

**Notitie****Aan**

Commissie Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit

**Van**

Prof. Dr. M. Schaap, Dr. E. Dammers

**Onderwerp**

Rondetafeldebat kwaliteit stikstofcijfers

**Aanleiding**

Deze notitie beoogt een aantal vragen te beantwoorden die TNO op 27 januari 2022 ontving van de Commissie Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit met betrekking tot de kwaliteit van de cijfers die centraal staan in het stikstofdebat. De vier gestelde vragen zijn:

- Wat is de kwaliteit van de informatie die nu beschikbaar is over de hoeveelheid stikstofdepositie in natuurgebieden?
- Wat zijn de belangrijkste onzekerheden in de metingen en de modellen? Wat is de oorzaak daarvan?
- Wat zijn de implicaties van de onzekerheden voor het stikstofbeleid en/of de vergunningverlening?
- Wat is er nodig om de kwaliteit van de metingen en de modellen te vergroten? Als u een ruim budget zou krijgen om de metingen of modellen te verbeteren, waar zou u dan als eerste op inzetten?

Deze notitie is richtinggevend en geeft op hoofdlijn antwoord op de gestelde vragen. Hierbij baseert TNO zich hoofdzakelijk op ervaring op dit werkteerrein in Nederland en Duitsland alsmede samenwerkingen binnen Europa en met Environment and Climate Change Canada. Meer gedetailleerde antwoorden en analyses kunnen bij interesse van de commissie in een vervolgstadium gegeven worden.

**Achtergrond**

Vermesting door depositie van stikstofverbindingen leidt tot een reductie van biodiversiteit in de natuur. Ook dragen deze stikstofverbindingen bij aan de vermindering van de luchtkwaliteit en geassocieerde gezondheidseffecten. Nederland behoort tot de regio's met de hoogste dichtheid van mensen, dieren en economische activiteit in Europa. Niet verwonderlijk zijn de Nederlandse emissies van stikstof per hectare het hoogst van Europa. Deze stikstofemissies omvatten voor 60% emissies van ammoniak (NH<sub>3</sub>) en voor 40% emissies van stikstofoxiden (NO<sub>x</sub>). De landbouw is verantwoordelijk voor 61% van de totale uitstoot van stikstof. Daarnaast dragen wegverkeer (15%), industrie (9%), niet-wegverkeer (6%) en huishoudens en kantoren (6%) ook substantieel bij aan de totale stikstof emissies. Het aandeel van deze Nederlandse sectoren in de depositie op natuurgebieden is niet gelijk aan deze relatieve bijdrages omdat ammoniak gemiddeld genomen dichter bij de bron neerslaat dan stikstofoxiden. De onzekerheden in de schattingen van de depositie op natuurgebieden als gevolg van de totale Nederlandse emissies, de buitenlandse emissies of die van een enkel project is relatief groot, hetgeen de bepaling van de effectiviteit van beleid en het draagvlak van dat beleid beïnvloedt.

Hieronder gaan we in op de vragen van de commissie. Voor additionele informatie verwijzen we naar een eerdere factsheet die we voor uw Kamer schreven ([Stikstofemissie en -depositie in Nederland | TNO](#)) en de rapporten van de commissies [Hordijk](#) en [Remkes](#).

Princetonlaan 6  
3584 CB Utrecht  
Postbus 80015  
3508 TA Utrecht

www.tno.nl

T +31 88 866 42 56  
F +31 88 866 44 75**Datum**

11 februari 2022

**Onze referentie**

&lt;vnr-ext&gt;

**Wat is de kwaliteit van de informatie die nu beschikbaar is over de hoeveelheid stikstofdepositie in natuurgebieden?**

Het antwoord op deze vraag is sterk afhankelijk van de schaal (nationaal, natuurgebied, hectare) waarop gekeken wordt. De onzekerheid in de depositieschattingen neemt met het gewenste detailniveau sterk toe. Tot nu toe is er relatief weinig aandacht besteed aan de onzekerheidsschattingen in de verschillende methodes en indicatoren voor beleidsondersteuning.

Stikstofdepositie betreft de hoeveelheid stikstofhoudende verbindingen die door directe opname in de vegetatie en de bodem (droge depositie) of door neerslag (natte depositie) uit de atmosfeer verwijderd wordt. Een uitdaging bij het bepalen van de kwaliteit van, of onzekerheid in, de depositieschatting is dat de daadwerkelijke depositie naar natuur niet bekend is omdat het meet-technisch moeilijk is de droge depositie te kwantificeren.

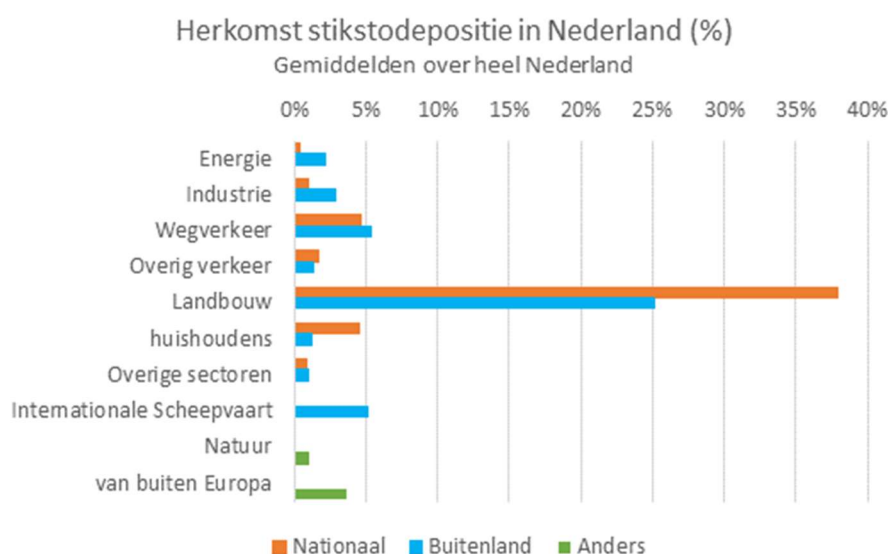
De relaties tussen emissies, concentraties en deposities wordt vooral gelegd door modellen. In Nederland wordt op nationale schaal met meerdere modellen gerekend (OPS, LOTOS-EUROS en EMEP). De kwaliteit van de berekeningen wordt met name beoordeeld door vergelijking met gemeten concentraties in de lucht, welke met name voor ammoniak een spreiding van ~20-40% laat zien voor ammoniak.

De maatschappelijke discussie over de bijdragen van de verschillende sectoren aan de totale stikstofdepositie waren voor ons aanleiding om vorig jaar aanvullende berekeningen te doen met ons eigen model LOTOS-EUROS. Dit model werkt iets anders dan de OPS-GDN-methodiek dat het RIVM hanteert. Er zijn duidelijk veel overeenkomsten in de resultaten. De volgorde en verhouding tussen de relatieve bijdragen van de binnenlandse sectoren zijn vrijwel gelijk. Het belang van de buitenlandse bijdragen (39%) en internationale scheepvaart (5%) wordt met LOTOS-EUROS hoger ingeschat. De totale nationale bijdrage is navenant wat lager (51%). De overeenkomstige resultaten zijn een indicatie voor de robuustheid van de brontoekenning. Echter, studies naar de plausibiliteit van de berekende bronbijdragen van (deel)sectoren aan depositie zijn bijna niet beschikbaar, hetgeen voor een deel te wijten is aan het gebrek aan de daartoe benodigde concentratiemetingen met voldoende tijdsresolutie.

**Datum**  
11 februari 2022

**Onze referentie**  
<vnr-ext>

**Blad**  
2/5



*Figuur 1. De relatieve bijdrage van verschillende sectoren aan de totale stikstofdepositie op Nederlands grondgebied zoals berekend met het LOTOS-EUROS model. Er is onderscheid gemaakt tussen nationale en buitenlandse bijdragen.*

## Wat zijn de belangrijkste onzekerheden in de metingen en de modellen? Wat is de oorzaak daarvan?

Het begrip van de stikstofproblematiek bevat essentiële onzekerheden in de bepaling van emissies, de bepaling van atmosferische concentraties en de processen die tot depositie leiden. Vermindering van deze onzekerheden zal de beoordeling van de effectiviteit van maatregelen en mitigatiestrategieën ten goede komen, zodat de juiste keuzes gemaakt kunnen worden. De onzekerheden hebben betrekking op:

- *De mate waarin de verspreiding en depositie van NH<sub>3</sub>, NO<sub>x</sub> en relevante reactieproducten wordt gemeten:* NH<sub>3</sub> is een reactief gas waardoor het meten van de concentratie in de lucht moeilijk is. In Nederland is het aantal stations waar uurgemiddelde concentraties gemeten worden op twee handen te tellen. Daarnaast zijn er circa 250 locaties in natuurgebieden waar maandgemiddelde waarnemingen van concentraties in de lucht gedaan worden. Natte depositie is eenvoudig te meten met regenvangers en er bestaan lange tijdreeksen op 10 locaties verdeeld over het land. Zoals reeds gezegd is droge depositie zeer moeilijk te meten en duur waardoor er (wereldwijd) een beperkt aantal studies beschikbaar is. Daarnaast worden een aantal relevante stikstofverbindingen (waaronder salpeterzuur) niet standaard gemeten. Daardoor is het onmogelijk om op basis van het huidige grondnetwerk een landelijk beeld te genereren en moeilijk om de modellen te controleren op de concentraties van alle relevante stoffen en processen, met name voor de droge depositie.
- *De kwaliteit van de gerapporteerde emissies van NO<sub>x</sub> en NH<sub>3</sub>:* Deze emissies worden zeer beperkt direct gemeten aan de bron; in vrijwel alle gevallen gaat het om schattingen door experts. Voor NH<sub>3</sub> emissies (uit landbouw) wordt door de [emissieregistratie](#) ingeschat dat de onzekerheid ongeveer 30% is en voor NO<sub>x</sub> emissies (uit transport, industrie, etc.) wordt ingeschat dat de onzekerheid ongeveer 20% is. De ruimtelijke verdeling van de emissies is echter veel onzekerder. Dit komt door de intrinsieke variatie in menselijk handelen, toegepaste technologieën en onzekerheden in bepaalde emissiesterktes, en doordat een aantal parameters die de ruimtelijke variatie systematisch beïnvloeden (zoals bodemtype) niet worden meegenomen. Daarnaast zijn de ammoniakemissies van jaar tot jaar sterk veranderlijk door het weer. Zo leiden warme voorjaren/zomers (2018, 2020) tot hogere emissies en concentraties, zie Fig. 2.
- *Het begrip van de processen die tot depositie leiden:* Voor het berekenen van totale depositie en de beoordeling van maatregelen worden modellen ingezet. Allereerst werken de onzekerheden in de emissies direct door in de berekende concentraties en deposities. Tussen de berekende stikstofdepositie en de herkomst ervan kunnen (op basis van dezelfde emissiegegevens) significante verschillen zitten. Dit komt voor een belangrijk deel door verschillen in de berekening van de droge depositie en de vorming van fijnstof<sup>1</sup>. Hierdoor is vooral de berekening waar de stikstof neerslaat (en dus welke natuur ermee belast wordt) aan onzekerheid onderhevig. Door meerdere modellen in te zetten wordt invloed van de onzekerheden in de onderliggende kennis zichtbaar.

Deze onzekerheden zijn inherent aan de stikstofproblematiek. Naast de in gang gezette intensivering van het meten van emissiefactoren in landbouw en verkeer, zouden de onzekerheden verminderd kunnen worden door: 1) detaillering van de droge depositie, 2) impuls aan modelvernieuwing, 3) ontwikkeling van een nationaal monitoringssysteem om de emissies te verifiëren op basis van satellietgegevens.

### Datum

11 februari 2022

### Onze referentie

<vnr-ext>

### Blad

3/5

<sup>1</sup> NH<sub>3</sub> en NO<sub>x</sub> reageren in de lucht met andere stoffen en vormen stikstofverbindingen die in de vorm van fijnstofdeeltjes over lange afstand getransporteerd worden. Op deze manier zorgen Nederlandse bronnen voor stikstofdepositie in het buitenland en buitenlandse bronnen voor depositie in Nederland.

**Wat zijn de implicaties van de onzekerheden voor het stikstofbeleid en/of de vergunningverlening?**

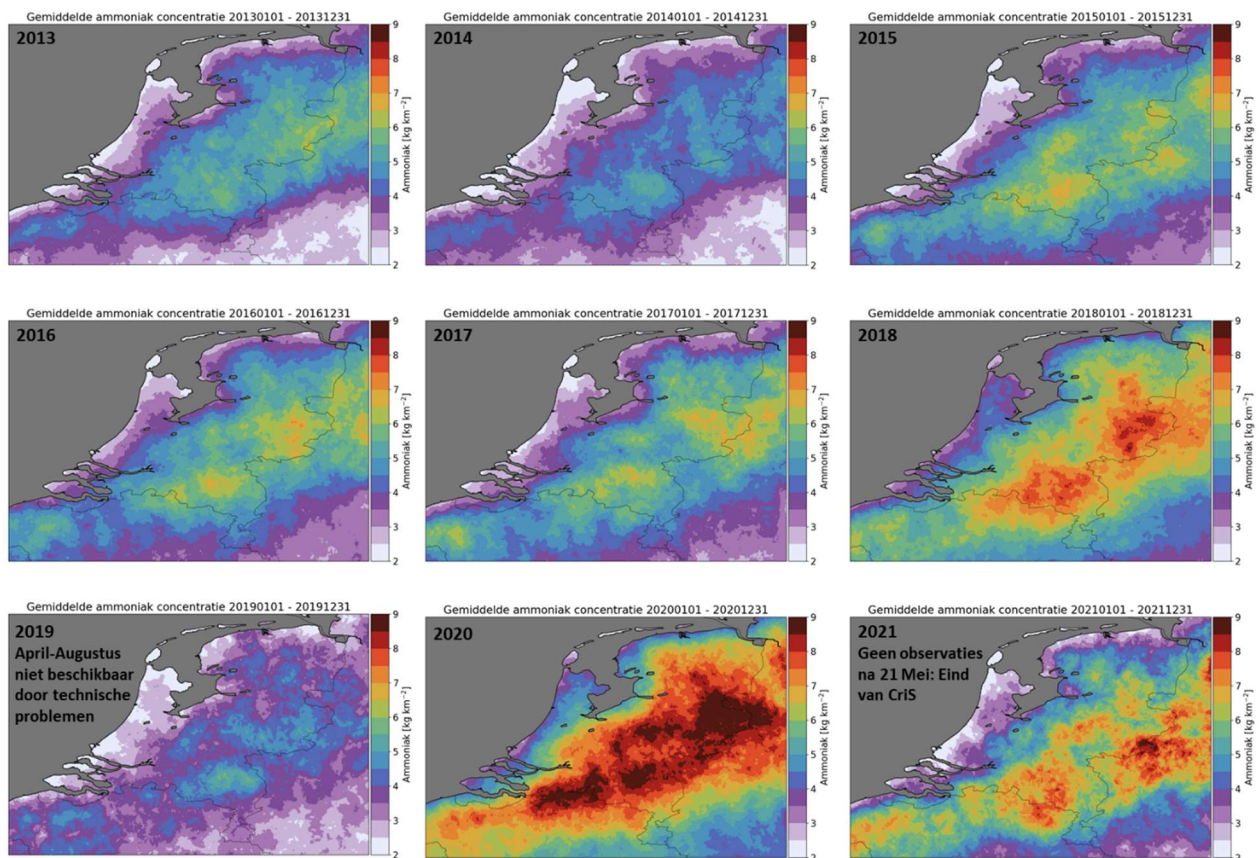
Dit is grotendeels een politieke en bestuurlijke vraag. Wel zijn gezien de doelstelling van de Stikstofwet en de mate van overschrijding van de kritische depositiewaarden grote emissiereducties noodzakelijk, waardoor ambitieus nationaal en internationaal bronbeleid gevoerd moet worden. Effectieve reductie van de stikstofdepositie zal zowel generieke als gebiedsgerichte aanpakken moeten combineren. Gezien de problematiek zal de (kosten-) effectiviteit van maatregelen afhankelijk zijn van de locatie ten opzichte van de kwetsbare Natura 2000-gebieden. Naarmate onzekerheden worden gereduceerd komen de daadwerkelijke emissie- en depositiewaarden dichterbij de waarheid te liggen hetgeen de (kosten-) effectiviteit van beleid vergroot en vergunningverlening vergemakkelijkt.

We willen op deze plaats benadrukken dat het uitruilen van emissies van ammoniak tegen die van stikstofoxiden (of andersom) zou kunnen leiden tot toekomstige mee- of tegenvallers, mochten de inzichten in het systeem van emissie, verspreiding, en depositie of de effectiviteit van maatregelen voor een van beide componenten veranderen.

**Datum**  
11 februari 2022

**Onze referentie**  
<vnr-ext>

**Blad**  
4/5



Figuur 2. Jaargemiddelde ammoniakvelden over Nederland zoals afgeleid van metingen met de Amerikaanse CrIS-satelliet. De kaarten geven de hoeveelheid ammoniak in een kolom lucht boven het oppervlak weer en illustreren dat de hoeveelheid ammoniak zeer variabel is in ruimte en tijd. De grondresolutie van CrIS bij een enkele overkomst is 12x12 Km<sup>2</sup>. Door een technisch mankement in 2019 en het einde van de levensduur in 2021 zijn deze jaren niet compleet. De eerste data van de opvolger (CrIS-2) komen binnenkort beschikbaar, met een meetreeks vanaf 2018.

**Datum**

11 februari 2022

**Onze referentie**

&lt;vnr-ext&gt;

**Blad**

5/5

**Wat is er nodig om de kwaliteit van de metingen en de modellen te vergroten? Als u een ruim budget zou krijgen om de metingen of modellen te verbeteren, waar zou u dan als eerste op inzetten?**

Om de kwaliteit van de stikstofcijfers sterk te verbeteren zouden wij inzetten op: 1) Beter meten van de droge depositie, 2) impuls aan modelvernieuwing, 3) ontwikkeling van een nationaal emissieverificatiesysteem op basis van grondmetingen en nieuwe satellietdata.

*Beter meten van de droge depositie*

De grootste onzekerheden in het meten en modelleren van stikstofdepositie is gerelateerd aan de droge depositie. Met de nieuwste meettechnieken is het veel beter mogelijk dan vroeger om deze experimenteel te bestuderen. Het is nodig om de technieken voor het meten van droge depositie van ammoniak, stikstofoxiden en deeltjes verder te ontwikkelen en deze toe te passen op verschillende vegetatietypen om de daadwerkelijke depositie vast te stellen en ter verificatie en verbetering van de procesbeschrijvingen in de modellen.

*Impuls aan modelvernieuwing*

De structurele verschillen tussen gemodelleerde en gemeten concentraties (en deposities) vraagt om een systematische inspanning om de tekortkomingen in de modellering te begrijpen en op te lossen. Op deze manier zijn de onzekerheden in het instrumentarium te verkleinen t.b.v. doelgericht beleid. Door gebrek aan financiering is hier de laatste tien jaar weinig voortgang geboekt. Een inhaalslag kan gemaakt worden door:

- Verbetering van de ruimtelijk-temporele variabiliteit in emissies van ammoniak en stikstofoxiden door de invloeden van en variaties in variabelen als bodemtype en landbouwpraktijk, het weer, en activiteitspatronen mee te nemen in de modellering;
- Detaillering van de berekeningsmethode voor droge depositie a.d.h.v. nieuwe rekenmethoden, vegetatiedata en procesmetingen (wereldwijd). Integratie van de emissie- en depositieberekening voor landbouwgronden vraagt specifieke aandacht;
- Een systematische review en testen van de nieuwste stand der kennis rond atmosferische chemie (fijnstofvorming; organisch stikstof, etc.);
- Deelname aan (internationale) modelvergelijkingen en uitwisseling van kennis.

*Ontwikkeling van een nationaal emissieverificatiesysteem*

Om de effectiviteit van het beleid te monitoren is het noodzakelijk om deze onafhankelijk te volgen op basis van satellietgegevens, grondmetingen en moderne rekentechnieken. Om gebiedsgericht emissies te kunnen kwantificeren zijn de volgende twee stappen gewenst:

- Het ontwikkelen van het systeem waarin op basis van metingen van de bestaande satellieten en het grondnetwerk uitspraken over de bijpassende emissiesterktes gedaan kunnen worden en de depositiekaarten geoptimaliseerd kunnen worden;
- Het ontwikkelen van een nieuwe satellietmissie die meerdere keren per week ammoniak boven Nederland en omliggende regio's kan meten met een resolutie ca. 1x1 Km<sup>2</sup> om landbouw- en Natura2000 gebieden te onderscheiden.

De interpretatie, evaluatie en verbetering van het meet- en rekeninstrumentarium is een continu proces, dat kan worden gestimuleerd door binnen Nederland in een multidisciplinair verband samen te werken met alle kennisinstellingen op dit dossier, ingebed in de (inter-) nationale wetenschappelijke gemeenschap. Deze benodigde impuls en samenwerking biedt ook de ruimte om een nieuwe generatie van stikstofexperts op te leiden om te borgen dat de relevante expertise in de toekomst beschikbaar is voor beleidsondersteuning.