat we al wel kunnen doen is:

De kwetsbare plekken en kansrijke locaties voor maatregelen inventariseren

Een *klimaatstresstest* kan in detail een overzicht geven van kwetsbare plekken. Een analyse daarvan maakt onderscheid tussen *blootstelling* (waar vindt extra opwarming plaats), *gevoeligheid* (bijvoorbeeld verzorgingshuizen, kantoren, scholen, winkelstraten, verblijfsgebieden) en *aanpassingsvermogen* (alleenwonende ouderen kunnen zich bijvoorbeeld minder goed aanpassen en zijn dus kwetsbaarder).

Samenwerking bevorderen

De aanpak van hittestress vergt aanpassing van de ruimte. Bij die aanpassing zijn vele partijen betrokken. Hierbij kunnen de volgende handelingsperspectieven worden benoemd:

- *Werk systematisch aan het inbrengen van relevante maatregelen in de afstemming, integrale planning en inpassing* bij reguliere (onderhouds)werkzaamheden in de stad, bijvoorbeeld wijkrenovaties of openbare werken. Sluit aan bij bestaande initiatieven.
- *Smeed coalities*. Een klimaat- of adaptatieopgave is altijd een stukje in een grotere puzzel van gebiedsontwikkeling. Kosten en baten zijn niet afzonderlijk te bepalen, deze zitten altijd verweven in combinaties met andere oplossingen. Voor integrale planning van groen en blauw, waarbij zowel aandacht is voor stedenbouwkundige aspecten als voor klimaatadaptatie, is nauwe samenwerking tussen gemeente, waterschap en andere partijen noodzakelijk. Voorbeeld: Noord-Holland (zie kader).
- *Zorg voor samenhang met het omliggende gebied*. Integrale planning is nodig van maatregelen op het gebied van groenstructuren, waterinfiltratie en waterberging.
- *Neem bij voorkeur maatregelen die ook individueel voordeel ('co-benefits') voor afzonderlijke partijen opleveren*.
- *Stel kennis en ervaring aan anderen beschikbaar*. In stedelijke gebieden leggen gemeenten 'groen' en 'blauw' vast in de structuurvisie, die vervolgens wordt uitgewerkt in groen- en andere plannen. Het primaat van de aanpak van hittestress ligt daarmee niet bij de waterschappen. Beschikbaarheid van voldoende grond- en oppervlaktewater in droge/warme perioden speelt wel een belangrijke rol.
- *Stel een adaptatiemakelaar of regisseur aan*. Maatregelen komen pas echt van de grond als een sleutelfiguur zich er met overtuiging voor inzet. Deze regisseur of

adaptatiemakelaar laat alle partijen (stedelijke waterbeheerders, stedelijke diensten, waterschappen, vastgoedeigenaren) beter samenwerken, waardoor adaptatiebeleid beter kan worden ingevoerd. Op het gebied van hittestress kan de gemeente deze regisseursrol oppakken, met sterke inbreng van de waterschappen.

Communicatie en bewustwording vergroten

Het besef van urgentie moet groeien bij alle partijen die betrokken zijn bij ruimtelijke inrichting: gemeenten, gebieds- en projectontwikkelaars, stedenbouwers en burgers. Daarom speelt communicatie een grote rol.

Wanneer hittestress door de politiek tot speerpunt van beleid is benoemd, kan er ruimte zijn voor een *dedicated approach* (toegewijde aanpak). In dat geval maakt een overheid geld en menskracht vrij, specifiek voor de aanpak van een probleem, in dit geval hittestress. Een aparte organisatie (bijvoorbeeld een klimaatbureau) kan met politieke steun systematisch werken aan het doorvoeren van de nodige ingrepen, en aan de vereiste communicatie over het onderwerp. In Nederland, waar hittestress een vrij nieuw fenomeen is, zijn er nog geen voorbeelden van een toegewijde aanpak van hittestress. In het buitenland wel. Verschillende steden in Noord-Amerika en Australië hebben doelstellingen en projecten om het aantal bomen in de stad te vergroten om verkoeling te brengen. Bijvoorbeeld in Sydney of Baltimore (zie kader).



Groen in de stad brengt verkoeling

KEEPING BALTIMORE NEIGHBORHOODS COOL

Baltimore, Maryland, June 4, 2013

...Baltimore is known as the “city of neighborhoods.” Kristin Baja, the new Hazard Mitigation and Adaptation Planner for the city, is working on learning the names of all 225 of them. She’s eight months into job and doing pretty well so far – as we drive around the city, she’s rattling off names: Patterson Park, the Middle East, Four By Four (which is actually a four block by four block square), Oliver, Ellwood Park. Easier than memorizing neighborhoods, though, is figuring out what areas of the city are in need of more tree canopy. These are the areas with no respite of shade during extreme heat events.

STAD EN OMMELAND

Waterbeheer in Nederland is vanouds sterk gerelateerd aan de behoeften van de landbouw, niet aan de stedelijke functies. De stad en het ommeland kunnen echter veel aan elkaar hebben bij klimaatadaptatie. Een voorbeeld is de manier waarop het Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier de opstelling van het *Waterprogramma 2016-2021* (een uitwerking van de Deltavisie) aanpakt. Het hoogheemraadschap zoekt nadrukkelijk de samenwerking op.

Er komt straks één plan (programma) met tal van maatregelen, activiteiten, prioriteiten en samenwerkingsplannen, gedragen door alle waterpartners: Natuurmonumenten, de provincie, de gemeenten, het waterleidingsbedrijf, de landbouw, Rijkswaterstaat, kennisinstituten, het bedrijfsleven en het hoogheemraadschap zelf.

Van oktober tot november 2013 zijn veertien zogenoemde Watertafels georganiseerd, waar alle partijen waren uitgenodigd om wensen en belangen in te brengen. Partijen daagden elkaar uit en inspireerden elkaar met innovatieve en creatieve ideeën. Dat leidde uiteindelijk tot 16 ‘bouwstenen’ waaraan verschillende stakeholders gaan (samen)werken. Eén van die bouwstenen is ‘Verzacht het verharde oppervlak in de stad’, met als doel hittestress in warme perioden en wateroverlast bij hevige neerslag te bestrijden. In de bouwsteen wordt de term klimaatstresstest gebruikt. Deze gaan de gemeenten uitvoeren.

De samenwerkende partijen gaan de komende jaren samen activiteiten ontwikkelen op het gebied van bewustzijnsvergroting en 'integrale verzachting' op alle terreinen: wegen, daken, tuinen, plantsoenen, bedrijfsgebouwen, infrastructuur. Van voorlichtingscampagnes, pilotprojecten tot verankering in waterplannen en omgevingsplannen. De gemeenten gaan samen met andere partijen de klimaatstresstest uitvoeren als opmaat naar de klimaatbestendige stad.

HET WEER IN DE STAD

Vanuit klimatologisch oogpunt is de Zuidas in Amsterdam mislukt. Planologen en architecten hadden hier de kans om een koele zakenwijk te bouwen. Die kans is gemist. Waarom? Omdat Nederlandse stedenbouwkundigen niets weten van het stadsklimaat, zegt landschapsarchitecte Sandra Lenzholzer in haar recente boek *Het weer in de stad. Hoe ontwerp het stadsklimaat bepaalt* (2013).

Volgens Lenzholzer hebben Nederlandse beleidsmakers en politici het probleem lang ontkend en doen ze dat nog steeds, vooral door te zeggen dat er geen 'harde gegevens' zijn. Dat neemt niet weg dat er genoeg problemen zijn. Hoog tijd om in de stad aan klimaatbeheersing te gaan doen. Dat kan: hete steden wekken eigen circulatiestromen op, die stedenbouwkundigen kunnen gebruiken om de stadscentra te ventileren. Lenzholzer verwacht dat de overheid van stedenbouwkundigen en projectontwikkelaars gaat eisen dat zij het stadsklimaat bij hun ontwerpen betrekken. Stadsbewoners hoeven daar niet op te wachten. Ze kunnen zelf iets doen: een geveltuin, een met wingerd begroeide muur, een gazon, een heg in plaats van een hek, een vijver in de tuin.

Het weer in de stad bevat veel suggesties voor maatregelen. Aanleg van parken is in historische binnensteden vaak niet meer mogelijk. Maar met arcades, luifels en loggia's kunnen nieuwe gebouwen wel bescherming bieden tegen de zon. Pergola's, gevelbeplanting en daktuinen hebben ook effect op het microklimaat. Straatbomen zijn altijd goed. Veel hitte ontstaat doordat bakstenen of betonnen muren zonnewarmte absorberen, die ze 's avonds weer afgeven. Holle bouwstenen, gasbeton, leem of hout zijn een alternatief. Fontein, vernevelaars, watervallen en watermuren kunnen de omgeving tot wel 15 graden koelen.

ONDERZOEK UITGELICHT



STEDELIJKE WATERVRAAG KOMT BOVENOP VERWACHTE WATERTEKORTEN

In Nederland zullen bij droogte in de toekomst op meerdere plaatsen (zoet)water tekorten optreden. Dit blijkt uit de recent uitgevoerde knelpuntanalyse zoetwater. Een extra watervraag vanuit de stad zal dit probleem verder vergroten, zeker in de sterk verstedelijkte regio's in Laag Nederland.

Deze studie doet de aanbeveling de stedelijke watervraag mee te nemen als standaardcomponent van alle landelijke watermanagementstudies. Hiervoor is het nodig dat er meer kennis wordt ontwikkeld over de stedelijke watervraag en specifiek de stedelijke verdamping en stedelijke grondwaterberging. Verder wordt aanbevolen de ontwikkeling van technieken voor actief grondwaterpeilbeheer te bevorderen.



WARMTE-EILANDEFFECT, VEGETATIE EN WATER

In deze studie is het warmte-eilandeffect in Nederland gekwantificeerd. Uit het onderzoek blijkt dat het effect afneemt naar rato van de hoeveelheid vegetatie in de stad. Stedenbouwers kunnen daarvan gebruik maken bij het ontwerp van nieuwe wijken. Een verband tussen het warmte-eilandeffect en de hoeveelheid water in de stad kon niet worden aangetoond. Verdampend water kan in de middag een reductie van de voelbare warmtestroom opleveren, wat verkoelend werkt, maar dit effect is sterk afhankelijk van de watertemperatuur.

MEER INFORMATIE

Meer lezen over dit onderwerp

- www.deltaproof.nl
- www.kennisvoorklimaat.nl
- www.rijksoverheid.nl/onderwerpen/deltaprogramma
Onderzoek naar de kansen en beperkingen van klimaatadaptief bouwen vindt ook plaats in het Deltadeelprogramma Nieuwbouw en Herstructurering
- www.klimaatbestendigestad.nl

LITERATUUR

Dr. ir. R.E. de Graaf, ir. B. Roeffen, ing. T. den Ouden, ing. B. Souwer. DeltaSync (2013). *Studie naar de huidige en toekomstige waterbehoefte van stedelijke gebieden*. In opdracht van Ministerie van I&M, in kader van DPNH.

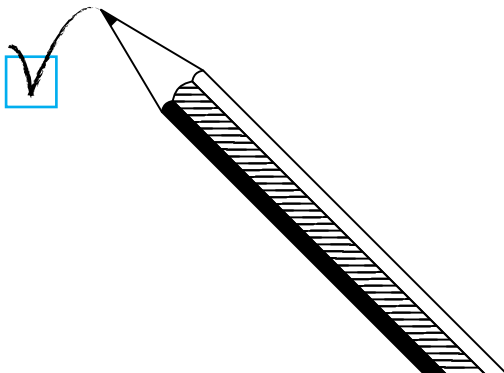
H.L.P. Mees, P.P.J. Driessen, H.A.C. Runhaar, J. Stamatelos (2013). *Who governs climate adaptation? Getting green roofs for storm-water retention off the ground*. *Journal of Environmental Planning and Management*, 56(6): 802-825.

G.J. Steeneveld, S. Koopmans, B.G. Heusinkveld, L.W.A. van Hove, A.A.M. Holtslag. *Het warmte-eilandeffect en thermisch comfort in Nederlandse steden*.

EN NU VERDER!

Geïnspireerd? Maak hier de **to do lijst** voor uw eigen situatie.

To do lijst maken



H8 ONDERGRONDSE ZOETWATEROPSLAG

Meer zelfvoorzienendheid
ondernemers binnen bereik ➔



De land- en tuinbouw heeft in droge perioden veel zoet water nodig. Voor de waterbeheerder is het nu al vaak lastig om 's zomers als het droog is in de zoetwaterbehoefte van ondernemers te voorzien. Dit speelt met name in gebieden die kampen met verzilting. Zeespiegelstijging en bodemdaling zetten het systeem in de toekomst meer onder druk. Daarnaast zullen volgens klimaatscenario's langere droge perioden in de zomermaanden vaker voorkomen. Met name in diepe polders gaan problemen met zout dan meer en meer opspelen.

WAT IS DE OPGAVE VOOR KLIMAATADAPTATIE?

Waterbeheerders en ondernemers werken aan lokale oplossingen om de beschikbaarheid van zoetwater te vergroten.

Want

De vraag kan worden gesteld of het huidige watersysteem bij klimaatveranderingen voldoende waarborgen biedt voor ondernemers. Lokale oplossingen dragen bij aan meer zelfvoorzienendheid van de land- en tuinbouw, ook onder de huidige omstandigheden.

HOE DRAGEN NIEUWE INZICHTEN BIJ AAN OPLOSSINGEN?

In sommige gebieden, bijvoorbeeld de glastuinbouwgebieden in de regio's Westland en Oostland, Aalsmeer en de Agriport A7, passen ondernemers ondergrondse zoetwateropslag al veelvuldig toe. Ondernemers slaan hemelwater 's winters op in ondergrondse bodemlagen. Door dit opgeslagen water in de zomer op te pompen kunnen zij hun zoetwatertekorten aanvullen. Omdat de bodemcondities per gebied sterk verschillen, zijn systemen niet zomaar te kopiëren. Praktijkonderzoek van Kennis voor Klimaat in diverse regio's heeft laten zien dat ondergrondse zoetwateropslag onder uiteenlopende omstandigheden technisch goed mogelijk is.

HANDELINGSPERSPECTIEVEN VOOR WATERBEHEERDERS OP EEN RIJ

Voor waterbeheerders betekent een grotere zelfvoorzienendheid van land- en tuinbouwbedrijven een verlichting van de taak om in droge perioden grote hoeveelheden zoetwater aan te voeren.

Waterbeheerders kunnen de ontwikkeling naar meer zelfvoorzienendheid via ondergrondse zoetwateropslag op de volgende manieren verkennen en/of ondersteunen:

Mogelijkheden voor ondergrondse zoetwateropslag onderzoeken

De mogelijkheid om een bepaalde techniek voor ondergrondse wateropslag toe te passen is onder meer afhankelijk van de fysieke kenmerken van de ondergrond. Bijvoorbeeld: op welke diepte is er een geschikte bodemlaag aanwezig om water in op te slaan en waar bevindt zich zout in de ondergrond? Een gebiedsverkenning kan uitwijzen waar in een gebied welke technieken in principe mogelijk zijn.

Ook de karakteristieken van de bedrijfsvoering bepalen in een gebied de kansrijkheid van opties: type ondernemer, welke teelten, bereidheid tot investeren; het verdienmodel van de ondernemers staat daarbij centraal. Dit soort sociaal-economische factoren horen ook thuis in een gebiedsanalyse.

Fresh Water Options Optimizer

In het najaar van 2013 is een landelijke verkenning naar toepasbaarheid van lokale oplossingen voor meer zoetwaterbeschikbaarheid gestart. Dit project heeft de naam Fresh Water Options Optimizer. Voor zeven technieken van lokale waterberging zijn landsdekkende kaarten gemaakt die aangeven waar de gebieden liggen die kansrijk zijn om deze technieken toe te passen. Voor een waterschap is dit landelijke overzicht het startpunt voor een nadere analyse in het eigen beheergebied.

Introductie bevorderen via pilots

Bij informatieavonden voor ondernemers over ondergrondse wateropslag zit de zaal meestal vol. Er is dus voldoende belangstelling. Meer pilots en haalbaarheidsstudies zullen de introductie van de systemen kunnen versnellen. Of de regionale waterbeheerder een actieve rol moet hebben bij het realiseren van meer pilots en haalbaarheidsstudies, is een keuze. Het initiatief kan ook vanuit de branche komen.

Stichting De Waterbuffer

Op initiatief van Kennis voor Klimaat en partijen in de Zuidwestelijke Delta is de Stichting Waterbuffer opgericht. De stichting richt zich op het bevorderen van de toepassingsmogelijkheden van ondergrondse opslag van water ten behoeve van de zoetwatervoorziening voor de land- en tuinbouw, natuur, stedelijk gebied en industrie. Stichting Waterbuffer brengt partijen samen die belangen hebben bij stimulering van de toepassing. Dit zijn bijvoorbeeld:

- ondernemers: land- en tuinbouwbedrijven;
- LTO – rol: voorlichting; showcases; bemiddeling;
- installateurs (zoals draineurs) - rol: techniek en materiaal leveren;
- kennisinstellingen en adviesbureaus – rol: vooronderzoek; voorlichting; showcases; begeleiding; advies op maat; monitoring;
- bank – rol: financiering installatie.

VELDPROEVEN NOOTDORP EN 'S-GRAVENZANDE: OP ZOEK NAAR HOGERE RENDEMENT

De zomer van 2012 was nat. Hierdoor heeft de orchideeënkweker tot begin september slechts een vijfde (2.700 m³ van de 13.700 m³) van het opgeslagen zoetwater nodig gehad. Dit kon het bedrijf zonder problemen terugwinnen. Omdat de onderzoekers uiteraard wilden weten welke hoeveelheid water maximaal terug te winnen is, zijn zij aan het eind van het seizoen extra zoetwater gaan onttrekken. Dit water is gebruikt om het (lege) bassin van een naastgelegen bedrijf te vullen. Ook dit bedrijf zag daarmee zijn watertekort verdwijnen.



Uiteindelijk is 40% (5.500 m³) van het opgeslagen water weer uit de put opgepompt, zonder dat dit te zout werd voor gebruik. Het rendement van 40% is inderdaad enkele malen hoger dan bij de conventionele ondergrondse waterberging met één lang filter. De proef is afgelopen. De tuinder heeft de installatie behouden en kan naar verwachting zo'n 60% van zijn geïnjecteerde hemelwater jaarlijks terugwinnen.

Eind 2012 is een nieuwe grotere pilot in 's-Gravenzande opgestart. Vanaf maart 2014 is deze installatie operationeel. De zoutere bodem stelt de onderzoekers hier voor een nieuwe uitdaging. Het overtollige hemelwater van vier tomatentelers wordt in de zoute bodem geïnfiltrerd en teruggewonnen voor direct gebruik en ontzilting. De projectpartners zijn KWR Watercycle Research Institute, B-E De Lier en het tomatenteeltbedrijf Prominent.



Kennis over de prestaties verzamelen en uitdragen; meten is weten

Waar ondernemers uiteraard naar vragen is het verdienmodel. Hoeveel m³ zoet water komen extra beschikbaar, tegen welke kosten?

De winst kan ook worden uitgedrukt in:

- mm grondwaterstandsverhoging of -verlaging;
- meters daling van het zoet/zout grensvlak in de bodem.

Voor het grondwater- en oppervlaktewaterbeheer zijn deze gegevens ook relevant. Er is, zoals bij alle nieuwe technieken, daarom behoefte aan prestatie-monitoring. Exactere gegevens zullen het gemakkelijker maken de kosten en baten en consequenties van toepassingen preciezer vast te stellen. Via metingen bij doorlopende praktijkproeven zullen onderzoekers komende jaren over meer van dergelijke gegevens gaan beschikken.

Toepassing van systemen bevorderen via een soepel of eenvoudiger vergunningenbeleid

Voor opslag van hemelwater in de bodem kunnen waterschappen een eigen vergunningenbeleid hanteren. Waterschappen die de introductie willen bevorderen, kunnen ervoor kiezen dit beleid (tijdelijk) te versoepelen of de procedure te vereenvoudigen. Wanneer zij zelf actief bij pilots zijn betrokken, is het in ieder geval zaak vroegtijdig afstemming te zoeken met de vergunningverleners. Voorkomen moet worden dat de vergunningverlening de pilot blokkeert of vertraagt, wanneer alle seinen verder op groen staan. Ook uit de lopende pilots is gebleken dat dit een voornamelijk aandachtspunt is. Innovaties mogen niet stranden op procedures.

Voor infiltratie van oppervlaktewater is het Infiltratiebesluit bodembescherming van kracht. Dit is ooit opgesteld met het doel grootschalige infiltratie van oppervlaktewater door drinkwaterbedrijven te reguleren. Voor ondernemers is dit besluit een 'showstopper'. De monitoringsinspanningen waartoe het besluit de ondernemers verplicht, maakt de business case onhaalbaar. Voor ondernemers die oppervlaktewater in de bodem willen opslaan, zou het dus wenselijk zijn om haalbare maatwerkvoorschriften op te stellen voor kleinschalige toepassingen.

Koppeling van ondergrondse wateropslag aan andere doelstellingen

Naast regen- en oppervlaktewater zijn er meer bronnen van zoet water in een gebied. Gezuiverd afvalwater bijvoorbeeld. Door gezuiverd water afkomstig van een

rioolwaterzuiveringsinstallatie of een fabriek een extra zuiveringsstap te laten doorlopen, kan ook dit water in de bodem opgeslagen en (later) benut worden. Ook water dat op daken van bedrijfsgebouwen valt kan worden benut. Zo kan waterafvoer van een bedrijventerrein voor een deel voorzien in de waterbehoefte in de land- en tuinbouw.

Daarnaast kan de ondergrond door de waterbeheerder ook gebruikt worden als tijdelijk bergingsmedium om zo bij intense neerslag wateroverlast te voorkomen. Voordelen hiervan zijn het beperkte ruimtebeslag bovengronds en de mogelijkheid om een deel van het zoete water in droge perioden terug te winnen.

Ook in de stad kan ondergrondse wateropslag een oplossing zijn voor het voorkomen van wateroverlast. De verkenningen van dergelijke opties kan voor waterbeheerders interessant zijn. Waterbeheerders knopen op deze manier doelstellingen aan elkaar.

Consequenties in beeld brengen bij opschaling

De potenties van ondergrondse wateropslag zijn zodanig, dat experts verwachten dat toepassing binnen een aantal jaren een hoge vlucht kan nemen. Bij opschaling, dat wil zeggen als ondernemers in een gebied de systemen veelvuldig gaan toepassen, is het relevant om te weten welke invloed het regionale (grond)watersysteem daarvan gaat ondervinden. Interferentie van systemen ligt daarbij op de loer. Het beheer moet daarop worden ingesteld.

Bij sommige technieken wordt zout water uit de ondergrond opgepompt om ruimte te creëren voor het opslaan van zoet water. In deze situatie is ongewenste verzilting van oppervlaktewater een aandachtspunt als de lozing daarop plaatsvindt.

Het grondwaterbeheer is momenteel ondergebracht bij drie overheden: gemeente, provincie en waterschap. Duidelijke afspraken tussen deze drie overheden zijn wenselijk, wanneer de ondergrond steeds meer voor diverse doeleinden gebruikt gaat worden. Wie brengt water in de bodem en wie onttrekt hier water aan? Op welke momenten? Wie voert hierover de regie?

SPAARWATER: PROEVEN MET ONDERGRONDSE ZOETWATEROPSLAG IN DE NOORDELIJKE PROVINCIES

Onder de naam Spaarwater voert een breed consortium onder leiding van Acacia Institute (in samenwerking met vele partijen in de regio op vier proeflocaties in Noord-Holland, Friesland en Groningen van 2014 tot 2016 onderzoek uit naar zelfvoorzienende zoetwaterberging op perceelsniveau. Toegepaste technieken zijn onder andere ondergrondse zoetwateropslag en systeemgerichte drainage. Alle vier de locaties hebben hun eigen kenmerken en technische toepassingen.

Binnen Spaarwater is er ook aandacht voor minder af- en uitspoeling van nutriënten en bestrijdingsmiddelen. De waterkwaliteit verbetert hierdoor. Het vergroten van de zelfvoorzienendheid gaat zo hand in hand met het realiseren van de doelstellingen van de Europese Kaderrichtlijn Water.

ONDERZOEK UITGELICHT



GO-FRESH: SHOWCASES IN DE ZUIDWESTELIJK DELTA

GO-FRESH is het Kennis voor Klimaat project met ondergrondse zoetwateropslag in de Zuidwestelijke Delta. Een consortium bestaande uit Deltares, Alterra, KWR, Acacia en Hogeschool Zeeland heeft de afgelopen twee jaar onderzocht of lokale maatregelen de zoetwaterbeschikbaarheid voor landbouw kunnen vergroten. De praktijkproeven vinden plaats in gebieden met zoute kwel waar aanvoer van water uit het hoofdwatersysteem problematisch is.

De naam GO-FRESH is een afkorting van Geohydrological Opportunities Fresh Water supply, ofwel 'Valorisatie kansrijke oplossingen voor een robuuste zoetwatervoorziening in laag Nederland'.

Het project GO-FRESH richt zich op twee typen gebieden die door klimaatverandering waarschijnlijk sneller onder druk komen te staan:

- gebieden met kreekruigen met een wat diepere regenwaterlens en
- gebieden met zoute kwel en dunne regenwaterlenzen.

Een regenwaterlens is het deel van de bodem tussen de grondwaterspiegel en het kwelwatersysteem waarin alleen water aanwezig is dat afkomstig is uit neerslag. De begrenzing aan de onderkant noemt men het zoet/zoutgrensvlak. Een relatief kleine toename van zoute kwel kan een regenwaterlens doen slinken en daarmee de zoetwatervoorraad op perceelsniveau significant verminderen.

GO-FRESH kent drie zogeheten showcases, de praktijkproeven:

- *De Kreekrug Infiltratie Proef*

Aanvulling van de zoetwatervoorraad in een kreekrug door infiltratie van oppervlaktewater.

- *The Freshmaker*

Aanvulling van de zoetwatervoorraad in een kreekrug door injectie van zoetwater en simultane onttrekking zout grondwater onder de zoetwaterlens.

- *Drains2Buffer*

Vergroten/behouden zoetwatervoorraad in dunne regenwaterlenzen door slimme diepe drainage.

De innovatie komt in en met de praktijk tot stand. De provincie Zeeland, ZLTO, de Waterschappen Brabantse Delta en Scheldestromen, de gemeente Schouwen-Duiveland, Productschap Tuinbouw, Handelonderneming Meeuwse en STOWA dragen allemaal bij aan het project. De bijdragen bestaan uit financiële bijdragen, inbrengen van lokale gebiedsspecifieke expertise, regelen van vergunningen en verzorgen van kleine waterhuishoudkundige maatregelen.

Voor de komende vier jaar (2014-2017) worden in een vervolgtraject de proeven zover mogelijk bedrijfsklaar gemaakt. Financiering wordt ingebracht door de regionale partijen en het deelprogramma Zoetwater.

MEER INFORMATIE

Meer lezen over dit onderwerp

- www.deltaproof.nl
- www.deltafacts.nl
 - Ondergrondse waterberging
 - Waterreservoirs op bedrijfsniveau
 - Regenwaterlenzen
 - Regelbare drainage
- www.kennisvoorklimaat.nl
- www.spaarwater.com
- www.waterbuffer.net
- www.go-fresh.info

LITERATUUR

J. van Bakel, P. de Louw, L. Stuyt, L. Tolk, J. Velstra, M. Hoogvliet (2014). *Methode voor het bepalen van de potentie voor het toepassen van lokale zoetwateroplossingen*. Fresh Water Options Optimizer Fase 1.

Gualbert Oude Essink (2013). *GO-FRESH, 3 showcases zoetwatervoorziening in de Zuidwestelijke delta* (2013). Poster.

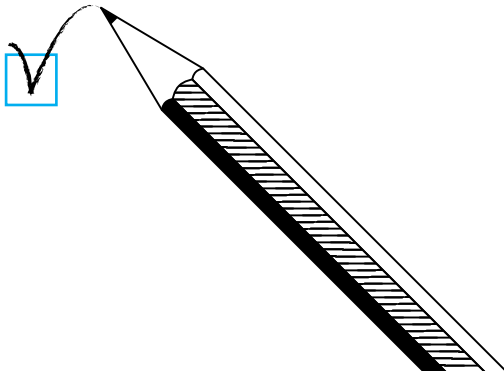
Gualbert Oude Essink, Esther van Baaren, Pieter Pauw, Marta Faneca Sanchez, Koen Zuurbier, Gertjan Zwolsman, Jan Willem Kooiman, Pieter Stuyfzand, Jouke Velstra, Jacob Oosterwijk, Wim Brouwer, Marlon Schoevers, Jan van der Vleuten, Jeroen Veraart, Peter Schipper. *Eindrapport eerste jaar GO-FRESH, Valorisatie kansrijke oplossingen voor robuuste zoetwatervoorziening*. Kennis voor Klimaat

K. Zuurbier, P.J. Stuyfzand (2012). *Veldproef ondergrondse waterberging Nootdorp (WP4)*. Poster.

EN NU VERDER!

Geinspireerd? Maak hier de **to do lijst** voor uw eigen situatie.

To do lijst maken



H9 DOORSPOELEN

Onderzoek toont begrenzing
effectiviteit aan -

Wat zijn de consequenties? ➔



In gebieden die kampen met verzilting spoelen waterbeheerders polders door. Zij laten zoet water op inlaatpunten het gebied instromen, en slaan op andere punten water via gemalen uit. Zo brengen zij het zoutgehalte van het oppervlaktewater omlaag. Hoewel waterschappen deze praktijk al tijden toepassen, zijn de effecten van dit doorspoelen tot nu toe niet gedetailleerd bekend.

WAT IS DE OPGAVE VOOR KLIMAATADAPTATIE?

Het is gewenst dat waterbeheerders hun watersysteem kennen en exact weten wat de effecten van doorspoelen zijn.

Want

Er zijn vraagtekens te zetten bij de effectiviteit van doorspoelen. Meer kennis van het watersysteem is nodig om een goed zicht te hebben op handelingsperspectieven voor de toekomst.

HOE DRAGEN NIEUWE INZICHTEN BIJ AAN OPLOSSINGEN?

Om meer aan de weet te komen over de effectiviteit van doorspoelen is in de Haarlemmermeerpolder tijdens een promotieonderzoek een aantal jaren nauwgezet de loop van het doorspoelwater gevolgd. Gebleken is dat het doorspoelwater lang niet alle waterlopen bereikt. Tijdens het onderzoek zijn ook de veranderingen van het zoutgehalte tijdens de loop van in- naar uitlaatpunt bemeten. In sommige gevallen is het inlaatwater kort na het inlaatpunt alweer flink zouter geworden. Met name waar zoute wellen aanwezig zijn gaat deze zogeheten oplading erg snel.

Technische ingrepen in het watersysteem om de doorspoelefficiëntie te verhogen zijn duur. Soms kunnen kleinere ingrepen in de vorm van schotten in sloten de loop van het water voldoende beïnvloeden, maar dit kan lang niet overal. Blijft over de acceptatie van het feit dat doorspoelen niet voor heel het gebied soelaas biedt. Veel gebruikers zijn dan aangewezen op andere bronnen van zoet water, zeker als de problemen met zoute kwel in de toekomst verergeren.

HANDELINGSPERSPECTIEVEN VOOR WATERBEHEERDERS OP EEN RIJ

Investeren in gebiedskennis

Waterbeheerders doen er goed aan samen met grondgebruikers en terreinbeheerders een gedegen gebiedsanalyse uit te voeren. De kennis uit een dergelijke analyse kan de opmaat zijn voor visievorming of gesprekken met ondernemers en anderen, uiteindelijk leidend tot concrete stappen naar een efficiënter zoetwater-

beheer in hun beheersgebied. Een gebiedsanalyse gaat bijvoorbeeld in op:

- Wataeraanvoermogelijkheden en -routes. Hoe exact weten we hoe het water stroomt op macro- en microniveau? Welke delen van het systeem profiteren veel, minder of niet van doorspoelen met zoet water?
- Sturingsmogelijkheden (slim water management). Kunnen we wataeraanvoer of -routes beïnvloeden?
- De ruimtelijke verdeling van functies die om zoet water vragen. Waar zitten kwetsbare functies: voorin of achterin het systeem? Dit kunnen ook natuurgebieden zijn.
- De karakteristieken van de zoute kwel. Is er sprake van continue diffuse zoute kwel in heel het gebied, hoe is ruimtelijke differentiatie vanwege zandbanen en/of komen er zoute wellen voor?
- Oplading van zout in het gebied. Hoe snel wordt inlaatwater zouter naarmate het verder het gebied in stroomt? Waar zitten zoute wellen die voor snelle oplading zorgen? Kunnen we het water daaromheen leiden?
- Oorzaken van zoutschade. Is de kwaliteit van het beregeningswater de belangrijkste oorzaak van zoutschade? Of is er sprake van kwel die tot in de wortelzone van het gewas doordringt?

Via de analyse zullen de spanningen tussen vraag en aanbod zichtbaar(der) worden. Als de waterbeheerder beter weet hoeveel zoet water gebruikers door het seizoen heen waar nodig hebben, is vervolgens de vraag aan de orde of de waterbeheerder dit ook kan en op termijn wil leveren.

ZOUTE WELLEN ZIJN NIET TE DICHTEN

Zoute wellen hebben grote invloed op zoutgehalten in diepe polders. Een gedachte die dan al snel ontstaat: sluit ze af. Dit is geen optie, zo is gebleken uit onderzoek waarbij dit is geprobeerd. De druk in de ondergrond is hoog en de bodem kent meerdere zwakke plekken. Dicht je de wel op de ene plek, dan dringt het zoute water uit de ondergrond ergens in de buurt zich toch weer naar boven.

DE €UREYEOPENER: MEER INZICHT IN DE 'KNOPPEN' OM AAN TE DRAAIEN

De €ureyeopener is een relatief simpel instrument dat door een consortium van wetenschappers en adviesbureaus samen met enkele waterschappen is ontwikkeld. Het is bedoeld als een handzame tool voor een gebiedsanalyse. Het €-teken is in de naam opgenomen, omdat het instrument als laatste stap van de analyse mogelijke beslissingen direct vertaalt in kosten en opbrengsten.

Het instrument steunt op hydrologische modellen uit het Nationaal Hydrologisch Instrumentarium (NHI). Voor het berekenen van zoutshade zijn aannames gedaan. Als we het watersysteem zien als een complexe machine, laat de €ureyeopener de 'knoppen' zien waar een waterbeheerder aan kan draaien. Verschillende waterschappen (Rijnland, Scheldestromen, Hollandse Delta en Brabantse Delta) hebben met het instrument reeds gebruikt. Hun ervaringen zijn gebruikt om het te verbeteren.

Bij de toepassing leerden de gebruikers samen met de wetenschappers hun watersysteem beter kennen. Een voorbeeld: Hoogheemraadschap van Rijnland ontdekte dat het 'wegdenken' van de watervraag van Boskoop niet tot een verminderde doorspoelbehoefte leidde, wat men daarvoor altijd dacht. De grote watervraag van de bollentelers in het duingebied, maakt het nog steeds noodzakelijk om bij Gouda veel water in te laten.

Bovenstaand voorbeeld laat zien hoe een gebiedsanalyse met het instrument afhankelijkheden in het systeem inzichtelijk maakt. Als functies met een lage zouttolerantie en een hoge waterbehoefte achter in het systeem aanwezig zijn, heeft dit consequenties voor de sturingsmogelijkheden van de waterbeheerder.

De €ureyeopener is interactief. Gebruikers kunnen met het instrument nagaan hoe het systeem reageert op wijzigingen, bijvoorbeeld in het doorspoelbeleid. Ook kan het systeem rekenen met aannames voor minder of meer zouttolerantie van gewassen en natuurgebieden. Zo ontstaat bij de waterschappen een beter gevoel voor het handelingsperspectief.

Dialogoog met gebruikers aangaan

De afspraken over wateraanvoer waar waterschappen zich impliciet of expliciet aan verbonden hebben, noemt met de serviceniveaus. Het verdient aanbeveling om op lokaal niveau samen met agrariërs naar de toekomstbestendigheid van deze serviceniveaus te kijken. De gebiedsanalyse kan hiervoor de aanleiding zijn. Hieruit volgen de mogelijkheden en onmogelijkheden van wateraanvoer in de toekomst.

- Maak aan gebruikers duidelijk welke serviceniveaus nu en in de toekomst haalbaar zijn. Laat hierover geen verkeerde verwachtingen bestaan.
- Voer een open discussie. Maak ook duidelijk welke onzekerheden er zijn voor de toekomst.
- Bespreek wat agrariërs zelf kunnen doen, in hun zoektocht naar zelfvoorzienendheid.

Kosten en baten kennen: doelmatigheid

Welke schade ontstaat er eigenlijk bij minder doorspoelen? De precieze omvang van zoutschade is vaak niet bekend bij ondernemer en waterbeheerder. Voor een discussie over de doelmatigheid van oplossingen, is kwantificering (een indicatie) van deze kosten wel wenselijk. Een berekening van de omvang van zoutschade onder diverse omstandigheden, hoe grofmazig ook, is nuttige input voor de discussies met agrariërs, de provincie en andere partijen. In de €ureyeopener zijn schadefuncties opgenomen, zodat hier een beeld van ontstaat.

Focus naar lokale oplossingen verleggen

De wetenschap dat waterbeheerders via doorspoelen lang niet overal zoet water kunnen leveren, leidt tot de conclusie dat veel ondernemers aangewezen zullen zijn op lokale oplossingen bij toenemende droogte en verzilting. Lokale oplossingen zijn bijvoorbeeld slimme drainage, bodembeheer gericht op waterconservering en buffering van zoet water via boven- of ondergrondse wateropslag.

Lokale omstandigheden bepalen de mogelijkheden voor de toepassing van de verschillende opties. Een waterschap kan er voor kiezen zelfvoorzienendheid bij gebruikers te stimuleren. Overschakelen op andere, meer tolerante teelten is soms ook een optie voor ondernemers.

Oplossingen in de ruimtelijke ordening zoeken (lange termijn)

Een andere strategie is sturing via de ruimtelijke ordening. Bij een toenemende druk op het systeem zal klimaatadaptatie tot aanpassingen in de ruimtelijke inrichting nopen, afgestemd op de zoutsituatie in een gebied. Mogelijke 'game changers' zijn verstedelijking en technologische ontwikkelingen bij hoogwaardige teelten. De kennis die volgt uit gebiedsanalyses, is daarmee ook interessant voor partijen die besluiten nemen over de ruimtelijke ordening, zoals de provincie en het rijk.



AANBEVELINGEN UIT DE HAARLEMMERMEERPOLDER

De Gemeente Haarlemmermeer organiseerde in het kader van de Structuurvisie in samenwerking met het Hoogheemraadschap van Rijnland en tal van deskundigen in 2011 het Watercongres. De centrale vraag: Hoe bouwen we het huidige doorspoelsysteem van de Haarlemmermeer om naar een duurzaam, zelfvoorzienend watersysteem? Het congres leverde onder meer een achttal aanbevelingen voor de Structuurvisie Haarlemmermeer 2030 op:

- 1 Het watersysteem van de Haarlemmermeer is complex: leer de werking heel goed kennen door monitoring, onderzoek én praktijktesten.
- 2 Beschrijf de wateropgave niet globaal, maar kwantificeer deze en leg daarmee het ambitieniveau vast.
- 3 Verbind de wateropgave aan andere functies en ontwikkelingen in de polder. Water, landbouw, natuur en recreatie, Schiphol en de stedelijke gebieden kunnen veel voor elkaar betekenen.
- 4 Water kan een belangrijk onderdeel worden van het 'polderraamwerk', een ruimtelijk raamwerk dat de stedelijke ontwikkelingen draagt.
- 5 De wateropgave is een gebiedsontwikkelingsopgave. Zoek de partijen die iets moeten, kunnen en willen.
- 6 Boeren, onderzoekers, overheden, Schiphol moeten samenwerken en kennis delen.
- 7 Geef de ontwikkeling van oplossingen tijd! Er is dus tijd voor kennisontwikkeling, bewustwording en afstemming op de klimaatontwikkeling.
- 8 Ondersteun de waterpioniers en proeftuinen. De ontwikkeling van een duurzaam watersysteem begint hier.

METEN VAN AFZONDERLIJKE WATERSTROMEN OP PERCEELSNIJVEAU IN DE SCHERMER

Hoe beweegt water en zout zich in en tussen een sloot en het daarnaast liggende perceel? Om dit nauwkeurig te meten, hebben onderzoekers in de Zuidschermmer alle (kleine) waterstromen volledig van elkaar gescheiden. Daar was wel wat voor nodig. Een sloot is over veertig meter afgedamd met stalen schotten. Het (doorspoel)water dat door de sloot stroomt, wordt over een bepaald traject door een buis geleid om het debiet precies te bepalen. Water uit de drainagebuizen wordt apart opgevangen en geanalyseerd. Van alle gescheiden waterstromen worden zoutgehalten bepaald met EC-meters. Bodemvochtsensoren en peilbuizen brengen de vochtsituatie in het perceel in kaart, een drijvende verdampingspan de oppervlaktewaterverdamping. Ook de bo-

demtemperatuur wordt gemeten, omdat hieruit de grondwaterstroming is af te leiden.

Bovenstaand promotieonderzoek in de Zuidermeer is onderdeel van het onderzoekproject 'Alternatieve vormen van duurzaam bodemgebruik en waterbeheer door en voor agrariërs'. Het vindt plaats in samenwerking met het Acacia Water, VU, Alterra en Deltares en wordt gefinancierd door SKB, provincie Noord-Holland, Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier en LTO-Noord. Het onderzoek analyseert ook de effecten van lokale maatregelen: het aanleggen van ondergrondse dripirrigatie, juist onder de ploegvoor, peilgestuurde drainage in combinatie met zoetwaterinfiltratie en het onder water zetten van de drains via peilopzet.

Dit onderzoek op een heel gedetailleerd niveau draagt er aan bij dat we over het gehele traject van waterboezem tot aan een de wortelzone van gewassen beter gaan begrijpen hoe water en zout hun weg vinden. Op termijn zal dit bijdragen aan het maken van juiste afwegingen tussen maatregelen die ingrijpen op de water- en zoutregulatie.

ONDERZOEK UITGELICHT



EFFECTIVITEIT DOORSPOELEN ZUIDOOSTHOEK HAARLEMMERMEER POLDER

Binnen het Kennis voor Klimaat thema Climate Proof Fresh Water Supply is onderzoek gedaan naar het effect van doorspoelen op de zoutconcentratie in het slootwater. Voor een deelgebied (de zuidoosthoek) van de Haarlemmermeerpolder is nauwgezet onderzocht welke zoutconcentraties in sloten en waterlopen aanwezig zijn, hoe die fluctueren naar gelang de weersomstandigheden - nat of droog - en welk effect doorspoelen heeft op deze concentraties. De presentatie hierover op 13 maart 2013 is terug te zien op het STOWA Youtube-kanaal.

Er wordt nog een modelinstrumentarium ontwikkeld om de interactie tussen zoet, brak en zout grond- en oppervlaktewater in droge tijden beter te kunnen simuleren. Dit wordt uitgewerkt voor de case de zuidoosthoek van de Haarlemmermeerpolder. Met deze kennis zal het mogelijk zijn de effectiviteit van verschillende waterbeheersmaatregelen door te rekenen. Dit kan (beter) operationeel grond- en oppervlaktewaterbeheer dichterbij brengen.

MEER INFORMATIE

Meer lezen over dit onderwerp

- www.deltaproof.nl
 - www.deltafacts.nl
 - Effectiviteit van waterinlaat
 - Brakke kwel
 - Droogte stuurt functies
 - Beprijzing van water voor de landbouw
 - www.kennisvoorklimaat.nl
-

LITERATUUR

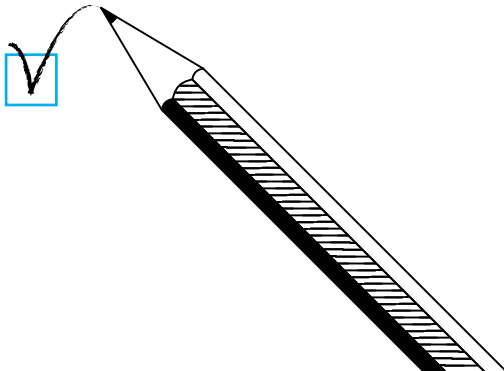
P.N.M. Schipper, G.M.C.M. Janssen, N.B.P. Polman, V.G.M. Linderhof, P.J.T. van Bakel, H.T.L. Massop, R.A.L. Kselik, G.H.P. Oude Essink, L.C.P.M. Stuyt (2014). *€ureyeopener 2.1: Zoetwatervoorziening Zuidwestelijke Delta en Rijnmond-Drechtsteden*. Alterra-rapport 2439.

L.C.P.M. Stuyt, P.J.T. van Bakel, J. Delsman, H.T.L. Massop, R.A.L. Kselik, M.P.C.P. Paulissen, G.H.P. Oude Essink, M. Hoogvliet en P.N.M. Schipper (2013). *Zoetwatervoorziening in het Hoogheemraadschap Rijnland verduidelijkt met behulp van €ureyeopener 1.0*. Alterra-rapport 2439.

EN NU VERDER!

Geïnspireerd? Maak hier de **to do lijst** voor uw eigen situatie.

To do lijst maken



H10 OMGAAN MET ZOUTNORMEN

Hoe zout mag het zijn? ➞

In gebieden met zoute kwel wordt zoet water ingelaten zodat tuinders hun gewassen hiermee kunnen beregenen. Rivierafvoeren worden in tijden van extreme droogte zodanig gestuurd dat de meest kritische gebruikers van zoet water zo goed mogelijk worden bediend. De waterbeheerder is in delen van Nederland in het groeiseizoen vanwege deze inspanningen ook wel te typeren als 'verziltingsbeheerder'. Toenemende droogte, bodemdaling en zeespiegelstijging maken dat er met zekere regelmaat minder zoet water beschikbaar is, terwijl de agrarische en industriële sector juist vragen om een grotere leveringszekerheid van zoet en schoon water. Maar hoe zout is te zout?

WAT IS DE OPGAVE VOOR KLIMAATADAPTATIE?

Het is wenselijk om de onzekerheid rond zoutschade te verkleinen.

Want

Naarmate waterschappen meer moeite moeten doen om de effecten van zoute kwel te bestrijden, wordt het relevanter te weten hoeveel zout gebruiksfuncties aankunnen en te weten hoeveel schade eigenlijk ontstaat als de gehanteerde zoutnormen worden overschreden. Bij verruiming van de zoutnormen heeft de waterbeheerder meer speelruimte voor doelmatig waterbeheer.

HOE DRAGEN NIEUWE INZICHTEN BIJ AAN OPLOSSINGEN?

In een kennisinventarisatie is de herkomst van in Nederland gehanteerde normen beschreven. Deze normen zijn gebaseerd op beregenings- en irrigatiepraktijken in semi-aride gebieden. In onze delta met een gematigd klimaat zijn de zoet-zout gradiënten in de ondiepe bodem echter veel complexer, zowel in ruimte als in tijd. Toch zijn de 'buitenlandse' normen ons houvast. In werkelijkheid weten we niet hoe zout het hier in de wortelzone van landbouwgewassen wordt als wel of niet wordt beregend.

Waterbeheerders kunnen dus aan onderzoek geen houvast ontlenen en moeten afgaan op ervaringsgegevens en de bestaande - niet onomstreden - classificatie.

HANDELINGSPERSPECTIEVEN VOOR WATERBEHEERDERS OP EEN RIJ

Wat kunnen we met het feit dat we weten dat we zo weinig weten?

Een inventarisatie van Kennis voor Klimaat heeft een overzicht opgeleverd over welke kennis van zouttolerantie we wel beschikken. Uit de kennis die is opgespoord, leiden de onderzoekers het vermoeden af dat zouttolerantie van gewas-

sen in Nederland in veel gevallen wordt onderschat. Veel gewassen kunnen waarschijnlijk meer zout hebben dan we denken. Op de vraag: *hoe zout mag het dan zijn?* is echter geen helder antwoord te geven, omdat er geen onderzoeksgegevens beschikbaar zijn. Er zit dus niets anders op dan de normen die er zijn te gebruiken, in de wetenschap dat de werkelijkheid waarschijnlijk afwijkt. Onderzoekers pleiten voor het uitvoeren van proeven onder in Nederland geldende klimatologische omstandigheden (gematigde temperatuur, hoge luchtvochtigheid). Dit soort veldproeven is volgens hen noodzakelijk om een goed beeld te krijgen van de effecten van zout onder veldomstandigheden in Nederland.

ONS HOUVAST: GEDATEERD BUITENLANDS ONDERZOEK

De in Nederland meest voorkomende gewassen of teelten in de open lucht zijn ingedeeld in één van vier gevoeligheidsklassen: gevoelig, matig gevoelig, matig tolerant en tolerant. De klasse-indeling is overgenomen uit een publicatie van de Voedsel- en Landbouworganisatie (*Food and Agriculture Organization, FAO*) van de Verenigde Naties. De proeven waarop de FAO de klassegrenzen bepaalt en gewassen in de klassen indeelt:

- hebben vaak decennia geleden (tot in de jaren vijftig van de vorige eeuw) plaatsgevonden;
- zijn uitgevoerd aan de geïrrigeerde landbouw in semi-aride gebieden;
- met meestal een van Nederland afwijkende chemische samenstelling van het irrigatiewater en andere waterhuishouding (ondieper grondwater en afwijkende irrigatiepraktijk).

Dat we met meer op de Nederlandse praktijk gestoeld onderzoek meer nuances zouden kunnen aanbrenge in de zouttolerantienormen die waterbeheerders en agrariërs hier hanteren, is in dit licht een understatement te noemen.

De mogelijke handelingsperspectieven voor de waterbeheerder zijn:

De regelingen van zoetwateraanvoer verfijnen

Als we gedegen wetenschappelijke inzichten moeten ontberen, wat ligt er dan aan de basis van de huidige regelingen tussen waterbeheerders en gebruikers? De huidige overeengekomen regelingen (afgesproken 'serviceniveaus') zijn meestal histo-

risch gegroeid. Regionale percepties spelen hierbij vaak een rol. Soms rouleren in de streek lijstjes met normen die als uitgangspunt gelden voor boeren en tuinders, hun directe adviseurs en de waterbeheerder.

Het is echter maar zeer de vraag of alle aannames over de acceptabele zoutconcentraties waarop regelingen gestoeld zijn in overeenstemming zijn met werkelijke schades. Hoe valt anders te verklaren dat er tussen regio's behoorlijke verschillen aan het licht zijn gebracht in de percepties van wat acceptabel is.

Het lijkt erop dat in veel gevallen in Nederland sprake is van 'overvraging'. Om maar zoveel mogelijk aan de zekere kant te zitten, wordt een lager zoutgehalte in het grond- of oppervlaktewater verlangd dan uit oogpunt van de teelt mogelijk zou zijn. En als het water beschikbaar is, dan kunnen we het zekere voor het onzekere nemen. Als een waterbeheerder aangeeft het gevraagde te kunnen leveren, waarom zouden gebruikers dan genoeg nemen met zouter water?



Regelingen verfijnen

Zouttolerantie varieert voor veel gewassen in de tijd. In de groeifase is het kritieker dan in de oogstfase. Onderzoekers reiken daarom het idee aan om starre normen - één norm die altijd geldt - te vervangen door meer flexibele advieswaarden die rekening houden met de groeifasen waarin gewassen zich bevinden en het bodemtype.

In studies zijn mogelijkheden benoemd die handelingsruimte van waterbeheerders kunnen verfijnen:

- *Kijk naar de benodigde kwantiteit:* Hoeveel water is minimaal nodig om het neerslagtekort aan te vullen en sloten gevuld te houden? Welk deel is dat van de totale watervraag?
- *Kijk naar de benodigde kwaliteit:* Welke kwaliteit is nodig voor welk gewas en voor kwetsbare natuur? Wat zijn de laatste inzichten?
- *Kijk naar de juiste plaats:* Hoe is de behoefte (kwantiteit en kwaliteit) ruimtelijk verdeeld? Zijn er gebieden waar de kwaliteit omlaag kan of omhoog moet? Is dat in te passen in de huidige waterinfrastructuur? Waar kunnen we het water brengen?



-
- *Kijk naar het juiste moment:* Is de watervraag altijd nodig? Is er alleen in het begin van het groeiseizoen een beregeningsvraag of het hele seizoen door?
 - *Kijk naar kosten en baten:* Wat zijn de kosten en baten van voorgestelde maatregelen?

De dialoog aangaan met watergebruikers

In Nederland maken gebruikers aanspraak op verworven rechten. Bij klimaatveranderingen zullen waterbeheerders historisch gegroeide situaties en 'verkregen rechten' moeten herijken. Verruiming lijkt op basis van het onderzoek dus mogelijk. Waterbeheerders zullen hiervoor de dialoog met gebruikers moeten aangaan. Als uit onderzoek of uit praktijkervaringen blijkt dat er ruimte is om normen flexibeler te maken, dan is vervolgens een investering noodzakelijk om met de betrokken actoren afspraken te maken over nieuwe inlaatcriteria in de vorm van bijvoorbeeld een waterakkoord of peilbesluit.

Consensus over te hanteren normen voor zoutschade bereiken

Onder regie van STOWA wordt door diverse partijen onder de naam WaterWijzer Landbouw gewerkt aan actualisatie van waterschadefuncties. De WaterWijzer Landbouw, die onder meer de HELP-tabellen zal vervangen, bevat straks ook zoutschademodules. De basis hiervan blijft 'de momenteel best beschikbare kennis'. Het doel is over één, door alle partijen geaccepteerd, model te beschikken. Verwachte beschikbaarheid: 2016.

Veronderstelde schade in kaart brengen met de best beschikbare kennis, zodat kosten en baten van maatregelen in geld zijn af te wegen

Op basis van een ontwikkeld model, de €ureyeopener, kunnen globale schadeberekeningen worden uitgevoerd. In het model zijn aannames gedaan voor zouttolerantie. Variaties in deze aannames leiden uiteraard tot andere uitkomsten. Op basis van uitkomsten, die een indicatie van schade geven, niet meer dan dat, kan wel de discussie met watergebruikers over de serviceniveaus worden gevoerd.

Zouttolerantere teelten promoten

Op het Zilt Proefbedrijf wordt sinds 2010 gericht onderzoek gedaan naar zoutschade bij verschillende rassen en gewassen. Als ondernemers overstappen op meer zouttolerante teelten of rassen, levert dit de waterbeheerder meer speelruimte op.

ZOUTTOLERANTIE GETEST OP TEXEL

Zilt Proefbedrijf op Texel doet sinds 2006 intensief onderzoek naar zoutgevoeligheid van gewassen. In totaal verbouwt Zilt Proefbedrijf 120 gewassen. Het proefbedrijf van 5 hectare heeft op 1 hectare een testlocatie met 56 plots (7 verschillende zoutconcentraties met 8 herhalingen) ingericht waar met een geavanceerd irrigatiesysteem voor diverse gangbare gewassen volledige reeksen zouttoleranties worden bepaald: aardappel, gerst, koolzaad, peen, uien, diverse koolsoorten en meer. 'De aardappel staat te boek als zoutgevoelig', aldus Arjen de Vos, onderzoeker bij Zilt Proefbedrijf, 'terwijl die dat niet is'. 'Wij hebben veertig variëteiten getest en bij vele daarvan hebben we een zouttolerantie vastgesteld die 2 tot 3 keer hoger is dan waar men bij de normaal gehanteerde zoutschadedrempels vanuit gaat. Hetzelfde geldt voor een groot aantal andere gewassen. Neem sla. We hebben sla geteeld met toediening van water met een EC-waarde van tien, wat neerkomt op 20% zeewater. De sla gedijde daar prima op, terwijl deze teelt toch te boek staat als een erg gevoelig.

Zilt proefbedrijf werkt samen met zaadveredelaars om zoveel mogelijk variëteiten te testen. Veel vaak geteelde rassen zijn geselecteerd op snelle groei, terwijl de snelle groeiers vaak niet de meest zouttolerante zijn. Voor het onderzoek naar 'zilte' varianten van aardappel en gerst is inmiddels wereldwijd belangstelling.



De bevindingen van Zilt Proefbedrijf zijn input geweest voor een Kennis voor Klimaat onderzoek naar de economische effecten van het hanteren van meer of minder gevoelige zoutschadefuncties. 'Gesteld dat de zouttolerantie in Nederland een factor 2 te laag wordt ingeschat, of met de introductie van minder gevoelige rassen (verder) omlaag kan, wat is daarvan dan het economische effect in een droog jaar? Een rekenessie, waarbij de gangbare zoutschadefuncties werden vergeleken met een factor twee meer 'tolerante' zoutschadefuncties, leverde een economisch effect op van bijna €0 miljoen/jaar voor de landbouwproductie in laag Nederland.

In 2013 ontving Zilt Proefbedrijf de eerste prijs van de *Climate Adaptation Business Challenge*. De Climate Adaptation Business Challenge is een wedstrijd voor initiatieven van ondernemers die het beste inspelen op de wereldwijde klimaatverandering.

HOE ZOUT MAG HET ZIJN VOOR DE NATUUR?

Naast de landbouw is ook de natuur gevoelig voor zout. In het Kennis voor Klimaat-programma is onderzoek gedaan naar de blootstelling aan zout in de wortelzone van land- en waterplanten. Dit onderzoek richtte zich onder andere op de gevoeligheid van kraggen voor verzilting. Kraggen komen bijvoorbeeld voor in de Nieuwkoopse Plassen. Planten kunnen zich aanpassen aan zoutere omstandigheden. Hoe de verzilting optreedt is daarbij essentieel; van invloed zijn bijvoorbeeld de frequentie, duur, timing en snelheid waarmee zoutconcentraties variëren. Bij het vaststellen van de effecten van klimaatverandering op de aquatische levensgemeenschap kan de stijgende wassertemperatuur in combinatie met veranderende zoutdynamiek ook effecten hebben.

Inzichten in de zoutgevoeligheid van het aquatisch ecosysteem zijn bruikbaar bij het vaststellen van inlaatnormen en doorspoelcriteria. Net als voor de landbouw geldt voor de natuur: als uit onderzoek of uit praktijkervaringen blijkt dat er mogelijkheden zijn om normen flexibeler te maken, dan is vervolgens een investering noodzakelijk om met de betrokken actoren afspraken te maken over nieuwe inlaatcriteria in de vorm van bijvoorbeeld een waterakkoord of peilbesluit. Deze kosten moeten niet onderschat worden en kunnen substantieel zijn, zeker bij verschil van inzicht bij verschillende belanghebbenden. Wanneer iedereen akkoord is zijn er geen extra kosten ten opzichte van het huidige waterbeheer.

ONDERZOEK UITGELICHT



INVENTARISATIE VAN AANWEZIGE KENNIS

De behoefte aan kennis over schadelijke effecten van (te) zout water op gebruiksfuncties neemt toe als de zoutbelasting onder invloed van klimaatverandering meer kritisch wordt. De volgende vormen van schade kunnen zich in de landbouw voordoen als kritische waarden worden overschreden:

- te hoge zoutgehalten in de wortelzone kan de gewasgroei belemmeren;
- berekening 'over het gewas' kan bladschade (verbranding) veroorzaken en geeft schade aan het oogstbaar gewas.

Onderkend wordt dat er kennisleemten zijn voor wat betreft de kritische waarden waarbij deze vormen van schade optreden. Onze indeling van gewassen naar zoutgevoeligheid is gebaseerd op gedateerd buitenlands onderzoek. Agrariërs en landbouwvoorlichters hebben wel veel ervaringsgegevens vastgelegd. Deze ervaringsgegevens zijn opgehaald bij experts zoals landbouwvoorlichters.

In het rapport doen onderzoekers op basis van hun bevindingen suggesties voor een meer flexibele omgang met zoutnormen. De normen kunnen bijvoorbeeld meebewegen met de verschillen in zouttolerantie door het groeiseizoen heen.



HANDELINGSRUIMTE MEER TOLERANTE ZOUTSCHADEFUNCTIES IN GELD UITGEDRUKT

Een consortium, bestaande uit Alterra, De Bakelse Stroom, Deltares, Acacia Water, LEI en het Zilt Proefbedrijf Texel heeft in opdracht van Kennis voor Klimaat onderzocht wat de economische effecten zijn van het rekenen met meer of minder 'tolerante' zoutschadefuncties. Het consortium rekende voor een droog en warm klimaatscenario gewasopbrengsten in laag Nederland door met:

- de anno 2013 gehanteerde zouttolerantiefuncties en
- een factor 2 (50%) meer 'tolerante' functies.

Modelmatige doorrekeningen met 50% meer tolerante functies resulteerde in een hogere landbouwopbrengst van circa 60 miljoen/jaar. Het modelresultaat geeft aan dat er sprake is van handelingsruimte in het (toekomstige) zoetwaterbeheer,

als blijkt dat de huidige zouttolerantiefuncties de zouttolerantie van gewassen overschatten. Handelingsruimte ontstaat ook wanneer ondernemers overstappen op meer tolerante rassen.

Op basis van de bevindingen is het volgens de onderzoekers noodzakelijk om op korte termijn de aardappelrassen die nu daadwerkelijk geteeld worden te testen op hun zouttolerantie, aangezien dit per ras kan verschillen. Hetzelfde geldt voor suikerbiet en grassen.

Het gehanteerde klimaatscenario in dit onderzoek is een 'warm' 2050 (klimaat-scenario W+). Het 10% droge jaar 1989 is doorgetrokken naar dit scenario. In de analyse is de berekende derving van de gewasopbrengst alleen bepaald door zout in beregeningswater.

Het onderzoek brengt ook verschillen in effecten per waterschap/regio in kaart.

MEER INFORMATIE

Meer lezen over dit onderwerp

- www.deltaproof.nl
- www.deltafacts.nl
 - Zouttolerante teelten
 - Effecten verzilting zoete aquatische ecosystemen
 - Beprijzing van water voor de landbouw
- www.kennisvoorklimaat.nl
- www.waterwijzer.nl

LITERATUUR

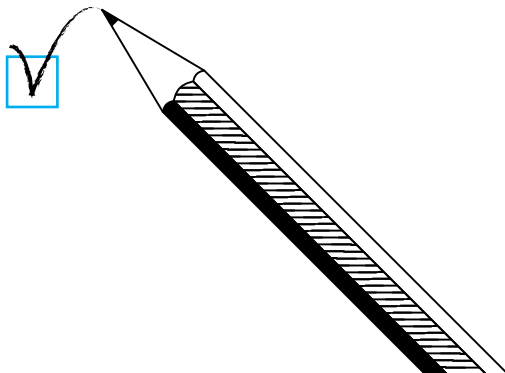
P.J.T. van Bakel en L.C.P.M. Stuyt (2011). *Actualisering van de kennis van de zouttolerantie van landbouwgewassen*. Op basis van literatuuronderzoek, expertkennis en praktische ervaringen, Alterra-rapport 2201.

L.C.P.M. Stuyt, C. Schuiling, H.T.L. Massop, N.B.P. Polman, P.J.T. van Bakel, G.H.P. Oude Essink, M. Faneca Sanchez, J. Velstra, A.C. de Vos (2014). *Mogelijke effecten van actualisatie van zoutschadefuncties van grondgebonden, beregende landbouwgewassen*, Kennis voor Klimaat, rapportnummer 116/2014.

EN NU VERDER!

Geïnspireerd? Maak hier de **to do lijst** voor uw eigen situatie.

To do lijst maken



LITERATUURLIJST



N. Asselman, H. van der Most, F. Klijn (2008). *Hoofdrapport Compartimenteringstudie: Verkenning van nadere compartimentering van dijkkringsgebieden in het kader van de beleidsvoorbereiding Waterveiligheid 21^e eeuw (WV21)*.

J. van Bakel, P. de Louw, L. Stuyt, L. Tolk, J. Velstra, M. Hoogvliet (2014). *Methode voor het bepalen van de potentie voor het toepassen van lokale zoetwateroplossingen*. Fresh Water Options Optimizer Fase 1.

P.J.T. van Bakel en L.C.P.M. Stuyt (2011). *Actualisering van de kennis van de zouttolerantie van landbouwgewassen*. Op basis van literatuuronderzoek, expertkennis en praktische ervaringen, Alterra-rapport 2201.

Ir. drs. Hanne van den Berg, dr. Arwin van Buuren, dr. Mike Duijn, Danny van der Lee MSc, ir. drs. Ellen Tromp, ir. Peter van Veelen (2013). *Governance van Lokale Adaptatiestrategieën, de casus Feijenoord*, Deltares, Kennis voor Klimaat, Gemeente Rotterdam.

Dr.ir. J. van Esch, ir. H.T. Sman (2012). *Impact of climate change on engineered slopes for infrastructure; computer model*, rapport Deltares.

Chris Geerse, Jan Stijnen, Bas Kolen (2007). *Richtlijn Normering Compartimenteringskeringen*, uitgevoerd in opdracht van STOWA. De richtlijn bevat naast de showcases een uniforme methode voor het vaststellen van het nut van compartimenteringskeringen en voorbeelden van kosten-baten berekeningen. Bij de ontwikkeling van deze Richtlijn is de methode getest en bijgesteld met de uitwerking van 10 cases.

Dr. ir. R.E. de Graaf, ir. B. Roeffen, ing. T. den Ouden, ing. B. Souwer. DeltaSync (2013). *Studie naar de huidige en toekomstige waterbehoefte van stedelijke gebieden*. In opdracht van Ministerie van I&M, in kader van DPNH.

Alex van Heezik, Tijdschrift voor Waterstaatsgeschiedenis 21 (2012): 'Het voordeel eener dubbele defensie, compartimentering van dijkkringen als amfibische strategie'.

Alex van Heezik (2008). *Het voordeel eener dubbele defensie*. Deltares rapport T2513.20.

Gualbert Oude Essink (2013). GO-FRESH, 3 *showcases zoetwatervoorziening in de Zuidwestelijke delta* (2013). Poster.

Gualbert Oude Essink, Esther van Baaren, Pieter Pauw, Marta Faneca Sanchez, Koen Zuurbier, Gertjan Zwolsman, Jan Willem Kooiman, Pieter Stuyfzand, Jouke Velstra, Jacob Oosterwijk, Wim Brouwer, Marlon Schoevers, Jan van der Vleuten, Jeroen Veraart, Peter Schipper. *Eindrapport eerste jaar GO-FRESH, Valorisatie kansrijke oplossingen voor robuuste zoetwatervoorziening*. Kennis voor Klimaat

M. Hoogvliet et al. (2012) *Schades door watertekorten en -overschotten in stedelijk gebied - Quick scan van beschikbaarheid schadegetallen en mogelijkheden om schades te bepalen*. Een belangrijk deel van de schade gegevens in het bovengenoemde rapport komen uit: K. Stone, H. Daanen, W. Jonkhoff, P. Bosch (2013). *Quantifying the sensitivity of our urban systems - Impact functions for urban systems*. Deltares report 1202270.008.

Frans Klijn, Matthijs Kok, Hans de Moel (2012). *Towards climate-change proof flood risk management, Exploration of innovative measures for the Netherlands' adaptation policy inspired by experiences from abroad*. Interim report Thema 1, Kennis voor Klimaat.

Frans Klijn, Jaap Kwadijk, Karin de Bruijn, Joachim Hunink (2010). *Overstromingsrisico's en droogte-risico's in een veranderend klimaat*. Deltares-rapport 1002565-000.

Jeroen Kluck, Rutger van Hogezaand, Eric van Dijk, Jan van der Meulen, Annelies Straatman (2013). *Anticiperen op extreme neerslag in de stad*.

Jakolien K. Leenders, Susanne M. Groot, Bas Kolen en Henk van Hemert (2007). *Assessing the effects of compartmentalisation of dike-ring area's on the amount of economical damage and the number of casualties related to a flood*.

J.M. van Loon-Steensma, A.V. de Groot, W.E. van Duin, B.K. van Wesenbeeck en A.J. Smale m.m.v. H.A.M. Meeuwssen en R.M.A. Wegman (2012). *Een verkenning naar locaties in het Waddengebied waar bestaande kwelders of kwelderontwikkeling mogelijk kunnen bijdragen aan waterveiligheid*. Alterra-rapport 2391.

J. M. van Loon-Steensma, Harry A. Schelfhout, Niels M.L. Eernink en Maurice P.C.P. Paulissen (2012). *Een verkenning naar mogelijkheden voor innovatieve dijken in het Waddengebied*. Alterra rapport 2294.

J. M. van Loon-Steensma en Harry A. Schelfhout (2013). *Gevoeligheidsanalyse Innova-*

tieve Dijken Waddengebied, Een verkenning naar de meest kansrijke dijkconcepten voor de Waddenkust.

J.M. van Loon-Steensma, P.A. Slim, J. Vroom, J. Stapel en A.P. Oost (2012). *Een Dijk van een Kwelder - Een verkenning naar de golfreducerende werking van kwelders*.

H.L.P. Mees, P.P.J. Driessen, H.A.C. Runhaar & J. Stamatelos (2013). *Who governs climate adaptation? Getting green roofs for storm-water retention off the ground*. *Journal of Environmental Planning and Management*, 56(6): 802-825. Kennis voor Klimaat

Joost Pol, onder begeleiding van S.N. Jonkman (TU Delft), M.R. Bruggers (Deltares) en F. Klijn (Deltares) (2012). *Een innovatieve oplossing voor de hoogwaterveiligheid in Dordrecht*.

H. Pötz en P. Bleuzé (2012). *Groenblauwe netwerken voor duurzame en dynamische steden*.

P.N.M. Schipper, G.M.C.M. Janssen, N.B.P. Polman, V.G.M. Linderhof, P.J.T. van Bakel, H.T.L. Massop, R.A.L. Kselik, G.H.P. Oude Essink, L.C.P.M. Stuyt (2014). *€ureyeopener 2.1: Zoetwatervoorziening Zuidwestelijke Delta en Rijnmond-Drechtsteden*. Alterra-rapport 2439.

Schrevel, A.; Klostermann, J.E.M. (2013). *Eigendom, beheer en gebruik van kwelders in het Waddengebied*. Alterra werkdocument.

G.J. Steeneveld, S. Koopmans, B.G. Heusinkveld, L.W.A. van Hove, A.A.M. Holtslag. *Het warmte-eilandeffect en thermisch comfort in Nederlandse steden*.

L.C.P.M. Stuyt, P.J.T. van Bakel, J. Delsman, H.T.L. Massop, R.A.L. Kselik, M.P.C.P. Paulissen, G.H.P. Oude Essink, M. Hoogvliet en P.N.M. Schipper (2013). *Zoetwatervoorziening in het Hoogheemraadschap Rijnland verduidelijkt met behulp van €ureyeopener 1.0*. Alterra-rapport 2439.

L.C.P.M. Stuyt, C. Schuiling, H.T.L. Massop, N.B.P. Polman, P.J.T. van Bakel, G.H.P. Oude Essink, M. Faneca Sanchez, J. Velstra, A.C. de Vos (2014). *Mogelijke effecten van actualisatie van zoutschadefuncties van grondgebonden, beregende landbouwgewassen*, Kennis voor Klimaat, rapportnummer 116/2014.

Venema, Johannes E., Schelfhout, Harry A. and Van der Meulen, Myra D., 2013. *Toetsmethode vrienddijk Fort Steurgat*. Deltares.

Toine Vergroesen *et al.* (2013). *Verwerking van extreme neerslag in stedelijk gebied*. Deltares report 1202270-009.

Dr. ir. M. van Vliet (2012). *Juridische haalbaarheid van maatregelen Kop van Feijenoord*, VU, IVM Amsterdam.

Ing. G. de Vries (2012). *Monitoring droogteonderzoek veenkaden*. Stichting IJkdijk, Deltares, TNO, mede gefinancierd door FloodControl2015 en STOWA.

K. Zuurbier, P.J. Stuyfzand (2012). *Veldproef ondergrondse waterberging Nootdorp (WP4)*. Poster.

stowa

STICHTING
TOEGEPAST ONDERZOEK WATERBEHEER

stowa@stowa.nl www.stowa.nl
TEL 033 460 32 00 FAX 033 460 32 01
Stationsplein 89 3818 LE AMERSFOORT
POSTBUS 2180 3800 CD AMERSFOORT

