



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

Verkenning afstandsgrens project-specifieke depositieberekeningen

RIVM-briefrapport 2021-0115
G. Roest et al.



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

Verkenning afstandsgrens project-specifieke depositieberekeningen

RIVM-briefrapport 2021-0115
G. Roest et al

Colofon

© RIVM 2021

Delen uit deze publicatie mogen worden overgenomen op voorwaarde van bronvermelding: Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM), de titel van de publicatie en het jaar van uitgave.

DOI 10.21945/RIVM-2021-0115

G. Roest (auteur), RIVM
W. van der Maas (auteur), RIVM
A. van Pul (auteur), RIVM
P. Romeijn (auteur), RIVM
A. Bleeker (auteur), RIVM
S. Hazelhorst (auteur), RIVM
R. Wichink Kruit (auteur), RIVM
M. Wilmot (auteur), RIVM

Contact:
Gerben Roest
Centrum Milieukwaliteit
Gerben.Roest@rivm.nl

Dit onderzoek werd verricht in opdracht van Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit in het kader van RIVM-programma 36, opdracht 36.08 A: AERIUS Actualisatie en Ontwikkeling

Het RIVM hecht veel waarde aan toegankelijkheid van haar producten. Op dit moment is het echter nog niet mogelijk om dit document volledig toegankelijk aan te bieden. Als een onderdeel niet toegankelijk is, wordt dit vermeld. Zie ook www.rivm.nl/toegankelijkheid.

Dit is een uitgave van:
**Rijksinstituut voor Volksgezondheid
en Milieu**
Postbus 1 | 3720 BA Bilthoven
Nederland
www.rivm.nl

Publiekssamenvatting

Verkenning afstandsgrens depositieberekeningen voor projecten

Bij projecten, zoals de aanleg en het gebruik van een nieuwe weg, stal of fabriek, komt stikstof vrij. De stikstof verspreidt zich in de omgeving: een deel valt dichtbij de bron op de bodem maar het grootste deel pas na tientallen kilometers. Naarmate de afstand toeneemt, wordt de depositie steeds lager maar verspreidt hij zich wel over een steeds groter grondoppervlak. Om stikstofgevoelige natuur in de omgeving niet te belasten moet een vergunning voor het project worden aangevraagd. Hierbij wordt gekeken tot welke afstand een project nog bijdraagt aan de neerslag van stikstof in de natuur.

Het ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit (LNV) heeft het RIVM gevraagd of er een maximale afstand kan worden bepaald tot waar de depositie van een project kan worden berekend (een afstandsgrens). Er blijken geen wetenschappelijke argumenten te zijn die tot één maximale afstandsgrens leiden. Beleidsmatige keuzes zijn nodig om te bepalen na welke afstand de overheid wil stoppen met rekenen.

Het RIVM reikt beleidsmakers wel een aantal aanknopingspunten aan om deze afstand te kiezen. Een voorbeeld is de locatie tot waar stikstof van een project daadwerkelijk te meten is. Een ander aanknopingspunt is de maximale afstand tot waarop een model is gevalideerd.

De stikstofdepositie in Nederland en de Natura 2000-gebieden wordt berekend met modellen van het RIVM. Het is namelijk heel moeilijk om de depositie op grotere afstanden van de bron te meten. De modellen zijn gebaseerd op natuurkundige wetten, zoals weersomstandigheden, of op de manier waarop stoffen zich in de lucht verspreiden. Beleidsmakers uit veel landen in de wereld gebruiken deze modellen.

Aanleiding voor de vraag van LNV is een advies van het Adviescollege Hordijk Meten en Berekenen (de 'commissie-Hordijk'). Dit Adviescollege constateerde in 2020 dat de berekening van de stikstofdepositie voor de vergunningverlening van projecten niet in balans is. Voor wegverkeer wordt een afstandsgrens gebruikt van 5 kilometer om een vergunning te verkrijgen. Voor de overige bronnen, zoals landbouw en industrie, geldt er nu geen afstandsgrens.

Kernwoorden: afstandsgrens, stikstofdepositie, Natura-2000, Adviescollege-Hordijk, AERIUS, ammoniak, stikstofoxiden

Synopsis

Initial study for a cut off distance in the calculations of deposition from projects

Projects such as the construction and use of a new road, stable, or factory result in nitrogen emissions. The nitrogen disperses in the surrounding area: part is deposited on the soil in the vicinity of the source, but the largest part is deposited after a distance of tens of kilometres. As the distance from the source increases, the amount deposited decreases but the soil area affected increases. In order to avoid negative effects on surrounding natural areas that are vulnerable to nitrogen, a permit has to be requested for the project. Within that framework, an assessment is made of the maximum distance at which a project still contributes to the deposition of nitrogen in nature.

The Ministry of Agriculture, Nature, and Food Quality has asked RIVM if it is possible to determine a maximum distance up to which the deposition from a project can be calculated (cut off distance). As it turns out, there are no scientific grounds on the basis of which a maximal cut off distance can be determined. Policy choices have to be made to determine at which maximum distance the government wishes to stop calculating.

However, RIVM can provide policymakers with a number of suggestions for choosing such a cut off distance. One possibility is to choose the distance up to which nitrogen emissions from a project can actually be measured. Another possibility is the maximum distance up to which a model has been validated.

The nitrogen deposition in the Netherlands and the Natura 2000 areas is calculated using RIVM models. This approach is used because it is actually very difficult to measure deposition at larger distances from the source. The models are based on the laws of physics, such as weather conditions or the manner in which substances disperse in the atmosphere. Policymakers from many countries all over the world use these models.

The request from the Ministry of Agriculture, Nature and Food Quality was triggered by a recommendation from the Hordijk Advisory Committee on Measurements and Calculations (the Hordijk Committee). In 2020, the Advisory Committee noticed that the calculation of the nitrogen deposition for granting a permit for projects is not consistent. For road traffic, a maximum distance of 5 km is used for granting a permit. For the other sources, such as agriculture and industry, no maximum distance is presently applicable.

Keywords: cut off distance, nitrogen deposition, Natura 2000, Hordijk Advisory Committee, AERIUS, ammonia, nitrogen oxides

Inhoudsopgave

Samenvatting — 9

1 Inleiding — 11

- 1.1 Depositie ammoniak en stikstofoxides — 11
- 1.2 Begrenzungen in berekening stikstofdepositie met AERIUS Calculator — 14

2 Wetenschappelijke argumenten m.b.t. rekengrenswaarde — 17

- 2.1 Werking OPS-model — 17
- 2.2 Op basis van metingen, modeleigenschappen en onzekerheden — 17
 - 2.2.1 Meten — 17
 - 2.2.2 Modelvalidatie — 18
 - 2.2.3 Toepassingsbereik OPS en Gaussisch pluimmodel — 18
 - 2.2.4 Onzekerheden — 19
 - 2.2.5 SRM-2 — 20
- 2.3 Op basis van data-analyse — 20
 - 2.3.1 Verloop berekende concentratie — 21
 - 2.3.2 Overige data-analyses — 21

3 Aanpak in het buitenland — 23

- 3.1 Duitsland (Alexander Moravek - Umweltbundesamt) — 23
- 3.2 Verenigd Koninkrijk (William Bealy, CEH) — 24
- 3.3 België (Wouter Lefebvre - VITO) — 24
- 3.4 Verenigde Staten (John T. Walker - US-EPA) — 24
- 3.5 Denemarken (Per Løfstrøm - Aarhus Universiteit) — 25

4 Externe consultatie — 27

- 4.1 TNO-CEE — 27
- 4.2 Erbrink Stacks — 27

Conclusies — 29

Referenties — 31

Bijlage 1: hoever komen ammoniak en stikstofoxiden van een bron — 33

Bijlage 2: Review Jan Duyzer - TNO-CEE — 36

Bijlage 3: Review Hans Erbrink - Erbrink Stacks — 40

Samenvatting

Het ministerie van LNV heeft RIVM gevraagd om een wetenschappelijk-technische duiding van de berekende depositiebijdragen van een individuele bron op verschillende afstanden van een bron. Deze inzichten worden betrokken bij de beleidsmatige en juridische afweging over een mogelijke afstandsgrens. Een emissiebron blijft ook over een grote afstand nog een bijdrage leveren aan de totale stikstofdepositie: het merendeel van de depositie van een project vindt na tientallen kilometers plaats, ongeacht de omvang van de emissie. Na deze afstand is de depositie per hectare laag maar het aantal hectares hoog waarover de depositie plaatsvindt.

In de (jaarlijks gerapporteerde) monitoring van het RIVM wordt de depositie van alle emissiebronnen in geheel Nederland in beeld gebracht, zonder afstandsbegrenzing, dus ongeacht de afstand tot de bron.

Of er wetenschappelijk-technisch argumenten zijn om een projectbijdrage na een bepaalde afstand vanaf de bron niet meer aan het project toe te rekenen heeft RIVM via verschillende benaderingen onderzocht; zowel aan de hand van modeleigenschappen als aan de hand van een analyse van de data van een groot aantal projectberekeningen.

Vanuit de modeleigenschappen is er geen eenduidige modelmatige overgang. Het gebruikte model, OPS, rekent vanuit de bron landelijk door en ook op grotere afstand wordt een bijdrage aan de depositie berekend.

De onzekerheid van deze depositie is op lokale schaal een factor 2 (-50% +100%). De procentuele onzekerheid op grotere afstand van een bron (>ca. 25 km) is alleen via modelonderzoek na te gaan. De verwachting is wel dat onzekerheden verder weg van de bron groter zijn dan een factor 2.

Het meten van de bijdrage van één bron aan de depositie en concentratie van stikstof is in de praktijk lastig door de hoge achtergrondconcentratie en -depositie. Alleen op zeer korte afstand (ordegrootte van 1 km) is deze bijdrage daadwerkelijk te meten. Daarbij gaat het dan om deposities in de orde van grootte van 100 mol N/ha/j.

In een aantal andere landen wordt voor berekeningen van stikstofdepositie gebruik gemaakt van een Gaussisch pluimmodel. Het toepassingsbereik hiervan is – afhankelijk van het land - 20 tot 50 km. In Nederland is dit volgens experts 25 km. OPS kent deze beperking echter niet want dit model schakelt voor grotere afstanden geleidelijk over op het trajectoriemodel, waardoor doorrekenen tot op grotere afstanden mogelijk is. Voor de berekening van stikstofdepositie van wegverkeer wordt SRM-2 gebruikt. Bij projectberekeningen (bij toestemmingsverlening) wordt niet verder gerekend dan 5 km vanaf de weg. Dit hangt samen met beleidskeuzes. Wetenschappelijk-technisch gezien is er geen belemmering om verder door te rekenen. Bij de

monitoringsberekeningen wordt wegverkeer volledig landelijk doorgerekend, met een combinatie van SRM-2 en OPS.

In het algemeen rekent het buitenland bij het beoordelen van projecten – als men een rekengrens op depositie gebruikt – met waarden die aanzienlijk hoger zijn dan de in Nederland gehanteerde 0,005 mol/ha/j.

Het OPS-model is in verschillende studies op basis van experimenten gevalideerd. Deze validaties hebben vrijwel allemaal plaatsgevonden tot ca. 1 km van de bron. In één studie is een hoge bron tot op grotere afstand (15-20 km) gevalideerd. De bijdrage van één enkele bron berekend met OPS op grotere afstanden dan 20 km, is dus niet gevalideerd met metingen. Wel wordt OPS jaarlijks zeer intensief gevalideerd en vergeleken met metingen van LML en MAN, onder andere in het GCN/GDN-proces. Dit zijn validaties op concentratie en depositie ten gevolge van bronbijdrages vanuit alle bronnen in binnen- en buitenland.

Aanvullend op bovenstaande analyse van modeleigenschappen heeft het RIVM meerdere data-analyses uitgevoerd op o.a. de database met 10.000 projecten uit de PAS-periode. Daarbij is gekeken naar de relatie tussen de ontwikkeling van een individuele projectbijdrage ten opzichte van die van de andere bronnen, zowel gedurende de verspreiding door de lucht als bij de depositie naar de bodem. Deze analyses geven geen duidelijke aanknopingspunten voor een technisch-wetenschappelijke onderbouwing van een eenduidige rekengrens.

Zowel de uitgebreide modelanalyse als de data-analyses geven geen reden om een projectbijdrage na een bepaalde afstand vanaf de bron niet meer aan het project toe te rekenen. Een wetenschappelijke beoordeling blijkt niet te leiden tot een afstandsbepaling. Daar moeten ook andere, beleidsmatige overwegingen in betrokken worden. Het onderzoek en deze rapportage bieden wel argumenten die in een beleidsmatige en juridische context gebruikt kunnen worden om tot een begrenzing te komen waarbuiten een berekende waarde niet meer toegerekend wordt aan een project.

1 Inleiding

Naar aanleiding van het onderzoeksrapport van het adviescollege Meten en Berekenen Stikstof heeft het kabinet gereageerd:

"Het kabinet acht een gelijkwaardige behandeling van verschillende typen emissiebronnen gewenst en onderzoekt daarom in samenwerking met het RIVM of aan de hand van eenduidige criteria een wetenschappelijk onderbouwde afstandsgrens dan wel depositiewaarde voor verschillende emissiebronnen vast te stellen is en welke implicaties dit met zich meebrengt."

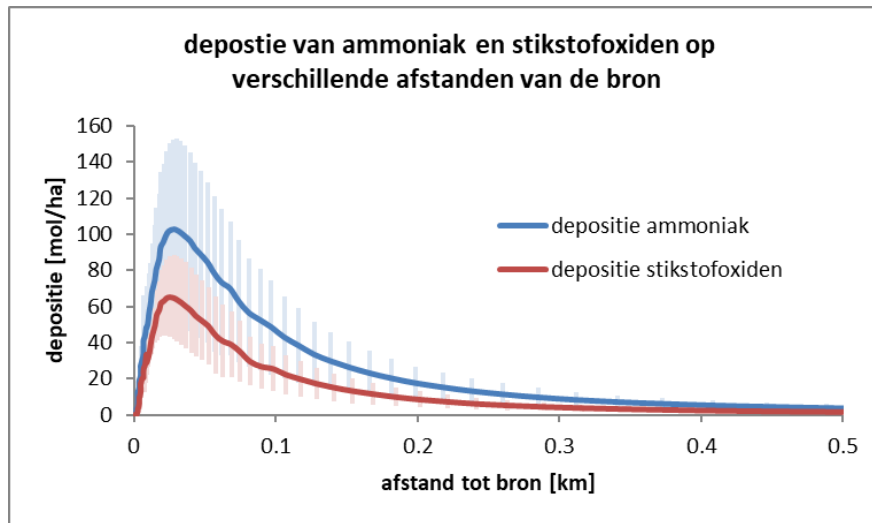
In september 2020 heeft het ministerie van LNV aan het RIVM verzocht: *"de mogelijkheden voor een wetenschappelijk onderbouwde afstandsgrens en/of rekenkundige ondergrens (afkapgrens) die gehanteerd kan worden bij project specifieke berekeningen met AERIUS Calculator, te onderzoeken. Hieronder is daartoe een aantal opties geformuleerd inclusief de huidige afkapgrens van 5 km, die op dit moment voor wegverkeer geldt. De opties zijn echter niet limiterend. Van belang is dat in het onderzoek de haalbaarheid, robuustheid en consequenties voor de onzekerheid van de berekeningen worden meegenomen."*

In december heeft het RIVM een eerste terugkoppeling gegeven over wat gezegd kon worden over de herleidbaarheid en onzekerheid rondom de modellen. Ook is door het RIVM onderzocht op welke manier grenzen per bron gedefinieerd konden worden. Tenslotte is aangegeven, op basis van de huidige AERIUS-database met bijna tienduizend projecten voor verschillende grenswaarden, welk deel van de depositie onderdeel zou zijn van de passende beoordeling voor een vergunningaanvraag en welke niet.

In januari 2021 heeft het ministerie van LNV het RIVM gevraagd om het onderzoek te richten op de wetenschappelijke argumenten die een maximale rekenafstand voor projecten bij vergunningverlening kunnen onderbouwen. Dit briefrapport gaat in op deze laatste vraag. Hiervoor zijn verschillende benaderingen onderzocht: zowel wat betreft de modeleigenschappen als een analyse van projectberekeningen.

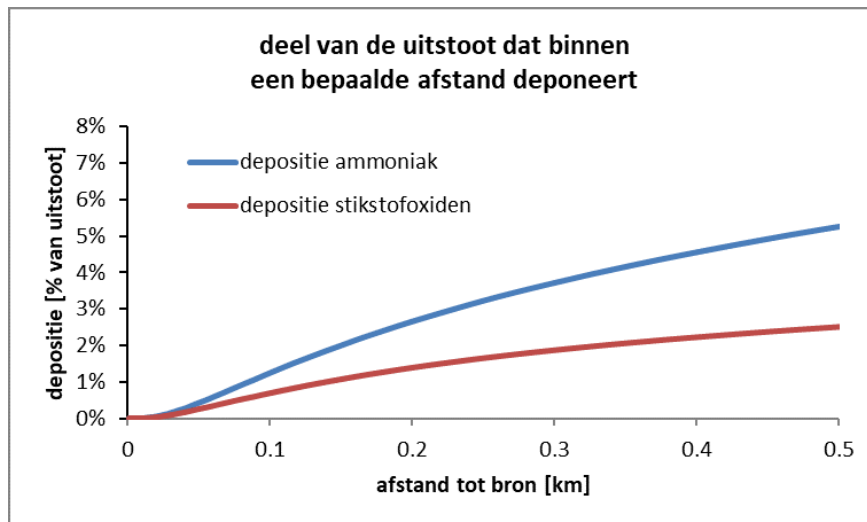
1.1 Depositie ammoniak en stikstofdioxiden

De depositie van verschillende brontypen heeft een piek vlak bij de bron. De hoeveelheid depositie vakt daarna langzaam af. Zoals in Figuur 1 wordt weergegeven is depositie op korte afstand van de bron in absolute zin het hoogst (voor emissiebronnen met een lage uitstoothoogte, zoals landbouw en verkeer). Zie ook Tabel 1 voor bijbehorende data en bijlage 1 voor een verdere onderbouwing.



Figuur 1 Grafieken voor depositie van lage bronnen (verkeer, landbouw). Verticale balkjes geven de variatie in depositie weer in de verschillende windrichtingen.

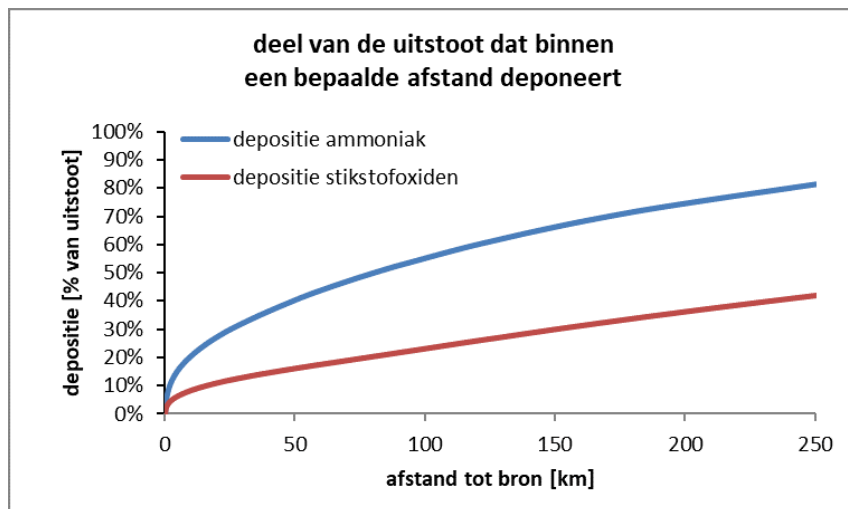
Wanneer voor dezelfde bron de depositie als fractie van het totaal aan de door deze bron veroorzaakte depositie wordt weergegeven, wordt echter duidelijk dat op die korte afstand van de bron slechts een klein deel van het totaal is gedeponeerd (Figuur 2).



Figuur 2 Deel van de stikstof dat voor dezelfde lage bronnen als uit figuur 1 binnen een bepaalde afstand deponeert

De depositiebijdrage van een bron blijft ook over een grote afstand nog een bijdrage leveren aan de totale depositie. In dit voorbeeld is voor ammoniak na 100 km 50% van de uitgestoten stikstof gedeponeerd. Voor stikstofoxiden wordt dit punt pas op meer dan 250 km bereikt, zie figuur 3. Een groot deel van de depositie komt daardoor in het buitenland terecht. Verhoudingsgewijs draagt een individuele bron op korte afstand dus het meeste bij aan de lokale totale depositie en wordt die bijdrage op grotere afstand in absolute zin snel kleiner, maar nooit nul. Voor NO_x geldt bijvoorbeeld dat een bijdrage (mol/ha/j) op 50 meter een factor 30-35 hoger ligt dan op 500 meter, en een factor

1700-1800 hoger ligt dan op 5 km (zie Tabel 1). Echter, door de grote toename van het oppervlak waarover bij toenemende afstand tot de bron wordt gedeponereerd is de bijdrage op enige afstand van de bron per hectare gering maar tellen al deze hectares samen op tot een grote hoeveelheid.



Figuur 3 Deel van de stikstof dat voor dezelfde lage bronnen als uit figuur 1 over grotere afstand deponereert.

Tabel 1 Stikstofdepositie als gevolg van twee brontypen. Ammoniak deponereert relatief sneller dan stikstofdioxide. Hoewel bij toenemende afstand nog steeds een groot deel in transport is, neemt de depositie met toenemende afstand van de bron sterk af. Depositie is weergegeven met 95% betrouwbaarheidsinterval.

Afstand (m)	NH ₃ (ca. 300 kg /jaar) ¹		NO _x (ca. 850 kg/jaar)	
	Depositie (mol/ha/jaar)	Fractie gedeponereerd	Depositie (mol/ha/jaar)	Fractie gedeponereerd
50	89 (43-129)	0,4%	53 (30-71)	0,2%
100	49 (22-66)	1,2%	26 (13-33)	0,7%
200	18 (8-23)	2,6%	8 (4-11)	1,4%
500	3,9 (2,0-5,0)	5,2%	1,6 (0,8-2,0)	2,5%
1.000	1,1 (0,6-1,4)	7,7%	0,4 (0,2-0,5)	3,5%
2.000	0,3 (0,2-0,4)	11%	0,12 (0,07-0,15)	4,6%
5.000	0,07 (0,04-0,09)	16%	0,03 (0,02-0,03)	6%
10.000	0,02 (0,01-0,03)	21%	0,01 (0,01-0,01)	9%
20.000	0,01 (0,00-0,01)	27%	0,00 (0,00-0,00)	11%

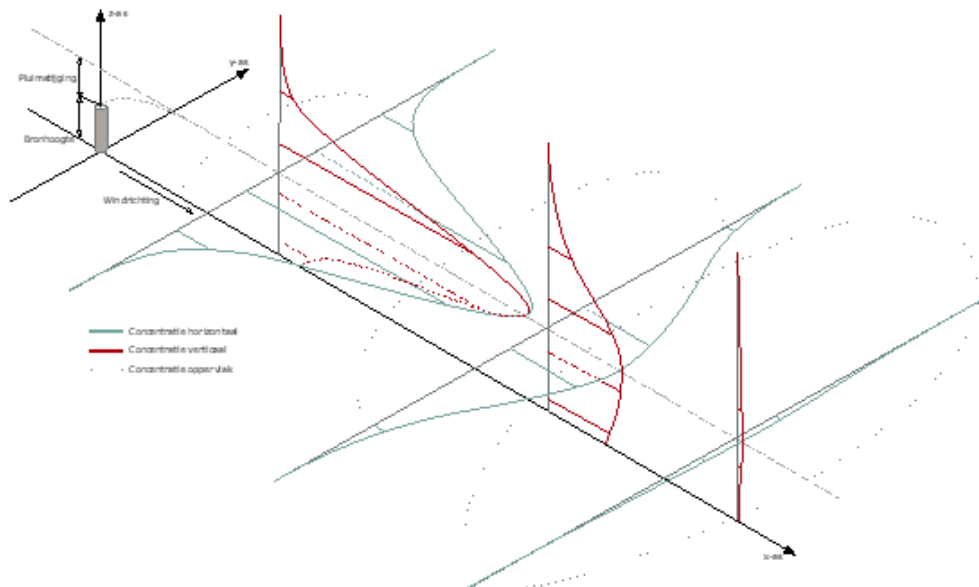
Voor andere bronsterktes schaalde de depositie per afstand evenredig: een tweemaal zo hoge emissie levert een tweemaal zo hoge depositie. De gedeponereerde fractie is echter wel onafhankelijk van de bronsterkte.

AERIUS rekent (met uitzondering van projectberekeningen voor wegverkeer) met OPS, het Operationele Prioritaire Stoffen model.

¹ Een stal stoot gemiddeld 1000-4000 kg stikstof uit per jaar

Dit is een combinatie van een Gaussisch pluimmodel en een trajectoriemodel². Een Gaussisch pluimmodel wordt in de luchtkwaliteitswereld vaak toegepast voor het berekenen van verspreiding van stoffen in de atmosfeer voor korte (100 meter) tot middellange (kilometers) afstand van individuele emissiebronnen. In Figuur 4 is de concentratieverdeling schematisch weergegeven.

Op een grotere afstand van de bron wordt de concentratieverdeling homogener. Dit geldt zowel voor de verdeling in horizontale richting (groene lijn) als in de verticale (rode lijn). Mede als gevolg van de ruwheid van de ondergrond verandert de verticale verdeling van de concentraties op grotere afstanden. Ter illustratie toont deze figuur één windrichting. In de praktijk worden voor een berekening alle windrichtingen doorgerekend en de resultaten gemiddeld.



Figuur 4 Schematische weergave, verspreiding van emissie volgens Gaussisch pluimmodel.

Op grotere afstanden vlakt de verdeling van concentratiebijdragen af en worden de bijdragen kleiner. Daarmee wordt de bronbijdrage van een individuele bron minder onderscheidend ten opzichte van bijdragen van alle andere emissiebronnen in Nederland, de zogenaamde achtergronddepositie. Deze achtergronddepositie ligt als een soort 'deken' van stikstofdepositie over Nederland, met regionale verschillen in de hoogte van de totale depositie ('dikte' van de deken) ten gevolge van o.a. de ruwheid van de bodem en de positie ten opzichte van bronnen en de heersende windrichting.

1.2 Begrenzungen in berekening stikstofdepositie met AERIUS Calculator

De depositie per hectare neemt in het algemeen³ af met de afstand tot de bron. Het moment om te stoppen met het toerekenen van depositie aan een project kan worden bepaald op afstand van de bron of op de

² Zie voor een uitgebreide beschrijving van dit model [de OPS-website](#)

³ Met uitzondering van een hoge bron (schoorsteen), waarbij de pluim de grond nog moet raken, zie Figuur 4

hoogte van de depositie. Een mogelijke afstandsgrens kan daarbij altijd worden vertaald naar een (gemiddelde) depositiegrens. En andersom. Ook kan voor een combinatie van afstand en depositie worden gekozen.

Bij een **depositiegrens** varieert de afstand per project. Een depositiegrens houdt rekening met de emissieomvang, de verschillen in emissiekenmerken zoals de schoorsteenhoogte en de verschillen in verspreiding tussen ammoniak en stikstofoxiden (zie Figuur 1). Tenslotte is het belangrijk om op te merken dat veel bronnen en sectoren zowel ammoniak als stikstofoxiden uitstoten.

Bij een **afstandsgrens** is de afstand tot de bron voor elk project gelijk, maar wordt er geen rekening gehouden met bovenstaande verschillen.

Onder het toetsingskader van het PAS (Programma Aanpak Stikstof) werd met OPS een projectbijdrage⁴ berekend tot een drempelwaarde van 0,05 mol/ha/j. Voor wegverkeer buiten de bebouwde kom kon met SRM-2 (Standaard RekenMethode 2, zie paragraaf 2.2.5) tot een afstandsgrenswaarde van 3 km worden gerekend, waarbij voor de depositiebijdrage na 3 km specifiek ontwikkelingsruimte was gereserveerd en apart gezet. Voor alle berekende projectbijdragen onder de 0,05 mol/ha/j gold dat ook voor OPS.

Na de uitspraak van de Raad van State over het PAS is in 2019 de ondergrens voor OPS op verzoek van de PAS-partners (LNV, IenW en Provincies) verlaagd en daarbij in overleg met RIVM aangepast naar 0,005 mol/ha/j. Een nog verdere verlaging zou in verband met de rekentijd problemen leveren. Bij het vallen van de PAS verviel ook voor wegverkeer de afstandsgrenswaarde van 3 km waardoor de rekenafstand 5 km werd. Beide afstanden zijn overigens beleidsmatige keuzes en volgen niet uit validatie van SRM-2.

Het OPS-model wordt door het RIVM ook ingezet voor de landelijke monitoring van stikstofdepositie (Hoogerbrugge et al., 2020; Marra et al., 2019). Daarvoor wordt er geen ondergrens gehanteerd bij de berekeningen. De modelresultaten worden jaarlijks aan de beschikbare metingen geijkt om systematische afwijkingen te corrigeren.

⁴ Meer precies: werden voor een project de berekening van de uitgangssituatie en die van de beoogde situatie doorgerekend tot 0,05 mol N/ha/j

2 Wetenschappelijke argumenten m.b.t. rekengrenswaarde

Voor de vraag of er wetenschappelijk technische argumenten zijn die het beleid kan gebruiken om te bepalen wanneer een berekende bijdrage niet meer is toe te rekenen aan een project, heeft het RIVM in eerste instantie gekeken naar de eigenschappen van de huidige modellering. Dit wordt in paragraaf 2.2 uitgewerkt. In tweede instantie is gebruik gemaakt van data-analyse van de resultaten van projectberekeningen (zie hiervoor paragraaf 2.3).

2.1 Werking OPS-model

Het Operationele Prioritaire Stoffen-model (OPS) is een atmosferisch transport- en depositiemodel dat een combinatie is van een Gaussisch Pluimmodel en een trajectoriemodel. Bij een Gaussisch pluimmodel wordt de windrichting in de tijd constant gehouden. Dit heeft wel tot gevolg dat het toepassingsbereik beperkt is: in de praktijk fluctueert de windrichting. De combinatie van een Gaussisch pluimmodel en een trajectoriemodel in OPS houdt vanaf het begin rekening met deze variatie van de windrichting in de tijd en kent daardoor geen afstandsbeperking in de toepassing. OPS berekent de verspreiding vanaf de bron tot 96 uur na de emissie vanuit de bron. In de praktijk is dit voor Nederland altijd voorbij de landsgrens. Ook op grotere afstand van de bron (zie Figuur 3) treedt depositie op als gevolg van de emissie uit een bron, hoewel de bijdragen door die bron steeds kleiner worden.

2.2 Op basis van metingen, modeleigenschappen en onzekerheden

2.2.1 *Metten*

Een benadering is om met behulp van metingen de depositiebijdragen van individuele projecten aan te tonen. Fysieke metingen voor individuele projectbijdragen zijn lastig in de praktijk te brengen door de combinatie van de relatief hoge achtergronddeposities in Nederland, variabiliteit van het weer en de detectielimieten van beschikbare meetapparatuur. Dit geldt voor concentratiemetingen en in sterkere mate voor depositiemetingen. Alleen op relatief korte afstand (in de orde grootte van één km) zijn concentratiebijdragen nog vast te stellen met metingen, Dit is uiteraard ook afhankelijk van de sterkte van de emissiebron (zie voor een overzicht van validatiestudies Tabel 2 in paragraaf 2.2.2).

Om een indicatie te geven van de ondergrens van de aantoonbaarheid van een bronbijdrage op basis van metingen kan de gevoeligheid van de meetmethoden voor het meten van de luchtconcentraties van NO_x en voor NH₃ gebruikt worden. Die gevoeligheid ligt ongeveer rond de 0,2 microgram per kubieke meter (Berkhout et al., 2017, Teledyne, 2016). Deze concentraties vertalen zich, op basis van een gemiddelde depositiesnelheid in Nederland, in deposities van orde grootte 20 mol N per hectare per jaar. Op welke afstand van de bron een projectbijdrage nog aantoonbaar is (in de zin van of deze nog ca. 20 mol/ha/jaar bijdraagt aan de depositie), is sterk afhankelijk van de bronsterkte en -karakteristieken (zoals uitstoothoogte en warmte-inhoud van de bron),

van de stofeigenschappen van NO_x of NH₃ en meteorologische en omgevingsfactoren (zoals terreinruwheid).

In de praktijk zijn er veel complicerende factoren waardoor het niet eenvoudig is om de bijdrage van een bron of project op basis van metingen aan te tonen. Dit heeft voor een groot deel te maken met de invloed van meteorologische omstandigheden en de invloed van andere bronnen in de omgeving. De onzekerheid in een jaargemiddelde concentratie van NO_x en NH₃ ligt rond de 10% (Noordijk et al, 2020; Mooibroek et al, 2014) bij de huidige niveaus komt dat overeen met ca. 0,5-2 µg/m³. Dit ligt een orde-grootte hoger dan de gevoeligheid van de meetmethoden. In depositietermen betekent dat dan honderd tot enkele honderden mol/ha/jaar. In de praktijk is dus de aantoonbaarheid van de bijdrage van een bron op de concentratie of depositie op basis van metingen in het algemeen beperkt.

2.2.2 Modelvalidatie

OPS wordt jaarlijkse onder andere in het GCN/GDN-proces intensief vergeleken met metingen van de LML- en MAN-meetnetten. Dit zijn validaties op concentratie en depositie ten gevolge van bronbijdrages vanuit alle bronnen in binnen en buitenland. Daarnaast zijn de uitkomsten van het OPS-model gevalideerd aan de hand van vergelijkingen met andere modellen, recent bijvoorbeeld met het EMEP-model (van der Swaluw et al, 2021).

Het OPS-model is voor individuele bronnen gevalideerd aan de hand van bestaande studies op basis van experimenten (zie Tabel 2). Deze studies hebben vrijwel allemaal plaatsgevonden tot ca. 1 km van de bron. In één studie is een hoge bron tot op grotere afstand (15-20 km) gevalideerd. De bijdrage van één enkele bron, berekend met OPS op grotere afstanden dan 20 km, is dus niet gevalideerd met metingen.

Tabel 2 Overzicht van validatiestudies waaraan de werking van OPS voor een individuele bron is getoetst⁵

Experiment	Jaar	Hoogte bron (m)	Emissie-sterkte	Stof	Bereik (m of km)
Prairie Grass [1]	1956	0,46	10.000 g/s	SO ₂	50 – 800 m
Kincaid [3]	1981	187	14,27 g/s	SF ₆	20 km
Falster [4]	2006	6,4	0,0068 g/s	NH ₃	300 meter

2.2.3 Toepassingsbereik OPS en Gaussisch pluimmodel

OPS is een combinatie van een Gaussisch pluimmodel met een trajectoriemodel. De trajectorie wordt direct vanaf de bron al gevolgd. OPS rekent in principe hetzelfde uit als een 'normaal' Gaussisch pluimmodel (d.w.z. zonder trajectorie), zolang de wind niet draait. In het geval dat de wind draait, dan is OPS in staat de richting te volgen. Een 'normaal' Gaussisch model kan dit niet. Daarom kent een 'normaal' Gaussisch model een maximale rekenafstand voor het toepassingsbereik. Het toepassingsbereik van het in Nederland gebruikte 'Nieuw Nationaal Model' voor luchtkwaliteit (TNO, 2002; KEMA et al, 2016) is tot ca. 25 km. OPS heeft deze limitering in het toepassingsbereik niet. Voor enkele voorbeelden van toepassing van

⁵ In het geval van historische jaren is beschikbare data uit die experimenten gemodelleerd.

modellen voor het berekenen van individuele bronbijdrages in het buitenland, zie Hoofdstuk 3.

2.2.4 Onzekerheden

De onzekerheid in depositieberekeningen hangt af van meerdere factoren en is verschillend per component (concentraties en deposities van ammoniak en stikstofoxiden). Samen resulteren deze onzekerheden in de totale onzekerheid van een berekening. De factoren kunnen grofweg worden onderverdeeld in drie categorieën:

- a. Onzekerheid in emissies:
Hieronder vallen onzekerheden in emissiefactoren, activiteitdata en onzekerheden in bronkenmerken, zoals de emissiehoogte, de samenstelling van emissies, et cetera. Voor het nationale emissietotaal van NH₃ en NO_x gelden onzekerheden van respectievelijk 31 en 17 procent (95% betrouwbaarheidsinterval)⁶ (Wever et al., 2020). Voor individuele projecten kan dit verschillend zijn. In het geval van een nog te plannen activiteit is de emissie afhankelijk van de inschatting van met name de omvang van de activiteit zelf.
- b. Onzekerheid in de verspreiding en transport door de lucht:
Onzekerheid in de verspreiding dicht bij de bron komt voor een groot deel door het chaotische proces van de turbulentie van de lucht. Een schatting van deze onzekerheid kan gehaald worden uit de onzekerheid die geschat wordt voor berekeningen met het Gaussisch pluimmodel. De onzekerheid in het transport - of anders gezegd de weg die wordt afgelegd van de bron tot de locatie waar de stikstof deponert - 'de trajectorie' is het gevolg van onzekerheden in meteorologische factoren (zoals windrichting, windsnelheid, atmosferische stabiliteit etc.) en de atmosferische verwijderingsprocessen van de component (zoals chemische omzetting, droge en natte depositie). De onzekerheid ten gevolge van het transport, zeker op grotere afstanden, zijn moeilijk in te schatten. In het algemeen kan gesteld worden dat de onzekerheid door verspreiding en transport toeneemt met de afstand tot de bron.
- c. Onzekerheid in depositiesnelheid:
De depositiesnelheid is in feite de "vertaling" van concentraties in de lucht naar de droge depositie op de bodem. Deze hangt af van onzekerheden in de kennis omtrent het depositieproces en de onzekerheden in de oppervlakte en vegetatiekenmerken van het oppervlak waar de depositie op plaatsvindt. De onzekerheid kan lokaal (bijvoorbeeld per hexagoon of hectare) groot zijn: tot een factor 2 (-50% +100%) (Velders et al, 2016, Van Jaarsveld, 2004).

De onzekerheden op grotere afstand van de bron (>ca. 25 km) zijn alleen via modelonderzoek na te gaan. Dit is tot op heden niet gebeurd. In een aantal gevoeligheidsstests kan nagegaan worden wat de onzekerheden ten gevolge van de variatie in een aantal belangrijke rekenparameters is. De verwachting is dat onzekerheden verder weg van de bron aanzienlijk groter kunnen zijn dan de factor 2.

⁶ 95% interval betekent dat er 95% kans is dat de waarde binnen deze onzekerheidsbandbreedte valt (2 sigma uitgaande van een normaalverdeling)

Bij het doorrekenen van depositiebijdragen tot de huidige ondergrens van 0,005 mol/ha/jaar moet worden bedacht dat de onzekerheden van eenzelfde orde grootte kunnen zijn als van de berekende bijdragen. Voor individuele projectbijdragen is verder beperkt validatie beschikbaar.

2.2.5 SRM-2

Bovenstaande paragrafen hebben betrekking op het OPS-Model. Voor buitenstedelijk wegverkeer gebruikt AERIUS Calculator het SRM-2 model. Deze Standaard RekenMethode 2 (SRM-2) is van hetzelfde soort van Gaussische verspreidingsmodel als het eerdere (oude) Nationale Model (NM) en deelt de basisopzet daarmee (Wesseling 2014). In het onder het NM liggende "blauwe boekje" (Staatsuitgeverij 1976) wordt gesteld dat Gaussische modellen bij afstanden van "enkele tientallen km" toepassingsmogelijkheden verliest. Voor de dispersieparameters moet op grotere afstanden met geschatte en onzekere extrapolaties van bekende waarden worden gerekend. In testberekeningen met het NM en het Nieuw Nationaal Model (NNM) (NNM, 1998) is voor lagere bronnen met het NM tot 6 km gerekend en voor wat hogere tot 14 km.

Bij toepassing van SRM2 voor berekeningen aan depositie komt regelmatig de vraag naar voren wat de validatie van SRM2 is en of die samenhangt met de gehanteerde rekenafstanden van 3 en 5 km. Deze afstanden zijn op verzoek van het ministerie van LNV in AERIUS geïmplementeerd. Er is in het verleden bij berekeningen aan luchtkwaliteit voor gekozen om de correctie voor dubbeltelling van alle grotere wegen tot 3 kilometervakken aan weerszijden van hoofdwegen in GCN te beperken (Velders 2008). Dat impliceert dat de lokale bijdragen van die specifieke wegen tot op 3-4 km met SRM-2 moeten worden doorgerekend, afhankelijk van de ligging van de betreffende weg(en) in het GCN-grid. Om zeker te weten dat alle wegen in het NSL worden meegenomen wordt in NSL-berekeningen een export van segmenten in het studiegebied + 5 km gebruikt, waarbij dan per rekenpunt de gediscretiseerde bronnen binnen 4 km meedoen.

De combinatie van GCN, inclusief correctie voor dubbeltelling voor hoofdwegen, en SRM-2 is uitgebreid getest, vooral voor kortere afstanden tot de weg, zie Wesseling (2016) en de referenties daarin. Hierbij zijn wel met SRM-2 berekende bijdragen tot 4 km ver in rekening gebracht. De gekozen maximale rekenafstand is niet gekozen op basis van geldigheid of validatie van SRM2 maar op basis van de praktische combinatie met de dubbeltellingcorrectie voor grotere wegen. Na deze keuze zijn de validaties verricht.

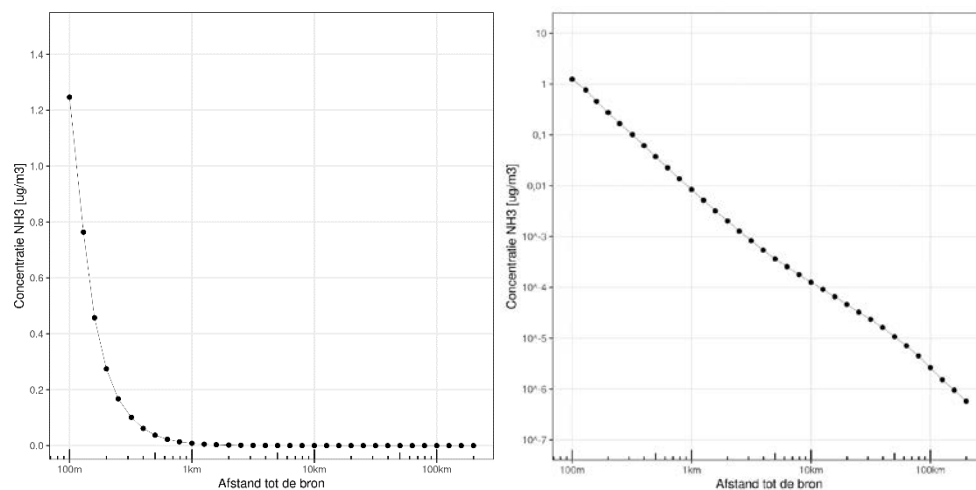
Er zijn geen vergelijkingen van metingen en resultaten van SRM-2 (eventueel in combinatie met andere modellen) bekend bij grotere afstanden. Zoals hierboven gemeld zijn er met het onderliggende Nationale Model wel vergelijkende berekeningen gedaan tot afstanden van 6-14 km.

2.3 Op basis van data-analyse

Het RIVM is ook op zoek gegaan naar inzichten over omvang van een projectbijdrage afhankelijk van de afstand tot de bron door analyses te maken met behulp van concrete projectberekeningen in AERIUS.

2.3.1 Verloop berekende concentratie

In Figuur 1 is de concentratie van een typische lage NH_3 bron (beweiden en bemesten) weergegeven als functie van de afstand tot de bron. Het verloop voor de droge depositie van deze bron zal hierop lijken. Zowel de concentratie als de afstand zijn op een logaritmisch schaal weergegeven. Het voordeel van deze weergave is dat een groot dynamisch bereik voor beide schalen in één figuur kan weergegeven. De figuur is over het hele bereik vrij glad en geeft daarmee geen aanleiding om op een bepaalde afstand te stoppen met rekenen. De presentatie via zo'n dubbele logaritmische figuur kan ten onrechte de suggestie wekken dat de relatie tussen afstand en concentratie via een eenvoudige formule te beschrijven is.



Figuur 5 Het verloop van concentratie NH_3 bij toenemende afstand van de bron (logaritmisch), ten gevolge van een typische NH_3 emissiebron van beweiden en bemesten. Getoond is de mediaan van berekeningen gedaan in alle windrichtingen. In de rechter figuur is de concentratie op een logaritmische as weergegeven.

2.3.2 Overige data-analyses

RIVM heeft via meerdere data-analyses geprobeerd verdere aanknopingspunten te vinden, die echter nog niet tot wetenschappelijk robuuste resultaten hebben geleid:

- Op welke afstand valt de bijdrage van één bron niet meer te onderscheiden van de bijdrage van overige bronnen (gaat op in de ruis).
- Geeft de frequentieverdeling van de bijdragen van alle bronnen op een locatie aanleiding tot het benoemen van een rekengrens?
- Op welke afstand vindt er geen noemenswaardige afname meer plaats in de depositiebijdrage van een bron (nadert de asymptoot).

Ook hier is de conclusie dat de processen geleidelijk verlopen en een rekengrens niet op waargenomen overgangen van technisch wetenschappelijk aard te baseren valt.

3 Aanpak in het buitenland

Het RIVM heeft een groep buitenlandse experts benaderd van omliggende landen en ook de VS met kennis van modellen en beleid in relatie tot het toepassingsbereik van modellen. Deze experts is gevraagd naar het gebruik van modellen in hun landen en het toepassingsbereik ervan. Over het geheel genomen worden berekeningen minder gedetailleerd uitgevoerd dan in Nederland en wordt er minder ver doorgerekend. De aanpak verschilt per onderzocht land tussen een modelmatige grenzen en beleidsmatig gekozen waarden.

In de Verenigde Staten en Vlaanderen wordt het toepassingsbereik van de gebruikte modellen aangehouden als afstandsgrens. Voor de VS is dat 50 km (voor het Gaussisch pluimmodel AERMOD), hoewel daar geen specifieke methodologie is uitgewerkt om individuele bronnen door te rekenen. Voor Vlaanderen wordt het toepassingsbereik van 20 km aangehouden voor individuele vergunningverlening, waarbij gebruik wordt gemaakt van IFDM (Immission Frequency Distribution Model - een Gaussisch Pluimmodel). Deze afstand is nog niet juridisch getoetst. Op dit moment wordt het juridisch stikstofkader in Vlaanderen herzien mede n.a.v. uitspraak van de rechter aldaar.

In Duitsland, Denemarken en het Verenigd Koninkrijk wordt een beleidsmatig gekozen rekengrens toegepast. Voor Duitsland geldt dat de inrichting/emissiebron waarvoor toestemming wordt gevraagd, een afkapcriterium heeft van 0,3 kg N/ha/jaar (21 mol N/ha/jaar) voor Natura2000-gebieden en een criterium van 5 kg N/ha/jaar (357 mol N/ha/jaar) voor overige natuurgebieden. Bronnen die minder dan deze deposities bijdragen aan een specifiek ecosysteem hoeven niet in beschouwing te worden genomen. In Denemarken worden verschillende brontypen verschillend behandeld. Er geldt een algemene afstandsgrens van 4 km met een aanvullende drempelwaarde die afhangt van de natuur en bestaande activiteiten in de nabije omgeving. Deze drempelwaarde ligt tussen de 14,2 en 71 mol N/ha/j, afhankelijk van de stikstofgevoeligheid en -belasting in de omgeving. In het Verenigd Koninkrijk worden bronnen tot 5 km van een stikstofgevoelig natuurgebied doorgerekend met SCAIL, een model gebaseerd op AERMOD, indien die bronnen minstens een depositie van 1% van de KDW veroorzaken. In de volgende paragrafen is een overzicht gegeven van de reacties van deze experts.

3.1 Duitsland (Alexander Moravek – Umweltbundesamt)

In het kort komt het proces in Duitsland ten aanzien van nieuwe inrichtingen/emissies op het volgende neer: uitgangspunt is de achtergronddepositie op een resolutie van 1×1km, beschikbaar via het Umweltbundesamt (<http://gis.uba.de/website/depo1/>). Om rekening te houden met de lokale invloed van emissiebronnen (anders dan de bron waarvoor toestemming wordt gevraagd) wordt de achtergronddepositie voor de betreffende gridcel gecorrigeerd wanneer emissiebronnen een bijdrage leveren groter dan 1 kg N/ha/jaar (~71 mol N/ha/jaar). De uiteindelijke stikstofdepositie van deze bronnen wordt bepaald en opgeteld bij de achtergronddepositie op die locatie. De waarde van 1 kg

N/ha/jaar representeert de onzekerheid van de gemodelleerde achtergronddepositie, terwijl tegelijkertijd wordt aangenomen dat de bijdrages van minder dan 1 kg N/ha/jaar worden meegenomen in de berekende achtergronddeposities. Voor de inrichting/emissiebron waarvoor toestemming wordt gevraagd wordt een afkap criterium van 0,3 kg N/ha/jaar (21 mol N/ha/jaar) voor Natura2000-gebieden gebruikt en een criterium van 5 kg N/ha/jaar (357 mol N/ha/jaar) voor overige natuurgebieden. Bronnen die minder dan deze deposities bijdragen aan een specifiek ecosysteem hoeven niet in beschouwen te worden genomen.

3.2 Verenigd Koninkrijk (William Bealy, CEH)

In het Verenigd Koninkrijk kan gebruik gemaakt worden van het SCAIL-model: Simple Calculation of Atmospheric Impact Limits. Er zijn twee versies van het SCAIL-model: SCAIL-Agriculture en SCAIL-Combustion. Deze modellen, gebaseerd op het verspreidingsmodel AERMOD, zijn geschikt om de depositie vanuit verschillende bronnen op natuur te berekenen. Ze worden geschikt geacht voor een eerste toetsing van bronnen in het kader van vergunningverlening. Afhankelijk van deze eerste toetsing moet mogelijk een gedetailleerdere berekening uitgevoerd worden. Vanaf een bijdrage van de inrichting/emissie van 1% van de kritische belasting moet een dergelijke uitgebreide berekening gedaan worden. Voor de berekeningen wordt gekeken naar bronnen binnen een afstand van 5 km, gerekend vanaf de relevante receptor.

3.3 België (Wouter Lefebvre – VITO)

In Vlaanderen wordt de totale depositie op het Vlaamse grondgebied uitgerekend met de Vlaamse versie van het OPS-model (VLOPS). Voor de individuele vergunningverlening doet men in Vlaanderen de berekeningen met IFDM (Immission Frequency Distribution Model - een Gaussisch Pluimmodel) en beperkt men zich tot een afstand van 20km. Deze afstand hangt samen met de kenmerken van het IFDM-model, waarbij het te grote onzekerheden vertoont op grotere afstanden. Op dit moment wordt het juridisch stikstofkader in Vlaanderen herzien mede n.a.v. uitspraak van de rechter aldaar.

3.4 Verenigde Staten (John T. Walker – US-EPA)

In de Verenigde Staten worden verschillende modellen gebruikt in het vergunningverleningsproces. Hierbij gaat het met name om AERMOD (American Meteorological Society/Environmental Protection Agency Regulatory Model) en CMAQ (Community Multiscale Air Quality Modeling System). Volgens Wesson et al. (2010) is *“The AERMOD-model (US-EPA, 2004) EPA’s preferred air quality dispersion model for regulatory air quality impact assessments of inert pollutants that are directly emitted from a variety of sources for transport distances of up to 50 km”*. Op basis van CMAQ-berekening hebben Dennis et al. (2010) een *‘cutoff point for the range of influence’* van ammoniakemissies afgeleid, uitgaande van de emissies in een 12x12 km gridcel. Dennis et al. geven aan dat *‘the range of influence’* varieert van 180 tot 380 km, afhankelijk van de methode waarmee de droge depositie wordt berekend. Dennis et al. stellen zichzelf de vraag: *‘over what spatial extent are the emissions expected to have an important impact’*.

Uit Dennis et al: *"To address this question, an operational definition for the range of influence needs to be developed because the concentrations/deposition from a source decline with distance and become very diffuse to the point that the impact from that source is insignificant. A cutoff point must be established to create the operational definition. We defined the cutoff point for the range of influence to be the distance by which 50% of the emissions from the source have deposited"*. Volgens de informatie uit de VS is er voor nieuwe NH₃ bronnen geen eis ten aanzien van de vergunningverlening waarvoor een modelanalyse nodig zou zijn. Meer in het algemeen wordt gesteld: *"there is no formal methodology in the US for single sources. Source apportionment analyses for N deposition in the US are conducted using gridded CTMs and do not resolve individual sources"*.

3.5 Denemarken (Per Løfstrøm – Aarhus Universiteit)

In Denemarken worden de landbouwbronnen en die van andere broncategorieën verschillend behandeld. Voor landbouw wordt voor de regelgeving een onderscheid gemaakt tussen het toedienen van stikstof op bouw-/grasland en ammoniakemissies van stallen/opslag. Er is een limiet ten aanzien van het toedienen van stikstof per hectare en de manier van toedienen + tijdstip van toediening. Deze methode is grotendeels in lijn met de Nederlandse regelgeving (afgezien van de exacte getallen). De emissie en de daaropvolgende depositie van ten gevolge van deze 'veldemissies' worden echter verder niet meegenomen bij de beoordeling van individuele boerderijen.

De regelgeving omtrent de depositie van ammoniak vanuit stallen hangt af van het type natuur. Deze is verdeeld in drie categorieën: 1, 2 en 3. Voor categorie 1 en 2 zijn de grenswaarden respectievelijk 0,7 en 1,0 kg N/ha/jaar (50 en 71 mol N/ha/jaar). Voor categorie 1 natuur moet rekening gehouden worden met de eventuele bijdrage van nabijgelegen stallen (andere eigenaar). Mochten die er zijn, dan wordt de rekengrens verlaagd van 0,7 kg N/ha/jaar naar 0,4 (1 stal) of 0,2 (2 of meer stallen) kg N/ha/jaar. De manier voor het bepalen van de omliggende stallen is beschreven via de website van het Deense EPA⁷.

Voor categorie 3 wordt alleen de additionele emissie ten gevolge van een toenemende productie meegenomen. De lokale autoriteiten bepalen hier de grenswaarde die echter niet onder de 1,0 kg N/ha/jaar moet liggen. De depositie wordt berekend tot en met een afstand van 4 km, waarbij gebruik gemaakt wordt van op voorhand berekende waarden met het OML-DEP model voor een 'standaard' stal⁸.

Voor andere bedrijven (industrie, etc.) zijn er geen strikte regels, maar er wordt aangenomen dat de lokale autoriteiten de grenswaarden hanteren die ook voor stallen worden gebruikt. De depositie wordt bepaald o.b.v. een jaargemiddelde concentratie met constante depositiesnelheden en zonder 'source depletion' van het OML-model⁹. Voor wegen wordt de jaargemiddelde concentratie van het OML-Highway model¹⁰ gebruikt.

⁷ In het Deens - [13. Generelle principper for godkendelser og tilladelser \(mst.dk\)](#)

⁸ [OML-DEP \(au.dk\)](#)

⁹ [OML \(au.dk\)](#)

¹⁰ [OML-Highway \(au.dk\)](#)

4 Externe consultatie

Als eerste stap in de externe toetsing van de door het RIVM uitgewerkte methode zijn twee externe reviewers betrokken: Jan Duyzer (TNO-CEE) en Hans Erbrink (Erbrink Stacks). Beide reviewers zien een aantal argumenten die men kan gebruiken bij het beoordelen van het toepassingsbereik van modellen. Samengevat wordt door Duyzer en Erbrink aangeraden naar de set argumenten te kijken en dan tot een oordeel en advies komen. Hier volgt een samenvatting van de reviews die volledig in bijlage 2 en 3 zijn opgenomen.

4.1 TNO-CEE

In zijn review merkt Jan Duyzer (TNO-CEE) op dat de discussie zich toespitst op de vraag: is er een afstand tussen bron en receptor waarbij de bijdrage van die bron aan de depositie ter plekke van de receptor niet meer betekenisvol te herleiden is? De discussie in het RIVM-memo richt zich niet zozeer op 5 kilometer, maar meer op de algemene vraag: is er een grens aan te geven aan de hand van technisch/wetenschappelijke argumenten? Dhr. Duyzer merkt op dat argumenten om zo'n grens te stellen zouden kunnen zijn: berekeningen van de bijdrage van de bron vallen buiten het toepassingsbereik van het gebruikte model (OPS of SRM-2); het model mag niet gebruikt worden voor berekeningen van de bijdrage op die grote afstand vanwege het ontbreken van validatiestudies van het model op grotere afstand; de bijdrage van de bron van depositie is "verwaarloosbaar" op die afstand. Een andere benadering is die hij uit het stuk van het RIVM opmaakt is dat de bron op een bepaalde afstand een, niet meer herleidbare, bijdrage aan de depositie op de receptor heeft. Deze oplossingsrichting ziet hij als zinvol maar hij stelt een iets aangepaste variant voor waar variantie wordt bepaald op basis van de variatie in meteorologische condities over een periode van tien jaar. Deze optie is ook opgenomen in deze memo. Aandachtspunt is de eerlijkheid van deze methode in de verschillende gebieden. In een intensief gebied zal de bijdrage van de bron snel in de ruis verdwijnen en in een extensief gebied niet. Dit lijkt echter oplosbaar door een veilige oplossing te kiezen.

4.2 Erbrink Stacks

In de review van Hans Erbrink (Erbrink Stacks) richt hij zich sterk op de modeleigenschappen. Hij merkt op dat modelvalidaties steeds gelden voor de toepassing op alle bronnen in een groot gebied (meestal het Europese continent). Wanneer validaties getoond worden voor een individuele bron worden de vergelijkingen gemaakt voor een beperkte afstand (nooit meer dan 20 km). Hij stelt ook dat berekeningen voor meerdere bronnen met het trajectoriemodel van OPS beter verlopen in vergelijking met die voor een enkele bron door de manier waarop het concentratieverloop wordt gemodelleerd. Op basis daarvan stelt hij een maximale toepassingsafstand voor van 25 km voor NNM en OPS voor individuele bronnen (*fit for purpose*). Het toevoegen van een trajectorie-methodiek verkleint alleen de onzekerheid van waaruit een bron een bepaalde receptor nog beïnvloedt, wat bij rekenen met meerdere

bronnen tegelijk betere mogelijkheden biedt (zoals bij het berekenen van de totale jaarlijkse landelijke depositie).

Conclusies

Het ministerie van LNV heeft RIVM gevraagd om een wetenschappelijk-technische duiding van de berekende depositiebijdragen van een individuele bron op verschillende afstanden van een bron. Deze inzichten worden betrokken bij de beleidsmatige en juridische afweging over een mogelijke afstandsgrens.

Het RIVM heeft in eerste instantie gekeken naar de eigenschappen van de huidige modellering op basis van bekende wetenschappelijke publicaties en inzichten van binnenlandse en buitenlandse experts. Daarnaast zijn er data-analyses uitgevoerd met behulp van concrete projectberekeningen in AERIUS.

Vanuit de **modeleigenschappen** is er geen eenduidige modelmatige overgang. Het gebruikte model, OPS, rekent vanuit de bron landelijk door en ook op grotere afstand wordt een bijdrage aan de depositie berekend.

De **onzekerheid** van deze depositie is op lokale schaal een factor 2 (-50% +100%). De procentuele onzekerheid op grotere afstand van een bron (>ca. 25 km) zijn alleen via modelonderzoek na te gaan. De verwachting is wel dat onzekerheden verder weg van de bron aanzienlijk groter zijn dan een factor 2

De **meting** van de bijdrage van één bron aan de depositie en concentratie van stikstof is in de praktijk lastig door de hoge achtergrondconcentratie en -depositie. Alleen op zeer korte afstand (ordegrootte van 1 km) is deze bijdrage daadwerkelijk te meten. Daarbij gaat het dan om deposities in de orde van grootte van 100 mol N/ha/j.

Voor dit soort berekeningen gebruiken andere landen vaak een Gaussisch pluimmodel.. Het **toepassingsbereik** hiervan is – afhankelijk van het land - 20 tot 50 km. In Nederland is dit volgens experts 25 km. OPS kent deze beperking echter niet want het schakelt geleidelijk over op een ander soort model: het trajectoriemodel, waardoor doorrekenen tot op grotere afstanden mogelijk is.

Het buitenland rekent bij het beoordelen van projecten – als zij een rekengrens op depositie gebruikt – met waarden die aanzienlijk hoger zijn dan de in Nederland gehanteerde 0,005 mol/ha/j. Bij het doorrekenen van depositiebijdragen tot 0,005 mol N/ha/j moet worden bedacht dat de onzekerheden van de orde kunnen zijn van de berekende bijdrage. Voor individuele bijdragen is verder geen validatie beschikbaar.

Het OPS-model is voor individuele bronnen gevalideerd aan de hand van bestaande studies op basis van experimenten. Deze studies hebben vrijwel allemaal plaatsgevonden tot ca. 1 km van de bron. In één studie is een hoge bron tot op grotere afstand (15-20 km) gevalideerd. De bijdrage van één enkele bron berekend met OPS op grotere afstanden dan 20 km, is dus niet gevalideerd met metingen. Wel wordt OPS

jaarlijks zeer intensief vergeleken met metingen van LML en MAN, onder andere in het GCN/GDN-proces. Dit zijn echter validaties op concentratie en depositie ten gevolge van bronbijdrages vanuit alle bronnen in binnen- en buitenland.

Aanvullend op bovenstaande heeft het RIVM meerdere **data-analyses** uitgevoerd op o.a. de database met 10.000 projecten uit de PAS-periode. Daarbij is gekeken naar de relatie tussen de ontwikkeling van een individuele projectbijdrage ten opzichte van die van de andere bronnen, zowel gedurende de verspreiding door de lucht als bij de depositie naar de bodem. Hierbij zijn geen duidelijke aanknopingspunten gevonden voor een technisch-wetenschappelijke onderbouwing van een eenduidige rekengrens.

Een wetenschappelijke beoordeling blijkt niet te leiden tot een afstandsbeoordeling, dat wil zeggen: er is wetenschappelijk gezien geen reden om een projectbijdrage na een bepaalde afstand vanaf de bron niet meer aan het project toe te rekenen. Wel is het mogelijk dat het onderzoek en deze rapportage argumenten bieden die in een beleidsmatige en juridische context gebruikt kunnen worden om tot een begrenzing te komen waarbuiten een berekende waarde niet meer redelijkerwijs toegerekend wordt aan een project. Daar moeten ook andere, beleidsmatige overwegingen in betrokken worden.

Referenties

- Berkhout, A. J., Swart, D. P., Volten, H., Gast, L. F., Haaima, M., Verboom, H., ... & Hoogerbrugge, R. (2017). Replacing the AMOR with the miniDOAS in the ammonia monitoring network in the Netherlands. *Atmospheric Measurement Techniques*, 10(11), 4099-4120.
- Dennis, R. L., Mathur, R., Pleim, J. E., & Walker, J. T. (2010). Fate of ammonia emissions at the local to regional scale as simulated by the Community Multiscale Air Quality model. *Atmospheric Pollution Research*, 1(4), 207-214.
- Erbrink, H. (2013). Vergelijking OPS – STACKS. Inclusief validatiestudies Stacks, uitgebreide vergelijking meteo PreSRM en OPS. Intern rapport KEMA, 2013-01-04
- Hoogerbrugge et al (2020). Grootschalige concentratie- en depositiekaarten Nederland: Rapportage 2020, RIVM report 2020-0091, Bilthoven, Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu.
- KEMA, TNO, InfoMIL, ErbrinkSTACKS Consult (2016). Aanvullende afspraken NNM https://www.infomil.nl/publish/pages/67563/rapport_aanvullende_afspraken_nnm_maart_2016.pdf
- Marra et al (2019). PAS Nitrogen Monitoring Report 2018, RIVM rapport 2018-0144, Bilthoven, Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu.
- Mooibroek, D., Berkhout, J.P.J., Hoogerbrugge, R. (2014). Jaaroverzicht Luchtkwaliteit 2013, RIVM Rapport 2014-0111. <https://www.rivm.nl/bibliotheek/rapporten/2014-0111.pdf>
- NNM (1998). Nieuw Nationaal Model (Uitgave 1998, ISBN 90-76323-003), Deelrapport II.
- Noordijk, H., Braam, M., Rutledge-Jonker, S., Hoogerbrugge, R., Stolk, A. P., & van Pul, W. A. J. (2020). Performance of the MAN ammonia monitoring network in the Netherlands. *Atmospheric Environment*, 228, 117400.
- RIVM (2020). Toelichting op rekenmethodiek maatgevende hexagonen en AERIUS aankoopcalculator. https://www.aerius.nl/files/media/aankoopcalculator/toelichting_op_rekenmethodiek_aankoop_calculator.pdf?1619000463662
- Sauter, F. (2013). Testen OPS - SRM2, t.b.v. goedkeuring in het kader van MRV. Intern rapport RIVM, 2013-01-30
- Sauter, F. (2017, 1) Prairie grass experiment. Intern rapport RIVM, 2017-03-23.
- Sauter, F. (2017, 2). Test report OPS-ST v11; high/low point source, area source. Intern rapport RIVM, 2017-01-18
- Sauter, F. et al. (2020). The OPS-model: Description of OPS 5.0.0.0. https://www.rivm.nl/sites/default/files/2020-10/ops_v5_0_0.pdf

- Staatsuitgeverij (1976). Kleine Commissie Modellen van de Subcommissie Luchtverontreiniging van de COM-TNO. Modellen voor de berekening van de verspreiding van luchtverontreiniging, inclusief aanbevelingen voor de waarden van parameters in het lange-termijnmodel. Staatsuitgeverij 1976.
- Teledyne (2016). Reference and Equivalent Methods Used to Measure National Ambient Air Quality Standards (NAAQS) Criteria Air Pollutants - Volume I
- TNO (2002). Het Nieuwe Nationaal Model. TNO Rapportnr. R 98/306.
- U.S. EPA (2004). User's Guide for the AMS/EPA Regulatory Model – AERMOD, EPA-454/B-03- 001. U.S. Environmental Protection Agency, Research Triangle Park, NC
- van der Swaluw, E. et al. (2017). High-resolution modelling of air pollution and deposition over the Netherlands with plume, grid and hybrid modelling, Atmospheric Environment, April 2017, <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1352231017300791>
- van der Swaluw, E. et al. (2021). Trend analysis of reduced nitrogen components over the Netherlands with the EMEP4NL and OPS model, Atmospheric Environment, March 2021, <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S135223102100017>
- van Jaarsveld, J.A. (2004). The Operational Priority Substances model, Description and validation of OPS-Pro 4.1. RIVM report 500045001/2004. <https://www.rivm.nl/bibliotheek/rapporten/500045001.pdf>
- van Velze, K., Sauter, F. (2014). Comparing results of the OPS model with measurements around two pig farms in Falster and North Carolina. Intern rapport RIVM, 2014-12
- van Velze, K., Sauter, F. (2015). The Kincaid case: comparing results of the OPS model with measurements around a high source. Intern rapport RIVM, 2015-05-27
- Velders G et al. (2008). Concentratiekaarten voor grootschalige luchtverontreiniging in Nederland, Rapportage 2008, publicatie nummer 500088002, MNP
- Velders, G.J.M., J.M.M. Aben, G.P. Geilenkirchen, H.A. den Hollander, E. van der Swaluw, W.J. de Vries, M.C. van Zanten (2016), 'Grootschalige concentratie- en depositiekaarten Nederland, Rapportage 2016', RIVM Rapport 2016-0068
- Wesseling, J., van Velze, K. (2014). Technische beschrijving van standaardrekenmethode 2 (SRM-2) voor luchtkwaliteitsberekeningen, RIVM Briefrapport 2014-0109
- Wesseling, J., Nguyen, L., Hoogerbrugge, R. (2016). Gemeten en berekende concentraties stikstofdioxiden en fijnstof in de periode 2010 t/m 2015 (Update); Een test van de standaardrekenmethoden 1 en 2, RIVM Rapport 2016-0106
- Wesson, K., Fann, N., Morris, M., Fox, T., & Hubbell, B. (2010). A multi-pollutant, risk-based approach to air quality management: Case study for Detroit. Atmospheric Pollution Research, 1(4), 296-304.
- Wever et al. (2020). Informative Inventory Report 2020 Emissions of transboundary air pollutants in the Netherlands 1990–2018, RIVM report 2020-0032

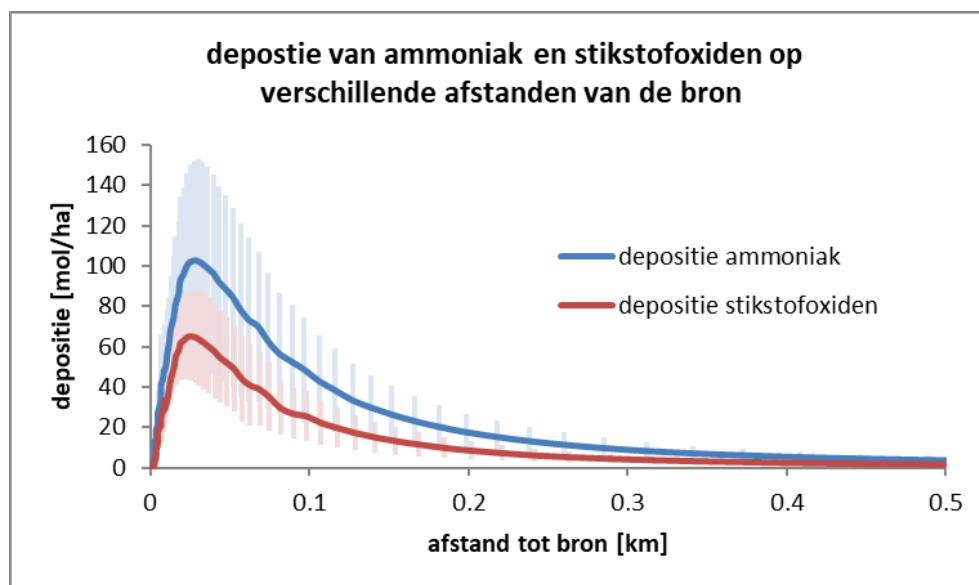
Bijlage 1: hoever komen ammoniak en stikstofoxiden van een bron

Ammoniak en stikstofoxiden worden door menselijke activiteiten en ook natuurlijke processen in de lucht gebracht. Eenmaal in de lucht kunnen ze chemisch worden omgezet en ook weer neerkomen op het aardoppervlak, de depositie. Hoe snel komen ammoniak en stikstofoxiden weer neer en hoe ver komen ze? Om deze vraag te kunnen beantwoorden maken we gebruik van het OPS Operationele Prioritaire Stoffen -model. Het OPS-model rekent uit hoe ammoniak en stikstofoxiden zich verspreiden vanaf een bron. Hierbij houdt het model rekening met de weersomstandigheden en de chemische samenstelling van de lucht. Voor beide stoffen hebben we dezelfde hoeveelheid uitstoot en verspreidingsomstandigheden gebruikt. De figuren zijn berekend met de weersomstandigheden uit 2017 en onder een aantal vereenvoudigende aannames; ze zijn dus niet algemeen geldig. Meer informatie vindt u in de Technische toelichting hieronder.

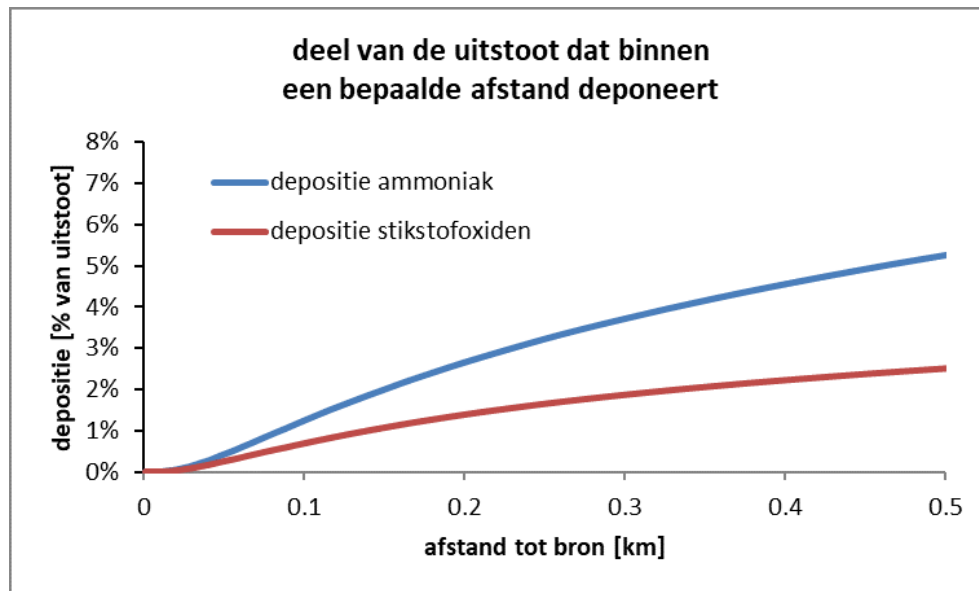
De depositie wordt op 2 manieren weergegeven:

- Depositie op een bepaalde afstand van de bron
- Het deel van de uitstoot dat binnen een bepaalde afstand deponeert

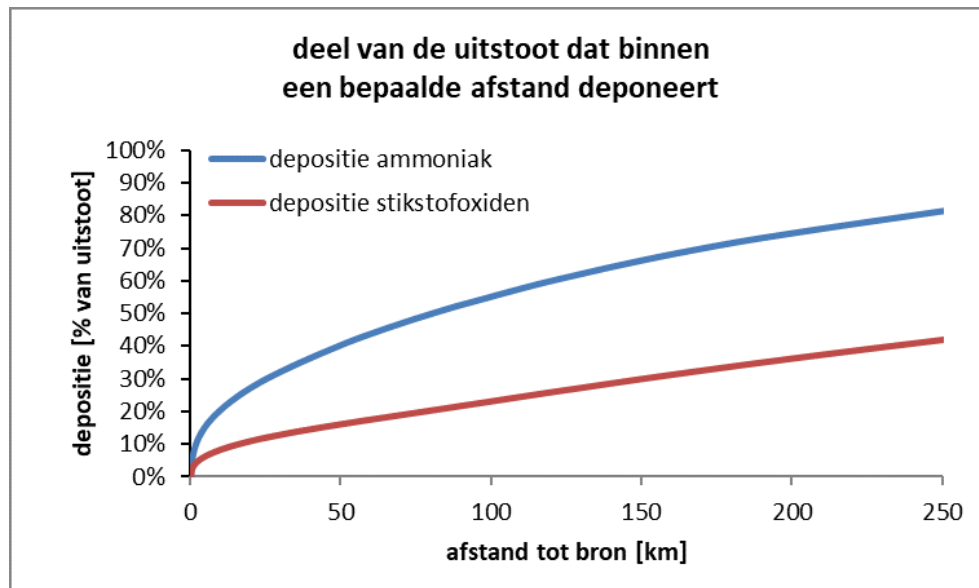
In de eerste figuur is te zien dat de depositie dichtbij de bron het hoogst is en op afstand snel afneemt. Dit geldt voor zowel ammoniak als stikstofoxiden, waarbij de depositie van de stikstofoxiden iets lager is en sneller afneemt dan de depositie van ammoniak. Dat de depositie snel afneemt met de afstand van de bron komt vooral doordat de stoffen in de lucht verdunnen.



Dit betekent niet dat alle uitgestoten ammoniak en stikstofoxiden uit de lucht verwijderd zijn. Dat is terug te zien in de tweede figuur. Van de ammoniak die uitgestoten wordt, komt ca. 5% binnen een straal van 500 meter weer op de grond. Voor de stikstofoxiden is dit zo'n 2,5%.



Als we naar grotere afstanden vanaf de bron kijken, dan zien we dat op een afstand van 20 km grofweg 30% van de uitgestoten ammoniak is neergeslagen en zo'n 10 % van de stikstofoxiden. En op een afstand van 250 kilometer is zo'n 80% van de ammoniak gedeponeed en zo'n 40% van de stikstofoxiden. Met andere woorden: zowel ammoniak als stikstofoxiden worden aanzienlijk verder dan de eerste honderden meters van een bron getransporteerd. Een deel van de ammoniak kan tot enkele honderden kilometers ver komen. Stikstofoxiden komen nog veel verder. Een deel van het ammoniak en stikstofoxiden worden gedurende het transport omgezet in ammoniumnitraat en ammoniumsulfaat. Deze zogenaamde secundaire aerosolen zijn fijnstofdeeltjes en kunnen nog veel verder komen dan ammoniak en stikstofoxiden (duizenden kilometers).



Technische toelichting

Om de verspreiding van stikstofoxiden en ammoniak met elkaar te kunnen vergelijken laten we in deze berekening een gelijke hoeveelheid stikstof vrijkomen, ca. 260 kilogram stikstof per jaar. Dit komt overeen met ca. 300 kilogram ammoniak en 850 kilogram stikstofoxiden. De uitstoot vindt plaats op een hoogte van 5 meter. Verder gaan we er in deze berekening vanuit dat de gehele omgeving van de bron uit grasland bestaat met een ruwheidslengte van 13 centimeter (d.i. de gemiddelde ruwheidslengte in Nederland). Voor de berekeningen hebben we de weergegevens van 2017 gebruikt. Bovenstaande keuzes maken dat de berekening als een indicatie moet worden gezien. De werkelijke omstandigheden en modeluitkomst zijn van plek tot plek anders.

De windrichting speelt een belangrijke rol bij de verspreiding van de uitstoot. Omdat de wind gedurende het jaar vaker vanuit het westen waait, komen er meer ammoniak en stikstofoxiden ten oosten van de bron op de grond terecht. In de figuren laten we daarom een gemiddelde zien (doorgetrokken lijn), maar ook de bandbreedte van de depositie op een lijn ten oosten en een lijn ten westen van de bron (verticale strepen). In de gemiddeldes is dus geen rekening gehouden met bijdragen uit alle windrichtingen.

Afstand (m)	NH ₃ (ca. 300 kg /jaar)		NO _x (ca. 850 kg/jaar)	
	Depositie (mol/ha/jaar)	Fractie gedeponerd	Depositie (mol/ha/jaar)	Fractie gedeponerd
50	89 (43-129)	0,4%	53 (30-71)	0,2%
100	49 (22-66)	1,2%	26 (13-33)	0,7%
200	18 (8-23)	2,6%	8 (4-11)	1,4%
500	3,9 (2,0-5,0)	5,2%	1,6 (0,8-2,0)	2,5%
1.000	1,1 (0,6-1,4)	7,7%	0,4 (0,2-0,5)	3,5%
2.000	0,3 (0,2-0,4)	11%	0,12 (0,07-0,15)	4,6%
5.000	0,07 (0,04-0,09)	16%	0,03 (0,02-0,03)	6%
10.000	0,02 (0,01-0,03)	21%	0,01 (0,01-0,01)	9%
20.000	0,01 (0,00-0,01)	27%	0,00 (0,00-0,00)	11%

Bijlage 2: Review Jan Duyzer - TNO-CEE

Onderstaand is gegeven de inhoud van het TNO-rapport met het kenmerk TNO 2021 M10788, gedateerd 22 april 2021, zoals ontvangen van TNO door het RIVM.

Inleiding

Het bovengenoemde RIVM-memo gaat over een belangrijk onderdeel van de vergunningverlening in het kader van de stikstof problematiek. Het gaat daarbij om de met het AERIUS-systeem berekende bijdrage van bronnen aan de depositie van stikstofverbindingen op ver van de bron gelegen natuurgebieden. Ook al is de bijdrage van een project (onmeetbaar) klein dan kan dit toch leiden tot problemen bij de vergunningverlening. Het RIVM is gevraagd om te onderzoeken of er op basis van technisch-wetenschappelijke gronden een grens te vinden is waarbij een depositiebijdrage niet meer, in redelijkheid, toewijsbaar is aan een individueel project. In het RIVM-memo wordt ingegaan op de technisch/wetenschappelijke mogelijkheden om deze grensafstand vast te stellen.

In deze notitie wordt kort ingegaan op de problematiek van het vaststellen van een grensafstand en daarmee op de tekst van het RIVM-memo. De bijdrage van TNO is uitgevoerd in het kader van een beperkte opdracht van enkele dagen in opdracht van het RIVM. Het RIVM-memo werd (24 maart 2021) besproken met een aantal betrokken RIVM-ers en een vertegenwoordiger van het ministerie van LNV. Naast deze notitie is ook schriftelijk detail-commentaar gegeven op de WORD-tekst. Dit commentaar is (afzonderlijk) aan het RIVM ter beschikking gesteld.

Een grensafstand voor het berekenen van de depositie door emissies van een bron

De discussie spitst zich eigenlijk toe op de vraag: is er een afstand tussen bron en receptor waarbij de bijdrage van die bron aan de depositie ter plekke van de receptor niet meer betekenisvol te herleiden is? Aanleiding tot de discussie is onder andere: in het AERIUS-instrument wordt de depositie als gevolg van emissies van verkeerswegen (met SRM2) niet berekend bij afstanden groter dan 5 km. Met andere woorden: de grens is hier 5 km. Is er ook zo'n grens voor andere bronnen? De discussie in het RIVM-memo richt zich niet zozeer op deze 5 kilometer, maar meer op de algemene vraag: is er een grens aan te geven aan de hand van technisch/wetenschappelijke argumenten?

Argumenten om zo'n grens te stellen, die uit de stukken en de discussie naar voren kwamen zijn:

- **Berekeningen van de bijdrage van de bron vallen buiten het toepassingsbereik van het gebruikte model (OPS of SRM2).** Voor het SRM2 model wordt bij wegverkeer gerekend met een grens van 5 km. Naar de achterliggende argumentatie is in dit tijdsbestek niet gezocht. De grensafstand is mogelijk gekozen op grond van argumenten die te maken hebben met de meetbaarheid van de bijdrage. Voor depositie is dit argument

minder bruikbaar. Elke bijdrage boven de Kritische Depositie Waarde (KDW) is een probleem. Voor het OPS, dat voor alle bronnen behalve wegverkeer wordt gebruikt, wordt geen grens gehanteerd. Een uitgebreid literatuuronderzoek valt op dit moment buiten het bestek van deze notitie en de discussie. Een eenvoudige¹⁴ scan op internet suggereert dat voor vergelijkbare modellen zoals AERMOD (VS) en ADMS (bijv. UK) een grens van 50-60 km wordt aangegeven. Ook hiervoor is in dit tijdsbestek niet naar de exacte wetenschappelijke argumentatie gezocht. Mogelijk is deze grens een kwestie van expert-judgement. Voor OPS zou een dergelijke grens wellicht ook kunnen gelden. De modellen werken voor een groot gedeelte op basis van dezelfde principes. Wel is het zo dat na een bepaalde afstand het OPS-model overgaat van een Gaussisch model op een trajectorie model. Dat zou het toepassingsbereik kunnen vergroten.

- **Het model mag niet gebruikt worden voor berekeningen van de bijdrage op die grote afstand vanwege het ontbreken van validatie studies van het model op grotere afstand.** De onzekerheid in een berekende depositie lijkt ook een goed criterium kunnen zijn. Aangenomen mag worden dat de (relatieve) fout, in de berekende depositie, op grotere afstanden van de bron groter wordt. Deze kan eigenlijk alleen goed worden bepaald aan de hand van validatiestudies waarbij gemeten concentraties worden vergeleken met berekende. Ook bij het OPS-model zijn dergelijke vergelijkingen gemaakt. Het gaat dan (in elk geval voor ammoniak) wel vaak om situaties met waarbij meerdere bronnen bijdragen aan de concentratie. Vergelijkingen tussen gemeten en berekende concentraties voor één enkele bron zijn voor ammoniak (in Nederland) lastig en waarschijnlijk maar zeer beperkt uitgevoerd (op korte afstand misschien wel, zoals in de Vragender studie). Validatie voor OPS op grotere afstand ontbreekt voor ammoniak daardoor. Een beperkte scan naar buitenlandse studies, hoewel niet altijd goed vertaalbaar naar de huidige discussies geeft nog wat inzicht. In één validatiestudie (met AERMOD) worden berekende concentraties vergeleken met gemeten concentraties op een afstand tussen 3 en 17 km. Deze laten zien dat de afwijkingen tussen gemeten en berekende concentraties op de verst weg gelegen stations wel een factor vijf kunnen zijn¹⁵. Bij het ontbreken van validatie studies voor Nederlandse modellen zou een literatuurstudie naar buitenlandse studies aan te bevelen zijn. Op basis van de overeenkomsten tussen de verschillende modellen zou ook een grens voor OPS aangegeven kunnen worden. De grens zou dan liggen op een afstand waarbij de berekende depositie "waarschijnlijk te zeer kan afwijken van de werkelijke depositie¹⁶". Dit lijkt een bruikbaar criterium.
- **De bijdrage van de bron van depositie is "verwaarloosbaar" vanaf die grensafstand** Vergelijkbaar met de redenering bij SRM (verwaarloosbaar, niet meetbaar) zou er een ondergrens in mol/ha of % van de totale depositie (of van de achtergrond) kunnen worden gekozen. Tegenargument is al snel: stel dat er 1000 van deze bronnen zijn. Onderzocht kan worden of er een realistische kans is dat dit gebeurt, gezien de huidige emissiegegevens voor Nederland en de verwachtingen.

- **De bron heeft op een bepaalde afstand een, niet meer herleidbare, bijdrage aan de depositie op de receptor.** Dit argument is uitgewerkt in het RIVM-memo. Er zijn twee varianten uitgewerkt.
 - Onderzocht is of de variantie in de berekende depositie (in absolute zin) bij een bepaalde afstand tot de bron een sterke verandering ondergaat. Dat blijkt niet het geval en de auteurs concluderen dat dit criterium niet gaat werken. Dit lijkt een terechte conclusie.
 - In de tweede variant gaat het om de variatie in de depositie op de verschillende afstanden (in concentrische cirkels). Bij een bepaalde afstand heeft de individuele bron geen invloed meer op deze variantie. Zo'n afstand lijkt ook te vinden. Dat biedt dus aanknopingspunten. Er hoeft slechts een grens te worden gekozen. Het probleem met deze oplossing is de relatie met de fysische processen die hieraan ten grondslag zouden liggen. Bij deze redenering lijkt de oorzaak van variantie in de berekende depositie op een bepaalde afstand alleen te worden veroorzaakt door verschillende deposities bij verschillende windrichting. Deze zijn (met uiteraard wat nuanceringen voor verschillen in ondergrond en zo enz. in de verschillende richtingen) in alle windrichtingen gelijk en de variantie lijkt dan ook vooral te ontstaan door verschil in de frequentie waarin de verschillende windrichtingen voorkomen. Het ontbreken van een eenvoudige relatie met fysische processen als oorzaak van de variantie maakt dit argument lastig uit te leggen.
 - Deze oplossingsrichting lijkt echter wel zinvol en biedt (onder het motto: de individuele bijdrage van deze bron verdwijnt in de ruis) misschien wel oplossingen in een iets aangepaste variant. De volgende werkwijze kan dan worden gevolgd: Kies een berekening met AERIUS met het huidige bronnenbestand en bereken de depositie op alle receptoren. Voer de berekening uit, steeds gebruikmakend van een meteobestand van een ander jaar (bijvoorbeeld de reeks 2000 tot 2010 dus 10 jaren). De depositie op een receptor in de verschillende berekeningen verschilt dan per jaar. Er is dus een variantie in de bijdrage van de bron op elke receptor veroorzaakt door de verschillen in meteorologische condities in de verschillende jaren. Voeg één flinke bron (misschien beginnen met de grootst denkbare) toe en bereken de depositie op het hele rooster en gebruik daarbij dezelfde 10 verschillende meteobestanden. Deze variantie op de receptoren zal toenemen door de bijdrage van de extra bron. De variantietoename zal (naar verwachting) het grootste zijn dicht bij de bron en al snel afnemen met de afstand tot de variantie (zonder de bron). m.a.w. de bron is niet meer herkenbaar. Op dat moment zou de grens gekozen kunnen worden. Aandachtspunt is de eerlijkheid van deze methode in de verschillende gebieden. In een intensief gebied zal de bijdrage van de bron snel in de ruis verdwijnen en in een extensief gebied minder snel. Dit lijkt echter oplosbaar door een "veilige oplossing" te kiezen. Deze variant moet verder worden onderzocht en wordt door het RIVM doorgerekend.

Concluderend

Uit de stukken en de discussie kwam naar voren dat er vanuit het wetenschappelijke domein argumenten aan te dragen zijn voor het hanteren van grensafstand waar voorbij de bijdrage van een bron aan de depositie niet meer zou moeten worden doorgerekend en toegewezen aan de bron. Een grensafstand zou gekozen kunnen worden op basis van een onderstaande argumenten waarbij getoond wordt dat deze alle in dezelfde richting wijzen:

- Het vast te stellen toepassingsbereik van de modellen op basis van vergelijking met internationaal gebruikte andere modellen (50-60 km).
- Het toepassingsbereik kan mede afgeleid worden uit het ontbreken van validatie (5-50 km),
- Verwaarloosbaarheid van de bijdrage aan de depositie op een ver van de bron gelegen receptor,
- De depositie bijdrage op een bepaalde locatie op een bepaald afstand van de bron valt weg in de ruis veroorzaakt door onzekerheid in 10 jaar gemiddelde (afhankelijk van de uitkomst van berekeningen door het RIVM). Het RIVM is van plan deze optie uitwerken.

De consequenties van de verschillende keuzes zouden doorgerekend kunnen worden als: voor hoeveel gevallen (of hoeveel kg stikstof, of hoeveel mol/ha) leidt dit tot overheveling van het project naar de deken van depositie (slang voor de achtergrond- depositie). Dat kan de keuze van de grensafstand wellicht gemakkelijker maken, de toelichting ondersteunen en zorgen over de natuur wegnemen. Overhevelingen van het project naar de "deken" leiden overigens niet tot het berekenen van een lagere depositie in het natuurgebied. De depositie wordt alleen niet specifiek aan het project toegerekend.

Bijlage 3: Review Hans Erbrink - Erbrink Stacks

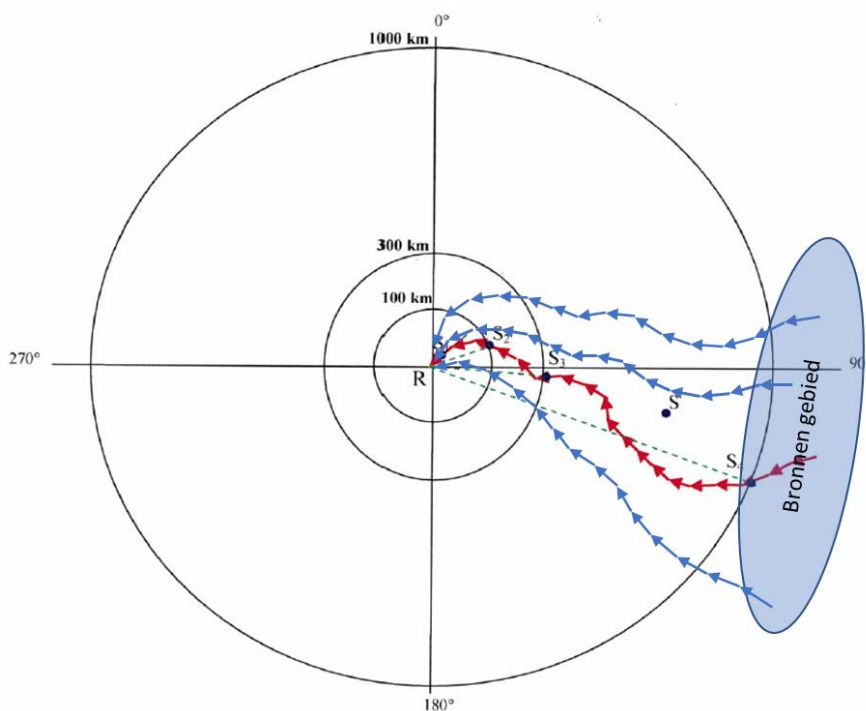
We hebben gesproken over tot welke afstand OPS nog redelijkerwijs in staat is een bronconcentratie met enige mate van nauwkeurigheid zou kunnen voorspellen.

De stelling is dat het toevoegen van een trajectorie-methodiek in OPS de beperking in toepassingsafstand opheft: de onzekerheid van waaruit een bron een receptor nog beïnvloedt, wordt daarmee klein. Echter, dit is maar één aspect dat de totale onzekerheid bepaalt en wellicht (zeker) niet de grootste.

Dat de onzekerheid in individuele bronbijdragen kan geïllustreerd worden door een soort 'pluim' te construeren uit (bv) 100 runs met onzekerheidsmarges in belangrijke parameters:

- Windrichting van gehanteerde trajectoriën
- Menghoogte (in OPS afhankelijk van afstandsradius: enkele discrete waarden tabel 1.1 in OPS rapport)
- Gebruikte sigma-y (horizontale spreiding) buiten afstanden van 25 km
- Integrale verliestermen over een variatie van bodemtypen
- Depositiesnelheid op de plaats van receptor
- Bijdrage natte depositie (in relatie tot de menghoogte)

De procedure om de trajectoriën in OPS te incalculeren bestaat uit een aantal stappen, waarbij diverse middelingen worden toegepast, zoals de depositiesnelheid (de belangrijkste), de transportsnelheid over de hele afstand, de maximale menghoogte en is voorts uitgevoerd voor 2 bronhoogtes: 35m en 100m. Trajectoriën worden gegroepeerd per windsector van 30 graden en gemiddelde parameterwaarden worden bepaald. Het valt niet moeilijk in te zien dat deze procedure prima kan werken voor een groot aantal bronnen met een flinke ruimtelijke spreiding, maar voor één bron op een specifieke plaats met specifieke hoogte tot grote afwijkingen kan leiden: de windvelden op bronhoogte zijn immers niet exact bekend. Deze onzekerheden in windvelden (richting en transportsnelheid, die van jaar tot jaar ook zullen verschillen) maken dat een OPS-trajectorie van stap tot stap gemakkelijk allerlei afwijkingen kan vertonen en daardoor kan divergeren. We nemen het voorbeeld zoals in het OPS rapport is gegeven. Daarin is het traject (backward) van een pluim (rood) getekend, zoals dat volgens de analyse zou kunnen zijn geweest. De blauwe pijlen sequenties geven daarin aan hoe de trajectorie wellicht ook had kunnen verlopen.



Voor een bronnen-gebied, waarin zich een flink aantal min of meer gelijksoortige bronnen bevinden, wordt deze onzekerheid voor een deel uitgemiddeld: immers, de verschillende bronnen in dit gebied geven allemaal een vergelijkbare impact op de receptor locatie. Op deze wijze ontstaat een soort "pluim" zoals ook bij weersverwachtingen worden gegeven.

Uit de vergelijking met metingen – zo is te lezen in het OPS rapport – volgt steeds dat de modeluitkomsten zowel in tijd (vanaf maandgemiddelden) en ruimtelijk (over LML stations) redelijk tot goed overeenstemmen. Deze validaties gelden steeds voor de toepassing op alle bronnen in een groot gebied (meestal het Europese continent). Wanneer validaties getoond worden voor een individuele bron worden de vergelijkingen gemaakt tot een beperkte afstand (nooit meer dan 20 km).

Kijkend naar het model (OPS) is het duidelijk dat op een gegeven afstand de dispersie niet meer relevant is voor het concentratieverloop met de afstand maar alleen nog de verliestermen (depositie en reacties naar vervolgproducten). Deze laatste zijn sterk empirisch geparametriseerd door kalibratie op metingen. Het gaat daarbij om parameters die de omzettingssnelheden (b.v. ammonium zouten) bepalen en om meteorologische parameters, waarbij (naast windrichting) de menghoogte de belangrijkste is (ventilatie naar de transportlaag). In OPS is deze per afstandscategorie gekozen (tabel 1.1 in het OPS rapport). De waarde daarvan is bepaald in drie klassen (instabiel, neutraal en stabiel) en wordt afhankelijk van de (specifieke) bronafstand door interpolatie bepaald en vervolgens toegepast voor het hele transporttraject. Dit is wellicht voor de som van een groot aantal

bronnen een redelijke keus, maar het valt niet in te zien hoe dit voor een specifieke bron op een specifieke locatie een correcte aanpak is.

Conclusie: Het toevoegen van trajectoriën in OPS verkleint de onzekerheid voor individuele bron niet, eerder vormen de trajectoriën (voor een individuele bron!) een extra bron van onzekerheid¹¹. Ik zou gewoon stellen dat OPS (net als NNM) voor individuele bronnen een toepassingsafstand heeft tot 25 km (fit for purpose). Dat OPS trajectoriën heeft toegevoegd, wil dus niet zeggen dat de afstandsgeldigheid opeens onbegrensd wordt. Daarbovenop kan nog een ondergrens voor de depositie waarden gekozen worden op basis van kwalitatieve en kwantitatieve beschouwingen over detail niveau in relatie tot het detailniveau in de KDW en ruimtelijke variabiliteit van de N-deposities.

¹¹ Trajectoriën zijn in de begintijd van het Puff model opgevoerd om episoden van winterse luchtverontreiniging te kunnen modelleren, niet voor de toepassing van stofstofdepositie van individuele stallen of wegen (zie rivm rapport 227905048, dd juli 1981)

RIVM

De zorg voor morgen begint vandaag