



*Kunnen we betere luchtkwaliteitskaarten
maken door stedelijke emissies te verfijnen?*

VERFIJNING VAN STEDELIJKE LUCHTKWALITEITS- BEREKENINGEN

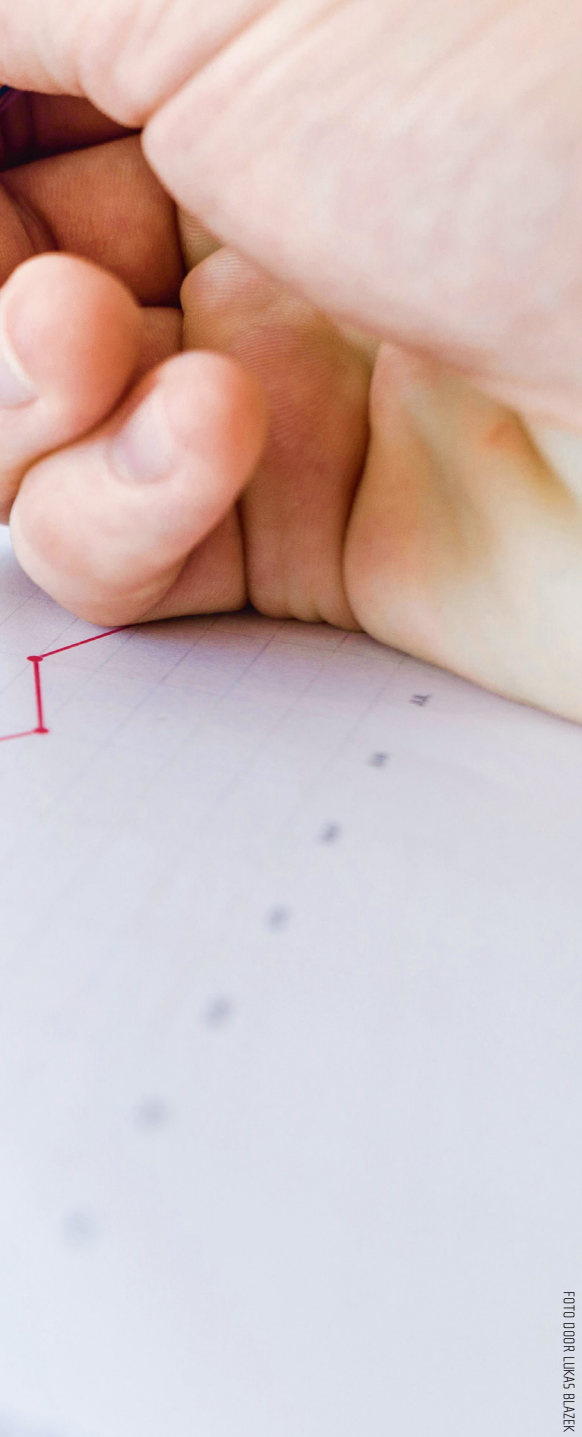


FOTO DOOR LUKAS BLAZEK

KOEN SITEUR, LUCAS GRAAS, SUZANNE MIJNEN-VISSER, ROMUALD TE MOLDER EN RONALD HOOGERBRUGGE

| Berekening van de luchtkwaliteit

Het RIVM publiceert ieder jaar kaarten van de achtergrondconcentraties van luchtverontreinigende stoffen voor heel Nederland op een resolutie van 1 bij 1 kilometer: Grootschalige Concentratiekaarten Nederland (GCN kaarten,¹). De emissies van deze stoffen en de blootstelling aan deze stoffen vindt voornamelijk plaats in stedelijk gebied. Voor het berekenen van de achtergrondconcentraties en blootstelling in stedelijk gebied is het belangrijk om betrouwbare emissies als modelinvoer te gebruiken.

In de afgelopen jaren hebben verschillende ontwikkelingen plaatsgevonden rondom het verbeteren en ruimtelijk verdelen van emissies. Deze aanpassingen kunnen een groot effect hebben op de berekende luchtkwaliteitskaarten, maar maken ze de kaarten ook beter?

Voor de berekening van de GCN kaarten worden emissies gebruikt van de Emissieregistratie. De Emissieregistratie is een samenwerkingsverband tussen vijf kennisinstituten die gezamenlijk de emissies berekenen en ruimtelijk verdelen over Nederland². In de afgelopen jaren hebben diverse ontwikkelingen plaatsgevonden rondom het verbeteren en ruimtelijk verdelen van emissies. Deze verfijningen kunnen een significant effect hebben op de berekende luchtkwaliteitskaarten, maar maken ze de kaarten ook beter? Om deze vraag te beantwoorden heeft het RIVM haar berekeningen vergeleken met passieve metingen van stikstofdioxide (NO₂) in stedelijk gebied, vóór en ná het toepassen van enkele verfijningen in de emissies.

| Samenwerking met lokale partijen

Een belangrijke toepassing van de GCN kaarten in beleid is het Schone Lucht Akkoord. Door per emissiesector de bijdrage aan de concentraties van luchtverontreinigende stoffen te berekenen³, geven de GCN kaarten decentrale overheden inzicht in hun lokale bijdrage aan de luchtkwaliteit. In dit onderzoek was het daarom belangrijk om de samenwerking met lokale overheden en uitvoeringsinstanties op te zoeken. In welke emissiesectoren willen zij meer inzichten krijgen? Kunnen zij met hun lokale kennis

helpen bij het verbeteren van de emissies en de concentratieberekeningen? Na de publicatie van ons vorige artikel in Tijdschrift Lucht⁴ werd contact gelegd met DCMR en Gemeente Rotterdam, Gemeente Utrecht, en GGD Amsterdam. Met een periodiek overleg tussen de lokale partijen en de onderzoekers van het RIVM werden verschillende onderwerpen besproken waar het RIVM mee aan de slag ging.

| Verfijningen en extra datasets

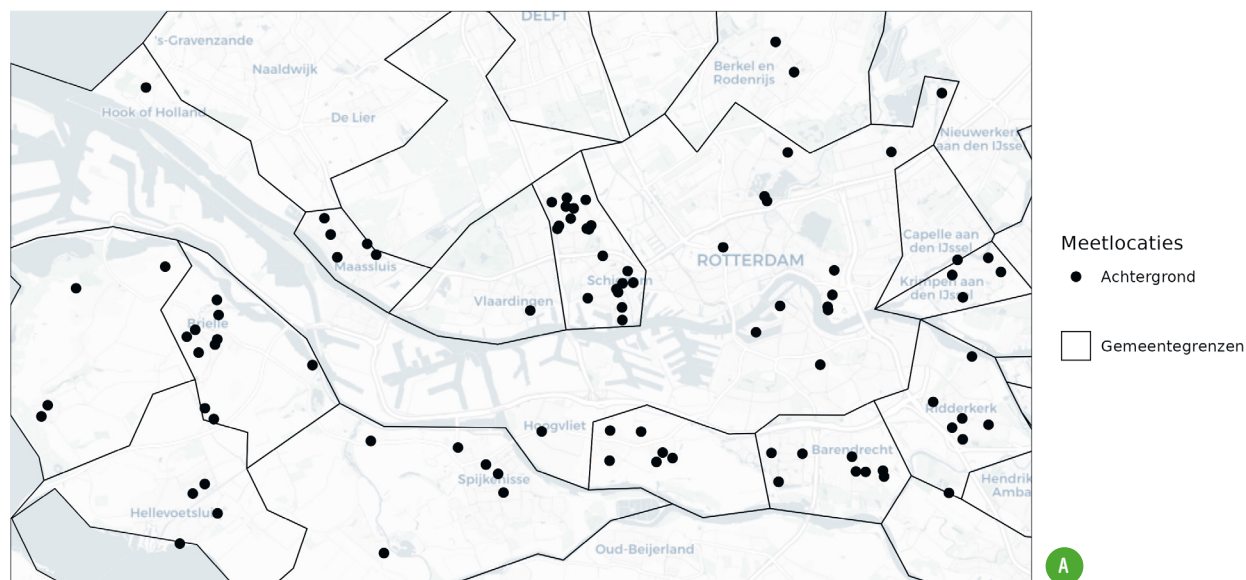
Uit de onderwerpen die naar voren kwamen in de overleggen bleek dat de interesses van de lokale partijen grotendeels overlapt met die van het RIVM. Zo was men geïnteresseerd in de effecten van relatief recente verfijningen in de emissies van de Emissieregistratie: de introductie van koude start emissies voor wegverkeer, en een verfijning van de ruimtelijke verdeling van mobiele werktuigen in de bouw. Daarnaast kwam de gemeente Rotterdam

met twee datasets waarmee verdere verfijning van de emissies konden worden onderzocht. Figuur 1B toont de bouwlocaties in de gemeente Rotterdam van 2014 tot 2040, welke eventueel konden worden gebruikt bij het verder verfijnen van de ruimtelijke verdeling van mobiele werktuigen in de bouw.

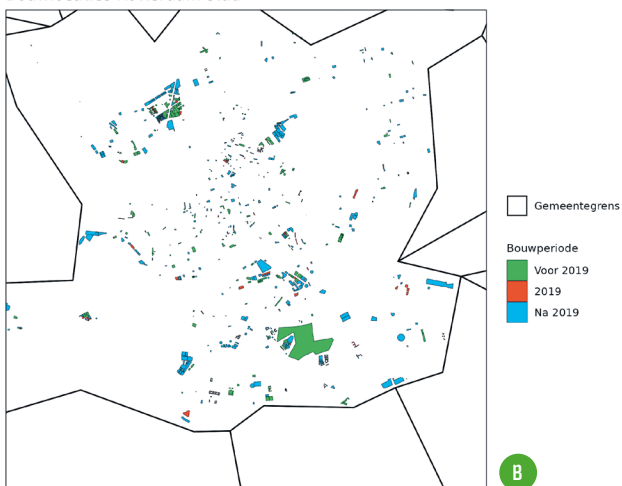
Figuur 1C toont de gebieden in de gemeente Rotterdam die zijn aangesloten op een warmtenet. Deze buurten dragen →

Samenwerking met lokale overheden versterkt de onderbouwing en toepasbaarheid van luchtkwaliteitsbeleid.

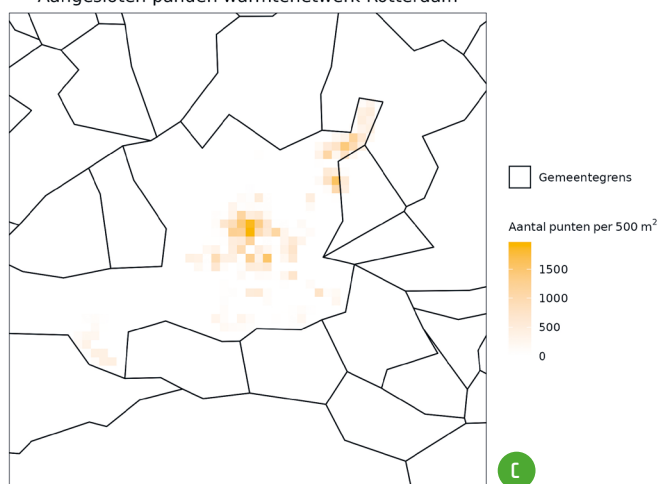
Palmes Meetlocaties stikstofdioxide (NO₂) In 2019



Bouwlocaties Rotterdam stad



Aangesloten panden warmtenetwerk Rotterdam



Figuur 1: A: NO₂ palmesbuisjesmetingen van DCMR in 2019. B, C Dataleveringen van de gemeente Rotterdam. B: Bouwlocaties in de gemeente Rotterdam over de periode 2014 tot 2030. C: Locaties van warmtenetten in de gemeente Rotterdam zoals die bekend was op 10 juni 2024.

niet of minder bij aan emissies voor hoofddverwarming. Naast deze emissiesectoren kwam ook zeescheepvaart ter sprake. Deze sector is vooral in de regio Rijnmond en Amsterdam belangrijk, en kwam in eerder onderzoek⁴ naar voren als een emissiesector die meer onderzoek vraagt. De Emissieregistratie doet hier onderzoek naar, maar er zijn nog geen resultaten om te delen in dit artikel.

Verbetering van de kaarten?

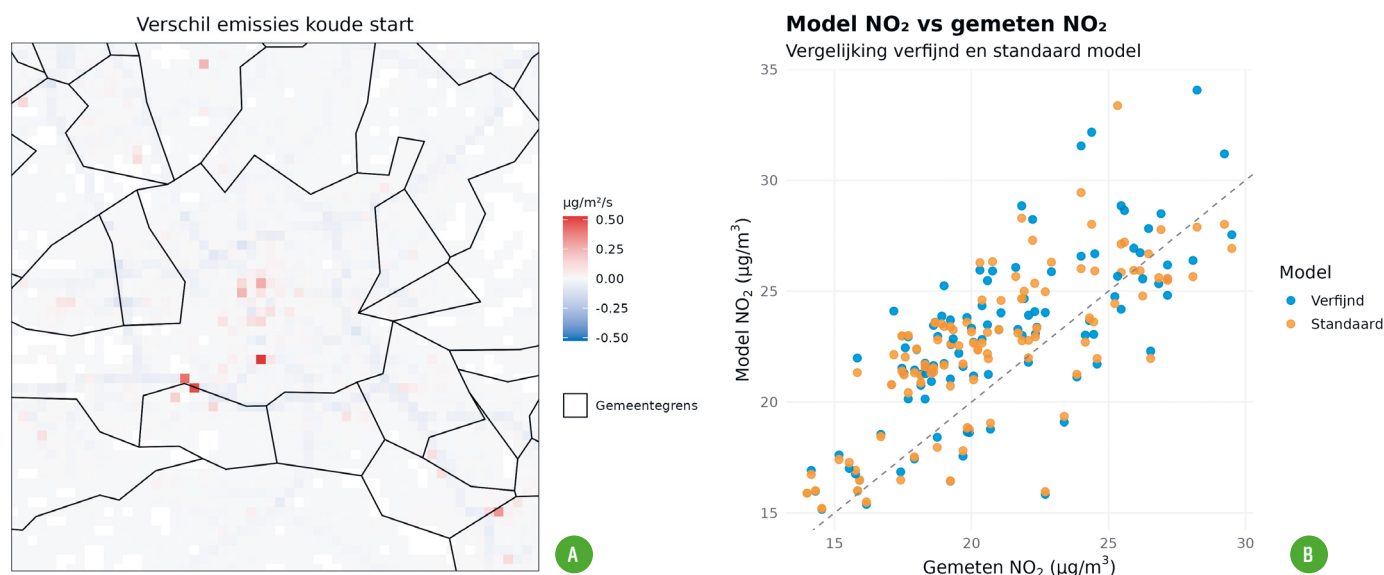
Om te toetsen of verfijningen van emissies de concentratiekaarten verbeteren, vergelijken we de berekende concentraties met passieve sampler metingen van NO₂. Deze

metingen, met zogeheten Palmesbuisjes⁵, worden in veel gemeenten gedaan om de luchtkwaliteit te monitoren. Echter, omdat de verfijningen met dataleveringen van gemeente Rotterdam enkel effect zullen hebben in de regio Rotterdam, beperken we ons in dit artikel tot de buisjes die zijn uitgedeeld aan burgers door de DCMR in de regio Rijnmond in 2019⁶.

Koude start

Een koude start is het starten van een voertuig wanneer de temperatuur van de motor ver onder de bedrijfstemperatuur ligt. Bij een koude start is de katalysator van een motor veel minder effectief. Daardoor zijn emissies van onder andere

stikstofoxiden (NO_x) bij een koude start een stuk hoger dan de emissies van een warme motor⁷. Sinds GCN2024 wordt de koude start als aparte emissieoorzaak meegenomen in de ruimtelijke verdeling van de wegverkeers emissies. Hiermee verplaatsten emissies van wegverkeer van plekken waar de motor is warmgedraaid, zoals de snelwegen, naar plekken waar de motor nog koud is. De Emissieregistratie heeft koude startemissies geplaatst in woonwijken, bedrijfsterreinen, en groot-schalige parkeerlocaties. De verdeling tussen deze locaties verschilt per voertuigtype, en wordt gedaan aan de hand van het aantal woningen, het aantal arbeidsplaatsen en het aantal parkeerplaatsen⁷.



Figuur 2. A) Effect van de koude start op de ruimtelijke verdeling van verkeersemissies (in $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{s}$). B) Vergelijking tussen de gemeten en de berekende NO_2 concentraties in de regio Rijnmond, vóór en ná het toepassen van de verfijning. De Root Mean Squared Error (RMSE) neemt toe van 3,1 naar 3,3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. De Mean Bias Error (MBE) neemt toe van 1,7 naar 1,9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Figuur 2 laat zien dat deze verfijning een behoorlijk effect heeft op de verkeersemissies en op de berekende concentraties op de meetlocaties. De berekende concentraties worden echter niet beter door deze verfijning in vergelijking tot de gemeten concentraties. Een mogelijke oorzaak hiervoor is het gebruik van het aantal arbeidsplaatsen voor het ruimtelijk verdelen van de emissies. Dit is niet altijd een goede proxy voor waar mensen werken en dus hun auto starten. De Emissieregistratie doet onderzoek naar hoe dit beter kan. Om eventuele aanpassingen in de koude startemissies te toetsen zou een gerichte meetcampagne gedaan moeten worden.

Mobiele werktuigen

Voorheen werden mobiele werktuigen ruimtelijk verdeeld aan de hand van de populatiedichtheid⁸. Sinds GCN2023 worden onder andere gegevens van de Basisregistratie Adressen en Gebouwen (BAG) en het Nationaal Wegenbestand (NWB) gebruikt om de emissies ruimtelijk te verdelen. Zo worden mobiele werktuigen geplaatst op locaties waar woningen en bedrijfspanden in aanbouw zijn volgens de BAG⁹. Het effect hiervan op de ruimtelijke verdeling van de emissies is te zien in Figuur 3A. Een verdere verfijning van de emissies, door het gebruik van de werkelijke locatie van bouwplaatsen volgens de dataset van de gemeente Rotterdam, is te zien in figuur 3B. Alhoewel de oorspronkelijke verfijning

een behoorlijke verbetering geeft, met een afname van de overschatting van 1,7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ naar 1,0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (figuur 3C), heeft een verdere verfijning met de dataset van de gemeente Rotterdam geen significant effect op de berekende concentraties op de meetlocaties (niet getoond).

Warmtenetten

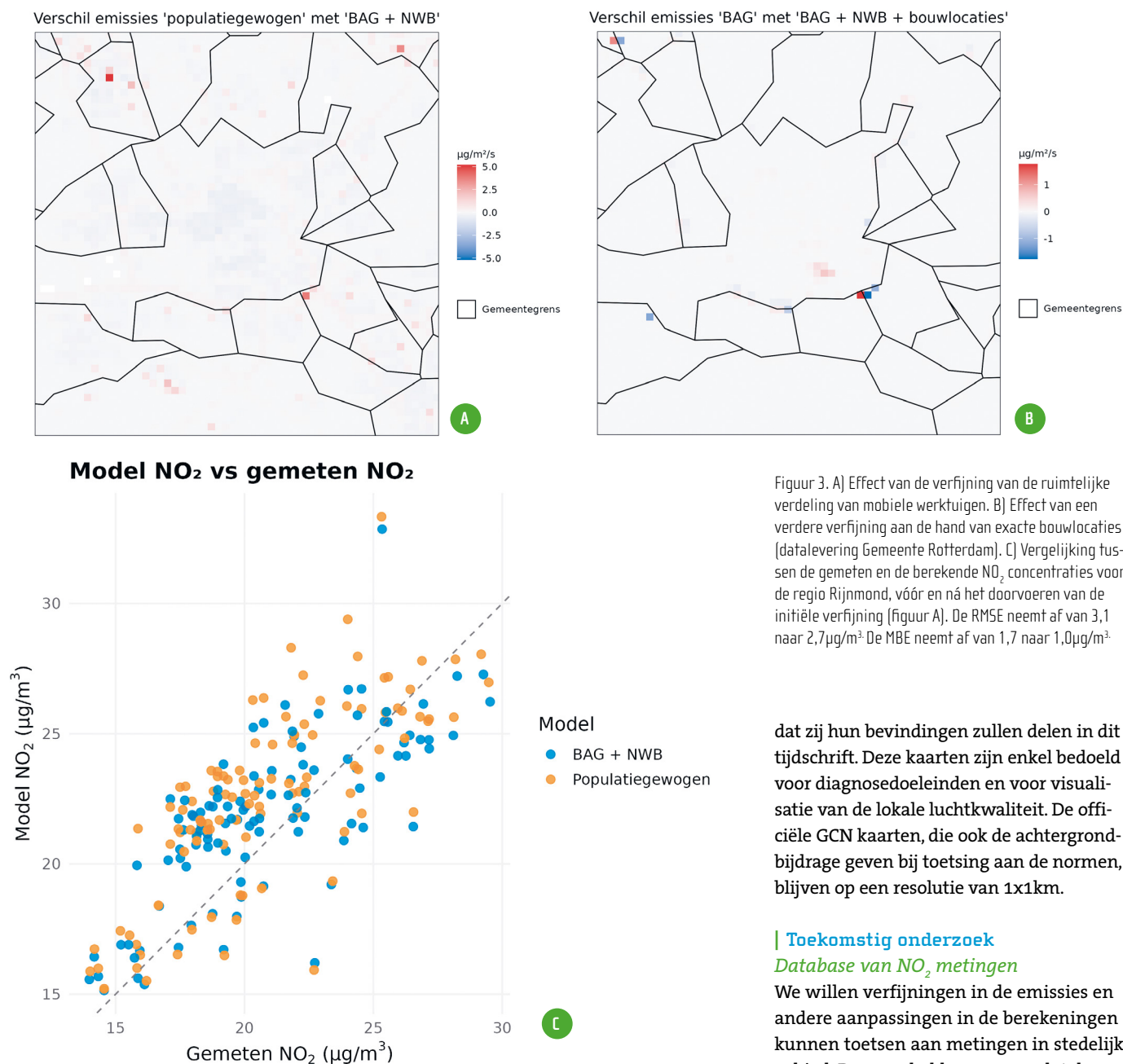
Waar wijken zijn aangesloten op warmtenetten zal minder of geen uitstoot zijn als gevolg van hoofdverwarming door CV-ketels. De gemeente Rotterdam weet waar deze warmtenetten liggen in hun gemeente (Figuur 1B). Het effect van de warmtenetten is echter expliciet al meegenomen in de Emissieregistratie. De emissies van de hoofdverwarming zijn namelijk afgeleid van gegevens over het gasverbruik zoals vastgesteld door het CBS¹⁰. Toch is hier nog een verfijning mogelijk. De huidige emissies worden ruimtelijk verdeeld aan de hand van gasverbruik op wijkniveau. Deze emissies zijn ruimtelijk te verfijnen door gasverbruik op buurtniveau te gebruiken.

Figuur 4 laat zien hoe de emissies verschuiven door deze verfijning. Alhoewel de emissies verschuiven, is het effect zeer klein. Ook is er geen significante verandering te zien op de berekende concentraties op de meetlocaties (niet getoond).

Niet beter, toch verfijnen

Onze resultaten laten zien dat een verfij-

ning van de emissies soms een meetbare verbetering geeft van de berekende concentraties. Een voorbeeld hiervan is de initiële verfijning van de ruimtelijke verdeling van emissies door mobiele werktuigen. Subtielere verfijningen zijn niet altijd terug te zien op de meetlocaties, en geven geen meetbare verbetering van de berekeningen. Voorbeelden van zulke subtielere verbeteringen zijn de verdere verfijning van emissies door mobiele werktuigen met de specifieke data over bouwlocaties, en het verfijnen van emissies met gasverbruiksdata op buurtniveau. Meer metingen en/of gerichte meetcampagnes zijn nodig om subtiele verfijningen te toetsen. Tenslotte geven ingrijpendere verfijningen niet altijd een betere overeenkomst van de berekeningen met de metingen. Een voorbeeld hiervan zijn de koude startemissies. Ondanks dat verfijningen niet altijd tot meetbare verbeteringen leiden, kunnen ze toch zinvol zijn. Zo kunnen verfijningen een conceptuele verbetering zijn, zoals de koude startemissies. De overeenkomst met de metingen hoeft daarom niet leidend te zijn in de keuze voor een verfijning van emissies. Ook het omgekeerde kan het geval zijn. Als een verfijning niet praktisch uitvoerbaar is, zoals het meenemen van exacte locaties van bouwplaatsen in de gemeente Rotterdam, kan dit betekenen dat deze niet kan worden meegenomen in de Emissieregistratie, ondanks een eventuele betere overeenkomst met de metingen. Bouwlocaties →



Figuur 3. A) Effect van de verfijning van de ruimtelijke verdeling van mobiele werktuigen. B) Effect van een verdere verfijning aan de hand van exacte bouwlocaties (datalevering Gemeente Rotterdam). C) Vergelijking tussen de gemeten en de berekende NO₂ concentraties voor de regio Rijnmond, vóór en ná het doorvoeren van de initiële verfijning (figuur A). De RMSE neemt af van 3,1 naar 2,7 µg/m³. De MBE neemt af van 1,7 naar 1,0 µg/m³.

dat zij hun bevindingen zullen delen in dit tijdschrift. Deze kaarten zijn enkel bedoeld voor diagnosedoeleinden en voor visualisatie van de lokale luchtkwaliteit. De officiële GCN kaarten, die ook de achtergrondbijdrage geven bij toetsing aan de normen, blijven op een resolutie van 1x1km.

| Toekomstig onderzoek Database van NO₂ metingen

We willen verfijningen in de emissies en andere aanpassingen in de berekeningen kunnen toetsen aan metingen in stedelijk gebied. Daarom hebben we een database gemaakt waarin we NO₂ metingen door passieve samplers verzamelen¹¹. Heeft u metingen die nog niet in deze database staan? Mail dan naar samenmeten@rivm.nl welke data u beschikbaar heeft. Samen zorgen we ervoor dat we zo veel mogelijk data verzamelen om onze modelresultaten mee te vergelijken. Een eerdere oproep tijdens het GTL-congres (2025) leverde al een prachtige dataset op van de gemeente Eindhoven.

Industriële bedrijven

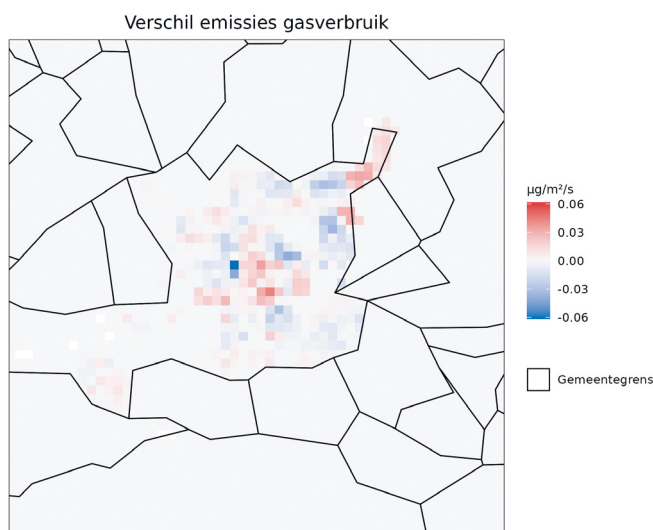
Een groot aantal industriële bedrijven hebben emissies die onder de Europese drempelwaarden blijven, en daarmee niet

zijn meestal tijdelijk. Dit is een ander argument om voorzichtig te zijn met het opnemen van te exacte bouwlocaties in de GCN omdat dit kan leiden tot berekende overschrijdingen die al verdwenen zijn op het moment dat de kaart wordt uitgebracht. Dit geldt nog sterker voor de GCN kaarten voor toekomstige jaren.

| Proeflevering

In ons eerdere artikel in dit tijdschrift⁴ zagen we dat een verfijning van de resolutie van onze kaarten van 1x1km naar 250x250m niet een betere vergelijking met de metingen oplevert. We concludeerden

toen dat zo'n verfijning van de resolutie pas zin heeft als de ruimtelijke verdeling van de onderliggende emissies beter is. In ons gesprek met de lokale partijen bleek dat er toch behoefte is aan hogere resolutie kaarten, ondanks dat deze kaarten niet noodzakelijk beter zijn. Dit jaar willen wij daarom een proeflevering doen van kaarten op een hogere resolutie van 250x250m voor de regio Amsterdam, Rotterdam en Utrecht (zie Figuur 5 voor een voorbeeld voor de regio Rijnmond). Met deze proeflevering willen we onderzoeken welke inzichten onze gesprekspartners opdoen met hogere resolutie kaarten. We hopen



Figuur 4. Effect van de verfijning van de ruimtelijke verdeling op basis van gasverbruik op buurtniveau. In de rode gebieden nemen de emissies toe door de verfijning en in de blauwe gebieden nemen de emissies af. Op de meetlocaties is de impact op de berekende concentraties nihil (niet getoond), en er is geen effect op de RMSE en MBE.

verplicht zijn om hun emissies te rapporteren. Zij krijgen emissies toebedeeld op basis van diverse verdeelsleutels in de Emissieregistratie. Op diverse locaties lijken de daarmee berekende concentratiebijdragen van deze bedrijven erg hoog¹². Onderzoek zal moeten uitwijzen of deze bijdragen te hoog zijn en of er betere verdeelsleutels ontwikkeld kunnen worden.

Zeescheepvaart

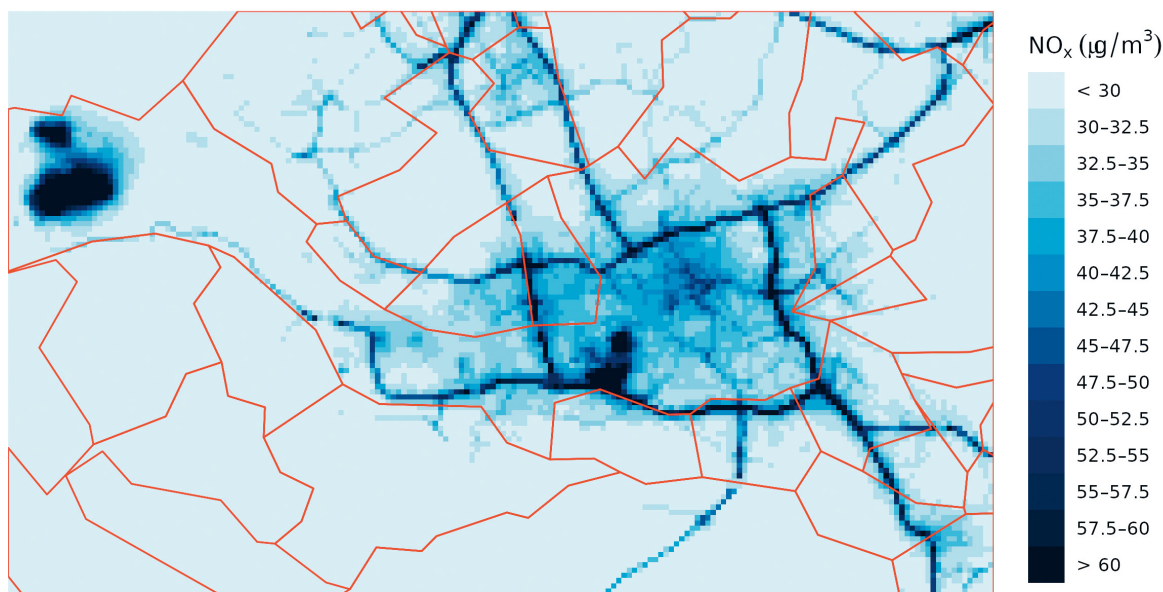
Het onderzoek door de Emissieregistratie naar de zeescheepvaartemissies heeft waarschijnlijk gevolgen voor de berekende concentraties nabij de zeehavens. In de loop van 2026 willen we berekeningen op basis van geactualiseerde emissies vergelijken met metingen. ■

Alle auteurs werken bij het centrum Milieukwaliteit van het RIVM. Suzanne Mijnen-Visser is projectleider GCN.

Referenties

1. <https://www.rivm.nl/gcn-gdn-kaarten>
2. <https://www.emissieregistratie.nl>
3. <https://apps.rivm.nl/sla/gcn-tool/>. Nieuwe versie voorzien in voorjaar 2026
4. K. Siteur et al, (2024) Inzet metingen voor hoge resolutie kaarten. Hoe kunnen we lokale metingen inzetten voor het verbeteren van Grootschalige Concentratiekaarten Nederland (GCN) in stedelijk gebied? Tijdschrift Lucht 20(1): 16-21.
5. <https://www.samenmeten.nl/palmes-diffusiebuisjes-passief-meten-aan-lucht-kwaliteit>

6. P. van Breugel et al. (2020) Burgermeetproject 2019. Resultaten van jubileum meetproject. DCMR Milieudienst Rijnmond. Documentnummer 22285973.
7. <https://www.emissieregistratie.nl/documentatie/doorzoek-alle-documenten>. Navigeer naar: "07 Ruimtelijke verdeling" > "Factsheets" > "Koude start.pdf"
8. <https://www.emissieregistratie.nl/documentatie/doorzoek-alle-documenten>. Navigeer naar: "07 Ruimtelijke verdeling" > "Factsheets" > "Aantal inwoners.pdf"
9. <https://www.emissieregistratie.nl/documentatie/doorzoek-alle-documenten>. Navigeer naar: "07 Ruimtelijke verdeling" > "Factsheets" > "Mobiele werktuigen in de bouw.pdf"
10. <https://www.emissieregistratie.nl/documentatie/doorzoek-alle-documenten>. Navigeer naar: "07 Ruimtelijke verdeling" > "Factsheets" > "Woningtype.pdf"
11. <https://samenmeten.rivm.nl/dataportaal>. Navigeer naar: "NO2 Palmes"
12. S. Mijnen-Visser et al (2025) Verkenning van de mogelijkheden om de modellering van collectieve bronnen te verbeteren. RIVM Kennisnotitie KN-2025-0011.



Figuur 5. NO_x concentratiekaart op een hogere resolutie van 250x250m, voor de regio Rijnmond, voor het jaar 2019.