DE BETEKENIS VAN DE ATMOSFEER IN HET 'STIKSTOFPROBLEEM'

Belangrijkste bevindingen

1. De emissie van ammoniak door de agrarische sector is de belangrijkste oorzaak van het stikstofprobleem in Nederland. Ruim 40% van de stikstofdepositie kan worden toegeschreven aan emissies door de agrarische sector in Nederland.
2. De atmosferisch-chemische eigenschappen van ammoniak zorgen ervoor dat een groot deel van de ammoniak (= 20-30%) op korte afstand (= minder dan tien kilometer) van de bron wordt gedeponeerd.
3. Beleid dat beoogt de stikstofdepositie in natuurgebieden te verminderen, is het meest gebaat bij beperking van de ammoniak-emissie door de agrarische sector, vooral daar waar bronnen en natuur vlak bij elkaar (=enkele tientallen kilometers) liggen.

LUVO-reeks no. 24
Ed Buijsman, oktober 2019
Contact ed.buijsman@xs4all.nl

Inhoud

Wat wordt er bedoeld met ‘stikstof’? 3
Waar komt het ammoniak in de lucht vandaan? 3
Waar komen de stikstofoxiden in de lucht vandaan? 6
Hoe doet Nederland het met de emissies in Europees verband? 7
Welke rol speelt de atmosfeer? 8
Hoe snel verdwijnt stikstof uit de atmosfeer? 9
Hoeveel stikstof komt op het Nederlandse oppervlak terecht? 9
Hoe is de depositie in Nederland vergeleken met andere landen? 11
Waar komt de ‘stikstof’ vandaan? 11
Wat wordt er aan reactief stikstof in lucht gemeten? 12
Wat is de rol van ‘modellen?’ 13
Kritische opmerkingen 13
Verklarende woordenlijst 14
Over de auteur 14
Noten 16

‘Stikstof’: het stikstofprobleem, de stikstofdepositie, en ga zo maar door. Deze notitie geeft een korte uitleg over de rol van de atmosfeer in het stikstofprobleem: om welke stoffen gaat het, om welke hoeveelheden, waar komt het vandaan en, een van de discussiepunten, hoe zit het met die modellen?

Wat wordt er bedoeld met ‘stikstof’?

Met ‘stikstof’ in de context van het stikstofprobleem wordt **reactieve stikstof** bedoeld.[1] **Reactieve stikstof** zit in **stikstofverbindingen**, dat is stikstof samen met andere bouwstenen van materie. Reactief betekent makkelijk reageren met andere stoffen. Als er wordt gesproken over het ‘stikstofprobleem’ dan worden daar meestal twee soorten reactief stikstof mee bedoeld: **ammoniak** (chemisch: NH_3, stikstof verbonden met waterstof, H) en **stikstof-oxiden** (Chemisch: NO_x, stikstof verbonden met zuurstof, O).[2-3]

De problemen, waar deze notitie zich op richt, zijn te herleiden tot de aanwezigheid van ammoniak en stikstofoxiden in de lucht, veel meer dan er van nature in hoort te zitten.

Waar komt het ammoniak in de lucht vandaan?

Verreweg het meeste ammoniak dat in Nederland in de lucht komt, is afkomstig van de agrarische sector. Maar liefst 88% draagt deze sector aan het totaal bij (*tabel 1, figuur 1*). De bron van dit ammoniak is grotendeels de veestapel in Nederland (*figuur 2*). Bij ‘veestapel’ moeten we vooral denken aan de mest waarvan bij ontleding ammoniak vrij komt. Bij de dieren levert het rundvee de grootste bijdrage, namelijk 56% (*tabel 1*).

Men zou dus kunnen denken dat het rundvee het grootste probleem vormt als we kijken naar de omvang van de emissie. Verminder het aantal koeien drastisch en het begin van een oplossing van het probleem is er. Dat klopt echter maar gedeeltelijk. De varkens en kippen zijn namelijk geconcentreerd in een beperkt aantal gebieden in Nederland. Dit betekent dat de emissie dus ook voornamelijk in deze gebieden plaats vindt. Het gaat om gebieden in het oosten van Noord-Brabant, het noorden en het midden van Limburg, de Gelderse Vallei en, in mindere mate, gebieden in de Achterhoek in Gelderland en in Twente in Overijssel (*figuur 3*).

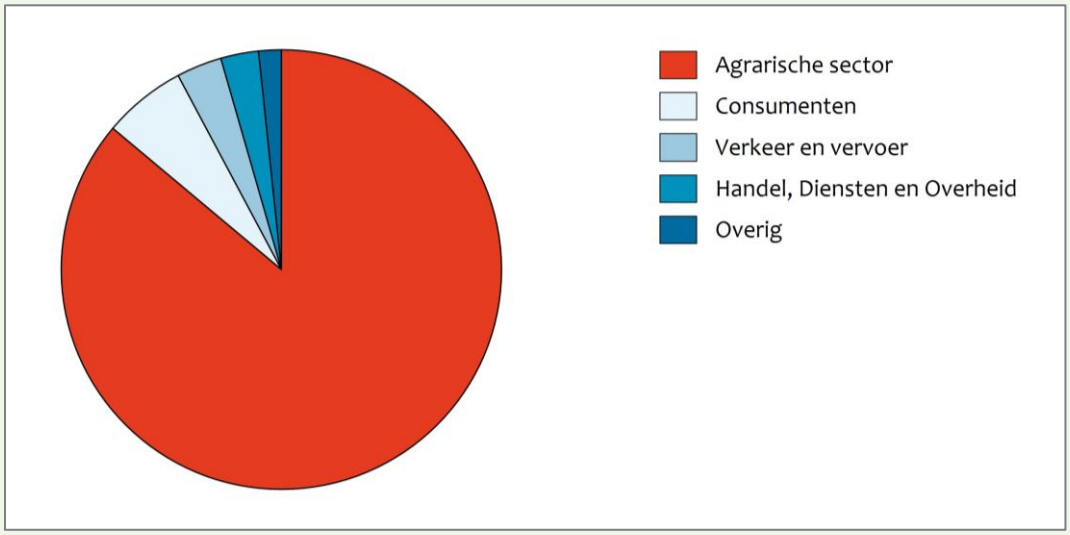
Tabel 1 Bijdrage van agrarische bronnen tot de ammoniakemissie in Nederland in 2017. Zie ook figuur 2. Bron Emissieregistratie.

Soort	Bijdrage (% van het totaal)
Rundvee	57
Varkens	18
Pluimvee	9
Schapen en geiten	2
Overig vee	1
Kunstmest en overig	1

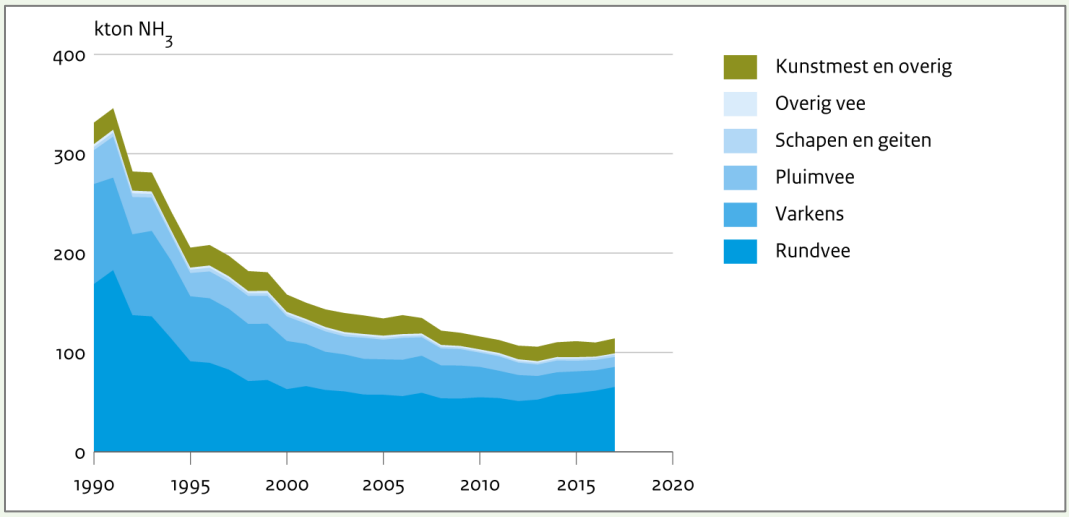
Het meeste ammoniak van de agrarische sector komt vrij uit stallen en bij de mestopslag (50%), gevolgd door uitrijden van de mest (35%). Bij beweiding komt maar weinig ammoniak vrij (<1%).[4] *Overigens zorgt de agrarische sector ook nog voor andere belangrijke milieuproblemen; deze vallen echter buiten het bestek van deze notitie*.[5]

Sinds 1990 is de emissie van ammoniak in Nederland met 64% gedaald. Volgens het Compendium voor de Leefomgeving is het gevolg van: ‘1) maatregelen zoals verbeterde voersamenstelling; 2) het gebruik van emissiearme stallen; 3) het afdekken van mestsilo's; en 4) het direct onderwerken van mest bij de aanwending.’[6]

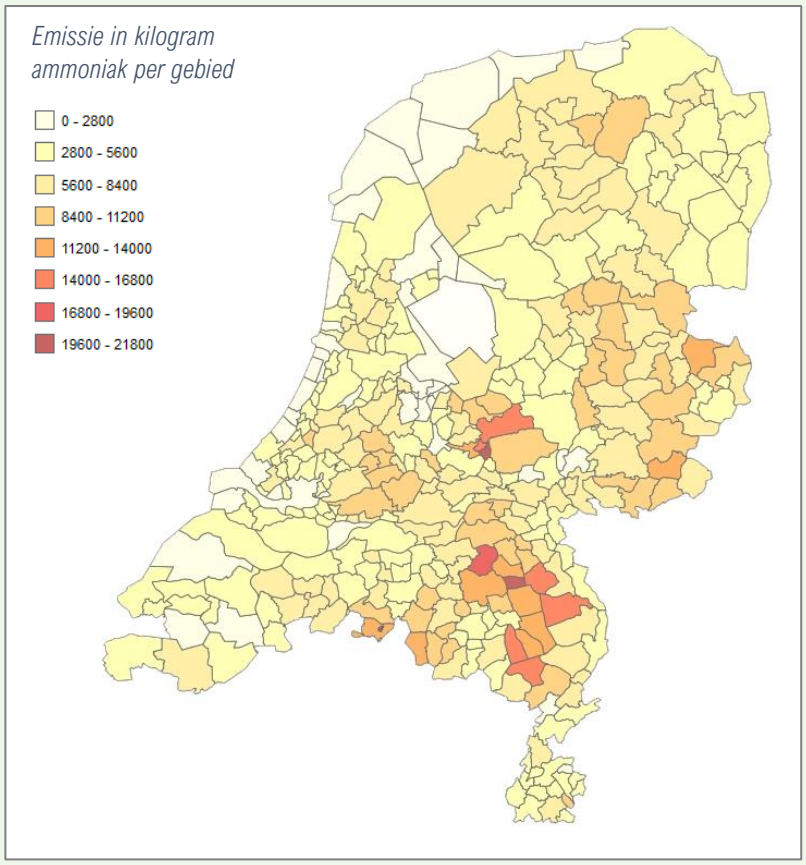
De **luchtconcentraties van ammoniak** in Nederland laten ook de ligging van de belangrijkste emissiegebieden zien (*figuur 4*). Het zijn de gebieden waar veel varkens en kippen zijn gehuisvest. Het rundvee is gelijkmatiger over Nederland verdeeld en geeft in de concentraties een soort Nederland brede ‘deken’ van ammoniak te zien.



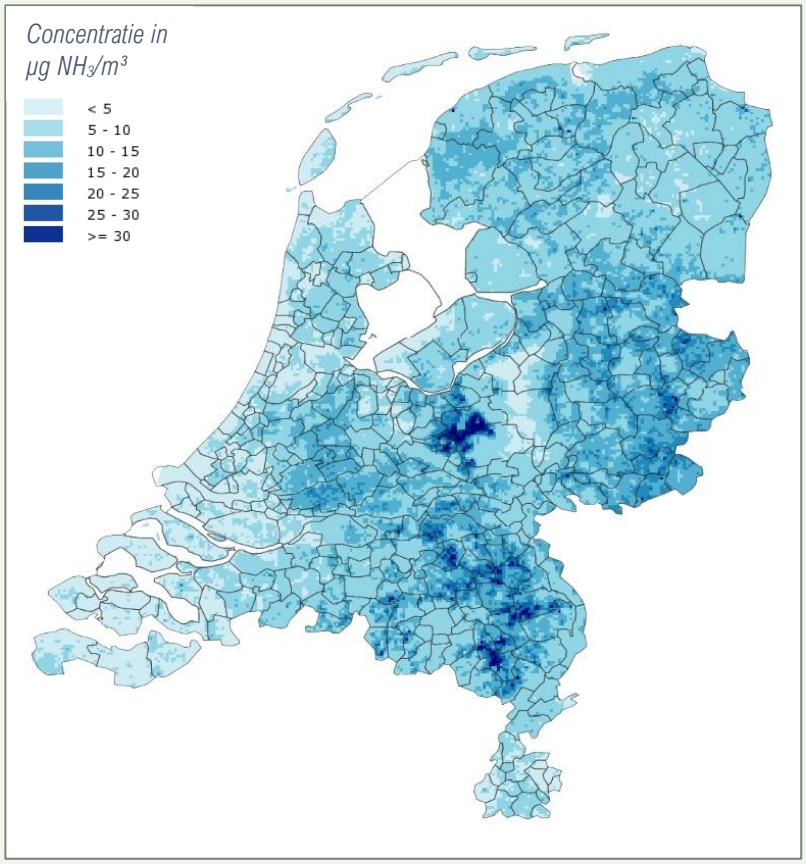
Figuur 1 Emissie van ammoniak naar lucht in Nederland in 2017. De agrarische sector is verreweg de belangrijkste bron met een aandeel van 86%. Bron Emissieregistratie.



Figuur 2 Emissie van ammoniak door de agrarische sector in Nederland, onderscheiden naar diersoort en kunstmest in de periode 1990-2017. 1 kton NH_3= 1 miljoen kilogram ammoniak. Bron Compendium voor de Leefomgeving.[7]



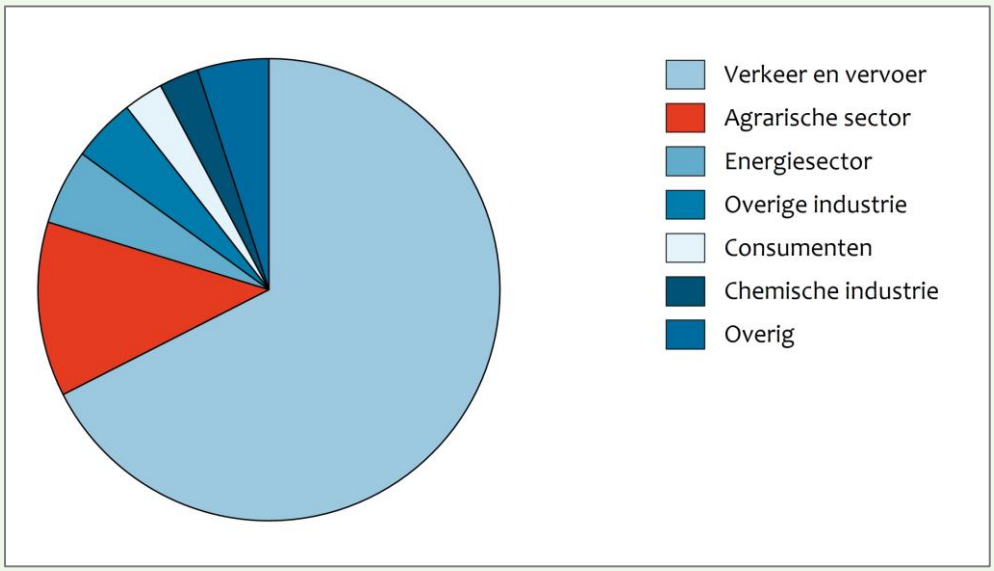
Figuur 3 Verdeling van de ammoniakemissie door de agrarische sector per gemeente over Nederland in 2017. De gebieden met intensieve veehouderij zijn goed herkenbaar. Bron Emissieregistratie.



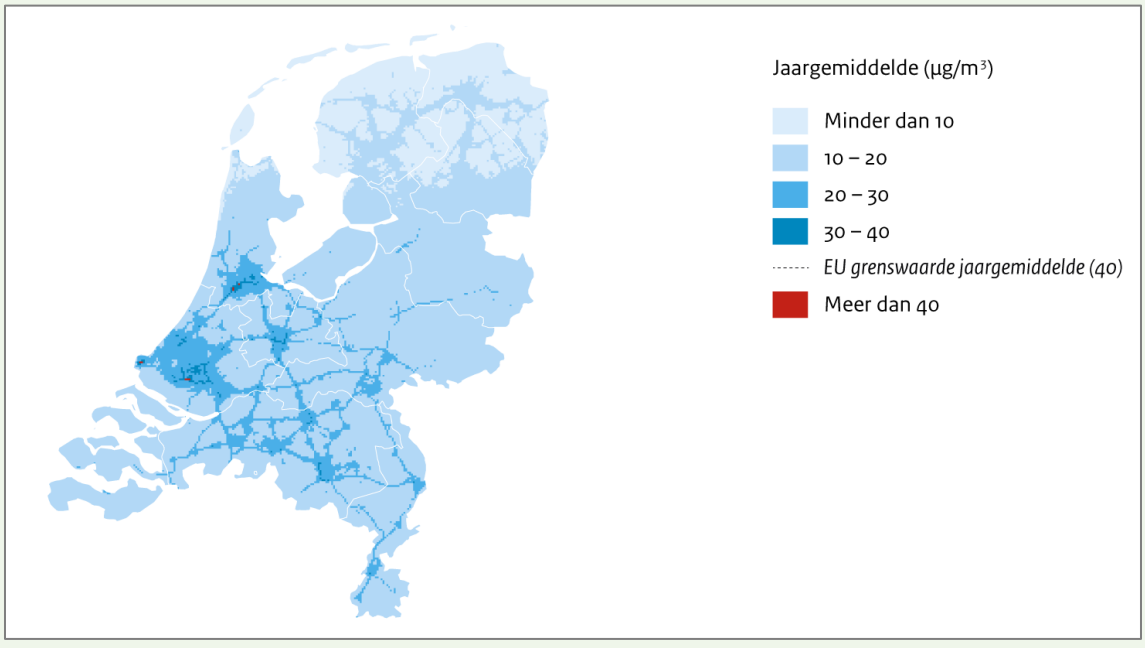
*Figuur 4 Concentraties van ammoniak in lucht in Nederland, 2018. Ook hier zijn de belangrijkste emissiegebieden, en dan met name de gebieden met intensieve veehouderij, goed herkenbaar. In oostelijk Noord-Brabant en Noord-Limburg komen maximale **jaargemiddelde** concentraties tot 30-35 µg NH_3/m^3 voor; in de Gelderse vallei zelfs tot 35-40 NH_3/m^3. Bron: RIVM, Grootschalige Concentratie Kaarten.*

Waar komen de stikstofoxiden in de lucht vandaan?

Het grootste deel van de stikstofoxiden komt in Nederland van het verkeer: 68%. De agrarische sector levert een verhoudingsgewijs bescheiden bijdrage met 12%, maar is daarmee wel de tweede bron (*figuur 5, 7*). De belangrijke bijdrage van het verkeer is ook terug te vinden in de luchtconcentraties (*figuur 6*). Stikstof en zuurstof in de lucht reageren niet met elkaar. De stikstofoxiden door het verkeer zijn het resultaat van de hoge temperaturen door de verbranding van brandstof in de motoren van voertuigen; deze maken de reactie tussen stikstof en zuurstof mogelijk. De katalysatoren in (vracht)auto's zijn in staat om wel een deel van de ontstane stikstofoxiden weg te nemen, maar niet alles dus.



Figuur 5 Emissie van stikstofoxiden naar lucht in Nederland in 2017. Het verkeer is de belangrijkste bron met een aandeel van 68%. De agrarische sector levert een bijdrage van 12%. Bron Emissieregistratie.



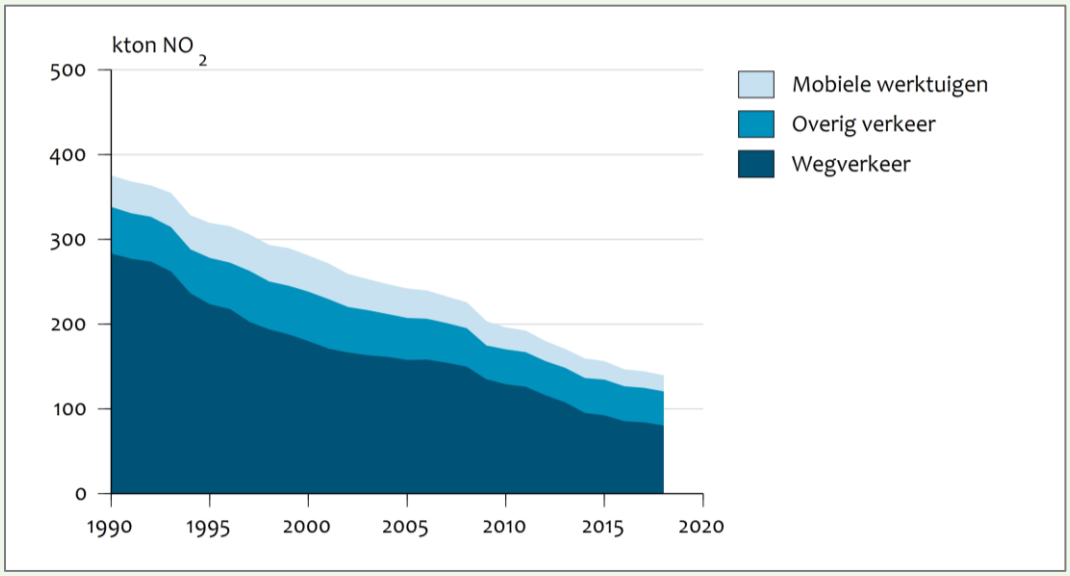
Figuur 6 Concentraties van stikstofdioxide in lucht in Nederland, 2017. Duidelijk zijn de belangrijke snelwegen in Nederland en het zwaar geïndustrialiseerde zuidwestelijke deel van Zuid-Holland en de Amsterdamse agglomeratie te herkennen. Bron Compendium voor de Leefomgeving, Stikstofdioxide in lucht, 1990-2017.

Hoe doet Nederland het met de emissies in Europees verband?

 Ammoniak Nederland doet het niet best als wordt gekeken naar de **dichtheid van de emissie**, de hoeveelheid ammoniak per oppervlakte-eenheid.[8] Nederland staat bovenaan. Nederland voldoet met de **totale emissie** ook net niet aan de Europese afspraken, het zogeheten **emissieplafond**. De emissie in Nederland mag totaal 128 miljoen kg per jaar bedragen; dat was in 2017 132 miljoen kg. De emissie van ammoniak in Nederland is sinds 1990 fors is gedaald en wel met 62% (*figuur 2*). Het Compendium voor de Leef-omgeving geeft als toelichting: ‘De afname tijdens de periode 1990-2013 is het gevolg van krimp van de veestapel, eiwitarm voer, afdekken van mestopslagen, emissiearm bemesten en emissiearme stallen. De grootste bijdrage levert emissiearme bemesting. Bij emissiearm bemesten vervluchtigt er weinig ammoniak, waardoor er meer stikstof in de bodem beschikbaar komt voor het gewas en er minder kunstmest nodig is. Sinds 2014 neemt, na een jarenlange daling, de uitstoot van ammoniak weer toe. De twee belangrijkste oorzaken voor deze stijging zijn de groei van de melkveestapel en de veranderde voedselsamenstelling voor het vee. Deze stijging werd voor een deel afgezwakt door schonere stalsystemen voor varkens en pluimvee.’[9] Er is dus veel bereikt, maar nog niet voldoende om de natuur in Nederland afdoende te beschermen.

 Stikstofoxiden Volgens het Compendium voor de Leefomgeving is de emissie van stikstof-oxiden sinds 1990 gedaald van 629 miljoen naar 246 miljoen kilogram, een afname van 61% (*figuur 7*). Het Compendium voor de Leefomgeving geeft als uitleg bij deze daling: ‘[…] daalt de emissie van stikstofoxiden vanaf 1990 door enerzijds het gebruik van driewegkatalysatoren in personen- en bestelauto's en anderzijds de toepassing van steeds schonere dieselmotoren met uitlaat-gasrecirculatie (EGR) en selectieve katalytische reductie (SCR). Deze laatste twee zijn vooral van belang bij zware bedrijfsvoertuigen.’[10]

Bovendien zullen ook als Nederland wel aan de Europese afspraken voldoet, de emissies van ammoniak en stikstofoxiden nog veel te hoog zijn om de natuur te beschermen.



Figuur 7 Emissie van stikstofoxiden naar lucht door mobiele bronnen in Nederland in de periode 1990-2018. Gegevens voor 2018 zijn voorlopig. Bron Compendium voor de Leefomgeving; zie Emissies naar lucht door verkeer en vervoer, 1990-2018.

Welke rol speelt de atmosfeer?

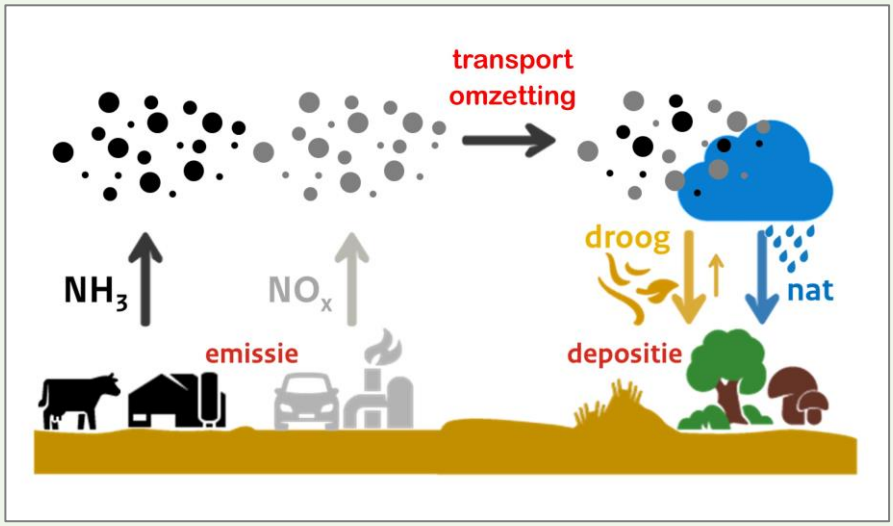
In de atmosfeer hebben we te maken met vier mechanismen: 1) **emissie**, de stof wordt in de lucht gebracht; 2) **transport**, stoffen worden in de atmosfeer verplaatst; 3) **omzetting**, stoffen kunnen in de atmosfeer in andere stoffen worden omgezet; en 4) **depositie**, stoffen worden uit de atmosfeer verwijderd (*figuur 8*).

 Emissie Beide stoffen, ammoniak en stikstofoxiden, worden grotendeels op **lage hoogte** in de atmosfeer gebracht. Ammoniak vanuit stallen en mestopslagen en stikstofoxiden door het verkeer. Dit is bijzonder relevant, omdat dit op leefniveau leidt tot hoge concentraties. De omvang van de emissie wordt berekend aan de hand van rekenvoorschriften.

 Transport Stoffen worden in de atmosfeer verspreid en getransporteerd door lucht-stromingen. De atmosfeer fungeert in zekere zin als een soort reactievat, waar stoffen worden ingebracht (‘Emissies’), chemisch kunnen worden omgezet (‘Omzetting’) en waar de stoffen weer uit verdwijnen (‘Depositie’). Emissie, verspreiding, omzetting en depositie worden berekend met atmosferisch-chemische transportmodellen.

 Omzetting Ammoniak en stikstofoxiden worden deels in de atmosfeer omgezet in andere stoffen. Een klein beetje atmosferische chemie is nodig om te begrijpen wat er gebeurt. Uit stikstofoxiden ontstaat onder andere **salpeterzuur**. Uit zwaveldioxide (SO_2) ontstaat onder andere **zwavelzuur** (H_2SO_4).[11] Beide zuren reageren met ammoniak dat daarbij wordt omgezet in aerosolen, zwevende vaste of vloeibare deeltjes in de lucht. Het gaat hier om ammoniumhoudende stoffen waarbij ammonium (NH_4^+) het omzettingsproduct van ammoniak is. Dit is van belang omdat aerosolen langer in de atmosfeer blijven en dus verder kunnen worden getransporteerd.

 Depositie Wat in de lucht zit kan eruit worden verwijderd door natte en door droge depositie. Natte depositie is een ander woord voor neerslag (regen, sneeuw), maar er valt ook dauw onder. **Natte depositie** kan voor sommige stoffen een efficiënte verwijdering betekenen, onder andere voor ammoniak, maar het regent maar zo’n 8% van de tijd. Veel meer wordt er verwijderd door de **droge depositie**, dat is de directe afzetting van stoffen vanuit de atmosfeer op water en bodem. De mate van de droge depositie is evenredig met de luchtconcentratie. Daarnaast is een grootheid ‘**depositiessnelheid**’ van belang; deze is voor ammoniak aanzienlijk hoger dan voor de stikstofoxiden. Dit betekent dat ammoniak snel (=dichtbij de bron) droog kan worden gedeponeerd, dit in tegenstelling tot de stikstofoxiden (en de aerosolen). Droge depositie is alleen werkzaam in de onderste meters van de atmosfeer. Na verloop van tijd zal menging naar hogere luchtlagen plaatsvinden.

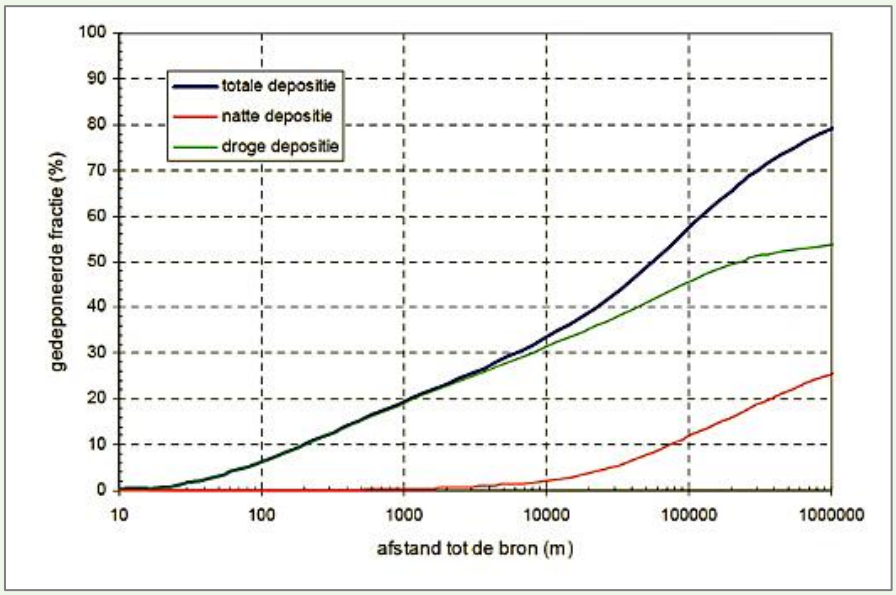


Figuur 8 Schetsmatige weergave van het proces van de emissie van ammoniak en stikstof-oxiden tot en met de depositie. Bron tekening: RIVM, aangepast.[12]

Hoe snel verdwijnt stikstof uit de atmosfeer?

Stikstofoxiden verdwijnen niet snel door natte of droge depositie. Ammoniak daarentegen heeft een hoge drogedepositiesnelheid en kan daarom snel verdwijnen door droge depositie; de verwijdering door neerslag is veel minder effectief (*figuur 9*). Het betekent dat van het ammoniak dat in de licht is gebracht, *gemiddeld* door droge depositie op een kilometer van de bron al 20% en op tien kilometer zelfs 30% van het ammoniak uit de atmosfeer kan zijn verdwenen. Dit verklaart ook dat in de nabijheid van gebieden met veel emissie zoveel depositie van stikstof plaatsvindt (*figuur 10 – 12*).

Uit onderstaande figuur is ook af te leiden dat op 100 kilometer van de bron weliswaar 60% van het ammoniak uit één bron is verwijderd, maar 40% dus nog niet. Dit houdt in dat Nederlandse bronnen van ammoniak ook een substantiële bijdrage aan de depositie in het buitenland leveren. Berekeningen in het kader van het *European Monitoring and Evaluation Programme (EMEP)* wijzen uit dat (voor 2016) van de Nederlandse ammoniakemissies 70% in het buitenland terecht komt. Zo komt bijvoorbeeld 20% van de Nederlandse ammoniakemissies in Duitsland terecht en dan vooral in het westelijke deel niet ver van de grens. [13] Voor stikstofoxiden is dit maar liefst 90%.



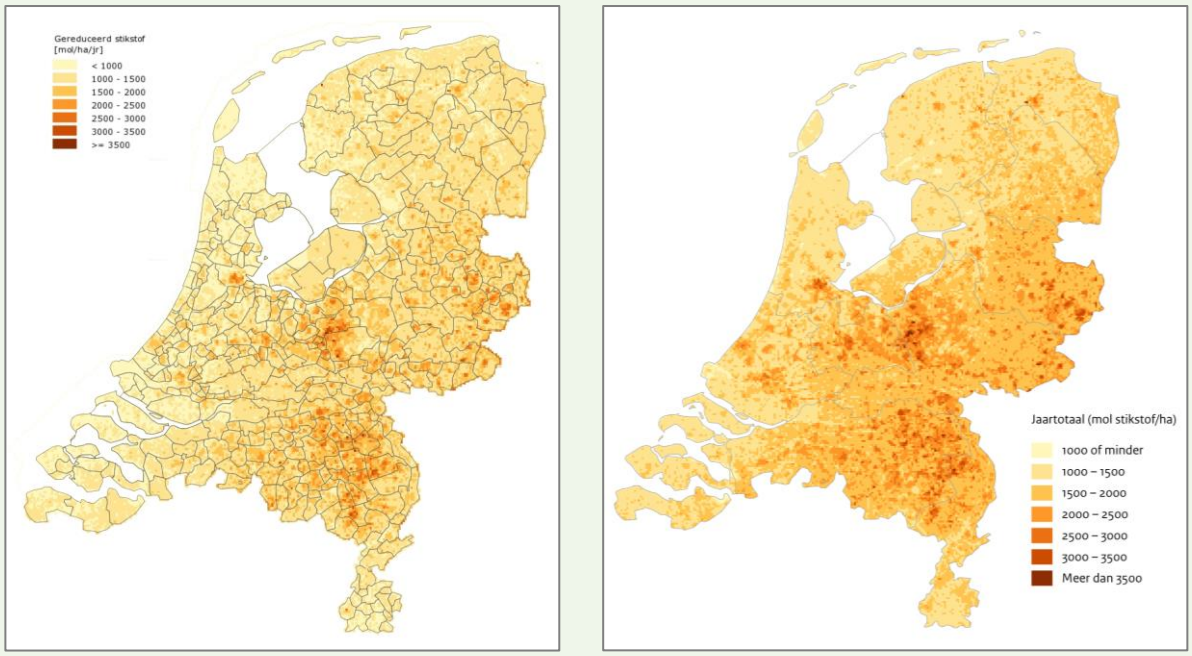
Figuur 9 Depositie van stikstof in de vorm van ammoniak en ammonium in relatie tot de afstand van de bron.[14]

Hoeveel stikstof komt op het Nederlandse oppervlak terecht?

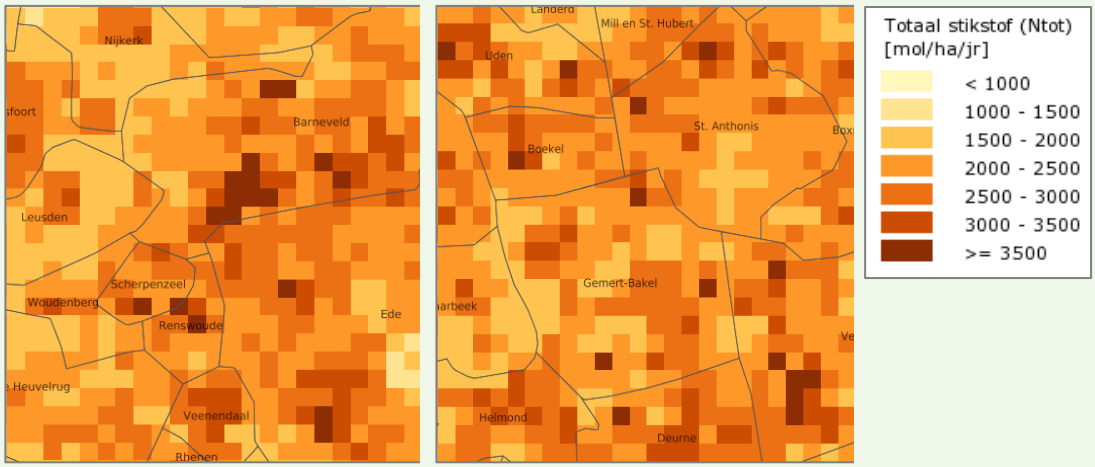
De gemiddelde stikstofdepositie bedroeg in Nederland 1.655 mol N/ha.jaar (≈23 kilogram stikstof). Er zijn echter grote, regionale verschillen. Zo ligt de depositie in grote delen van het kustgebied, de Waddeneilanden en de provincie Zeeland onder de 1500 mol N/ha.jaar (≈21 kilogram stikstof) en deels zelfs onder de 1.000 mol N/ha.jaar (14 kilogram stikstof). Daar staat tegenover dat vooral in de gebieden met intensieve veehouderij (Gelderse Vallei, oostelijk Noord-Brabant, noordelijk Limburg, Twente, Achterhoek (*figuur 10*) de depositie al gauw boven de 2.500 mol N/ha.jaar (35 kilogram stikstof) komt met hoogste waarden tot boven de 4.000 mol N/ha.jaar (56 kilogram stikstof).

De depositie in Nederland is gemiddeld hoog, maar wel al aanzienlijk lager dan de ca. 2700 mol N/ha.jaar (≈38 kilogram stikstof) in 1990 (*figuur 13*). Sinds dat jaar is er een reductie gerealiseerd van ca. 40%. Hoe dat is bereikt, is hiervoor al besproken.*

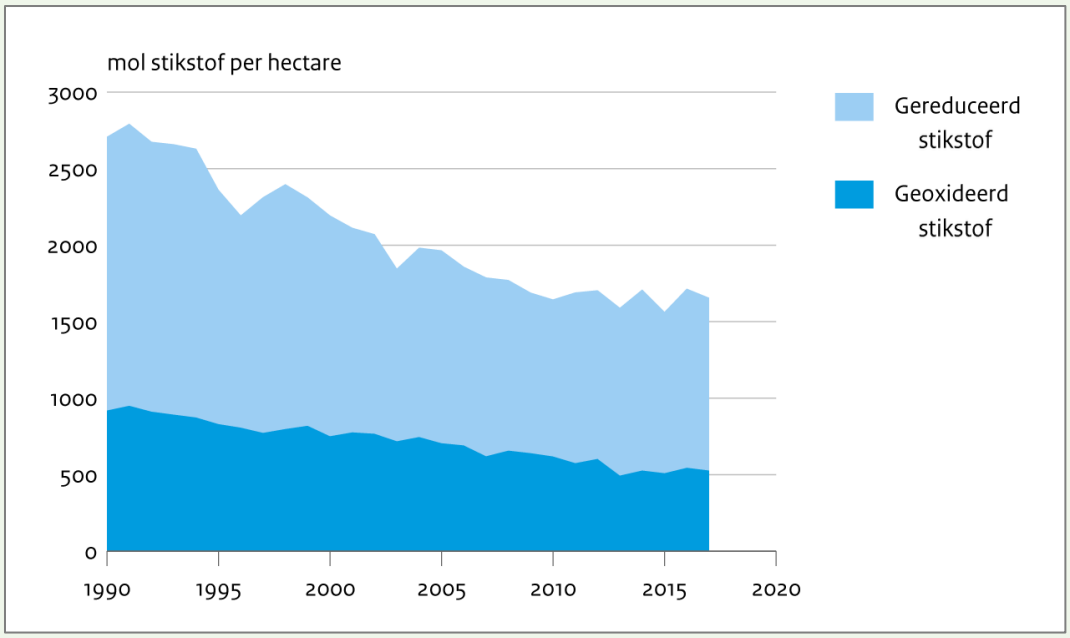
* Zie 'Waar komt het ammoniak in de lucht vandaan?' en 'Waar komen de stikstofoxiden in de lucht vandaan?'.



Figuur 10 [links] Depositie van stikstof afkomstig van ammoniak en ammonium in Nederland in 2017 op een schaal 1 x 1 km.[15]
Figuur 11 [rechts] Depositie van het ***totaal*** *aan stikstof in Nederland in 2017 op een schaal 1 x 1 kilometer.* ***Deze figuur dus de som van wat afkomstig is van ammoniak én van stikstofoxiden.***[16] *1000 mol stikstof/ha = 14 kilogram stikstof/ha. 1 ha = 10.000 m². Bron RIVM/GCN & GDN kaarten.*[17]



Figuur 12 Depositie van het totaal aan stikstof in twee gebieden met intensieve veehouderij in Nederland in 2017 op een schaal 1 x 1 kilometer. Deze figuur dus de som van wat afkomstig is van ammoniak én van stikstofoxiden. Links Barneveld en omgeving in westelijk Gelderland, rechts Boekel en Sint Anthonis en omgeving in oostelijk Noord-Brabant. 1000 mol stikstof = 14 kilogram stikstof. Bron RIVM/GCN & GDN kaarten.[18]



Figuur 13 Ontwikkeling van de stikstofdepositie in Nederland. Als gevolg van afspraken in Europees verband zijn forse emissiereducties gerealiseerd. 1000 mol stikstof/ha = 14 kilogram stikstof/ha. 1 ha = 10.000 m^2. Bron Compendium voor de Leefomgeving.[19]

Hoe is de depositie in Nederland vergeleken met andere landen?

De stikstofdepositie in Nederland is de hoogste van Europa. Uiteindelijk gaat het echter niet om de stikstofdepositie alleen maar om de depositie in combinatie met wat een ecosysteem maximaal kan verdragen zonder ingrijpend van karakter te veranderen. Dit kan worden uitgedrukt in de **overschrijding van het kritische niveau**. Niet alleen in Nederland, maar ook in Bretagne en in de Po-vlakte in Italië blijken zich vergelijkbare problemen voor te doen.[20]

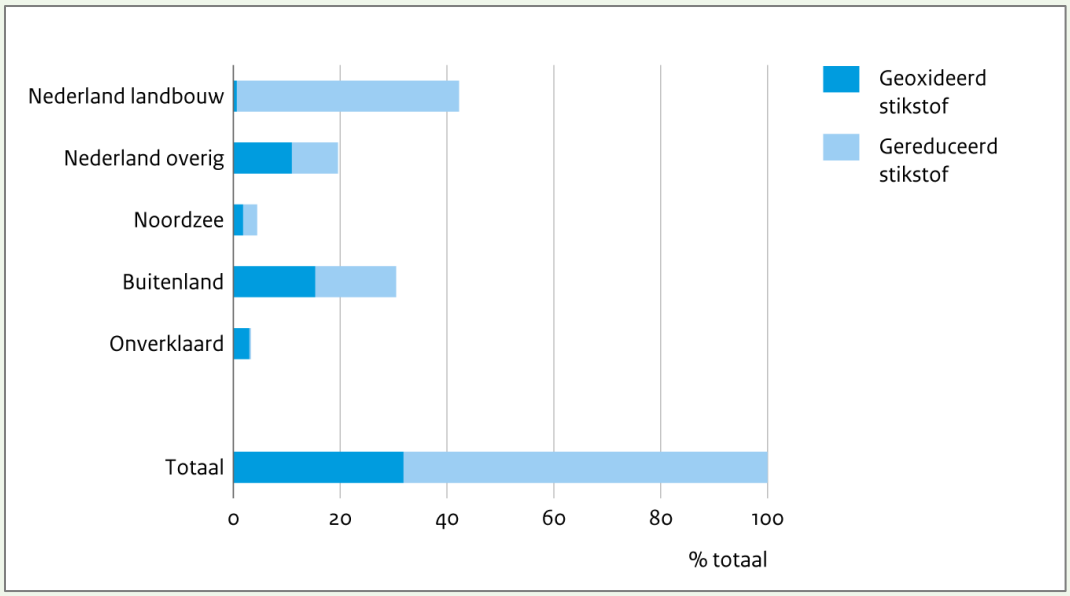
Waar komt de 'stikstof' vandaan?

Alle stikstof die het Nederlandse oppervlak belast, komt niet alleen uit Nederland. Het buitenland levert een bijdrage van ruim 30%; bronnen in Nederland leveren circa 65% (*figuur 14*). De **agrarische sector** in Nederland is verantwoordelijk voor ruim **40%** van de stikstofdepositie; die is vrijwel geheel te herleiden tot emissies van ammoniak. Er kan dus met recht worden gesteld dat de agrarische sector in Nederland de belangrijkste oorzaak is van het stikstofprobleem.

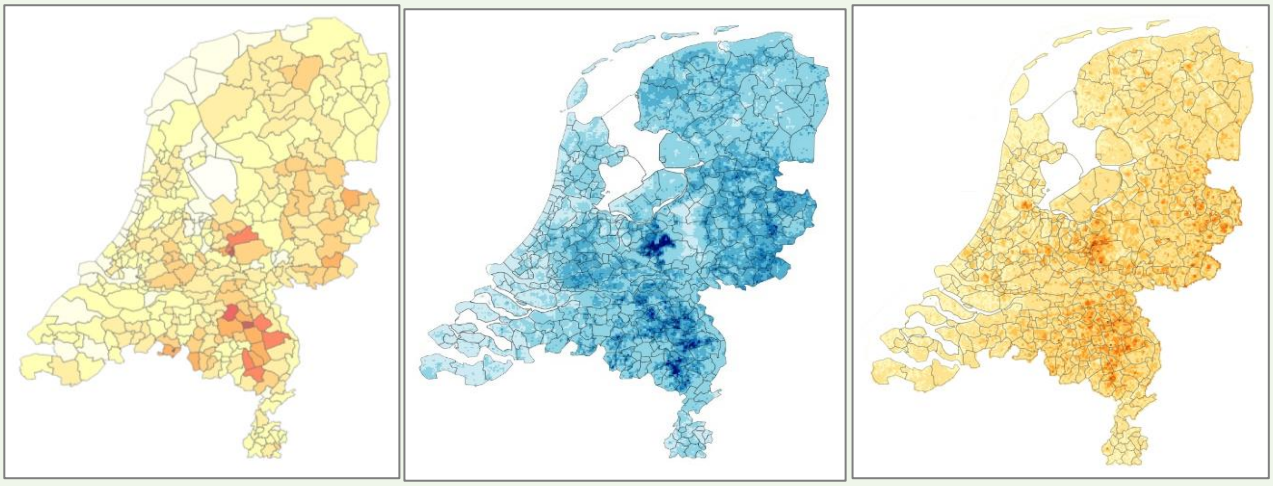
Het is ook illustratief om de kaarten van de emissie van ammoniak in Nederland, de luchtconcentraties van ammoniak en de depositie van stikstof afkomstig van ammoniak en daarvan afgeleide verbindingen naast elkaar te leggen. Het blijkt dat deze kaarten veel overeenstemming hebben (*figuur 15*). Dit is vooral te verklaren uit de lage emissiehoogte van de belangrijkste bronnen van ammoniak – stallen en mestopslagen – en de hoge drogedepositiesnelheid van ammoniak.†

Overigens komen 70% van de Nederlandse emissies van ammoniak in het buitenland terecht; voor stikstofoxiden is dit 90%.

† Zie ook 'Welke rol speelt de atmosfeer?'.



Figuur 14 Herkomst van de depositie van totaal stikstof in Nederland. Voor uitleg van de begrippen 'Geoxideerd stikstof' en 'Gereduceerd stikstof' zie 'Verklarende woordenlijst'. Bron: Compendium voor de Leefomgeving.[21]



*Figuur 15 Vergelijking van de kaart met de ammoniak**emissies** (links), **lucht**concentraties van ammoniak (midden) en de **depositie** van stikstof afkomstig van ammoniak en daarvan afgeleide stoffen (rechts). De opvallende overeenkomsten van de drie patronen hebben alles te maken met de lage emissiehoogte van de bronnen van ammoniak en de hoge drogedepositiesnelheid van ammoniak. Zie ook de figuren 3, 4 en 10.*

Wat wordt er aan reactief stikstof in lucht gemeten?

Ammoniak in lucht wordt door het RIVM volautomatisch en continu gemeten op zes plaatsen in Nederland. Deze metingen leveren uurgemiddelde concentraties op. Daarnaast heeft het RIVM het Meetnet Ammoniak in Natuurgebieden waarin in 82 natuurgebieden met zogeheten passieve monsternemers maandgemiddelde concentraties van ammoniak in lucht worden gemeten. Verder zijn er vier meetpunten voor de meting van ammoniumhoudend aerosol in lucht en acht meetpunten voor ammonium in neerslag.

Actuele meetwaarden van gasvormige stoffen, in dit geval van stikstofoxiden en ammoniak, zijn te vinden op de website 'Luchtmeetnet' en, alleen van de metingen van het RIVM, ook bij RIVM/Luchtkwaliteit.

Wat is de rol van ‘modellen?’

De beschrijving van de luchtkwaliteit berust al decennia op de uitkomsten van wat gemakshalve ‘modellen’ genoemd. Emissies worden bijvoorbeeld met een ‘model’ berekend. Een ‘model’ wordt ook gebruikt om onder andere concentraties in de lucht of deposities op het aardoppervlak te berekenen. Met ‘model’ wordt hier een atmosferisch-chemisch transportmodel bedoeld. De uitkomsten van de berekeningen met ‘modellen’ worden vergeleken met de uitkomsten van metingen, zodat ‘modellen uitkomsten geven die overeenstemmen met de werkelijkheid. Dit alles is niet alleen in Nederland zo, maar in de gehele wereld. Op het terrein van de atmosferische chemie is deze aanpak een standaardprocedure. Zo zijn bijvoorbeeld de afspraken over emissiereducties in Europees verband al sinds het begin van de jaren tachtig van de vorige eeuw gebaseerd op de resultaten van berekeningen met ‘modellen’.

De reden om ‘modellen’ te gebruiken is simpel. De beschrijving van de luchtkwaliteit alleen met behulp van meetresultaten vereist een groot aantal meetpunten. De kwaliteitswinst in vergelijking met de uitkomsten van modellen is zo gering dat dit niet opweegt tegen de hoge kosten van de metingen. Het aantal meetpunten hangt sterk samen met de locatie van de bronnen en de ruimtelijke en temporele variabiliteit in de concentraties. Bij ammoniak zou dit veel meetpunten vergen.[22] De afbeelding met de concentraties van ammoniak in de lucht, zoals berekend met een model (*figuur 4*) is in dit verband illustratief.

Kritische opmerkingen

- De **depositie** van stikstof in Nederland is sinds 1990 met 39% gedaald; die van het gereduceerd stikstof met 37%. Dit is een aanzienlijke hoeveelheid, maar het is niet hetzelfde als ‘de boeren hebben al zo veel gedaan’. De emissiereducties in de agrarische sector zijn namelijk voor een deel afgewenteld. Het verbod op het uitrijden van drijfmest heeft namelijk geleid tot de praktijk van mestinjectie. De vermeden emissie naar de lucht is daarmee een bodemprobleem geworden.[23]

- Er zijn (zeer) grote emissiereducties bereikt voor zwaveldioxide (-86%) en voor stikstofoxiden (-61%) naar de lucht in Nederland.[24] Daar zijn miljardeninvesteringen mee gemoeid geweest. In het geval van zwaveldioxide bijvoorbeeld voor rookgasreiniging en bij stikstofoxiden voor katalysatoren bij auto’s. **Genoemde reducties zijn het gevolg van regelgeving geweest**, volgende uit afspraken in Europees verband. Het zou niet meer dan logisch zijn dat een dergelijke aanpak bij de emissie van ammoniak ook wordt gevolgd: dwingende regelgeving (en inderdaad zo nodig bijgevolg noodzakelijke investeringen). Dit alles volgens het klassieke motto ‘**de vervuiler betaalt**’.

- De **essentie van het stikstofprobleem** in Nederland in een notendop is: import van grote hoeveelheden stikstof in de vorm van soja als voedsel voor de dieren, het afval als stikstof in mest blijft in Nederland achter, de dieren (of het vlees ervan) worden geëxporteerd.

- Er wordt wel gezegd dat andere bronnen dan de agrarische sector ‘**ook hun bijdrage moeten leveren**’. Hoe sympathiek dit ook mag klinken, hierbij worden de grote verschillen in atmosferisch-chemische eigenschappen tussen stikstofoxiden en ammoniak over het hoofd gezien. Ammoniak wordt snel uit de atmosfeer verwijderd; stikstofoxiden echter verhoudingsgewijs langzaam. Het zal dan voor de milieukwaliteit ook weinig effect hebben om bijvoorbeeld een rigoureuze snelheidsverlaging voor het verkeer door te voeren.[25] Ook ingrepen bij het vliegverkeer zijn weinig zinvol.

- Uitbreiding van het aantal meetpunten of verplaatsing van meetpunten voor stikstofverbindingen in lucht zal niet wezenlijk meer of andere uitkomsten van de berekeningen geven.

Verklarende woordenlijst

Depositie, droge Transport van stoffen direct vanuit de atmosfeer naar het aardoppervlak. Dit is een vrijwel continu proces; de snelheid van het proces kan variëren. De term ‘neerslag’ die door sommigen voor depositie wordt gebruikt, is verwarrend en kan daarom beter niet worden gebruikt.

Depositie, natte Transport van stoffen vanuit de atmosfeer naar het aardoppervlak door middel van neerslag. Dauw en mist worden ook tot de natte depositie gerekend. Natte depositie is een discontinu proces. De term ‘neerslag’ die door sommigen voor depositie wordt gebruikt, is verwarrend en kan daarom beter niet worden gebruikt.

Geoxideerd stikstof Stikstof gekoppeld aan zuurstof; in de atmosfeer stikstofmonoxide (NO), stikstofdioxide (NO_2), salpeterzuur (HNO_3) en nitraat (NO_3^-). Nitraat kan alleen voorkomen in verbinding met iets anders; in de atmosfeer is dat meestal ammonium (NH_4^+). Geoxideerd stikstof als totaal wordt vaak aangeduid met **NO_y**.

Gereduceerd stikstof Stikstof gekoppeld aan waterstof, in de atmosfeer meest ammoniak (NH_3) en ammonium (NH_4^+). Ammonium kan alleen voorkomen in verbinding met iets anders; in de atmosfeer is dat meestal nitraat (NO_3^-) of sulfaat (SO_4^{2-}). Gereduceerd stikstof als totaal wordt vaak aangeduid met **NH_x**.

Stikstofoxiden Stikstofmonoxide (NO) en stikstofdioxide (NO_2) samen. Vaak aangeduid met **NO_x**.

Vermestende depositie Stikstofdepositie, de som van de depositie van geoxideerd stikstof en gereduceerd stikstof.

Over de auteur

Deze publicatie is opgesteld door Ed Buijsman (1948). Hij studeerde chemie en meteorologie aan de Rijksuniversiteit Utrecht. Het grootste deel van zijn professionele carrière is hij werkzaam geweest op diverse deelterreinen van de luchtverontreiniging. Zo heeft hij van 1979 tot en met 1986 gewerkt bij de Groep Atmosferische Chemie van het Instituut voor Meteorologie en Oceanografie van de Rijksuniversiteit Utrecht. Daar werkte hij samen met Willem Asman. Het was de tijd van het zureregenonderzoek, de geboorte van ammoniak als milieuprobleem en het chemisch regenwateronderzoek. Ook werd in deze tijd dat door Buijsman en zijn collega’s de eerste gedetailleerde kaart van de Neder-landse emissies van ammoniak gemaakt. Daarmee was op slag duidelijk dat – 35 jaar geleden! – het ammoniak een groot probleem was in Nederland.‡

In 1986 kwam hij in dienst van het Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM) in Bilthoven en was daar onder andere projectleider Jaarverslag Luchtkwaliteit en van 1990 tot 1996 hoofd van het Landelijk Meetnet Luchtkwaliteit. Later ging Buijsman mee met het nieuw opgerichte Milieu- en Natuurplanbureau (MNP). Later zou hieruit het Planbureau voor de Leefomgeving (PBL) volgen. Ook bij deze organisaties was de luchtverontreiniging zijn werkgebied met onder ander de functie redacteur luchtkwaliteit van het Compendium voor de Leefomgeving. In 2011 was Buijsman projectleider van de rapportage over een terugblik op het probleem van de zure regen. Daarmee was een cirkel gesloten, want de beginstappen van Buijsman op het gebied van de zure regen bestonden in 1971 uit onderzoek op dat gebied. Buijsman is eind 2013 met pensioen gegaan.

Contactgegevens
Ed Buijsman, Bovencamp 57, 3992 RX Houten
Tel 030 63 73 498 en 06 36 28 60 96
E-mail ed.buijsman@xs4all.nl

COLOFON

Ed Buijsman, De betekenis van de atmosfeer in het ‘stikstofprobleem’, LUVO-reeks 24, 2019.
Alleen als pdf. DOI: 10.13140/RG.2.2.31416.08968.

‡ Zie E. Buijsman, E., J.F.M. Maas & W.A.H. Asman, *Een gedetailleerde ammoniakemissiekaart van Nederland*, Publikatiereeks Lucht 41, Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer, Den Haag, 1985, en E. Buijsman, *Ammoniakemissie in Nederland*, Publikatiereeks Lucht 22, Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer, Den Haag, 1983.

Noten

[1] Soms foutief actieve stikstof genoemd. Stikstof in de lucht, chemisch aangeduid met N_2, wordt, als men naar de eigenschappen kijkt, **niet-reactief stikstof** genoemd. We ademen het in en onveranderd weer uit. Niet-reactief betekent dat de stof stikstof moeilijk tot reageren te bewegen valt. Het kan wel reageren, maar daar zijn bijzondere omstandigheden, bijvoorbeeld zeer hoge temperaturen voor nodig.
[2] Er zijn meer vormen van reactief stikstof, de bekendste andere vorm is distikstofmonoxide (N_2O), beter bekend als lachgas. Lachgas is een uitermate krachtig broeikasgas. Een kilo lachgas heeft hetzelfde effect als 265 kilo koolstofdioxide (CO_2).
[3] Stikstofmonoxide (NO) en stikstofdioxide (NO_2) samen. De reden dat deze twee stoffen samen worden genomen is dat ze in de lucht gemakkelijk in elkaar worden omgezet; zie ook bij 'Welke rol speelt de atmosfeer?'.
[4] Als percentage van de totale emissie door de agrarische sector. Zie Compendium voor de Leefomgeving, Ammoniakemissie door de land- en tuinbouw, 1990 – 2017, zie bij het tabblad 'Bron'.
[5] Zo leverde de agrarische sector in 2018 een bijdrage van **75%** aan de emissie van **methaan** (CH_4) in Nederland; zie Compendium voor de Leefomgeving, Emissies broeikasgassen, 1990 – 2018 bij het tabblad 'CH_4'. Methaan is een krachtig broeikasgas. Een kilo methaan heeft hetzelfde effect als 28 kilo koolstofdioxide (CO_2). De agrarische sector leverde in 2018 ook een bijdrage van **74%** aan de totale emissie van **lachgas** (N_2O) in Nederland; zie Compendium voor de Leefomgeving, zelfde indicator als hiervoor. Zie voor werking van lachgas als broeikasgas ook noot 2.
Het is merkwaardig dat voor dit ernstige gevolg van de agrarische activiteiten zo weinig aandacht is.
[6] Dit is natuurlijk geen echte reductie, maar een verplaatsing. Dit zou vervolgens leiden tot een verergering van de problemen met het grondwater.
[7] Compendium voor de Leefomgeving; zie Ammoniakemissie door de land- en tuinbouw, 1990-2017.
[8] Compendium voor de Leefomgeving, Ammoniakemissie door de land- en tuinbouw, 1990 – 2017, zie bij het tabblad 'EU'.
[9] Compendium voor de Leefomgeving, Verzuring en grootschalige luchtverontreiniging: emissies, 1990 – 2017, bij de kop 'Uitstoot ammoniak met 62% afgenomen; in 2017 iets boven het NEC-plafond'.
[10] Zie Compendium voor de Leefomgeving, Emissies naar lucht door verkeer en vervoer, 1990-2018, bij de kop 'Ontwikkeling emissie stikstofoxiden'.
[11] Salpeterzuur: HNO_3. Zwaveldioxide en zwavelzuur: SO_2 respectievelijk H_2SO_4.
[12] Zie bij het RIVM het Dossier Stikstof.
[13] H. Klein, M. Gauss, Á. Nyíri, A. Benedictow, Transboundary air pollution by main pollutants (S, N, O_3) and PM – The Netherlands, EMEP, 2018.
[14] J. Kros, B.J. de Haan, R. Bobbink, R., J.A. van Jaarsveld, J.G.M. Roelofs, W. de Vries, Effecten van ammoniak op de Nederlandse natuur, Alterra Wageningen, 2008.
[15] Zie RIVM, Grootschalige Concentratie- en Depositiekaarten Nederland (GCN en GDN), gereduceerd stikstof, 2018.
[16] Zie Compendium voor de Leefomgeving, Vermestende depositie, 1990-2017, bij het tabblad 'Depositie 2017'.
[17] Zie RIVM/GCN & GDN kaarten. Hier is ook een kaartviewer beschikbaar waarop per gebied van 1 x 1 km² de stikstofdepositie kan worden bekeken.
[18] Zie RIVM/GCN & GDN kaarten. Hier is ook een kaartviewer beschikbaar waarop per gebied van 1 x 1 km² de stikstofdepositie kan worden bekeken.
[19] Zie Compendium voor de Leefomgeving, Vermestende depositie, 1990-2017.
[20] H.A. de Wit, J.-P. Hettelingh & H. Harmens (eds.), Trends in ecosystem and health responses to long-range transported atmospheric pollutants, UNECE.
[21] Zie Compendium voor de Leefomgeving, Vermestende depositie, 1990-2017, bij het tabblad 'Depositie 2017'.
[22] Illustratief in dit verband is de ontwikkeling van het meetnet voor zwaveldioxide in Nederland. Dat begon in 1975 met 225 meetpunten, in 1985 werd dit ingekrompen naar 90, in 1992 volgde een verdere reductie naar 25 en tegenwoordig telt het landelijke meetnet nog maar zes meetpunten, aangevuld met negen stations in industriegebieden. Deze ontwikkeling weerspiegelt niet alleen een verbetering van de luchtkwaliteit voor zwaveldioxide, maar ook de toegenomen kennis over bronnen en atmosferisch-chemische kennis. Nu is zwaveldioxide in zekere zin een 'gemakkelijk' geval, omdat het vooral om een beperkt aantal puntbronnen gaat, zeker in vergelijking met ammoniak waar sprake is van duizenden bronnen verspreid over geheel Nederland. Het is daarom vanuit meetstrategisch (en financieel) oogpunt logisch dat er een beperkt aantal (=6) volautomatische (en kostbare) meetpunten en een groot aantal meetpunten (=82) met verhoudingsgewijs goedkopere apparatuur op de plaatsen die voor het stikstofprobleem relevant zijn, namelijk natuurgebieden.
[23] Met als resultaat op sommige plaatsen te veel nitraat in het grondwater. Bovendien heeft het in hoge mate bijgedragen aan een verdere achteruitgang van het weidevogelbestand in Nederland.
[24] Zie Compendium voor de Leefomgeving, Verzuring en grootschalige luchtverontreiniging: emissies, 1990–2017.
[25] Stikstofdioxide (NO_2) is een van de bestanddelen van stikstofoxiden; de concentratie ervan hangt dan ook sterk samen met de verkeersintensiteit. Stikstofdioxide staat onder verdenking vanwege de gezondheidseffecten, maar dit staat verder los van het 'stikstofprobleem'.