



Universiteit  
Leiden

The Netherlands

## **Tweerichtingsverkeer tussen mens en biodiversiteit**

Bodegom, P.M. van

### **Citation**

Bodegom, P. M. van. (2015). *Tweerichtingsverkeer tussen mens en biodiversiteit*. Leiden: Leiden University. Retrieved from <https://hdl.handle.net/1887/33068>

Version: Not Applicable (or Unknown)

License: [Leiden University Non-exclusive license](#)

Downloaded from: <https://hdl.handle.net/1887/33068>

**Note:** To cite this publication please use the final published version (if applicable).

Prof.dr.ir. P.M. van Bodegom

# Tweerichtingsverkeer tussen mens en biodiversiteit



Universiteit  
Leiden

Bij ons leer je de wereld kennen

# Tweerichtingsverkeer tussen mens en biodiversiteit

Oratie uitgesproken door

Prof.dr.ir. P.M. van Bodegom

bij de aanvaarding van het ambt van hoogleraar

Environmental Biology

aan de Universiteit Leiden

op vrijdag 8 mei 2015



Universiteit  
Leiden



*Mijnheer de Rector Magnificus, zeer gewaardeerde toehoorders,*

### **Onze aarde verandert**

De wereld om ons heen verandert en die verandering gaat sneller dan waarschijnlijk ooit tevoren. Zo is het ondertussen helder geworden dat de gemiddelde temperatuur op aarde de afgelopen 50 jaar substantieel hoger is geworden. Neerslagpatronen veranderen, waardoor het op sommige plekken op aarde gemiddeld natter is geworden en op andere plekken gemiddeld droger. Ook zijn er steeds meer aanwijzingen dat het klimaat op aarde extremer wordt, in de zin dat de kans op extreme droogte, orkanen, extreme neerslag en grote stormen afgelopen jaren is toegenomen. We zien er elke dag voorbeelden van, hoewel zeker niet alle voorbeelden ook werkelijk aan klimaatverandering te relateren zijn.

Dat is echter niet de enige verandering. Ook op andere manieren verandert de mens zijn leefomgeving. Wereldwijd neemt de verstedelijking toe. Miljoenensteden worden letterlijk uit de grond gestampt. In Azië en Zuid-Amerika worden bossen gekapt en omgezet in oliepalm-plantages of gebruikt voor extensieve veehouderij, terwijl er in Europa in het verleden al veel bossen zijn omgezet in landbouwgebied of in een verstedelijkte omgeving. Momenteel zien we met name in Zuid-Europa dat landbouwgronden weer worden verlaten en langzaam omvormen tot bossen. Deze landgebruiksveranderingen hebben grote impact op het leefgebied van veel planten en dieren<sup>1</sup> en wellicht zelfs sterker dan klimaatverandering en verdienen ook om die reden aandacht.

Ook de kwaliteit van de beschikbare leefgebieden voor planten en dieren verandert. Vervuiling is wellicht het meest in het oog springend, maar op veel plekken zijn veranderingen in de waterhuishouding (waardoor het droger of juist natter is geworden) en veranderingen in de stikstofdepositie, waardoor er extra voedingsstoffen beschikbaar komen voor plantengroei, van minimaal even groot belang hoewel ze minder aandacht krijgen in maatschappelijke en wetenschappelijke discussies.

Mede gefaciliteerd door de eerder genoemde veranderingen, maar ook doordat mensen veel meer reizen en veel meer goederen transporteren, neemt ook het aantal zogenaamde invasies van soorten toe. Dat zijn planten- en diersoorten die ‘van nature’ niet in een bepaald gebied voorkomen, maar daar nu in grote getale voorkomen. Langs sommige rivieren, en dan vooral rivieren in iets warmere gebieden dan de onze, bestaat meer dan helft van alle planten uit soorten die daar 20-30 jaar geleden nog niet voorkwamen. Vanuit het beleid wordt hier op verschillende manieren op gereageerd. In de Verenigde Staten wordt b.v. het publiek heel sterk bij deze problematiek betrokken en kun je in veel nationale parken voorlichtingsborden zien waarin mensen worden opgeroepen, als ze bepaalde invasieve plantensoorten zien, deze eruit te trekken en mee te nemen voor vernietiging. In Europa pakken we dat anders aan en worden vooral preventieve maatregelen genomen.

Dat betekent niet dat de problematiek in Europa *per se* minder is. In Transcarpathië, het gebied op de grens van Oekraïne, Hongarije en Polen, hebben we b.v. onderzoek gedaan naar het voorkomen van deze invasieve soorten. Samen met Bohdan Prots en Oksana Omelchuk van het National Museum voor Natural History in Lviv, Oekraïne, onderzoeken we de mechanismen achter deze veranderingen. Zo bestuderen we hoe invasieve soorten oprukken langs de rivieren die soms letterlijk geel zien van de bloemen van dergelijke soorten.

Ook binnen het dierenrijk zijn er diverse voorbeelden van invasieve soorten. Vooral uit het mariene milieu, waar verspreiding van soorten sowieso al makkelijker is dan over land, zijn er veel meldingen van nieuwe soorten. Ook in Nederland worden jaarlijks diverse nieuwe soorten gevonden. Een klassiek voorbeeld van hoe een soort invasief kan worden in een nieuwe omgeving is de introductie van het Europese konijn in Australië. In de beginnagen van de kolonie werden konijnen meegenomen als voedsel en vanzelfsprekend ontsnapten er exemplaren. Al snel was het een grote plaag. Nu kun je wel specifieke grappen maken over konijnen, maar het blijft wel een probleem.



### De natuur verandert mee

Door al deze veranderingen in de leefomgeving, bovenop veranderingen in het functioneren van de natuur zelf door de interne dynamiek die we successie noemen, is de natuur continu in beweging. Sommige planten- en diersoorten nemen toe en andere soorten nemen af. Dat geldt zowel lokaal, dus binnen een specifiek natuurgebied, maar ook op mondiaal niveau. En als een bepaalde soort overal afneemt, sterft deze uiteindelijk uit. Deze cyclus van toe- en afnamen in abundantie is altijd al zo geweest. Alleen gaan de afgelopen decennia de veranderingen wel heel snel. Het blijkt vooral de planten- en diersoorten te zijn, die toch al 'van nature' (?) zeldzaam zijn, die het steeds zwaarder krijgen en waarvan er velen dreigen uit te sterven. Los van de ethische verantwoordelijkheid die we als mensheid hebben ter bescherming van de biodiversiteit, kun je je afvragen of een deel van deze soorten ook zonder menselijk ingrijpen wellicht niet zou uitsterven. Daarnaast blijken bepaalde ecosystemen extra gevoelig te zijn. Het zijn geeneens de tropische regenwouden, maar eerder de mediterrane gebieden en de graslanden waar de soortenrijkdom hard achteruit gaat.<sup>2</sup>

Daarentegen zijn er ook veel gebieden waar het totaal aantal soorten door de invasies van nieuwe soorten alleen maar is toegenomen. Sterker nog, mondiaal gezien is in heel veel ecosystemen (vooral in gematigd klimaten) de afgelopen decennia het aantal soorten dat lokaal aanwezig is alleen maar

toegenomen. Er zit hier wel een addertje onder het gras: In veel gebieden gaat het om dezelfde planten- en diersoorten die nieuw in een gebied zijn binnengekomen of die zich hebben uitgebreid. De totale soortenrijkdom over de gehele wereld genomen is alleen maar afgenomen. Ook kan de komst van nieuwe soorten lokaal desastreus gevolgen hebben voor de soortensamenstelling, vooral op eilanden zoals Nieuw-Zeeland of Hawaï waar door de geïsoleerde ligging eeuwenlang geen andere planten- en diersoorten waren binnengekomen en die daardoor minder 'resistent' zijn.

Wat ik hier echter wil benadrukken is dat de effecten van de veranderingen in de biodiversiteit door de mens niet alleen en niet per definitie slecht zijn geweest.

Met de veranderingen in de soortensamenstelling en de biodiversiteit, en natuurlijk door de directe effecten van de veranderingen in de leefomgeving, verandert ook het functioneren van ecosystemen. Ook die veranderingen zijn niet overal negatief. Het functioneren van aquatische ecosystemen is de laatste jaren in sommige gebieden iets verbeterd, b.v. door veranderend landbouw- en natuurbeleid. Zo is er minder uitspoeling van nitraat naar ons grondwater. Die verbeteringen gaan echter langzaam en Nederland doet het in deze context niet zo goed.<sup>3</sup> Op andere plekken op aarde, denk aan China, neemt de kwaliteit van ecosysteem-functioneren echter alleen maar af en de vervuiling verder toe, zoals ik zelf afgelopen voorjaar tijdens een inspirerende reis met collega Jelte Rozema heb kunnen ervaren. Zo ontstaat dus een divers beeld van voor- en achteruitgang verdeeld over de wereld. Een wereld bovendien die op de ene plek harder verandert en in een andere richting dan op een andere locatie.

### De andere kant van de medaille: tweerichtingsverkeer

Dit basisidee van een veranderende wereld en het functioneren van die wereld is van groot belang en heeft belangrijke implicaties: de veranderingen die wij namelijk als mens bewust en onbewust aanbrengen in onze leefomgeving, hebben niet alleen direct invloed op de biodiversiteit in de breedste zin van het

woord, maar de ecosystemen zelf en de biodiversiteit reageren ook weer op deze veranderingen. Dit brengt soms onverwachte terugkoppelingen en consequenties teweeg. Kortom, er bestaat een tweerichtingsverkeer tussen biodiversiteit en de mens.



Bijvoorbeeld: door klimaatverandering groeien bepaalde plantensoorten harder waardoor er meer koolstofdioxide uit de lucht, een belangrijk groeikasgas, wordt vastgelegd. De eigenschappen van de plantenbladeren die passen bij dat veranderende klimaat veranderen daardoor ook weer en breken nadat de bladeren zijn afgestorven over het algemeen sneller af. Samen met Hans Cornelissen van de Vrije Universiteit heb ik onderzoek gedaan naar dit proces.<sup>4</sup> Ik kijk met veel plezier terug naar het onderzoek dat we samen in Abisko, in Noord-Zweden, hebben uitgevoerd en het veldwerk dat we samen hebben gedaan. Vanzelfsprekend heb ik daarbij hele goede herinneringen aan onze korte tocht met de helikopter om met onze strooiselzakjes de veldwerk-locatie te bereiken.

De snelheid van afbraak van strooisel, dus van dode bladeren, heeft ook grote invloed op de hoeveelheid voedingsstoffen die de planten het jaar daarop tot hun beschikking hebben en op de hoeveelheid koolstof die op de langere termijn in de bodem wordt vastgelegd door activiteit van o.a. bodembacteriën. Er is nog veel onbekend over de rol en strategieën van verschillende bodembacteriën, iets waar we beter grip op proberen te

krijgen in samenwerking met James Weedon en Ivan Janssens in Antwerpen. Met onder andere Yuki Fujita van KWR Watercycle Research werk ik aan het verbeteren van de computermodellen waarin de strategieën van bodembacteriën worden meegenomen om te beschrijven en voorspellen hoeveel koolstof er in de bodem wordt vastgelegd en hoeveel voedingsstoffen er door de afbraak van strooisel en ander dood plantenmateriaal vrijkomen.<sup>5</sup>

Afhankelijk van de reactie van de planten en bodembacteriën op klimaatverandering legt een ecosysteem dus meer of juist minder koolstof vast in een veranderend klimaat. Dat betekent ook dat een ecosysteem netto koolstofdioxide vastlegt of juist uitstoot, een effect dat lastig te voorspellen blijkt en bovendien erg lokaal bepaald lijkt te zijn. Het gevolg daarvan is weer dat klimaatverandering kan worden geremd door de reactie van de biodiversiteit of juist verder wordt versterkt. Dit is niet alleen een academische kwestie: van alle koolstofdioxide die we als mens extra in de atmosfeer brengen, wordt ongeveer de helft gevangen door planten op het land en de algen in de zee.

Zo zijn er vele manieren waarop ecosystemen en de biodiversiteit reageren op menselijk ingrijpen en vervolgens ook weer invloed hebben op de leefomgeving van de mens. Naast de eerdere genoemde voorbeelden, bepaalt de biodiversiteit de hoeveelheid en de diversiteit van natuurproducten zoals hout, paddenstoelen of honing. Honing en honingbijen zijn op dit moment erg in het nieuws omdat het slecht gaat met de bijenstand o.a. - zo wordt momenteel gedacht - door pesticiden in het milieu<sup>6</sup>, een onderwerp dat ook het CML (Institute for Environmental Sciences) nauw aan het hart gaat. Maar ook onze eigen natuurbeleving en recreatie worden bepaald door hoe het ecosysteem eruit ziet en door hoe wij, als recreant, de biodiversiteit ervaren.

### **De diensten van ecosystemen**

Om de diverse manieren waarop de natuur onze eigen leefomgeving beïnvloedt te kunnen benoemen, is zo'n twee decennia geleden de term 'ecosysteemdiensten' in het leven geroepen.

Ecosysteemdiensten drukken de baten van de natuur voor de mens uit. Toentertijd werd de term vooral gebruikt om te benadrukken dat de biodiversiteit niet alleen van belang was, en is, om ethische redenen maar dat er ook een direct belang voor de mens aan verbonden is. Tegenstanders van de term hebben er moeite mee dat er blijkbaar een belang voor de mens aan verbonden moet zijn voordat wij als mens een zaak zoals de biodiversiteit belangrijk gaan vinden.

Tegenstanders hebben er nog meer moeite mee dat bovendien de noodzaak werd gevoeld om ecosysteemdiensten te waarderen door het uit te drukken in harde euro's of dollars.<sup>7</sup> Ik kan me in dat laatste wel vinden, want het is ontzettend lastig zo niet onmogelijk om de diensten geleverd door een ecosysteem of de biodiversiteit, b.v. de bijdrage van een meer divers grasland aan de natuurbeleving, de vastlegging van koolstof of de bijdrage aan het halen van de nitraatrichtlijn in geld uit te drukken. Dat laatste veronderstelt n.l. dat alle ecosysteemdiensten te vermarkten zijn en dat zijn ze lang niet allemaal. Ook betekent dit idee dat de waardering van ecosysteemdiensten in geld meetbaar en uitwisselbaar is en dat de diensten geleverd door een ecosysteem ook gebruikt worden door degenen die daarvoor zouden betalen.

Deze laatste complicatie is wellicht oplosbaar. In een recent onderzoek door Hector Serna Chavez, hebben we namelijk samen met o.a. Willem Bouten van de Universiteit van Amsterdam en Peter Verburg van de Vrije Universiteit onderzocht in hoeverre het gebied waarin een bepaalde ecosysteemdienst wordt geproduceerd overlapt met het gebied waarin van deze dienst gebruik zou worden gemaakt. Er bleek voor een aantal diensten een behoorlijke mismatch tussen die twee aspecten te zitten. We hebben een benadering ontwikkeld waarmee het bestaan van zo'n mismatch gekwantificeerd kan worden en die ook elders toegepast kan worden.<sup>8</sup>

Ik vind het persoonlijk echter heel jammer dat de discussie zich spits op de waarderingskant van ecosysteemdiensten. Dit doet n.l. geen recht aan het feit dat ecosystemen werkelijk in meer of mindere mate ervoor zorgen dat onze kusten veiliger zijn of dat bossen koolstof vastleggen, dat mangroves sedi-

ment - in de rivieren door ontbossing - wordt ingevangen en mogelijke tsunami's worden gedempt of dat graslanden door een gesloten kringloop van voedingsstoffen ervoor zorgen dat er veel minder nitraat naar ons grondwater afstroomt. Dit zijn werkelijke diensten, zo u dat op die manier zou willen benoemen en van belang voor het voortbestaan van de aarde met voldoende kwaliteit van leven.

Het kwantificeren van ecosysteemdiensten vanuit een werkelijk begrip van het functioneren van en de processen in ecosystemen gebeurt naar mijn mening echter nog te weinig. Gelukkig komt daar de laatste tijd verandering in en komt er meer aandacht voor deze kwantitatieve kant van ecosysteemdiensten en de operationalisering van het concept. Eén van mijn AiO's, Johanna Schild, werkt aan het kwantificeren van ecosysteemdiensten zoals die gekoppeld zijn aan de hydrologie in een stroomgebied.

Een andere zeer interessante case voor de verdere ontwikkeling van een kwantitatief ecosysteemdiensten concept, is de zogenaamde Zandmotor. Dit is een kunstmatige kustuitbreiding voor de kust van Kijkduin die via natuurlijke stromingen voor de komende jaren zand levert voor de kustversterking ten noorden van de Zandmotor. Dit gebeurt op een veel natuurlijker manier dan vele andere kustmaatregelen. In een groot project, gecoördineerd door de TU Delft onder leiding van Marcel Stive en door Ecoshape door Jaap van Thiel de Vries en Stefan Aarninkhof worden diverse processen van de zandmotor gemonitord. Dit gaat van metingen aan de zeestromingen via effecten op de ecologie naar beleidsimplementaties. Dankzij inspanningen van Emily van Egmond, die tevens wordt begeleid door Matty Berg en Rien Aerts van de Vrije Universiteit, worden momenteel de effecten van de Zandmotor op het dierenleven op het strand in kaart gebracht. En zo zijn er nog diverse andere deelprojecten. Al met al wordt op deze wijze geprobeerd de eventuele meerwaarde van een Zandmotor t.o.v. andere zandsuppletie-maatregelen voor de diverse functies en diensten van de kust te kwantificeren.

Ook hier passen we het ecosysteemdiensten-concept toe. De diverse functies van de kust vertalen zich n.l. naar ecosys-



teemdiensten, zoals zwemveiligheid, strandrecreatie, kustbescherming, maar ook visserij, eco-toerisme en koolstofvastlegging. Doordat er op de Zandmotor zoveel wordt gemeten, is het een ideale case om ecosystemendiensten werkelijk te kwantificeren. Hier doen we middels een postdoc-project, dat eerst werd uitgevoerd door Timothy Price en tegenwoordig door Alexander van Oudhoven, onderzoek aan. Naast de kwantificering zelf, is het bepalen van de tijdsperiode waarover de dienst wordt geleverd een belangrijke uitdaging in dit project: De Zandmotor is ontworpen om komende jaren te verdwijnen, maar de ene dienst zal sneller verdwijnen dan de andere en de vraag is hoe daar wetenschappelijk en maatschappelijk gezien mee om moet worden gegaan.



(bron: beeldbank.rws.nl)

Een andere belangrijke uitdaging is het bepalen van de trade-offs tussen ecosystemendiensten. Zo'n trade-off impliceert dat je niet alle diensten tegelijkertijd kunt maximaliseren. Zo kun je niet tegelijkertijd een kust hebben met mooie golven die ideaal zijn voor kite surfers en die een maximale zwemveiligheid heeft. Het optreden van trade-offs is inherent aan en cruciaal voor het functioneren van ecosystemen in het algemeen, iets waar ik zo dadelijk nog op terug kom. Het bestaan van trade-offs geeft aan dat er keuzes gemaakt moeten worden in de diensten die we als mens belangrijk achten en dat deze

keuzes anders kunnen uitvallen, afhankelijk van de maatschappelijke situatie en het ecosysteem. In alle gevallen, echter, zullen die diensten ondersteund moeten worden door een goed functionerend ecosysteem en dat is exact waarin het tweerichtingsverkeer tussen mens en biodiversiteit tot uiting komt.

### Het streven naar “unifying concepts” in biodiversiteitsonderzoek

Om deze redenen is het van cruciaal belang om de invloed van menselijk ingrijpen en het functioneren van ecosystemen in onderlinge samenhang te zien. Alleen door deze onderlinge samenhang te analyseren en te kwantificeren, en dat laatste vind ik persoonlijk erg belangrijk, kunnen we belangrijke maatschappelijke en wetenschappelijke vraagstukken van dit onderwerp oplossen. Het gaat dan om vragen als: Hoe hard verandert de biodiversiteit op aarde door menselijk ingrijpen? Is het erg voor het functioneren van ecosystemen dat de biodiversiteit verandert? En, kunnen we voorspellen hoe de biodiversiteit en het functioneren van ecosystemen, of zo u wilt, de geleverde ecosystemendiensten zullen veranderen in de nabije toekomst?

Het handen en voeten geven aan dergelijke voorspellingen valt niet mee en vraagt om werken vanuit algemeen geldende principes: principes die geldig zijn (vrijwel) overal op aarde en bovendien ook in grote mate van waarschijnlijkheid geldig blijven in de toekomst. Gelukkig is er in de ecologie en de milieuwetenschappen in toenemende mate aandacht voor het ontwikkelen van generieke benaderingen en het kwantificeren van algemeen geldende principes. Persoonlijk ben ik ook van mening dat dit noodzakelijk is om de belangrijke vragen van de toekomst te kunnen beantwoorden. Ik zie het bovendien als een belangrijke persoonlijke missie om een bijdrage te leveren in de ontwikkeling van wat in goed Nederlands “unifying concepts” van de natuur genoemd zou kunnen worden.

Dit is ook een zeer interessante uitdaging, want anders dan bijvoorbeeld in de fysica waar een dergelijke zoektocht al decennia lang centraal staat, is in de ecologie en de milieuwetenschappen vanzelfsprekend ook heel veel aandacht voor juist

de verschillen tussen organismen en de vele manieren waarin diversiteit tot uiting komt. Het samenbrengen en recht doen aan beide aspecten is daarom cruciaal.

### **De voorspellende waarde van eigenschappen van organismen**

Een mogelijke manier een generieke kwantitatieve benadering te verwezenlijken is door aandacht te geven aan de eigenschappen van organismen, ofwel in het Engels, de *traits* van organismen. Het is schier onmogelijk om voor elk van de afzonderlijke 300.000 plantensoorten die op aarde bestaan of laat staan voor de miljoenen diersoorten voorspellingen te doen over hoe zij reageren op en ook weer invloed hebben op de mens. Echter, elk organisme heeft een set van eigenschappen via welke de reactie en de invloed, oftewel via welke het tweerichtingsverkeer, tot uiting komt. Zo heeft vrijwel elke plantensoort wortels om voedingsstoffen en water op te nemen, een stengel voor steun, transport en opslag en bladeren om koolstof vast te leggen. Wanneer we nu begrijpen en kunnen voorspellen (!) onder welke omstandigheden een bepaalde set van eigenschappen wordt bevoordeeld of geselecteerd en welke invloed dat vervolgens heeft op het functioneren van het ecosysteem waar ze deel van uitmaken, dan hebben we een instrument in handen dat potentieel heeft voor generieke voorspellingskracht.

Dit is exact waar ik afgelopen tien jaar aan heb gewerkt, samen met een heel aantal andere wetenschappers uit binnen- en buitenland. Tien jaar geleden heb ik samen met Flip Witte van KWR Watercycle Research en Rien Aerts van de Vrije Universiteit een programma geïnitieerd om voor de natuur in Nederland voorspellingen te doen over de toekomst op basis van planteneigenschappen. Binnen dat programma hebben we een model ontwikkeld, dat in het begin de bescheiden werktitel MODAK - het MOdel Dat Alles Kan - had meegekregen. In dat model beschreven we de selectie van planteneigenschappen door een set van milieufactoren. Dit idee voert terug op het feit dat ik eerder heb behandeld, n.l. dat de natuur reageert op de stress die door mens en milieu wordt opgelegd. Hiervoor leidden we, op basis van nationale databases, de relaties af tussen bodemvruchtbaarheid (door Jenny Ordenez, toentertijd AiO

en nu werkzaam bij CATIE in Costa Rica) en de hydrologie (door Ruud Bartholomeus, ook toentertijd AiO en tegenwoordig werkzaam bij KWR Watercycle Research) enerzijds en een aantal planteneigenschappen anderzijds. We kozen hierbij voor planteneigenschappen waarvan bekend was, op basis van ecologische en plantenfysiologische theorie en waarnemingen, dat zij interacteerden met de geselecteerde milieucondities.

Met behulp van de empirische relaties die we op die manier verkregen, konden we voorspellen welke planteneigenschappen op verschillende locaties worden geselecteerd.<sup>9</sup> Deze sets van planteneigenschappen geven direct informatie over de wijze waarop het betreffende ecosysteem functioneert en dus welke ecosystemendiensten er worden geleverd. Teruggrijpend op een eerder voorbeeld: Planten die groeien in gebieden met een hoge bodemvruchtbaarheid hebben bladeren met veel voedingsstoffen. Bladeren met deze eigenschappen breken snel af. Op eenzelfde manier zal in een gebied waarin planten hoog worden (bossen!) een groot deel van de biomassa in stammen en twijgen zitten, want die grote hoogte moet worden ondersteund. De stammen van bomen die sterk zijn, blijken slechter af te breken dan die van bomen met een lichtere, zwakkere stam, die op hun beurt weer sneller groeien maar veelal minder oud worden.

Dit laatste voorbeeld geeft ook weer dat aan het hebben van een bepaalde set van eigenschappen een evolutionaire en ecologische strategie verbonden is. Boomsoorten zullen, omdat ze investeren in een houtige stam, een langere levensduur moeten hebben omdat anders de investering niet wordt terugverdiend. Dat betekent veelal ook dat om zo'n lange levensduur te kunnen halen, als trade-off, bomen conservatief met voedingsstoffen en water moeten omgaan. Ook van deze strategieën maken we gebruik in onze modelbenadering. Verschillende plantensoorten en verschillende vegetatietypen representeren andere strategieën. We hebben deze strategieën in termen van planteneigenschappen beschreven middels het werk van Bob Douma, één van onze andere AiO's. Zo kunnen we de kans op voorkomen van een bepaald vegetatietype voorspellen, gegeven een set aan (voorspelde) planteneigenschappen.<sup>10</sup>

Afgelopen jaren hebben we deze benadering steeds verder ontwikkeld en verfijnd. Zo werkt Yasmijn van der Knaap aan het beter begrijpen van de relatie tussen waterbeschikbaarheid en planteneigenschappen. Een beter begrip van die relatie is noodzakelijk voor het begrijpen van de natuur in een land als Nederland, waar het grondwater altijd dichtbij de wortelzone en het oppervlak is. Kleine verschillen in grondwaterstand hebben daardoor een grote invloed op de plant. Bovendien biedt een beter begrip van de relatie tussen water en natuur een handvat om de effecten van menselijk ingrijpen op de waterhuishouding te evalueren en te optimaliseren. Daarmee hebben we de fundamenten van een benadering om ecosystemendiensten en biodiversiteit te optimaliseren geschapen; een benadering die in de toekomst zeker verder ontwikkeld en toegepast zal worden.

Ook hebben we de benadering geschikt gemaakt voor toepassingen in een mondiale setting. In een recent onderzoek heb ik laten zien hoe ook op mondiale schaal vlakdekkende voorspellingen van planteneigenschappen kunnen worden gemaakt en hoe deze voorspellingen zich doorvertalen naar voorspellingen van de verspreiding van vegetatietypen over de wereld.<sup>11</sup> Daarnaast hebben we de relaties tussen milieufactoren en planteneigenschappen ingebouwd in de computermodellen die gebruikt worden door het International Panel for Climate Change om te voorspellen hoe ons klimaat de komende 50 jaar zal veranderen en wat de invloed van beleidsmaatregelen daarop is. Dit werk is uitgevoerd door Lieneke Verheijen in nauwe samenwerking met het Max Planck Instituut voor de meteorologie in Hamburg waarbinnen Victor Brovkin en Christian Reick sleutelrollen hebben vervuld. Door toe te laten dat de eigenschappen van vegetatie anders zijn op verschillende plekken op aarde<sup>12</sup> wordt beter recht gedaan aan de diversiteit die het plantenrijk voor ons in petto heeft. Bovendien kunnen we zo kunnen bewijzen dat deze biodiversiteit er ook toe doet voor het functioneren van de ecosystemen over de gehele wereld en voor de ecosystemendiensten geleverd door de natuur. Dit heeft grote consequenties voor het maatschappelijke debat over het belang van de biodiversiteit.

Het belang van een meer diverse representatie van vegetatie in de klimaatmodellen wordt ondertussen ook opgepikt door de ontwikkelaars van een aantal andere vooraanstaande klimaatmodellen. Zo kunnen mondiale modellen ontwikkeld worden waarin de biodiversiteit de leidende rol speelt die het toekomt.

Deze ontwikkelingen zijn alleen mogelijk geweest dankzij de grote inspanningen die de internationale gemeenschap heeft gedaan om de beschikbare data op het gebied van klimaat, milieuv variabelen en planteneigenschappen bij elkaar te brengen. Ian Wright van Macquarie university in Sydney en Peter Reich uit Minnesota kunnen wellicht als grondleggers voor deze beweging genoemd worden. Het Max Planck Instituut voor de biogeochemie in Jena heeft de belangrijkste mondiale database van planteneigenschappen in beheer en werkt daarin tegenwoordig nauw samen met het iDIV centrum geleid door Christian Wirth en Helge Bruelheide. Dankzij intensieve samenwerking binnen deze internationale gemeenschap, heb ik de slag naar de conceptuele en modelmatige aanpak kunnen maken die ik hier heb gepresenteerd. Ik weet zeker dat dit ook voor de toekomst een vruchtbare bodem voor nieuwe ontwikkelingen legt.

### **Begrip van het tweerichtingsverkeer op basis van ‘first principles’: een onderzoeksagenda**

Hiermee hebben we de fundamenten voor een benadering voor de kwantificering van het tweerichtingsverkeer tussen menselijke ingrijpen, biodiversiteit en ecosystemendiensten gelegd, maar dan zijn we er nog niet. Want, natuurlijk valt er het een en ander af te dingen op de ontwikkelde benadering. In het laatste deel van deze oratie, wil ik een onderzoeksagenda presenteren om nog meer vanuit ‘first principles’ dit tweerichtingsverkeer te begrijpen en te voorspellen.

Een fundamentele uitdaging is het bewijs leveren dat de planteneigenschappen die gekozen zijn, en die de meeste wetenschappers gebruiken, ook werkelijk de planteneigenschappen zijn die ertoe doen. Een belangrijke tegenwerping is dat vooral

de eigenschappen worden gebruikt die makkelijk te meten zijn. Natuurlijk is dit gedeeltelijk waar en is vooral het aantal data voor de ondergrondse eigenschappen erg beperkt. Tegelijkertijd is dit ook een heilloze weg, want er zullen altijd eigenschappen te bedenken zijn die niet goed bekend zijn. Daarom sta ik een benadering met een omgekeerde bewijslast voor: Komende jaren zal ik werken aan een model om een virtuele plant te bouwen op basis van planteneigenschappen. In zo'n model worden de kosten - in de vorm van koolstof of energie - voor het hebben van bepaalde eigenschappen afgewogen tegen de baten die het hebben van die eigenschappen heeft, gegeven de milieucondities.

Behalve met het berekenen van welke planteneigenschappen er werkelijk toedoen voor het functioneren van een plant, kan met een dergelijk model ook een andere fundamentele onzekerheid onderzocht worden: Is de relatie tussen milieufactoren, zoals bodemvruchtbaarheid, en een set van planteneigenschappen een werkelijke op mechanismen gebaseerde relatie of enkel een correlatie veroorzaakt doordat een derde factor mee varieert? Die soort correlatieve verbanden door derde factoren is een hot topic in de ecologie en is onlangs het lulu-effect gedoopt.<sup>13</sup> Een inzicht in werkelijke proces-gebaseerde relaties is van groot belang om op een correcte manier te voorspellen hoe planteneigenschappen en daarmee ecosystemen werken en hoe ecosysteemdiensten zullen veranderen in een toekomstig klimaat en samenleving. In de toekomst is het namelijk waarschijnlijk dat niet alle milieucondities op dezelfde manier en in dezelfde richting zullen variëren zoals dat in het huidige klimaat deels wel gebeurt. Een relatie gebaseerd op een toevalig correlerende milieuconditie zal daardoor een verkeerde voorspelling opleveren.

Die toekomstige veranderingen in planteneigenschappen binnen een ecosysteem kunnen worden gerealiseerd door een drietal mechanismen. Ten eerste kan een soort de flexibiliteit hebben om zich aan te passen aan de veranderende omstandigheden. Ten tweede kan een soort zich door evolutie zodanig aanpassen dat het beter geschikt is in een toekomstig klimaat. Ten derde kan de soortensamenstelling in een ecosysteem

veranderen. Met andere soorten komen dan ook weer andere eigenschappen in het ecosysteem. Op basis van waarnemingen kunnen deze drie mechanismen niet uit elkaar worden gehouden en komen ze alle drie, waarschijnlijk, tegelijkertijd voor. Het ligt echter in de lijn der verwachtingen dat de mate waarin deze mechanismen een rol speelt zal variëren tussen ecosystemen. Bovendien zal de snelheid van verandering voor elk van deze mechanismen zeer waarschijnlijk verschillend zijn. Daarom is het belangrijk een beter kwantitatief inzicht in elk van deze drie mechanismen te krijgen om zo betere voorspellingen te doen over het tweerichtingsverkeer van de toekomst.

Het is bekend dat soorten heel variabel kunnen zijn in hun eigenschappen. Zo kunnen diersoorten delen van hun machinerie aan of uit zetten afhankelijk van de omstandigheden. Ook kan eenzelfde plantensoort klein of groot zijn en met veel of weinig bladgroen, afhankelijk van de groeiomstandigheden. Zelf heb ik onderzoek gedaan naar de variatie in planteneigenschappen van plantensoorten die groeien in wetlands, zoals moerassen.<sup>14</sup> In feite is dit mijn formele start geweest als ecoloog 15 jaar geleden in de groep van Rien Aerts bij de Vrije Universiteit Amsterdam. Toen onderzocht ik in welke mate plantensoorten kunnen reageren op veranderende hydrologische omstandigheden die waren ingesteld om tot natuurherstel van natte duinvalleien te komen. We ondervonden toen hoe belangrijk dit reactievermogen is om concurrerend te kunnen zijn ten opzichte van andere plantensoorten die in de nabijheid groeien. Na dit onderzoek in de natte duinvalleien heeft Rien Aerts mij altijd gestimuleerd om eigen onderzoekslijnen verder te ontwikkelen en dat heeft er onder andere toe geleid dat ik hier nu sta, iets waar ik hem dankbaar voor ben.

Ook nu werk ik nog regelmatig met plantensoorten uit wetlands, o.a. via het werk van Qiaoli Ayi die onderzoekt welke aanpassingen aan en uit gezet kunnen worden, om te overleven in een ecosysteem waar het waterniveau gedurende het jaar 30 meter in diepte varieert. Eén van de belangrijkste ontdekkingen die we in dit en ander recent onderzoek hebben gedaan is dat de mate van aanpassingsvermogen erg verschilt tussen verschillende plantensoorten en dat bovendien de heersende

hypotheses op dit onderwerp geen van allen valide blijken te zijn. Dit betekent dat een beter begrip over de ecologische en evolutionaire strategische beslissingen -die leiden tot die variatie in aanpassingsvermogen- moet worden verkregen, een onderwerp waar ik komende jaren aan hoop te werken.



(bron: Kim Taylor/naturepl.com)

Het tweede mechanisme heeft betrekking op genetische veranderingen in soorten: hoe snel kan een soort veranderen door natuurlijke selectie. Zulke genetische veranderingen kunnen nog wel eens sneller gaan dan veelal gedacht. Een ondertussen klassiek voorbeeld is dat van een witte nachtvlinder in Engeland dat opeens niet meer zo goed gecamoufleerd was door alle industrievervuiling en de roetdeeltjes die daarmee samenhangen. Binnen enkele decennia ontwikkelde zich, vanuit het witte nachtvlinder, een nieuwe soort die zwart was en daarmee wel goed gecamoufleerd. Zo zijn er vele voorbeelden van snelle evolutie van soorten. Of soorten gemiddeld snel genoeg evolueren om aangepast te zijn in de toekomst is echter nog de vraag. Wel is duidelijk dat er grote verschillen zijn tussen soorten in de snelheid waarin zij zich genetisch aanpassen. Dat heeft niet alleen te maken met de levensduur van een soort: U kunt zich voorstellen dat langlevende soorten (zoals veel boomsoorten) veel langzamer evolueren dan eenjarige

kruidachtigen. Echter, ook tussen soorten met een vergelijkbare levensduur zitten grote verschillen in aanpassingsvermogen. Genetisch onderzoek gekoppeld aan onderzoek naar eigenschappen en milieucondities kan hier verder antwoord op geven. Met Nate Swenson van Maryland University ontwikkel ik hiervoor een onderzoeksprogramma.

Doordat sommige soorten zich te langzaam zullen aanpassen, ligt het voor de hand dat soorten in snel veranderende omstandigheden lokaal zullen uitsterven. In dat geval is het derde mechanisme het enige mechanisme dat overblijft: De ene soort verdwijnt lokaal en de ander komt erin. Dit mechanisme gebeurt altijd en overal en is onderdeel van de natuurlijke successie van ecosystemen. In dit antropoceen zouden deze veranderingen in soortensamenstelling wellicht sneller kunnen gaan en misschien ook nog wel in onverwachte richtingen. Als door klimaatverandering een samenstel van condities ontstaat dat nu nergens op aarde op die manier voorkomt, kan dat ertoe leiden dat er vegetatietypen ontstaan, en misschien zelfs wel hele biomen ontstaan, die nu nergens voorkomen. Het overdenken van de consequenties van dit soort verschuivingen voor de modellering van ecosystemen en ecosystemendiensten staat nog in de kinderschoenen, maar kunnen heel belangrijk zijn.

Een heel andere uitdaging is het werkelijk integreren van menselijke invloeden in voorspellingen van biodiversiteit en ecosystemendiensten op basis van een fundamenteel begrip van het systeem. De huidige mondiale modellen die ecosystemefunctioneren voorspellen nemen enkel bodem- en klimaatfactoren in rekening en laten de mens feitelijk buiten staan. Er wordt ofwel vanuit gegaan dat er overal natuur is of het landgebruik wordt voorgeschreven. Van een werkelijke interactie tussen menselijk ingrijpen en ecosystemendiensten is daarom geen sprake. Op lokale schaal, met Martha Bakker van Wageningen Universiteit en Yasmijn van der Knaap, hebben we onlangs een eerste studie gedaan waarin de effecten van klimaatverandering op landgebruikskeuzes werden doorberekend en vervolgens de effecten van zowel veranderingen in klimaat als in landgebruik, en de

interactie daartussen, op ecosystemendiensten werden bepaald. Deze studie liet zien dat op deze lokale schaal het effect van verandering in landgebruik veel belangrijker was dan dat van klimaat. In hoeverre dat ook geldt voor mondiale patronen laat zich op dit moment alleen nog maar raden.

Ik voorzie dat satellietbeelden erg belangrijk gaan worden om die interacties tussen landgebruik, biodiversiteit en ecosystemendiensten beter te meten en te begrijpen. Nu is al - dankzij satellieten - werelddekkend voor elke vierkante kilometer, en soms zelfs op nog hogere resolutie, informatie beschikbaar over het landgebruik. Ook wordt uit satellietbeelden informatie gewonnen over de bedekking door vegetatie en over hoeveel koolstof ze vastleggen. Zeker uit de nieuwste generatie satellieten die de komende paar jaar worden gelanceerd is echter meer informatie haalbaar. We denken dat we een aantal eigenschappen van planten kunnen afleiden en ook schattingen van de biodiversiteit. Samen met Phil Lewis en Jose Gomez Dans van het University College in Londen en in de nabije toekomst hopelijk ook met het ITC Twente werken we aan manieren om, op basis van fysische basisprincipes, dit soort informatie uit satellietbeelden te halen. Als dat lukt, dan hebben we unieke informatie over de actuele verdeling van biodiversiteit en ecosystemendiensten over de gehele wereld en ook, en wellicht is dat nog wel belangrijker, over de veranderingen daarin door de tijd heen. Aan de hand daarvan verwachten we het tweerichtingsverkeer tussen menselijk ingrijpen, en dan vooral via landgebruik, en de natuur beter in de vingers te kunnen krijgen.

Naast de niet-vaststaande invloeden van landgebruik, is het feitelijk ook onbekend wat de relatieve rol is van andere menselijke invloeden, zoals pesticidengebruik en vervuiling, op de biodiversiteit en ecosystemendiensten ten opzichte van de rol van bodem- en klimaatfactoren. Bij het CML is veel kennis over vervuilingen en pesticidengebruik en de impacts daarvan op planten en vooral dieren. We ontwikkelen tools om verschuivingen in het voorkomen van verschillende diersoorten snel te kunnen screenen, zodat ook op grotere schaalniveaus uitspraken over verschuivingen in soortensamenstellingen mo-

gelijk worden. Ook is onlangs begonnen met onderzoek naar welke eigenschappen worden geselecteerd door bijvoorbeeld pesticidengebruik. Door deze kennis van het CML te koppelen aan een aantal van de eerder genoemde principes, kan de afdeling Conservation Biology van het CML een belangrijke integratiestap maken. Deze integratie verbetert niet alleen ons fundamentele inzicht over de functionele relatie tussen mens, natuur en de diensten die ons mensen door de natuur geleverd worden, maar helpt ook om voorspellingen te doen over de veranderingen daarin.

Ik hoop van ganser harte dat het vergroten van die inzichten en het uitdragen van die inzichten bijdraagt aan een verantwoord gebruik van de aarde door de mens en tot het begrip bij het grote publiek dat bescherming van de biodiversiteit een fundamenteel behoefte is om ook voor de mens een goede leefomgeving te behouden.

#### **Dankwoord**

Voordat ik deze rede afsluit wil ik graag een ieder die ik in mijn rede heb genoemd, hartelijk bedanken voor de vruchtbare samenwerking en ik kijk uit naar een voortzetting van die samenwerking. Ook wil ik het College van Bestuur en het bestuur van de faculteit en alle anderen bedanken die aan de totstandkoming van mijn benoeming tot hoogleraar bij het CML hebben bijgedragen.

Tenslotte wil ik mijn familie, vrienden en vooral mijn gezin Barbara, Chris en Stella bedanken voor de steun en de fijne tijd die we met elkaar hebben. Moge ook dat tweerichtingsverkeer maar lang zo blijven.

*Ik heb gezegd.*

## Noten

- 1 Newbold et al. 2015 Nature 520: 45-50 “Global effects of land use on local terrestrial biodiversity”.
- 2 Ellis et al. 2012 Plos One 7: e30535 “All is not loss: plant biodiversity in the anthropocene”.
- 3 Gilbert 2015 Nature doi:10.1038/nature.2015.17021 “Europe sounds alarm over freshwater pollution”.
- 4 Cornelissen et al. 2007 Ecology Letters 7: 619-627 “Global negative vegetation feedback to climate warming responses of leaf litter decomposition rates in cold biomes”.
- 5 Fujita et al. 2014 Global Biogeochemical Cycles 28: 223-238 “Incorporating microbial ecology concepts into global soil mineralization models to improve predictions of carbon and nitrogen fluxes”.
- 6 Rundlöf et al. 2015 Nature *in press* “Seed coating with a neonicotinoid insecticide negatively affects wild bees”.
- 7 Costanza et al. 1997 Nature 387: 253-260 “The value of the world’s ecosystems services and natural capital”.
- 8 Serna-Chavez et al. 2014 Ecological Indicators 39: 24-33 “A quantitative framework for assessing spatial flows of ecosystem services”.
- 9 Ordoñez et al. 2009 Global Ecology and Biogeography 18: 137-149 “A global study of relationships between leaf traits, climate and soil measures of nutrient fertility”.
- 10 Douma et al. 2012 Ecography 35: 294-305 “Towards a functional basis for predicting vegetation patterns; incorporating plant traits in habitat distribution models”.
- 11 van Bodegom et al. 2014 Proceedings of the National Academy of Sciences 111: 13733-13738 “A fully traits-based approach to modeling global vegetation distribution”.
- 12 Verheijen et al. 2013 Biogeosciences 10:5497-5515 “Impacts of trait variation through observed trait-climate relationships on performance of an earth system model: a conceptual analysis”.
- 13 Lloyd et al. 2013 New Phytologist 199: 311-321 “Photosynthetically relevant foliar traits correlating better on a mass vs an area basis: of ecophysiological relevance or just a case of mathematical imperatives and statistical quicksand?”.
- 14 Van Bodegom et al. 2005 Plant and Soil 271: 351-364 “Radial oxygen loss, a plastic property of dune slack plant species”.









## PROF.DR.IR. PETER M. VAN BODEGOM



- 2015-heden Hoogleraar Environmental Biology, hoofd van de afdeling Conservation Biology CML, Universiteit Leiden
- 2011-2014 Universitair hoofddocent, afdeling Systeemecologie, Vrije Universiteit Amsterdam
- 2003-2011 Universitair docent, afdeling Systeemecologie, Vrije Universiteit Amsterdam
- 2004-2007 Coördinator van de MSc Ecology van de Vrije Universiteit Amsterdam
- 2000-2003 Postdoc en tenure track positie bij de afdeling Systeemecologie, Vrije Universiteit Amsterdam
- 1996-2000 Promotie Wageningen Universiteit; *Methane emissions from rice paddies; experiments and modelling* (cum laude)
- 1990-1996 Studie bodem, water en atmosfeer, Wageningen Universiteit (incl. cum laude propaedeuse)

Peter van Bodegom is al van jongs af aan uitermate geïnteresseerd in de natuur en in patronen in de natuur. Hoewel hij actief lid was bij de Nederlandse Jeugdbond voor Natuurstudie, koos hij er voor niet biologie maar juist bodemkunde te studeren, waarin hij beter zijn scheikundige en wiskundige interesses kwijt kon, om vandaaruit natuurlijke processen te bestuderen.

Nog steeds wordt hij gedreven door de zoektocht naar generieke verbindende principes in de natuur door waarnemingen te koppelen aan wiskundige formuleringen om natuurlijke processen te begrijpen en te voorspellen. Hij kijkt daarbij graag over de grenzen van zijn vakgebied heen en werkt samen met remote sensing experts, geografen, klimaatmodellereurs, landschapswetenschappers en microbiologen.

Hij streeft ernaar dat de inzichten uiteindelijk gebruikt worden om de natuur en de biodiversiteit op aarde te beschermen, nu maar ook in een toekomstig klimaat en onder continu ingrijpen door de mens.



Universiteit  
Leiden