

# Waarom meten we zo weinig onze stikstofdepositie?

A. Bleeker  
A. Hensen

Juli 2015  
ECN-V--15-005



Metingen voor natte depositie worden uitgevoerd in de duingebieden rond Maasvlakte 2.

12

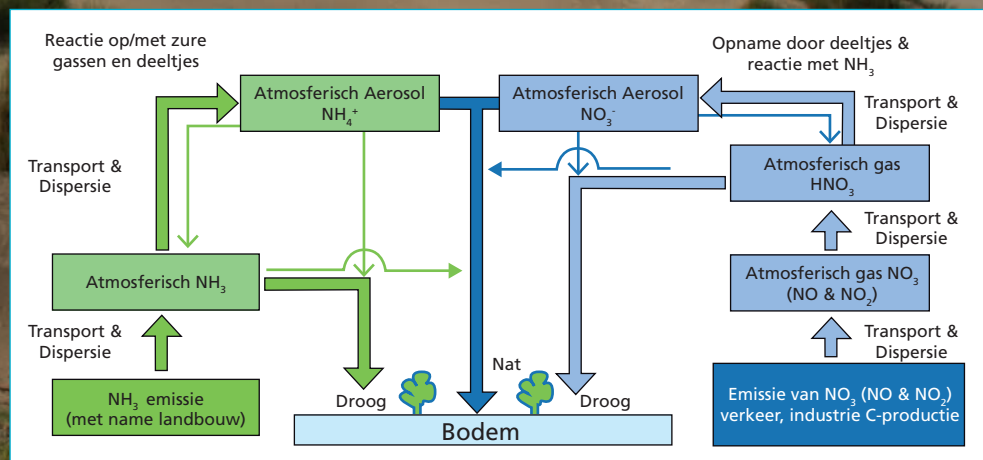
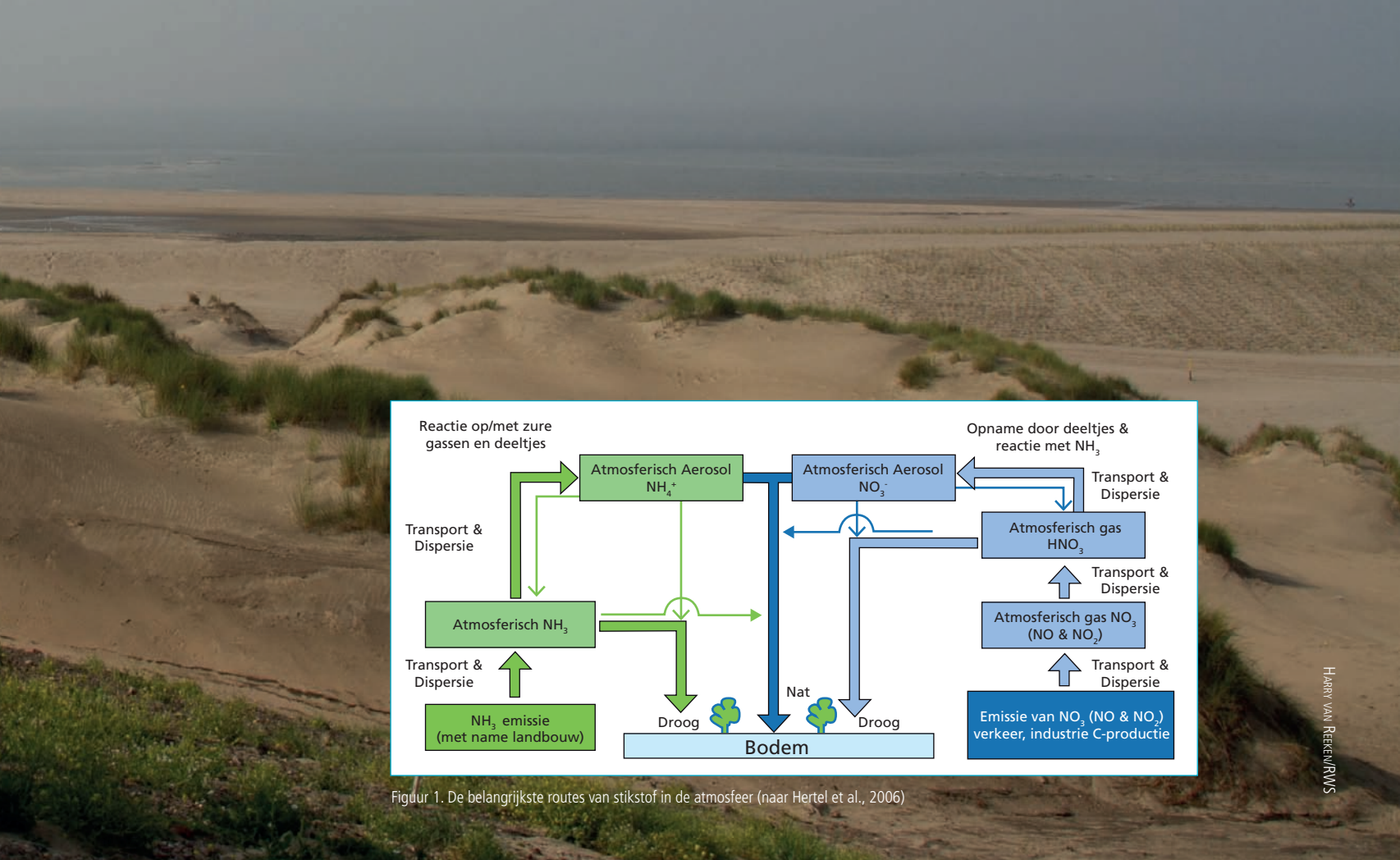
## HOTSPOT OP DE EUROPESE STIKSTOFKAART

# WAAROM METEN WE ZO WEINIG ONZE STIKSTOFDEPOSITIE?

De laatste tijd staan meten en modelleren van stikstofdepositie weer volop in de belangstelling. Met name discussies rond het PAS-dossier en de rol van AERIUS daarin, hebben deze aandacht duidelijk versterkt. Waarom zijn er op dit moment nog zo veel vragen in een dossier dat toch al jaren loopt? En moeten we nu meer gaan meten of beter modelleren?

Albert Bleeker en Arjan Hensen





Figuur 1. De belangrijkste routes van stikstof in de atmosfeer (naar Hertel et al., 2006)

Metingen bieden de mogelijkheid de stikstofdepositie of onderdelen daarvan in een gebied te bepalen. Die metingen hebben een onzekerheid en zijn representatief voor een bepaald gebied. Om dan toch een goed beeld te krijgen van de verdeling van de stikstofdepositie over een groter gebied (bijvoorbeeld Nederland), zijn veel metingen nodig. Dit is niet alleen een praktische, maar met name een financiële uitdaging. Overal meten is daarom bijna onmogelijk.

Dus zijn er modellen nodig. Die modelberekeningen brengen ook een onzekerheid met zich mee. Daarvoor zijn verschillende oorzaken. Zo kan er sprake zijn van beperkingen in de manier waarop relevante (atmosferische) processen door het model worden meegenomen, of van onzekerheid in invoergegevens (emissies, landgebruik, meteorologie) die de steeds veranderende werkelijkheid niet volledig kunnen beschrijven. Het vergelijken van modelberekeningen en metingen geeft inzicht in de onzekerheden en met behulp daarvan kan worden gewerkt aan het terugdringen van die onzekerheden. Goede metingen van stikstofdepositie zijn dus onontbeerlijk om modelresultaten goed op waarde te kunnen schatten.

In dit artikel willen we een overzicht geven van de uitdagingen waarvoor men staat gesteld bij het meten van de stikstofdepositie. Voordat dit aan de

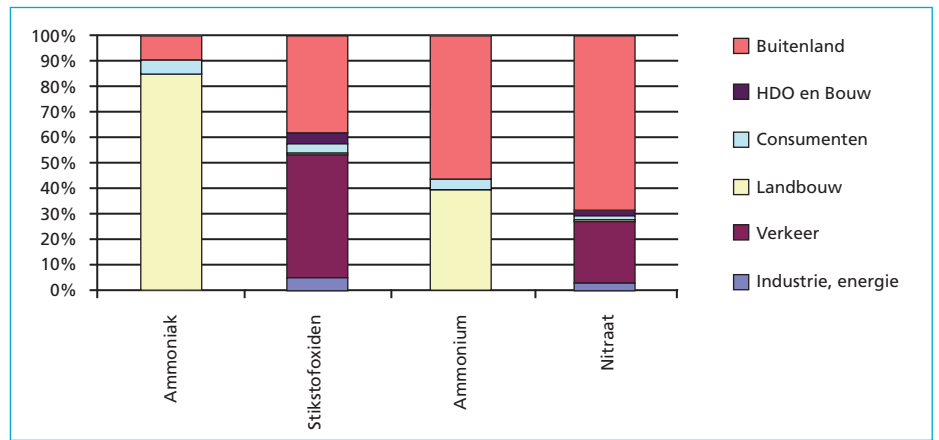
orde komt, wordt eerst een overzicht gegeven van een aantal inhoudelijke aspecten rond stikstofdepositie en het meten daarvan: wat is stikstofdepositie, welke vormen depositie zijn er en hoe meten we dat?

## Wat is stikstofdepositie?

De depositie geeft aan hoeveel gas of deeltjes op een oppervlak terecht komen per uur, per maand of per jaar. Dat hangt af van de hoeveelheid gas of deeltjes die op een gegeven moment in de lucht aanwezig zijn, maar ook van weer en terreinomstandigheden. Ruwe oppervlakken vangen meer materiaal op en een nat oppervlak neemt bijvoorbeeld ammoniak veel beter op dan een droog oppervlak. Wanneer we het hebben over stikstofdepositie, gaat het over een combinatie van verschillende stikstofcomponenten. Allereerst kan er een onderscheid worden gemaakt tussen geoxideerd (NO<sub>y</sub>) en gereduceerd (NH<sub>x</sub>) stikstof. De geoxideerde vormen zijn over het algemeen veroorzaakt door het verbranden van fossiele brandstoffen, de gereduceerde stikstof komt voornamelijk vrij bij landbouwactiviteiten (produceren en gebruik van dierlijke en kunstmest). Daarnaast is ook een verdeling in gas- en deeltjesvorm mogelijk. Voor geoxideerde stikstof gaat het daarbij om stikstofoxide (NO), stikstofdioxide (NO<sub>2</sub>) (dit vormt samen de stikstofoxiden NO<sub>x</sub>), salpeterigzuur (HNO<sub>2</sub>) en salpeterzuur (HNO<sub>3</sub>) als gasvormig, en nitraat (NO<sub>3</sub>) als deeltjesvormig stikstof. Voor gereduceerde stikstof gaat het om de gasvorm ammoniak (NH<sub>3</sub>) en de deeltjesvorm ammonium (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>). Naast deze anorganische stikstofvormen bevat de atmosfeer ook nog organisch stikstof. Dit is afkomstig van organische bronnen en bevat onder andere stuifmeel, aminozuren en amines. Terwijl NO, NO<sub>2</sub> en NH<sub>3</sub> de stoffen zijn die vaak rechtstreeks worden uitgestoten, ontstaan de andere stikstofvormen vaak via chemische processen in de atmosfeer. Figuur 1 geeft een versimpeld beeld van deze stappen in de atmosfeer; van emissie via transport en chemische omzetting naar depositie.

## DE AUTEURS

Albert Bleeker (088 5154949, a.bleeker@ecm.nl) is senior onderzoeker bij Energieonderzoek Centrum Nederland in Petten, Arjan Hensen (06 10909979, a.hensen@ecm.nl) is senior onderzoeker bij Energieonderzoek Centrum Nederland in Petten.



Figuur 2. Herkomst van de stikstofconcentraties (gas- en deeltjesvormig) in Nederland (MNP, 2006)

De herkomst van de belangrijkste stikstofcomponenten in Nederland is zeer verschillend. Figuur 2 laat deze zien als gemiddelde voor de concentraties in de lucht boven Nederland. Op afzonderlijke locaties in Nederland kunnen grote verschillen in de gepresenteerde verdeling bestaan. Dit heeft dan voornamelijk te maken met de ligging van die locaties ten opzichte van specifieke stikstofbronnen.

## Droge en natte depositie

Na emissie, verspreiding en chemische omzetting zal de stikstof uiteindelijk via depositie terugkomen op het aardoppervlak, waarbij onderscheid kan worden gemaakt tussen droge en natte depositie. Natte stikstofdepositie vindt plaats doordat gassen of deeltjes in of onder wolken in regendruppels worden ingevangen en vervolgens op het aardoppervlak terechtkomen. Droge depositie van gassen of deeltjes is het transport vanaf een bepaalde hoogte naar het oppervlak en de opname van de stoffen op dat oppervlak (vegetatie, water, etc.). Met name de droge depositie is dus afhankelijk van de concentratie van een stof in de lucht en de weerstand die het ondervindt om het oppervlak te kunnen bereiken. Het voert te ver om hier deze weerstanden in detail te beschrijven, maar meteorologische omstan-

digheden, type en ruwheid van het landschap spelen daarbij een grote rol. We weten nu in het kort hoe de stoffen via soms lange omwegen uiteindelijk weer op de bodem terechtkomen. Om dat voor elke plek in Nederland te bepalen, moeten we computermodellen gebruiken. In Nederland kunnen we daarvoor het OPS-model van het RIVM gebruiken. De kaarten van emissies van verschillende componenten worden aan dat model aangeboden en de weer- en terreincondities worden gebruikt. Rekenregels (parametrisaties) die zijn afgeleid uit meetcampagnes in Nederland of daarbuiten worden gebruikt om transport en depositie terreinspecifiek te bepalen.

## Hoe kunnen we stikstofdepositie meten?

Je kunt stikstofdepositie echter ook meten. Volgend worden enkele methoden beschreven om de stikstofdepositie te meten, met wederom het onderscheid tussen natte en droge depositie.

### Natte depositie

Het meten van natte depositie is relatief eenvoudig. Zolang je maar zorgt dat de droge depositie zich niet mengt met de natte, is het niet meer dan een trechter met een deksel erop (en natuurlijk een fles om het water in op







Het bepalen van de droge depositiesnelheid is onder meer gebeurd boven de Veluwe bossen.

te vangen). Wanneer het regent, gaat de deksel open en is het droog dan gaat de deksel weer dicht. Er bestaat een zogenoemde wet-only vanger, zoals die momenteel wordt gebruikt voor metingen in duingebieden rond Maasvlakte 2. Daarnaast wordt een bulkvanger gebruikt; dat is eigenlijk hetzelfde systeem, maar dan zonder deksel. Probleem hiervan is dat in de droge periode ook droge depositie op en in de trechter terecht kan komen, waardoor de gemeten natte depositie hoger uitkomt dan die eigenlijk is. Dit kun je echter corrigeren door op een aantal locaties gelijktijdig wet-only en bulkvangers te plaatsen en het verschil te bepalen.

Via metingen met een wet-only vanger kan de concentratie van een bepaalde stof in het water worden vastgesteld. Door dit getal te vermenigvuldigen met de opgevangen hoeveelheid neerslag, kan worden berekend wat de uiteindelijke natte depositie op die locatie is geweest. Op zich is het meten van de natte depositie een relatief goedkope manier (zeker in vergelijking met droge depositie, zie hierna), waarmee vrij eenvoudig een indicatie van de trend in depositie kan worden verkregen ten gevolge van grootschalig transport. Volgens schattingen van het Planbureau voor de Leefomgeving (PBL, 2010) bestaat de totale gemiddelde depositie echter voor slechts een derde deel uit natte depositie. De andere twee derde is droge depositie en die bijdrage kan op lokale schaal (dicht bij bronnen) ook nog eens fors hoger uitvallen.

### Droge depositie

Het meten van droge depositie is – in vergelijking met natte depositie – vele malen lastiger. Om de droge depositie goed te kunnen bepalen, zijn twee belangrijke onderdelen nodig: de concentratie van een stof in de lucht en de droge depositiesnelheid (hoe snel gaat het gas of het deeltje

naar het oppervlak). Het bepalen van de droge depositiesnelheid is hierbij het lastigst. Om dit via metingen te kunnen doen, is een uitgebreide meetopstelling nodig. Dit soort metingen is in Nederland in de afgelopen twintig jaar gedurende meerdere jaren uitgevoerd boven de Veluwe bossen op het nu gestopte meetpunt bij Speuld. Ook zijn er datasets van meetcampagnes van 2 tot 3 jaar, van metingen boven grasland in Zegveld, Wageningen, boven heide in Elspeet en bij de Oostvaardersplassen. Op dit moment worden in het duingebied bij Solleveld metingen uitgevoerd, waarbij de droge depositie van een aantal stikstofcomponenten wordt gemeten. Voor de metingen is het belangrijk om op verschillende hoogten (in dit geval drie) tegelijkertijd en met grote nauwkeurigheid de concentratie in de lucht en verschillende meteorologische parameters te meten (in dit geval met het ECN-instrument GRAHAM). Omdat bij de lagere meethoogte stikstofcomponenten uit de lucht zijn ingevangen, is de concentratie daar in de regel lager. Zodoende kan dan worden bepaald hoe snel (en in welke richting) de stoffen in de lucht worden getransporteerd.

### Meetmethoden

In het duingebied bij Solleveld worden de complexe metingen gedaan om daarmee de depositieparametrisaties te verbeteren. Dergelijke gegevens zijn nodig voor modelberekeningen, waarmee vervolgens voor dit vegetatietype deposities kunnen worden berekend.

Deze meetopstellingen worden voor het inschatten van de droge depositie op meerdere locaties al snel als te duur gezien. Daarom wordt vaak gebruikgemaakt van een eenvoudiger variant: het gelijktijdig meten van de concentratie op één hoogte, in combinatie met gemodelleerde droge depositiesnelheden. Dit laatste waar mogelijk op basis van lokaal gemeten meteorologische informatie (windsnelheid, windrichting, temperatuur, rela-

tieve luchtvochtigheid, globale straling). Met dit type metingen wordt recht gedaan aan de lokale omstandigheden, bijvoorbeeld in termen van de ruwheid van het terrein en weercondities. Ook wordt de feitelijke concentratie bepaald, die anders uit emissiekaarten en atmosferisch transport wordt uitgerekend. Bij deze methode wordt in zowel de modelberekening als in de omrekening van de gemeten concentratie naar een depositie, gebruikgemaakt van een rekenregel of parametrisatie. Deze rekenregel is afgeleid uit eerdere, volledige depositiemeetexercities. Als we internationaal kijken naar verschillende computermodellen die dit soort berekeningen doen, zien we dat die verschillende rekenregels gebruiken, bijvoorbeeld omdat ze op verschillende depositiemeetdatasets zijn gebaseerd. Niet ongewoon zijn dan verschillen van een factor twee voor een specifieke locatie in de jaargemiddeld bepaalde depositie van een component.

## Niet per se slecht

Hiermee wordt niet gezegd dat de computermodellen slecht zijn; ze zijn op de best beschikbare informatie gebaseerd. Maar er is weinig data om te ijken. We gaan er in Nederland vanuit dat de beschikbare datasets van intensieve meetcampagnes als die in Solleveld valide zijn. En dus dat het Nederlandse model inderdaad een goed beeld geeft van de depositiepatronen in ons territorium, beter dan een model dat Amerikaanse of Australische datasets als basis heeft gebruikt. En in ieder geval wordt iedereen in het land geconfronteerd met dezelfde berekeningsmethodiek. Het is belangrijk te beseffen dat we daarmee opereren in een werkelijkheid die op keuzen is gebaseerd. Dat zijn de best mogelijke keuzen op basis van de beschikbare informatie. Maar wanneer we die confronteren met de gemeten werkelijkheid dan hoeft dat dus niet per se te kloppen. Als we daar niet tevreden over zijn en de onzekerheid in absolute zin kleiner willen maken, zit er niet veel anders op dan de datasets met feitelijke depositiemetingen uit te breiden, bijvoorbeeld naar de relevante ecosystemen die schade ondervinden door die depositie.

Die keuze wordt nu niet gemaakt. Dat komt mede omdat bij velen de illusie leeft dat – omdat we elkaar afrekenen op depositieverschillen van 0,1 mol/ha – de onzekerheid ergens achter de komma ligt. Dat is helaas niet het geval. In absolute zin is de onzekerheid in een depositiegetal voor elke locatie in Nederland groter dan 50%. Dus bijvoorbeeld  $1000 \pm 500$  mol N/ha/jaar. Daarmee is elke discussie over 1000,0 of 1000,6 mol/ha depositie juridisch wellicht verantwoord want volgens de afspraken bepaald. Maar wetenschappelijk-inhoudelijk is het misplaatst.

## Kwantificeren is een probleem

Deze grote onzekerheden zouden misschien een reden kunnen zijn om dan maar niets te doen, zoals het achterwege laten van de nodige emissiereducties. Echter, verschillende studies naar de respons van ecosystemen op stikstofbelasting zijn duidelijk in hun conclusies; de processen van emissie, transport en depositie zijn wel degelijk kwalitatief goed begrepen. Maar het kwantificeren is hier dus het probleem.

Goedkope meetmethoden die wel directe depositie meten, zouden het ei van Columbus zijn. Maar dat is geen sinecure. Zo is bijvoorbeeld ammoniak een erg vervelend gas om goed te meten; het blijft overal aan plakken,

hoopt zich op in vocht en komt daar weer uit zodra dat vocht verdampt. Dat is een nachtmerrie voor elk instrument met een stuk inlaatslang of een filter. Nat-chemische instrumenten (bijv. het GRAHAM-instrument) die het gas opvangen in een waterlaagje, scoren vooralsnog het best want die gebruiken juist deze nare eigenschap van ammoniak. Echter zijn ze tegelijkertijd arbeidsintensief en dus duur. Continue  $\text{NO}_x$ -metingen zijn technisch eenvoudiger, maar ook daar is de apparatuur kostbaar.

## Nederland als hotspot

Als we terugkijken naar de afgelopen twee decennia, is hét grote probleem als het gaat om verbeteren van de kennispositie in absolute zin: de sinusbeweging van veel aandacht voor stikstof en depositie en het compleet wegvallen van die aandacht onder het motto ‘we weten het nu wel’. Op dit moment is er wel weer de nodige aandacht voor de PAS, maar toch slechts mondjesmaat voor iets wat wordt gezien als ‘achter-de-komma-meetwerk’. En dan is er de hoop van Nederland als free rider, waarbij we zelf steeds minder doen aan kennisopbouw en/of –onderhoud; we denken dat we met kennis uit het buitenland onze stikstofvragen wel kunnen beantwoorden. Maar helaas is Nederland, samen met de Povalakte in Italië, de hotspot op de Europese stikstofkaart. Als we het onderzoek dus hier niet doen, is de kans dat een ander land het wel zal doen niet echt groot. Met als gevolg dat – wanneer er even paniek uitbreekt in de politieke arena – we niet verder komen dan het oplappen van 15 jaar oude meettechnieken. Ruimte voor fundamentele verbetering daarvan is ver te zoeken, in weerwil van de mogelijke economische impact van allerlei opgelegde emissiereductiemaatregelen in landbouw, industrie en bij transport.

Technisch gesproken gloort voor ammoniak de redding; nieuwe optische instrumenten om contactloos  $\text{NH}_3$  in de lucht te kunnen meten, zijn sinds kort beschikbaar, bijvoorbeeld de miniDOAS van RIVM. Deze relatief goedkope instrumenten zijn in staat om met een hoge tijdsresolutie zowel  $\text{NO}_x$ - als  $\text{NH}_3$ -concentraties te meten (met voor  $\text{NH}_3$  het voordeel dat het hiervoor genoemde vastplakken van  $\text{NH}_3$  aan de apparatuur wordt voorkomen). Hierdoor lijkt nu ook de weg open te liggen om via deze instrumenten op een meer kosteneffectieve manier droge depositie te meten. Nu maar hopen dat dergelijke innovatieve systemen ook breder gaan worden ingezet voor emissie- en depositiemetingen. Een cruciale stap op weg naar beantwoording van al die vragen in het reactief stikstofdossier. ■

## REFERENTIES

- Hertel, O., Skjøth, C. A., Løfstrøm, P. et al. (2006). Modelling nitrogen deposition on a local scale: a review of the current state of the art. *Environmental Chemistry* 3, 317–337.
- MNP (2006) Zuur- en stikstofdepositie in Nederland in de periode 1981–2002. Rapport nr. 500037005/2006, Milieu- en Natuurplanbureau, Bilthoven.
- PBL (2010) Grootschalige stikstofdepositie in Nederland. Herkomst en ontwikkeling in de tijd. Rapport nr. 500088007/2010, Planbureau voor de Leefomgeving, Bilthoven.



**ECN**

Westerduinweg 3  
1755 LE Petten

Postbus 1  
1755 LG Petten

T 088 515 4949  
F 088 515 8338  
[info@ecn.nl](mailto:info@ecn.nl)  
[www.ecn.nl](http://www.ecn.nl)