Rijksinstituut voor Volksgezondheid
en Milieu
*Ministerie van Volksgezondheid,
Welzijn en Sport*

# Kennisupdate 'Ammoniak van zee'

RIVM

A. van Leeuwenhoeklaan 9
3721 MA Bilthoven
Postbus 1
3720 BA Bilthoven
www.rivm.nl

T 088 689 91 11

**Auteurs:**
R. Wichink Kruit, A. Bleeker,
W. de Vries, C. Jacobs,
P. Meijer, F. Sauter, K. Siteur,
E. van der Swaluw,
A. van Pul, R. Verweij
**Centrum:**
MIL/SMO
**Contact:**
R. Wichink Kruit
**Kenmerk:**
KU-2023-0033
**Datum:**
18 januari 2024

## *Inleiding*

In deze kennisupdate wordt de status besproken van lopend onderzoek naar de verschillen tussen modelberekeningen en metingen langs de kust. Uit eerder onderzoek is gebleken dat de zee-emissies, die het RIVM tot dusverre gebruikte om voor het geconstateerde verschil te corrigeren, te hoog zijn in vergelijking met een theoretische schatting van de bijdrage uit zee. Daarom is er onderzoek gestart om mogelijke oorzaken te vinden die de verschillen zouden kunnen verklaren.
In een eerdere tussenrapportage over de stand van zaken 'Ammoniak van zee' door Bleeker et al. (2023) zijn drie mogelijke oorzaken onderzocht: meetartefacten, ontbrekende bronnen van ammoniak, en onvolkomenheden in modelberekeningen. Uit die tussenrapportage blijkt dat het verschil niet aan de metingen kan liggen. Er zijn weliswaar een paar kleine invloeden gevonden die de metingen kunnen verstoren, maar dit heeft geen grote bijdrage aan het geconstateerde verschil. Ook zijn er geen grote bronnen over het hoofd gezien die vanuit zee grote hoeveelheden ammoniak uitstoten, zoals bijvoorbeeld de scheepvaart. De meest waarschijnlijke oorzaak van het verschil moet dus gezocht worden in het rekenmodel zelf en/of de invoer die het model gebruikt.
Naar aanleiding van de tussenrapportage van Bleeker et al. (2023) is er een aantal onderwerpen gedefinieerd die verder onderzocht zijn en waarover in deze kennisupdate wordt gerapporteerd:

1. De berekening van realistische zee-emissies op basis van gegevens van Rijkswaterstaat en Deltares
2. Onderzoek naar de oorzaak van de mogelijk 'niet-representatieve' meteorologie in het OPS-model in Zeeland
3. Onderzoek naar het effect van de lokale depositie op de berekende concentratie (naar aanleiding van een publicatie over droge depositiemetingen in Solleveld)
4. Onderzoek naar het effect van de ruimtelijk gekalibreerde concentratie in plaats van een niet-ruimtelijk gekalibreerde concentratie in de achtergrondconcentratiekaart. Dit is de kaart die gebruikt wordt om de compensatiepunten in het model te bepalen.
5. Verkenning van de mogelijkheden om natuurlijke emissies mee te nemen in de modellering (op basis van de Nationale Database Flora & Fauna)

Het cumulatieve effect van de in dit onderzoek verkende oorzaken is vervolgens berekend, waarbij het zowel gaat om de effecten op de concentratie als op de droge depositie. Dit geldt dan voor twee varianten, namelijk het ongecorrigeerde modelresultaat en het gecorrigeerde modelresultaat zoals dat gebruikt wordt in de bepaling van de totale stikstofdepositie. De correctie bestaat daarbij uit een ruimtelijke kalibratie waarbij gebruik wordt gemaakt van gemeten ammoniakconcentraties.
Naast deze onderzoeken is er een expertmeeting met TNO georganiseerd om eventuele nieuwe oorzaken te identificeren.
Tot slot wordt in deze kennisupdate ingegaan op het vervolg van het lopende onderzoek.

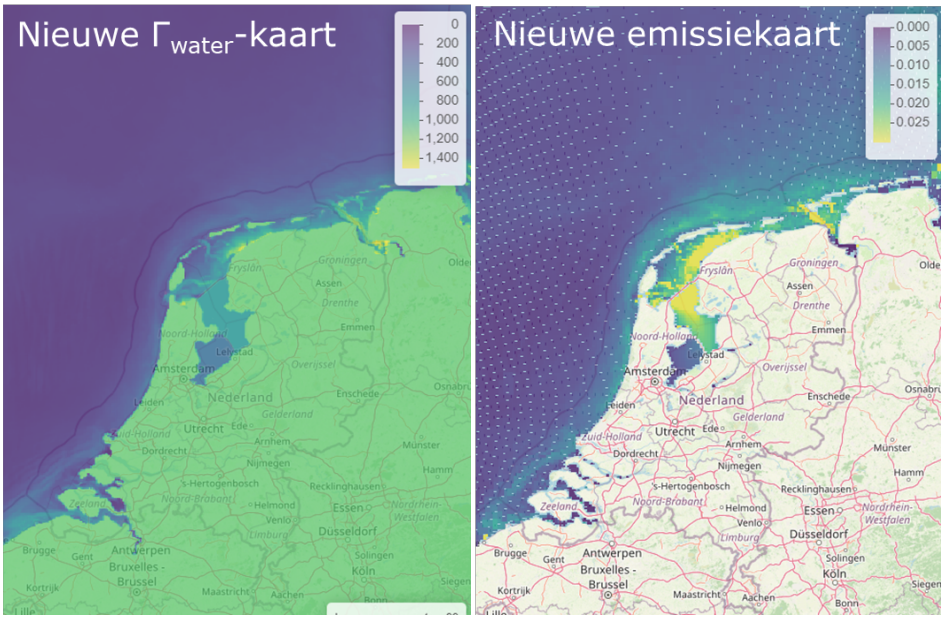
## *Onderwerpen*

*De berekening van realistische zee-emissies op basis van gegevens van Rijkswaterstaat en Deltares*

Op basis van metingen van Rijkswaterstaat van ammoniumconcentraties, pH, saliniteit en temperatuur in het zeewater (https://waterinfo.rws.nl/) zijn berekeningen gemaakt van de concentraties van $NH_3$ in de lucht vlak boven het zeewater (Asman et al., 1994). Op basis van die berekeningen kan ook de uitwisseling met het zeewater worden bepaald (de emissie vanuit het zeewater en de depositie op het zeewater). Die berekeningen lieten zien dat de emissie van ammoniak vanuit het zeewater veel lager is dan tot nu toe in de modellering werd aangenomen.

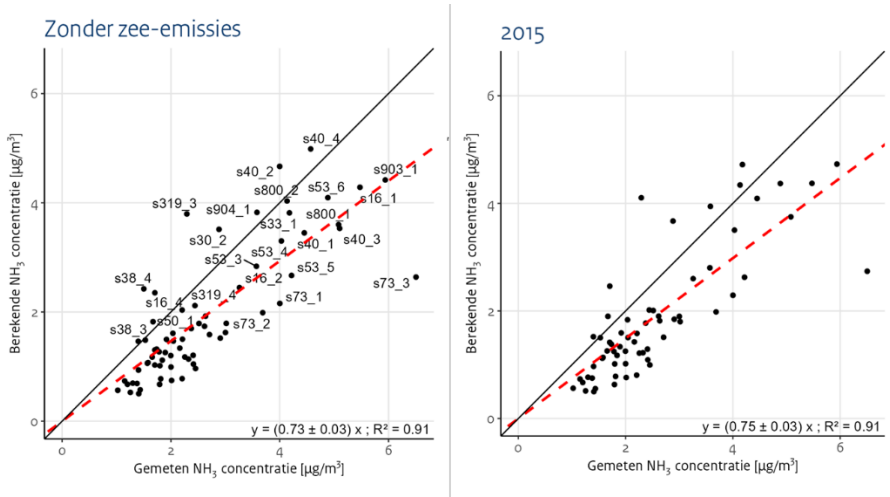
Een belangrijke uitgangspunt voor de berekeningen is de ammoniumconcentratie in het zeewater. Tot nu toe werd in het OPS-model de ammoniumconcentratie (in verhouding tot de pH) constant verondersteld. Metingen van Rijkswaterstaat lieten echter zien dat er grote verschillen zijn in de ammoniumconcentraties in het zeewater op verschillende afstanden van de kust. Zo zijn ammoniumconcentraties dicht langs de kust hoger dan verder op zee als gevolg van de uitstroming van rivierwater in de zee. Voor de modellering is een ruimtelijk beeld over het hele Noordzeegebied gewenst. Daarom is besloten om modelgegevens (ammoniumconcentratie, pH, saliniteit en temperatuur in het zeewater) van het D-Water Quality model van Deltares (https://iplo.nl/publish/pages/132741/factsheet-noordzee-dflowfm3d_dwaq-v2022_v1.pdf) te gebruiken, die een vergelijkbaar beeld laten zien als de metingen van Rijkswaterstaat. Op plekken waar geen modelgegevens beschikbaar zijn, zijn gemiddelde waarden op basis van de metingen van Rijkswaterstaat toegevoegd (zoals bijvoorbeeld voor het IJsselmeer en het Markermeer).

De berekeningen in het OPS-model maken voor ammoniak onderscheid tussen het emissie- en het depositieproces. Daarom heeft het OPS-model een emissiekaart nodig en wordt er gebruik gemaakt van een kaart waarmee de ammoniakconcentratie aan het aardoppervlak berekend kan worden, waaruit de droge depositie volgt (de zgn. $\Gamma_{water}$-kaart). De gegevens van het D-Water Quality model zijn rechtstreeks gebruikt om de $\Gamma_{water}$-kaart voor OPS te maken (linker kaart in Figuur 1). Die kaart is vervolgens in het EMEP4NL model (dat, in tegenstelling tot het OPS-model, van uur tot uur kan rekenen) toegepast om te bepalen hoeveel ammoniak er op jaarbasis uit de zee kan vervluchtigen. Op basis van die berekeningen is een emissiekaart voor OPS bepaald (rechter kaart in Figuur 1).




*Figuur 1 $\Gamma_{water}$-kaart (dimensieloos) op basis van D-Water Quality model (links) en de nieuwe emissiekaart (g/km$^2$/s) op basis van EMEP4NL (rechts).*

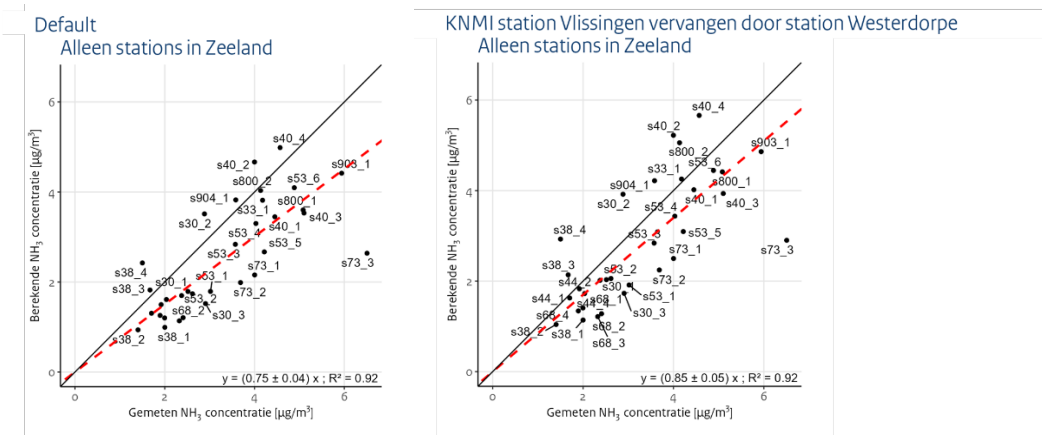
De kaart laat goed zien dat er met name dichtbij de kust en vooral in de Waddenzee en in het IJsselmeer emissies van ammoniak kunnen plaatsvinden. Berekeningen met het OPS model laten voor de meetstations langs de Nederlandse kust zien dat deze nieuwe emissies nauwelijks invloed hebben op het verkleinen van het verschil tussen modelberekeningen en metingen in het kustgebied (Figuur 2).




*Figuur 2 Scatterplots van de berekende versus de gemeten ammoniakconcentraties langs de Nederlandse kust waarbij de oorspronkelijke (te hoge) zee-emissies zijn weggelaten (links) en waarbij de nieuwe (realistische) zee-emissies zijn toegevoegd (rechts).*

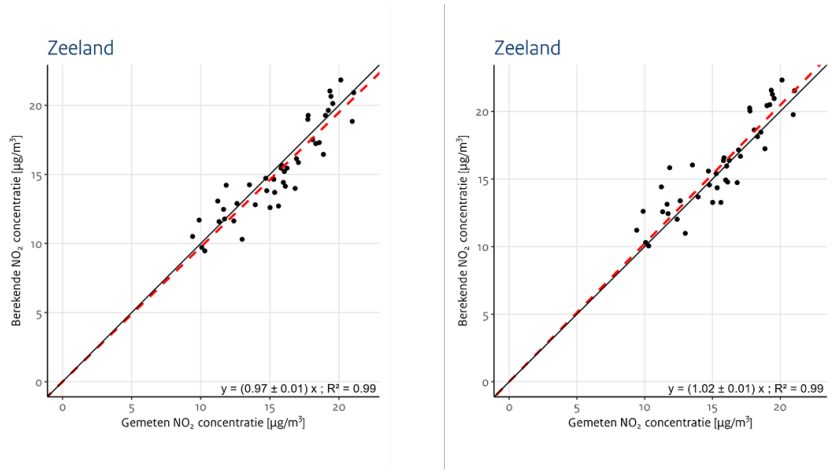
Besluit: Omdat het toevoegen van de nieuwe zee-emissies en de nieuwe ruimtelijk gedetailleerde $\Gamma_{water}$-kaart wel degelijk een klein effect hebben, is besloten deze verbetering mee te nemen in toekomstige modelversies.
*Onderzoek naar de oorzaak van de mogelijk 'niet-representatieve' meteorologie in het OPS-model in Zeeland*

De tussenrapportage van Bleeker et al. (2023) liet zien dat de verschillen tussen metingen en berekeningen in met name Zeeland groot zijn en dat die verschillen verkleind kunnen worden door te rekenen met de meteorologie van een andere meteoregio (meer karakteristiek voor het binnenland) dan die gehanteerd wordt in het OPS-model. Meteoregio 4, die grotendeels Zeeland beslaat, wordt gedomineerd door één weerstation, namelijk Vlissingen. In een evaluatie van de Nederlandse waarneemstations door het KNMI (KNMI, 2016) is echter geconstateerd dat Vlissingen geen goed geplaatst weerstation is en kandidaat is voor verplaatsing. Verder meldt het KNMI over dit meetstation, dat: "Vlissingen is tevens een ongedefinieerd "kuststation" en niet representatief voor binnendijks Zeeland.". Nadere analyse van de beschikbare meetstations voor Meteoregio 4, in combinatie met volledigheid van historische meetgegevens (van belang voor het in kaart brengen van de historische stikstofdepositie) heeft aangetoond dat het meetstation Westdorpe geschikt is om meteostation Vlissingen te vervangen in Meteoregio 4.
Berekeningen met het OPS-model voor de meetstations in Zeeland laten zien dat de overeenstemming van de modelberekeningen met de metingen ook daadwerkelijk verbetert door het gebruik van meetstation Westdorpe in plaats van Vlissingen (Figuur 3).




*Figuur 3 Scatterplots van de berekende versus de gemeten ammoniak concentraties in Zeeland waarbij de meteo van meetstation Vlissingen (links) is vervangen door de meteo van meetstation Westdorpe (rechts).*

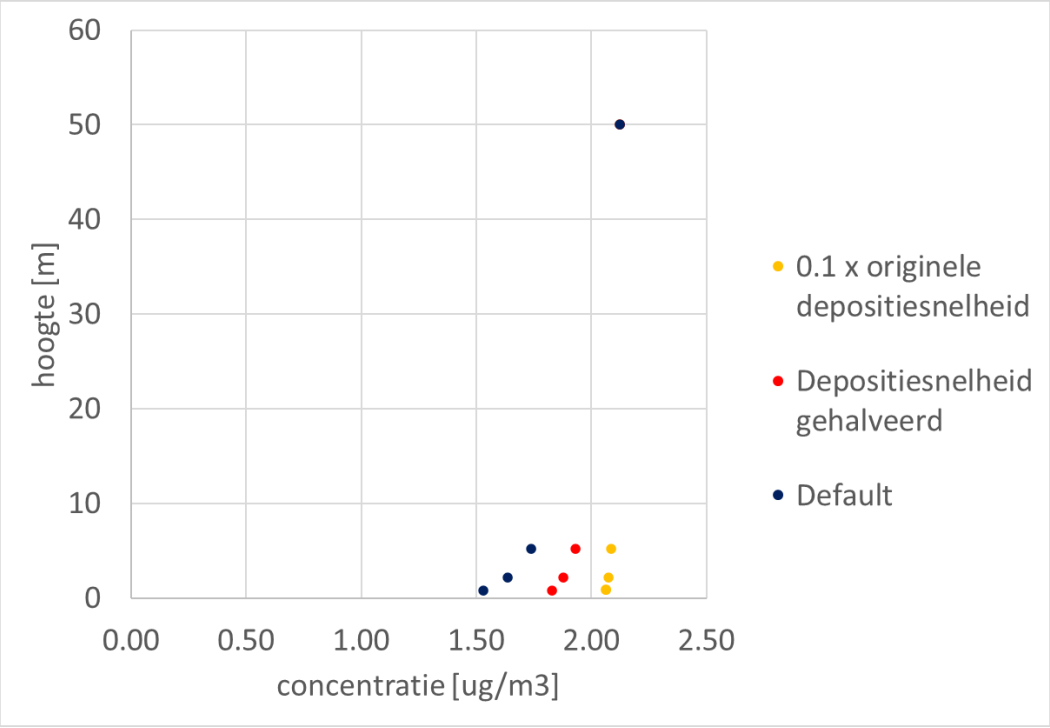
Naast het effect op de berekende ammoniakconcentraties is er ook een vergelijking gemaakt tussen de berekende en gemeten $NO_2$ concentraties in Zeeland (Figuur 4). Hier zien we, net als voor ammoniak, een lichte toename in de berekende concentraties, maar de overeenstemming tussen berekende en gemeten $NO_2$ concentraties blijft zeer goed.




*Figuur 4 Scatterplots van de berekende versus de gemeten $NO_2$ concentraties in Zeeland waarbij de meteo van meetstation Vlissingen (links) is vervangen door de meteo van meetstation Westdorpe (rechts).*

Besluit: Omdat meetstation Vlissingen niet-representatief is voor Zeeland is besloten om meetstation Vlissingen te vervangen door meetstation Westdorpe.

*Onderzoek naar het effect van de lokale depositie op de berekende concentratie (naar aanleiding van een publicatie over droge depositiemetingen in Solleveld)*
In het voorjaar van 2023 is een artikel verschenen van Vendel et al. (2023) waarin is gerapporteerd over droge depositiemetingen van ammoniak in het duingebied Solleveld (ten zuidwesten van Den Haag). In dit artikel is een vergelijking gemaakt met berekeningen door het DEPAC-1D model. De depositieroutine in dit model is hetzelfde als de depositieroutine die in het OPS-model gebruikt wordt. Hoewel de onzekerheid in de droge depositiemetingen in Solleveld groot is, doordat de fluxen zo klein waren, kwam uit die vergelijking naar voren dat de depositie door het model met ruim een factor twee werd overschat.
In een gevoeligheidsanalyse met hetzelfde DEPAC-1D model zijn twee varianten doorgerekend waarbij het mogelijke effect op de berekende concentraties op verschillende hoogtes is bepaald: 1) een halvering van de originele droge depositiesnelheid (rode punten) en 2)  een deling door tien (gele punten) (Figuur 5). Als de depositie lager wordt, betekent dit dat er minder ammoniak vlakbij het aardoppervlak verdwijnt, waardoor de concentraties dichtbij het aardoppervlak hoger worden. Als er geen depositie aan het aardoppervlak zou plaatsvinden, dan verandert de concentratie niet meer met de hoogte. In potentie is dit dus een aspect dat het verschil tussen modelberekeningen en metingen langs de kust (deels) zou kunnen verklaren.

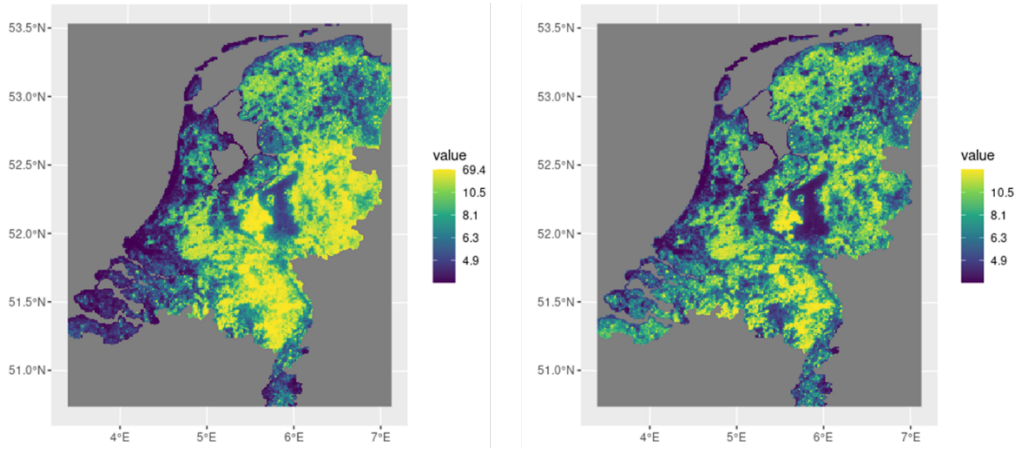



*Figuur 5 Effect van de droge depositiesnelheid op de berekening van de ammoniakconcentratie versus de hoogte.*

In het artikel van Vendel et al. (2023) is een aantal gevoelige modelparameters geïdentificeerd die de overschatting zouden kunnen verklaren, waar onder de Leaf Area Index, LAI (dit is de hoeveelheid bladoppervlak per vierkante meter grondoppervlak) en de mogelijke invloed van de bodem. Omdat deze modelparameters niet zijn gemeten tijdens de meetcampagne, is het lastig om na te gaan of het gerechtvaardigd is om de modellering specifiek in de duinen aan te passen voor deze modelparameters. Daarnaast is de vraag of de informatie die nodig is voor die modelparameters op landelijke schaal wel beschikbaar is. Daarom wordt in het artikel ook geadviseerd om te onderzoeken of er voor de modellering voldoende gedetailleerde invoergegevens beschikbaar zijn om de droge depositieberekening in de duinen te kunnen verfijnen. Hier loopt reeds onderzoek naar binnen het Nationaal Kennisprogramma Stikstof – Satelliet gebruik en Ensemble Modellering (NKS-SAGEN). Daarnaast wordt in het artikel geadviseerd om een nieuwe meetcampagne op te zetten en aanvullende metingen naar de verschillende modelparameters te doen.

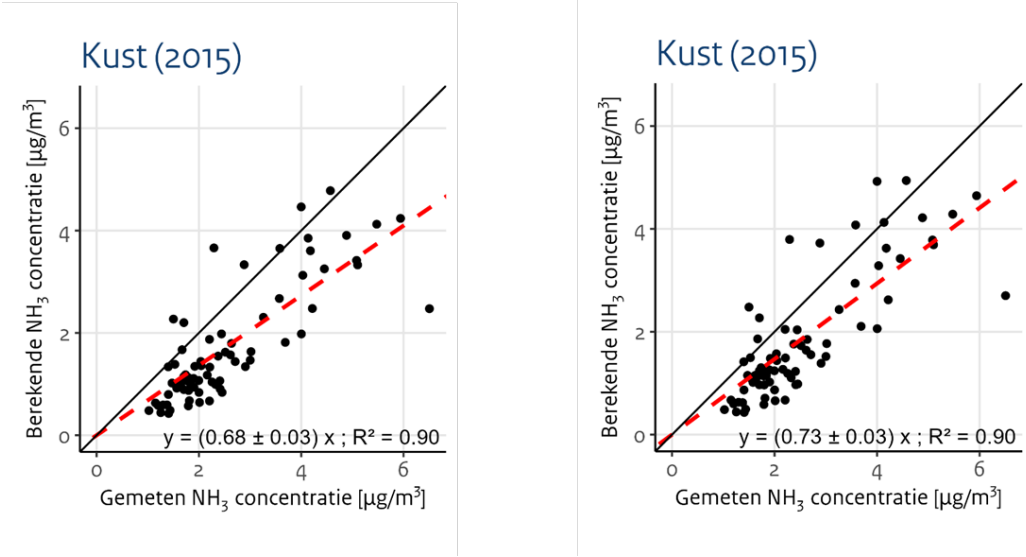
Besluit: Er vinden voorbereidingen plaats voor een nieuwe meetcampagne in Solleveld (te starten in 2024) waarbij dan extra aandacht zal worden besteed aan metingen van de genoemde modelparameters. Eventuele resultaten van het onderzoek ten aanzien van gedetailleerdere invoergegevens en een mogelijke verfijning van depositieberekeningen in de duinen zal in reguliere modelupdates worden meegenomen.

*Onderzoek naar het effect van de ruimtelijk gekalibreerde concentratie in plaats van een niet-ruimtelijk gekalibreerde concentratie in de achtergrondconcentratiekaart (dit is de kaart die gebruikt wordt om de compensatiepunten in het model te bepalen)*
Sinds een aantal jaren is er een ruimtelijke kalibratiemethode ingevoerd om de berekende ammoniakconcentraties te corrigeren naar de metingen (Wichink Kruit et al., 2020). Deze kalibratie vindt plaats nadat het model de concentraties berekend heeft. Het OPS-model maakt voor de berekeningen echter ook gebruik van een zogenaamde achtergrondconcentratiekaarten van ammoniak, stikstofdioxide en zwaveldioxide. De achtergrondconcentratiekaart van ammoniak wordt onder andere gebruikt om de compensatiepunten (een soort van oppervlakteconcentratie) af te leiden die van belang zijn bij de berekening van de droge depositie. De tot nu toe gehanteerde achtergrondconcentratiekaart van ammoniak is echter nog niet ruimtelijk gekalibreerd. In Figuur 6 zijn de oude (niet-ruimtelijk gekalibreerde) en nieuwe (ruimtelijk gekalibreerde) achtergrondkaart weergegeven. Een hogere achtergrondconcentratie betekent een hoger compensatiepunt wat tot gevolg heeft dat de berekende droge depositie wordt gereduceerd, waardoor de berekende concentraties toenemen. In de nieuwe achtergrondkaart zijn de concentraties langs de kust iets hoger dan in de oude achtergrondkaart, dus zullen de berekende concentraties ook iets hoger worden.




*Figuur 6 Oude (niet-ruimtelijk gekalibreerde; links) en nieuwe (ruimtelijk gekalibreerde; rechts) achtergrondconcentratiekaart van ammoniak.*

Het effect van de ruimtelijk gekalibreerde achtergrondconcentratiekaart is in het OPS model getest en levert inderdaad een iets hogere concentratie op langs de kust. Dit is te zien in onderstaande scatterplots (Figuur 7).

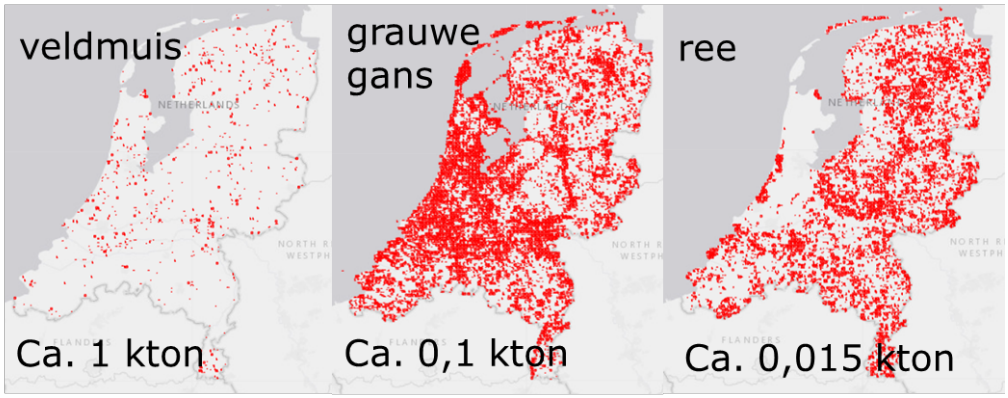



*Figuur 7 Scatterplots van de berekende versus de gemeten ammoniakconcentraties in met de oude (niet-ruimtelijk gekalibreerde) achtergrondconcentratiekaart (links) en de nieuwe (ruimtelijk gekalibreerde) achtergrondconcentratiekaart (rechts).*

Besluit: Omdat de ruimtelijk gekalibreerde achtergrondconcentratiekaart van ammoniak beter overeenkomt met de werkelijkheid dan de oude niet-ruimtelijk gekalibreerde achtergrondkaart, zullen voor alle jaren in het verleden nieuwe achtergrondkaarten worden bepaald. Deze kunnen dan in toekomstige modelversies worden meegenomen.

*Verkenning van de mogelijkheden om natuurlijke emissies mee te nemen in de modellering (op basis van de Nationale Database Flora & Fauna)*
In Bleeker et al. (2020) is in kaart gebracht hoe groot de 'biogene stikstofemissie' naar de lucht in Nederland is. In totaal komt de uitstoot door vogels en zoogdieren uit op ongeveer 1,5 procent van de totale uitstoot van ammoniak. Samen met BIJ12 is verkend of de Nationale Database Flora en Fauna (NDFF) gebruikt zou kunnen worden om ruimtelijke verdelingen voor biogene emissies te maken. Uit deze verkenning is gebleken dat er alleen waarnemingen via de database beschikbaar zijn. Deze waarnemingen zijn gedaan door mensen of onderzoeksorganisaties op een specifieke plek en/of op een specifiek moment. Het geeft dus geen jaargemiddeld beeld van waar en met hoeveel individuen de soort ergens voorkomt. In Figuur 8 wordt voor een aantal soorten getoond waar ze in een jaar tijd zijn waargenomen. Het is duidelijk dat een 'kleine' soort als de veldmuis relatief weinig wordt waargenomen (of beter gezegd weinig wordt ingevoerd op Waarneming.nl), terwijl deze soort met een geschatte kleine vier miljard individuen verantwoordelijk is voor meer dan de helft van de totale biogene emissies. Als die soort via de huidige waarnemingskaart zou worden verspreid, dan zou dit leiden tot lokale hotspots in de ammoniakemissies, hetgeen niet realistisch is. Een uniforme verdeling zou voor deze soort waarschijnlijk realistischer zijn, maar zou de gradiënt aan de kust dus niet oplossen. De belangrijkste vogelsoort voor de biogene emissies is de grauwe gans. Deze soort is verantwoordelijk voor circa zeven procent van de totale biogene emissies, oftewel circa 0,1 procent van de totale Nederlandse ammoniakemissie. Hoewel de grauwe gans vooral in waterrijke gebieden voorkomt, foerageren ze graag op graslanden. Ook hier is het lastig om een goede ruimtelijke verdeling van de dieren te maken. Hierbij komt nog dat de soort in de winter in veel grotere aantallen voorkomt dan in de zomer. Dit maakt het extra lastig om een goede representatieve jaargemiddelde verdeling te maken. Dichtheidskaarten voor de meeste vogelsoorten op basis van modelberekeningen

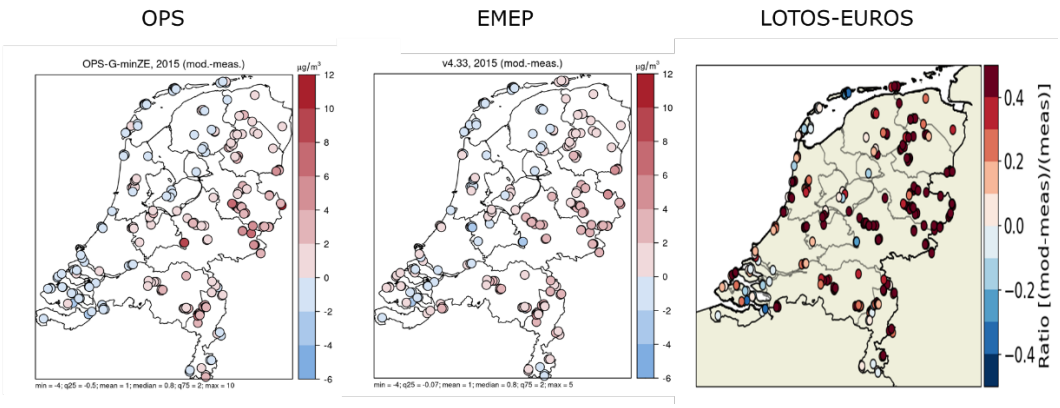
zijn mogelijk beschikbaar via de SOVON. Dergelijke kaarten kunnen in de toekomst misschien beschikbaar komen voor de verdeling van de emissies.




*Figuur 8 Waarnemingslocaties op 1km-grid die zijn ingevoerd in Waarneming.nl (laatst geraadpleegd op 15 december 2023; waarnemingen van 15 december 2022 tot 15 december 2023)*

Besluit: Omdat er geen jaargemiddelde ruimtelijke verdeling van de belangrijkste diersoorten voorhanden is, zullen deze emissies voorlopig nog niet worden meegenomen in de modellering. Zodra gegevens over de ruimtelijke verdeling van de belangrijkste diersoorten beschikbaar komen, dan kunnen deze emissies relatief eenvoudig alsnog worden meegenomen in toekomstige modelberekeningen (mogelijk via de Emissieregistratie). Doordat de omvang van de biogene emissies (1,5 procent van het nationale totaal) beperkt is en de ruimtelijke verdeling van de belangrijkste soort waarschijnlijk uniform over het land verdeeld is, verwachten we niet dat deze emissieoorzaak verantwoordelijk is voor het verschil tussen modelberekeningen en metingen in het kustgebied.

*Expertmeeting met TNO*
In een expertmeeting met TNO (op 24 augustus j.l.) zijn mogelijke oorzaken van het verschil tussen modelberekeningen en metingen besproken. Uit dit overleg zijn geen directe nieuwe oorzaken ter tafel gekomen. Wel is er geconstateerd dat zowel de modellen die door het RIVM gebruikt worden (OPS en EMEP), als het model van TNO (LOTOS-EUROS) een vergelijkbaar ruimtelijk beeld laten zien voor Nederland (Figuur 9). Er is in alle modellen een gradiënt over het land te zien, waarbij de berekende concentraties langs de kust lager zijn en de berekende concentraties in het binnenland hoger zijn dan de metingen. Op basis van deze vergelijking kan dan ook geconcludeerd worden dat de oorzaak van deze patronen waarschijnlijk niet specifiek voor het OPS-model is, maar dat het een meer generiek patroon betreft. Binnen het NKS-SAGEN project werken RIVM, TNO, KNMI en WUR samen aan een verbetering van de inschatting van de emissies van ammoniak en stikstofoxiden, zowel in de ruimte als in de tijd. Hierbij worden zowel metingen als satellietgegevens gebruikt.




*Figuur 9 Verschil tussen berekende en gemeten ammoniakconcentraties in 2015 in Nederland voor OPS (RIVM), EMEP (RIVM) en LOTOS-EUROS (TNO). N.B.: de berekeningen voor LOTOS-EUROS zijn relatief ten opzichte van de metingen, maar dit maakt voor het beeld niet uit. Dit verklaart waarom de schaalverdeling anders is.*

Besluit: Omdat onderzoek naar de ruimtelijke en temporele verbeteringen via NKS-SAGEN nog volop loopt, zullen eventuele emissieverbeteringen via de reguliere updates van het OPS-model en de modelinvoer lopen. Veranderingen in de ruimtelijke en temporele verdeling van de emissies zullen ook gevolgen gaan hebben voor de berekeningen van de concentraties en depositie aan de kust.

*Cumulatieve effecten*
Voor een aantal van bovenstaande onderwerpen is reeds duidelijk dat ze in de modellering zullen worden aangepast. Dit zijn:

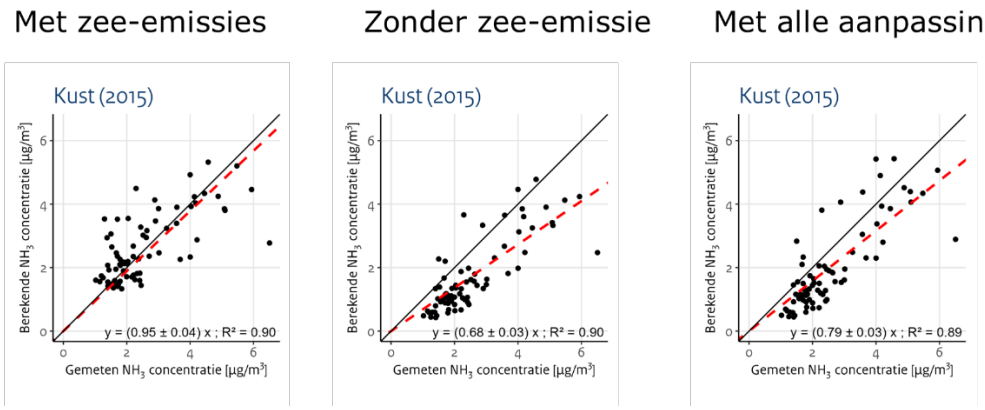
- Nieuwe ruimtelijk gekalibreerde achtergrondconcentratiekaarten
- Realistische zee-emissies op basis van gegevens Rijkswaterstaat en Deltares
- Vervanging van meetstation Vlissingen door meetstation Westdorpe in Meteoregio 4

Om het cumulatieve effect van de drie aanpassingen op de concentratie en droge depositie te laten zien zijn verkennende modelberekeningen gedaan[1]. Hierbij zijn 3 situaties doorgerekend:

1. Met de oude zee-emissies (zoals nu nog gebruikt wordt in de modellering)
2. Zonder de oude zee-emissies
3. Zonder de oude zee-emissies, maar met de drie bovengenoemde aanpassingen

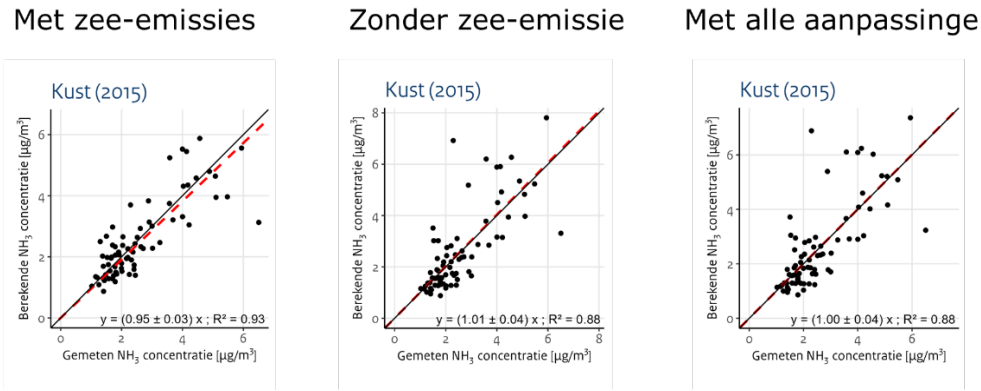
Voor de concentraties en droge depositie is naast het directe modelresultaat ook het modelresultaat na de gebruikelijke ruimtelijke kalibratie weergegeven.
In Figuur 10 zijn de (ongekalibreerde) berekende concentraties uitgezet tegen de metingen voor de drie genoemde situaties (met oude zee-emissies, zonder oude zee-emissies en zonder oude zee-emissies met de drie bovengenoemde aanpassingen). Het is duidelijk dat met de oude zee-emissies de berekende concentraties gemiddeld gezien dichtbij de metingen liggen. Als er wordt gerekend zonder de oude zee-emissies, dan ontstaat een duidelijke onderschatting van de concentraties langs de kust (dit is de onderschatting die we met de modelaanpassingen proberen te verklaren/op te lossen). De berekeningen zonder de oude zee-emissies met de drie aanpassingen laten zien dat het verschil met de metingen weer wat kleiner wordt. Ongeveer 40 procent van het verschil wordt door de aanpassingen verklaard.

[1] De berekeningen van de cumulatieve effecten is met de nieuwste modelversie (OPS v5.1.1.0) doorgerekend. Dit kan betekenen dat deze resultaten iets afwijken van de resultaten die eerder zijn getoond.



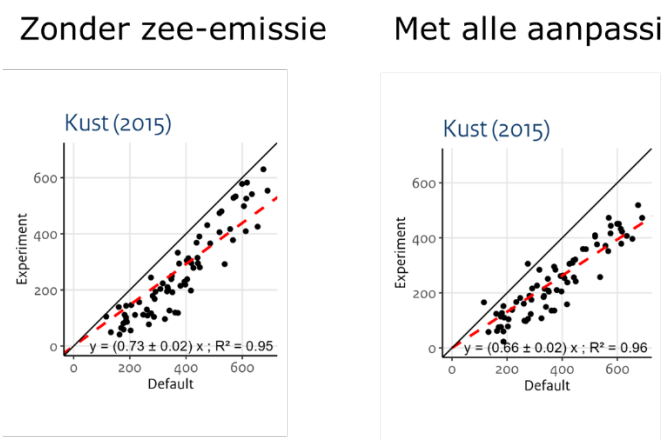

*Figuur 10 Scatterplots van de ongekalibreerde berekende versus de gemeten ammoniakconcentraties waarbij de oude zee-emissies zijn meegenomen (links), waarbij de oude zee-emissies niet zijn meegenomen (midden) en waarbij de drie aanpassingen zijn meegenomen (rechts).*

In Figuur 11 zijn de resultaten na ruimtelijke kalibratie weergegeven. Omdat de ruimtelijke kalibratie de berekeningen niet exact naar de metingen trekt, hoeven de regressielijnen niet op 1 uit te komen. De figuur laat zien dat de ruimtelijke kalibratie ervoor zorgt dat de concentratie zowel zonder oude zee-emissies (midden) als zonder oude zee-emissies met de drie aanpassingen (rechts) op het oog hetzelfde eindresultaat opleveren. Dit zou de indruk kunnen wekken dat de aanpassingen dus weinig effect hebben, maar dat is niet het geval. Doordat de ongekalibreerde rekenresultaten dichter bij de metingen liggen, is dus beter bekend wat de oorsprong is van de concentraties. De correlatie tussen de modelberekeningen en de metingen lijkt na kalibratie iets verslechterd ten opzichte van de ongekalibreerde modelberekeningen. Het lijkt erop dat hier 1 punt de belangrijkste oorzaak van is (het punt linksboven in de middelste en rechter scatterplot). Om te onderzoeken of dit alleen voor dit punt geldt of dat het een grootschaliger fenomeen is dat door de ruimtelijke kalibratie wordt veroorzaakt, zullen nog aanvullende berekeningen op gridniveau gedaan worden. Mogelijk dat op basis van die resultaten de methode van de ruimtelijke kalibratie nog nader bekeken gaat worden.




*Figuur 11 Scatterplots van de ruimtelijk gekalibreerde berekende versus de gemeten ammoniakconcentraties waarbij de oude zee-emissies zijn meegenomen (links), waarbij de oude zee-emissies niet zijn meegenomen (midden) en waarbij de drie aanpassingen zijn meegenomen (rechts).*

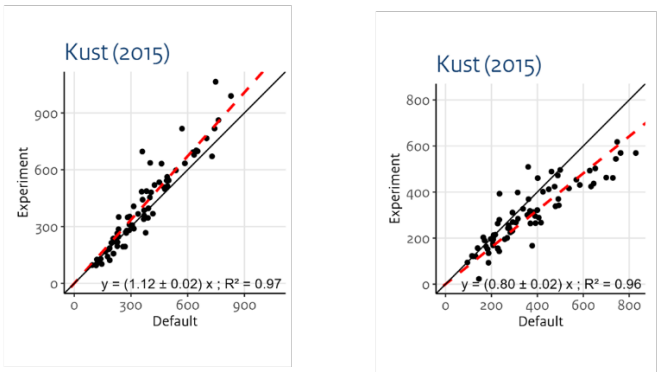
In de linker scatterplot in Figuur 12 is de ongekalibreerde berekende droge depositie waarbij de oude zee-emissies niet zijn meegenomen vergeleken met de default, oftewel, de ongekalibreerde berekende droge depositie inclusief de oude zee-emissies. In de rechter scatterplot zijn de berekeningen uitgevoerd zonder de oude zee-emissies, maar wel met de drie aanpassingen.
De figuren laten zien dat als je de oude zee-emissies niet meeneemt, de berekende droge depositie lager wordt. Dat is logisch omdat je minder emissies in het model stopt. Het meenemen van de drie aanpassingen leidt ertoe dat de berekende droge depositie gemiddeld nog iets lager wordt, maar er zijn ook twee punten die boven de 1-op-1 lijn liggen, waar de aanpassingen dus een kleine toename in de berekende droge depositie veroorzaken. Dit is mogelijk doordat de concentraties in de ruimtelijk gekalibreerde achtergrondconcentratiekaart bijvoorbeeld net niet overal langs de kust hoger zijn geworden, maar juist lager.




*Figuur 12 Scatterplots van de ongekalibreerde berekende droge depositie versus de default (ongekalibreerde berekende droge depositie inclusief de oude zee-emissies) waarbij de oude zee-emissies niet zijn meegenomen (links) en waarbij de drie aanpassingen zijn meegenomen (rechts).*

In de scatterplots van Figuur 13 is de droge depositie ruimtelijk gekalibreerd met behulp van de ruimtelijke kalibratie die voor de concentraties is bepaald.
De aanname die hierbij gemaakt wordt is dat de droge depositie lineair afhangt van de concentratie. Dat deze aanname terecht is, wordt getoond in Appendix A in Wichink Kruit et al. (2020). In de linker scatterplot staat de gekalibreerde droge depositie waarbij de oude zee-emissies niet zijn meegenomen uit tegen de default, oftewel, de gekalibreerde droge depositie inclusief de oude zee-emissies. In de rechter scatterplot is de ruimtelijke kalibratie uitgevoerd op de berekeningen zonder de oude zee-emissies, maar met de drie aanpassingen en vergeleken met de default.
De linker scatterplot laat zien dat als alleen de oude zee-emissies niet meegenomen worden in de berekeningen, de ruimtelijk gekalibreerde depositie uiteindelijk op de meeste plekken iets hoger wordt dan voorheen. De rechter scatterplot laat zien dat hier het ruimtelijk gekalibreerde resultaat veelal iets lager is dan de default, maar dat er ook plekken zijn waar de depositie na kalibratie juist iets hoger wordt dan de default.

Zonder zee-emissie Met alle aanpassingen




*Figuur 13 Scatterplots van de ruimtelijk gekalibreerde berekende droge depositie versus de default (ruimtelijk gekalibreerde berekende droge depositie inclusief de oude zee-emissies) waarbij de oude zee-emissies niet zijn meegenomen (links) en waarbij de drie aanpassingen zijn meegenomen (rechts).*

*Vervolg*

Er zal nog in meer detail naar de cumulatieve effecten worden gekeken en dan met name naar de effecten voor heel Nederland (kaartbeelden). Daarnaast zal mogelijk de ruimtelijke kalibratiemethode nog nader onder de loep genomen gaan worden.
In deze kennisupdate zijn korte samenvattingen gegeven van de onderzoeken naar de verschillende mogelijke oorzaken van het verschil tussen de gemeten en gemodelleerde ammoniakconcentraties langs de kust. Voor sommige daarvan is duidelijk dat deze in het komende jaar moeten leiden tot modelverbeteringen ten behoeve van de GCN/GDN productieronde 2025. Er ligt vaak gedetailleerder onderzoek aan ten grondslag. Een uitgebreide eindrapportage van de onderzoeken met detailanalyses zal in de loop van 2024 worden gepubliceerd.

### *Conclusies*

In deze kennisupdate wordt gerapporteerd over verschillende mogelijke oorzaken van het verschil tussen de gemeten en gemodelleerde ammoniakconcentraties langs de kust. Voor drie van de onderzochte oorzaken is reeds duidelijk dat ze zullen leiden tot aanpassing in de modellering. Dit zijn:

- Nieuwe ruimtelijk gekalibreerde achtergrondconcentratiekaarten
- Realistische zee-emissies op basis van gegevens van Rijkswaterstaat en Deltares
- Vervanging van meetstation Vlissingen door meetstation Westdorpe in Meteoregio 4 (Zeeland)

Deze oorzaken verklaren niet het gehele verschil tussen modelberekeningen en metingen. Met de ruimtelijke kalibratie zal het resterende verschil worden gecorrigeerd. Mogelijk zal een aanpassing van de ruimtelijke kalibratiemethode daarvoor nodig zijn.

### *Referenties*

Asman, W.A.H., Harrison, R.M. Ottley, C.J., 1994. Estimation of the net air-sea flux of ammonia over the southern bight of the North Sea. Atmospheric Environment 28, 3647-3654.

Bleeker, A., Wichink Kruit, R., Van Zanten, M., 2020. Verkenning biogene stikstofemissies. RIVM-rapport 2020-0194. https://www.rivm.nl/bibliotheek/rapporten/2020-0194.pdf

Bleeker, A., Poelhuis, M., Van Pul, A., Siteur, K., Stolk, A., Verweij, R., Wichink Kruit, R., 2023. Stand van zaken 'Ammoniak van Zee'; Tussenrapportage april 2023. RIVM-briefrapport 2023-0308. https://www.rivm.nl/bibliotheek/rapporten/2023-0308.pdf

KNMI, 2016. Evaluatie van de Nederlandse waarneemstations; Bevindingen en aanbevelingen om te komen tot een referentie waarnemingennetwerk:
Actie 1 uit de waarnemingenstrategie KNMI 2015 – 2024. De Bilt, 2016 | Technisch rapport; TR-357. https://www.knmi.nl/kennis-en-datacentrum/publicatie/evaluatie-van-de-nederlandse-waarneemstations

Vendel, K.J.A., Wichink Kruit, R.J., Blom, M., Van den Bulk, P., Van Egmond, B., Frumau, A., Rutledge-Jonker, S., Hensen, A., Van Zanten, M.C., 2023. Dry deposition of ammonia in a coastal dune area: Measurements and modeling. Atmospheric Environment 298. https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2023.119596

Wichink Kruit, R., Braam, M., Hoogerbrugge, R., Van Pul, A., 2020. Implementation of a data fusion approach to assess the concentration and dry deposition of ammonia in the Netherlands. RIVM letter report 2020-0076. https://www.rivm.nl/bibliotheek/rapporten/2020-0076.pdf

Dit document is op 28 augustus 2025 technisch aangepast ter verbetering van de digitale toegankelijkheid. De inhoud en vormgeving zijn ongewijzigd.