



Klimaatadaptatie: economische afwegingen

De adaptatie van klimaatrisico's vraagt om langetermijninvesteringen in waterbeheer. Hoe kunnen maatregelen geprioriteerd worden? En hoe kan men financiële prikkels inzetten om schade te verminderen en om te bevorderen dat overstromingsschade gedekt is?

De Nederlandse overheid heeft de ambitie om sterk in te zetten op klimaatmitigatie en energietransitie, om zo de doelen te halen voor het reduceren van broeikasgasemissies die zijn vastgelegd in het klimaatverdrag van Parijs. Dit blijkt uit de ambitieuze, recent gepresenteerde Klimaatwet die als (niet-afdwingbaar) doel heeft om de uitstoot van broeikasgassen in 2050 met 95 procent te verminderen ten opzichte van 1990. Een deel van de klimaatveranderingsgevolgen kan echter niet meer worden voorkomen door het reduceren van broeikasgasemissies, omdat vertragingen in het klimaatsysteem betekenen dat emissies uit het verleden invloed hebben op de toekomstige klimaatverandering (Mauritsen en Pincus, 2017). Daarnaast is het belangrijk om te beseffen dat op het internationale vlak de vrijwillige toezeggingen van emissiereductie voor het Akkoord van Parijs onvoldoende zijn om de klimaatrisico's significant te beperken (Rogelj et al., 2016; Peters et al., 2017). Ook al haalt Nederland de beoogde doelstellingen in de nieuwe Klimaatwet, dan is het effect hiervan op het beperken van mondiale klimaatverandering – waar Nederland ook zelf mee te maken krijgt – zeer gering. Er is ver-

gaande internationale samenwerking nodig om de klimaatverandering te beperken. Dit optimistische scenario lijkt momenteel onwaarschijnlijk, mede vanwege de economische belangen van zowel de grote vervuilers, bijvoorbeeld de VS en China, als de opkomende economieën die kunnen *free-riden* op het klimaatbeleid van de EU (Nordhaus, 2015). Vanuit dit oogpunt is het van belang dat Nederland de risico's van de klimaatverandering in kaart brengt en hierop anticipeert. Er dienen adequate voorbereidingen te worden getroffen die de aanpassing oftewel adaptatie aan de klimaatverandering bevorderen, met als doel de maatschappelijke en economische gevolgen ervan te beperken en te verzachten. In de Nationale klimaatadaptatiestrategie, gepresenteerd in 2016 (Ministerie van Infrastructuur en Milieu, 2016), erkent de overheid de urgentie hiervan. Na eerst een overzicht te geven van de klimaatveranderingsrisico's die via deze adaptatie aangepakt moeten worden, evalueer ik de recente ontwikkelingen in het adaptatiebeleid voor waterbeheer, ruimtelijke ordening en de verzekeringen voor de restructurering van de economie vanuit een economisch doelmatigheidsperspectief. Dit resulteert in een aantal aanbevelingen voor het Nederlandse klimaatadaptatiebeleid.

**WOUTER
BOTZEN**

Hoogleraar aan de
Vrije Universiteit
Amsterdam en
aan de Universiteit
Utrecht

*Dit onderzoek heeft
financiering ontvangen van de Nederlandse Organisatie voor Wetenschappelijk Onderzoek (VIDI-beurs 452-14-005) en van het EU-project NATURVATION*

RISICO'S KLIMAATVERANDERING VOOR NEDERLAND

Het KNMI heeft de vanwege de opwarming van de aarde verwachte klimaatsveranderingen wat betreft Nederland in kaart gebracht (KNMI, 2015). Deze verwachtingen zijn weergegeven aan de hand van plausibele scenario's van het weer in de toekomst, te interpreteren als een vertaalslag van de wereldwijde IPCC-scenario's (IPCC, 2013) voor Nederland. Hier worden nu de belangrijkste risico's van klimaatverandering besproken die door adaptatie dienen te worden ingeperkt.

Vanaf 1900 is de gemiddelde temperatuur in Nederland met ongeveer 1,8 °C gestegen, en volgens de klimaatscenario's zal deze opwarming verder doorzetten (KNMI, 2015). De kans op koude winters neemt af, de kans op warme zomers en hittegolven neemt toe en de zomers worden naar verwachting droger. Maatschappelijke gevolgen van de temperatuurstijging omvatten minder bevolkingssterfte in de winter, maar meer sterfte in de warmere zomers. De energiebehoefte voor verwarming zal dalen en voor koeling stijgen. Hitte heeft negatieve effecten op de arbeidsproductiviteit en de kwaliteit van lucht en water. Droogte is schadelijk voor de landbouw en verhoogt het risico op (natuur) branden, zoals we deze zomer al ondervonden. De beschikbaarheid van voldoende zoet water van goede kwaliteit is van economisch belang, want zo'n zeventien procent van de Nederlandse economie is daarvan afhankelijk (Delta-programma, 2018).

De gemiddelde neerslag is de afgelopen eeuw met ongeveer 26 procent toegenomen (KNMI, 2015) en ook extreme neerslag komt vaker voor (Stowa, 2018). De gemiddelde neerslag zal naar verwachting in alle seizoenen toenemen, behalve in de zomer waarin deze, afhankelijk van het scenario, mogelijk kan toe- of afnemen. Extreme neerslag neemt in alle scenario's en seizoenen toe. Meer neerslag leidt onder meer tot hogere piekafvoeren in rivieren, zoals de Rijn en de Maas, die zonder extra beschermingsmaatregelen het overstromingsrisico vergroten. Extreme neerslag veroorzaakt lokaal wateroverlast, die veel schade tot gevolg kan hebben. De gemiddelde totale verzekerde neerslagschade is in het huidige klimaat

rond de 188 miljoen euro per jaar, en zal naar verwachting dus verder stijgen (Verbond van Verzekeraars, 2017).

Ook hagel en onweer zullen vaker voorkomen. Dat hagel grote schade kan aanrichten, blijkt uit de extreme hagelbuien in 2016, die voor ten minste 500 miljoen euro 'verzekerde schade' veroorzaakten aan gebouwen, voertuigen, gewassen en kassen (Verbond van Verzekeraars, 2017). De werkelijke totale schade viel hoger uit omdat bijvoorbeeld veel agrariërs geen aparte hagelverzekering hadden afgesloten. Uit de onderzoeksresultaten naar de verwachte toename van hagelschade vanwege de klimaatverandering bij voertuigen, gewassen te velde en in de glastuinbouw volgt dat dit risico met name voor de laatste categorie aanzienlijk zal worden – niet alleen omdat hagelbuien vaker zullen gaan voorkomen, maar ook vanwege grotere hagelstenen (Botzen et al., 2010; Botzen en Bouwer, 2016).

Zware stormen komen in Nederland met name voor in de herfst en winter. Voorbeelden zijn de stormen Kyrill en Christian die in 2007 en 2013 alleen al bij woonhuizen respectievelijk voor 175 en 115 miljoen euro aan schade veroorzaakten (Verbond van Verzekeraars, 2017). Er worden geen grote veranderingen in windsnelheden vanwege het klimaat verwacht; het risico op storm wordt dan ook niet groter. In deze berekeningen is niet goed meegenomen dat de kans op orkanen in Nederland door klimaatverandering wel kan toenemen (KNMI, 2015). Wat de implicaties van de klimaatverandering voor het stormrisico zijn, is dus deels onzeker en dient nader te worden onderzocht.

De zeespiegel aan de Nederlandse kust stijgt sinds 1900 met 1,8 mm per jaar, en deze stijging zal naar verwachting versneld gaan oplopen tot 7,5 à 10,5 mm per jaar (KNMI, 2015). Dit leidt rond 2085 tot een zeespiegelstijging van tussen de 25 en 80 cm, met een bovenwaarde van 100 cm in 2100. Hierbij is niet echt rekening gehouden met het mogelijk instorten van de West-Antarctische ijskap (KNMI, 2015). Omdat recent onderzoek naar het afsmelten van de Antarctische ijskap aantoont dat de snelheid van het afsmelten de afgelopen tien jaar met een factor drie is toegenomen, kan dit betekenen dat de zeespiegel sneller dan verwacht gaat stijgen als deze trend doorzet (Shepherd et al., 2018). Een

versnelde afsmelting kan volgens Le Bars et al. (2017) leiden tot vijf procent kans op een mondiale zeespiegelstijging van bijna drie meter in 2100. Deze onzekerheden over de verwachte effecten van de klimaatverandering bemoeilijken de besluitvorming omtrent de investeringen in klimaatadaptatie met een lange levensduur, zoals de kustbescherming door dijken en stormvloedkeringen.

PUBLIEKE INVESTERINGEN IN DE ADAPTATIE WAT BETREFT OVERSTROMINGSRISICO'S

Het beheersen van het overstromingsrisico is de belangrijkste opgave voor de klimaatadaptatie in Nederland, aangezien bijna zestig procent van het land kans heeft te overstromen. Overstromingspreventie is met name een taak voor de publieke sector, omdat het de kenmerken heeft van een publiek goed. De mogelijke economische gevolgen van overstromingen in Nederland zijn zeer groot, maar de kans hierop is klein. In een vervolg op de Deltawerken hebben de recente investeringsprogramma's van de overheid – zoals de aanpak van de zwakke schakels aan de kust, de Maaswerken en het project Ruimte voor de Rivier – bijgedragen aan de hoge beschermingsgraad wat betreft waterveiligheid. Maar zonder extra maatregelen zal het overstromingsrisico toenemen door zeespiegelstijging, bodemdaling en de hogere piekafvoeren van rivieren. Een belangrijke economische afweging is of de baten van deze investeringen, in termen van de verwachte vermeden overstromingsschade, wel opwegen tegen de kosten van het versterken en onderhouden van de dijkinfrastructuur. Op een gegeven moment wegen de marginale baten van extra investeringen namelijk niet meer op tegen de marginale kosten, en dan is er een optimaal beschermingsniveau bereikt. De Tweede Deltacommissie heeft in 2008 het toenmalige kabinet geadviseerd om extra te investeren in waterveiligheid en zo Nederland te beschermen tegen de gevolgen van de klimaatverandering. Een van de voornaamste adviezen was om de veiligheidsnormen te herzien en ze met een factor 10 te verhogen (Deltacommissie, 2008), maar dit advies was niet met een economische analyse onderbouwd.

In 2010 is een nieuw Deltaprogramma van start gegaan om het advies van de Tweede Deltacommissie over de

waterveiligheid en zoetwatervoorziening om te zetten in de praktijk. De tijdshorizon waarin een duurzame en robuuste waterveiligheid moet zijn gerealiseerd is 2050, een die de grote extremen in het klimaat veerkrachtig kan blijven opvangen. Naast een klimaat- en waterbestendige ruimtelijke inrichting zijn de nieuwe normen voor waterveiligheid de pijlers waarop de realisatie hiervan rust. Deze normen voor de primaire waterkeringen zijn vastgelegd in de gewijzigde Waterwet die in 2017 van kracht werd en ze dienen in 2050 te zijn gerealiseerd.

Het Akkoord van Parijs is onvoldoende om de risico's significant te beperken

Maatschappelijke kosten-batenanalyses hebben wel een belangrijke rol gespeeld bij het vaststellen van de nieuwe normen voor de primaire waterkeringen (Slootjes en Van der Most, 2016). Deze normen zijn uitgedrukt als overstromingskansen per (traject van een) dijkkring die als volgt zijn bepaald. Het uitgangspunt is dat de kans op overlijden door een overstroming voor ieder individu in Nederland kleiner is of gelijk aan 1 op 100.000 per jaar. Gebieden kunnen extra bescherming krijgen als een overstroming grote groepen slachtoffers dreigt te veroorzaken, om vitale infrastructuur te beschermen, of als om economische redenen (dat wil zeggen op basis van een kosten-batenanalyse) extra bescherming wenselijk is. Uiteindelijk zijn de normen voor de meeste dijktrajecten bepaald op basis van kosten-batenanalyse (Slootjes en Van der Most, 2016). In zo'n analyse wordt er rekening gehouden met baten in termen van de lokale directe en indirecte economische schade van overstromingen en met de gemonetariseerde waardes van mensenlevens en de overlast die door bescherming vermeden kan worden, alsmede met de kosten die gemaakt moeten worden om de overstromingskansen te verkleinen. Deze aanpak bouwt voort op de kosten-

batenanalyse die gedaan is door Kind (2014) voor het project *Waterveiligheid 21e eeuw*. Deze analyse toont aan dat het vooral economisch rendabel is om de normen te verhogen wat betreft de dijken langs de Maas en Rijn, maar dat het niet rendabel is om alle normen uniform met een factor 10 te verhogen, zoals de Tweede Deltacommissie beoogde. De nieuwe wettelijke normen volgen dus niet dat advies, maar ze zijn wel een substantiële verbetering ten opzichte van de referentiesituatie (2015–2020). Als in de toekomst aan de nieuwe normen wordt voldaan, zullen de jaarlijkse economische risico's namelijk dalen met een factor 25 (Slootjes en Van der Most, 2016).

De extreme hagelbuien in 2016 veroorzaakten voor ten minste 500 miljoen euro schade

Het instellen van het Deltaprogramma, het Deltafonds en de Deltacommissaris, zoals vastgelegd in de Deltawet van 2012, levert belangrijke randvoorwaarden voor het realiseren van de maatregelen die nodig zijn om het Nederlandse watersysteem klimaatbestendig te maken en zo aan de nieuwe normen te voldoen. Dit wordt ook onderschreven door een evaluatie van de Deltawet, waaruit echter tevens blijkt dat de uitwerking van het Deltaprogramma en van de maatregelen die er nodig zijn om de nieuwe normen te halen nog grotendeels moet beginnen (ABDTOPConsult, 2016). De afgelopen jaren is er wel al vooruitgang geboekt met het vaststellen van de zogenaamde voorkeursstrategieën wat betreft maatregelen voor specifieke gebieden. Deze omvatten met name de te implementeren dijkversterkingen, en in bepaalde gebieden ook aanvullende rivierverruimende maatregelen – zoals voor de Rijn en Maas – en investeringen in een *meerlaagsveiligheid* waardoor ook de gevolgschade wordt beperkt. Met betrekking tot dit laatste behoeft het thema ruimtelijke adaptatie en de relatie met waterbeheer

en ruimtelijke ordening nog meer aandacht, zoals ook wordt onderkend in het recente Deltaprogramma 2018.

De onzekerheden omtrent de toekomstige piekafvoeren en zeespiegelstijging bemoeilijken het plannen van investeringen in de infrastructuur voor waterveiligheid. De onzekerheden leiden tot complexe vraagstukken over hoeveel er op welk moment geïnvesteerd moet worden, welke levensduur de infrastructuur dient te hebben, en tegen welke waterstand er bescherming moet worden geboden. Als we nu te weinig investeren, betekent dit dat er in de toekomst extra geïnvesteerd moet worden, mocht de klimaatverandering snel gaan leiden tot meer zeespiegelstijging en hogere piekafvoeren. Maar mocht bij te veel investeren in de toekomst de klimaatverandering meevallen dan betekent dit dat de beschermingsniveaus hoger dan optimaal zullen zijn en het geld achteraf bezien beter besteed had kunnen worden aan andere publieke belangen. Dergelijke economische afwegingen zijn complex vanwege de lange levensduur van investeringen in de infrastructuur voor waterveiligheid die in bepaalde gevallen een min of meer onomkeerbaar karakter hebben, terwijl de kosten en baten afhankelijk zijn van de onzekerheden van de klimaatverandering.

Recent onderzoek stelt het analyseren van adaptatiepaden voor, waarbij er strategieën worden ontwikkeld waarin de investeringen in maatregelen kunnen wisselen als klimaatomstandigheden veranderen (Haasnoot et al., 2013). Deze aanpak sluit aan bij het concept van een adaptief delta-management door het Deltaprogramma, waarbij nieuwe inzichten in klimaatverandering, technische mogelijkheden of economische en demografische trends redenen kunnen zijn om het tempo of de richting van de investeringen bij te stellen (Deltaprogramma, 2017). Een voorbeeld is de IJssel waar op korte termijn dijkversterking is gepland en waarbij er in de toekomst – als de rivierafvoeren sterk stijgen – via duurdere maatregelen ruimte voor de rivier kan worden gecreëerd, met welk doel er nu al land wordt gereserveerd.

Het lijkt in eerste instantie aantrekkelijk om te zoeken naar *no-regret*-maatregelen die kosteneffectief zijn in de 'lage klimaatscenario's', en flexibel zijn om op te schalen als klimaatverandering zich ontwikkelt volgens de 'hoge scenario's'.

Deze aanpak faciliteert een leerproces wat betreft de inzichten in klimaatverandering en de kosten en baten van klimaatadaptatie. Op de lange termijn kan dit echter ook duur uitpakken omdat overstromingsbeschermingsmaatregelen vaak relatief hoge vaste kosten hebben en lagere variabele kosten. Kosten-batenanalyses en reële-optieanalyses uitgevoerd door Kind et al. (2018) voor dijkversterking, en opties voor een toekomstige rivierverruiming als aanvullende maatregelen voor de IJssel, tonen bijvoorbeeld aan dat het voor veel dijktrajecten gunstig is om extra te investeren in dijkbescherming, om zo te anticiperen op de hogere toekomstige water-niveaus. Deze analyses laten zien dat rekening houden met onzekerheid kan betekenen dat zo'n robuuste strategie de voorkeur heeft. De reden is dat de spijt van te weinig investeren in bescherming zwaarder weegt dan de spijt van te veel investeren, vanwege de relatief hoge vaste kosten van dijkversterking (Kind et al., 2018). De reële-optieanalyse toont tevens aan dat de optie van een toekomstige rivierverruiming een economische waarde heeft omdat het een besparing in dijkversterking oplevert. Maar deze besparing weegt, zelfs als de gemonetariseerde natuurbaten worden meegenomen, niet op tegen de hoge kosten van rivierverruiming. Deze bevindingen kunnen verschillen per gebied en de te nemen maatregelen, en het is dus aan te bevelen om de economische afwegingen per lokale strategie te evalueren. Om adaptief deltamanagement inhoudelijk aan te sturen heeft het Deltaprogramma de 'meten, weten, handelen'-systematiek ontwikkeld (Deltaprogramma, 2016; 2017; PBL, 2016). Hierbij is er veel aandacht voor de participatieve processen en het leren, maar er is in de gedocumenteerde richtlijnen nog weinig aandacht voor de economische evaluaties van de adaptatiemaatregelen als het gaat om wenselijkheid en robuustheid. Het is dus van belang om deze systematiek te koppelen aan kosten-batenanalyses en kosteneffectiviteitsanalyses die evalueren of de voorgestelde adaptatiepaden ook economisch wenselijk zijn.

De onzekerheden van de klimaatverandering bemoeilijken niet alleen de investeringsplanning bij de te nemen overstromingsbeschermingsmaatregelen, maar ook de financiering daarvan. Tijdens de oprichting van het Deltafonds, dat

de maatregelen uit het Deltaprogramma dient te financieren, werd er voorzien dat hiervoor vanaf 2020 ten minste één miljard euro per jaar nodig is. Hoewel het fonds niet werd ontzien tijdens de bezuinigingsrondes in 2012 en 2013, omvat het gemiddelde budget 1,2 miljard euro per jaar tot 2031, dat met name begroot is voor waterveiligheid (Deltaprogramma, 2018). Deze financiering is in lijn met de verwachting dat, tot aan 2050, de uitvoering van het Deltaprogramma 26 miljard euro kost met een bandbreedte van +50 en -50 procent. Het is op dit moment moeilijk vast te stellen of deze omvang voldoende is, gezien de onzekerheden van de klimaatverandering. De klimaatscenario's die worden gebruikt in het Deltaprogramma gaan uit van maximaal 85 cm zeespiegelstijging in 2100, terwijl de Tweede Deltacommissie adviseerde om uit te gaan van maximaal 120 cm (130 cm inclusief bodemdaling). Een aandachtspunt is de langetermijnbeschikbaarstelling van voldoende financiering voor het Deltafonds en indien nodig een opschaling van de financiële middelen.

LOKALE KLIMAATADAPTATIEMAATREGELEN

Naast de grootschalige publieke investeringen in waterbeheer worden er ook regelmatig kleinschaligere lokale maatregelen voorgesteld om de adaptaties wat betreft de klimaatrisico's te bewerkstelligen, zoals groene daken, waterbuffers en aangepast bouwen. Extra inspanning is noodzakelijk om de ruimtelijke inrichting in Nederland klimaat- en overstromingsbestendig te maken. Dit is ook erkend in het Deltaprogramma 2018, waarin voor het eerst een Deltaplan Ruimtelijke Adaptatie is opgenomen. Het gaat hier om preventieve maatregelen voor het tegengaan van hittestress en wateroverlast in steden en van droogte op het platteland. Verantwoordelijkheden hiervoor liggen doorgaans bij de lokale overheden, dus de gemeentes, provincies en waterschappen. Daarnaast hebben een aantal maatregelen, zoals ter voorkoming van waterschade, kenmerken van private goederen en ligt de verantwoordelijkheid voor het nemen van deze maatregelen deels bij de huishoudens en bedrijven. Een algemeen knelpunt voor de implementatie van de publieke preventieve maatregelen is de beperkte beschikbare centrale financiering voor ruimtelijke adaptatie, waardoor deze kosten op lokaal

niveau moeten worden gedragen. De rijksoverheid is verantwoordelijk voor het beschermen van vitale en kwetsbare infrastructuur. In de huidige fase van het Deltaplan Ruimtelijke Adaptatie wordt er gewerkt aan stresstesten om lokale risico's in kaart te brengen, maar de implementatie van maatregelen blijft achter. Uit een inventarisatie blijkt bijvoorbeeld dat met het oog op veel vitale en kwetsbare infrastructuur, zoals de elektriciteitsvoorziening, nog geen beschermingsmaatregelen zijn genomen (Deltaprogramma, 2018). Het is aan te bevelen om voor de vitale infrastructuur systematisch de mogelijke economische gevolgen van het falen ervan door extreem weer in kaart te brengen. Een voorbeeld van zo'n studie is uitgevoerd door Koks et al. (2015) voor de haven van Rotterdam. Zo bracht deze analyse aan het licht dat de indirecte gevolgen voor de economie van het overstroom van de haven aanzienlijk zijn, en zelfs hoger kunnen uitval-

Ook Nederlandse steden zijn kwetsbaar voor schade door klimaatverandering

len dan alleen de directe schade aan gebouwen en andere eigendommen. Vervolgens kan er op basis van de informatie voortvloeiend uit dergelijke analyses een implementatieprioritering van de beschermingsmaatregelen voor de vitale infrastructuur in Nederland worden gemaakt.

Dat de gevolgen van klimaatverandering via lokale maatregelen en ruimtelijke ordening beperkt moeten worden, is met name relevant in stedelijke gebieden die als *hot spots* voor de klimaatimpacts worden beschouwd. Een mondiale studie over de effecten van klimaatverandering in steden toont bijvoorbeeld aan dat de opwarming in een representatieve stad ongeveer 1 °C meer is dan de opwarming door alleen maar klimaatverandering (Estrada et al., 2017). De extra opwarming wordt veroorzaakt door het stedelijke hitte-eilandeffect dat ontstaat omdat bebouwing warmte vasthoudt. Hierdoor

valt ook de economische schade door opwarming in steden hoger uit. Deze schade bestaat bijvoorbeeld uit een lagere arbeidsproductiviteit, meer extreme neerslag, slechtere luchten waterkwaliteit en negatieve gezondheidseffecten. Als er geen extra adaptatiemaatregelen worden genomen, kan deze schade tegen het einde van de eeuw oplopen tot ongeveer 5,6 procent van het inkomen dat er in steden wordt verdiend (Estrada et al., 2017). Onderzoek voor Nederlandse steden toont aan dat ook wij kwetsbaar zijn voor schade door meer hitte, extreme neerslag, overstromingen en droogte (Rovers et al., 2014). Als extra risicoreductiemaatregelen uitblijven, dan kan tegen het jaar 2050 de schade oplopen tot zeventig miljard euro (Deltaprogramma 2018).

Lokale maatregelen uitgevoerd door lokale overheden, burgers en bedrijven kunnen kosteneffectief zijn om de klimaatschade in stedelijke gebieden te beperken. Zo schat de studie van Estrada et al. (2017) dat investeringen in maatregelen die de opwarming in steden beperken – via de bouw van daken en wegen die minder warmte absorberen en via meer groen in de stad – per euro gemiddeld tussen de 1,50 euro en 15 euro opleveren. Omdat de klimaatrisico's en de te nemen maatregelen lokaal sterk verschillen, is het aan te bevelen om de kosten en baten van lokale maatregelen op lokaal niveau te evalueren. Over het algemeen is het vaak kosteneffectiever om klimaatadaptatiemaatregelen te combineren met maatregelen die de ruimtelijke kwaliteit verbeteren. Meer groen in de stad heeft naast hitereductie bijvoorbeeld ook andere voordelen, zoals recreatie, biodiversiteit en gezondheid. Deze baten kunnen ook worden gemonetariseerd met de waarderingsmethodes uit de milieu-economie. Een recente studie die zulke methodes toepast, toont aan dat inwoners met name de aanleg van parken hogelijk waarderen (Bockarjova en Botzen, 2017). De kosten van lokale klimaatadaptatiemaatregelen kunnen vaak worden beperkt wanneer ze worden uitgevoerd tijdens de herinrichting van stedelijke gebieden, renovatie en nieuwbouw. Het is dan wel de vraag of er op deze manier op tijd kan worden geanticipeerd als de klimaatverandering zich sneller dan verwacht zou voltrekken.

Naast maatregelen voor hitereductie is het van belang om op lokaal niveau maatregelen te nemen voor waterber-

ging en -afvoer, om zo de effecten van extreme neerslag te beperken. Hoewel uitbreiding van de rioolcapaciteit noodzakelijk is om de toename van neerslag op te vangen, zijn lokale maatregelen om water te bergen (zoals op daken, en in tuinen, straten en parken) kosteneffectiever om het water van hoosbuien op te vangen (Deltaprogramma, 2018). Vergroening (of 'onttegeling') van tuinen kan bijdragen aan de klimaatbestendigheid doordat dit de wateroverlast van extreme buien beperkt. Tevens is vergroening gunstig voor de biodiversiteit. Ongeveer veertig procent van het stedelijk gebied is particulier eigendom, dus het potentieel van particuliere maatregelen is groot (Deltaprogramma, 2018). Een probleem is dat de financiële prikkels onvoldoende zijn om particuliere percelen te onttegen en te vergroenen. Dit komt omdat de eigenaar de kosten draagt, maar een groot deel van de baten afvloeit naar externe partijen, zoals minder belasting op het riool en minder wateroverlast in de wijk. Beter financiële prikkels kunnen het nemen van dergelijke maatregelen bevorderen, bijvoorbeeld door een differentiatie toe te passen in lokale belastingen en heffingen, zoals een korting op de rioolheffing bij vergroening.

Uit onderzoek naar de schade veroorzaakt door de extreme neerslag in 2014 in Amsterdam blijkt dat particulieren betrekkelijk eenvoudige maatregelen kunnen nemen die veel schade voorkómen, zoals een beter onderhoud van daken en dakgoten en het waterbestendig maken van kelders (Dekker et al., 2016). Huishoudens en bedrijven kunnen ook maatregelen treffen die schade aan gebouwen en eigendommen tijdens overstromingen beperken. Voorbeelden zijn de terreinophoging bij nieuwbouw of het overstromingsbestendig maken van bestaande gebouwen door bij renovatie waterbestendige materialen te gebruiken, bijvoorbeeld waterbestendige vloeren. Dergelijke schadebeperkende maatregelen tegen overstromingen zijn vaak alleen kosteneffectief in gebieden met een hoge overstromingskans en niet te hoge overstromingsdieptes (Aerts et al., 2014; Poussin et al., 2015). Dit is met name het geval in bepaalde buitendijkse gebieden. Het is noodzakelijk om op lokaal niveau te evalueren of zulke maatregelen kosteneffectief zijn. Een obstakel voor het implementeren van dergelijke maatregelen is dat de

risicoperceptie en de betrokkenheid van de burger beperkt zijn (Botzen et al., 2009). Om particulieren te stimuleren tot maatregelen die de waterschade beperken, is het dus van belang om de bewustwording te vergroten en om financiële prikkels te geven, bijvoorbeeld via verzekeringen.

VERZEKERINGEN VAN RESTRISCO'S: OVERSTROMINGSDEKKING

Ook na het nemen van kosteneffectieve klimaatadaptatiemaatregelen blijft er vaak een restrisco bestaan waartegen verzekeringen financiële bescherming kunnen bieden. Tevens kunnen verzekeringen prikkels geven die het nemen van risicoreductiemaatregelen stimuleren, zoals via polisvoorwaarden, het eigen risico, of door premiekortingen te bieden aan polishouders die risicoreductiemaatregelen nemen.

Een aantal weerrisico's zijn voor Nederlandse bedrijven en huishoudens goed gedekt door de gangbare verzekeringen. Het betreft hier stormschade en deels ook de schade door neerslag. Voor de agrarische sector zijn ook verschillende verzekeringsproducten beschikbaar om schade te dekken die veroorzaakt is door extreem weer. Voorbeelden zijn hagelchadeverzekeringen voor gewassen en kassen, en de brede weersverzekering die onder andere ook droogte en neerslag dekt. De brede weersverzekering is voor 65 procent gesubsidieerd door de overheid, om de verzekeraarbaarheid te bevorderen en de noodzaak voor ad-hoc-compensatie te verminderen. De afname van de brede weersverzekering is echter beperkt vanwege het lage risicobewustzijn en de perceptie dat de dekkingsvoorwaarden ongunstig zijn (Berkhout et al., 2016). Na de extreme hagelbuien in 2016 bleken veel agrariërs onvoldoende verzekerd te zijn tegen extreem weer. Het aantrekkelijker maken van de dekkingsvoorwaarden en het verhogen van het risicobewustzijn en de kennis over de beperkte dekking van andere verzekeringen kunnen de vraag vergroten naar de brede weersverzekering en zo de financiële weerbaarheid tegen de klimaatverandering van de agrarische sector versterken. Daarnaast kan het stimuleren van risicoreductie door premiedifferentiatie helpen om de premie van de weersverzekeringen voor de agrarische sector laag te houden. Zo kan bijvoorbeeld het gebruik van hagelnetten voor

fruitbomen en sterker glas in kassen tot op zekere hoogte hagelschade bij de agrarische sector voorkomen.

Met name relevant voor Nederland is de discussie over de overstromingsdekking, die momenteel grotendeels is uitgesloten van standaard opstal- en inboedelverzekeringen (Botzen en Van den Bergh, 2008). Overstromingsschade kan wel deels worden gecompenseerd door de overheid via de Wet tegemoetkoming schade bij rampen (Wts), waarmee schade kan worden vergoed die redelijkerwijs niet verzekeraar is. Compensatie via de Wts kan plaatsvinden voor overstromingen in het geval van een ramp waarbij er nationale belangen in het geding zijn en er sprake is van economische ontwrichting. Compensatie vanuit de Wts is afhankelijk van een ministerieel besluit en betreft slechts een gedeeltelijke tegemoetkoming. Volgens de overheid moet de schade als gevolg van een overstroming primair door de gedupeerden worden gedragen. Het is dus onzeker of de Wts wel van toepassing is bij kleine overstromingen, en mocht dat wel het geval zijn bij een grote overstroming, dan is het onzeker hoeveel van de geleden schade er wordt gecompenseerd.

Het Verbond van Verzekeraars heeft in 2001 de zogenaamde neerslagclausule opgesteld die een gedeeltelijke dekking bepaalt van de schade veroorzaakt door extreme neerslag. Deze clausule dekt de schade als gevolg van lokale neerslag voor burgers en bedrijven aan de hand van bepaalde voorwaarden over de intensiteit en plaats, maar dekt geen schade als gevolg van overstromingen door neerslag elders. Het Verbond van Verzekeraars heeft recentelijk in augustus 2018 voorgesteld om hierin verandering te brengen (Verbond van Verzekeraars, 2018). Aan zijn leden is een opgesteld advies voorgelegd dat een uitbreiding van de dekking omvat naar het bezwijken of overlopen van secundaire waterkeringen. De dekkingsuitbreiding van de huidige brandverzekeringen betreft alle schade veroorzaakt door water dat van buiten een gebouw binnenstroomt, uitgezonderd water dat afkomstig is door het overlopen of falen van primaire waterkeringen. De verwachting is dat veel verzekeraars dit advies zullen overnemen, hoewel ze hiertoe niet verplicht zijn. Een algemene overname van het advies zou een belangrijke stap voorwaarts betekenen wat betreft een betere financiële dekking van over-

stromingsschade. De reden is dat overstromingen van *secundaire* waterkeringen vaak een lokaal karakter hebben, waarvoor de compensatie door de overheid vanuit de Wts niet evident is. De uitsluiting van *primaire* waterkeringen betekent echter dat veel schade veroorzakende overstromingen door de grote rivieren of de zee niet gedekt zijn. Sinds een paar jaar is er de mogelijkheid om via een verzekeraar een aparte overstromingsverzekering af te sluiten die overstromingen vanuit primaire waterkeringen wel dekt, maar deze aparte overstromingsverzekering wordt echter nog niet breed afgenomen.

Het ontbreken van een brede verzekeringsdekking voor overstromingsschade is mede gezien de onzekerheid van de Wts onwenselijk, zoals tezamen met verschillende oplossingsrichtingen eerder in *ESB* is besproken (Botzen en Aerts, 2012). Macro-economische studies tonen aan dat de indirecte economische gevolgen van een overstromingsramp kleiner zijn als de wederopbouw na een ramp voorspoedig plaatsvindt (Koks et al., 2015). Voldoende en snelle financiële compensatie voor geleden schade draagt hieraan bij. Compensatie vanuit de Wts is onzeker, partieel en tijdrovend, terwijl een bredere verzekeringsdekking meer zekerheid kan bieden omdat deze contractueel is vastgelegd en tot snellere uitbetaling kan leiden. Daarnaast spreiden verzekeraars risico's ook internationaal, bijvoorbeeld via herverzekeringen, waardoor een instroom van buitenlands kapitaal kan worden gebruikt voor het financieren van een deel van de wederopbouw na een ramp. Dit kan gunstig zijn voor de overheidsfinanciën die volgens recent onderzoek vaak flink onder druk komen te staan als de overheid natuurrampschades compenseert en zo de schulden hoog laat oplopen (Koetsier, 2018). Als alternatief zou de overheid kunnen bezuinigen, maar dat resulteert na een grote watersnoodramp in een ongunstig anticyclisch economisch beleid.

Een andere relevante overweging is dat verzekeringen van invloed kunnen zijn op de prikkels om de risicoreductie maatregelen te nemen waarin het deelprogramma Ruimtelijke Adaptatie van het Deltaprogramma voorziet. De relatie tussen een verzekering en een risicoreductie door polishouders kan twee verschillende kanten op gaan. Enerzijds kan er, wanneer de schade gedekt wordt door een verze-

keraar, een moreel risico ontstaan als men zich minder goed voorbereidt op een overstroming, en een polishouder geen prikkels ontvangt om de risico's te reduceren via polisvoorwaarden of premiekortingen. Anderzijds vinden empirische studies van overstromingsverzekeringen in het buitenland echter dat huishoudens met een overstromingsverzekering meer risicoreductiemaatregelen nemen dan huishoudens zonder een verzekering (Hudson et al., 2017). De verklaring is dat mensen die zich willen verzekeren voor dit risico een hoge risicoaversie hebben en ook andere maatregelen nemen die het risico verminderen. Het tegenovergestelde effect van een moreel risico is dat een overstromingsverzekering voor een betere voorbereiding kan zorgen als het risicobewustzijn in gebieden met een hoog risico toeneemt door het toepassen van premiedifferentiatie op basis van het werkelijke risico. Daarnaast blijkt uit een recent uitgevoerd economisch experiment, waaraan meer dan 2.000 Nederlandse huizenbezitters deelnamen, dat investeringen in waterschade-beperkende maatregelen significant toenemen wanneer de verzekeraar dit stimuleert via kortingen op verzekeringspremies (Mol et al., 2018). Betalingen voor deelname aan zulke economische experimenten zijn afhankelijk van genomen investeringsbeslissingen en het al dan niet optreden van schade, om de werkelijke financiële afwegingen zo goed mogelijk na te bootsen. Een belangrijke implicatie voor de praktijk is dat het van belang is om een overstromingsverzekering te combineren met financiële prikkels voor risicoreductie. Dit geldt vooral in gebieden waar de schadebeperkende maatregelen kosten-effectief zijn, zoals de buitendijkse gebieden.

De huidige opzet van de Wts belemmert een private oplossing voor het verzekeren van overstromingsschade. Vragenlijstonderzoek onder meer dan 1.000 huizenbezitters in het rivierengebied heeft aangetoond dat, afhankelijk van het voorgelegde scenario, de bereidheid om te betalen voor een overstromingsverzekering significant lager is in een scenario waarin de overheidscompensatie beschikbaar is via de Wts, in vergelijking met een scenario zonder overheidscompensatie (Botzen en Van den Bergh, 2012). Vergelijkbare resultaten zijn verkregen met een recentelijk uitgevoerd economisch experiment waarin de vraag naar overstromingsver-

zekeringen is onderzocht onder verschillende condities van overheidscompensatie (Robinson en Botzen, 2018).

Er zijn twee oplossingsrichtingen om de financiële dekking van overstromingsschade te bevorderen:

1. Als de overheid de vrijwillige private verzekeraar van overstromingsschade wil bevorderen, dan is het aan te bevelen om meer zekerheid te bieden over het gedeelte van de schade dat door de Wts wordt vergoed. Verzekeraars kunnen dan een specifiek product aanbieden voor het niet gecompenseerde deel van de schade. Vervolgens kunnen consumenten een weloverwogen afweging maken of zij de Wts-compensatie voldoende achten, of de voorkeur geven aan het verzekeren van het restrisico.
2. Als alternatief zou de overheid een verzekeringspool voor overstromingsschade kunnen ondersteunen, waarbij de overheid optreedt als de herverzekeraar van een deel van de extreme schade (Botzen en Van den Bergh, 2008). Het op grote schaal herverzekeren van het overstromingsrisico in Nederland kan namelijk relatief duur zijn, vanwege het accumulatie-risico dat veel grote schades tegelijk optreden (Paudel et al., 2014). Dit probleem wordt verkleind door een dergelijke publiek-private verzekeringsconstructie waarin verzekeraars het gedeelte dekken dat tegen redelijke kosten verzekeraar is. De schadeafhandeling kan in zo'n constructie volledig worden uitgevoerd door de verzekeraars, om zo een snelle en efficiënte schadeloosstelling te faciliteren. De overstromingsdekking kan verplicht worden opgenomen in de gangbare polissen voor de inboedel- en opstalverzekeringen, hetgeen de niet-gedekte schades en mogelijke problemen met anti-selectie beperkt, maar dat wel het nadeel heeft dat de consumentenvrijheid wordt ingeperkt. Dit is een politieke afweging. Beide geschetste oplossingsrichtingen handhaven een vorm van solidariteit via de gedeeltelijke overheidsdekking bij het spreiden van risico's onder burgers, hetgeen men vaak wenselijk acht omdat het overstromingsrisico in belangrijke mate een collectief risico is. Het is aan te bevelen om de invulling van deze geschetste oplossingsrichtingen in het kader van het Deltaprogramma nader te onderzoeken, omdat de financiële dekking van restrisico's in de zogenaamde derde laag

past, bestaande uit de rampenbeheersing van het meerlaagse veiligheidsconcept in het Deltaprogramma, en van invloed is op de financiële prikkels voor risicoreductiemaatregelen in het deelprogramma Ruimtelijke Adaptatie.

CONCLUSIE EN AANBEVELINGEN

De klimaatmitigatiedoelstellingen van Nederland hebben een heel klein effect op het verminderen van de klimaatverandering, wanneer andere grote vervuulende landen en opkomende economieën niet dezelfde ambities weten te verwezenlijken. Internationale maatregelen om de klimaatverandering te voorkomen zijn op dit moment onvoldoende, en klimaatverandering kan alleen met vertraging worden afgeremd door de reducties in broeikasgasemissies. Daarom dient Nederland te investeren in aanpassing aan de klimaatverandering om de daarmee gepaarde risico's van overstromingen, lokale wateroverlast, hitte en droogte te beperken. De overheid heeft, met de Nationale adaptatiestrategie en het Deltaprogramma, daarvoor een goede basis gelegd, en ook met de daaruit voortvloeiende wettelijke normen voor de primaire waterkeringen die zijn vastgelegd in 2017. Ik wil graag afsluiten met een samenvatting van een aantal aanbevelingen in verband met deze programma's.

Er is veel kennis ontwikkeld over de mogelijke risico's van de klimaatverandering. Deze kennis biedt leidraden voor de richting van de veranderingen in de weersextremen die kunnen worden gebruikt voor het vormgeven van adaptatiebeleid. Er zijn echter enkele belangrijke onzekerheden wat betreft de snelheid en omvang van een aantal verwachte veranderingen in de weersvariabelen. Dit geldt met name voor de zeespiegelstijging die voor Nederland grote gevolgen heeft, en waarvoor recente studies aangeven dat het smelten van de ijskappen en de daarmee gepaard gaande zeespiegelstijging mogelijk sneller zal gaan dan de scenario's van het Deltaprogramma aangeven. Het is aan te bevelen om verder te investeren in kennis over de afsmeltingsprocessen van ijskappen, om zo de ontwikkelingen in het smelten en de zeespiegelstijging nauwlettend te volgen, en om, indien nodig, de strategieën en langetermijnfinanciering van het Deltaprogramma in dit opzicht tijdig aan te passen.

Dit sluit aan bij het concept adaptief deltamanagement waarin leren centraal staat. Gezien de onzekerheden van klimaatprojecties lijkt een flexibele aanpak aantrekkelijk, waarin er *no-regret*-maatregelen worden genomen die men kan opschalen als de klimaatontwikkelingen dat vereisen. Zo'n aanpak kan echter in de toekomst ook duur blijken te zijn vanwege de hoge vaste en relatief lage variabele kosten van de overstromingspreventiemaatregelen. Door deze kenmerken van kostenfuncties kunnen er extra investeringen op de korte termijn, die ook bestendig zijn bij de onzekere hogere klimaatscenario's, economisch aantrekkelijk zijn. Uiteindelijk is het aan te bevelen om de adaptatiepaden – geformuleerd om de nieuwe wettelijke normen voor waterveiligheid te halen – systematisch te beoordelen volgens de economische welvaartsevaluaties, zoals ook is gedaan bij het vaststellen van deze normen. Vanwege de grote omvang van de geplande investeringen valt er veel winst te behalen door maatregelen te prioriteren op basis van economische doelmatigheid. Gezien de snel verbeterende positie van de overheidsfinanciën en de gunstige rentestand valt het ook te overwegen om investeringen in waterveiligheid naar voren te halen, zodat eerder dan in 2050 aan de normen kan worden voldaan. Een kanttekening is dat zo'n versnelling niet ten koste mag gaan van een zorgvuldige planning en van de evaluatie van de strategieën.

Op het thema ruimtelijke adaptatie valt nog veel winst te behalen door het inzetten van lokale kleinschalige adaptatiemaatregelen. Financiering en prikkels voor risicoreductie zijn hierbij de voornaamste knelpunten. Naast provincies en gemeentes kunnen ook huishoudens en bedrijven hierin een rol spelen. Zij dienen een deel van de veelal externe baten van adaptatiemaatregelen te ontvangen om hen te prikkelen dergelijke maatregelen te nemen. Het ligt voor de hand om de samenwerking tussen het Deltaprogramma Ruimtelijke Adaptatie en de verzekeringssector te intensiveren en zo stappen te zetten die het risicobewustzijn van huishoudens en bedrijven verhogen, en om via verzekeringen financiële prikkels te geven voor het nemen van maatregelen die de waterschade beperken. Er is door het recente advies van het Verbond van Verzekeraars immers een bredere

verzekeringsdekking ontstaan voor de neerslag- en overstromingsschade met relatief hoge kansen op het vóórkomen ervan, waarvoor schadebeperkende maatregelen aantrekkelijk zijn geworden.

Ten aanzien van het concept meerlaagsveiligheid moet er worden benadrukt dat de prioriteit dient te worden gegeven aan preventie van overstromingen (de eerste laag). Voor zover dit kosteneffectief is op lokaal niveau, vormen de gevolgbeperkende maatregelen (de tweede laag) hierop een nuttige aanvulling. Rampenbeheersing (de derde laag) is belangrijk om de economische en bredere maatschappelijke gevolgen van een overstroming te beperken. Het is aan te bevelen om in de tweede en derde laag meer aandacht te besteden aan verzekeringen. Na het nemen van kosteneffectieve klimaatadaptatiemaatregelen blijft er vaak een restrisico bestaan waarbij verzekeringen financiële zekerheid en bescherming

kunnen bieden. Een snelle compensatie van de schade kan na een ramp het economisch herstel bevorderen, en verzekeringen kunnen onder bepaalde randvoorwaarden bijdragen aan het risicobewustzijn en de risicoreductie. Het Verbond van Verzekeraars adviseerde onlangs om schade veroorzaakt door het falen of overlopen van secundaire waterkeringen te vergoeden. Als verzekeraars dit advies overnemen, dan betekent dat een belangrijke uitbreiding van de overstromingsdekking. Als de overheid het wenselijk vindt om de verzekeraars uit te breiden dan is het aan te bevelen om de oplossingsrichtingen – zoals die zijn besproken in dit artikel – verder te verkennen in het kader van het Deltaprogramma. In beide voorgestelde oplossingsrichtingen is het van belang om meer duidelijkheid te scheppen in de compensatie voor de overstromingsschade die de overheid mogelijk zal bieden via de Wts.

In het kort

► Prioriteer adaptatiepaden op basis van maatschappelijke kosten-batenanalyses.

Er zijn betere financiële prikkels nodig om de kosteneffectieve lokale adaptatiemaatregelen te stimuleren.

► De financiële dekking van de overstromingsschade kan via verschillende wegen bevorderd worden.

LITERATUUR

ABDTOPConsult (2016) *Op peil: wettelijke ex-post evaluatie Deltawet Waterveiligheid en Zoetwatervoorziening*, juni. Rapport te vinden op www.rijksoverheid.nl.

Aerts, J.C.J.H., W.J.W. Botzen, K. Emanuel et al. (2014) Evaluating flood resilience strategies for coastal mega-cities. *Science*, 344(6183), 473–475.

Berkhout, P., M. van Asseldonk, R. van der Meer et al. (2016) *Evaluatie regeling brede weersverzekering*. Wageningen University & Research Rapport, 2016-070.

Bockarjova, M. en W.J.W. Botzen (2017) *A meta-analysis framework for assessing the economic benefits of NBS*. NATURVATION. Deliverable 3.2. Universiteit Utrecht.

Botzen, W.J.W. en J.C.J.H. Aerts (2012) Oplossingsrichtingen voor een landelijke dekking voor overstromingsrisico's. *ESB*, 97(4649-4650), 740–743.

Botzen, W.J.W. en J.C.J.M. van den Bergh (2008) Insurance against climate change and flooding in the Netherlands: present, future, and comparison

with other countries. *Risk Analysis*, 28(2), 413–426.

Botzen, W.J.W. en J.C.J.M. van den Bergh (2012) Monetary valuation of insurance against flood risk under climate change. *International Economic Review*, 53(3), 1005–1025.

Botzen, W.J.W. en L.M. Bouwer (2016) Weather indicators for insured hailstorm damage to motor vehicles and potential climate change impacts. *The Geneva Papers on Risk and Insurance*, 41(3), 512–527.

Botzen, W.J.W., J.C.J.H. Aerts en J.C.J.M. van den

- Bergh (2009) Dependence of flood risk perceptions on socioeconomic and objective risk factors. *Water Resources Research*, 45(10), W10440.
- Botzen, W.J.W., L.M. Bouwer en J.C.J.M. van den Bergh (2010) Climate change and hailstorm damage: empirical evidence and implications for agriculture and insurance. *Resource and Energy Economics*, 32(3), 341–362.
- Dekker, G., T. Nootenboom, L. Locher en M. Spekkers (2016) *Van last naar les: hoe publiek-private samenwerking de regenwateroverlast voor inwoners, woningeigenaren en klanten kan verlagen*. Technische Universiteit Delft.
- Deltacommissie (2008) *Samen werken met water: Een land dat leeft, bouwt aan zijn toekomst*. Secretariaat Deltacommissie.
- Deltaprogramma (2016) *Deltaprogramma 2016: werk aan de delta*. Ministerie van Infrastructuur en Milieu en Ministerie van Economische Zaken.
- Deltaprogramma (2017) *Deltaprogramma 2017: werken aan de delta*. Ministerie van Infrastructuur en Milieu en Ministerie van Economische Zaken.
- Deltaprogramma (2018) *Deltaprogramma 2018: doorwerken aan een duurzame en veilige delta*. Ministerie van Infrastructuur en Milieu en Ministerie van Economische Zaken.
- Estrada, F., W.J.W. Botzen en R. Tol (2017) A global economic assessment of city policies to reduce climate change impacts. *Nature Climate Change*, 7, 403–406.
- Haasnoot, M., J.H. Kwakkel, W.E. Walker en J. ter Maat (2013) Dynamic adaptive policy pathways: a method for crafting robust decisions for a deeply uncertain world. *Global Environmental Change*, 23(2), 485–498.
- Hudson, P., W.J.W. Botzen, J. Czajkowski en H. Kreibich (2017) Moral hazard in natural disaster insurance markets: empirical evidence from Germany and the United States. *Land Economics*, 93(2), 179–208.
- IPCC (2013) *Climate change 2013: the physical science basis*. Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.
- Kind, J.M. (2014) Economically efficient flood protection standards for the Netherlands. *Journal of Flood Risk Management*, 7(2), 103–117.
- Kind, J.M., J.H. Baayen en W.J.W. Botzen (2018) Benefits and limitations of real option analysis for the practice of river flood risk management. *Water Resources Research*, 54(4), 3018–3036.
- KNMI (2015) *KNMI '14 klimaatscenario's voor Nederland*. Herziene uitgave 2015. De Bilt: KNMI. Te vinden op www.klimaatscenario's.nl.
- Koetsier, I. (2018) Het effect van natuurrampen op de staatschuld. *ESB*, 103(4759), 112–115.
- Koks, E., M. Bockarjova, H. de Moel en J.C.J.H. Aerts (2015) Integrated direct and indirect flood risk modeling: development and sensitivity analysis. *Risk Analysis*, 35(5), 882–900.
- Le Bars, D., S. Drijfhout en H. de Vries (2017) A high-end sea level rise probabilistic projection including rapid Antarctic ice sheet mass loss. *Environmental Research Letters*, 12(4), 044013.
- Mauritsen, T. en R. Pincus (2017) Committed warming inferred from observations. *Nature Climate Change*, 7, 652–655.
- Ministerie van Infrastructuur en Milieu (2016) *Nationale klimaatadaptatie-strategie 2016*. Rapport te vinden op www.rijksoverheid.nl.
- Mol, J., W.J.W. Botzen en J.E. Blasch (2018) *Behavioral motivations for self-insurance under different disaster risk insurance schemes*. Working Paper. Vrije Universiteit.
- Nordhaus, W.D. (2015) Climate clubs: overcoming free-riding in international climate policy. *American Economic Review*, 105(4), 1339–1370.
- Paudel, Y., W.J.W. Botzen, J.C.J.H. Aerts en T.K. Dijkstra (2015) Risk allocation in a public-private catastrophe insurance system: an actuarial analysis of deductibles, stop-loss, and premiums. *Journal of Flood Risk Management*, 8(2), 116–134.
- PBL (2016) *Koers houden in de delta: ontwerp van een monitorings- en evaluatiekader voor het Deltaprogramma*. PBL Beleidsstudie, 2338.
- Peters, G.P., R.M. Andrew, J.G. Canadell et al. (2017) Key indicators to track current progress and future ambition of the Paris Agreement. *Nature Climate Change*, 7, 118–122.
- Poussin, J.K., W.J.W. Botzen en J.C.J.H. Aerts (2015) Effectiveness of flood damage mitigation measures: empirical evidence from French flood disasters. *Global Environmental Change*, 31, 74–84.
- Robinson, P. en W.J.W. Botzen (2018) *The effect of risky and uncertain government compensation on flood insurance demand: theory and experiment*. Working Paper. Vrije Universiteit.
- Rogelj, J., M. den Elzen, N. Höhne et al. (2016) Paris Agreement climate proposals need a boost to keep warming well below 2 °C. *Nature*, 534, 631–639.
- Rovers, V., P. Bosch en R. Albers (2014) *Eindrapport climate proof cities*. KvK Rapport, 129/2014. Te vinden op www.wur.nl.
- Shepherd, A., E. Ivins, E. Rignot et al. (2018) Mass balance of the Antarctic ice sheet from 1992 to 2017. *Nature*, 558, 219–222.
- Slootjes, N. en H. van der Most (2016) *Achtergronden bij de normering van de primaire waterkeringen in Nederland*. Den Haag: Ministerie van Infrastructuur en Milieu. Te vinden op docplayer.nl.
- Stowa (2018) *Neerslagstatistieken voor korte duren: Actualisatie 2018*. STOWA Rapport 2018-12. Te vinden op www.stowa.nl.
- Verbond van Verzekeraars (2017) *Hoofd boven water: verzekeren van schade in een veranderend klimaat*. Publicatie te vinden op www.verzekeraars.nl.
- Verbond van Verzekeraars (2018) *Adviesrapport overstromingen 2018*. Rapport te vinden op www.verzekeraars.nl.