

# INZET METINGEN VOOR HOGE RESOLUTIE KAARTEN

*Hoe kunnen we lokale metingen inzetten voor het verbeteren van Grootsschalige Concentratiekaarten Nederland (GCN) in stedelijk gebied?*

*De afgelopen jaren is de hoeveelheid goedkope metingen in stedelijk gebied enorm gegroeid. Deze metingen willen we inzetten voor het verbeteren van onze concentratiekaarten. In dit artikel laten we zien hoe we dat doen.*

## Door grote hoeveelheden metingen te combineren met statistiek, kunnen we onder- en overschattingen detecteren per emissiesector

verkennen we de mogelijkheid om GCN-kaarten te maken waarin we alle emissiesectoren op hogere resolutie doorrekenen. We doen dit voor stedelijk gebied, omdat zich hier veel bronnen bevinden én een groot deel van de blootstelling plaatsvindt.

### Herkomst van luchtverontreiniging

Naast het in kaart brengen van lokale blootstelling is het voor beleidsmakers belangrijk om te weten wat de herkomst van luchtverontreiniging is. Bij het maken van reguliere GCN-kaarten worden daarom verschillende emissiesectoren apart doorgerekend. De kwaliteit van deze berekende sectorale bijdragen is enkel in te schatten door de som van deze bijdragen (lees: de achtergrondkaart) te vergelijken met metingen. Een goede overeenkomst met gemeten concentraties is een indicatie dat de individuele sectorbijdragen goed berekend worden.

### Metingen inzetten voor verbeterde berekeningen

In dit artikel gebruiken we een grote set van passieve NO<sub>x</sub> samplers, zogeheten

Palmesbuisjes, om te zien hoe goed de berekende concentraties vergelijken met gemeten concentraties in stedelijk gebied. Dit doen we met de standaard configuratie van OPS, én na het aanpassen van enkele modelinstellingen. Verder verkennen we de mogelijkheid om de grote hoeveelheid beschikbare metingen te combineren met statistische methoden, om zo mogelijke onderschattingen of overschattingen in sectorale bijdragen te kunnen detecteren. Deze kennis kan onder andere gebruikt worden in de onderzoeksagenda van Emissieregistratie (ER).

### Berekeningen op hogere resolutie

Voor dit onderzoek hebben we met OPS-berekeningen gedaan met de door ER vastgestelde NO<sub>x</sub> emissies op een resolutie van 1 bij 1 kilometer en met verfijnde emissies op een resolutie op 250 bij 250 meter. Voor het verschil in resolutie, zie Figuur 1. De berekening van een kaart van de concentraties voor heel Nederland op een verfijnde resolutie van 250 bij 250 meter zou zo'n 256 (of 16 keer 16) keer langer duren dan reguliere GCN-berekeningen. Er is daarom voor gekozen →

KOEN SITEUR, ABE VOS, JOOST WESSELING, WILCO DE VRIES, FERD SAUTER, SANDER JONKERS, RONALD HOGERBRUGGE

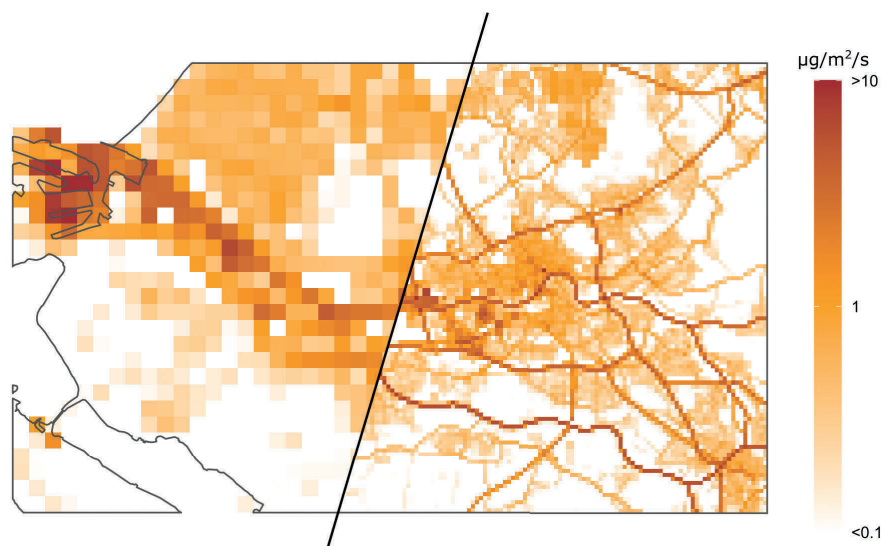
### Inleiding

Jaarlijks, op 15 maart, worden de Grootchalige Concentratiekaarten Nederland (GCN) gepubliceerd. De kaarten worden berekend met het *Operationele Prioritaire Stoffen* (OPS) model en hebben een resolutie van 1 bij 1 kilometer. Deze resolutie is toereikend voor het gebruik als achtergrondkaart. Voor het Nationaal Samenwerkingsprogramma Luchtkwaliteit (NSL) en het Schone Lucht Akkoord (SLA) worden vervolgens lokale knelpunten geïdentificeerd door verkeersbijdragen op hogere resolutie te berekenen en deze op te tellen bij de GCN achtergrondkaart, met een correctie voor dubbeltelling.

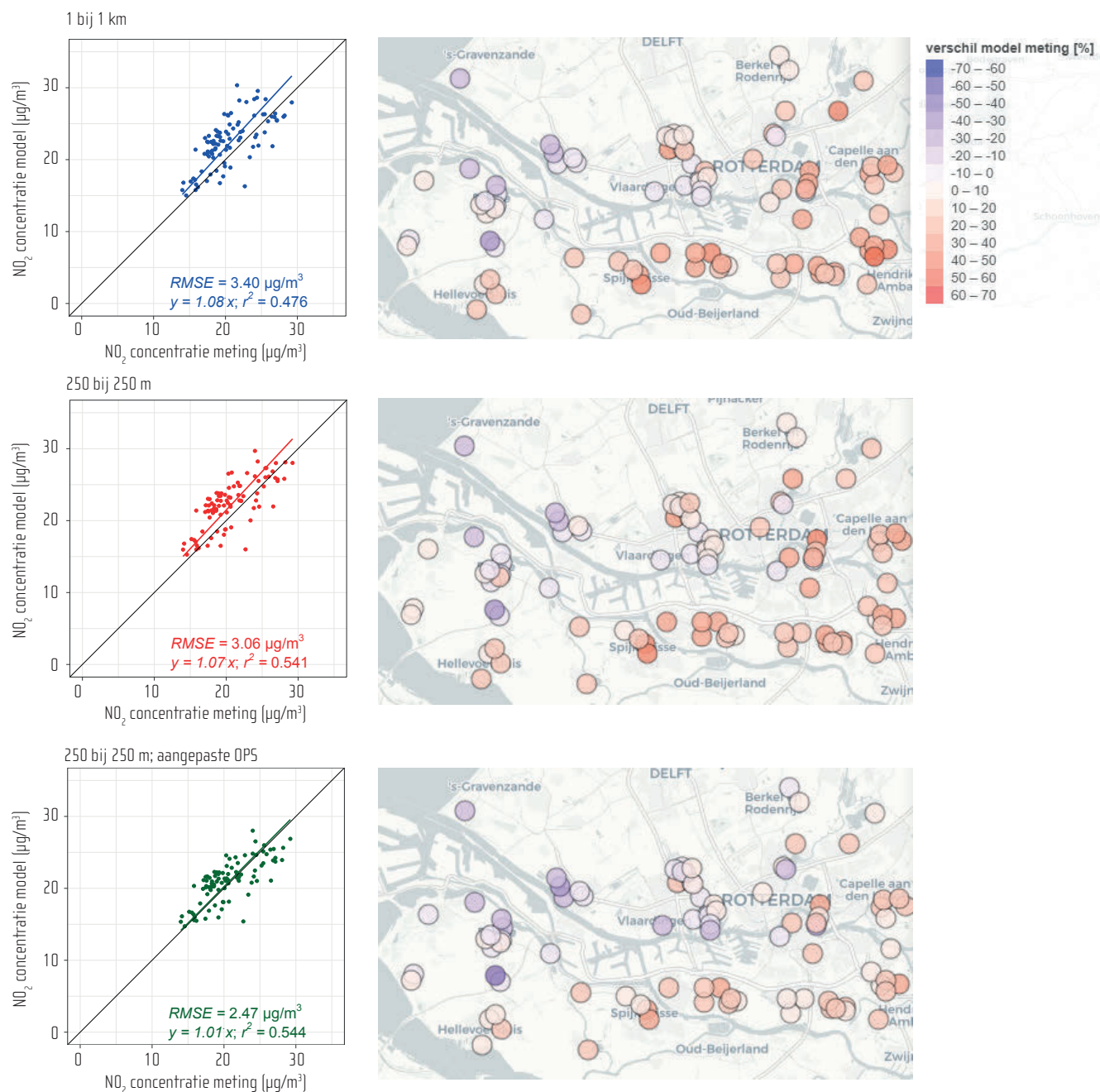
### Blootstelling

Naast het aanpakken van juridische knelpunten groeit echter de behoefte om ook de blootstelling aan luchtverontreiniging beter in kaart te brengen. Tegelijk neemt de dominantie van de verkeersbijdrage aan luchtverontreiniging af. In dit artikel

Foto door Simon Lee.



Figuur 1. Een resolutie van 1 bij 1 kilometer (links) geeft veel minder gedetailleerde informatie dan een resolutie van 250 bij 250 meter (rechts).



Figuur 2. Vergelijkingen tussen model en meting voor de regio Rijnmond. Links: scatterplots van model tegenover meting, met enkele prestatieparameters. Rechts: kaarten van de verhouding model:meting. Boven: berekeningen met emissies op 1 bij 1 km, midden: berekeningen met emissies op een hogere resolutie van 250 bij 250 m, onder: berekeningen met een aangepaste versie van OPS met emissies op een resolutie van 250 bij 250 m.

om enkel bronnen in stedelijke gebieden te verfijnen, want hier vindt een belangrijk deel van emissies en blootstelling plaats. Daarnaast rekenen we voornamelijk enkel op de meetlocaties, en niet op locaties waar geen metingen worden gedaan. Dit scheelt ook in de rekentijd, en maakt toch een vergelijking met de metingen mogelijk.

We hebben drie gebieden met veel  $\text{NO}_2$  metingen geselecteerd: regio Rijnmond, regio Utrecht en regio Amsterdam. We hebben OPS-versie 5.1.1.0 gebruikt<sup>1</sup>;

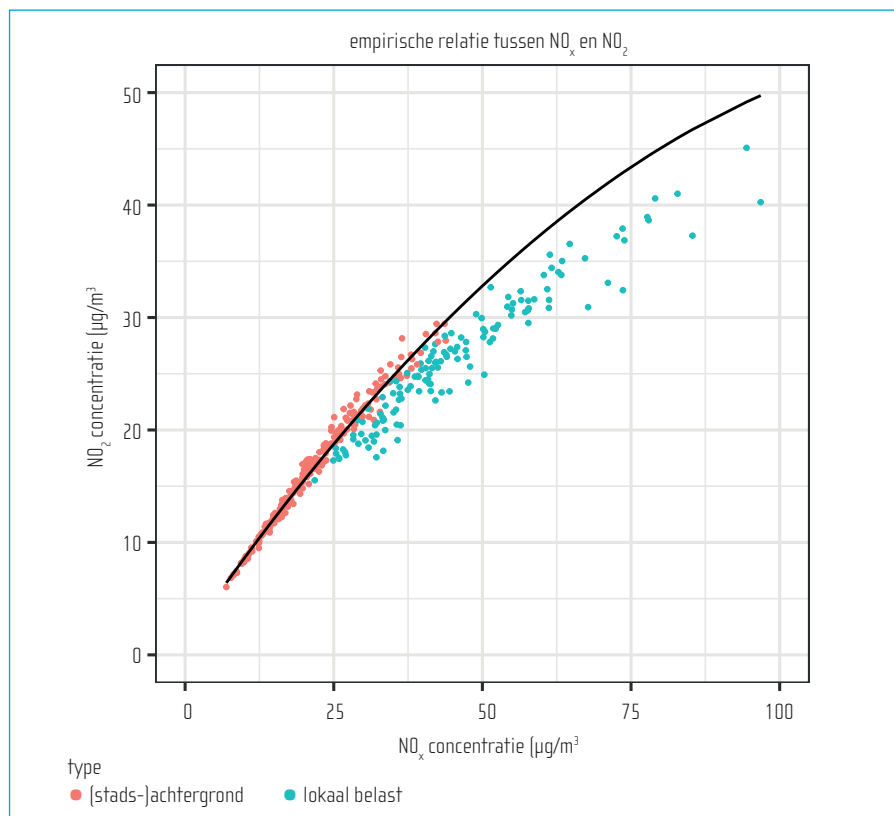
de versie waarmee de berekeningen van GCN-ronde 2023 zijn gedaan<sup>2</sup>. In tegenstelling tot de GCN-kaarten zijn de getoonde berekende concentraties nog niet geïjkt aan metingen. Alle regio's zijn doorgerekend met emissies en meteorologie van het jaar 2019. Voor dit jaar zijn met name in de regio Rijnmond veel metingen beschikbaar (op zo'n 230 locaties), omdat de DCMR het jubileum van haar luchtmeetnet vierde met het gratis beschikbaar stellen van Palmesbuisjes aan geïnteresseerde burgers<sup>3</sup>.

De berekende en gemeten jaargemiddelde  $\text{NO}_2$  concentraties worden in Figuur 2 vergeleken voor de regio Rijnmond. Het figuur laat een beperkte verbetering van de modelprestatie zien bij verfijning van de resolutie. De berekeningen voor de regio's Utrecht en Amsterdam geven hetzelfde beeld.

#### Aangepast model

Naast verfijnde berekeningen hebben we berekeningen gedaan met een aangepaste versie van het OPS-model; deze aanpassingen worden hieronder beschreven.





Figuur 3. De empirische relatie (zwarte lijn) tussen  $\text{NO}_2$  en  $\text{NO}_x$  die in reguliere GCN-rondes wordt gebruikt om de door OPS berekende  $\text{NO}_x$  concentraties om te zetten in een  $\text{NO}_2$  concentratie. Deze relatie werkt goed op (stads-) achtergrondlocaties (rode punten), maar niet op lokaal belaste meetlocaties (blauwe punten).

De modelaanpassingen zijn grotendeels geïnspireerd op *Standaard Rekenmethode 2* (SRM2). Dit model wordt al lang in Nederland gebruikt om lokale verkeersbijdragen op hogere resolutie door te rekenen en is daarnaast uitgebreid gevalideerd met metingen<sup>4</sup>. Merk op dat de beschreven modelaanpassingen nog niet zijn doorgevoerd in de reguliere GCN-berekeningen voor 2024. Daarvoor moeten eerst meer validatiestudies worden gedaan, ook buiten stedelijk gebied.

### *NO<sub>2</sub> chemie*

Door het OPS-model worden enkel  $\text{NO}_x$  concentraties berekend. Om toch  $\text{NO}_2$  achtergrondconcentraties te bepalen wordt voor de reguliere GCN-kaarten een relatie tussen  $\text{NO}_2$  en  $\text{NO}_x$  gebruikt die is afgeleid met behulp van metingen op achtergrondlocaties van het Luchtmeetnet (luchtmeetnet.nl; de zwarte lijn in Figuur 3). Deze relatie werkt goed op achter-

grondlocaties, maar dicht bij bronnen kunnen  $\text{NO}_2$  concentraties overschat worden. Dit is te zien aan het verschil tussen de blauwe punten en de zwarte lijn in Figuur 3. In de aangepaste versie van OPS hebben we de  $\text{NO}_2$  chemie van SRM2 overgenomen (zie sectie 2.7 in<sup>5</sup>). Deze behandeling van de  $\text{NO}_2$  chemie kan in theorie op alle typen bronnen worden toegepast, maar voor onze studie beperken we ons tot wegverkeerbronnen, omdat deze methode voornamelijk voor deze bronnen is gevalideerd.

### *Rekenen op meethoogte*

Nabij bronnen berekent het OPS-model enkel de concentraties aan het oppervlak. Om ook concentraties op grotere hoogte te kunnen berekenen hebben we het OPS-model aangepast en kan het nu de concentratie op een door de gebruiker gespecificeerde hoogte uitrekenen. Daardoor kunnen we nu beter vergelijken met metingen. De passieve samplers hangen

vaak aan lantaarnpalen op 2 tot 3 meter hoogte, maar de burgermetingen in de regio Rijnmond zijn soms ook op grotere hoogte gedaan, in flatgebouwen.

### *Ruwheidsafhankelijke emissiehoogte*

Een belangrijke parameter in luchtkwaliteitsberekeningen is de ruwheidslengte. De ruwheidslengte is een maat voor de hoeveelheid en hoogte van obstakels op de grond en bepaalt in hoge mate de turbulente mening. Voor stedelijk gebied is de ruwheidslengte ongeveer 1 meter. Een aantal relaties in luchtkwaliteitsmodellen zijn niet geldig voor hoogtes onder de ruwheidslengte. Het Nieuw Nationaal Model schrijft voor om alle bronnen door te rekenen met een emissiehoogte van ten minste de ruwheidslengte plus 0,5 meter. Voor stedelijk gebied betekent dit dus een minimale emissiehoogte van ongeveer 1,5 meter. Deze aanpassing hebben we doorgevoerd in de aangepaste versie van OPS.

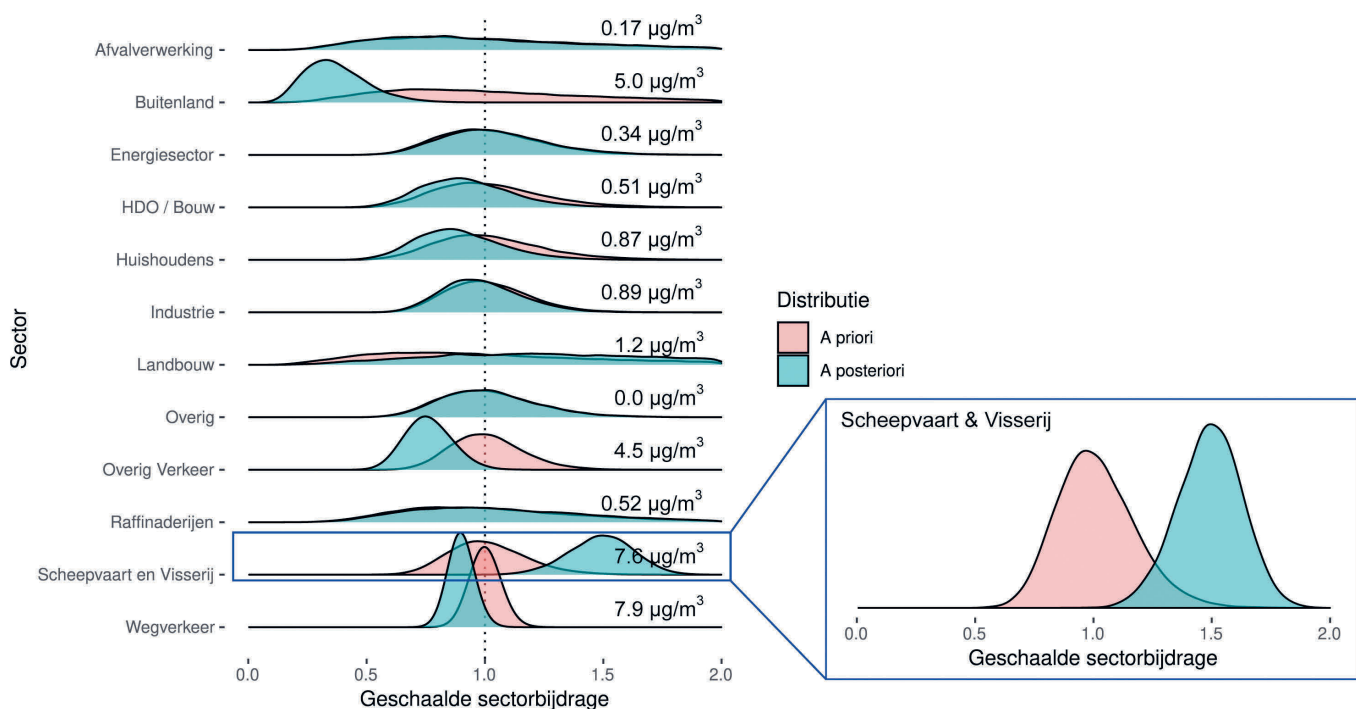
### *Afkap van meteorologische invoer*

De geldigheid van aannames in luchtkwaliteitsmodellen is soms beperkt tot een zekere bandbreedte van meteorologische invoer. Ook kan het zijn dat meteorologische variabelen niet nauwkeurig kunnen worden bepaald onder een bepaalde drempelwaarde (detectielimiet). Veel luchtkwaliteitsmodellen werken daarom met afkapwaarden. Boven, of juist onder, de afkapwaarde wordt de variabele gelijk verondersteld aan de afkapwaarde. Voor het SRM2 model wordt deze afkap in preSRM uitgevoerd. De afkapwaarden in de door ons aangepaste versie van OPS zijn gelijk gesteld aan die van preSRM.

### *Berekeningen met het aangepaste OPS-model*

Figuur 2 laat het effect van de gecombineerde modelaanpassingen zien op de modelprestatie voor de regio Rijnmond. De originele OPS-berekeningen geven in de stadscentra een systematische overschatting (rode bolletjes in de kaart). →

*Een onderschatting van concentraties nabij vaarwegen kan betekenen dat we de bijdrage van scheepvaart onderschatten*



Figuur 4. Kansverdelingen van sectorbijdragen aan de blootstelling voor regio Rijnmond, vóór (rood) en na (blauw) toevoegen van de metingen. Alle kansverdelingen zijn geschaald, zodat een waarde van één de sectorbijdrage is zoals deze in een reguliere GCN-kaart te vinden zou zijn. De weergegeven concentratiebijdragen zijn de gemiddelden over alle meetlocaties in de regio Rijnmond, vóór schaling. De runs zijn gedaan met emissies op 250 bij 250 meter, met de aangepaste OPS versie. De aangepaste NO<sub>2</sub> chemie kon niet worden meegenomen in deze analyse.

Deze overschatting wordt minder door de modelaanpassingen. We zien ook ruimtelijke patronen in het verschil tussen model en meting. Bijvoorbeeld: in het centrum van Rotterdam en Amsterdam zien we overschatting door het model, terwijl langs de vaarwegen het model een onderschatting geeft. Zulke ruimtelijke patronen kunnen informatie bevatten over het onderschatten of overschatten van sectorale bijdragen aan de luchtkwaliteit. Zo kan een onderschatting van concentraties nabij vaarwegen betekenen dat we de bijdrage van de scheepvaartsector aan de luchtkwaliteit onderschatten.

#### Statistische analyse sectorale bijdragen

Met de grote hoeveelheid metingen die nu beschikbaar is voor enkele stedelijke regio's kunnen we meer dan alleen scatterplots en kaartjes maken. Door middel van een statistische methode die *Bayesiaanse inferentie* wordt genoemd, kunnen we de kwaliteit van de berekende

sectorale bijdragen aan de concentraties beoordelen.

Een eerste inschatting volgt uit de gerapporteerde onzekerheden in de emissietotalen van de ER<sup>6</sup>. Figuur 3 laat zien hoe de kansverdelingen op basis van deze onzekerheden er uit zien (rood; noemen we 'a priori'). We kunnen vervolgens informatie toevoegen in de vorm van de metingen. Het meenemen van de metingen zorgt voor een bijstelling van de kansverdelingen: ze worden breder of smaller en/of ze verschuiven. Deze bijgestelde kansverdelingen worden weergegeven in blauw ('a posteriori').

#### Verschuivende kansverdelingen

Bij analyses zoals deze letten we vooral op het verschuiven van de kansverdelingen. Als een kansverdeling verschuift, dan is er een kans, het blijven immers kansverdelingen, dat de berekende bijdragen afwijken van de werkelijke sectorbijdrage. In alle drie de onderzochte regio's zien we

een verschuiving van de kansverdelingen voor de sectoren *verkeer* en *overig verkeer* richting lagere concentratiebijdragen. Voor de sector *scheepvaart en visserij* zien we een verschuiving richting hogere bijdragen voor de regio Rijnmond (Figuur 4) en de regio Amsterdam. Sectoren waarvan de concentratiebijdrage geen duidelijke ruimtelijke verschillen laat zien en daarnaast een grote 'a priori' onzekerheid hebben, zoals *buitenland*, worden in onze analyse flink bijgesteld. Dit lijkt een zwakte van onze analyse, want het beeld wat ontstaat voor deze sectoren is vaak niet consistent. Zo schuift de bijdrage van Buitenland voor Utrecht en Rotterdam richting lagere bijdragen, en voor Amsterdam blijft deze gelijk.

#### Oorzaken?

Merk op dat afwijkingen van de in GCN gerapporteerde sectorbijdragen, zoals weergegeven in Figuur 4, verschillende oorzaken kunnen hebben. De afwijkingen kunnen veroorzaakt worden door onzekerheden in de emissies, maar ook onzekerheden in de emissiekenmerken (bronhoogte, warmte-inhoud van de emissies, etc.) en onzekerheden in de modellering beïnvloeden de gemodelleerde sectorbijdragen. Een verschuiving

*Een hogere resolutie van emissies in stedelijk gebied geeft niet noodzakelijk een verbetering in concentratieberekeningen*

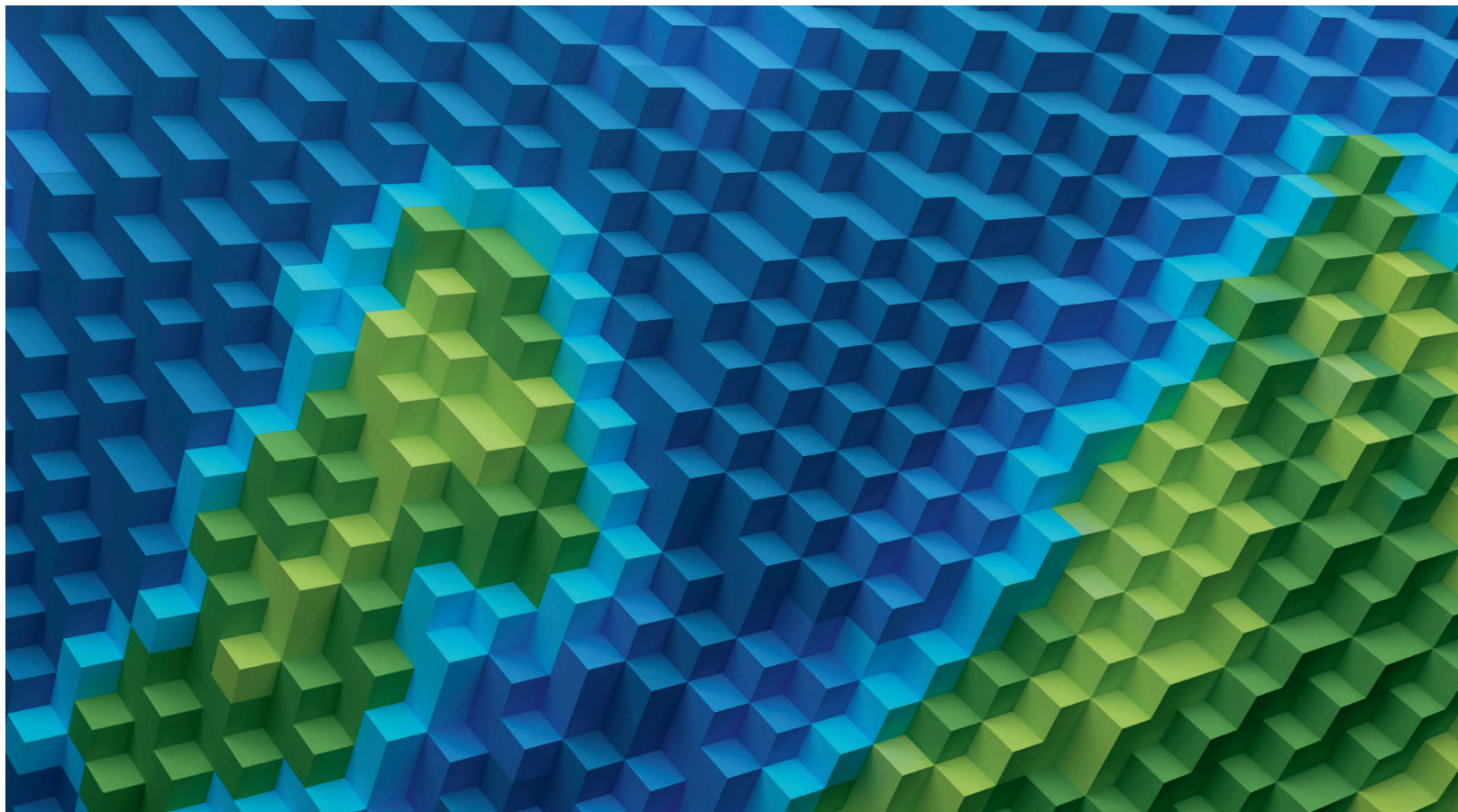


Foto door Simon Lee.

van kansverdelingen betekent dus niet direct dat we aan emissies moeten gaan sleutelen, maar kan wel richting geven aan onderzoek naar emissies en emissiekenmerken.

### Conclusie

In dit artikel hebben we onderzocht hoe we blootstelling aan, en herkomst van luchtverontreiniging in de stad gedetailleerder en beter kunnen berekenen. We hebben berekeningen uitgevoerd met bronnen op hogere resolutie en na het doorvoeren van enkele modelaanpassingen. Deze berekeningen hebben we vergeleken met NO<sub>2</sub> metingen in stedelijk gebied. Daarnaast hebben we statistische analyses gebruikt om dezelfde metingen in te zetten voor een betere inschatting van herkomst van luchtverontreiniging en om eventuele overschattingen of onderschattingen van sectorale bijdragen aan de blootstelling te detecteren.

We vonden dat een hogere resolutie van emissies in stedelijk gebied niet noodzakelijk een grote verbetering geeft in de concentratieberekeningen. De doorgevoerde modelaanpassingen gaven

wel duidelijke verbeteringen. Met onze statistische analyse kunnen we sectoren aanwijzen waar we in de toekomst meer onderzoek aan kunnen doen.

Voor 2024 staan binnen het GCN-project pilots op het programma, waarbij we voor enkele gemeenten daadwerkelijk kaartbeelden gaan maken op een resolutie van 250 bij 250 meter. Daarnaast zullen we onderzoek doen naar de mogelijke overschatting van scheepvaartbijdragen in het Rijnmondgebied, waarbij we vooral kritisch kijken naar emissiekenmerken zoals warmte-inhoud, en naar de berekening van de pluimstijging in het OPS-model. Tenslotte zullen we kijken naar de ruimtelijke toedeling van emissies. ■

*Koen Siteur, Abe Vos, Joost Wesseling, Wilco de Vries, Ferd Sauter en Ronald Hoogerbrugge werken bij de afdeling Luchtkwaliteit en Geluid (LKG) in het centrum Milieukwaliteit van het RIVM. Ronald Hoogerbrugge is projectleider Grootchalige Concentratiekaarten Nederland. Sander Jonkers werkt bij de afdeling Stikstof Programma AERIUS en Advies (SPA).*

### Referenties

1. F. Sauter et al. (2023) The OPS-model. Description of OPS 5.1.1.0. [www.rivm.nl/ops](http://www.rivm.nl/ops)
2. R. Hoogerbrugge et al. (2023) Grootchalige concentratiekaarten Nederland. Rapportage. RIVM-rapport 2023-0113.
3. P. van Breugel et al. (2020) Burgermeetproject 2019. Resultaten van jubileum meetproject. DCMR milieudienst Rijnmond. Documentnummer 22285973.
4. J. Wesseling et al. (2020). Validatie rekenhart AERIUS lucht. RIVM Briefrapport 2020-0119.
5. J. Wesseling & K. van Velze (2014) Technische beschrijving van standaardrekenmethode 2 (SRM-2) voor luchtkwaliteitsberekeningen. RIVM Briefrapport 2014-0109.
6. D. Wever et al. (2023) Informative Inventory Report 2023. Emissions of transboundary air pollutants in the Netherlands 1990-2021. RIVM report 2023-0057.