



Klimaatverandering: Wie past zich aan, de mens of de natuur?

Klimaatverandering heeft een groot en meetbaar effect op de natuur, landbouw en de ecosystemen in de binnenlandse wateren en de oceanen. Deze veranderingen zullen economische kosten met zich meebrengen, maar bieden ook kansen. Het economische effect dat de klimaatverandering op ecosystemen heeft, zal daarom vooral afhangen van hoe de mens op deze uitdagingen reageert.

In een brief van 7 augustus jongstleden aan de Tweede Kamer constateerde Carola Schouten, minister van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit, dat Nederland dit jaar “geraakt is door uitzonderlijk droge en warme weersomstandigheden”, waardoor er voor het eerst sinds vijftien jaar in vrijwel alle regio’s sprake was van een watertekort. Landbouw en natuur zuchtten onder langdurige droogte en hitte, met grote economische gevolgen. Is dit ‘het nieuwe normaal’ in tijden van klimaatverandering?

Er is geen twijfel dat klimaatverandering vergaande gevolgen heeft voor de ecosystemen in Nederland – zoals de bossen, landbouwgronden, het water en de mariene gebieden – en voor de biodiversiteit in het algemeen. Sommige effecten zullen gunstig zijn voor onze vernieuwbare hulpbronnen. Er zullen bijvoorbeeld kansen ontstaan om gewassen te telen waarvoor het Nederlandse klimaat vroeger niet geschikt was. Maar er zullen ook effecten zijn die daarentegen slecht uitpakken, zoals de toegenomen wateroverlast of juist de gro-

te droogte – wat ook weer leidt tot aantasting van de biodiversiteit. In dit hoofdstuk bespreken we de gevolgen van de klimaatverandering voor de natuur, landbouw, binnenlandse wateren, en de visserij- en aquacultuursector, en welke aanpassingen beleidsmakers kunnen implementeren om het hoofd te bieden aan deze gevolgen.

ALS HET KLIMAAT SNEL VERANDERT, PASSEN SOORTEN ZICH VEEL MOEILIJKER AAN

De invloed van de klimaatverandering op de Nederlandse natuur verloopt vooral via veranderingen in de omgevingsvariabelen, zoals temperatuur en regenval, en het verlies van fysieke ruimte door zeespiegelstijging en kusterosie. De gevolgen van deze invloed hangen af van in hoeverre soorten en ecosystemen zich aan de nieuwe omstandigheden weten aan te passen. In grote lijnen doet de natuur dat op vier manieren (Braakhekke et al., 2014). De eerste aanpassing is dat soorten hun gedrag veranderen. Zo beginnen zangvogels

**ANDRIES
RICHTER**

*Universitair docent
aan Wageningen
University &
Research (WUR)*

**ROLF
GROENEVELD**

*Universitair hoofd-
docent aan de WUR*

tegenwoordig gemiddeld negen dagen eerder met eieren leggen dan twintig jaar geleden, en bloeien bomen als hazelaar, berk en beuk acht tot negen dagen eerder. De tweede aanpassing is genetisch van aard: als er voldoende genetische variatie binnen een populatie bestaat, kan deze als geheel blijven voortbestaan omdat individuen die beter tegen de nieuwe omstandigheden kunnen, de overhand krijgen. Deze zoge-

Het klimaat verandert sneller dan zelfs relatief mobiele diersoorten als vogels en vlinders kunnen bijhouden

naamde fenotypische en genetische aanpassingen zijn in eerste instantie gunstig, maar kunnen ook ongewenste gevolgen hebben. Een voorbeeld daarvan is de Atlantische kabeljauw die zich aanpast aan visserijdruk en temperatuurveranderingen door vroeger geslachtsrijp te worden, maar die daardoor ook minder nakomelingen per individu krijgt (Eikeset et al., 2013). De derde aanpassing is dat soorten naar gebieden trekken waar het klimaat beter aan hun eisen voldoet. Koudeminnende soorten zoals de grutto of velduil zullen onder druk komen te staan of zelfs helemaal uit Nederland verdwijnen naarmate de temperatuur stijgt. Aan de andere kant zullen warmteminnende soorten zoals de zilverreiger zich uitbreiden. Dit zal vooral consequenties hebben voor heidelandschappen, maar ook voor de graslanden die de habitat vormen van vele koudeminnende soorten. Ten slotte past de natuur zich ook op systeemniveau aan, omdat niet alleen de soortensamenstelling verandert maar ook de relatieve dominantie van de aanwezige soorten.

Deze veranderingen zullen bij sommige soorten gemakkelijker gaan dan bij andere. Over het algemeen zullen soorten die zich kunnen verplaatsen en zich sterk vermenvuldigen betere aanpassingsmogelijkheden hebben. Via onderzoek op Europese schaal naar vogels en vlinders is er geconstateerd dat het aanpassingsvermogen van deze soorten

redelijk klein is (Visser, 2012). Vogels en vlinders hebben zich tot op zekere hoogte naar het noorden verplaatst, maar nog niet genoeg om de gevolgen van de klimaatverandering volledig te compenseren. Terwijl biologen schatten dat een verschuiving van 249 kilometer optimaal zou zijn, hebben vogels en vlinders zich respectievelijk gemiddeld slechts 37 en 114 kilometer verplaatst. Dit suggereert dat het klimaat sneller verandert dan de soorten kunnen bijhouden. Het zorgwekkende van dit voorbeeld is dat het hier nog relatief mobiele soorten betreft: als vogels zich al moeizaam kunnen aanpassen, hoe zal het dan met minder mobiele soorten gaan, zoals bijvoorbeeld heideplanten?

Dit verschil in aanpassingsvermogen kan er ook toe leiden dat soorten het moeilijk krijgen die afhankelijk zijn van andere soorten. Een voorbeeld hiervan is de bonte vliegenvanger, waarvan de jongen sterk afhankelijk zijn van de beschikbaarheid van rupsen. Als gevolg van de klimaatverandering ligt de piek van het uitkomen van rupsen nu vijftien dagen eerder in het seizoen, terwijl de bonte vliegenvanger zijn legtijd met slechts tien dagen heeft kunnen vervroegen (Minnen et al., 2012). Veel vogels beginnen weliswaar vroeger hun nesten te bouwen, maar komen te laat in Nederland aan om te profiteren van de beschikbaarheid van rupsen.

IS HET EEN PROBLEEM DAT NEDERLAND ER ANDERS GAAT UITZIEN?

De grote vraag bij deze veranderingen is natuurlijk: hoe erg is het dat de natuur verandert? In principe is verandering niet per se slecht, zeker omdat 'de Nederlandse natuur' op zich niet bestaat. De Veluwe was vroeger een bosrijk gebied. Ontbossing, akkerbouw en steeds intensievere schapenhouderij in de vroege middeleeuwen hebben er de grond verarmd, waardoor er een heidelandschap met woestijnachtige zandvlaktes ontstond. Voor de toenmalige bewoners zullen deze veranderingen een ramp geweest zijn, maar tegenwoordig ervaren we deze heides als een natuurlijk en waardevol deel van het Nederlandse landschap. Of een verandering slecht is, hangt dus af hoe deze door huidige en toekomstige gebruikers wordt ervaren. Op zijn minst gaat er, met het verdwijnen van planten- en diersoorten, wel een bepaalde

sentimentele waarde verloren. In de economie gaat het dan om de zogenaamde 'bestaanswaarde': als we mochten kiezen tussen een Nederland met een karakteristieke vogelsoort als de grutto en een Nederland zonder de grutto, dan zouden we het eerste kiezen – los gezien van enige directe of indirecte 'gebruikswaarde' van deze vogelsoort. Naast deze bestaanswaarde hebben sommige wilde soorten een meer tastbaar effect op de economische welvaart. Denk hierbij bijvoorbeeld aan de overlast veroorzaakt door de eikenprocessierups, en de kosten die gepaard gaan met de bestrijding ervan.

LANDBOUW KRIJGT MET WARMER EN OOK EXTREMER WEER TE MAKEN

Klimaatverandering biedt kansen en uitdagingen voor de landbouw. In gematigde streken zoals de onze leiden hogere temperaturen en een langer groeiseizoen over het algemeen tot hogere landbouwopbrengsten (Minnen et al., 2012). Ook zal door de langere droogte het suikergehalte in bepaalde gewassen hoger zijn, wat bijvoorbeeld voordelig zou kunnen zijn in de wijnbouw, en een hoger economisch rendement zou kunnen opleveren.

Anderzijds zullen weersextremen – zoals langdurige droogte of overstromingen, hevige regenbuien of hagel – vrijwel zeker negatieve effecten hebben op de landbouw. Er is nog vrij weinig bekend over de mogelijke effecten van ziektes en plagen (Van de Sandt et al., 2011), maar door mildere winters en warmere zomers zullen insecten als de coloradokever zich beter kunnen verspreiden.

Het schatten van de economische effecten van de klimaatverandering op landbouw blijft een uitdaging. Econometrische schattingen maken vaak gebruik van paneldata om het causale verband tussen het weer en de oogstopbrengst te meten. Boeren passen hun bedrijfsvoering door de tijd heen aan, en het is belangrijk om met de kosten en baten daarvan rekening te houden (Blanc en Schlenker, 2017). Als de last van ongedierte en ziektes toeneemt, dan zal de landbouw meer bestrijdingsmiddelen gaan gebruiken. Dat zal misschien geen meetbaar effect op de opbrengst hebben, terwijl het wel economische kosten en extra milieuschade met zich meebrengt. Boeren kunnen natuurlijk ook op andere gewas-

sen overstappen. Als er in Nederland minder peen en ui en meer artisjokken verbouwd worden, dan hoeft dat economisch niet nadelig te zijn. Er zijn ook ingrijpendere mogelijkheden tot aanpassing dan de overschakeling op andere gewassen. Als het klimaat sterk verandert, zou een boer er bijvoorbeeld voor kunnen kiezen om zijn bedrijf te transformeren tot een vakantieboerderij met pluktuin. Agronomische modellen die alleen met de economische effecten van het overstappen op andere gewassen rekening houden, zullen daarom over het algemeen klimaateffecten overschatten. Een methode om de ricardiaanse rente van land – de surpluswinst – zuiver te berekenen is om niet naar opbrengst, maar om naar de marktwaarde van landbouwgrond te kijken. Wanneer de klimaatverandering de mogelijkheden tot economische winst verlaagt – op welke manier dan ook – zal dit de prijs van landbouwgrond als productiefactor doen dalen. Een studie uit de VS heeft geschat dat, door de klimaatverandering, de waarde van landbouwgrond tot het eind van deze eeuw gemiddeld tussen de 27 en 69 procent zal gaan dalen, hoewel er sterke regionale verschillen zullen zijn en deze schattingen wel met grote onzekerheden gepaard gaan (Schlenker et al., 2006). Ondertussen mag men aannemen dat het vooruitzicht dat het klimaat gaat veranderen algemeen bekend is. Daarom is het de grote vraag in hoeverre een verwachte toekomstige klimaatverandering ook de huidige betalingsbereidheid – en dus de prijs – van landbouwgrond beïnvloedt. Als men hiermee rekening houdt, zullen de klimaateffecten ongeveer vijftig procent lager gaan uitpakken, omdat de toekomstige veranderingen al gedeeltelijk in de huidige prijs inbegrepen zijn (Severen et al., 2018).

KANTELPUNTEN DREIGEN IN BINNENLANDSE WATEREN

Een hogere watertemperatuur en door droogte veroorzaakte lage waterstanden zullen een sterk effect hebben op rivieren, sloten en meren (Minnen et al., 2012). De gevolgen zijn een achteruitgang van de waterkwaliteit in de vorm van zuurstoftekort en de grotere verspreiding van blauwalgen en bacteriën, en bijvoorbeeld botulisme (Mooij et al., 2005). De effecten zullen niet geleidelijk zijn en er zijn kantelpunten

te verwachten: boven de 25 °C zal de blauwalg domineren en het aquatische milieu verstikken, en de fysiologie van vissen (natuurlijke sterfte, reproductie) zal veranderen (Minnen et al., 2012). Dit zou bedreigde soorten als de paling verder in het nauw drijven of zelfs uit Nederland doen verdwijnen. Paling is bijzonder kwetsbaar omdat de temperatuurverandering in de oceaan de voedselbronnen en het transport van larven negatief beïnvloedt (Rijnsdorp et al., 2014). Aan de andere kant zullen soorten als de snoekbaars juist baat kunnen hebben bij een hogere temperatuur, en een sterkere groei kunnen vertonen (Rijnsdorp et al., 2014).

De zee is een belangrijke buffer voor klimaatverandering omdat ze veel koolstofdioxide uit de atmosfeer opneemt. Dat is goed, maar de stijgende concentratie aan koolstofdioxide heeft ook tot gevolg dat de pH-waarde van het zeewater daalt: de oceaan wordt zuurder. Dit heeft nadelige gevolgen voor mariene organismen, vooral schelpdieren en koraal die afhankelijk zijn van kalk als biologisch bouw materiaal. In Nederland zal dit vooral nadelige gevolgen hebben voor de oester- en mosselteelt, ook omdat ziektes en plaagalggen zullen toenemen (Rijnsdorp et al., 2014).

De stijging van de gemiddelde zeevatertemperatuur zorgt ervoor dat mariene klimaatzones opschuiven in de richting van de polen. Vissoorten kunnen met deze zones mee migreren, maar dat is niet zonder gevolgen. Met name de makreel is in recente jaren meer naar het noorden opgeschoven, wat niet alleen gevolgen heeft voor vissers maar ook voor beleidsmakers. Het noordelijke deel van de Atlantische oceaan, waar de Noordzee ook toe behoort, is immers een gedeelde zee. Dit kan tot conflicten leiden als vissen naar de exclusieve economische zone (EEZ) van andere landen uitwijken, waarin bijvoorbeeld Nederland geen vangstrechten heeft. Een voorbeeld hiervan is de makreeloorlog in het noordoosten van de Atlantische oceaan. Landen die voorheen gezamenlijk het beheer van Noordoost-Atlantische makreelbestanden beheerden – in dit geval Noorwegen, de Faeröer en de Europese Unie – zien een gedeelte van hun bestanden opgevisst worden door een nieuwe partij, in dit geval IJsland (Spijkers en Boonstra, 2017). Weliswaar zullen ook zuidelijke soorten zich in het Nederlandse deel van de

zee gaan vestigen of uitbreiden, maar dit zal alleen economische baten opleveren als de conflicten rond de vangstrechten opgelost zijn.

Ook op mondiale schaal zullen de effecten op mariene ecosystemen merkbaar zijn. De meest koudeminnende soorten, die zich momenteel rond de Noord- of Zuidpool bevinden, kunnen nergens heen. Bovendien bestaat de mogelijkheid dat gebieden rond de evenaar visbestanden verliezen omdat ze voor zelfs de meest warmteminnende soorten te warm worden. Klimaatverandering kan daardoor niet alleen de samenstelling van soorten, maar ook de totale biomassa van vis beïnvloeden. Cheung et al. (2016) schatten dat, zelfs als de doelstelling van Parijs (1,5 °C) wordt gehaald, de totale biomassa van vis met 2,5 procent zal dalen. Als alle deelnemende landen zich aan de emissiereductiebeloftes houden die ze in het kader van het Akkoord van Parijs hebben gedaan, dan zal de temperatuur met ongeveer 3,5 °C stijgen. In dat geval zal er gemiddeld acht procent minder vis zijn. Dit lijkt misschien mee te vallen, maar de effecten kunnen per regio sterk verschillen. Rond de tropen, waar ondervoeding en armoede nu al een probleem zijn, zou de biomassareductie tot tachtig procent op kunnen lopen. Behalve de gemiddelde temperatuur is de variatie ook zeer belangrijk, en dan vooral de extremen erin. Mariene hittegolven in de Middellandse Zee (in 2003) en aan de westkust van Australië (in 2011) leidden tot massale sterfte van mariene organismen – en de verwachting is dat deze, bij een stijgende mondiale temperatuur, vaker zullen plaatsvinden (Frölicher et al., 2018). Vooral tropische en arctische wateren zijn hier gevoelig voor, maar de kans op mariene hittegolven neemt overal ter wereld toe, ook in de Noordzee.

EFFECTEN HANGEN AF VAN VERANDERINGEN IN BELEID EN IN BESTUURLIJKE STRUCTUREN

Ook heeft het klimaat invloed op de vernieuwbare hulpbronnen, zoals water, landbouwgrond en natuur. Maar de mens kan die invloed versterken of verzwakken – door in te grijpen, maar vooral ook doordat hij die hulpbronnen ook zelf benut. In de visserij, bijvoorbeeld, kunnen beleidsmakers ervoor kiezen om vangsten verder te beperken. Dit geeft de

populatie ruimte om te groeien. Afzien van vangst is daarmee een investering in de toekomst, maar dan wel eente waarvan de opbrengsten onzeker zijn. De opwarming van het zee-water kan populaties verzwakken, zelfs bij een conservatiever vangstbeleid. En de verschuivingen in de klimaatzones kunnen populaties in de netten van andere landen drijven. Of individuele landen of mensen bereid zijn om te investeren in de veerkracht van deze populaties zal afhangen van of zij verwachten ook de vruchten daarvan te kunnen plukken.

Als de betreffende hulpbron particulier eigendom is – zoals landbouwgrond met de bijbehorende bodemkwaliteit – dan zal de eigenaar zelf maatregelen kunnen nemen in de vorm van verhoogd bodemherstel via langere periodes van braak. Wanneer de overheid de eigenaar is, zoals bij natuurgebieden en veel visgronden, kan de besluitvorming een stuk trager zijn vanwege de bestuurlijke processen die er nodig zijn om de publieke legitimiteit van het gebruik te waarborgen.

Wat betreft deze mogelijkheden en onmogelijkheden voor beleidsaanpassing, zijn er opvallende verschillen tussen land en zee (OESO, 2016). Enerzijds zijn de mariene systemen sterker onderling verbonden, bijvoorbeeld omdat vissen en mariene zoogdieren mobieler zijn dan de meeste landdieren (afgezien van vogels). Dit kan mariene systemen in staat stellen om zich sneller aan te passen. Anderzijds weten en begrijpen we minder van mariene systemen: ze zijn moeilijker te observeren, en veel is nog onbekend over hoe de verschillende lagen en organismen in de zeeën en oceanen met elkaar in verbinding staan. Dit maakt zowel de monitoring als de modelanalyse van mariene systemen moeilijker dan die van veel terrestrische systemen.

Mariene systemen hebben ook een minder duidelijke eigendomsstructuur: grote mariene gebieden vallen onder geen enkele EEZ, en wat binnen een EEZ valt is grotendeels publiek domein oftewel overheidseigendom. Dit heeft zowel nadelen als voordelen. Enerzijds ontbreken individuele prikkels om mariene hulpbronnen goed te beheren: een boer heeft een sterke economische motivatie om zijn landgebruik aan te passen aan een veranderend klimaat, maar een visser heeft een prikkel om het duurzame gebruik aan anderen over te laten. Anderzijds kan de centralisatie van de besluitvorming die

gepaard gaat met publiek eigendom de overheid in staat stellen om alle belangen integraal tegen elkaar af te wegen.

Als de natuur niet in staat is om zich aan te passen, zal de mens door aanpassing kunnen proberen de effecten te verzachten, bijvoorbeeld door het creëren van klimaatbuffers en een veranderend waterbeleid. Hierbij zijn natuurlijke en menselijke adaptatie niet noodzakelijkerwijs substituten. Sterker nog, als de natuur zich snel aanpast en regelgeving en internationale overeenkomsten statisch zijn, dan zullen natuur en

Weersextremen zullen vrijwel zeker negatieve effecten hebben op de landbouw

regels niet meer overeenkomen, en zal de kans op onbeheerde natuur toenemen. Het laatste zal vooral gebeuren als vissoorten zich vanuit EEZ's naar internationale wateren verplaatsen (Niiranen et al., 2018). Pinsky et al. (2018) schatten dat de meeste EEZ's er tussen één en vijf vissoorten bij zullen krijgen, wat tot conflicten en lastige onderhandelingen zal leiden. Bovendien zullen landen die soorten in hun wateren lijken te verliezen, een prikkel hebben om deze soorten sterker te bevissen voordat ze hun EEZ definitief hebben verlaten, met overbevissing als gevolg (Diekert en Nieminen, 2017).

Wat de klimaatverandering voor natuurlijke hulpbronnen gaat betekenen, zal dan ook vooral afhangen van de wisselwerking tussen de natuurlijke en de maatschappelijke component van deze sociaal-ecologische systemen. Soorten en ecosystemen zullen zich, dankzij hun inherente aanpassingsvermogen of hun mobiliteit, kunnen aanpassen, maar ons beleid zal met deze veranderingen mee moeten gaan. Voor terrestrische systemen zal het belangrijk zijn dat het natuurbelief voor de natuur de ruimte schept om zich aan te passen. Dit zal lastiger worden voor natuurgebieden dicht bij steden, terwijl deze juist een bijzonder grote waarde hebben omdat ze aan veel stedelingen recreatiemogelijkheden verschaffen.

Ook in de visserij zal het beleid sterker met veranderingen rekening moeten houden, ofwel adaptief moeten zijn. In de praktijk is het echter lastig om de totale toegestane vangst sterk te veranderen, omdat dit voor fluctuaties zorgt in de opbrengst en werkgelegenheid in de visserijsector. Een nog grotere uitdaging blijkt het herverdelen van visquota tussen landen. Het Europese visserijbeleid is gebaseerd op het principe van de relatieve stabiliteit, wat wil zeggen dat alle EU-lidstaten een vast percentage behouden van de totale toegestane vangst. Dit voorkomt moeizame en trage onderhandelingen, maar houdt weinig rekening met de verschuiving van soorten of met jaarlijkse fluctuaties. Het loslaten van de relatieve stabiliteit zal beleidsmakers en vissers in staat stellen met het klimaat mee te veranderen. Ook elders in de wereld zien we bestuursorganen en beleidsinstrumenten ontstaan die de overheden in staat stellen om hun beleid flexibel aan de klimaatverandering aan te passen. In de Stille Oceaan heeft een groep eilandstaten, verenigd als de *Parties to the Nauru Agreement* (PNA), een zogenaamd *Vessel Day Scheme* (VDS) ingevoerd om enerzijds hun tonijnbestanden te beheren en anderzijds een betere onderhandelingspositie te verkrijgen aangaande andere partijen zoals de Europese Unie en Japan. De verdeling tussen de PNA-lidstaten van licenties onder het VDS houdt onder andere rekening met de invloed van klimaatverandering op de ruimtelijke verspreiding van tonijnpopulaties. Een dergelijke flexibiliteit zou ook nodig kunnen zijn in het Europese visserijbeleid.

BREDE MONITORING EN INTERACTIES TUSSEN BESTUURSLAGEN WORDEN BELANGRIJKER

De aanpassingscapaciteit van ecosystemen heeft een natuurlijke component, maar ook een maatschappelijke – namelijk de wijze waarop hulpbronnen worden benut, en de wijze waarop ze worden beheerd. Bij de vraag hoe ernstig de gevolgen van klimaatverandering voor de natuur, visgronden en landbouwgronden in Nederland zullen zijn, en hoe de samenleving daarop zou moeten reageren, is dus een cruciale overweging hoe snel de verschillende klimaat-, ecosystemen- en samenlevingsprocessen zullen verlopen. Ook valt op hoe groot de onzekerheden rond de mogelijke klimaateffecten

zijn. De effecten kunnen positief zijn, bijvoorbeeld omdat we nieuwe gewassen kunnen telen, maar ook catastrofaal, als nieuwe invasieve soorten een plaag gaan vormen. Daarnaast bestaat de neiging om bij toekomstprojecties vooral te kijken naar de gemiddelde verwachte ontwikkelingen. Dat is om twee redenen problematisch. Ten eerste verbloemt een focus op de gemiddelde ontwikkelingen dat er ook een gereede kans op uitschieters is. Wagner en Weitzman (2016) benadrukken dat volgens recente schattingen de mogelijkheid dat de gemiddelde mondiale temperatuur meer dan 6 °C gaat stijgen rond de tien procent ligt. Dat lijkt geen verwaarloosbare waarschijnlijkheid te zijn voor een scenario dat zo catastrofaal is dat we de gevolgen niet eens in grote lijnen kunnen schetsen. Ten tweede zijn het vaak niet de veranderingen in gemiddelde temperatuur of regenval die grote schade aan kunnen richten, maar de tijdelijke extremen, zoals hittegolven en periodes van uitzonderlijke droogte of regenval. De complexiteit van ecosystemen maakt ook dat er sprake is van zogenaamde *unknown unknowns*, oftewel onzekerheden waarvan we niet eens weten dat we ze niet weten. Dit maakt het bijzonder lastig om de relevante ontwikkelingen systematisch te monitoren. Daarom zal beleid ruimte moeten bieden aan een brede monitoring van ecologische en sociaal-economische processen die in staat is om nieuwe ontwikkelingen te signaleren – ook eventuele ontwikkelingen waarvan niemand gedacht had dat die zouden kunnen plaatsvinden.

Beleidsmakers staan voor een dilemma. Enerzijds zijn vele ecosystemen publiek eigendom die door meerdere gebruikers worden benut, zodat veel van hun ecosystemendiensten het karakter hebben van een publiek goed. Dit noopt tot een gecentraliseerde besluitvorming die in staat is om alle belangen integraal tegen elkaar af te wegen, om zo freerider-gedrag te voorkomen. Anderzijds is het maar de vraag of een dergelijke centralisatie de relevante informatie heeft om belangrijke veranderingen te signaleren en dan tegelijkertijd in staat is om daarop flexibel te reageren. Bij het ontwerpen van beleid is het daarom zaak om scherp te kijken welke besluiten er worden genomen, en wie dat het beste kan doen. Economen hebben uitgebreide ervaring met het

ontwerp van dergelijk beleid. Verhandelbare emissierechten zijn daar een goed voorbeeld van: de beslissing hoeveel emissies er moeten worden toegestaan is een publieke beslissing en wordt daarom gecentraliseerd, terwijl de beslissing wie

die emissies veroorzaakt aan de markt wordt overgelaten. Een dergelijke slimme verdeling van verantwoordelijkheden over de verschillende bestuurslagen zal ook nodig zijn om het hoofd te bieden aan klimaatverandering.

In het kort

- ▶ Ecosystemen hebben een beperkte capaciteit om zich aan te passen aan een veranderend klimaat.
- ▶ De economische gevolgen zullen heftiger zijn als de klimaatverandering snel en abrupt gebeurt.
- ▶ Ecologische veranderingen zullen vergaande aanpassingen door beleidsmakers vereisen.

LITERATUUR

Blanc, E. en W. Schlenker (2017) The use of panel models in assessments of climate impacts on agriculture. *Review of Environmental Economics and Policy*, 11(2), 258–279.

Braakhekke, W.G., F. Berendse, M. de Jong et al. (2014) *Klimaatverandering en natuur: een verkenning van risico's, kansen en aangrijpingspunten voor klimaatadaptatiebeleid*. Nijmegen: Bureau Strooming. Te vinden op edepot.wur.nl.

Cheung, W.W.L., G. Reygondeau en T.L. Frölicher (2016) Large benefits to marine fisheries of meeting the 1.5°C global warming target. *Science*, 354(6319), 1591–1594.

Diekert, F.K. en E. Nieminen (2017) International fisheries agreements with a shifting stock. *Dynamic Games and Applications*, 7(2), 185–211.

Eikeset, A.M., A.P. Richter, E. Dunlop et al. (2013) Economic repercussions of fisheries-induced evolution. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 110(30), 12259–12264.

Frölicher, T.L., E.M. Fischer en N. Gruber (2018) Marine heatwaves under global warming. *Nature*, 560(7718), 360–364.

Minnen, J.V., W. Ligtoet, L. van Bree et al. (2012) *Effecten van klimaatverandering in Nederland: 2012*. PBL Beleidsstudies, 500193003.

Mooij, W.M., S. Hülsmann, L.N. de Senerpont Domis et al. (2005) The impact of climate change on lakes in the Netherlands: a review. *Aquatic Ecology*, 39(4), 381–400.

Niiranen, S., A. Richter, T. Blenckner et al. (2018) Global connectivity and cross-scale interactions create uncertainty for Blue Growth of Arctic fisheries. *Marine Policy*, 87, 321–330.

OESO (2016) *The ocean economy in 2030*. Parijs: OECD Publishing.

Pinsky, M.L., G. Reygondeau, R. Caddell et al. (2018) Preparing ocean governance for species on the move. *Science*, 360(6394), 1189–1191.

Rijnsdorp, A.D., E. Buisman, R. Beukers et al. (2014) *Klimaatverandering: risico's en kansen voor de Nederlandse visserij- en aquacultuursector*. Rapport Co96.14. IMARES Wageningen UR.

Sandt, K.H. van de, H. Goossen, C.C. Vos et al. (2011) *Klimaatadaptatie in het landelijk gebied: verkenning*

naar wegen voor een klimaatbestendig Nederland. Alterra, Wageningen UR.

Schlenker, W., W.M. Hanemann en A.C. Fisher (2006) The impact of global warming on U.S. agriculture: an econometric analysis of optimal growing conditions. *The Review of Economics and Statistics*, 88(1), 113–125.

Severen, C., C. Costello en O. Deschênes (2018) A forward-looking Ricardian approach: do land markets capitalize climate change forecasts? *Journal of Environmental Economics and Management*, 89, 235–254.

Spijkers, J. en W.J. Boonstra (2017) Environmental change and social conflict: the northeast Atlantic mackerel dispute. *Regional Environmental Change*, 17(6), 1835–1851.

Visser, M.E. (2012) Birds and butterflies in climatic debt. *Nature Climate Change*, 2, 77–78.

Wagner, G. en M.L. Weitzman (2016) *Climate shock: the economic consequences of a hotter planet*. Princeton: Princeton University Press.