

# Toekomstbeeld broeikasgasbalans van het Nederlandse landschap

Meetmethoden  
Verificatie  
Landgebruik  
Broeikasgasbalans

De mondiale emissies van CO<sub>2</sub> zijn de afgelopen jaren substantieel gestegen (zie bijvoorbeeld Manning *et al.*, 2010). Een afbuiging van deze trend lijkt noodzakelijk, wil de concentratie in de atmosfeer niet te hoog oplopen. De internationale gemeenschap probeert die te realiseren door stevige reductiedoelstellingen vast te stellen voor de komende tien tot dertig jaar. De inspanningen zijn gericht op terugdringing van emissies, compensatie van de uitstoot door afvang en opslag van CO<sub>2</sub> en de omschakeling naar een duurzame energievoorziening.

Duurzaamheid staat om meerdere redenen hoog op de politieke agenda. In veel gevallen heeft dit te maken met duurzaam gebruik van eindige grondstoffen zoals olie en fosfaat. In andere gevallen heeft dit te maken met klimaat en wordt een transitie naar een CO<sub>2</sub>-neutrale maatschappij geopperd. Een mogelijkheid om zo'n maatschappij te implementeren is het invoeren van klimaatdiensten. Hiertoe is een EU handelssysteem (ETS) opgezet. Landgebruik en landbouw vallen hier echter (nog) niet onder. Dit sluit echter niet uit, dat indien een terreinbeheerder of landeigenaar wil meewerken aan vermindering van emissies, de activiteit voor het vastleggen dan wel verminderen van de broeikasgasemissies betaald zou kunnen worden in de vorm van een klimaatdienst. De bijdrage die het landgebruik kan leveren aan terugdringing van de broeikasgassen is niet onomstreden vanwege de relatief hoge onzekerheid in de meting van de emissies en vanwege het risico. Emissievermindering door landgebruik is in principe omkeerbaar.

Al deze aspecten van het omgaan met de broeikasgasproblematiek vragen om een adequaat monitoringsysteem en een betrouwbare (onafhankelijke) verificatiemethode. Een dergelijk systeem moet op kosteneffectieve wijze en met voldoende nauwkeurigheid in staat zijn op het juiste schaalniveau vast te stellen wat de emissies van specifieke bronnen en de veranderingen daarin zijn en wie die verandering veroorzaakt. Voor evaluatie van het broeikasgasbeleid moet informatie beschikbaar zijn over het verloop van emissies in de tijd op een schaalniveau dat voor het beleid relevant is. Meestal is dit het landelijk niveau.

Voor het ontwerp van effectief beleid is echter ook informatie nodig op een lager schaalniveau. Enerzijds moeten de belangrijkste bronnen en putten geïdentificeerd kunnen worden, anderzijds moet inzichtelijk gemaakt kunnen worden aan welke 'knoppen' gedraaid kan worden om emissiereductie te bewerkstelligen. In het kader van compensatie- en handelssystemen voor broeikasgassen is gedetailleerde kwantitatieve informatie nodig over de belangrijkste bronnen van emissies.

Voor emissies uit het Nederlandse landschap, gerelateerd aan verschillende vormen van landgebruik, is dit soort informatie nog maar beperkt voorhanden.

## Klimaat voor ruimte

In het Nederlandse onderzoeksprogramma Klimaat voor Ruimte (KvR) is geprobeerd een basis te leggen voor betrouwbare monitoring en verificatie van broeikasgasemissies op de hierboven genoemde schaalniveaus. Er is vooral gekeken naar broeikasgassen van landgebonden systemen, al dan niet gestuurd door veranderingen in landgebruik. Het belangrijkste doel van het onderzoeksprogramma was het terugdringen van de onzekerheden in de emissiedata en het ontwerpen van maatregelen om de emissies via veranderingen in landgebruik te reduceren. Hensen *et al.* (dit nummer) laten zien waar we op het moment staan bij het daadwerkelijk invoeren van meetsystemen die kunnen monitoren en verifiëren. De nieuwe meetmethodieken op basis van micrometeorologische technieken die zij beschrijven, laten voor traditioneel lastig meetbare emissies van CH<sub>4</sub> en N<sub>2</sub>O een grote voor-

EDDY MOORS,  
RONALD HUTJES,  
HAN DOLMAN, JAN  
VERMAAT, PETER  
KUIKMAN & JERRY  
VAN DIJK

Ir. E.J. Moors Wageningen UR  
Alterra, Aardsysteemkunde –  
Klimaatverandering, Postbus  
47, 6700 AA Wageningen  
Eddy.Moors@wur.nl

Dr. R.W.A. Hutjes Wageningen  
UR Alterra, Aardsysteemkunde  
– Klimaatverandering

Prof. Dr. A.J. Dolman  
Afdeling Aardwetenschappen,  
Faculteit voor Aard- en  
Levenswetenschappen, Vrije  
Universiteit Amsterdam

Prof. Dr. Ir J.E. Vermaat  
Sectie Aardwetenschappen en  
Economie, Faculteit voor Aard-  
en Levenswetenschappen, Vrije  
Universiteit Amsterdam

Dr. P.J. Kuikman Wageningen  
UR Alterra, Centrum Bodem

Dr. J. van Dijk Redactie  
Landschap, Werkgemeenschap  
Landschapsonderzoek (WLO)

Foto Bert Kers Meetstation  
Lutjewad

**Figuur 1** De *dual constraint* methode waarmee op basis van metingen op verschillende schalen en in combinatie met op- en neerschalingstechnieken de emissie van een gebied van twee kanten kan worden ingesloten (gebaseerd op figuur 1 in Hensen et al., dit nummer).

**Figure 1** Through measurements on various scales in combination with down scaling techniques, the dual constraint method works from two sides towards an estimate of landscape emissions (based on figure 1 in Hensen et al., this issue).

uitgang in de nauwkeurigheid van de metingen zien. Het grootste bezwaar van het gebruik van deze methodieken zijn de (nog) relatief hoge kosten. Nieuwe ontwikkelingen in de technologie kunnen in de toekomst de benodigde lasers dermate goedkoop maken dat deze nieuwe meetmethodieken op grotere schaal kunnen worden ingezet. Andere technieken waarvan ook verwacht mag worden dat zij in de wat verdere toekomst zullen bijdragen aan de schattingen van emissies op landschapschaal zijn gebaseerd op *remote sensing* (bijvoorbeeld Payan et al., 2009; Hoekman et al., geaccepteerd). Aan de hand van twee voorbeelden hebben Kroon et al. (dit nummer) laten zien, dat de omvang van de broeikasgasemissies kan veranderen door gestuurde dan wel autonome ontwikkelingen in ons landgebruik en de gebiedsinrichting. In bossen is de keuze van de boomsoort en beheervorm bepalend, terwijl in het veenweidegebied dat vooral het beheer van het grondwaterpeil is. Hoe groot het effect is, is afhankelijk van de precieze locatie-omstandigheden waar deze landgebruikveran-

deringen plaatsvinden (Schulp et al., dit nummer. Maar uiteindelijk zijn het sociaaleconomische ontwikkelingen en de mate van sturing op milieudoelen die gebiedsontwikkeling sturen en de daarmee samenhangende broeikasgasemissies bepalen, zoals blijkt uit specifiek voor het veenweidegebied ontwikkelde scenario's (Kroon et al., dit nummer).

## Toekomstverwachtingen

Of het beleid op het gebied van broeikasgassen de gewenste reductie van de atmosferische concentraties tot gevolg heeft en of de gerapporteerde trends in de *National Inventory Reports* overeenkomen met de werkelijkheid, is alleen te beantwoorden indien er een onafhankelijke verificatiemethodiek voorhanden is.

Figuur 1 laat zien hoe de *dual constraint* methode (Nol et al., dit nummer) op verschillende ruimtelijke schalen een belangrijke bijdrage kan leveren aan zo'n verificatiemethode. Het ligt in de verwachting dat een eerste praktijktoetsing nog dit jaar zal plaatsvinden. In de toekomst is de verwachting dat, door het verdere ontwikkelen van de neerschalingstechnieken, de top-down methoden steeds beter geschikt zullen worden voor de verificatie en neerschaling van emissieschattingen van landen naar kleinere regio's, zoals landschappen of landschapselementen. Tevens zullen de micrometeorologische bottom-up methoden naast CO<sub>2</sub>, ook voor CH<sub>4</sub> en N<sub>2</sub>O op grotere schaal toegepast kunnen worden. Hiermee zal de cirkel van de *dual constraint* methode in figuur 1 zich verder naar links uitbreiden.

Is in de toekomst een klimaatneutraal landschap waar geleefd en gewerkt wordt mogelijk en hoe ziet dat er uit? Om een klimaat neutraal landschap te realiseren lijkt een omschakeling naar duurzame energiebronnen een voorwaarde. Dit sluit aan bij de groep B2 scenario's zoals die door het IPCC zijn opgesteld (Nakicenovic & Swart,

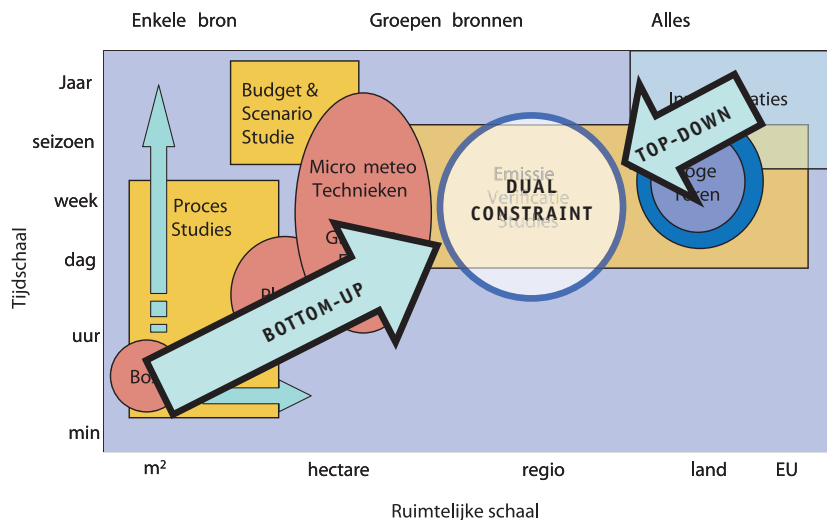




Foto Aat Barendregt,  
[geo.uu.nl/pictures/  
barendregt](http://geo.uu.nl/pictures/barendregt)

2000). De huidige ontwikkelingen laten zien dat dit voor de landbouw zeker mogelijk moet zijn (onder andere Bernacchi *et al.*, 2005). Voorbeelden hiervan zijn de energieleverende kassen en de mestvergisters. Voor andere sectoren is dit lastiger te realiseren (bijvoorbeeld Nader, 2009). De belangrijkste vraag hierbij is hoe we de opslag en vraag van energie in tijd en ruimte goed op elkaar af kunnen stemmen. Een groot verschil met een energievoorziening gebaseerd op fossiele brandstoffen is het veel grotere ruimtebeslag dat van een duurzaam systeem uitgaat. In een dicht bevolkt gebied als Nederland zal een omschakeling alleen mogelijk zijn indien we in staat zijn om deze extra functie bij bestaande functies in te voegen. En dat is niet eenvoudig. Vanuit een oogpunt van energieverbruik is het huidige beleid van stedelijke

verdichting de beste oplossing, maar of dat ook zo is vanuit het oogpunt van een meer gedistribueerde duurzame energievoorziening, is nog maar zeer de vraag. Een ‘beste’ oplossing is zeker nog niet gevonden, maar dat ons landschap zal gaan veranderen bij de overschakeling naar duurzame energiebronnen is zeker (bijvoorbeeld Burgess & Morris, 2009; Nader, 2009; Stremke & Koh, 2010). Indien deze verandering zich doorzet, zullen de antropogene emissies sterk gereduceerd worden. Hierdoor zal de bijdrage van de landgebonden emissies verhoudingsgewijs een veel groter aandeel krijgen in de broeikasgasbalans. De in dit nummer beschreven meetmethoden voor rapportage en verificatie zijn bij uitstek geschikt voor deze landgebonden emissies. Mocht na de omschakeling op duurzame energiebron-

nen een verdere reductie van de uitstoot van broeikasgasen nodig zijn, dan is de grootste reductie te behalen door het terugdringen van de N<sub>2</sub>O-emissies (Schulze *et al.*, 2009). Een mogelijkheid hiervoor is het verhogen van het waterpeil in het veenweidegebied. Dit leidt niet alleen tot een sterke reductie van de CO<sub>2</sub>-uitstoot, maar ook tot een vermindering van de N<sub>2</sub>O-uitstoot (Schulp *et al.*, dit nummer). Of de klimaatwinst die hiermee verwezenlijkt kan worden opweegt tegen de eventuele negatieve effecten is een afweging die in een breder kader dient te worden genomen.

## Dank

Het onderzoek zoals beschreven in dit nummer van Landschap was zonder financiële ondersteuning onmogelijk geweest. Naast de financiële bijdrage vanuit het Klimaat voor Ruimte programma voor mitigatieprojecten ME1, ME2, ME3 en ME5, hebben onder meer de EU DG Researchprojecten *CarboEurope* en *NitroEurope* bijgedragen en diverse ministeries die de betrokken instituten en universiteiten ondersteunen met onderzoeksgelden.

## Literatuur

**Bernacchi, C.J., S.E. Hollinger & T. Meyers, 2005.** The conversion of the corn/soybean ecosystem to no-till agriculture may result in a carbon sink. *Global Change Biology* 11, 1867-1872.

**Burgess, P.J. & J. Morris, 2009.** Agricultural technology and land use futures: The UK case. *Land Use Policy* 26, S222-S229.

**Hensen, A., P.S. Kroon, J. van Huissteden, A.J. Dolman, E.M. Veenendaal, J.H. Duyzer, J.A. Elbers, C.L. van Beek, & J. Mosquera, dit nummer.** Metingen van broeikasgassen in het landschap. *Landschap* 27/2: 57-65.

**Hoekman, D.H., M.A.M. Vissers & N.J. Wielaard, geaccepteerd.** PALSAR wide-area mapping of Borneo: methodology and map validation, *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing (J-STARS)*.

**Kroon, P.S., A.P. Schrier-Uijl, P.C. Stolk, F.K. van Evert, P.J. Kuikman, A. Hensen & E.M. Veenendaal, dit nummer.** Beïnvloeden van landgebonden broeikasgasemissies. Naar een klimaatneutrale(re) inrichting van het landelijke gebied. *Landschap* 27/2: 99-109.

**Manning, M.R., J. Edmonds, S. Emori, A. Grubler, K. Hibbard, F. Joos, M. Kainuma, R.F. Keeling, T. Kram, A.C. Manning, M. Meinshausen, R. Moss, N. Nakicenovic, K. Riahi, S.K. Rose, S. Smith, R. Swart & D.P. van Vuuren, 2010.** Misrepresentation of the IPCC CO<sub>2</sub> emission scenarios. *Nature Geoscience*, Vol 3: 376-377.

**Nader, S., 2009.** Paths to a low-carbon economy—The Masdar example. *Energy Procedia*, Volume 1, Issue 1: 3951-3958.

**Nakicenovic, N. & R. Swart, 2000.** IPCC Special Report on Emissions Scenarios, Cambridge Univ. Press.

**Nol, L., R.E.M. Neubert, A.T. Vermeulen, O.S. Vellinga, A.C.G.A. Meesters, L.F. Tolck, J.G.J. Olivier, W. Peters, J.P. Lesschen,**

**R.W.A. Hutjes & E.J. Moors, dit nummer.** De broeikasgasbalans van het landschap. 'Dual constraint' methode voor verificatie. *Landschap* 27/2: p 87-97.

**Payan, S., C. Camy-Peyret, H. Oelhaf, G. Wetzell, G. Maucher, C. Keim, M. Pirre, N. Huret, A. Engel, M.C. Volk, H. Kuellmann, J. Kuttippurath, U. Cortesi, G. Bianchini, F. Mencaraglia, P. Raspollini, G. Redaelli, C. Vigouroux, M. De Mazière, S. Mikuteit, T. Blumenstock, V. Velazzo, J. Notholt, E. Mahieu, P. Duchatelet, D. Smale, S. Wood, N. Jones, C. Piccolo, V. Payne, A. Bracher, N. Glatthor, G. Stiller, K. Grunow, P. Jeseck, Y. Te & A. Butz, 2009.** Validation of version-4.61 methane and nitrous oxide observed by MIPAS. *Atmos. Chem. Phys.*, 9: 413-442.

**Schulp C.J.E., C.M.J. Jacobs, J.H. Duyzer, C.L. van Beek, F.C. Bosveld, A.T.C. Dias, W.W.P. Jans, A.P. Schrier-Uijl & J. E. Vermaat, dit nummer.** Variabiliteit in ruimte en tijd ontrafeld. Broeikasgasemissies uit Nederlandse landschappen. *Landschap* 27/2: 67-79.

**Schulze E.D., S. Luyssaert, P. Ciais, A. Freibauer, I.A. Janssens, J.F. Soussana, P. Smith, J. Grace, I. Levin, B. Thiruchittampalam, M. Heimann, A.J. Dolman, R. Valentini, P. Bousquet, P. Peylin, W. Peters, C. Rödenbeck, G. Etiope, N. Vuichard, M. Wattenbach, G.J. Nabuurs, Z. Poussi, J.H. Gash & CarboEurope Team, 2009.** Importance of methane and nitrous oxide for Europe's terrestrial greenhouse-gas balance. *Nature Geoscience*, DOI: 10.1038/NGEO686: 842-850.

**Stremke, S. & J. Koh, 2010.** Ecological concepts and strategies with relevance to energy-conscious spatial planning and design. *Environment and Planning B: Planning and Design* 37(3) 518 - 532.