

# De stikstofproblematiek vanuit de wetenschap benaderd

Factsheet Parlement & Wetenschap

Jan Willem Erisman

Hoogleraar Integrale Stikstofstudies, VU Amsterdam

Directeur Louis Bolk instituut

24-09-2019

## Inleiding

Er ligt een opdracht om te komen tot een oplossing voor de stikstofproblematiek op de korte én lange termijn, waarbij een goede balans tussen economische activiteiten en de daardoor beïnvloede publieke waarden (zoals natuurkwaliteit, maar ook klimaat, biodiversiteit, bodem-, lucht- en waterkwaliteit) wordt gevonden. Dit vergt een integrale aanpak.

De uitspraak van de Raad van State heeft laten zien dat de huidige wetenschappelijke onderbouwing van het PAS en van het stikstofbeleid in den brede onvoldoende is en dat de bescherming van de natuur gebaat is bij een betere, wetenschappelijk verantwoorde aanpak.

In deze notitie wordt ingegaan op twee hoofdvragen:

- Wat is een mogelijke denkrichting voor oplossingen?
- Is de wetenschappelijke onderbouwing voldoende om de uitvoering en implementatie van die oplossingen te duiden en te volgen?

## Hoofdboodschappen

Er wordt veel geschreven over welke projecten er stilgelegd worden en waarom; over het grote maatschappelijk belang van deze projecten en over de zoektocht naar oplossingen (door de drie verantwoordelijke ministers, de commissie Remkes en juristen) om toch zo snel mogelijk weer tot vergunningverlening over te kunnen gaan. De vraagstukken waar het doorgehaalde PAS Nederland voor stelt, zijn duidelijk geen eenvoudig op te lossen probleem. Er zijn weinig oplossingen. Alleen de zogeheten ADC-toets biedt een juridische escape; projecten die we belangrijk verklaren voor de maatschappij mogen op die grond wel doorgang vinden. Het fundamentele probleem wordt er niet door opgelost.

De kern van het probleem is dat er zowel te veel nieuw reactief stikstof in eigen land geproduceerd wordt als vanuit andere landen ons land binnenkomt. Denk aan de invoer van krachtvoer voor de veehouderij, kunstmest en verbranding van fossiele brandstoffen. Als we die allemaal op nul zouden zetten hadden we geen stikstofprobleem (en ook veel minder andere milieuproblemen). Dat kan niet omdat we willen autorijden, vlees eten en ruim wonen.

Bij een heel groot aantal van deze kleine bronnen komt reactief stikstof in de lucht wat optelt tot een te grote hoeveelheid die neerslaat in de natuur. Wat stikstof in de landbouw doet, doet het ook in de natuur: het bevordert de groei van snel groeiende planten ten koste van de biodiversiteit, die ook nog eens aangetast wordt door de verzuring van de bodem. Dit ongeacht de herkomst van deze stikstof: uit de landbouw of van fossiele brandstoffen.

Stikstofverlies draagt ook nog eens bij aan alle andere milieueffecten: achteruitgang van de waterkwaliteit, van de luchtkwaliteit (fijnstof, NO<sub>x</sub>, ozon), klimaatverandering en zelfs de afbraak van de ozonlaag in de stratosfeer. Er is wel een verschil in gedrag tussen de stikstof uit de verschillende bronnen, waardoor de landbouw relatief meer bijdraagt aan de depositie op natuurgebieden dan de stikstofoxiden, ondanks het feit dat de emissie van stikstofoxiden tweemaal hoger is dan van ammoniak. In de bijlage wordt dat nader toegelicht.

Er is de afgelopen jaren veel gebeurd om de stikstofuitstoot te verminderen, vooral door technische maatregelen als stalaanpassingen, luchtfilters, het afdekken van mestopslagen, het onderwerken van mest in de landbouw en drijweg- en andere katalysatoren bij verkeer en industrie. Maar dit gaat allemaal voorbij aan het basisprobleem: er concentreert zich te veel reactief stikstof in het land, dat accumuleert en leidt tot verliezen naar de lucht, bodem en water en veroorzaakt daarmee luchtverontreiniging (NO<sub>x</sub>, fijnstof) en overbelasting van de bodem, het water en de natuur.

Een structurele en integrale oplossing van het stikstofvraagstuk bestaat uit twee onderdelen:

- Verklein de stikstofdeken door de stikstofkraan dicht te draaien en
- zet in op gebiedsgericht beleid rondom de Natura 2000-gebieden, met in achtneming van de verlaagde stikstofdeken.

De stikstofdeken kan verkleind worden door om te beginnen alle sectoren eenzelfde reductieopgave te geven, bijvoorbeeld: 25% in 2025 oplopend tot 50% in 2040. Een halvering van de stikstofemissies is nodig om het Nederlands aandeel in de stikstofdepositie tot de kritische depositiewaarden terug te brengen. Dan is de natuur voldoende beschermd tegen stikstof mits ook het buitenland een steentje bijdraagt. Inzet door alle sectoren op eenzelfde percentage geeft draagvlak en zorgt voor een meer integrale aanpak.

De invulling van de reducties door de sectoren die voornamelijk NO<sub>x</sub> uitstoten kan direct gekoppeld worden aan het klimaatakkoord. De maatregelen om broeikasgassen te verminderen die ook NO<sub>x</sub> verminderen zouden voorrang moeten krijgen. Voorbeelden zijn het versneld invoeren van duurzame energie als zon en wind, maar geen biomassa (want dat zorgt juist bij verbranding voor extra NO<sub>x</sub>), elektrisch vervoer en transport (dat mag ook op waterstof zijn). Over dit soort maatregelen bestaan al afspraken en daar is draagvlak voor.

Voor de landbouw betekent het dichtdraaien van de stikstofkraan een vermindering van krachtvoer en kunstmest met diezelfde percentages. De verliezen van stikstof naar het milieu gaan dan evenredig naar beneden - zelfs nog meer omdat de stikstofefficiëntie groter wordt. De reductie van kunstmest en buitenlands krachtvoer zal de landbouwproductie raken doordat er minder vlees en melk geproduceerd kunnen worden. Op die manier stuur je efficiënt op stikstofvermindering en op kringlooplandbouw, maar laat je de invulling bij de landbouw zelf.

Om tot kunstmest- en krachtvoerreductie te komen zal er een landbouwakkoord moeten komen waarin hierover afspraken worden vastgelegd. Dit vergt een verdere aanscherping en invulling van de visie van minister Schouten met harde afspraken over kringlooplandbouw. Het voordeel van afspraken over krachtvoer- en kunstmestreductie is dat automatisch ook broeikasgassen, bestrijdingsmiddelen, biodiversiteit en waterproblematiek worden aangepakt. Daar moet dan ook op gestuurd worden met gericht stimuleringsbeleid, bijvoorbeeld met subsidies.

De stikstofdeken verkleinen biedt nog onvoldoende bescherming voor de Natura 2000-gebieden en extra gebiedsgericht beleid is dus nodig. In veel gebieden is zonering een optie. Maak nabij die gebieden de landbouwbedrijven natuurinclusief of volledig kringloop-gesloten, zodat de stikstofdruk wordt weggenomen.

## **Kunnen we de daling van de stikstofdepositie op natuurgebieden en (kosten) effectieve maatregelen voldoende wetenschappelijk vaststellen?**

### **Inleiding**

Een belangrijke en steeds terugkerende vraag is of de stikstofdepositie gedaald is en of deze daling de komende jaren doorzet. De uitspraak van de Raad van State over het Programma Aanpak Stikstof (PAS) in mei 2019 heeft laten zien dat de huidige wetenschappelijke onderbouwing van het PAS onvoldoende is en dat de bescherming van de natuur gebaat is bij een beter verantwoorde wetenschappelijke aanpak. De modelberekeningen voorspellen een daling van de stikstofdepositie, terwijl de concentratiemetingen van de afgelopen jaren juist eerder duiden op een stijging. Dit verschil in de trend roept vragen op en er zijn veel belangen mee gemoeid. De voorspelde daling gedurende de afgelopen jaren is niet aantoonbaar gerealiseerd en daarmee kan dus ook niet aannemelijk gemaakt worden dat de daling in de toekomst wel aantoonbaar is. Tot dat moment kan geen ruimte voor bedrijfsontwikkeling in het PAS gegeven worden, immers: er kan niet voldaan worden aan de eis vanuit de Habitatrichtlijn om Natura 2000-gebieden voldoende bescherming te geven. Het doel van het stikstofbeleid, waar het PAS onderdeel van is, is om beschermde stikstofgevoelige natuurgebieden te herstellen en tegelijkertijd rondom deze gebieden ruimte voor economische ontwikkeling te creëren. De realisatie van het economische doel, waarbij dan ook toename van de depositie als gevolg van bedrijfsactiviteiten zou optreden, is hierbij alleen mogelijk onder de voorwaarde dat de natuurdoelen gewaarborgd zijn.

Al jaren is er discussie over de onderbouwing en evaluatie van het ammoniakbeleid en dat heeft geleid tot grote tegenstellingen (zie bijlage voor een overzicht en de achtergronden). Hierdoor kunnen belangrijke beleidsvragen niet beantwoord worden. Voorbeelden hiervan zijn de specifieke bronbijdragen aan de depositie, de effectiviteit van bepaalde maatregelen, en de verandering in ecologische kwaliteit van Natura 2000-gebieden. Er is behoefte aan een kritisch assessment van de huidige stand van kennis om vervolgens aan te geven wat volgens de wetenschap de mogelijkheden zijn om daling van de depositie aantoonbaar te maken, voldoende te kunnen volgen en om effectieve maatregelen in de praktijk te kunnen toetsen (bijlage). Ook is er grote behoefte om de huidige modellen en meetnetten aan te vullen met satellietwaarnemingen, met andere modelontwikkelingen en met ecologische waarnemingen. Stikstofdepositie is gekoppeld aan de emissies van reactief stikstof en daarmee aan bronnen van menselijke en natuurlijke origine. Uiteindelijk gaat het om de kwaliteit van de natuurgebieden en daarmee dus in belangrijke mate over het voorkomen van soorten en de samenhang ertussen (ecosysteemkwaliteit of natuurdoeltypen). Het gaat er dus ook over of er voldoende relatie gelegd kan worden tussen de afname van stikstofdepositie en een verbetering van de natuurkwaliteit met in achtnaam van beheersmaatregelen.

De centrale vraag is hoe (huidige en nieuwe) metingen en modellen voor een vanuit wetenschappelijk perspectief voldoende nauwkeurige bepaling van de huidige en verwachte stikstofdepositie kunnen worden toegepast op Natura 2000-gebieden. Hoe kunnen we met voldoende zekerheid stellen dat de stikstofdepositie daalt als gevolg van het reeds in gang gezette en voorgenomen beleid? Ook is er behoefte aan de verbeterde kwantificering van emissies en effectiviteit van maatregelen om de emissies te beperken. Daarnaast is de vraag

of de vermindering van de stikstofdepositie leidt tot in stand houden of verbetering van de natuurkwaliteit.

Als basis voor een gedragen langetermijnoplossingsrichting voor de stikstofproblematiek is het essentieel om de noodzakelijke wetenschappelijke basis te versterken en het benodigde wetenschappelijke en praktijkgerichte onderzoek op een gecoördineerde manier uit te voeren. Hierbij kan worden voortgebouwd op de meest recente bevindingen uit nationaal en internationaal onderzoek (rapporten en publicaties), satellietwaarnemingen, het Lotos-Euros model en ecologische waarnemingen. Het PAS gaat weliswaar over de totale stikstofdepositie maar de meeste discussie vindt plaats over de bijdrage daaraan van de landbouw. Dit komt omdat het RIVM stelt dat de concentratiemetingen van stikstofoxiden en de emissies van die componenten op landelijke schaal dezelfde trend volgen<sup>1</sup>. Er wordt van uitgegaan dat ook de stikstofoxidendepositie met het verspreidingsmodel OPS<sup>2</sup> (het hart van Aerius) voldoende wordt beschreven. Het depositieproces van stikstofoxiden kent de nodige onzekerheid, waardoor een kritisch assessment ook hierop van toepassing moet zijn. Hierna worden de onderzoeksvragen en de onderzoekbehoefte gegeven gevolgd door een plan van aanpak.

### Doelstelling

Doelstelling van dit voorstel is om een onderzoeksprogramma op te stellen voor de beantwoording van de volgende korte- en langetermijnonderzoeksvragen:

1. Wat is de huidige wetenschappelijke stand der kennis voor de bepaling van de stikstofdepositie en de trend daarin op Natura 2000-gebieden?
2. Welke modellen, metingen en kennisinfrastructuur zijn nodig om de stikstofdepositie met voldoende nauwkeurigheid te volgen en voorspellen?
3. Wat zijn de ecologische effecten van de stikstofdepositie en hoe zijn die de afgelopen jaren veranderd?
4. Wat zijn effectieve maatregelen om te komen tot significante stikstofdepositiereductie en hoe kan de reductie aantoonbaar gemaakt worden?
5. Welke sturingsmogelijkheden zijn er voor beleid om stikstofdepositie te verminderen op basis van scenario's, stikstofplafonds en internationale ontwikkelingen?

### Aanpak en opzet programma

De volgende activiteiten worden voorzien binnen dit programma:

1. Assessment huidige stand der kennis en instrumentarium (modellen, metingen, kennisinfrastructuur). Identificeren van verbreding van de wetenschappelijke basis voor beoordeling van stikstofdepositie op basis van nationaal en internationaal onderzoek
2. Innovatieve aanpak waarbij metingen, satellietwaarnemingen en modellen worden geïntegreerd om zo nauwkeurig mogelijk de emissie en depositie van stikstofcomponenten te kunnen bepalen. Hiertoe wordt afgeweken van de huidige praktijk om te rekenen op basis van jaargemiddelden en met een hoge tijdsresolutie. Daardoor wordt het mogelijk de nieuwste meettechnologieën (MiniDoas-LML, satellietwaarnemingen, etc.) te interpreteren.

---

<sup>1</sup> Zie RIVM rapport 2018-0163

<sup>2</sup> OPS: Operationele Prioritaire Stoffen

3. Evaluatie van de maatregelen om stikstofoxiden- en ammoniakemissie te verminderen met in achtnaam van de nieuwste bevindingen en internationaal onderzoek.
4. Inventarisatie van integrale maatregelen en hun effectiviteit en manieren om ze te beoordelen.
5. Opzet van een effectief monitoringprogramma.
6. Bepalen van scenario's, stuurmogelijkheden, N-plafonds, etc.

Opzet en uitvoering programma:

- Stuurgroep met interdepartementale vertegenwoordiging, boerenorganisaties, agroketen
- Onafhankelijke programmaleiding door programmabureau
- Onderzoeksprogramma uitgevoerd door samenwerking van groot aantal kennisinstellingen en universiteiten samen olv programmabureau. Uitvoering door VU, TNO(-ECN), TU Delft, Boerenverstand, Louis Bolk Instituut, de Vlinderstichting, UU, RIVM, WUR, TU Delft, e.a.

Stap 1: uitwerken programma op basis van onderzoeksvragen medebepaald door stakeholders door een in te stellen stikstofprogrammabureau.

## Bijlage 1 - Verspreiding van ammoniak en stikstofoxiden

De mate van verspreiding van ammoniak is afhankelijk van het type bron en de atmosferische omstandigheden. Ammoniak dat vrijkomt van de mest die wordt uitgereden op het land verspreidt veel minder snel in de menglaag dan het ammoniak dat uit mechanisch geventileerde stallen wordt uitgestoten, omdat deze op grotere hoogte in de lucht wordt gebracht. Dit is de reden waarom na de grote smog-ramp in 1952 in Londen, waarbij vele mensen het leven lieten, de hoge-schoorstenen-politiek is ingevoerd: hoe hoger de schoorsteen, des te groter de verspreiding en verdunning van het gas. De gassen kwamen daardoor niet meer in hoge concentraties in de steden voor, maar het gevolg was wel dat er zich elders, in dit geval in Scandinavië, langzamerhand verzuringsproblemen gingen voordoen.



*Figuur*      *Verspreiding van ammoniak in de atmosfeer*

Voor de verspreiding van  $\text{NH}_3$  en  $\text{NO}_x$  is het dus van belang te weten uit welk type bron ze afkomstig zijn en in welke hoeveelheden. Over het algemeen worden vier typen bronnen onderscheiden: wegen, stallen, industriële - en oppervlaktebronnen (beweiding en aanwending). Eenmaal in de lucht worden ammoniak en  $\text{NO}_x$  meegevoerd door de wind en turbulente luchtbewegingen, waardoor het gas snel in de atmosfeer wordt verspreid. Dit proces is te vergelijken (en te illustreren) met de verspreiding van een rookpluim van bijvoorbeeld een kampvuur of uit een schoorsteen: de pluim wordt door de wind meegevoerd en tegelijkertijd verdund. Na enkele kilometers is er van de rook niets meer te zien, terwijl deze nog wel te ruiken is. De figuur illustreert de belangrijkste processen die zorgen voor de verspreiding van  $\text{NH}_3$  in de atmosfeer. Deze verdunning heeft plaats in de menglaag. Transport van  $\text{NH}_3$  naar de daarboven gelegen vrije troposfeer is er nauwelijks. Dit is enerzijds het gevolg van de slechte uitwisseling tussen de twee lagen, maar belangrijker is de goede oplosbaarheid van  $\text{NH}_3$  in regendruppels evenals de snelle reactie van  $\text{NH}_3$  met zuren, waarbij  $\text{NH}_4^+$ -zouten worden gevormd. Een van die zuren is salpeterzuur, dat gevormd kan worden uit  $\text{NO}_x$ . De chemie van  $\text{NO}_x$  in de atmosfeer is veel complexer dan die van ammoniak en de oplosbaarheid is veel slechter. De samenvoeging van  $\text{NO}_x$  via salpeterzuur met ammoniak leidt tot fijnstof en maakt een groot deel uit van fijnstof in Nederland.

De depositie van  $\text{NO}_x$ ,  $\text{NH}_3$  en de verbindingen (fijnstof) hangt af van de zogenaamde depositiesnelheid en de concentratie van de stof: hoe hoger beide, hoe hoger de depositie. De depositiesnelheid van  $\text{NH}_3$  is verreweg het hoogst en omdat het voornamelijk afkomstig is uit bronnen aan de grond vlakbij natuurgebieden is de concentratie daar ook hoog. Hierdoor levert ammoniak een grote bijdrage aan de depositie. Ondanks die hoge lokale bijdrage is er door de verspreiding en verdunning ook altijd een bijdrage over lange afstand

aan de depositie, maar die wordt wel snel kleiner. Voor stikstofoxiden is dat iets anders: de depositiesnelheid is vrij laag, waardoor het transport naar verder weg veel groter is. Het verschil tussen NO<sub>x</sub> en NH<sub>3</sub> depositie is goed te zien als je de uitstoot vergelijkt met de mate van depositie: de totale NO<sub>x</sub>-uitstoot is ongeveer twee keer die van ammoniak in Nederland, maar de depositiebijdrage op natuurgebieden is een factor vier lager. Van de totale uitstoot in Nederland gaat twee derde naar het buitenland, hierin is de bijdrage van NO<sub>x</sub> veel groter dan die van NH<sub>3</sub>.

Referenties:

Erismán, J.W. (2000) *De vliegende geest*. Ammoniak uit de landbouw en de gevolgen voor de natuur. BetaText. ISBN 90-75541-06-6.

Erismán, J.W. and Draaijers, G.P.J. (1995) Atmospheric deposition in relation to acidification and eutrophication. *Studies in Environmental Research* 63, Elsevier, the Netherlands.

## Bijlage 2 - Assessment van de huidige stand der kennis over trends in stikstofdepositie

### Historie

Al sinds 1994 is er discussie over enerzijds de emissieschattingen op basis van metingen van ammoniak in de lucht en anderzijds interpretatie van die meetgegevens met behulp van modellen; het zogenaamde ammoniakgat. Er is veel onderzoek gedaan naar de oorzaken ervan d.m.v. veldexperimenten en verdere modelontwikkeling. In 2015 heeft een internationale review plaatsgevonden<sup>3</sup> in opdracht van het ministerie van Economische Zaken waarin de wetenschappelijke basis van de discrepantie tussen emissies en ammoniakconcentraties kritisch onder de loep is genomen.

In de review werd aangegeven dat de veranderende chemische samenstelling van de atmosfeer en de verandering van klimaat van grote invloed zijn op de ammoniakconcentraties in de atmosfeer, en het ammoniakgat voor een groot deel kunnen verklaren. De chemie bepaalt namelijk hoeveel ammoniak er omgezet wordt in fijnstof, maar ook de 'zuurgraad' van het oppervlak die afhangt van hoeveel ammoniak er neerslaat'. Het reviewteam concludeerde ook dat 'het OPS-model als empirisch statistisch model deze invloeden onvoldoende kan modelleren omdat het niet uitgaat van massabehoud bij de interactie tussen verschillende stoffen'. Ofwel, door verandering van de chemische omzettingsparameters in het model kun je weliswaar voor ammoniak tot verbeterde concentratieschattingen komen, maar dat kan niet getoetst worden aan de stoffen die door de interactie tussen de verschillende emissies (SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> en NH<sub>3</sub>) gevormd worden. Het reviewpanel heeft dan ook geadviseerd om andere modellen te gebruiken die wel recht doen aan de interactie tussen stoffen.

Overigens, het OPS-model, dat het hart vormt van het in het PAS gebruikte AERIUS-systeem, werd door het reviewteam wel als adequaat beschouwd om op lokale schaal de invloed van de verandering in emissie op de naastgelegen natuurgebieden te modelleren. Dit komt omdat de chemie van de atmosfeer hier een verwaarloosbaar effect heeft.

Na de review zijn de volgende publicaties verschenen die ingaan op het verschil tussen metingen en modelresultaten op basis van emissieschattingen. Van Zanten et. al. (2017) hebben de metingen op een rij gezet en komen tot de conclusie dat de geschatte emissiedaling tussen 1993 en 2004 door metingen bevestigd kan worden, maar dat de lichte stijging in de metingen tussen 2004 en 2014 slechts voor een derde verklaard kan worden door verandering van de chemie van de atmosfeer, en dat de andere twee derde stijging niet verklaard kan worden. Wichink Kruit et al. (2017) bevestigen dit op basis van onzekerheidsanalyse van het model in vergelijking met metingen. De kaarten die gebruikt worden voor de bepaling van de stikstofdepositie worden voor ammoniak daarom gecorrigeerd met een factor die bepaald wordt door de vergelijking tussen metingen en modellen. Zo wordt gecorrigeerd voor onzekerheden in emissies en modellen die voortkomen uit bijvoorbeeld fraude met mest, onzekerheden in emissiefactoren, etc.

---

<sup>3</sup> Sutton e.a. 2015



In de bijlage van de kamerbrief van minister Schouten van 14 januari jl<sup>4</sup> zijn twee rapporten opgenomen die ingaan op de emissietrend. Uit de rapportage over trendanalyse 2005-2016 door het RIVM komt naar voren dat het verschil in trend tussen emissies en concentratie voor ca. drie vierde deel verklaard kan worden uit chemie, co-depositie en meteorologie, kortweg: zaken die volgens het RIVM niets met de emissie te maken hebben. Dat is dus net iets anders dan eerder aangegeven (zie hierboven). Wel blijft er dus een verschil in trend over van een kwart en dat komt zeer waarschijnlijk door emissies. Daar heeft de Commissie Deskundigen Meststoffenwet (CDM) een kritische analyse over geschreven. Zij constateert dat er mogelijk drie onzekerheden zijn die allemaal leiden tot hogere emissies: stalemissies, de mestafzet buiten Nederland, en de ammoniakemissie bij mesttoediening. Wanneer hiervoor gecorrigeerd wordt komt de emissie zo'n 20 kiloton hoger uit, is er geen sprake van een emissiedaling en kan OPS de ammoniakmetingen simuleren waardoor geen sprake meer is van een ammoniakgat.

### **Analyse van de huidige stand der kennis**

In deze analyse wordt eerst gekeken naar het gebruik van metingen. Idealiter worden alleen metingen gebruikt voor onafhankelijke toetsing van beleid. Aangezien dit voor de stikstofdepositie, maar ook voor de ammoniakconcentratie niet mogelijk is, wordt een model ingezet dat volgens de huidige stand der kennis en gevalideerd de huidige situatie kan simuleren en vervolgens ook iets kan zeggen over toekomstige ontwikkelingen. Tot slot wordt gekeken naar het gebruik van het model voor de bepaling van de stikstofdepositie.

### *Metingen*

Idealiter wordt de stikstofdepositie op een zodanige manier gemeten dat hieruit conclusies getrokken kunnen worden over de veranderingen in depositie, en daarmee over het risico op effecten in Natura 2000-gebieden t.a.v. de stikstofbelasting. Dit is echter onmogelijk. Ook voor de ammoniakconcentratie als maat voor de depositie geldt dat het aantal metingen heel groot moet zijn, gezien de ruimtelijke en temporele variatie van ammoniak.

Toch wordt veel waarde gehecht aan de metingen en aan de aanname dat de ammoniakconcentratie in de lucht de beste indicator is om de emissieverandering te volgen. Deze laatste aanname wordt nog eens getoetst en bevestigd door Wichink Kruit et al. (2017). Echter, aangezien er een model nodig is om de trend in de luchtconcentratie te verklaren, kunnen ammoniakconcentraties alleen geen direct inzicht geven in de veranderingen in emissies en depositie. Dan zou immers de trend in concentratie gelijk zijn aan die in de emissie, en de beide recente rapporten van RIVM en CDM laten zien dat dit niet zo is en verklaren ook waarom.

De ammoniakconcentratie in de lucht is een resultante van vele evenwichtsprocessen die van temperatuur, vocht en chemie afhankelijk zijn. Als de temperatuur hoger is vervluchtigt er meer ammoniak uit mest, maar is ook de droge depositie lager en zit er minder ammonium in fijnstof en in regenwater. Het gevolg is dat je een veel hogere ammoniakconcentratie meet, terwijl de depositie lager is. Hetzelfde geldt ook andersom. De ammoniakconcentratie sec is dus niet de directe maat voor emissieveranderingen, maar ook niet voor depositieveranderingen als het gaat om relatief kleine veranderingen in emissies.

---

<sup>4</sup> <https://www.rijksoverheid.nl/documenten/kamerstukken/2019/01/14/kamerbrief-over-verschillende-toezeggingen-over-ammoniak>

In het verleden zijn er grote veranderingen in emissies opgetreden door het ammoniak- en mestbeleid. Vanaf 1985 is duidelijk een afname zichtbaar van zowel de natte depositie als van de concentratie van ammoniak en aerosolen (fijnstof) in de lucht. Deze afname was zo groot dat variaties in chemie of meteorologie over meerdere jaren geen rol speelden en met zekerheid gesteld kon worden dat de emissies gedaald waren<sup>5</sup>. Sinds het begin van deze eeuw is er weliswaar beleid gevoerd, maar het effect daarvan is relatief klein geweest, waardoor de ammoniakconcentratie en -depositie veel meer ook door andere processen wordt beïnvloed (chemie en meteorologie).

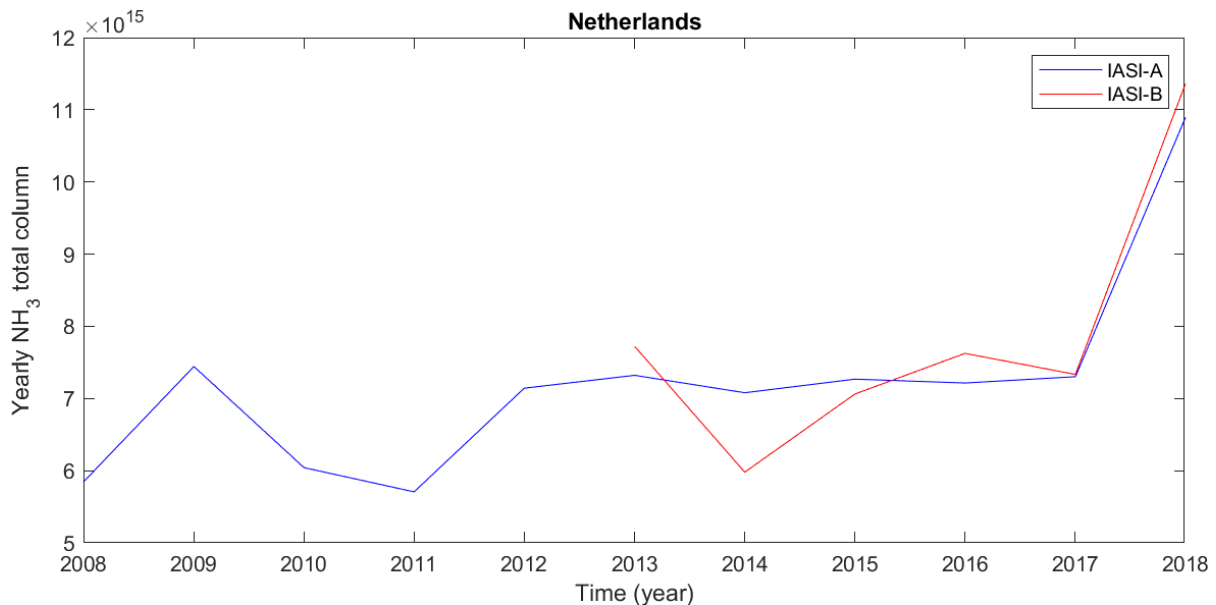
Recent is er een kritische discussie gestart over de statistische interpretatie van de LML-gegevens<sup>6</sup> met name over de vraag of het gemiddelde of de mediaan gebruikt zou moeten worden. Ook werd de representativiteit van de meetstations ter discussie gesteld vanwege de verandering in emissiebronnen rond de meetpunten. De vraag is of door de toevoeging van de MAN-metpunten (Meetnet Ammoniak in Natuurgebieden) aan het LML wel tot een representatief beeld van de verandering in ammoniakemissies in Nederland gekomen kan worden. Dit is nog niet onderzocht. Er is wel een eerste analyse gedaan door de VU Amsterdam van het gebruik van satellietwaarnemingen van ammoniak, sinds 2007 beschikbaar voor Nederland<sup>7</sup>. Satellietwaarnemingen kunnen een bijdrage leveren aan de interpretatie van de trends, omdat er ruimtelijk een betere dekking is (heel Nederland op een schaal van 12x12 km). Echter, de dekking in de tijd is beperkt tot wolkenloze dagen, de satellieten meten de hele kolom tussen satelliet en aardoppervlak en de satelliet komt op twee vaste tijdstippen over. Hier is nog doorontwikkeling nodig voordat satellietwaarnemingen ingezet kunnen worden als monitoringsinstrument. Bemoedigend is dat de maandelijkse variatie in ammoniakconcentraties van satellieten goed overeenkomen met de gegevens van het MAN en LML, waarbij de niveaus van LML (mediaan of gemiddelde) duidelijk hoger liggen dan die van het MAN en satellietwaarnemingen en de laatste twee dezelfde orde van grootte geven. De vraag blijft nog wel open of veranderingen in puntbronnen in intensieve (hoge-emissie)gebieden door het MAN voldoende gevolgd worden?

---

<sup>5</sup> Zie bv Erisman et al. 2001a, 2001b, 2005, 2011, 2015

<sup>6</sup> LML: Landelijk Meetnet Luchtkwaliteit

<sup>7</sup> Erisman en Dammers, 2017



Figuur: jaargemiddelde concentraties van ammoniak over Nederland, bepaald aan de hand van de IASI-satellietwaarnemingen (Van Damme et al. In prep.).

### Modellering

Aangezien er geen metingen zijn van de totale stikstofdepositie op de Natura 2000-gebieden moet voor een inschatting in de veranderingen in depositie een model gebruikt worden. Het model is ook essentieel om de emissieschattingen van verschillende bronnen te koppelen aan de waarnemingen en andersom, zodat verklaard kan worden welke maatregelen effectief zijn en wat de toekomstige ontwikkeling van de depositie zal zijn bij invoering van bepaalde maatregelen. Hiermee is de kwaliteit van het model bepalend voor de interpretatie van de metingen en voor het vaststellen van de depositie. Als het model goed is kan daarmee het effect van de toekomstige emissieveranderingen op de depositie ook met een bepaalde nauwkeurigheid berekend worden.

Modelontwikkeling gebeurt op basis van theorie en kan een bijdrage leveren aan de interpretatie van metingen en van de veranderingen in emissies. Validatie met metingen is daarbij essentieel, maar dan moet het wel zodanig uitgevoerd worden dat het model en de parameters in het model onafhankelijk getoetst worden. Een voorbeeld is dat je de metingen in tweeën splitst en de ene set gebruikt voor kalibratie en modelverbetering en de tweede voor onafhankelijke toetsing of dit ook een verbetering opgeleverd heeft. Dit is tot op heden niet op deze manier gedaan. Mede gezien het feit dat OPS een empirisch statistisch model zonder massabehoud is (zie review van Sutton) kan dit mogelijk tot een vervlechting van model en meting leiden, waardoor het model weliswaar goede resultaten laat zien voor de situatie tot op heden, maar niet per definitie goede resultaten voor de toekomst voorspelt.

Tot op heden stelt het RIVM dat het door de correctie van de modelresultaten met metingen geen probleem is dat de metingen en modelberekeningen niet goed overeenkomen. De toepassing van correctiefactoren, zoals de NEMA<sup>8</sup>-correctie, op

<sup>8</sup> NEMA: National Emission Model for Agriculture

stalemissies t.g.v. niet goed functionerende luchtwassers, of de correctiefactor op de depositie gebaseerd op luchtmetingen, maar ook de jarenlange kalibratie van het model met dezelfde set metingen, heeft geleid tot een model met correcties, dat de concentratiemetingen volgt en daarmee per definitie niet bruikbaar is voor de toekomst. Daar komt bij dat nog onvoldoende is onderzocht wat de representativiteit van de metingen is wat betreft individuele stations en de MAN- en LML-stations tezamen en wat de onzekerheden zijn en het effect van nieuwe meetmethoden op trendbreuken. Ook is er nog grote onzekerheid in de emissieschattingen als het gaat over implementatiegraad en effectiviteit van maatregelen, zoals blijkt uit het recente CDM-rapport. De analyse van CDM laat zien dat er systematische onzekerheid zit in de emissieschattingen die allemaal leiden tot hogere emissies dan tot nog toe voorspeld (20 kiloton boven op de 120 kiloton) en dat er eigenlijk geen sprake is van emissiedaling. Nu het erop lijkt dat de aangepaste emissies samen met het aangepaste model het hele ammoniakgat zouden kunnen verklaren, is het de vraag of er nog correctiefactoren nodig zijn. Waar in de rapporten nog niet bij stil is gestaan is dat meteorologie niet alleen de verspreiding beïnvloedt, maar ook de emissies zelf: hogere temperaturen leveren doorgaans hogere emissies. Als er geen goede invoer van het model is, is er ook sprake van onzekere uitkomsten. Het model heeft daarom onvoldoende voorspellende waarde voor wat betreft de depositie.

Meer gedetailleerde modellen, zoals het LOTOS-EUROS model, rekenen transport, omzettingen en depositie massabehoudend<sup>9</sup> door op uurbasis. Nieuwste studies laten zien dat de detaillering van de emissies uit stallen en mesttoediening, en met name de timing daarvan, tot verbeterde overeenstemming met metingen leidt (Hendriks et al., 2015). Het uitrijden van mest op graslanden vindt op andere momenten plaats dan voor maïsteelt. Daarnaast zijn de emissies van varkenstallen vrijwel continu, terwijl die van koeien een grote seizoensvariatie kennen. Door de emissies van verschillende agrarische activiteiten verder te detailleren en door de modeluitkomsten te vergelijken met LML-metingen en satellietdata wordt het mogelijk om de emissiegegevens van deze activiteiten in verschillende regio's te beoordelen. Hiertoe moet dus worden afgeweken van de huidige praktijk om met jaargemiddelden te werken.

### *Stikstofdepositie*

Voor stikstof moet er uitgegaan worden van behoud van massa en dus zijn massabalansen het beste instrument om vast te stellen of wat in een systeem gaat er ook weer uitkomt. Dit kan op het niveau van bedrijf, regio, land of continent. Alle verliezen dienen dan in balans gebracht te worden met de invoer. Voor metingen en modelgebruik betekent dit dat alle 'uitgangen van het model' met metingen moeten worden afgedekt. Dat gebeurt echter niet. Hierbij ontbreekt het vooral aan droge depositiemetingen. De metingen hiervan worden de komende jaren uitgebreid, wat een goede ontwikkeling is. Hierdoor komt er meer inzicht in de depositieprocessen en kan mogelijk de depositie op locaties beter gevolgd worden. Het zou goed zijn om deze metingen uit te breiden tot de totale depositie.

Aangezien de depositieberekening volledig afhankelijk is van het model, zou hier meer aandacht aan besteed moeten worden, bijvoorbeeld door meerdere modellen te vergelijken, internationale kennis te gebruiken en door inzet van Nederlandse modellen als

---

<sup>9</sup> Wat era ls emissive ingaat in het model moet er volgens de massabalans ook weer als depositie uitkomen

toets voor buitenlandse situaties. Dit kan meer vertrouwen geven in de huidige modellering. Internationaal is ook onderkend dat de stikstofdepositie, ook in relatie tot de koolstofvastlegging in bossen, een van de grootste onzekerheden is.

### **Conclusie**

Het is duidelijk dat de ammoniak-, ammoniumconcentraties en de natte depositie sinds 1985 zijn afgenomen. Aangezien alle metingen wijzen op afname betekent dit dat de Nederlandse emissiebronnen ook afgenomen zijn, omdat de Nederlandse bronnen het meest bijdragen aan de emissies. Deze afname is namelijk zo groot dat die ver boven de invloed van de chemie en meteorologie uitstijgt en er dus met zekerheid gezegd kan worden dat de emissies ook zijn afgenomen. Hierdoor is het ook aannemelijk dat de stikstofdepositie is afgenomen. Over het algemeen geldt ook dat als de Nederlandse emissies afnemen, de depositie ook afneemt.

Er is echter niet met zekerheid te zeggen of en, zo ja, hoe groot de afname is geweest in de afgelopen jaren vanaf 2004, omdat er sindsdien nog slechts relatief kleine emissieveranderingen optraden en de andere componenten die een effect hebben op de ammoniakconcentratie ook zijn veranderd. Daarbij kan onvoldoende worden vastgesteld welke maatregelen in deze periode het meest effectief zijn. Vanuit de analyse kan geconcludeerd worden dat de LML- en MAN-metingen vooralsnog onvoldoende zijn om de verandering in de emissies en deposities te kunnen bepalen zonder inzet van een model. Het model moet steeds opnieuw met metingen gekalibreerd worden om recht te doen aan de veranderende omstandigheden. In de laatste rapportages komen modelresultaten goed overeen met de metingen en lijkt het model in staat om de ontwikkelingen tot nog toe te simuleren. Hiertoe zijn ook bijstellingen van de emissies noodzakelijk geweest om een betere overeenkomst tussen model en metingen te krijgen. Hieruit blijkt dat de depositie de afgelopen jaren niet is gedaald.

Voor de toekomst is niet bekend wat er verandert in omstandigheden, bijvoorbeeld als gevolg van klimaat of landgebruik, waardoor het model minder geschikt is voor de voorspelling van toekomstige ontwikkelingen in emissies, concentraties en depositie van ammoniak. Zolang er onvoldoende begrip is van de trends in metingen, inclusief de onzekerheid in die metingen, en zolang modelresultaten nog steeds gecorrigeerd moeten worden, is een uitspraak over toekomstige depositieveranderingen bij autonoom beleid niet hard te maken. Er is dan ook niet met voldoende zekerheid te zeggen dat de in het PAS geclaimde toekomstige emissiereducties gehaald worden. Verder is door het ontbreken van voldoende structurele ecologische waarnemingen ook niet hard te maken dat de natuurkwaliteit verbeterd of in standgehouden wordt.

Dit laat onverlet dat het Aerius-systeem, met het OPS-model als verspreiding- en depositiemodel, wel bruikbaar is om te toetsen of een toename in de emissie leidt tot extra depositie op een naburig Natura 2000-gebied. De onzekerheden in een dergelijke berekening zijn relatief klein als het gaat om de verspreiding en de invloed van de chemie. De onzekerheid in de depositie is relatief groot, maar aangezien voor alle situaties dezelfde beschrijving gebruikt wordt is het als instrument voor het beleid goed bruikbaar.

Vanuit deze analyse kan aanbevolen worden om de depositiemetingen voldoende uit te breiden zodat ook meer naar de massabalansen gekeken kan worden, meerdere modellen te gebruiken voor de modellering van emissie en depositie die gebaseerd zijn op massaconsistentie (ook in internationale context) en om een systematische analyse te doen van de onzekerheden in de metingen en modelresultaten waarbij niet alleen naar de ammoniakconcentraties gekeken wordt.