

# Milieu DOSSIER

Het Milieu Dossier accepteert artikelen die de voortgang in het beleid, het daarmee verbonden onderzoek en de respons in de maatschappij op een toegankelijke manier documenteren. De auteursinstructies voor het schrijven van een bijdrage staan op de VVM-website: [www.vvm.info](http://www.vvm.info) Bijdragen worden beoordeeld door een redactieteam, zie hieronder.

## > The European Nitrogen Assessment

# Bevindingen en lessen uit eerste Europese stikstofanalyse

Hans van Grinsven, Jan Willem Erisman, Oene Oenema, Lex Bouwman, Wim de Vries, Henk Westhoek en Albert Bleeker

*Stikstof is een belangrijke voorwaarde voor productieve landbouw en daarmee voor de voeding van de wereldbevolking. Stikstof uit de landbouw, de industrie en het verkeer veroorzaakt echter schade aan volksgezondheid en natuur. De totale jaarlijkse maatschappelijke schade in de EU27 wordt geschat op 70-320 miljard euro, of 150-750 euro per inwoner. Er is waarschijnlijk welvaartswinst te boeken door de emissies te beperken en de efficiëntie in de landbouw te verhogen. De vraag is alleen hoe: stap voor stap en stof voor stof of is een meer integrale aanpak beter?*

### Achtergrond

Op 11 april 2011 is in Edinburgh de eerste European Nitrogen Assessment<sup>1</sup> (ENA) aangeboden aan onder meer Ian Halliday, President of Council, European Science Foundation (ESF), Anastasios Kentarchos, namens de Europese Commissie - DG Research en Luc Maene, Director General van de International Fertiliser Industry Association (IFA). Ruim 200 Europese wetenschappers uit meer dan 20 landen hebben aan de ENA gewerkt, aangestuurd vanuit het Onderzoeksprogramma 'Nitrogen in Europe' van de ESF. Het doel van de ENA was: "Samenvatting en beoordeling van de huidige wetenschappelijke kennis over bronnen, effecten en interacties van stikstof in Europa, de bepaling van de effecten van het huidige beleid en opties voor

nieuw beleid, rekening houdend met maatschappelijke kosten en baten".

Door de groei van de bevolking en de welvaart is de hoeveelheid reactief stikstof die jaarlijks in het Europese milieu wordt gebracht in de vorige eeuw verdrievoudigd en zijn de antropogene inputs (de som van kunstmest en 'onbedoelde' verbrandingsemissies van stikstof-oxiden, NO<sub>x</sub>) met bijna een factor twintig toegenomen (Figuur 1). Het belangrijkste positieve effect was een verviervoudiging van de Europese voedselproductie in de 20ste eeuw. Kunstmest voedt op dit moment bijna 50% van de wereldbevolking<sup>2</sup>. Hierdoor was ook een verdubbeling van de vleesconsumptie per persoon mogelijk, omdat

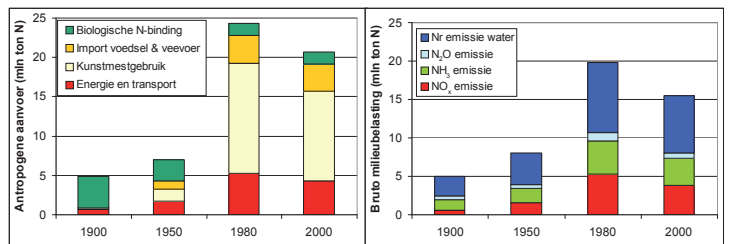
### OVER DE AUTEURS

**Hans van Grinsven** ([hans.vangrinsven@pbl.nl](mailto:hans.vangrinsven@pbl.nl)), **Henk Westhoek** en **Lex Bouwman** zijn senior onderzoeker bij de sector Landbouw Water en Voedsel van het Planbureau voor de Leefomgeving.

**Jan Willem Erisman** en **Albert Bleeker** zijn verbonden aan Energieonderzoek Centrum Nederland en Jan Willem Erisman is bijzonder hoogleraar 'Integrale stikstofproblematiek' aan de VU Amsterdam.

**Oene Oenema** en **Wim de Vries** zijn beiden senior onderzoeker bij het Centrum Bodem van Alterra en, respectievelijk, bijzonder hoogleraar Bodemvruchtbaarheid en bijzonder hoogleraar 'Integrale modellering van stikstofeffecten' bij Wageningen Universiteit.

\* De term reactief stikstof wordt gebruikt voor alle stikstofvormen anders dan het bijna inerte atmosferische N<sub>2</sub>. De basisoorzaak van N-verrijking van het milieu is omzetting van atmosferisch N<sub>2</sub> in een reactieve vorm bij ammoniakproductie (o.a. voor kunstmest en de chemische industrie), biologische stikstofbinding of bij verbranding.



**Figuur 1.** Trend van de jaarlijkse antropogene aanvoer (links) en milieubelasting (rechts) van reactief stikstof (Nr) in het Europese milieu (N<sub>2</sub>O is lachgas, NH<sub>3</sub> is ammoniak en NO<sub>x</sub> staat voor stikstofoxiden).

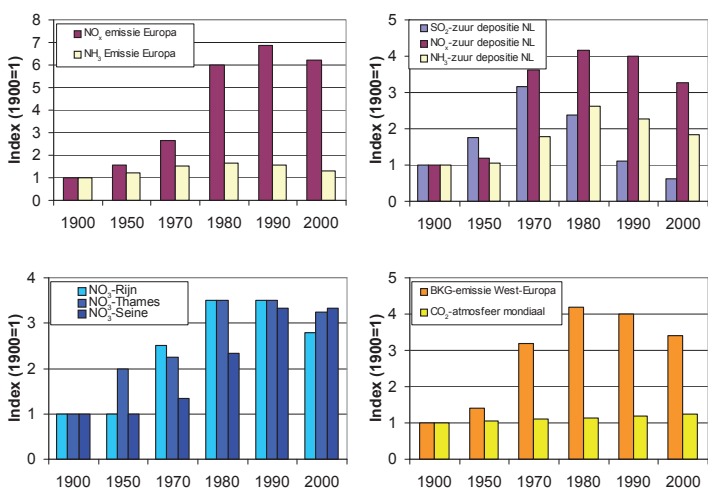
### REDACTIE MILIEU DOSSIER:

prof. dr. Leo Jansen • Jan de Graaf • drs. Maarten van het Bolscher, ministerie van I&M, Directie Klimaat & Lucht • ir. Emile Schols, RIVM  
drs. Maurits Groen, Maurits Groen Milieu & Communicatie • Drs. Jan Wijmenga, Ministerie I&M, Directie Klimaat & Lucht  
ir. Eduard Dame, Ministerie I&M, Directie Internationale Zaken • drs. Ruud Bruggeman, BMC • dr. Joop van Ham



een groot deel van akkerbouwproductie als veevoer kon worden gebruikt.

Als gevolg van de economische ontwikkeling in de 20ste eeuw namen de verbrandingsemissies van NO<sub>x</sub> sterk toe, evenals de uitstoot van roet en zwavel, met pieken in de jaren 70-80 (Figuur 2). De emissies van zwavel zijn daarna door succesvol beleid aanzienlijk teruggebracht, maar de stikstofemissies zijn veel minder sterk gedaald. De toename van het stedelijke afvalwater en de afspooling van meststoffen uit de landbouw in de vorige eeuw verhoogden de concentraties van nitraat-stikstof in de grote Europese rivieren (Rijn, Seine, Theems) met een factor vier; pas sinds de 80-er jaren nemen ze langzaam af (Figuur 2). Opvallend is de sterke daling van de zwaveldepositie sinds 1980, terwijl de stikstofdepositie slechts weinig is veranderd, evenals de emissies van broeikasgassen. Hoewel er, vooral, door EU-beleid al veel tegen lucht- en waterverontreiniging is gedaan en de problemen in Europa sinds 1980-1990 met 10-20% afgenomen zijn, ligt er nog een grote opgave. De stikstofniveaus in lucht en oppervlaktewater zijn immers nog steeds 3-6 keer zo hoog als in 1900. Ter vergelijking, in de vorige eeuw zijn de antropogene broeikasgasemissies in Europa met ongeveer een factor vijf toegenomen, vooral als gevolg van het energieverbruik. Het gevolg daarvan was een toename van de CO<sub>2</sub>-concentratie in de atmosfeer met 25%, wat veel minder is dan de toename van de stikstofconcentraties in lucht en water in die periode.



**Figuur 2.** Trends van stikstofverontreiniging van lucht en water in Europa en Nederland tussen 1900 en 2000

### Effecten voor volksgezondheid en ecosysteemdiensten

Er is een twintigtal routes waarlangs stikstofemissie effecten en maatschappelijk schade veroorzaakt. Door aantasting van lucht-, water- en bodemkwaliteit veroorzaakt teveel stikstof schade aan volksgezondheid en de ecosysteemdiensten en heeft het invloed op ons klimaat. Stikstof wandelt als het ware door de verschillende

milieucompartimenten. Hierdoor veroorzaakt de emissie van één stikstofmolecuul een cascade van effecten. Bijvoorbeeld stikstof in uitlaatgassen van een auto verontreinigen eerst het stedelijke leefmilieu met NO<sub>x</sub>, maar indirect ook met ozon en fijn stof, die samen gezondheidsschade veroorzaken. Daarna deponeren deze stikstof samen met ammoniak uit de landbouw op bossen en natuur en veroorzaakt daar verzuring, eutrofiering en biodiversiteitsverlies. Vervolgens spoelt deze stikstof uit naar beken, meren, rivieren en kustgebieden waar ook biodiversiteitsverlies optreedt. Dit verlies kan gepaard gaan met plagen van (soms) toxische algen en fytoplankton, waarvan de afbraak kan leiden tot massale vissterfte. Uiteindelijk wordt alle reactief stikstof door denitrificatie weer afgebroken tot onder meer lachgas, dat bijdraagt aan het broeikas effect en de afbraak van de ozonlaag.

Stikstof is niet altijd de dominante oorzaak van de milieuproblemen. Zo wordt eutrofiëring (algenbloei) van zoet water vooral door fosfaat veroorzaakt. In kustwateren daarentegen is stikstof de hoofdoorzaak van algenbloei. Ziekte en sterfte door luchtverontreiniging worden meer door roetdeeltjes dan door NO<sub>x</sub> of ammoniak veroorzaakt, ook al is NO<sub>x</sub> de belangrijkste oorzaak van verhoogde concentraties aan ozon op leefniveau. In een aantal gevallen is stikstof wel het dominante probleem, zoals bij eutrofiëring van droge natuurgebieden door stikstofdepositie en bij de afbraak van de ozonlaag door lachgas. Verzuring tot slot wordt op veel plaatsen in de wereld nog steeds meer door zwaveldioxide dan door stikstof veroorzaakt, maar in Europa is dat inmiddels omgekeerd. Tellen we al die bijdragen bij elkaar op dan zou stikstof wel eens het grootste milieuprobleem

Effect	Stikstof-vorm	Milieu Compartiment	Marginale schade € /kg Nr emissie	Total schade EU27 Miljard € / yr
Humane gezondheid (fijn stof, NO <sub>x</sub> en ozon-O <sub>3</sub> )	NO <sub>x</sub>	Lucht	10 – 30	35-100
Ecosystemen (eutrofiëring, biodiversiteitsverlies)	Nr (incl. nitraat)	Oppervlakte water	5 – 20	15-50
Humane gezondheid (fijn stof)	NH <sub>3</sub>	Lucht	2 – 20	5-70
Klimaatverandering (emissie broeikasgassen)	N <sub>2</sub> O	Lucht	5 – 15	5-10
Ecosystemen (eutrofiëring, biodiversiteitsverlies)	NH <sub>3</sub> en NO <sub>x</sub>	Bodem	2 – 10	10-70
Humane gezondheid (drinkwater)	NO <sub>3</sub> (incl. nitraat)	Grondwater	0 – 4	0-20
Humane gezondheid (meer UV straling door afbraak ozonlaag)	N <sub>2</sub> O	Lucht	1 – 3	<5
Gewasschade (ozon)	NO <sub>x</sub>	Lucht	1 – 2	2

**Tabel 1.** Overzicht van de belangrijkste schadelijke effecten van stikstof en een eerste inschatting van de marginale en totale maatschappelijke schade voor de EU27

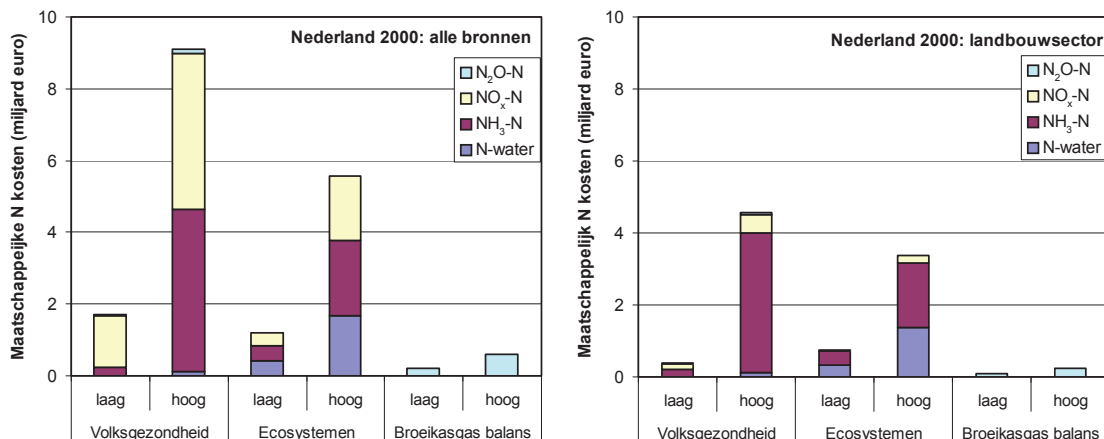


Het toenemende gebruik van dierlijke producten brengt grote risico's van verlies van stikstof naar het milieu met zich mee. Daarnaast levert de rundveesector via methaanuitstoot nog een belangrijke bijdrage aan het klimaatvraagstuk

kunnen zijn in Europa en ook Nederland. Daarom zouden we de Europese en mondiale stikstofproblematiek even serieus moeten nemen als de klimaatproblematiek.

### Maatschappelijk kosten voor de EU en Nederland

De ENA heeft voor het eerst een integrale analyse gepubliceerd van de maatschappelijke baten en de kosten van de effecten van stikstofverrijking. Er is een 20-tal aan schadelijke effecten van stikstof (Tabel 1)<sup>3</sup>.



Figuur 3. Eerste schatting van de maatschappelijke schade door stikstofemissies in Nederland, voor alle bronnen (links) en voor alleen de emissies uit de landbouw (rechts)

De monetaire waarde is gebaseerd op de maatschappelijke waardering van gezondheid en langer leven, van biodiversiteit en van klimaatstabiliteit. Voor de eerste twee zijn resultaten van waarderingsschetsen onder burgers gebruikt: bijvoorbeeld met vragen in de trant van “Welk bedrag heeft u per maand over ter bestrijding van luchtverontreiniging als u daardoor zes maanden extra mag leven?” of “Hoeveel belastinggeld heeft u over voor ecologisch herstel van de Oostzee?”. Als je dan bovendien kwantitatieve informatie hebt over de relatie tussen verlies van gezondheid, resp. biodiversiteit en stikstofbelasting (zgn. dosis-effectrelaties), dan kan je de effecten door stikstof uitdrukken in euro's per kg stikstofemissie. Voor klimaat is het anders gedaan; daar is de CO<sub>2</sub>-prijs gebruikt in het emissiehandelssysteem en het broeikaspotentieel van lachgas ten opzichte van CO<sub>2</sub> (300 keer zo groot). Er zijn overigens niet erg veel goede waarderingsschetsen en de dosis-effectrelaties voor sommige effecten zijn erg onzeker; bijvoorbeeld die voor de gezondheidsschade door stikstofhoudend fijn stof en door nitraat in drinkwater.

De totale schade door stikstof voor de EU27 is in de ENA geschat op 70-320 miljard euro per jaar, wat overeen komt met 150-750 euro per jaar per Europeaan. Dit is een aanzienlijk bedrag want het vertegenwoordigt 1-4% van het gemiddeld besteedbaar inkomen in de EU. De maatschappelijke schade wordt voor ongeveer 75% veroorzaakt door effecten van luchtverontreiniging en ongeveer 60% is gerelateerd aan gezondheidsschade. Die 60% weerspiegelt ook de hogere betalingsbereidheid van de maatschappij voor gezondheid boven biodiversiteit en klimaatverandering. Het meest duidelijk komt dit tot uiting bij ammoniak, waar de geschatte schade door bijdrage aan fijn stof hoger is dan het effect van ammoniak op de biodiversiteit. Voor Nederland schatten we de stikstofschaade op 3-15 miljard euro per jaar of 200-1000 euro per inwoner (Figuur 3). Dit is iets hoger dan gemiddeld per persoon in EU27 vanwege de hoge stikstofintensiteit van de landbouw en de hoge verkeersintensiteit.

### Maatschappelijke schade versus kosten van maatregelen

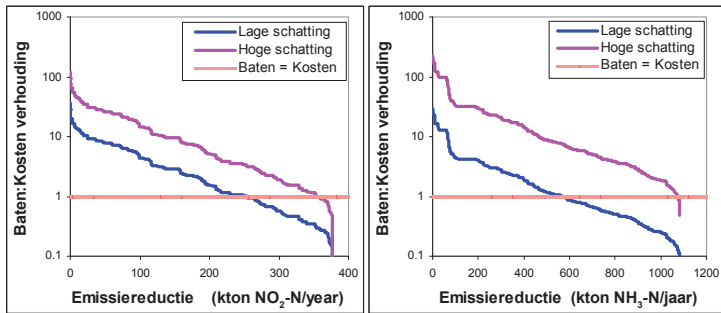
De bijdrage aan de schade door stikstofemissies uit de Nederlandse landbouw bedraagt 1-8 miljard euro per jaar, ofwel ongeveer de helft van de totale schade, en wordt vooral veroorzaakt door ammoniak (Figuur 3). Opvallend genoeg lijkt de maatschappelijke schade door het broeikas effect van lachgas mee te vallen, terwijl de uitstoot van broeikasgassen door de landbouw momenteel juist veel aandacht krijgt van zowel het beleid als het onderzoek. Uiteraard dient hier te worden bedacht dat de klimaatkosten van stikstof niet zijn bepaald aan de hand van de maatschappelijke waardering van de afzonderlijke effecten van klimaatverandering, maar op basis van de CO<sub>2</sub>-prijs.

Benadrukt moet worden dat de schatting van de maatschappelijke schade door stikstof nog grof en onzeker zijn. Desalniettemin suggereren deze schattingen dat de baten van vermindering van bijvoorbeeld de NO<sub>x</sub>-emissies door verkeer en NH<sub>3</sub>-emissies in de landbouw opwegen tegen de kosten van de daarvoor benodigde maatregelen; in andere woorden dat maatregelen om deze emissies te verminderen tot verhoging van de welvaart leiden. Voor stikstofoxiden mogen er netto baten verwacht worden tot een emissiereductie van 250-350 kton/jaar (dit is 7-10% van de totale emissie in 2000), en voor ammoniak tot een emissiereductie in Europa van 570-1070 kton/jaar (16-30%) (Figuur 4).

Toch is het maar zeer de vraag of deze bevinding in deze krappe tijden ook daadwerkelijk tot extra milieu-investeringen zullen leiden. De te betalen euro's voor maatregelen zijn 'hard', en door bepaalde sectoren te betalen, terwijl de te verdienen euro's aan meer gezondheid en biodiversiteit 'virtueel' en daarmee moeilijker uit te leggen zijn. In deze tijd van economisch herstel en bezuinigingen zoeken beleid en onderzoek naarstig naar mogelijkheden om milieuwinst te boeken tegen lagere kosten, of liever nog in synergie met economisch herstel: het motto is 'meer met minder' en het



Kunstmestproductie en -gebruik: niet alleen belangrijk voor onze voedselproductie, maar ook een belangrijke bron van reactief stikstof in het milieu

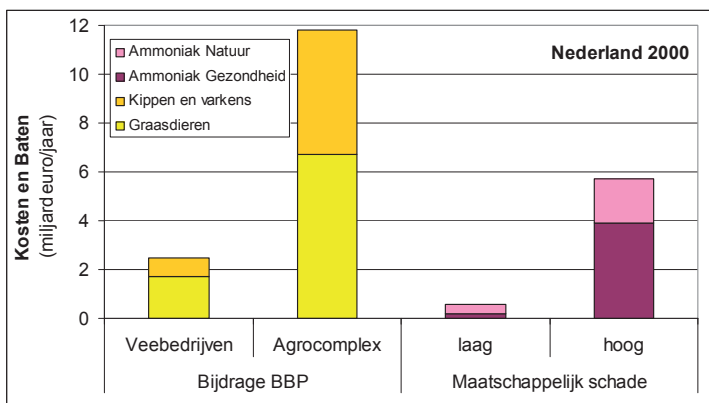


**Figuur 4.** De verhouding tussen de maatschappelijke baten en kosten van maatregelen in de EU voor reductie van de emissie van stikstofoxide (links) en ammoniak (rechts), bij een hoge en een lage schatting van de maatschappelijke baten. De kosten van maatregelen zijn afkomstig van het GAINS-model voor het 'Climate&Energy'-maatregelenpakket (<http://ec.europa.eu/environment/air/pollutants/pdf/nec6.pdf>)

nieuwe kabinet wil een 'New green deal'. Het zou goed zijn om een kosten-baten-afweging hierin te betrekken. De ENA levert hiervoor nuttige ingrediënten aan.

### Maatschappelijke schade versus de baten in landbouw

Stikstofbemesting in de landbouw heeft evidente baten: het zorgt voor hogere opbrengsten per hectare, voor betere boereninkomens en bijdragen aan de nationale economie. Voor wintertarwe, het belangrijkste gewas in Europa in termen van gebruik van hectares en van stikstofkunstmest, zijn de gemiddelde baten 2-5 euro per kg stikstof. Dat betekent dat voor iedere euro kunstmest de agrarische ondernemer 2-5 euro verdient. Vanuit het economisch perspectief van de boer is het daarom niet aantrekkelijk om de stikstofbemesting sterk te verminderen, al neemt de effectiviteit van de stikstof steeds verder af naarmate de bemesting hoger is. Vanuit maatschap-



**Figuur 5.** Maatschappelijke kosten door ammoniakemissies uit de Nederlandse veehouderij in vergelijking tot de bijdrage van de veebedrijven en van het totale veehouderijcomplex (met inbegrip van toeleverende en verwerkende industrie) aan de Nederlandse economie

pelijk oogpunt zou men echter ook rekening moeten houden met de schade van stikstofuitspoeling en ammoniakemissie, die juist sterk toenemen bij hogere bemesting. Om het welvaartseffect van bemesting te maximaliseren zou het gemiddelde stikstofbemestingsniveau in het noordwestelijke EU-lidstaten moeten dalen met tenminste 50 kg/ha, wat circa 30% lager is dan het landbouwkundige advies. Het is de vraag of er maatschappelijke draagvlak is voor een dergelijke benadering, want naast milieu en natuur staan ook boereninkomens, vitaal platteland en voedselzekerheid hoog op de politieke agenda.

Een tweede illustratie van hoe substantieel de kosten van landbouwstikstof zijn tegenover de baten is een vergelijking van de maatschappelijke kosten van alleen ammoniak met de totale toegevoegde waarde van de primaire veehouderij en die van het totale veehouderijcomplex (inclusief de toeleverende en verwerkende industrie<sup>4</sup>). Dan blijkt dat de ammoniakschade ongeveer de helft is van de totale toegevoegde waarde van de primaire veehouderij (Figuur 5). Hierbij gelden echter twee belangrijke nuancerings: ten eerste is de humane gezondheidsschade door ammoniak via een bijdrage aan fijn stof erg onzeker en mogelijk overschat. Ten tweede heeft dit ook te maken met de lage prijzen van vlees en zuivel en het geringe aandeel van de primaire sector in de uiteindelijke toegevoegde waarde.

### Stikstof en klimaatverandering

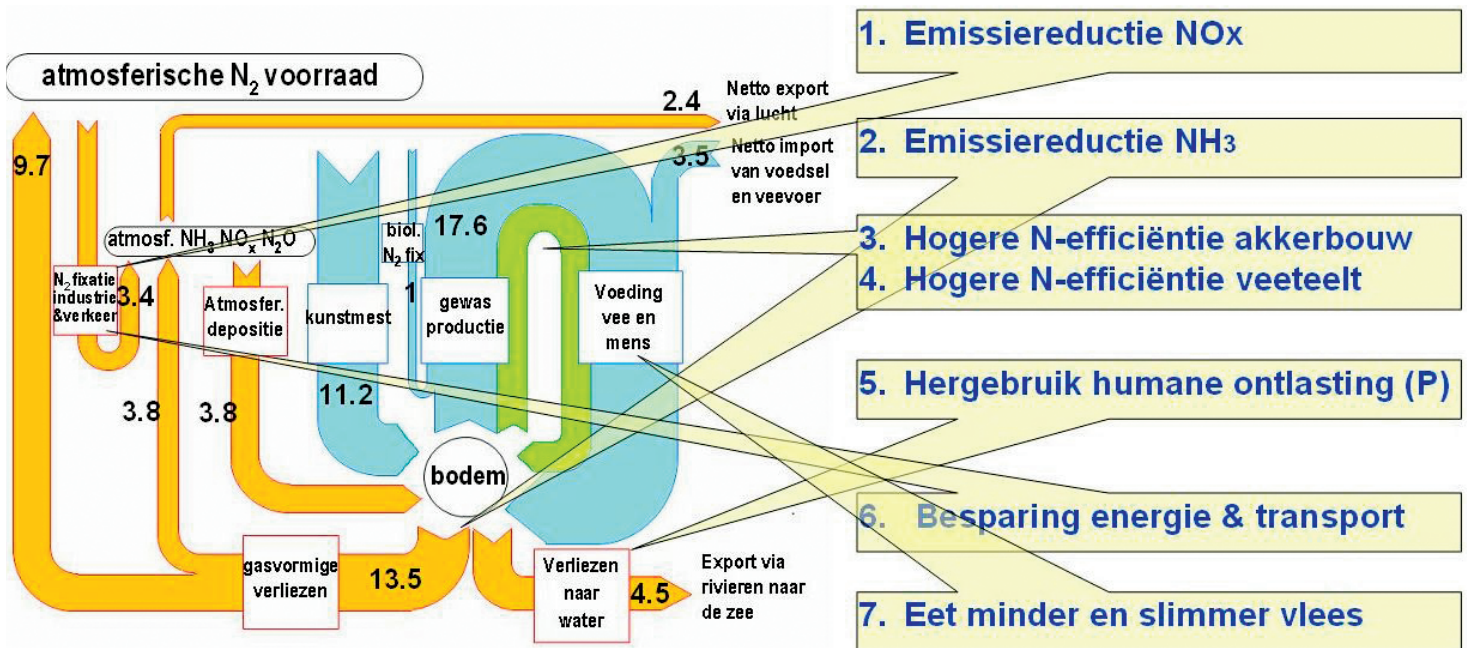
De relevantie maar ook de complexiteit van het stikstofprobleem kan niet beter geïllustreerd worden dan met de bijdrage van stikstof aan de netto opwarming van de aarde. Zoals al eerder uitgelegd zijn de drijvende krachten achter de stikstofverrijking en klimaatverandering in feite dezelfde: meer mensen en meer welvaart en dus meer energiegebruik en landbouwproductie (voedsel, veeteelt). Vermindering van energiegebruik en van vlees- en zuivelconsumptie is een oplossingsrichting die zowel de emissie van broeikasgassen als van stikstof zal verminderen. Maar wel een richting die vooralsnog diametraal staat tegenover de maatschappelijke ontwikkelingen en economische groei in de zich ontwikkelende landen zoals China.

De ENA levert een eerste integrale schatting op van de bijdrage van stikstof aan de opwarming van de aarde. De bijdrage van Europa aan de mondiale opwarming ligt in de range van 350 tot 550 mW m<sup>-2</sup> (milliwatt per vierkante meter); de bijdrage van stikstof daarbij is -50 tot 15 mW m<sup>-2</sup>. Stikstof zou dus een netto koelend effect hebben van gemiddeld 5% op de totale broeikasgasbalans, maar evident met grote onzekerheid (de range is 15% koeling tot 5% opwarming). Naast het opwarmende effect van lachgas (dat vooral uit de landbouw komt) is er namelijk het koelende effect van stikstofhoudend fijn stof (bijv. ammoniumnitraat) in de atmosfeer en van extra CO<sub>2</sub>-vastlegging in bossen door stikstofdepositie, aangenomen dat die vastlegging permanent is. Dit alles zet beleidsmakers voor dilemma's, want het stikstofhoudend fijn stof wordt ook verdacht van gezondheidsschade



Energieproductie via fossiele brandstoffen: eveneens een bron van reactief (geoxideerd) stikstof





Figuur 6. De stikstofbalans van de EU27 in 2000 (N-stromen in mln ton/jaar) en zeven kansrijke interventies (en hun aangrijpingspunt)

en zorgt voor stikstofdepositie op natuur en bossen, en daardoor voor biodiversiteitverlies. Bovendien is er nog het effect van verminderde groei en daarmee verminderde CO<sub>2</sub>-vastlegging in bossen door ozonschade, die vooral door luchtverontreiniging van NO<sub>x</sub> wordt veroorzaakt. De verkeerde conclusie zou zijn dat we moeten kiezen tussen aanpak van klimaat of van gezondheidsschade en eutrofiëring. Het gaat erom die maatregelen te vinden die geen risico's geven voor afwenteling van problemen: van klimaat naar stikstof of van nu naar later of van Europa naar elders in de wereld. Het is van belang dat er integrale afwegingen worden gemaakt binnen de stikstofproblematiek ter ondersteuning van het beleid. De ENA breekt een lans voor integraler stikstofbeleid.

### Opties en maatschappelijke keuzes

Het concept van de stikstofcascade is belangrijk voor het vinden van slimme oplossingen, want maatregelen aan het begin van de cascade die 'de kraan dichtdraaien' zijn veelal het meest effectief. Het aanpakken van een specifiek stikstofeffect kan er namelijk toe leiden dat het probleem wordt afgewenteld naar een ander effect van een andere vorm van reactief stikstof (ook bekend als 'pollution swapping'). Het bekendste voorbeeld voor Nederland is een toename van de nitraatuitspoeling door ammoniakemissiebeperkende maatregelen in stallen en bij de aanwending van mest. Interessant genoeg heeft dit waarschijnlijk niet geleid tot een absolute toename van de nitraatuitspoeling. Het Nederlandse mestbeleid voor de implementatie van

de Europese Nitraatrichtlijn zorgde namelijk tegelijkertijd voor een grote daling van het gebruik van stikstofkunstmest en een kleine afname van de veestapel. Nu blijkt achteraf dat we ons minder zorgen hoeven te maken over dit specifieke N-swapping probleem, want de maatschappelijke schade door emissie en depositie van ammoniak uitgedrukt in geld is hoger dan die door nitraatuitspoeling (Tabel 1).

Wanneer we afgaan op het huidige beleid voor klimaat en energie verwachten we dat de emissies van NO<sub>x</sub> in de EU27 tussen nu en 2030 halveren; de emissies van NH<sub>3</sub>, N<sub>2</sub>O en ook emissies naar het oppervlaktewater zullen voorlopig echter nauwelijks afnemen. De combinatie van de economische crisis en de onbekendheid van politiek en publieke opinie met de stikstofproblematiek zorgen dat er voorlopig weinig draagvlak is voor een aanscherping van het Europese stikstofbeleid of een mondiaal of Europees stikstofverdrag zoals het Kyotoverdrag voor klimaat. Het goede nieuws is natuurlijk dat het stikstofprobleem in Europa niet toeneemt, zoals in Azië.

In de ENA worden zeven oplossingsrichtingen voor het stikstofprobleem in Europa gegeven (Figuur 6):

Transport, energieopwekking en industrie

1. Toepassing van N-emissiebeperkende technologie en van meer energie-efficiënte systemen. Gebruik van alternatieve brandstoffen met minder emissie per eenheid van energie.



In een dichtbevolkt land als Nederland is verkeer & vervoer ook een belangrijke bron van stikstof

#### Landbouw:

2. Verbetering van de stikstofefficiëntie van dierlijke mest door beperking van ammoniakverliezen bij opslag en aanwending en betere timing van de toediening.
3. Verbetering van de stikstofefficiëntie in de akkerbouw, bijvoorbeeld door verbetering van management van bodem en gewas, en ontwikkeling van meer stikstofefficiënte gewasvariëteiten.
4. Verbetering van de stikstofefficiëntie in de veeteelt door een efficiëntere conversie van voer naar product, bijvoorbeeld door verbeterde veevoersamenstelling, verlaging van verliezen door onderhoudsademhaling van de dieren en minder milieuemissies per eenheid van product door betere staltechnologie. Een kanttekening hierbij is dat dit niet ten koste mag gaan van bijvoorbeeld dierenwelzijn.

#### Afvalrecycling

5. Beter hergebruik van stikstof (en ook fosfaat) uit afvalwaterslib en vliegias. In de huidige praktijk van afvalwaterzuivering wordt (reactief) stikstof verwijderd door denitrificatie, waarbij in feite de energie die ooit was geïnvesteerd om stikstofkunstmest te maken uit atmosferisch N<sub>2</sub>, weer verloren gaat. Vooral voor fosfaat zijn hier vergaande ideeën om afvalassen die nu gestort worden als grondstof te gebruiken voor kunstmest.

#### Consumptiegedrag

6. Naast een verplichting vanuit overheidswege en de EU tot toepassing van emissiebeperkende technieken bij energieopwekking en transport, ligt er ook een grote potentie bij aanpassing van consumptiegedrag. Naast technologische maatregelen kunnen ook stimulering van aanschaf van schonere en energie-efficiëntere auto's, ontmoediging van vliegvluchten, stimulering van besparing van het huishoudelijke energiegebruik of minder snelle vervanging van gebruiksvoorwerpen effectief zijn om emissies van stikstof en broeikasgassen te beperken.
7. Vermindering van de consumptie van vlees en zuivel, en dan vooral de minder efficiënte producten als rundvlees. De efficiëntie waarmee eiwit in veevoer wordt omgezet in eiwit in dierlijke producten is voor kip namelijk bijna vier keer zo groot als voor rundvlees. Vervanging van het eiwitaandeel van rundvlees door kip zou dan ook al een sterke vermindering van de emissie van stikstof opleveren, vooral als de stikstof uit de kippenmest weer wordt gebruikt als meststof. Bovendien ligt de Europese en Nederlandse consumptie van eiwit 70% boven de door de Wereldgezondheidsorganisatie aanbevolen hoeveelheid. Minder consumptie van vlees zal ook de gezondheid verbeteren, omdat teveel verzadigde vetzuren uit vlees en zuivel bijdragen aan hart- en vaatziekten en aan enkele vormen van kanker.

Aanpassing van consumptiegedrag is lastig: menselijke keuzes zijn moeilijk te beïnvloeden (zie roken) en ook de overheid is daar terughoudend in. Toch is het niet onlogisch om milieukosten van

consumptie op een of andere wijze door te berekenen naar de consument.

#### De betekenis van het Europese onderzoek

De eenvoudige boodschap van de eerste 'European Nitrogen Assessment' is dat de enorme toename van de stikstofintensiteit heeft geleid tot een web van samenhangende schadelijke effecten. Bij elkaar opgeteld leiden die tot behoorlijke maatschappelijke schade. Zeker is dat er een kans ligt om de Europese en Nederlandse welvaart te verhogen als we de stikstofemissies verminderen, ongeacht of we dit realiseren met bestaande technologie of door aanpassing van ons consumptiepatroon. De grootste winst is te boeken door vermindering van emissies van stikstofoxiden en ammoniak naar de lucht. Beleid hiervoor komt primair van 'Brussel' en daar lijkt een toenemende interesse te bespeuren voor een meer integrale benadering van de stikstofproblematiek en ook voor gebruik van kosten-batenanalyses. Omdat het grote publiek en ook de overheden nog onbekend zijn met de omvang en samenhang van stikstofproblemen, en ook vanwege de politieke focus op economisch herstel, is er nu geen groot urgentiegevoel voor nieuw en slimmer stikstofbeleid. Maar straks ligt dat mogelijk anders en we hopen dat de ENA zijn waarde zal bewijzen.

#### Referenties

1. The European Nitrogen Assessment: Sources, Effects and Policy Perspectives. Sutton MA, Howard CM et al. (eds) ISBN: 9781107006126. Cambridge University Press. April 2011
2. Erismann, JW, Sutton MA, Galloway J, Klimont Z, Winniwarter W. 2008. How a century of ammonia synthesis changed the world. Nature Geoscience 2008: 636-639. (Zie ook Erismann, 2010. Kunstmest voedt helft wereldbevolking; in special 'Voedsel: van grond tot mond' in Milieu nr. 7-2010)
3. Brink C, H van Grinsven, BH Jacobsen, A Rabl, I-M Gren, M Holland, Z Klimont, K Hicks, R Brouwer, R Dickens, J Willems, M Termansen, G Velthof, R Alkemade, M van Oorschoot and J. Webb. Costs and benefits of nitrogen in the environment Chapter 22, in Sutton, Howard et al. (eds) "European Nitrogen Assessment", Cambridge University Press, April 2011
4. Landbouw-Economisch Bericht 2010. Berkhout, P. en C. van Bruchem (red.). LEI-rapport 2010-013

Zie verder ook informatie op [www.nine-esf.org](http://www.nine-esf.org), [www.n-print.org](http://www.n-print.org), [www.initrogen.org](http://www.initrogen.org), waar onder meer de ENA, NitroGenius, de N-visualisation tool en de N-footprint calculator te vinden zijn.



*Schuimvorming op het strand van Texel door bloei van de microalg phaeocystis onder invloed van teveel nitraat in het Noordzeewater*