



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

**Grootschalige concentratie- en
depositiekaarten Nederland**
Rapportage 2020

RIVM-rapport 2020-0091
R. Hoogerbrugge et al.



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

**Grootschalige concentratie- en
depositiekaarten Nederland**
Rapportage 2020

RIVM-rapport 2020-0091

Colofon

© RIVM 2020

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-2020-0091

R. Hoogerbrugge (auteur), RIVM
G.P. Geilenkirchen (auteur), PBL¹
H.A. den Hollander (auteur), RIVM
W. Schuch (auteur), RIVM
E. van der Swaluw (auteur), RIVM
W.J. de Vries (auteur), RIVM
R.J. Wichink Kruit (auteur), RIVM

¹) PBL: Planbureau voor de Leefomgeving. Is verantwoordelijk voor emissieramingen die in dit rapport voor de prognosekaarten gebruikt zijn.

Contact:

R. Hoogerbrugge
Milieu en Veiligheid - Centrum voor Milieukwaliteit
ronald.hoogerbrugge@rivm.nl

Dit onderzoek werd verricht in Opdracht van het ministerie van Infrastructuur en Waterstaat in het kader van de cluster 'Leefomgeving'.

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

Publiekssamenvatting

Grootschalige concentratie- en depositiekaarten Nederland Rapportage 2020

Het RIVM maakt elk jaar kaarten van de luchtverontreiniging in Nederland. Dit gebeurt voor heel veel stoffen, waaronder stikstofdioxide, ammoniak en fijnstof. Ook wordt de hoeveelheid stikstof die op de bodem en planten neerslaat, de stikstofdepositie, in kaart gebracht. Naast de jaarlijkse berekeningen maakt het RIVM verwachtingen voor 2020, 2025 en 2030. Hierbij is geen rekening gehouden met de mogelijke langetermijneffecten van de COVID-19-pandemie.

De kaarten worden gebruikt om de ontwikkeling van de luchtkwaliteit en de stikstofdepositie in Nederland te volgen. De overheden gebruiken de kaarten om nieuw beleid te maken om de luchtkwaliteit te verbeteren en de stikstofdepositie te verminderen. Luchtverontreiniging is schadelijk voor de volksgezondheid. Te veel stikstofdepositie op natuurgebieden is schadelijk voor het aantal soorten. De kaarten worden gemaakt door metingen te combineren met modelberekeningen. Zo komen de kaarten het beste overeen met de werkelijke situatie.

Stikstofdioxide- en fijnstofconcentraties

De gemeten concentraties stikstofdioxide in de lucht zijn in 2019 gemiddeld iets (circa 5 procent) lager dan in 2018. Naar verwachting zullen de gemiddelde concentraties in Nederland in 2030 ongeveer 30 procent lager zijn dan de concentraties in 2019. Deze concentraties dalen iets minder dan vorig jaar, werd verwacht. Dit komt vooral doordat de verkeersemisseries naar verwachting minder zullen dalen.

De gemeten concentraties fijnstof (PM₁₀ en PM_{2,5}) waren in 2019 ook iets lager dan in 2018 (ongeveer 7 procent en 13 procent). De verwachting is dat de gemiddelde berekende Nederlandse concentraties fijnstof (PM₁₀ en PM_{2,5}) in de komende tien jaar nog ongeveer 13 respectievelijk 20 procent dalen.

Ammoniakconcentraties en stikstofdepositie

Ammoniak in de lucht levert een belangrijke bijdrage aan de hoeveelheid stikstof die uiteindelijk op de bodem en planten neerslaat. De concentraties ammoniak in de lucht zijn daarom een graadmeter voor de hoeveelheid ammoniak die neerslaat. De gemeten concentraties ammoniak in de lucht zijn in 2019 ongeveer 12 procent lager dan in 2018. In 2018 waren de concentraties door de weersomstandigheden overigens hoger dan normaal

De gemiddelde stikstofdepositie op het totale Nederlandse landoppervlak was in 2019 circa 7 procent lager dan in 2018. De verwachting, vanuit het huidige beleid, is dat deze stikstofdepositie in Nederland tot 2030 met ongeveer 15 procent zal dalen. De stikstofdepositie is vooral van belang in de Natura 2000-gebieden. De gemiddelde daling tussen 2019 en 2030, in de Natura 2000-gebieden op het Nederlandse landoppervlak, is ook ongeveer 15 procent.

Kernwoorden: fijnstof, stikstofdioxide, NSL, vermesting, stikstofdepositie, ammoniak

Synopsis

Large-scale concentration and deposition maps of the Netherlands 2020 report

Every year, RIVM makes maps that show the air pollution in the Netherlands. It maps the concentrations of a lot of substances, including nitrogen dioxide (NO₂), ammonia, particulate matter and the quantity of nitrogen deposited on soil and plants (known as 'the nitrogen deposition'). In addition to its annual calculations, RIVM draws up forecasts for 2020, 2025 and 2030. The possible long-term effects of the COVID-19 pandemic have not been taken into account.

These maps are used to monitor the development of the air quality and nitrogen deposition in the Netherlands. The authorities base new policy for improving the air quality and reducing nitrogen deposition on them. Air pollution is a health hazard. Excessive nitrogen deposition in nature reserves causes the number of species living in these ecosystems to decline. RIVM's maps are made by combining measurements with model calculations, thus ensuring that they are as accurate as possible.

Nitrogen dioxide and fine particle concentrations

On average, the concentrations of nitrogen dioxide measured in the air in 2019 were approximately 5% lower than in 2018. Average concentrations in the Netherlands in 2030 are expected to be approximately 30% lower than in 2019. These concentrations are not expected to decrease as quickly as last year, primarily because traffic emissions are not likely to fall as much in the future.

The concentrations of particulate matter (PM₁₀ and PM_{2.5}) measured were also lower in 2019 than in 2018 (around 7% and 13%). The average concentrations of particulate matter (PM₁₀ and PM_{2.5}) calculated in the Netherlands are expected to decrease further by around 13% and 20% respectively in the next ten years.

Ammonia concentrations and nitrogen deposition

Ammonia in the air contributes significantly to the quantity of nitrogen ultimately deposited on soil and plants. The concentrations of ammonia in the air are therefore a good indicator of the quantity of ammonia deposited. The concentrations of ammonia measured in the air in 2019 were approximately 12% lower than in 2018. Incidentally, the concentrations were higher than usual in 2018 due to the weather conditions.

The average nitrogen deposition on the total land area of the Netherlands in 2019 was approximately 7% lower than in 2018. Based on current policy, this nitrogen deposition is expected to decrease by around 15% by 2030. Nitrogen deposition is of particular importance for Natura 2000 areas. The average decrease between 2019 and 2030 in Natura 2000 areas in the Netherlands will also be around 15%.

Keywords: particulate matter, nitrogen dioxide (NO₂), National Air Quality Cooperation Programme (Nationaal Samenwerkingsprogramma Luchtkwaliteit, NSL), eutrophication, nitrogen deposition, ammoni

Inhoudsopgave

Samenvatting – 9

1 Inleiding – 13

2 Methode van concentratie- en depositieberekeningen – 15

- 2.1 Model aanpassingen – 16
- 2.2 Veranderingen in de kalibratiemethode – 16
- 2.3 Actualisaties van benodigde informatie – 16

3 Emissies – 19

- 3.1 Ramingen – 19
- 3.2 Aanpassingen van emissies – 21

4 Grootschalige concentraties en bronbijdragen – 27

- 4.1 GCN-kaarten – 27
 - 4.1.1 NO₂-concentraties – 27
 - 4.1.2 PM₁₀-concentraties – 32
 - 4.1.3 PM_{2,5}-concentraties – 33
 - 4.1.4 EC-concentraties (indicatief) – 35
- 4.2 Opbouw concentraties NO₂, PM₁₀, PM_{2,5}, EC en SO₂ – 37
- 4.3 Bijdragen concentraties fijnstof voor effecten maatregelen – 43
- 4.4 Onzekerheden in de GCN-kaarten – 44

5 Grootschalige depositie en bronbijdragen – 47

- 5.1 GDN-kaarten – 47
 - 5.1.1 Stikstofdepositie – 47
 - 5.1.2 Potentieel-zuurdepositie – 52
- 5.2 Opbouw stikstofdepositie en potentieel-zuurdepositie – 54
- 5.3 Onzekerheden in depositiekaarten – 57
 - 5.3.1 Onzekerheid in de stikstofdepositie in een 1x1 km gridcel – 57

6 Modelverbeteringen en innovaties – 59

- 6.1 Nieuwe aanpak van de chemische modellering in het OPS-model – 59
- 6.2 Codepositie – 62
- 6.3 Kalibratie van de ammoniakconcentratieberekeningen – 62
- 6.4 Aanpassing kalibratie stikstof depositie – 64

Literatuur – 65

Bijlage 1. Nederlandse emissies in de scenario's – 69

Bijlage 2. SRM-emissiefactoren – 75

Samenvatting

Grootschalige concentratie- en depositiekaarten

Het Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM) levert jaarlijks kaarten met grootschalige concentraties voor Nederland (GCN-kaarten genoemd) van de luchtverontreinigende stoffen waarvoor Europese luchtkwaliteitsnormen bestaan. Deze kaarten geven een grootschalig beeld van de luchtkwaliteit in Nederland, zowel van het verleden als voor de toekomst. Ze worden gebruikt bij de rapportage in het kader van de EU-luchtkwaliteitsrichtlijn, de uitvoering van het Nationaal Samenwerkingsprogramma Luchtkwaliteit (NSL), het definiëren van lokaal beleid en bij planvorming. Het RIVM levert ook kaarten met de grootschalige depositie voor Nederland (GDN-kaarten genoemd) van stikstof en potentieel zuur. Deze rapportage is een volledige update van die uit 2019. Hierbij zijn zowel de Nederlandse totale emissies, de ruimtelijke verdelingen van de emissies en de ramingen geüpdatet. De update van de emissies is gebaseerd op de Emissieregistratie. De update van de emissieramingen is gebaseerd op de Klimaat en Energieverkenning (PBL 2019). Ook is een aantal modelverbeteringen doorgevoerd. Dit betreft vooral de chemische omzetting van gassen in de lucht naar aerosolen en de depositie. Deze verbeteringen verhogen vooral de nauwkeurigheid van de prognoses. Ook is een ruimtelijke kalibratie van de berekende ammoniakconcentraties geïmplementeerd. Hierdoor is de vergelijkbaarheid met de ammoniakmetingen sterk verbeterd.

Grootschalige NO₂-concentraties iets lager dan in 2019

De GCN-kaart van NO₂ voor het jaar 2019 is gemiddeld over Nederland iets lager (0,7 µg/m³, circa 5%) dan die voor 2018. Dit past in de jarenlange dalende trend in gemeten en berekende NO₂-concentraties. De verwachting is dat de gemiddelde berekende Nederlandse concentraties in 2030 ruim 4 µg/m³ (circa 30%) lager zijn dan de concentraties in 2019. De verwachting voor 2030 is dit jaar iets hoger dan vorig jaar ingeschat. Dat komt vooral door nieuwe inzichten in de geraamde daling van de verkeersemissies. Onder andere moderne vrachtauto's en binnenvaartschepen blijken minder schoon te zijn dan eerder werd verwacht. Het effect hiervan op de geraamde concentraties is vooral zichtbaar in de Randstad.

Grootschalige PM₁₀- en PM_{2,5}-concentraties iets lager in 2019

De fijnstofconcentraties PM₁₀ en PM_{2,5} waren in 2019 gemiddeld iets lager (beide ongeveer 1,2 µg/m³) dan die in 2018. De verwachte concentraties in 2030 zijn voor PM₁₀ en PM_{2,5} respectievelijk ruim en bijna 2 µg/m³ (respectievelijk 13% en 20%) lager dan de concentraties in 2019.

Deze prognose is gemiddeld over Nederland iets hoger dan vorig jaar ingeschat. De verhoging vindt voornamelijk plaats in de oostelijke helft van Nederland en die wordt vooral verklaard door een verbeterde modellering van de chemische processen in de lucht, zoals de vorming van ammoniumnitraat uit ammoniak en stikstofoxiden.

Grootschalige ammoniakconcentraties en stikstofdepositie

De gemeten concentraties ammoniak (NH_3) in de lucht zijn in 2019 circa 12% lager dan in 2018, maar nog steeds hoger dan de jaren daarvoor. In 2018 was het uitzonderlijk warm, zonnig en zeer droog weer, maar ook in 2019 was het warm, zonnig en vrij droog. Onder deze omstandigheden kan ammoniak gemakkelijker uit mest verdampen. Daarnaast blijft ammoniak langer in de lucht door weinig regen. Voor de effecten op natuur zijn de hoeveelheden ammoniak en stikstofoxiden die op het oppervlak neerslaan belangrijk: de stikstofdepositie. Te veel stikstof kan in natuurgebieden leiden tot een afname van de soortenrijkdom (biodiversiteit).

Dit jaar zijn er belangrijke verbeteringen doorgevoerd in de manier waarop de modelberekeningen en de metingen worden gecombineerd. Hierdoor sluit de berekende kaart beter aan bij de metingen en is de berekende kaart van de stikstofdepositie in 2019 ook nauwkeuriger. Het leidt wel tot een systematisch verschil met de kaarten die in voorgaande jaren zijn berekend. Om een vergelijking met de berekende depositie over 2018 te kunnen maken is de 2018-depositie herberekend met de dezelfde rekenmethode als de berekening over 2019. De gemiddelde stikstofdepositie op het totale Nederlandse landoppervlak was, bij dezelfde rekenmethode, in 2019 circa 7% lager dan in 2018.

De gemiddelde hoeveelheid stikstof die op de bodem neerslaat, zal naar verwachting, op basis van het huidige beleid, de komende jaren dalen. Dit komt vooral door de (inter)nationale afspraken over de reducties van de uitstoot van stikstofoxiden en ammoniak in Nederland en de landen om ons heen. De verwachting is dat de gemiddelde stikstofdepositie over Nederland tot 2030 met ruim 15% (ca. 240 mol/ha) zal dalen. Berekeningen van de concentraties en deposities hebben een aanzienlijke onzekerheid, die in het rapport wordt toegelicht.

Concentratie- en depositiekaarten gebaseerd op vastgesteld beleid

De emissieramingen van het Planbureau voor de leefomgeving (PBL) vormen de basis voor de GCN- en GDN-kaarten voor toekomstige jaren. De ramingen in dit rapport zijn afkomstig uit de Klimaat- en Energieverkenning 2019 (KEV2019) en wijken op punten wezenlijk af van de ramingen die in het vorige GCN-rapport zijn gebruikt. De nieuwe GCN-kaarten van stikstofdioxide (NO_2), stikstofoxiden (NO_x), fijnstof (PM_{10} , $\text{PM}_{2,5}$), ammoniak (NH_3) en zwaveldioxide (SO_2) zijn gebaseerd op een referentiescenario. Door beleid is gekozen voor het scenario met een gemiddelde economische groei in Nederland voor de periode 2019-2030. In vorige jaren heeft het beleid gekozen om de GCN-kaarten te baseren op het scenario met hoge economische groei. In elk jaar is het scenario voor de depositiekaarten identiek aan het scenario voor de concentratiekaarten.

In de KEV2019 zijn twee beleidsvarianten uitgewerkt: één met alleen de vastgestelde beleidsmaatregelen per 1 mei 2019 en één waarin ook de beleidsvoornemens zijn meegenomen die op dat moment voldoende concreet waren. Dit jaar hebben de ministeries van Infrastructuur en Waterstaat (IenW) en Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit (LNV) besloten om, in tegenstelling tot voorgaande jaren, voor de

binnenlandse emissies alleen het vastgestelde beleid te laten verwerken in de GCN- en GDN-kaarten, en geen voorgenomen maatregelen.

Omdat is uitgegaan van vastgestelde beleidsmaatregelen per 1 mei 2019 zijn de effecten van onder andere het Klimaatakkoord, het Schone Lucht Akkoord en de stikstofmaatregelen die in oktober 2019 (zoals het overdag verlagen van maximumsnelheid op autosnelwegen) en die in het voorjaar van 2020 zijn aangekondigd, nog **niet** in prognoses verwerkt. Er is ook geen rekening gehouden met langetermijneffecten van de COVID-19-pandemie.

Voor de toekomstige buitenlandse emissies zijn de ramingen gebruikt die IIASA in 2017 in opdracht van de Europese Commissie in 2017 maakte op basis van de officieel aan de EU gerapporteerde nationale emissies en het in de EU vastgestelde beleid.

Kaarten en emissiefactoren beschikbaar via internet

De grootschalige concentratiekaarten en onderliggende data van stikstofdioxide (NO₂), stikstofoxiden (NO_x), fijnstof (PM₁₀ en PM_{2,5}), zwaveldioxide (SO₂), ozon (O₃), ammoniak (NH₃), koolmonoxide (CO) en benzeen (C₆H₆) en de depositiekaarten van stikstof en potentieel zuur zijn beschikbaar op www.rivm.nl/gcn. Tevens zijn hier de indicatieve, grootschalige concentraties van elementair koolstof (EC) en de emissiefactoren voor lokale wegverkeersberekeningen beschikbaar.

1 Inleiding

Luchtkwaliteit en stikstofdepositie vormen in Nederland belangrijke aandachtspunten voor het nationale en Europese milieubeleid.

Luchtkwaliteit staat enerzijds in de aandacht door de effecten op de gezondheid van de mens, anderzijds door de implementatie in Nederland van de richtlijn voor luchtkwaliteit van de Europese Unie. In opdracht van het ministerie van Infrastructuur en Waterstaat (IenW) en ter ondersteuning van de uitvoering van de Europese richtlijn en de Regeling Beoordeling Luchtkwaliteit 2007, produceert het Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM) jaarlijks kaarten met grootschalige concentraties van diverse luchtverontreinigende stoffen in Nederland. De concentratiekaarten geven een beeld van de grootschalige component van de luchtkwaliteit. Deze kaarten worden in combinatie met lokale berekeningen gebruikt bij lokale planvorming en bij de rapportage ten behoeve van de EU-luchtkwaliteitsrichtlijn.

Depositie staat in de aandacht doordat de natuur in Nederland op veel plaatsen negatief wordt beïnvloed door een hoge depositie van reactief stikstof. Deze vorm van stikstof is afkomstig van emissies naar de lucht van stikstofoxiden (NO_x) en ammoniak (NH₃) uit binnenlandse en buitenlandse bronnen en wordt gedeponeerd door zowel droge als natte depositie. Te hoge depositie heeft negatieve gevolgen voor de biodiversiteit. In opdracht van het rijk en de provincies ondersteunt het RIVM het stikstofbeleid onder andere door middel van kaarten van de grootschalige depositie (GDN-kaarten) van stikstof in Nederland.

De GCN- en GDN-kaarten zijn gebaseerd op een combinatie van metingen en modelberekeningen. De met modellen berekende concentraties worden gekalibreerd op basis van meetresultaten. De kaarten zijn bedoeld voor het grootschalige beeld en hebben een resolutie van 1x1 km.

De totale concentraties in bijvoorbeeld verkeersrijke omgevingen, zoals langs drukke straten en snelwegen, worden vastgesteld door de grootschalige concentraties te verhogen met de specifiek berekende extra bijdrage door het wegverkeer. Hetzelfde geldt voor locaties in de buurt van landbouwstallen of andere lokale bronnen. Met AERIUS Calculator (www.aerius.nl/nl) wordt de totale depositie op een groter detailniveau voor de stikstofgevoelige Natura 2000-gebieden berekend en kan eveneens de depositiebijdrage van lokale bronnen in beeld worden gebracht.

In deze 2020-rapportage worden de resultaten van de nieuwe kaarten gepresenteerd, voornamelijk in de vorm van figuren en tabellen. Sommige details zijn uitgebreider beschreven in eerdere rapportages (Velders et al., 2016; 2017). De concentratie- en depositiekaarten en de emissiefactoren voor lokale verkeersberekeningen staan op de RIVM-website (www.rivm.nl/gcn). Kaarten met grootschalige achtergrondconcentraties zijn ook te vinden op de website van de rijksoverheid (www.rijksoverheid.nl/onderwerpen/luchtkwaliteit/vraag-en-antwoord/hoe-kan-ik-luchtvervuiling-berekenen). Die kaarten zijn

identiek aan de kaarten op de RIVM-website. De kaarten op de rijksoverheid-website hebben een juridisch-formele status. De GCN-kaarten voor de toekomstige jaren die op 15 maart jl. zijn gepubliceerd, bleken achteraf niet geheel correct. Daarom zijn de prognosekaarten voor NO₂, ozon, PM₁₀, PM_{2,5} en NO_x (net als de dubbeltellingscorrectie voor snelwegen) en de 2019-kaart voor PM_{2,5} op 6 juli jl. geactualiseerd. In de gepubliceerde data van 15 maart jl. bleek een inconsistentie te zitten in de NO_x-emissies uit landbouwgronden. Deze werden in de berekeningen van de toekomstige jaren ten onrechte wel meegenomen en niet in de bijbehorende controleberekeningen voor de vergelijking met de metingen. Door deze correctie zijn de concentraties in de juli-publicatie voor bijvoorbeeld NO₂ en PM₁₀ lager dan in de in maart uitgebrachte prognosekaarten voor 2020-2030. De data die in dit onderhavige rapport zijn gepubliceerd, zijn gebaseerd op de gecorrigeerde berekeningen. Dat wil zeggen dat de data consistent zijn met de gepubliceerde kaarten van 6 juli jl.

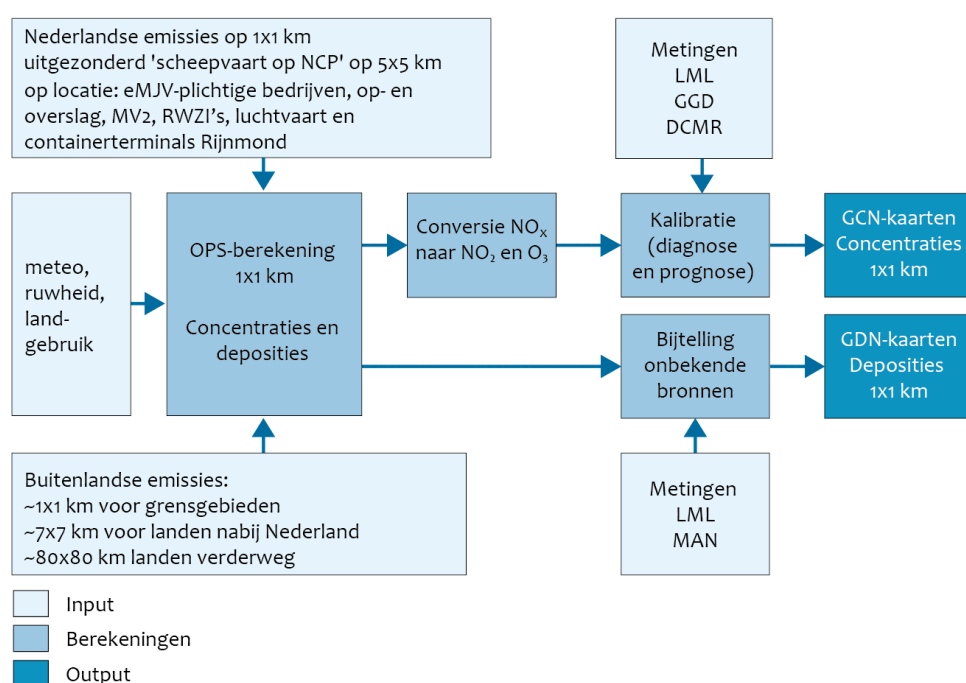
De GCN-/GDN-kaarten die in 2020 zijn gepubliceerd laten relatief grote wijzigingen zien ten opzichte van de kaarten die in voorgaande jaren zijn gepubliceerd. Dit is met name het gevolg van actualisaties en verbeteringen in de (ramingen van) emissies en het OPS-rekenmodel. In de voorgaande jaren hebben zogenaamde light updates plaatsgevonden met minimale aanpassingen.

2 Methode van concentratie- en depositieberekeningen

De GCN/GDN-kaarten geven waarden voor de concentraties en deposities per gridcel van 1x1 km. Voor elke gridcel wordt de concentratie/depositie op een aantal punten in de gridcel bepaald en toegekend aan die gridcel. De methodiek om te komen tot een waarde voor die 1x1 km gridcel doorloopt twee stappen:

1. berekening van de grootschalige concentratie en depositie;
2. kalibratie op metingen.

Zie Figuur 2.1 en Velders et al. (2016) voor meer informatie.



Figuur 2.1 Berekening grootschalige concentratie- en depositiekaarten.

Bij de kalibratie aan de metingen worden de metingen van 2019 gebruikt voor de concentratiekaart voor 2019 (de diagnosekaart). Het kalibratieresultaat kan van jaar tot jaar variëren. Om een robuust resultaat te verkrijgen, wordt voor de prognoses (2020, 2025 en 2030) een gemiddelde kalibratie over de laatste vijf jaar gebruikt. Het weer in de prognosejaren is nog niet bekend; daarom wordt de gemiddelde meteostatistiek voor een periode van tien jaar gebruikt. De kalibratie in dit diagnosejaar (2019) kan dus afwijken van de kalibratie in het vorig diagnosejaar (2018). Hetzelfde geldt voor de kalibraties van de prognosejaren in de beide GCN-rondes.

Ten opzichte van de methode zoals die in 2019 (Hoogerbrugge et al., 2019) is gebruikt voor het maken van grootschalige kaarten, is een aantal belangrijke verbeteringen in methoden, modelparameters en metingen doorgevoerd. Zo is versie 5.0.0.0 van het OPS-model gebruikt voor de berekeningen die als basis dienen voor deze rapportage (Sauter et al., 2020).

2.1 Model aanpassingen

In de versie 5.0.0.0 van het OPS-model zijn onderstaande verbeteringen aangebracht.

Modelverandering: atmosferische chemie

Fijnstof bestaat voor een belangrijk deel uit secundair anorganisch aerosol (SIA). Dit zijn deeltjes die in de lucht worden gevormd uit precursorgassen als ammoniak, stikstof- en zwaveloxiden. De berekening van vorming van secundair anorganisch aerosol (SIA) is verbeterd. Deze wordt nu berekend op basis van informatie (chemische conversiefactoren en ratio's tussen verschillende vormen van nitraat) die betrokken is uit het EMEP/MSW-W-model (https://www.emep.int/mscw/mscw_models.html). Vooral de ruimtelijke component van de SIA's wordt hiermee beter gemodelleerd. Zie voor meer details paragraaf 6.1.

Modelverandering: codepositie

In het model is het proces van codepositie ingebouwd. Als gevolg hiervan kan in combinatie met de aanwezigheid respectievelijk afwezigheid van SO₂ de depositie van NH₃ toenemen respectievelijk afnemen. Het codepositieproces is vooral van belang als naar historische tijdreeksen wordt gekeken waarin de SO₂-concentraties en de ratio tussen SO₂ en NH₃ nog substantieel hoger waren. Wanneer er meer SO₂ in de lucht zit, is het oppervlak waarop ammoniak deponert zuurder en is de ammoniakdepositie hoger. Omgekeerd leidt minder SO₂ in de lucht tot omstandigheden waarin ammoniak minder makkelijk deponert. Zie voor meer details paragraaf 6.2.

2.2 Veranderingen in de kalibratiemethode

Ten opzichte van de vorige GCN-ronde zijn de onderstaande veranderingen in de kalibratiemethoden aangebracht.

Kalibratiemethode: ammoniakconcentraties

De kalibratie van de ammoniakconcentraties (en daarmee de droge depositie van ammoniak) kan nu ruimtelijke verschillen behandelen. Zie voor meer details paragraaf 6.3.

Kalibratiemethode: natte depositie

De kalibratie van natte depositie voor ammonium en nitraat zijn verricht met behulp van de metingen van natte depositie. Dit is in feite een update van Buijsman (2008). Zie voor meer details Tabel 2.2, paragraaf 5.1.1. en paragraaf 6.4.

2.3 Actualisaties van benodigde informatie

Naast methodeverandering zijn er ook updates waarbij dezelfde methode als vorig jaar wordt toegepast maar alleen de informatie zelf wordt geactualiseerd. De meeste actualisaties vinden jaarlijks plaats ('standaard update'). Sommige actualisaties hebben een lagere frequentie, zoals dit jaar de update van de langjarige meteo.

Langjarige meteo

De langjarige meteo die voor de prognoses wordt gebruikt, is vervangen: van de vorige periode van 1995-2004 naar een meer

recente periode (2005-2014). Hiermee is een nieuwe langjarige meteostatistiek afgeleid en toegevoegd aan de modelomgeving.

Standaard updates

- De meteostatistiek voor 2019 is toegevoegd.
- De trendfactoren voor het jaar 2018 zijn aan het model toegevoegd. Deze worden gebruikt om de meegeleverde achtergrondbestanden te schalen naar het juiste concentratieniveau voor een specifiek berekeningsjaar. Het OPS-model gebruikt deze achtergrondbestanden voor verschillende chemische processen.
- De bijstellingen voor de bijdrage van niet-gemodelleerde bronnen aan de PM₁₀- en PM_{2,5}-concentraties (zoals bodemstof en stofdeeltjes als gevolg van natuurbranden) zijn geactualiseerd, evenals de kalibratiefactoren voor de met het OPS-model berekende concentraties secundaire anorganische aerosolen (zie Tabel 2.1).
- De correcties voor de berekende stikstofdepositie zijn eveneens geactualiseerd (zie Tabel 2.2).

Tabel 2.1 Overzicht kalibratiefactoren voor de aerosolen en de meetcorrectie voor de PM₁₀- en PM_{2,5}-concentraties.

	Kaarten voor 2019	Kaarten voor 2020-2030
NH ₄	Factor 0,7 ^{a,d}	Factor 0,7 ^{a,d}
NO ₃	Factor 1,1 ^{a,d}	Factor 1,1 ^{a,d}
SO ₄	Factor 1,3 ^{a,d}	Factor 1,3 ^{a,d}
PM ₁₀	Constante van 4,1 µg m ⁻³ ^b	Constante van 5,3 µg m ⁻³ ^c
PM _{2,5}	Constante van 0,4 µg m ⁻³ ^{b,d}	Constante van 1,5 µg m ⁻³ ^{c,d}

- Voor de diagnose- en prognosekaarten zijn de gemeten secundaire aerosolconcentraties in 2015-2019 vergeleken met OPS-berekeningen met emissies van 2015-2018 en de meteorologie van de jaren 2015-2019 waarbij voor 2019 de emissies van 2018 zijn gebruikt.
- Voor de diagnosekaarten van PM_{2,5} en PM₁₀ zijn de gemeten waarden voor 2019 vergeleken met OPS-berekeningen met Nederlandse emissies van 2018 en de meteorologie van het jaar 2019 waarbij kriging wordt gebruikt om de constante te bepalen.
- Voor de prognosekaarten van PM_{2,5} en PM₁₀ zijn de gemeten waarden voor de jaren 2014-2018 vergeleken met OPS-berekeningen met emissies van 2014-2018 en langjarig gemiddelde meteorologie (2005-2014). Omdat het verschil tussen meting en model van jaar tot jaar varieert is een 5 jaargemiddelde robuuster en kan dus ook verschillen van de waarde in het diagnosejaar.
- De bijdragen van de aerosolen in de PM_{2,5}-concentraties worden verkregen door de gekalibreerde PM₁₀-aerosolconcentraties te vermenigvuldigen met 1,0 voor ammonium en 0,9 voor sulfaat (Matthijssen en Ten Brink, 2007). Voor nitraat wordt gebruikgemaakt van de fractie 'fine_in_totaal_nitraat' die EMEP levert. Deze fractie kan per gridcel verschillend zijn.

Tabel 2.2 Overzicht bijdragen aan de meetcorrectie voor de depositie.

	Droge depositie	Natte depositie
Stikstofdepositie en potentieel-zuurdepositie		
NH _x	<p>2019-kaart: berekende 2019-droge depositie¹ vermenigvuldigen met een ruimtelijk gedifferentieerde correctiekaart. Dit komt overeen met gemiddeld 9 mol/ha/jr.</p> <p>Prognosekaarten: berekende droge depositie² voor de prognosejaren vermenigvuldigen met een ruimtelijk gedifferentieerde correctiekaart. Dit komt overeen met gemiddeld -50 mol/ha/jr .</p>	<p>2019-kaart: berekende 2019-natte depositie¹ vermenigvuldigen met een factor 0,89 (zie ¹). Dit komt overeen met gemiddeld -45 mol/ha/jr.</p> <p>Prognosekaarten: berekende natte depositie² voor de prognosejaren vermenigvuldigen met factor 0,96 (zie ²). Dit komt overeen met gemiddeld -15 mol/ha/jr.</p>
NO _y	0 mol/ha/jr	<p>2019-kaart: berekende 2019-natte depositie¹ vermenigvuldigen met een factor 0,78 (zie ³). Dit komt overeen met gemiddeld -40 mol/ha/jr.</p> <p>Prognosekaarten: berekende natte depositie² voor de prognosejaren vermenigvuldigen met factor 0,81 (zie ²). Dit komt overeen met gemiddeld -25 mol/ha/jr.</p>
Potentieel-zuurdepositie (als H⁺)		
SO _x	50 mol/ha/jr (zie ⁴)	50 mol/ha/jr (zie ⁴)
Halogenen en organische zuren	85 mol/ha/jr (zie ⁴)	195 mol/ha/jr (zie ⁴)

1. Voor de kalibratie van de 2019-kaart zijn voor de droge depositie de gemeten NH₃-concentraties uit het LML en het MAN voor 2019 vergeleken met OPS-berekeningen met Nederlandse emissies van 2018 en de meteorologie van het jaar 2019. Voor de natte depositie zijn de metingen van 2019 vergeleken met OPS-berekeningen met emissies van 2018 en de meteorologie van het jaar 2019.
2. Voor de prognoses zijn gemeten waarden voor de jaren 2015-2019 vergeleken met OPS-berekeningen met Nederlandse emissies van 2015-2018 en de jaarspecifieke meteorologie 2015-2019 waarbij voor 2019 emissies van 2018 zijn gebruikt.
3. Voor de kalibratie van de 2019-kaart zijn voor de natte depositie de gemeten NO_y-deposities uit het LML voor 2019 vergeleken met OPS-berekeningen met Nederlandse emissies van 2018 en de meteorologie van het jaar 2019.
4. Gebaseerd op Buijsman (2008).

3 Emissies

De historische emissies die worden gebruikt als invoer voor het OPS-model zijn voor Nederland afkomstig van de Emissieregistratie (ER) en voor het buitenland van het Centre on Emission Inventories and Projections (CEIP, 2018). De ER is in Nederland verantwoordelijk voor het verzamelen, bewerken, beheren, registreren en rapporteren van emissiedata, waarmee de betrokken ministeries aan de nationale en internationale verplichtingen op het gebied van emissierapportages kunnen voldoen. Deze emissies worden gebruikt voor de kaarten van gepasseerde jaren. In enkele voorgaande GCN-rondes is, als kostenbesparing, de ruimtelijke verdeling van de emissies niet aangepast (light update). In die jaren zijn alleen de nationale totalen geactualiseerd. In deze GCN-ronde zijn niet alleen de landelijke totalen van de emissies, maar ook alle emissieverdelingen van Nederlandse bronnen geactualiseerd.

3.1 Ramingen

Voor prognosejaren (2020-2030) worden binnenlandse en buitenlandse emissies afkomstig van beschikbare emissieramingen gebruikt. Het gaat hier om de resultaten van nationale en buitenlandse scenariostudies. Voor nationale emissies is dit het referentiescenario van de Klimaat en Energie Verkenning (KEV2019; Schoots en Hammingh, 2019). Dit referentiescenario vormt het voorwaardelijk uitgangspunt voor de twee beleidsvarianten die in de KEV2019 worden onderscheiden; één variant met vastgesteld beleid en één met vastgesteld en voorgenomen beleid. Het gebruik van een emissieraming uitgaande van een referentiescenario met gemiddelde economische groei is een verandering ten opzichte van voorgaande jaren, waarbij een hoge groei scenario (met een hogere groei dan het referentiescenario) werd gehanteerd.

Voor de GCN/GDN van 2020 is de KEV-beleidsvariant met vastgesteld beleid gebruikt. In deze beleidsvariant is het beleid dat op 1 mei 2019 was vastgesteld meegenomen. Dit betekent dat het klimaatakkoord (van 28 juni 2019), het Schone Lucht Akkoord (van 13 januari 2020) en de stikstofmaatregelen die in oktober 2019 (zoals het overdag verlagen van de maximum snelheid) en in voorjaar 2020 zijn aangekondigd, **niet** in de ramingen zijn meegenomen. Dit geldt ook voor de gevolgen van de maatregelen voor het bestrijden van het coronavirus.

De keuze voor de beleidsvariant met vastgesteld beleid betekent dat het zogenaamde voorgenomen beleid niet is meegenomen. De KEV2019-variant met voorgenomen beleid betreft beleidsvoornemens (plannen) die op 1 mei 2019 zijn bekendgemaakt en concreet genoeg uitgewerkt waren, maar nog niet waren vastgesteld. De keuze voor vastgesteld beleid in GCN/GDN-2020 is een verandering ten opzichte van voorgaande jaren waarin voorgenomen beleid wel in de GCN/GDN-raming werd verwerkt. In deze GCN-ronde, uitgaande van de KEV2019, is het verschil in emissies tussen vastgesteld en voorgenomen beleid gering. De mogelijke bijdrage van het voorgenomen beleid voor de concentraties en deposities is daarmee eveneens gering. Het grootste gemiddelde verschil zat in de NO_x-emissie voor 2030 voor verkeer met een verschil van

slechts een paar promille. Het gemiddelde verschil is daarmee klein, maar lokaal kan het wel uitmaken. In de *voorgenomen* beleidsvariant groeit Schiphol bijvoorbeeld na 2020 en gaat Lelystad open. Dat leidt op die plekken tot hogere NO_x-uitstoot. In het voorgenomen beleid zit bijvoorbeeld ook de invoering van de vrachtwagenheffing. Dit leidt tot lagere emissies in het hele land.

De uitgangspunten met betrekking tot economische groei en het beleid staan samengevat in Tabel 3.1. Voor de onderbouwing en verdere details voor de binnenlandse emissies, zie de KEV-rapportage (Schoots en Hamming, 2019) en meer specifiek de uitwerking voor luchtkwaliteit (Smeets et al., 2020).

Voor het buitenland worden de emissies conform de IIASA scenario's *EU Outlook 2017 – ver Dec2018* en *CEP_post2014_CLE_vDEC.2018* gebruikt uit IIASA (2019). Deze emissies zijn gebaseerd op de nationale ramingen voor 2020 en 2030, waarbij inconsistenties en het ontbreken van emissiegegevens zo veel mogelijk zijn opgelost.

De verdelingen over de sectoren zijn afkomstig van het *WPE-2014-CLE*-scenario van IIASA (2015). De ramingen van de buitenlandse emissies zijn daarmee anders dan de voorgaande GCN-ronden waarin voor alle landen de Nationale Emissieplafonds zijn gebruikt (NEC-directive): per saldo resulteert dat dit jaar in lagere NO_x-emissies en hogere NH₃-emissies dan in de GCN van vorig jaar.

Tabel 3.1. Overzicht gebruikte emissieramingen voor de Grootchalige concentratie- en depositiekaarten Nederland.

GCN ronde	Binnenland			Buitenland
	Macro-economische groeiverwachting	Beleidsvariant	Bandbreedte rond de GCN/GDN-projectiewaarde	
2019 en eerder	Hoge economische groei ¹	Vastgesteld en voorgenomen beleid	Verschil hoge en lage economische groei	NEC plafonds
2020	Plausibele economische groei	Vastgesteld beleid ²	Onzekerheid in factoren die de toekomstige emissieontwikkeling bepalen ³ Monte Carlo-analyse	Gerapporteerde emissieramingen

1. Een hogere groeiverwachting dan de meest plausibele groeiverwachting.
2. PBL geeft altijd emissieramingen voor twee beleidsvarianten. Eén met vastgesteld beleid (V) en één met vastgesteld en voorgenomen beleid (VV). In de GCN-ronde 2020 is de beleidsvariant met vastgesteld beleid (V) als basis genomen voor de GCN-ronde. De emissieramingen volgens de beleidsvariant met alleen vastgesteld beleid wijken voor geen van de stoffen duidelijk af van de beleidsvariant met zowel vastgesteld als voorgenomen beleid.
3. Factoren die de toekomstige ontwikkeling van emissies bepalen zijn onzeker. In de Klimaat en Energieverkenning worden relevante onzekerheidsfactoren per sector geïnventariseerd. Het gaat dan o.a. om macro-economische onzekerheden rond BBP-groei, bevolkingsgroei, brandstof- en CO₂-prijzen en beleidsonzekerheden, zoals onzekerheden rond de effectiviteit van specifiek op de energiehuishouding of uitstoot van luchtverontreinigende stoffen gerichte beleidsmaatregelen. Voor elke in beeld gebrachte factor is de afwijking van de gerapporteerde emissieraming in beeld gebracht. Deze onzekerheden zijn via een Monte Carlo-analyse vertaald in een onzekerheidsbandbreedte rond de gerapporteerde emissieramingen.

3.2 Aanpassingen van emissies

Ten opzichte van de emissies zoals die begin 2019 (Hoogerbrugge et al., 2019) zijn gebruikt voor het maken van de vorige ronde van GCN/GDN-kaarten, is het basisjaar geactualiseerd van 2017 naar 2018. Ook de ruimtelijke verdeling van die emissies over Nederland zijn geactualiseerd, en de geraamde emissies in toekomstige jaren.

Verandering in emissietotalen in het basisjaar 2018 ten opzichte van de emissies zoals toegepast in de vorige GCN-ronde (basisjaar 2017)

- De totale landelijke fijnstofemissies zijn ongeveer 5% lager vastgesteld. De grootste bijdrage hierin heeft de sector wegverkeer met een neerwaartse verandering ten opzichte van

vorig jaar van ongeveer 11%. Dit heeft vooral te maken met nieuwe inschatting voor de emissies van verbrandingsmotoren. De verkeeremissies van slijtage liggen juist iets hoger. De grootste toename van ongeveer 6% is te zien in de sector bouw. De sectoren landbouw en consumenten dalen met ongeveer 5%.

- De totale landelijke NH₃-emissies zijn ongeveer 2% lager. In absolute zin heeft de sector landbouw hier het grootste aandeel in met een neerwaartse bijstelling van ongeveer 2,5%. De emissies van het verkeer liggen ongeveer 3% lager dan vorig jaar. De grootste procentuele toename van ongeveer 20% is te zien in de sector industrie. Het aandeel van deze sector in de totale NH₃-emissie stijgt daarmee van 1,2 naar 1,5%. Emissiefactoren van ammoniak van de sfeerverwarming zijn aangepast en liggen nu ongeveer 85% lager, maar deze hebben slechts een zeer gering aandeel in de totale emissie.
- De totale landelijke stikstofdioxide-emissies zijn ongeveer 3% neerwaarts bijgesteld. De grootste bijdrage hierin heeft de sector wegverkeer met een daling van ongeveer 3%. Het railverkeer vertoont met 18% de grootste procentuele neerwaartse bijstelling. De grootste bijstelling naar boven van ongeveer 5% is te zien in de sector luchtvaart.

Verandering in ruimtelijke verdelingen van de emissies

De ruimtelijke verdeling van de collectief geregistreerde emissies wordt ontleend aan de Emissieregistratie (ER). Deze zijn volledig geactualiseerd ten opzichte van de GCN2019-ronde. Zie voor meer achterliggende documentatie:

<http://www.emissieregistratie.nl/erpubliek/misc/documenten.aspx>. Dit betreft zowel de verdeling als de nationale totalen. In grote lijnen hebben in de ruimtelijke verdeling de volgende wijzigingen plaatsgevonden:

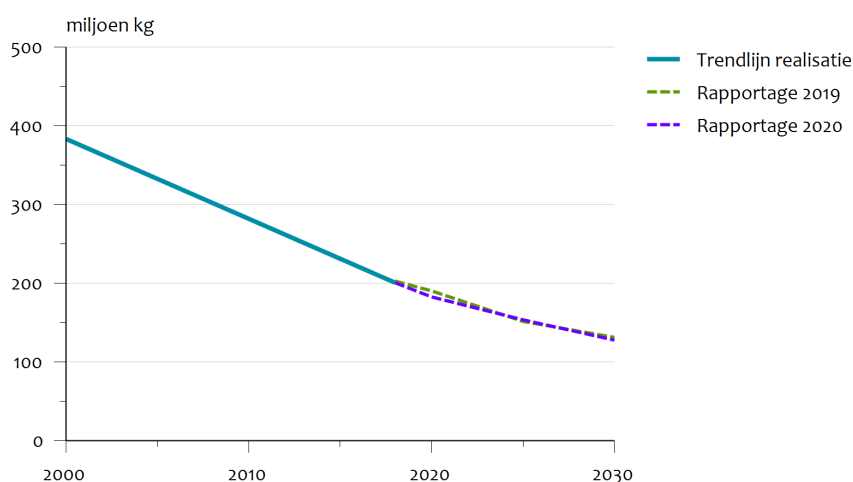
- Voor aanwending, beweiding en kunstmest is de MAMBO-verdeling uit 2013 vervangen door de verdeling volgens Initiator voor 2016.
- Voor stallen en mestopslag is de informatie uit de GIAB 2017 gebruikt.
- Voor mest(be)verwerking zijn de locaties en emissies van de mest(be)verwerking expliciet meegenomen.
- Voor wegverkeer is de DATMobility-verdeling voor het jaar 2016 toegepast.
- Voor luchtverkeer is bij Schiphol de informatie van een nieuwe NLR-studie (2018) met aparte verdelingen voor platform, taxiën, take-off en climb-out, en tevens opsplitsing NO_x en PM₁₀ toegepast.
- Voor binnenvaart heeft een update plaatsgevonden van het BIVAS-model 2013 naar de verdeling voor 2016.
- Voor zeescheepvaart en visserij zijn de MARIN AIS-data geactualiseerd naar het jaar 2017.
- Voor bedrijven waarvan de emissies niet individueel worden geregistreerd is het KvK-bestand met locatie en arbeidsplaatsen geüpdatet met informatie uit 2017, en als basis gebruikt voor de verdeling van de emissies.

Ramingen van de Nederlandse emissies

De emissieramingen van luchtverontreinigende stoffen uit de KEV2019 zijn in detail beschreven in Smeets et al. (2020). De belangrijkste veranderingen in die ramingen zijn:

- De komende jaren neemt de uitstoot van stikstofoxiden naar verwachting af naar circa 132 kiloton in 2030¹ (zie Figuur 3.1). Dit is een afname van 40% ten opzichte van 2017 (het basisjaar voor het opstellen van de ramingen in de KEV2019). Het merendeel van deze daling komt voor rekening van de sector mobiliteit. Dit komt door strengere Europese emissiewetgeving voor nieuwe wegvoertuigen, mobiele werktuigen en motoren voor binnenvaartschepen. Ook de emissies in de energiesector dalen fors. Dalende emissies zien we verder bij kleine verbrandingsinstallaties in de glastuinbouw (sector landbouw), de utiliteitsbouw (sector diensten en bouw) en bij woningen (sector huishoudens). Ook de emissies in de industrie dalen door een optelsom van de ontwikkelingen in verschillende industriesectoren. Ten opzichte van de *raming van vorig jaar* valt de verwachte daling van de verkeersemissies tot 2030 lager uit. De raming voor 2030 ligt 40% hoger dan vorig jaar. Dit heeft een aantal oorzaken, die uitgebreid zijn toegelicht in Smeets et al. (2020).² De overige sectoren worden voor NO_x juist lager of ongeveer gelijk ingeschat. Vooral de dalingen ten opzichte van de vorige raming bij industrie en energie (ongeveer 40%) spelen hier in absolute zin een belangrijke rol. Ook de emissies voor zeescheepvaart (buiten NEC) worden lager geraamd dan vorig jaar.

NO_x-emissies



Figuur 3.1 Verloop van de NO_x-emissies.

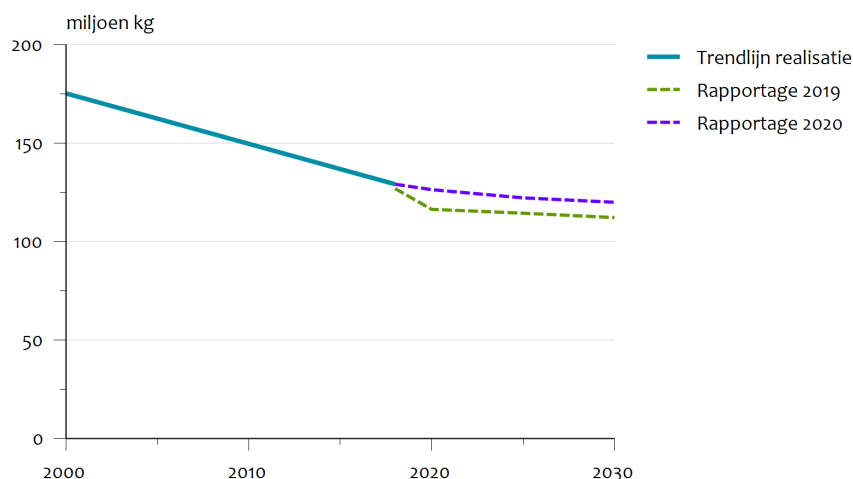
De verkenningen in de rapportage-2019 zijn gebaseerd op basis van het vastgesteld en voorgenomen beleid met hoge economische groei. In de rapportage-2020 is dit op basis van alleen vastgesteld beleid met gemiddelde economische groei.

¹ Dit getal geldt voor het deel van de Nederlandse emissies waarvoor een emissiereductie doelstelling geldt. Zie het genoemde PBL-rapport voor verdere details.

² Zo blijkt de NO_x-uitstoot van moderne vrachtauto's en binnenvaartschepen hoger te liggen dan eerder werd verwacht. Ook neemt de NO_x-uitstoot van oude benzineauto's toe door veroudering van de katalysator. Dit verschijnsel was bij het maken van de vorige ramingen nog niet bekend. NB: met verkeer wordt hier de som van diverse soorten verkeer bedoeld, zoals wegverkeer, rail, luchtvaart, binnenscheepvaart en mobiele werktuigen.

- De uitstoot van NH_3 neemt naar verwachting af naar circa 120 kiloton in 2030 (zie Figuur 3.2). Dit is een afname van 8% ten opzichte van 2017. Deze daling wordt vooral verklaard door afnemende emissies in de landbouw door de afname van het aantal stuks vee en door een geleidelijke overgang naar emissiearme stallen. De NH_3 -emissie bij mobiliteit neemt de komende jaren naar verwachting toe: de katalysatortechniek die wordt toegepast op moderne dieselwegvoertuigen om aan de emissienormen voor stikstofoxiden te voldoen, brengt een hogere ammoniakemissie met zich mee. De geraamde totale uitstoot van ammoniak ligt in 2030 13% hoger dan in de vorige raming. Dit wordt vooral verklaard door hogere emissies (minder daling ten opzichte van nu) bij de landbouw. Ook de emissies voor verkeer liggen hoger dan vorig jaar.

NH_3 -emissies

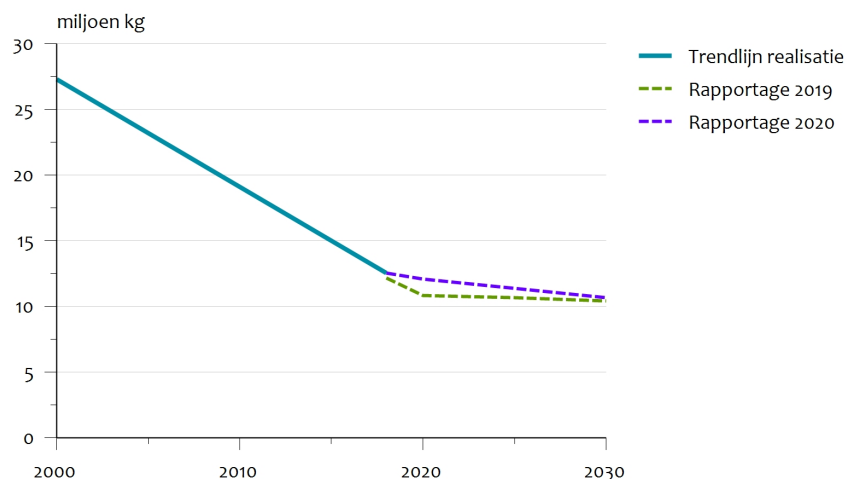


Figuur 3.2 NH_3 -emissies.

De verkenningen in de rapportage-2019 zijn gebaseerd op het vastgesteld en voorgenomen beleid met hoge economische groei. In de rapportage-2020 is dit op basis van alleen vastgesteld beleid met gemiddelde economische groei.

- De uitstoot van fijnstof ($\text{PM}_{2,5}$) neemt naar verwachting af naar circa 10,7 kiloton in 2030 (zie Figuur 3.3). Dit is een afname van ruim 15% ten opzichte van 2017. De grootste daling wordt verwacht bij de sector mobiliteit vanwege Europese emissieregelgeving voor wegvoertuigen, mobiele werktuigen en motoren voor binnenvaartschepen. Hierdoor zijn nieuwe dieselmotoren uitgerust met een roetfilter. Daarnaast dalen de emissies bij huishoudens, doordat verouderde houtkachels langzaam worden vervangen. Voor PM_{10} zijn de 2030-ramingen voor industrie, verkeer en landbouw lager dan vorig jaar.

Primair PM_{2,5}-emissies



Figuur 3.3 Primaire PM_{2,5}-emissies.

De verkenningen in de rapportage-2019 zijn gebaseerd op het vastgesteld en voorgenomen beleid met hoge economische groei. In de rapportage 2020 is dit op basis van alleen vastgesteld beleid met gemiddelde economische groei.

Buitenlandse bronnen

De ruimtelijke verdelingen van de buitenlandse emissies zijn niet geactualiseerd. Voor de kaarten van 2019 zijn de meest recente emissietotalen uit het buitenland gebruikt (2017). De NH₃-emissies laten ten opzichte van 2016 voor Duitsland een lichte daling zien van ongeveer 3%, in de overige omringende landen blijven de emissies nagenoeg gelijk. Voor PM₁₀ zijn er geen noemenswaardige verschillen. Voor NO_x is in alle omringende landen een lichte daling te zien van 3-5%, met de grootste daling van ongeveer 8% in België. Voor de prognosekaarten (2020-2030) zijn de emissies per SNAP-sector gebruikt, afkomstig van het WPE-2014-CLE-scenario van IIASA (2015) waarbij wordt uitgegaan van de vastgestelde beleidsmaatregelen. Deze ramingen laten ten opzichte van het vorig jaar gebruikte scenario, waarin de Nationale Emissieplafonds van de landen als uitgangspunt werd genomen, voor de omringende landen de volgende veranderingen zien:

- De NH₃-emissies zijn voor 2020 en 2030 respectievelijk 14% en 30% hoger ten opzichte van de raming die vorig jaar is gebruikt.
- De NO_x-emissies zijn neerwaarts bijgesteld voor 2020 en 2030 met 3% en 8%.
- De PM₁₀ fijnstofemissies vallen lager uit in 2020 met 6%, maar vallen hoger uit voor 2030 met 9%.

4 Grootschalige concentraties en bronbijdragen

De grootschalige concentratiekaarten van NO₂, PM₁₀, PM_{2,5} en EC, zoals die zijn berekend voor deze 2020-rapportage, en ook de verschillen met de 2019-rapportage, worden hier kort weergegeven in de vorm van tabellen en figuren. De berekende concentraties in de prognoses geven een middenschatting van de te verwachten concentraties. Bij het gebruik van de kaarten moet rekening worden gehouden met bandbreedtes en onzekerheden (zie Velders et al., 2016).

De ministeries van IenW en LNV hebben, in tegenstelling tot voorgaande jaren, de keuze gemaakt dat het KEV-referentiescenario met de meest plausibele economische groei en met vastgesteld Nederlands en Europees milieubeleid als basis dient voor de formele concentratiekaarten voor 2020 en 2030. Voorgenomen beleid is niet meegenomen en er wordt geen rekening meer gehouden met hoge economische groei.

De kaarten en achterliggende data zijn te vinden op de GCN-website (<http://www.rivm.nl/gcn>). In dit hoofdstuk worden alleen de belangrijkste bevindingen en verschillen in concentraties ten opzichte van de 2019-rapportage besproken. Volgens het tijdschema van de Regeling beoordeling luchtkwaliteit zijn de kaarten rond 15 maart 2020 gepubliceerd. Helaas zijn daarna onvolkomenheden in de scenariokaarten en de diagnosekaart voor PM_{2,5} geconstateerd. Door het ministerie van IenW is besloten om daarom op 6 juli 2020 een nieuwe versie van de kaarten te publiceren en beschikbaar te stellen voor officiële luchtkwaliteitsberekeningen. De resultaten die in de volgende hoofdstukken worden besproken hebben alle betrekking op de nieuwe, correcte, kaarten.

4.1 GCN-kaarten

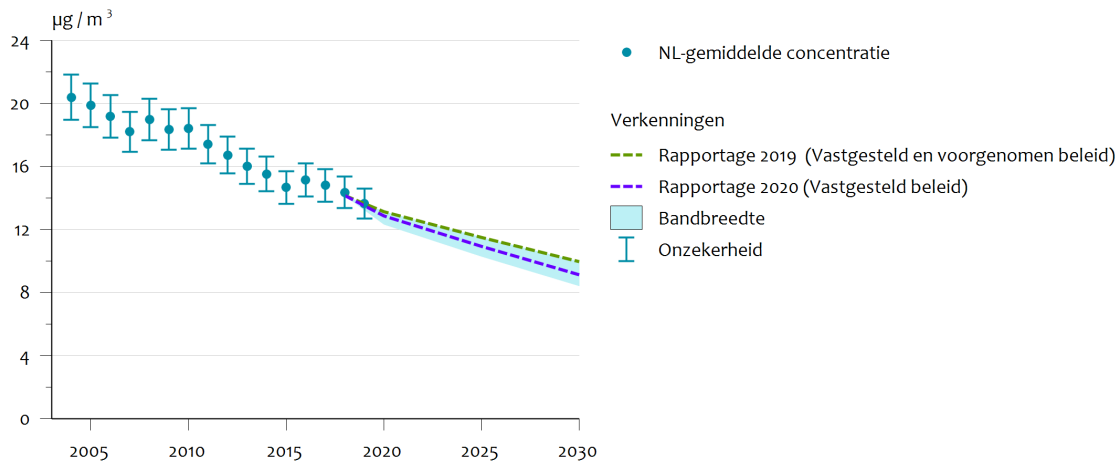
4.1.1 NO₂-concentraties

De huidige GCN-kaart voor NO₂ voor 2019 vertoont voor het grootste deel van Nederland iets lagere concentraties – gemiddeld ongeveer 0,7 µg m⁻³ – dan de kaart die vorig jaar voor 2018 is gemaakt (zie Figuur 4.1). De verlagingen zijn het gevolg van iets lagere gemeten NO₂-concentraties in het jaar 2019 ten opzichte van 2018. Deze metingen worden gebruikt om de modelresultaten te kalibreren. Een dergelijke daling past bij de ontwikkelingen in de emissies.

Gemiddeld over Nederland is de NO₂-concentratie in de huidige GCN-kaart voor 2030 iets hoger dan de raming van vorig jaar (zie Figuur 4.2): gemiddeld ongeveer 1-1,5 µg m⁻³. De hogere concentraties komen vooral door tegenvallers in de eerder geraamde verkeersemissies, die nu zijn ingeschat op basis van de nieuwe KEV-rapportage. Figuur 4.1 toont de ontwikkelingen in de diagnosekaarten van dit jaar en vorig jaar en in de prognosekaarten. De onzekerheidsband in de prognoses is berekend door de berekende onzekerheden per sector, uit het PBL-rapport, op te tellen. Hiermee wordt de onzekerheidsbijdrage van de ramingen van de

Nederlandse emissies op de prognosekaarten overschat.³ Dit wordt (deels) gecompenseerd, doordat er geen onzekerheid in de buitenlandse emissies wordt meegenomen. Ook kunnen de effecten van de COVID-maatregelen een extra onzekerheid opleveren die niet in deze schattingen is meegenomen. In ieder geval zullen de COVID-maatregelen de 2020-prognose beïnvloeden. De onzekerheden in het PBI-rapport zijn uitgedrukt als 90% betrouwbaarheidsinterval (Smeets et al., 2020). De onzekerheidsband in het Nederlands gemiddelde in de diagnosekaarten van de gepasseerde jaren (7%) is gebaseerd op de systematische onzekerheid in de metingen (3%, 1 sigma), de onzekerheid in elk van de kalibratiepunten (15%, 1 sigma) en het aantal kalibratiepunten (~20). Voor de vergelijkbaarheid is deze ook uitgedrukt als 90% betrouwbaarheidsband (1,7 sigma). De onzekerheid in het gemiddelde van de diagnosekaarten zal zich ook voortplanten in de onzekerheid van de prognoses. Deze zijn in de berekende bandbreedtes niet meegenomen, omdat deze bij vergelijking – van de resultaten van jaren met elkaar – er grotendeels uitvalt. Bij de figuren voor de andere componenten is dezelfde systematiek toegepast, waarbij de systematische onzekerheid in de metingen wat groter is dan bij NO₂.

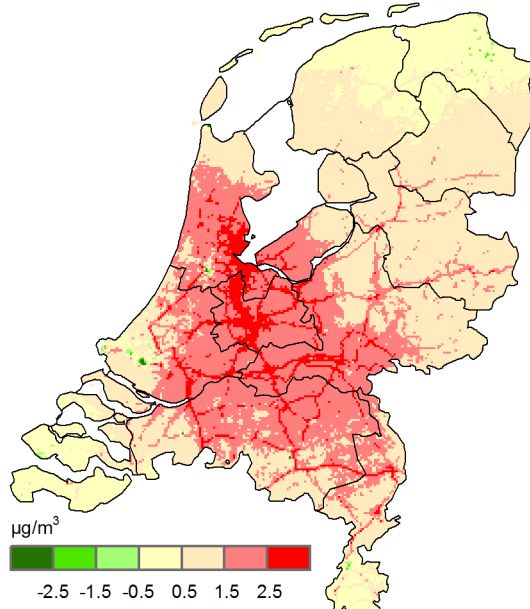
Grootschalige NO₂-concentratie



Figuur 4.1 Ontwikkeling grootschalige NO₂-concentratie (006g_gcn20).

De concentratie gemiddeld over Nederland. De realisatie is weergegeven als stippen met onzekerheidsmarge van het Nederlands gemiddelde, ongeveer 7% (1,7 sigma). De realisaties zijn bepaald met de actuele meteorologie en gekalibreerd aan de hand van metingen. De prognoses zijn op basis van het vastgestelde beleid en langjarig gemiddelde meteo. In de bandbreedtes van de prognoses is alleen de onzekerheid in de Nederlandse emissies meegenomen (zie tekst).

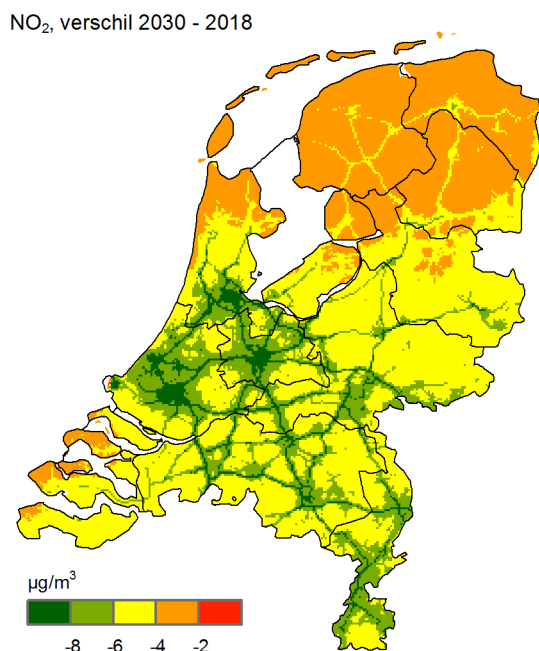
³ Omdat in de praktijk mogelijke tegenvallers in de ene sector kunnen worden gecompenseerd door meevallers in een andere sector.

NO₂ 2030, verschil rapportage 2020 - rapportage 2019

Figuur 4.2 Verschil grootschalige NO₂-concentratie voor 2030 tussen rapportage-2020 en -2019.

Een positief getal betekent dat de concentratie nu hoger is ingeschat dan in de 2019-rapportage. De kaarten zijn gebaseerd op ramingen van de emissies, langjarig gemiddelde meteorologie en een langjarig gemiddelde kalibratiekaart.

Figuur 4.2 laat zien dat de geraamde gemiddelde Nederlandse NO₂-concentratie in 2030 iets hoger is dan het scenario van vorig jaar, gemiddeld ongeveer 0,2 µg/m³. Naast het systematische verschil zijn in de figuur ook grote lokale verschillen zichtbaar. Dit komt deels door bijvoorbeeld de tegenvallers in verkeersemissies en deels doordat in deze GCN-ronde een grote update van de emissieverdeling heeft plaatsgevonden.



Figuur 4.3 Ontwikkeling grootschalige NO₂-concentratie tussen 2030 en 2018. Een negatief getal betekent dat de concentratie daalt. De 2018- en 2030-kaarten zijn gebaseerd op langjarig gemiddelde meteorologie en een langjarig gemiddelde kalibratiekaart. Voor 2018 zijn de meest recente officiële emissiecijfers gebruikt, voor 2030 de ramingen met vastgesteld beleid.

In Figuur 4.3 is de verwachte daling van de NO₂-concentraties in 2030 ten opzicht van 2018 weergegeven. Om de invloed van jaarlijkse meteo-varianties te reduceren, worden beide met de langjarige meteo uitgerekend. Er is voor het jaar 2018 gekozen omdat hiervoor de meest recente officiële emissiecijfers beschikbaar zijn. In de periode 2018-2030 dalen de concentraties gemiddeld met ongeveer 5 µg/m³. De gemiddelde Nederlands concentraties in 2030 zijn ongeveer 4 µg/m³ lager dan die in het diagnosejaar 2019. In de figuur is zichtbaar dat de grootste daling plaatsvindt in de Randstad en rond de snelwegen. Dit laat zien dat de verschoning van het wagenpark nog steeds een belangrijke factor is bij de verbetering van de luchtkwaliteit in 2030. Echter, de daling werd vorig jaar groter ingeschat. De geschatte totale Nederlandse NO_x-emissies voor 2030 zijn ongeveer gelijk aan de totale emissies zoals die vorig jaar zijn gebruikt. Dat de gemiddelde NO₂-concentratie toch hoger uitkomt, is te verklaren doordat de nationale impact van een hoeveelheid binnenlandse verkeeremissie op de concentratie veel groter is dan van dezelfde hoeveelheid industrie-/energie-emissie. In Tabel 4.1 is de daling voor de diverse luchtkwaliteitzones en agglomeraties weergegeven evenals de bijdrage van de emissiesectoren.

Tabel 4.1 Verschil NO₂-concentratie ($\mu\text{g m}^{-3}$) 2030 - 2018 met langjarige meteorologie.

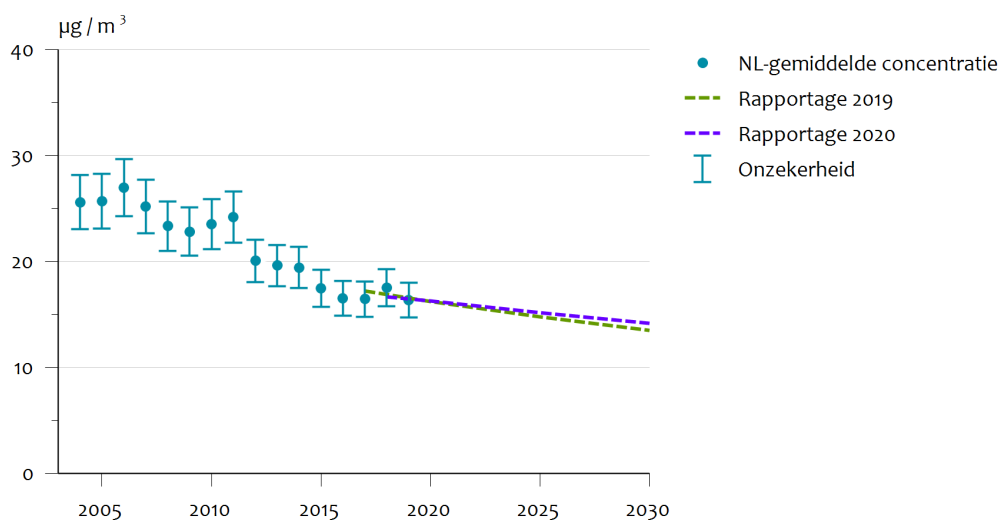
	Nederland	Amsterdam/ Haarlem	Den Haag/ Leiden	Utrecht	Rotterdam/ Dordrecht	Eindhoven	Heerlen Kerkrade	Noord- Nederland	Midden- Nederland	Zuid- Nederland
NO₂-concentratie 2018	14,0	20,8	20,5	23,3	22,7	18,7	16,4	10,5	15,6	15,5
NO₂-concentratie 2030	8,9	13,8	12,9	14,7	14,7	11,5	9,7	6,7	9,9	9,8
Verandering concentratie	-5,1	-7,0	-7,6	-8,6	-8,0	-7,1	-6,7	-3,8	-5,6	-5,7
Industrie		0,1	0,1	0,1						
Raffinaderijen			-0,1		-0,1					
Energiesector	-0,1	-0,2	-0,2	-0,1	-0,2	-0,1		-0,1	-0,1	-0,1
Afvalverwerking										
Wegverkeer	-1,9	-3,8	-3,2	-5,3	-3,4	-3,2	-1,9	-1,2	-2,4	-1,7
Overig verkeer	-0,5	-0,6	-0,8	-0,8	-1,4	-0,5	-0,3	-0,4	-0,5	-0,4
Landbouw	-0,1	-0,2	-0,7	-0,2	-0,3	-0,2	0,0	-0,1	-0,2	-0,2
Huishoudens	-0,1	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1
HDO/Bouw	-0,1	-0,3	-0,3	-0,3	-0,3	-0,2	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1
Internationaal										
Internationale scheepvaart	-0,2	-0,4	-0,5	-0,2	-0,5	-0,1	-0,1	-0,2	-0,2	-0,2
Buitenland	-2,1	-1,4	-1,5	-1,6	-1,7	-2,8	-4,2	-1,8	-1,9	-2,9

1. Weergegeven is de gemiddelde verandering in Nederland in zes agglomeraties en in drie zones, en de bijdrage aan de verandering van de Nederlandse bronnen, het internationale scheepvaart en het buitenland. Om de tabel beter leesbaar te maken, zijn veranderingen kleiner dan $0,05 \mu\text{g m}^{-3}$ niet weergegeven. De getallen zijn verder afgerond op $0,1 \mu\text{g m}^{-3}$.

4.1.2

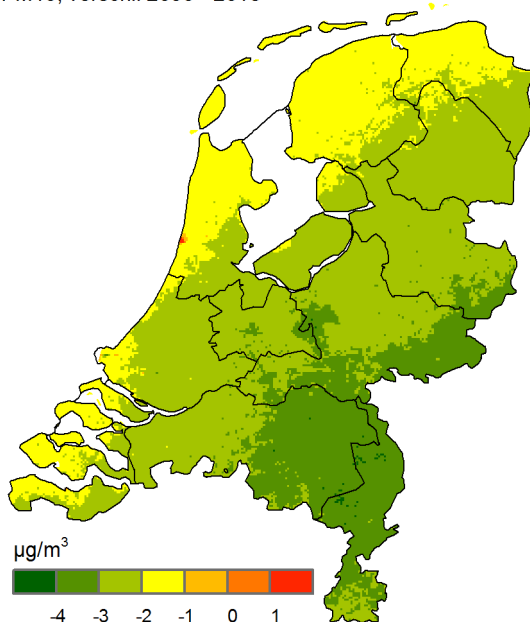
PM₁₀-concentraties

De GCN-kaart van PM₁₀ van het diagnosejaar 2019 is gemiddeld over Nederland ongeveer 1,2 µg/m³ lager dan die van 2018 (zie Figuur 4.4). De afname is het gevolg van lagere gemeten PM₁₀-concentraties in het jaar 2019 ten opzichte van 2018. Deze metingen worden gebruikt om de modelresultaten te kalibreren.

Grootschalige PM₁₀-concentratie

Figuur 4.4 Ontwikkeling grootschalige PM₁₀-concentratie.

De concentratie gemiddeld over Nederland. De realisatie is weergegeven als stippen met onzekerheidsmarge van het Nederlands gemiddelde, ongeveer 10% (1,7 sigma). De realisaties zijn bepaald met de actuele meteorologie en zijn gekalibreerd aan de hand van metingen. De prognoses zijn op basis van het vastgestelde beleid en langjarig gemiddelde meteo. Voor PM₁₀ zijn geen bandbreedtes voor de prognoses berekend.

PM₁₀, verschil 2030 - 2018

Figuur 4.5 Ontwikkeling grootschalige PM₁₀-concentratie tussen 2030 en 2018.

Een negatief getal betekent dat de concentratie daalt. De 2018- en 2030-kaarten zijn gebaseerd op langjarig gemiddelde meteorologie en op een langjarig gemiddelde kalibratiekaart. Voor 2018 zijn de meest recente officiële emissiecijfers gebruikt, voor 2030 de ramingen met vastgesteld beleid.

In Figuur 4.5 is de verwachte daling van de PM₁₀-concentraties in 2030 ten opzicht van 2018 weergegeven. Er is voor het jaar 2018 gekozen omdat hiervoor de meest recente officiële emissiecijfers beschikbaar zijn. In de figuur is zichtbaar dat de concentraties naar 2030 gemiddeld met ongeveer 2,5 µg/m³ dalen. De gemiddelde Nederlands concentraties in 2030 zijn ongeveer 2 µg/m³ lager dan die in het diagnosejaar 2019. In de figuur is zichtbaar dat de daling een duidelijke gradiënt vertoont. De daling is het sterkst in het zuidoosten en minder in het noordwesten. De daling is grotendeels het gevolg van lagere NO_x-emissies in 2030, waardoor de bijdrage van de NO₃-concentratie aan PM₁₀ met bijna 2 µg/m³ vermindert. De lagere PM₁₀-emissies zorgen voor een verdere verlaging van ongeveer 0,4 µg/m³. Gemiddeld over Nederland is de PM₁₀-concentratie in de huidige GCN-kaart voor 2030 iets hoger dan de raming van vorig jaar (zie Figuur 4.4), gemiddeld ongeveer 0,7 µg/m³.

4.1.3

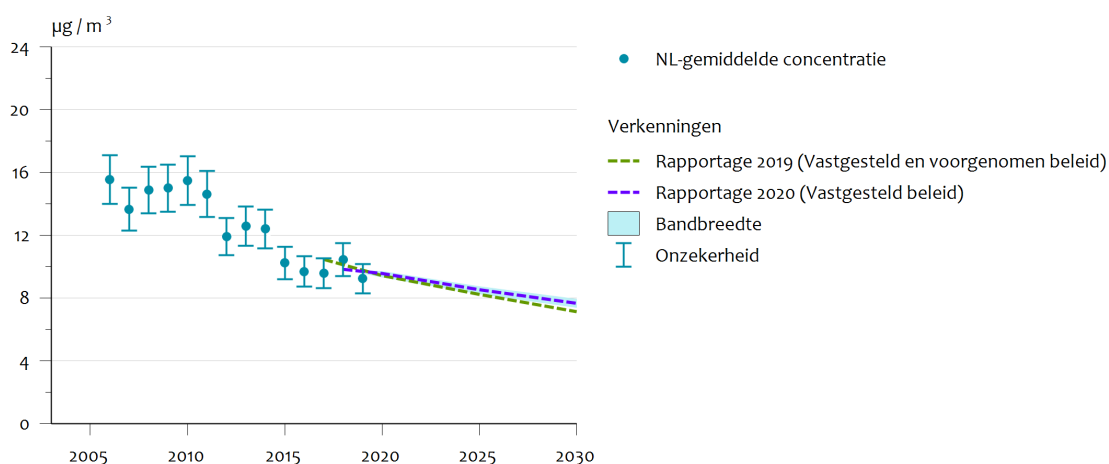
PM_{2,5}-concentraties

De GCN-kaart van PM_{2,5} van 2019 is gemiddeld over Nederland ongeveer 1,2 µg/m³ lager dan die van 2018 (zie Figuur 4.6). De verlagingen zijn het gevolg van lagere gemeten PM_{2,5}-concentraties in het jaar 2019 ten opzichte van 2018. Deze metingen worden gebruikt om de modelresultaten te kalibreren.

Het gebruik van een nieuwe model versie (OPS 5.0) zou tot een systematisch verschil kunnen leiden tussen de historische fijnstof berekeningen en de berekening voor 2019 en de prognoses. A priori is de verwachting dat dit verschil klein is vanwege de solide kalibratie aan de metingen. Om dit te controleren is voor PM_{2,5} het jaar de landelijk

gemiddelde concentratie in 2018 ook met de nieuwe model versie en kalibratie systematiek uitgerekend. Het landelijk gemiddelde verschil met de oude berekening is inderdaad een klein (minder dan $0,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Dit geeft aan dat het verschil in berekende concentraties tussen 2019 en 2018 grotendeels reëel is en nauwelijks wordt veroorzaakt door de model verandering. Daarmee kunnen ook de ook de historische resultaten en de nieuwe resultaten verantwoord in één figuur getoond worden.

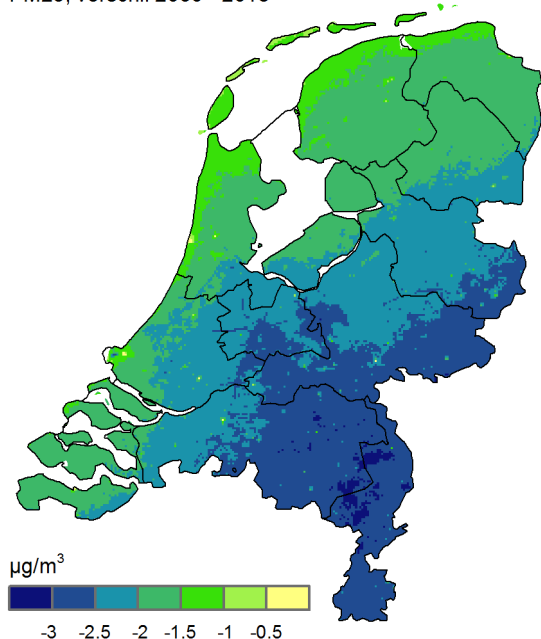
Grootschalige $\text{PM}_{2,5}$ -concentratie



Figuur 4.6 Ontwikkeling grootschalige $\text{PM}_{2,5}$ -concentratie (010g_gcn20).

De concentratie gemiddeld over Nederland. De realisatie is weergegeven als stippen met onzekerheidsmarge van het Nederlands gemiddelde, ongeveer 10% (1,7 sigma). De realisaties zijn bepaald met de actuele meteorologie en zijn gekalibreerd aan de hand van metingen. De prognoses zijn op basis van het vastgestelde beleid en langjarig gemiddelde meteo. Bij de bandbreedtes van de prognoses zijn alleen de onzekerheden van primair $\text{PM}_{2,5}$ en de precursors van $\text{PM}_{2,5}$ in de Nederlandse emissies meegenomen.

$\text{PM}_{2,5}$, verschil 2030 - 2018



Figuur 4.7 Ontwikkeling grootschalige $\text{PM}_{2,5}$ -concentratie tussen 2030 en 2018.

Een negatief getal betekent dat de concentratie daalt. De 2018- en 2030-kaarten zijn gebaseerd op langjarig gemiddelde meteorologie en op een langjarig gemiddelde kalibratiekaart. Voor 2018 zijn de meest recente officiële emissiecijfers gebruikt, voor 2030 de ramingen met vastgesteld beleid.

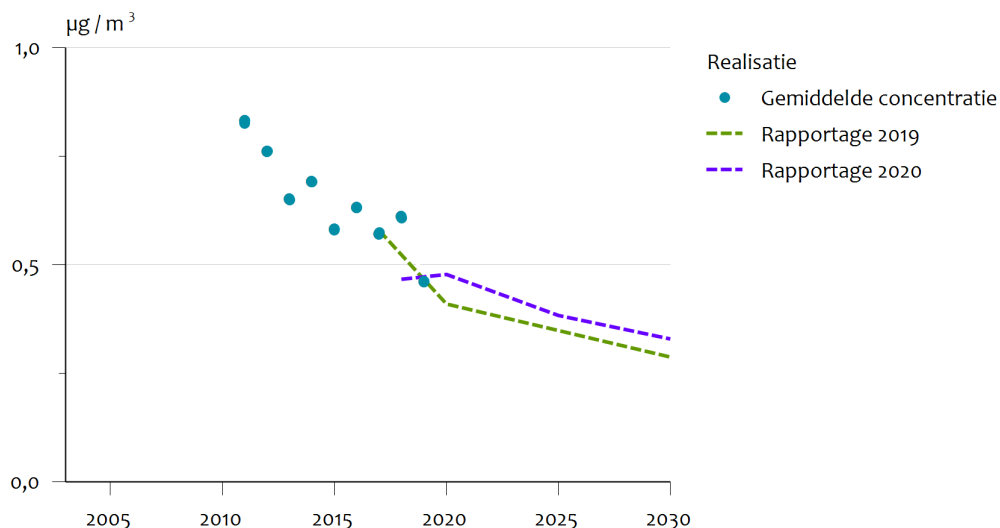
In Figuur 4.7 is de verwachte daling van de $PM_{2,5}$ -concentraties in 2030 ten opzichte van 2018 weergegeven. Er is voor het jaar 2018 gekozen omdat hiervoor de meest recente officiële emissiecijfers beschikbaar zijn. In de figuur is zichtbaar dat de concentraties naar 2030 gemiddeld met ongeveer $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ dalen. Net als bij PM_{10} is ook hier een duidelijke gradiënt aanwezig. De daling is het sterkst in het zuidoosten en minder in het noordwesten. Als we Figuur 4.7 en 4.5 met elkaar vergelijken, zien we dat de daling in de PM_{10} -concentraties voor een groot deel wordt veroorzaakt door de daling in $PM_{2,5}$. De daling is grotendeels het gevolg van lagere NO_x -emissies in 2030, waardoor de bijdrage van de NO_3 -concentratie aan $PM_{2,5}$ met bijna $1,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ vermindert. Ook de lagere $PM_{2,5}$ -emissies zorgen voor een verlaging van ongeveer $0,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Gemiddeld over Nederland is de $PM_{2,5}$ -concentratie in de huidige GCN-kaart voor 2030 iets hoger dan de raming van vorig jaar (zie Figuur 4.6), gemiddeld ongeveer $0,5 \mu\text{g m}^{-3}$.

4.1.4 *EC-concentraties (indicatief)*

Kaarten en emissiefactoren voor elementair koolstof (EC) zijn, net als voorgaande jaren, in GCN-kader vervaardigd. Aangezien er nog aanzienlijke onzekerheden bestaan in de modellering van EC en er pas sinds 2015 over een groot gebied van Nederland metingen van de EC-concentraties worden uitgevoerd, worden de kaarten van EC gekwalificeerd als indicatief. De kaarten zijn gebaseerd op dezelfde modellen, scenario's en onderliggende gegevens als de GCN-kaarten van $PM_{2,5}$. Door het beperkte aantal metingen zijn de kaarten niet gekalibreerd aan de hand van metingen. De EC-concentraties kunnen daarom het best worden gebruikt in relatieve zin, voor het vergelijken van de effecten van maatregelen. Aan de absolute waarde van de concentraties moet voornamelijk minder waarde worden toegekend. De EC-kaarten zijn gebaseerd op de berekeningen van $PM_{2,5}$ en een verhouding per doelgroep tussen de emissies van EC en $PM_{2,5}$. Door TNO en PBL zijn emissiefactoren voor EC bepaald voor het gebruik in lokale verkeersmodellen (zie Bijlage 2).

De berekende EC-concentratie gemiddeld voor Nederland is voor 2019 ongeveer $0,15 \mu\text{g}/\text{m}^3$ lager dan in 2018. Dit komt vooral door de bijstelling van emissies en nieuwe inzichten in de EC-fractie van fijnstof (zie Figuur 4.8). Voor 2020 en 2030 zijn de geraamde EC-concentraties gemiddeld iets hoger dan de concentraties uit de 2019-rapportage.

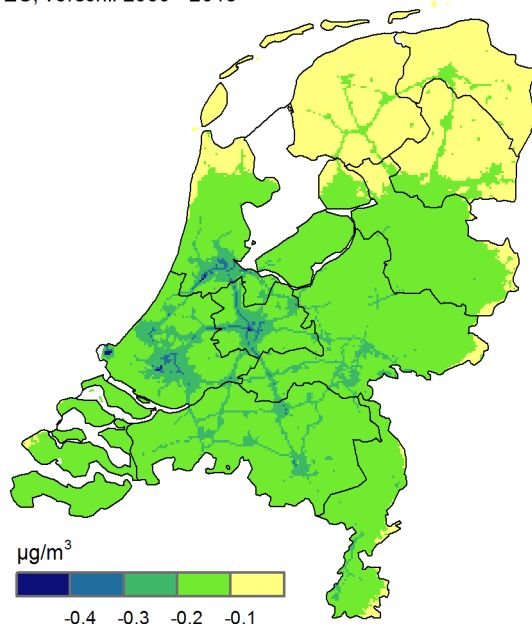
Grootschalige EC-concentratie (indicatief)



Figuur 4.8 Ontwikkeling indicatieve grootschalige EC-concentratie.

De concentratie, gemiddeld over Nederland, op basis van het vastgestelde beleid. De realisaties zijn bepaald met de actuele meteorologie. De prognoses zijn berekend met langjarige meteorologie.

EC, verschil 2030 - 2018



Figuur 4.9 Ontwikkeling grootschalige EC-concentratie tussen 2030 en 2018.

Een negatief getal betekent dat de concentratie daalt. De 2018- en 2030-kaarten zijn gebaseerd op langjarig gemiddelde meteorologie en een langjarig gemiddelde kalibratiekaart. Voor 2018 zijn de meest recente officiële emissiecijfers gebruikt, voor 2030 de ramingen met vastgesteld beleid.

In Figuur 4.9 is de verwachte daling van de EC-concentraties in 2030 ten opzichte van 2018 weergegeven. Er is voor het jaar 2018 gekozen omdat hiervoor de meest recente officiële emissiecijfers beschikbaar zijn. In de figuur is zichtbaar dat de concentraties naar 2030 gemiddeld

met ongeveer 0,15 µg/m³ dalen. In en rond drukke snelwegen is dit beduidend meer dan in het landelijk gebied.

4.2 Opbouw concentraties NO₂, PM₁₀, PM_{2,5}, EC en SO₂

De concentratie van luchtverontreinigende stoffen in Nederland is opgebouwd uit bijdragen van verschillende sectoren in Nederland, van het buitenland als geheel en van de internationale scheepvaart. In Tabel 4.2 tot en met Tabel 4.6 staat de opbouw van de concentraties in 2019 van NO₂, PM₁₀, PM_{2,5}, EC en SO₂ voor Nederland gemiddeld voor de zes agglomeraties genoemd in de Wet milieubeheer, te weten Amsterdam/Haarlem, Den Haag/Leiden, Utrecht, Rotterdam/Dordrecht, Eindhoven en Heerlen/Kerkrade en voor de drie luchtkwaliteitszones, Noord-, Midden- en Zuid-Nederland.

Tabel 4.2 Opbouw van de NO₂-concentratie (µg/m³) in 2019¹.

	Nederland	Amsterdam/ Haarlem	Den Haag/ Leiden	Utrecht	Rotterdam/ Dordrecht	Eindhoven	Heerlen /Kerkrade	Noord- Nederland	Midden- Nederland	Zuid- Nederland
Industrie	0,4	0,7	0,5	0,5	0,7	0,5	0,6	0,3	0,4	0,5
Raffinaderijen	0,1	0,1	0,2	0,1	0,3	<0,1	<0,1	<0,1	0,1	0,1
Energiesector	0,1	0,3	0,2	0,2	0,3	0,1	<0,1	0,1	0,1	0,1
Afvalverwerking	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	<0,1	<0,1	0,1	0,1	<0,1
Wegverkeer	3,9	7,1	6,7	9,4	7,1	6,9	3,6	2,7	4,7	3,7
Overig verkeer	2,2	4,5	3,4	4,0	5,3	2,3	1,1	1,7	2,6	1,9
Landbouw	0,6	0,3	1,0	0,4	0,5	0,7	0,2	0,5	0,6	0,7
Huishoudens	0,3	0,6	0,6	0,5	0,5	0,5	0,4	0,3	0,4	0,3
HDO ² /Bouw	0,2	0,6	0,7	0,6	0,6	0,4	0,2	0,2	0,3	0,2
Internationale scheepvaart	1,2	1,9	2,8	1,1	2,8	0,7	0,4	1,1	1,2	1,3
Buitenland	4,5	2,7	3,5	3,2	4,1	6,3	7,7	3,8	4,1	6,7
Totaal	13,7	18,9	19,8	20,0	22,3	18,6	14,2	10,7	14,6	15,5

1. De bijdragen zijn bepaald op basis van de NO_x-bijdragen en de gekalibreerde NO₂-kaart. In verband met de niet-lineaire relatie tussen NO_x en NO₂ is de onderverdeling afhankelijk van de totale concentratie en kunnen individuele bijdragen niet zomaar afzonderlijk worden beschouwd. Let op: de onzekerheid in de concentraties is groter dan dat het aantal decimalen aangeeft.
2. HDO = handel, diensten en overheid.

Tabel 4.3 Opbouw van de PM₁₀-concentratie (µg/m³) in 2019¹.

	Nederland	Amsterdam/ Haarlem	Den Haag/ Leiden	Utrecht	Rotterdam/ Dordrecht	Eindhoven	Heerlen /Kerkrade	Noord- Nederland	Midden- Nederland	Zuid- Nederland
Industrie	0,5	0,9	0,5	0,6	0,9	0,6	0,4	0,3	0,5	0,5
Raffinaderijen	0,1	0,2	0,3	0,2	0,3	0,1	0,1	0,1	0,2	0,1
Energiesector	0,1	0,1	<0,1	0,1	<0,1	0,1	<0,1	0,1	0,1	<0,1
Afvalverwerking	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Wegverkeer	0,8	1,2	1,1	1,8	1,1	1,1	0,6	0,6	1,0	0,8
Overig verkeer	0,5	0,7	0,6	0,8	0,7	0,5	0,3	0,4	0,6	0,4
Landbouw	0,9	0,5	0,4	1,0	0,5	1,3	0,4	0,8	1,0	1,1
Huishoudens	0,5	1,0	1,1	1,0	0,8	0,8	0,5	0,4	0,6	0,4
HDO ² /Bouw	0,2	0,5	0,5	0,3	0,8	0,2	0,1	0,1	0,2	0,1
Internationale scheepvaart	0,5	0,6	0,6	0,5	0,6	0,4	0,3	0,5	0,5	0,5
Buitenland	6,0	4,7	5,0	5,7	5,5	7,7	8,1	5,4	5,8	7,3
NH ₃ van zee	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	<0,1	<0,1	0,1	0,1	<0,1
Zeezout	2,2	3,1	3,3	2,2	2,7	1,4	1,1	2,3	2,3	1,8
Bodemstof en overig	4,1	4,1	4,1	4,1	4,1	4,1	4,1	4,1	4,1	4,1
Totaal	16,3	17,7	17,7	18,4	18,2	18,4	16,1	15,0	16,9	17,3

1. De bijdragen zijn bepaald op basis van de gekalibreerde PM₁₀-kaart. Let op: de onzekerheid in de concentraties is groter dan dat het aantal decimalen aangeeft. De toedeling naar bronnen is op basis van massa.
2. HDO = handel, diensten en overheid.

Tabel 4.4 Opbouw van de PM_{2,5}-concentratie (µg/m³) in 2019¹.

	Nederland	Amsterdam/ Haarlem	Den Haag/ Leiden	Utrecht	Rotterdam/ Dordrecht	Eindhoven	Heerlen/ Kerkrade	Noord- Nederland	Midden- Nederland	Zuid- Nederland
Industrie	0,3	0,5	0,3	0,4	0,5	0,4	0,3	0,2	0,3	0,3
Raffinaderijen	0,1	0,2	0,2	0,2	0,3	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Energiesector	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Afvalverwerking	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Wegverkeer	0,6	0,9	0,7	1,2	0,7	0,8	0,4	0,4	0,7	0,6
Overig verkeer	0,4	0,6	0,5	0,7	0,6	0,4	0,2	0,3	0,5	0,3
Landbouw	0,6	0,5	0,4	0,8	0,4	0,9	0,3	0,5	0,7	0,7
Huishoudens	0,5	0,9	1,1	1,0	0,8	0,7	0,5	0,4	0,6	0,4
HDO ² /Bouw	0,1	0,2	0,2	0,2	0,3	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Internationale scheepvaart	0,4	0,5	0,5	0,4	0,5	0,3	0,2	0,4	0,4	0,4
Buitenland	5,0	3,9	4,2	4,7	4,6	6,4	6,8	4,4	4,9	6,1
NH ₃ van zee	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	<0,1	<0,1	0,1	0,1	<0,1
Zeezout	0,8	1,1	1,2	0,8	0,9	0,5	0,4	0,8	0,8	0,6
Bodemstof en overig	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
Totaal	9,2	9,8	9,9	10,9	10,2	11,1	9,7	8,2	9,7	10,1

1. De bijdragen zijn bepaald op basis van de gekalibreerde PM_{2,5}-kaart. Let op: de onzekerheid in de concentraties is groter dan dat het aantal decimalen aangeeft. De toedeling naar bronnen is op basis van massa.
2. HDO = handel, diensten en overheid.

Tabel 4.5 Opbouw van de EC-concentratie ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) in 2019¹.

	Nederland	Amsterdam/ Haarlem	Den Haag/ Leiden	Utrecht	Rotterdam/ Dordrecht	Eindhoven	Heerlen/ Kerkrade	Noord- Nederland	Midden- Nederland	Zuid- Nederland
Industrie	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Raffinaderijen	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Energiesector	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Afvalverwerking	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Wegverkeer	0,06	0,13	0,11	0,18	0,11	0,10	0,06	0,04	0,08	0,06
Overig verkeer	0,06	0,12	0,10	0,13	0,15	0,07	0,04	0,04	0,08	0,05
Landbouw	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Huishoudens	0,06	0,09	0,10	0,10	0,08	0,10	0,07	0,04	0,07	0,05
HDO ² /Bouw	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Internationale scheepvaart	0,01	0,02	0,03	0,01	0,03	<0,01	-	<0,01	0,01	0,01
Buitenland	0,27	0,20	0,23	0,24	0,27	0,38	0,50	0,21	0,26	0,39
Totaal	0,46	0,58	0,59	0,68	0,65	0,66	0,68	0,34	0,50	0,57

1. Let op: de onzekerheid in de concentraties is groter dan dat het aantal decimalen aangeeft. Een '-' geeft een concentratie kleiner dan $0,005 \mu\text{g m}^{-3}$ aan.
2. HDO = handel, diensten en overheid.

Tabel 4.6 Opbouw van de SO₂-concentratie (µg/m³) in 2019¹.

	Nederland	Amsterdam/ Haarlem	Den Haag/ Leiden	Utrecht	Rotterdam/ Dordrecht	Eindhoven	Heerlen/ Kerkrade	Noord- Nederland	Midden- Nederland	Zuid- Nederland
Industrie	<0,1	0,3	0,1	0,2	0,2	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Raffinaderijen	<0,1	<0,1	0,3	<0,1	0,4	-	-	-	<0,1	-
Energiesector	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Afvalverwerking	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Wegverkeer	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Overig verkeer	-	0,1	-	-	-	-	-	-	-	-
Landbouw	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Huishoudens	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
HDO ² /Bouw	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Internationale scheepvaart	-	<0,1	<0,1	-	<0,1	-	-	-	-	-
Buitenland	0,4	0,3	0,2	0,3	0,2	0,6	0,8	0,3	0,3	0,6
Totaal	0,6	1,0	0,8	0,7	1,0	0,8	0,9	0,5	0,5	0,8

1. De bijdragen zijn bepaald op basis van de gekalibreerde SO₂-kaart. Let op: de onzekerheid in de concentraties is groter dan dat het aantal decimalen aangeeft. Een '[^]' geeft een concentratie kleiner dan 0,05 µg m⁻³ aan.
2. HDO = handel, diensten en overheid.

4.3 Bijdragen concentraties fijnstof voor effecten maatregelen

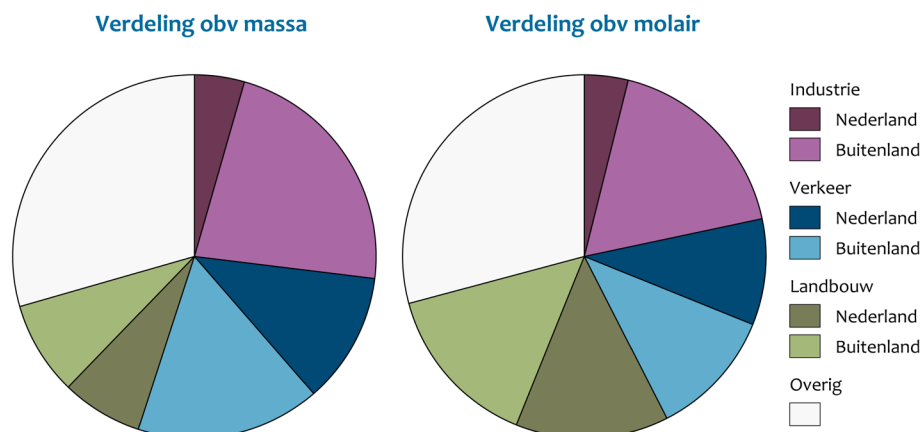
De toedeling van de concentratie aan sectoren kan op verschillende manieren worden bepaald en hangt onder andere af van het doel van de toedeling. Dit geldt vooral voor de toedeling aan de sectoren aan het secundair anorganisch aerosol (SIA) van de fijnstofconcentratie. Meestal wordt deze toedeling gedaan op basis van de massa van de verschillende aerosolen (zoals in Tabel 4.3 en 4.4, zie paragraaf 4.2). Dit is een goede toedeling als wordt gekeken naar de verhoudingen van de bijdragen van de sectoren aan de totale massa van het aerosol en van de totale fijnstofconcentratie. Deze toedeling geeft echter geen goede inschatting van het effect van emissiebeperkende maatregelen bij een sector op de fijnstofconcentratie. De reden is dat er altijd twee of drie ionen nodig zijn om een secundair anorganisch aerosol te vormen: één ammonium- en één nitraation voor NH_4NO_3 , of twee ammonium- en één sulfaation voor $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$. Deze ionen verschillen echter sterk in massa, waarbij ammonium 3,4 keer lichter is dan nitraat en 5,3 keer lichter dan sulfaat. Er zijn daardoor, bijvoorbeeld, veel minder kilogrammen (ongeveer 70% minder) ammonium nodig dan nitraat om een bepaald aantal moleculen (deeltjes) ammoniumnitraat te vormen.

Het gevolg is dat een reductie van bijvoorbeeld 1 miljoen kg ammoniakemissies een grotere reductie kan geven in de concentratie van het ammoniumnitraataerosol dan een in massa gelijke reductie van stikstofoxiden. Er is dus een verschillend effect van een reductie in de verschillende precursoremissies en de aerosolconcentratie. Bovenstaande is maar één onderdeel van de complexe relaties tussen de precursoremissies en aerosolconcentraties. In de atmosfeer zijn allerlei verschillende stoffen aanwezig die kunnen reageren met nitraat-, ammonium- en sulfaationen, en onder andere de aanwezige concentraties en reactiviteit spelen een rol bij de vorming van aerosolen. Voor een complete beschrijving van de niet-lineaire reacties die een rol spelen bij de vorming van secundair anorganische aerosolen is een complex atmosferisch chemisch transportmodel nodig. Deze processen worden in een vereenvoudigde vorm beschreven door het OPS-model.

Op basis van de berekeningen met het OPS-model kan wel een eerste stap worden gezet om een deel van de bovenstaande niet-lineaire processen in de atmosfeer te verdisconteren. Er kan dan een sectoropbouw van de fijnstofconcentraties worden bepaald die beter geschikt is voor het bepalen van het effect van emissiereducerende maatregelen dan de opbouw zoals beschreven in paragraaf 4.2. In deze 'molaire' opbouw zijn de secundaire anorganische aerosolen (nitraat, sulfaat en ammonium) verdeeld op basis van hun molaire gewicht; dat wil zeggen, het aantal aerosoldeeltjes in plaats van de aerosolmassa.

Voor de bepaling van de molaire opbouw van de $\text{PM}_{2,5}$ -concentratie wordt de massa (per kubieke meter, per sector) van de secundaire anorganische aerosolen eerst omgerekend naar het aantal deeltjes (per kubieke meter, per sector). Daarna wordt de procentuele bijdrage van de sectoren bepaald op basis van het aantal deeltjes ten opzichte van het totaal aantal deeltjes.

Deze procentuele verdelingen worden dan vermenigvuldigd met de totale massa (per kubieke meter) van het secundair anorganische aerosol, waarna het primair aerosol erbij kan worden opgeteld.



Figuur 4.10 Verdeling $PM_{2,5}$ -concentratie gemiddeld voor Nederland op basis van de aerosolmassa (links) en op basis van het aantal aerosoldeeltjes (rechts). Weergegeven zijn de bijdragen van emissies uit Nederland en het buitenland van de industrie (inclusief energieopwekking, raffinaderijen en afvalverwerking), het verkeer (wegverkeer, spoor, luchtvaart, mobiele werktuigen, binnenvaart) en de landbouw. De term 'Overig' bevat de zeescheepvaart, zeezout en bijtellingen (zie Tabel 2.1).

Het verschil tussen de opbouw op basis van de massaverhouding en op basis van de molaire verhouding komt vooral tot uiting in de bijdrage van de landbouw aangezien dat de grootste bron is van ammonium via de emissie van ammoniak. De bijdrage van de landbouw aan de $PM_{2,5}$ -concentratie is op basis van de deeltjesverhouding ongeveer twee keer zo groot als op basis van de massaverhouding. Als gevolg hiervan is de bijdrage van de andere sectoren iets kleiner, aangezien de totale bijdrage van het secundair anorganische aerosol in massa voor beide verdelingen hetzelfde is. Dit werkt dus ook direct door in de effecten van emissiebeperkende maatregelen op de fijnstofconcentraties; bij de landbouw kunnen deze dus een groter effect hebben dan met een toedeling op massabasis.

4.4 Onzekerheden in de GCN-kaarten

De GCN-kaarten hebben diverse bronnen van onzekerheden. Deze betreffen onder andere de locatie en de hoeveelheid van de emissies van de diverse stoffen, de onzekerheid in de verspreiding via het OPS-model en de onzekerheid in de metingen (via de kalibratie aan de metingen). Voor gepasseerde jaren is de karakteristieke onzekerheid het beste vast te stellen door een vergelijking van de modelresultaten met de gemeten concentraties. Lokaal kan de onzekerheid groter zijn door specifieke bronnen. Ook kunnen de concentraties binnen een gridcel variëren, bijvoorbeeld door een sterke lokale bron. Dit kan worden ondervangen door de lokale bron met een specifiek model door te rekenen en deze bij de GCN-achtergrond op te tellen. Afhankelijk van de

stof is de onzekerheid 15-30%. Zie de GCN-website en de bij de kaarten geleverde factsheets voor de details.

De onzekerheid in toekomstscenario's is groter dan voor gepasseerde jaren, omdat er geen meetgegevens beschikbaar zijn om het modelresultaat aan te kalibreren. Invoer voor de modelberekeningen, zoals de toekomstige ontwikkelingen in emissies en de weersomstandigheden, zijn inherent onzeker. Zo is nog onduidelijk hoe het stikstofbeleid gaat uitpakken, welke gevolgen de COVID-19-maatregelen gaan hebben op de emissiecijfers voor 2020 en de jaren daarna, en in welke mate het te voeren klimaatbeleid zal leiden tot meer fijnstofemissies door het stoken van biomassa. Ook is onzeker hoe de toekomstige spreiding van bevolking en arbeidsplaatsen eruit gaat zien. Waar worden bijvoorbeeld de één miljoen bij te bouwen woningen neergezet?

Er zijn geregeld nieuwe wetenschappelijk inzichten. Kennislacunes vormen één van de verklaringen van de geconstateerde verschillen tussen de modelberekeningen en de metingen. Het kost tijd en onderzoek om die nieuwe inzichten in de kaarten te verwerken. Enkele nieuwe inzichten die wel bekend zijn, maar nog niet in deze kaarten zijn verwerkt, zijn:

- Naast de primaire emissies van vaste deeltjes veroorzaken houtkachels ook emissies van zogenoemde condensables. Dit zijn gassen die snel na emissies tot deeltjes clusteren. Hetzelfde geldt voor de vorming van secundaire organische aerosolen uit de emissies van vluchtige organische koolwaterstoffen, onder meer uit naaldbossen.
- Landbouwbodems blijken, naast de bekende emissie van ammoniak, ook tot emissies van stikstofdioxide te leiden. Deze stikstofdioxide-emissie wordt in de berekening van bijvoorbeeld de NO₂-kaarten nog niet meegenomen.

Indien deze ontbrekende bronnen wel zouden worden meegenomen, leidt dit naar alle waarschijnlijkheid tot nauwkeuriger kaarten en tot andere berekende bronbijdragen. De kaarten worden door extra bronnen niet systematisch hoger aangezien de kaarten zijn gekalibreerd aan de metingen.

Bij de berekening van de kaarten van de huidige GCN-ronde 2020 is een aantal belangrijke modelverbeteringen toegepast (zie hoofdstuk 6 Innovaties en verbeteringen). Hierdoor is de onzekerheid van de berekening van de GCN-kaarten in het algemeen kleiner geworden. Een aantal modelverbeteringen betreft de chemische processen (codepositie en de vorming van secundaire anorganische aerosolen). Deze hebben vooral invloed op de betrouwbaarheid van de berekeningen bij verandering van de atmosferische omstandigheden, zoals bij trendberekeningen over het verleden (Wichink Kruit et al., 2018) en prognoseberekeningen.

De andere verbetering is de kalibratie van de berekende ammoniakconcentraties (Wichink Kruit et al., 2020). Hierdoor is de onzekerheidsmarge van de berekende ammoniakconcentraties op de meetpunten van het Meetnet Ammoniak in Natuurgebieden (MAN) verminderd van 33 naar 24% (1 sigma). Voor de 1x1 km gridcellen in

de ammoniak GCN-kaart zal de onzekerheid ook ongeveer 24% (1 sigma) zijn.

5 Grootschalige depositie en bronbijdragen

De grootschalige depositiekaarten van stikstof, zoals die zijn berekend voor deze 2020-rapportage, worden hier kort weergegeven in de vorm van tabellen en figuren. Ook worden verschillen met de 2019-rapportage gepresenteerd. De berekende depositiekaarten geven een middenschatting van de te verwachten deposities. De onzekerheid in de gemiddelde stikstofdepositie in een 1x1 km gridcel is geschat op 35% (1 sigma). Voor het Nederlands gemiddelde zal de onzekerheid aanzienlijk kleiner zijn. Bij het gebruik van de kaarten moet met deze bandbreedte-onzekerheden rekening worden gehouden (zie Velders et al., 2016).

In vorige rapporten is de GCN-kaart (uit voorzorg) steeds gebaseerd op het hoge groeiscenario. Hetzelfde scenario is toegepast voor de depositiekaarten. De ministeries van Infrastructuur en Waterstaat (IenW) en Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit (LNV) hebben besloten om, in tegenstelling tot voorgaande jaren, alleen de vastgestelde nationale maatregelen te laten verwerken in de kaarten, en geen voorgenomen maatregelen. Voor de toekomstige buitenlandse emissies zijn de officieel aan de EU gerapporteerde nationale ramingen gebruikt, die eveneens uitgaan van het vastgestelde beleid.

De kaarten en achterliggende data zijn te vinden op de GCN-website (<http://www.rivm.nl/gcn>). De GDN-kaarten in deze rapportage hebben een resolutie van 1x1 km. Deze kaarten zijn **niet** geschikt voor het toetsen aan natuurwaarden, omdat dit een hogere resolutie vereist. Daarvoor wordt met het AERIUS-systeem op hogere resolutie gerekend (<https://www.aerius.nl/nl>). Die resolutie betreft zowel de lokalisering van de bronnen als de grootte van het rekengrid (1 ha in plaats van 1x1km).

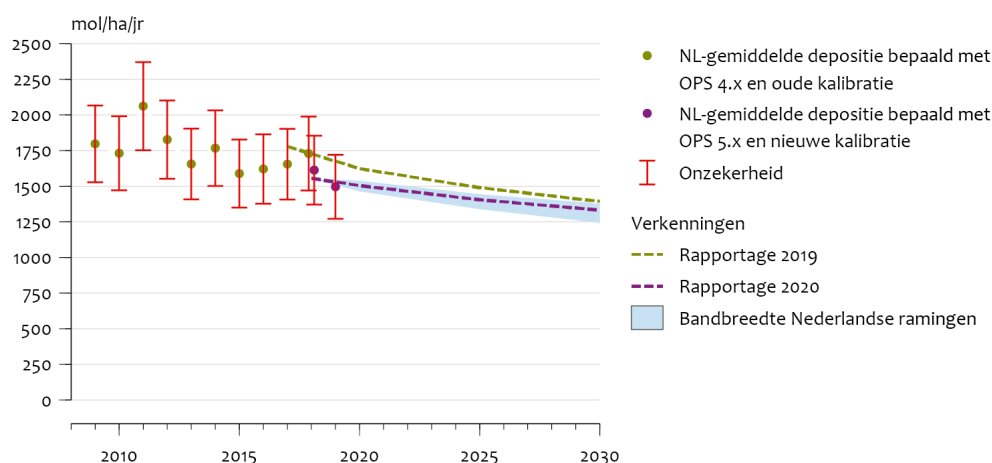
5.1 GDN-kaarten

5.1.1 Stikstofdepositie

De belangrijkste bijdrage aan de stikstofdepositie is de depositie van ammoniak. De gemeten concentraties ammoniak (NH_3) in de lucht zijn in 2019 circa 12% lager dan in 2018, maar nog steeds verhoogd ten opzichte van de jaren daarvoor. In 2018 was het uitzonderlijk warm, zonnig en zeer droog weer, maar ook in 2019 was het warm, zonnig en vrij droog. Onder deze omstandigheden kan ammoniak gemakkelijker uit mest verdampen. Daarnaast slaat ammoniak minder dicht bij de bron neer door een tekort aan regen. De gemeten ammoniakconcentraties worden gebruikt om de correctiekaart voor de droge depositie te bepalen. Hierbij spelen ook reactieproducten van NH_3 een rol, wat wordt weergegeven met de generieke term NH_x . De methodiek voor het berekenen van de correctie voor de natte depositie van ammonium en nitraat is dit jaar aangepast, en is nu op basis van een kalibratie aan de gemeten natte-depositiewaarden op de LML-stations (zie paragraaf 6.4). In combinatie met de verbeterde SIA-modellering is het resultaat dat de NL-gemiddelde gecorrigeerde natte depositie van ammonium ongeveer gelijk is aan die in 2018.

De tweede grote bijdrage aan de stikstofdepositie is de depositie van stikstofoxiden (NO_y , dit zijn de stikstofoxiden en hun reactieproducten). Net als bij NH_x wordt hier nu op basis van een kalibratie aan de gemeten natte-depositiewaarden op de LML-stations gecorrigeerd. De bijtellingen voor droge en natte depositie van stikstofoxiden waren gekoppeld aan observatie dat modelberekeningen systematisch de metingen onderschatten (Buijsman 2008). Inmiddels is er geen systematische onderschatting en dus ook geen argument meer voor generieke bijtellingen (zie paragraaf 6.4). In Tabel 5.1a is daarom ook de term bijtelling vervangen door de term meetcorrectie, om daarmee aan te geven wat het deel van de berekende depositie is dat het gevolg is van de diverse kalibraties aan de metingen.

Grootschalige stikstofdepositie

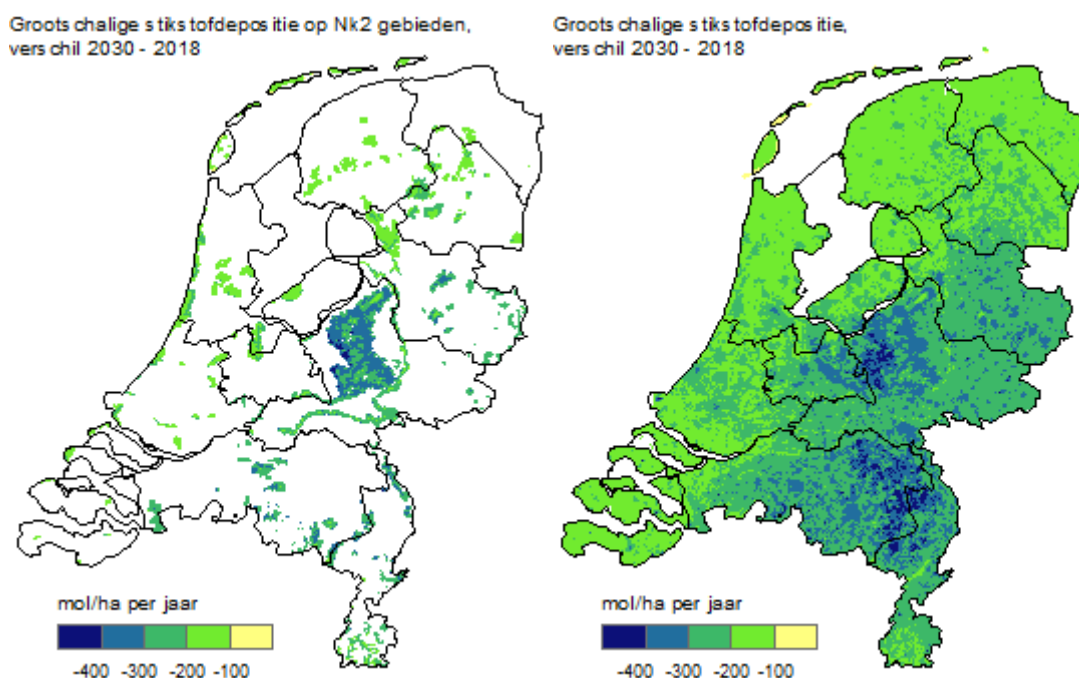


Figuur 5.1 Ontwikkeling grootschalige stikstofdepositie (014g_gcn20).

De depositie gemiddeld over Nederland, voor GCN2020, op basis van het vastgestelde beleid.

De gemiddelde stikstofdepositie over Nederland (zie Figuur 5.1) daalt naar verwachting met ongeveer 20 mol/ha/jr per jaar van 2018 tot 2030. De totale daling komt daarmee op ongeveer 220 mol/ha/jr voor de periode van 2018 tot 2030. Dit is het gemiddelde over het totale Nederlandse landoppervlak. De daling komt doordat de uitstoot van landbouw, verkeer en scheepvaart naar verwachting zal dalen. De verwachting ligt dit jaar lager dan vorig jaar werd gerapporteerd. Dit komt onder andere door de implementatie van codepositie in het OPS-model en de gewijzigde correctiemethodiek voor stikstofoxiden en ammoniak (zie Tabel 2.2 en paragraaf 6.4). De stikstofdepositie voor dit jaar is nauwkeuriger bepaald, maar systematisch anders dan in afgelopen jaren. Om de effecten van de veranderingen in de methode en die in de depositie te kunnen scheiden, is de depositie voor 2018 ook berekend met de nieuwe versie van OPS (OPS 5.0) en met de nieuwe kalibratiesystematiek. De gemiddelde depositie voor het Nederlandse landoppervlak is dan 1609 mol/ha/jr. De vergelijkbare berekening voor 2019 is 1493 mol/ha/jr, wat betekent dat in een consistente berekening de depositie in 2019 ongeveer 7% lager is dan in 2018. In 2018 was met de oude methode de gemiddelde depositie voor het Nederlands

landoppervlak 1730 mol/ha/jr. Om het effect van de methodeverandering te illustreren, zijn in Figuur 5.2 de berekeningen met de oude en de nieuwe methode visueel duidelijk van elkaar onderscheiden. Dit geeft een indruk van het effect van de methodeveranderingen op basis van de vergelijking van één jaar. Voor gedegen conclusies over de historische ontwikkeling van de stikstofdepositie is een herberekening met de nieuwe methode nodig over alle voorgaande jaren. Ook de verwachting van dit jaar kan niet zomaar met de verwachting van vorig jaar worden vergeleken.



Figuur 5.2 Verskil grootschalige stikstofdepositie tussen 2030 en 2018. De verschillen zijn weergegeven voor Natura 2000-gebieden op land (a) en heel Nederland (b). Een negatief getal betekent dat de stikstofdepositie daalt. De 2018- en 2030-kaarten zijn gebaseerd op langjarig gemiddelde meteorologie en op een langjarig gemiddelde kalibratiekaart. Voor 2018 zijn de meest recente officiële emissiecijfers gebruikt, voor 2030 de ramingen met vastgesteld beleid.

In Figuur 5.2 is het ruimtelijke beeld van de verwachte daling van de stikstofdepositie in 2030 ten opzichte van 2018 weergegeven. Er is voor het jaar 2018 gekozen omdat hiervoor de meest recente officiële emissiecijfers beschikbaar zijn. De deposities in de Natura 2000-gebieden (zie Figuur 5.2a) op land daalt tussen 2018 en 2030 gemiddeld met ongeveer 230 mol/ha/jr. Dit is vergelijkbaar met de landelijk gemiddelde daling van 220 mol/ha/jr (zie Figuur 5.2b). Er zijn echter grote lokale en regionale verschillen. Zo daalt de depositie aan de westflank van de Veluwe met meer dan 400 mol/ha/jr, terwijl de daling langs de kust en in het noorden veelal minder is dan 200 mol/ha/jr. De verschillen komen vooral door de ligging van de bronnen waarvoor een daling wordt verwacht.

In Tabel 5.1 is weergegeven welke sectoren in 2019 het meest bijdroegen aan de gemiddelde stikstofdepositie in heel Nederland en in de verschillende provincies. Hierbij heeft geen selectie op Natura 2000-

gebieden plaatsgevonden. In 5.1a is de bijdrage weergegeven in mol/ha/jr, en in 5.1b als percentage van de totale gemodelleerde bijdrage (dus zonder meetcorrecties). De meetcorrectie – dit is de som van het effect van alle kalibraties – varieert flink tussen de diverse provincies. Dit komt vooral door de ruimtelijke kalibratie van de NH₃-concentraties.

Tabel 5.1a Opbouw van de stikstofdepositie (mol/ha/jr⁻¹) in 2019¹.

	Nederland	Groningen	Friesland	Drenthe	Overijssel	Gelderland	Utrecht
Industrie	20	10	10	10	15	15	20
Raffinaderijen	0	0	0	0	0	0	5
Energiesector	5	5	5	5	5	5	5
Afval- verwerking	5	5	5	5	5	5	5
Wegverkeer	95	55	50	70	85	120	180
Overig verkeer	40	25	25	30	35	45	60
Landbouw	705	705	665	730	895	880	790
Huishoudens	100	75	60	85	85	105	150
HDO ² /Bouw	10	5	5	5	5	10	15
Internationale scheepvaart	50	45	50	45	40	40	55
Buitenland	505	455	310	505	560	565	430
NH ₃ van zee	40	40	65	20	15	15	25
Meetcorrectie	-75	-130	-40	-125	-240	-215	-120
Totaal	1495	1300	1215	1390	1505	1600	1620
		Noord- Holland	Zuid- Holland	Zeeland	Noord- Brabant	Limburg	Flevoland
Industrie		20	20	35	20	30	15
Raffinaderijen		5	5	0	0	0	0
Energiesector		5	5	5	5	5	5
Afval- verwerking		5	5	0	5	5	5
Wegverkeer		115	130	35	110	90	100
Overig verkeer		45	55	25	40	30	45
Landbouw		460	470	380	820	670	690
Huishoudens		135	155	50	100	95	85
HDO ² /Bouw		15	15	5	10	5	10
Internationale scheepvaart		65	70	70	45	30	50
Buitenland		345	430	635	635	705	385
NH ₃ van zee		85	70	85	20	10	30
Meetcorrectie		25	75	255	-65	-110	5
Totaal		1330	1515	1580	1735	1555	1425

1. De getallen zijn afgerond op het dichtstbijzijnde vijftal.

2. HDO = handel, diensten en overheid.

Tabel 5.2b Opbouw van de stikstofdepositie in percentage van de berekende depositie voor 2019¹.

	Nederland	Groningen	Friesland	Drenthe	Overijssel	Gelderland	Utrecht
Industrie	1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%
Raffinaderijen	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Energiesector	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Afvalverwerking	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Wegverkeer	6%	4%	4%	5%	5%	7%	10%
Overig verkeer	2%	2%	2%	2%	2%	3%	4%
Landbouw	45%	49%	53%	48%	51%	49%	45%
Huishoudens	6%	5%	5%	6%	5%	6%	9%
HDO ² /Bouw	1%	0%	0%	0%	0%	1%	1%
Internationale scheepvaart	3%	3%	4%	3%	2%	2%	3%
Buitenland	32%	32%	25%	33%	32%	31%	25%
NH ₃ van zee	2%	3%	5%	1%	1%	1%	1%
		Noord- Holland	Zuid- Holland	Zeeland	Noord- Brabant	Limburg	Flevoland
Industrie		2%	2%	3%	1%	2%	1%
Raffinaderijen		0%	0%	0%	0%	0%	0%
Energiesector		1%	1%	0%	0%	0%	0%
Afvalverwerking		0%	0%	0%	0%	0%	0%
Wegverkeer		9%	9%	3%	6%	5%	7%
Overig verkeer		4%	4%	2%	2%	2%	3%
Landbouw		35%	33%	29%	45%	40%	49%
Huishoudens		10%	11%	4%	5%	6%	6%
HDO ² /Bouw		1%	1%	0%	0%	0%	1%
Internationale scheepvaart		5%	5%	5%	3%	2%	4%
Buitenland		26%	30%	48%	35%	42%	27%
NH ₃ van zee		6%	5%	6%	1%	0%	2%

1. De percentages zijn afgerond op gehele getallen.

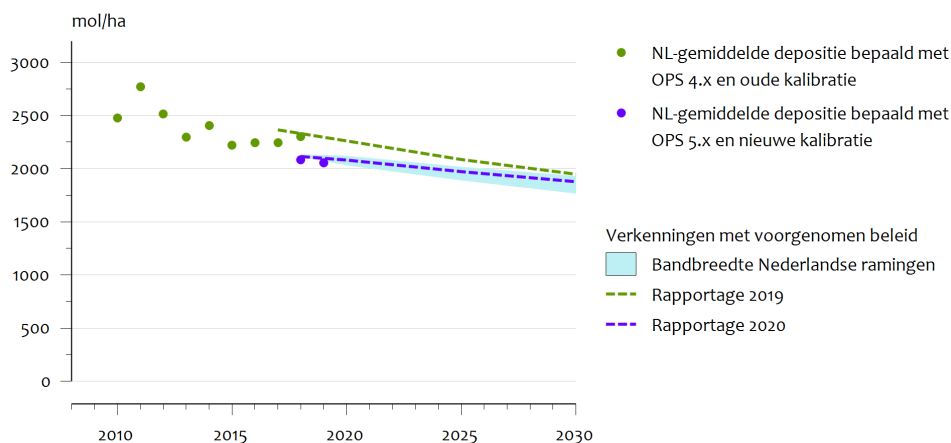
2. HDO = handel, diensten en overheid.

5.1.2 Potentieel-zuurdepositie

Verzuring ontstaat als gevolg van verontreiniging van de lucht met de stoffen zwaveldioxide, ammoniak en stikstofoxiden. Deze gassen reageren met elkaar en worden omgezet in onder andere salpeterzuur en zwavelzuur. Deze stoffen kunnen leiden tot verzuring van bodem en water en kunnen planten en materialen aantasten. Daarom is het van belang om de depositie van de potentieel verzurende componenten te monitoren. Veranderingen in de stikstofdepositie vertalen zich grotendeels direct door naar veranderingen in de depositie van potentieel zuur. In Figuur 5.3 is de ontwikkeling van de

potentieelzuurdepositie gemiddeld over het Nederlands landoppervlak weergegeven.

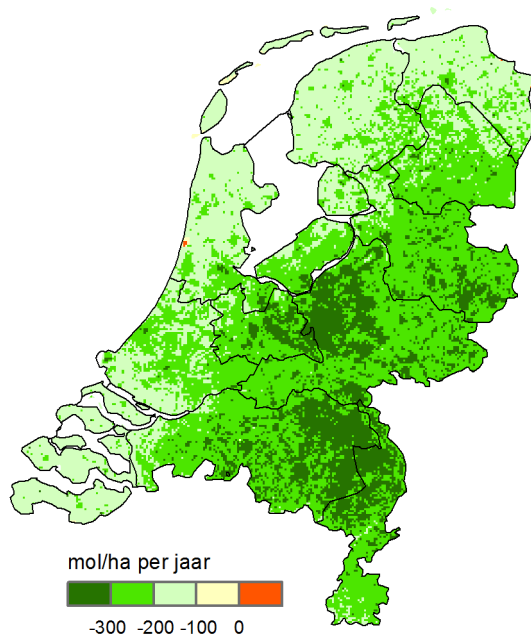
Grootschalige depositie van potentieel zuur



Figuur 5.3 Ontwikkeling grootschalige depositie van potentieel zuur.

De depositie, gemiddeld over Nederland, voor GCN2020, op basis van het vastgestelde beleid.

Grootschalige potentieel zuur depositie, verschil 2030 - 2018



Figuur 5.4 Verschil grootschalige depositie van potentieel zuur tussen 2030 en 2018.

Een negatief getal betekent dat de concentratie daalt. De 2018- en 2030-kaarten zijn gebaseerd op langjarig gemiddelde meteorologie en op een langjarig gemiddelde kalibratiekaart. Voor 2018 zijn de meest recente officiële emissiecijfers gebruikt, voor 2030 de ramingen met vastgesteld beleid.

In Figuur 5.4 is de verwachte daling van de potentieel-zuurdepositie in 2030 ten opzichte van 2018 weergegeven. Er is voor het jaar 2018 gekozen omdat hiervoor de meeste recente officiële emissiecijfers beschikbaar zijn. In de figuur is zichtbaar dat de deposities naar 2030 evenals bij de stikstofdepositie gemiddeld met ongeveer 230 mol/ha dalen. Ook hier zijn echter grote lokale verschillen.

In Tabel 5.2 is weergegeven welke sectoren het meest bijdragen aan de potentieel-zuurdepositie in 2019 in Nederland gemiddeld en in de verschillende provincies.

5.2 Opbouw stikstofdepositie en potentieel-zuurdepositie

De stikstofdepositie in Nederland is opgebouwd uit bijdragen van verschillende sectoren in Nederland, van het buitenland als geheel en van de internationale scheepvaart. In Tabel 5.1 staat de opbouw van de stikstofdepositie voor Nederland gemiddeld en voor de twaalf provincies. In Tabel 5.2 staat de opbouw van de potentieel-zuurdepositie.

Tabel 5.3 Opbouw van de potentieel-zuurdepositie (mol/ha/jr) in 2019¹.

	Nederland	Groningen	Friesland	Drenthe	Overijssel	Gelderland	Utrecht
Industrie	40	25	25	20	25	35	55
Raffinaderijen	25	5	10	10	10	15	35
Energiesector	10	10	10	10	10	10	15
Afvalverwerking	5	5	5	5	5	10	5
Wegverkeer	95	55	50	70	85	120	180
Overig verkeer	40	25	30	30	35	45	65
Landbouw	705	705	665	730	895	885	790
Huishoudens	100	75	60	90	85	110	155
HDO ² /Bouw	10	5	5	5	5	10	15
Internationale scheepvaart	55	50	55	50	45	45	60
Buitenland	625	525	370	595	680	705	540
NH ₃ van zee	40	40	65	20	15	15	25
Meetcorrectie	305	250	340	255	140	165	260
Totaal	2055	1780	1690	1885	2040	2170	2205
	Noord- Holland	Zuid- Holland	Zeeland	Noord- Brabant	Limburg	Flevoland	
Industrie	70	60	40	40	50	35	
Raffinaderijen	30	95	30	20	5	20	
Energiesector	15	20	5	10	5	15	
Afvalverwerking	5	10	0	5	5	10	
Wegverkeer	120	130	35	110	90	100	
Overig verkeer	50	55	25	40	30	45	
Landbouw	460	470	380	820	670	690	
Huishoudens	140	155	50	100	95	85	
HDO ² /Bouw	15	15	5	10	5	10	
Internationale scheepvaart	80	85	85	50	35	60	
Buitenland	420	545	770	815	890	470	
NH ₃ van zee	85	70	85	20	10	30	
Meetcorrectie	405	455	635	315	270	385	
Totaal	1885	2165	2150	2350	2155	1945	

1. De getallen zijn afgerond op het dichtstbijzijnde vijftal.
2. HDO = handel, diensten en overheid.

Tabel 5.4a Opbouw van de potentieel-zuurdepositie in percentage van de berekende depositie in 2019¹.

	Nederland	Groningen	Friesland	Drenthe	Overijssel	Gelderland	Utrecht
Industrie	2%	1%	1%	1%	1%	2%	2%
Raffinaderijen	1%	0%	1%	0%	0%	1%	2%
Energiesector	1%	1%	1%	0%	0%	0%	1%
Afvalverwerking	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Wegverkeer	5%	3%	3%	4%	4%	5%	8%
Overig verkeer	2%	1%	2%	2%	2%	2%	3%
Landbouw	35%	39%	41%	38%	41%	38%	35%
Huishoudens	5%	4%	4%	5%	4%	5%	7%
HDO ² /Bouw	0%	0%	0%	0%	0%	0%	1%
Internationale scheepvaart	3%	3%	4%	2%	2%	2%	3%
Buitenland	31%	29%	23%	31%	31%	31%	24%
NH ₃ van zee	2%	2%	4%	1%	1%	1%	1%
Overig zuur	14%	16%	17%	15%	14%	13%	13%
		Noord- Holland	Zuid- Holland	Zeeland	Noord- Brabant	Limburg	Flevoland
Industrie		4%	3%	2%	2%	2%	2%
Raffinaderijen		2%	5%	2%	1%	0%	1%
Energiesector		1%	1%	0%	0%	0%	1%
Afvalverwerking		0%	0%	0%	0%	0%	0%
Wegverkeer		7%	7%	2%	5%	4%	5%
Overig verkeer		3%	3%	1%	2%	1%	2%
Landbouw		26%	24%	22%	35%	31%	38%
Huishoudens		8%	8%	3%	4%	4%	5%
HDO ² /Bouw		1%	1%	0%	0%	0%	0%
Internationale scheepvaart		4%	4%	5%	2%	2%	3%
Buitenland		24%	28%	44%	35%	41%	26%
NH ₃ van zee		5%	4%	5%	1%	0%	2%
Overig zuur		15%	13%	13%	12%	13%	14%

1. De percentages zijn afgerond op gehele getallen.
2. HDO = handel, diensten en overheid.

5.3 Onzekerheden in depositiekaarten

Depositie bestaat uit een nat deel (regenwater) en een droog deel. De onzekerheden in het droge deel van de depositie hangen nauw samen met de onzekerheden in de berekende concentraties. Zie paragraaf 4.3 voor de belangrijkste ontwikkelingen.

Voor stikstofdepositie is een aantal nieuwe methoden in ontwikkeling om een completer beeld van de onzekerheid in diverse toepassingen te schatten. In de volgende paragraaf volgen daarvan de eerste resultaten.

5.3.1 *Onzekerheid in de stikstofdepositie in een 1x1 km gridcel*

Hierbij zijn de onzekerheden in de diverse onderdelen van de depositie geanalyseerd, te weten droge en natte depositie voor respectievelijk ammonium en nitraat. Voor de natte depositie is hierbij gekeken naar de vergelijking tussen de berekende natte deposities en de gemeten natte deposities met de acht regenwatersamplers van het Landelijk Meetnet Luchtkwaliteit over een aantal jaren (<https://www.rivm.nl/landelijk-meetnet-luchtkwaliteit>). Uit deze vergelijking komt zowel voor de nitraatcomponenten als voor de ammoniumcomponenten een onzekerheid met één standaarddeviatie (1 sigma) van ongeveer 15%. De spreiding tussen de gemeten en gemodelleerde droge depositie van ammoniak is ongeveer 35%. Hier moet opgemerkt worden dat:

- de metingen plaatsvinden in de lagere range van berekende waarden (tot ongeveer 1000 mol/ha);
- er weinig meetpunten beschikbaar zijn over een langere tijdsperiode ten opzichte van de metingen van natte depositie;
- de metingen van droge depositie niet het ammoniumaerosol omvatten. Tevens zijn er geen (recente) droge-depositiemetingen van nitraat/NO_x. Daarom is aangenomen dat deze onzekerheid vergelijkbaar is met die van ammoniak.

Als bovenstaande onzekerheden worden gecombineerd, dan is de gemiddelde onzekerheid van de depositieberekening in een Nederlandse 1x1 km gridcel ongeveer 35% (1 sigma). De onzekerheid is groter in en nabij de brongebieden van de ammoniakemissies (zoals Oost-Brabant en Noord-Limburg) en kleiner in de gebieden daar ver vandaan, zoals bij de Waddenzee. Dit komt doordat de relatieve onzekerheid in de droge depositie groter is dan in de natte depositie. In brongebieden domineert de droge depositie meer dan op zee.

Tot nu toe werd in onderzoek naar gemeten en gemodelleerde concentraties van ammoniak langs de kust een zekere bijdrage vanuit zee aangenomen. Deze aanname is echter niet goed onderbouwd, en het is onduidelijk of er zoveel ammoniak uit zee kan verdampen. Hier zal binnenkort verder onderzoek aan worden verricht en zal worden nagegaan of er ook andere mogelijkheden zijn om deze hoeveelheid NH₃ te verklaren. Daarom wordt deze hoeveelheid NH₃ in dit rapport benoemd als NH₃ van zee.

6 Modelverbeteringen en innovaties

De berekeningen van de concentraties en depositie van luchtverontreinigende stoffen is complex. Er zijn regelmatig verbeteringen en innovaties aan de invoerkant, aan het modelsysteem zelf en aan de uitvoerkant. Op deze manier worden de berekeningen 'state of the art' gehouden. In de huidige GCN-ronde zijn meerdere majeure verbeteringen aangebracht, die in dit hoofdstuk kort worden toegelicht. Deze verbeteringen zijn mede aanbevolen door een internationale reviewcommissie die de modelsystematiek voor de berekening van de stikstofdepositie heeft doorgelicht (Sutton et al., 2015). Door de verbeteringen neemt in het algemeen de nauwkeurigheid van de berekeningen toe. Het betekent ook dat de modelresultaten veranderen ten opzichte van de resultaten die eerder zijn gerapporteerd.

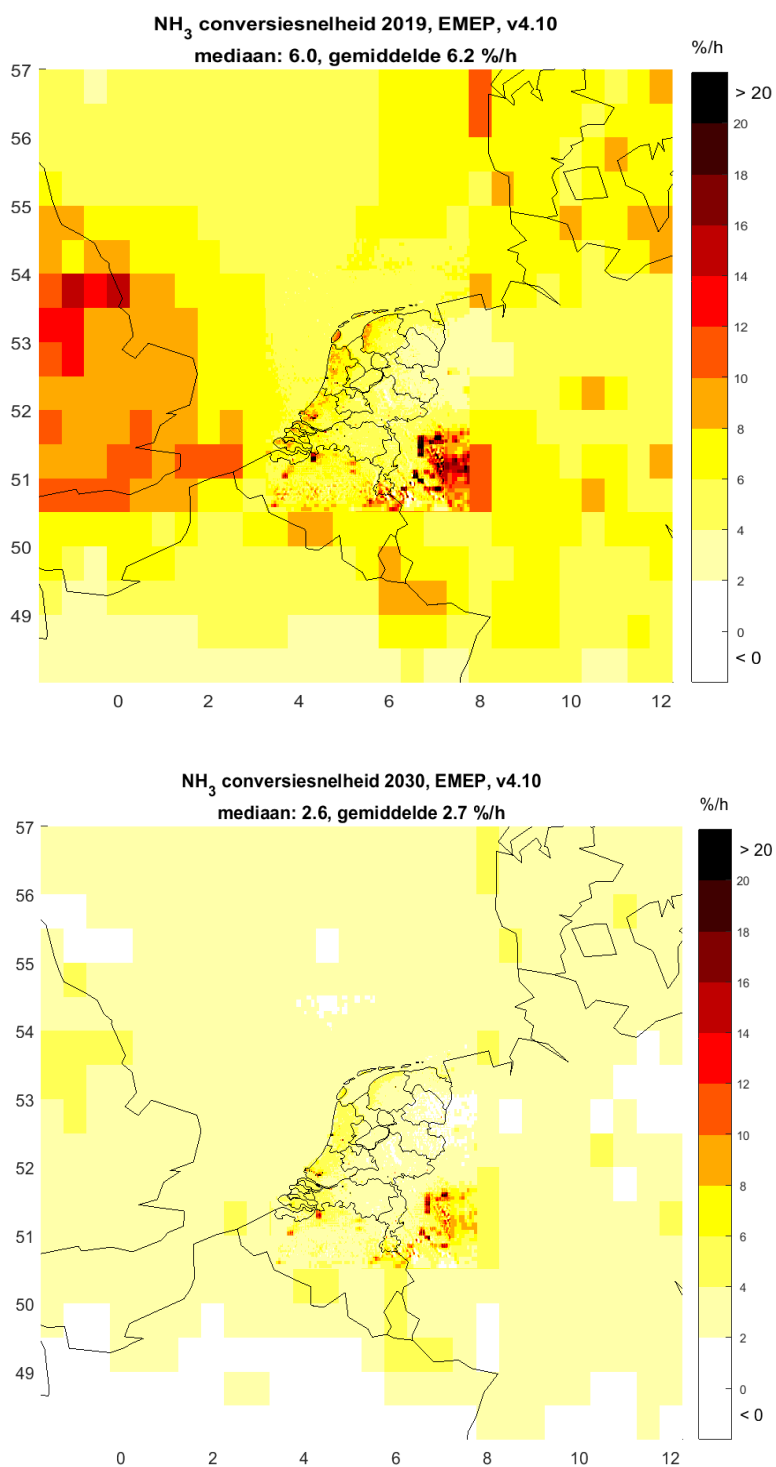
6.1 Nieuwe aanpak van de chemische modellering in het OPS-model

In het OPS-model wordt de uitgestoten luchtverontreiniging gemodelleerd als een pakketje dat de windstroming volgt (trajectorie) en dat zich in de loop van de tijd steeds verder verspreidt, waardoor een pluim wordt gevormd. Zo'n model is zeer geschikt voor het beschrijven van stoffen die onderweg niet veranderen, maar minder voor het modelleren van chemische omzettingen. Voor chemische omzetting is een complexe atmosferische chemiemodule noodzakelijk, zoals wordt gebruikt in het chemisch-transportmodel EMEP/MSC-W (Simpson et al., 2012). Dit is in het verleden opgelost door het OPS-model gebruik te laten maken van achtergrondconcentratiekaarten van precursorgassen als ammoniak, stikstofoxiden en zwaveldioxide. Deze kaarten, tezamen met een aantal andere grootheden als temperatuur en stralingsdichtheid, worden vervolgens gebruikt als invoer voor een relatief simpel algoritme voor het berekenen van de chemische conversiefactoren (in %/uur) voor de conversie van de drie hierboven genoemde precursorgassen in secundair anorganische aerosolen. De vorming van secundaire anorganische aerosolen wordt op bovenstaande manier in het OPS-model berekend en het transport van deze aerosolen wordt, net als de precursorgassen, beschreven met het pluimmodel. Een vergelijking van metingen en berekeningen van deze secundaire anorganische aerosolen liet echter zien dat het OPS-model niet goed meer in staat was om deze concentraties goed te modelleren (van der Swaluw et al., 2017). Vandaar dat is besloten om voor de GCN-berekeningen van dit jaar deze chemische rekenmodules in het OPS-model te vernieuwen.

In plaats van de atmosferische chemie opnieuw te parametriseren aan de hand van achtergrondconcentratiekaarten, is ervoor gekozen om direct de chemische conversiefactoren van het EMEP4NL-model te gebruiken. Hiervoor wordt gemiddeld over het specifieke jaar dat wordt gemodelleerd door het OPS-model (van der Swaluw et al., 2020). Dit model gebruikt als basis het Europese EMEP/MSC-W model (Simpson et al., 2012) en wordt gebruikt voor berekeningen ter ondersteuning van de UNECE (United Nations Economic Commission for Europe) Convention on Long-range Transboundary Air Pollution. Het verschil met het

standaard EMEP-model is dat EMEP4NL rekent in een gridconfiguratie, waarbij op grove resolutie wordt gerekend buiten Nederland (orde 25-50 km) en op een fijne resolutie over Nederland (1-2 km). In vakterminologie wordt dit embedded grid genoemd (zie ook van der Swaluw et al. (2020)). Ook worden meer ruimtelijk gedetailleerde Nederlandse emissies gebruikt dan in het standaard EMEP-model. Om de conversiefactoren te berekenen met het EMEP4NL model is een speciale routine toegevoegd in het model, waar voor elke gridcel en voor elk tijdstap de massa van de drie precursorgassen in de menglaag aan het begin van de tijdstap alsook de massa, die chemisch wordt omgezet in een secundair aerosol tijdens deze tijdstap, worden weggeschreven. Na afloop van een simulatie over een heel jaar worden deze massa's gemiddeld en gebruikt om voor elk precursorgas een kaart te maken van de gemiddelde chemische-conversiefactor. In de huidige GCN-ronde zijn deze kaarten gemaakt voor de jaren 2014-2019.

Een bijkomend voordeel van de gebruikte methodiek is dat de chemische conversiefactoren voor een toekomstig jaar als 2030 nu ook veel realistischer kunnen worden ingeschat. Het chemische schema in het EMEP-model rekent direct met de in 2030 geldende chemische compositie van de atmosfeer ten gevolge van de gebruikte geschatte emissies voor dit jaar. Op deze manier kunnen dus ook op realistische wijze de chemische conversiefactoren voor het jaar 2030 worden berekend. Er is voor gekozen om deze berekeningen te verrichten met de meteorologie van het jaar 2009, een 'gemiddeld meteojaar'. Idealiter zou dit moeten plaatsvinden over dezelfde jaren die de langetermijnmeteo omvatten in de scenarioberekeningen.



Figuur 6.1 Twee voorbeelden van een chemische conversiekaart, zoals gebruikt in de onderhavige GCN-rapportage. De figuren tonen de chemische-conversiefactoren voor ammoniak naar ammonium, zoals berekend met het EMEP4NL-model voor het jaar 2019 (boven) en het jaar 2030 (onder). De conversiefactoren voor het jaar 2030 worden berekend met geraamde emissies en met 2009, een 'gemiddeld meteojaar'.

Twee voorbeelden van een conversiekaart van ammoniak naar ammonium worden getoond in Figuur 6.1: een gepasseerd jaar (2019) en een toekomstig jaar (2030). De conversiesnelheid wordt in die periode meer dan gehalveerd. In deze kaart zie je ook terug dat er gebruik wordt gemaakt van de rekentechniek van een embedded grid: de resolutie over Nederland is veel fijner dan in de gebieden ver buiten Nederland. In de directe nabijheid van Nederland, zoals Vlaanderen en het Ruhrgebied, wordt wel hoge resolutie gerekend. De resolutie van de aangeboden emissies is daar echter lager (7x7 km) dan voor Nederland.

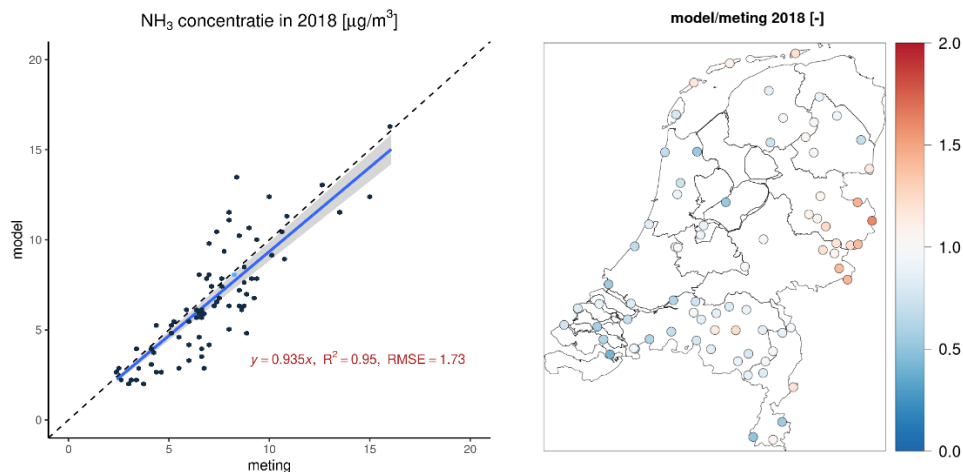
6.2 Codepositie

Codepositie is het proces van versterkte NH_3 -depositie in aanwezigheid van SO_2 vanwege een hogere zuurgraad van het oppervlak (Flechard et al., 1999). Omgekeerd kan de afwezigheid van SO_2 ook leiden tot een afname van de NH_3 -depositie. Het codepositieproces hangt af van de (molaire) verhouding tussen SO_2 en NH_3 . In het algemeen worden de diverse stappen in het depositieproces in modellen beschreven door weerstanden (zoals in een elektrische schakeling). In het EMEP-model (Simpson et al., 2012) wordt rekening gehouden met het effect van codepositie door middel van een weerstand die de uitwisseling van ammoniak met het externe bladoppervlak beschrijft als functie van de ratio tussen SO_2 en NH_3 . Dit is gebaseerd op werk van Nemitz et al. (2001). De depositiemodule DEPAC in het OPS-model gebruikt compensatiepunten (concentraties in of aan het oppervlak) in combinatie met weerstanden. Als de ammoniakconcentratie dicht bij of in de plant hoger is dan de concentratie in de lucht, dan kan de plant ammoniak weer afstaan. Aangezien de SO_2 -concentratie invloed heeft op de zuurgraad van het oppervlak, is in DEPAC de ratio tussen SO_2 en NH_3 als een variabele opgenomen in het compensatiepunt voor het externe bladoppervlak. Daarmee functioneert het op een vergelijkbare manier als de weerstand die in EMEP wordt gebruikt. Het codepositieproces is vooral van belang als naar historische tijdreeksen wordt gekeken waarin de SO_2 -concentraties en de ratio tussen SO_2 en NH_3 nog substantieel hoger waren (Wichink Kruit et al., 2017).

6.3 Kalibratie van de ammoniakconcentratieberekeningen

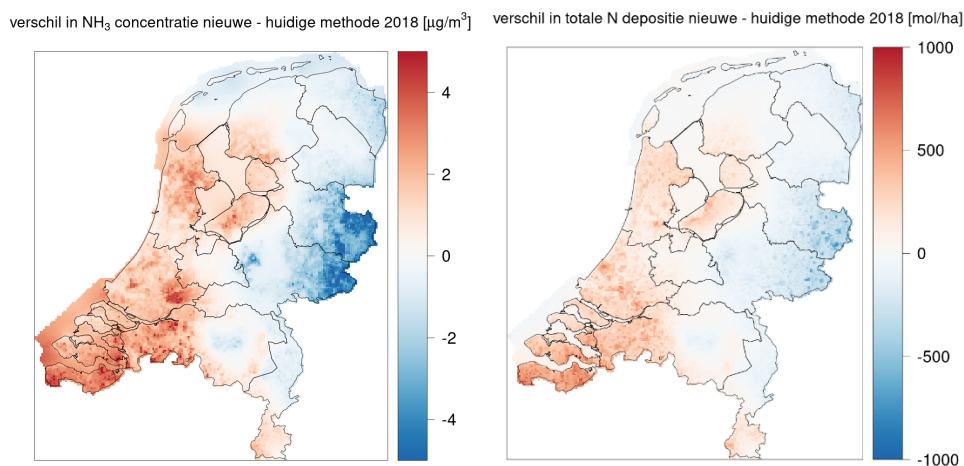
Ammoniak heeft veel betrekkelijk kleine lokale emissiebronnen. Het is een reactieve stof, waardoor er veel interactie is met andere stoffen en de bodem. De ammoniakconcentraties in de lucht worden met een model berekend om een landsdekkend beeld te verkrijgen van de concentraties. In zulke berekeningen zijn vergelijkingen met metingen essentieel voor een betrouwbaar resultaat. Van oudsher waren hiervoor acht meetlocaties in het Landelijk Meetnet Luchtkwaliteit beschikbaar. De laatste jaren is het aantal meetlocaties sterk uitgebreid door metingen met samplers in het Meetnet Ammoniak in Natuurgebieden (MAN, zie <http://man.rivm.nl>). Om de berekende concentraties in overeenstemming te brengen met de metingen worden ze gekalibreerd aan de jaargemiddelde concentratiemetingen. Dit gebeurde met een constante factor die over heel Nederland hetzelfde is (zie Figuur 6.2 linker figuur). Met het sterk toegenomen aantal meetpunten is te zien dat er rond dit gemiddelde ook een bepaalde spreiding is. Nadere analyse heeft geleerd dat de spreiding niet willekeurig over Nederland is

verdeeld, maar patronen vertoont (zie Figuur 6.2 rechterfiguur). Bijvoorbeeld: in Zeeland kan de berekende concentratie 50% lager zijn dan de metingen en in het oosten van Overijssel en Gelderland 50% hoger dan de metingen.



Figuur 6.2 De relatie tussen de gemeten ammoniakconcentraties en de berekeningen. De linkerfiguur toont de huidige kalibratie met 1 constante nationale kalibratiefactor. De rechterfiguur toont de ruimtelijke verdeling van de verhouding tussen de berekeningen en de metingen.

Het ruimtelijke patroon biedt de mogelijkheid om een meer verfijnde kalibratie op de berekeningen uit te voeren. Via de ruimtelijke interpolatie methode, kriging, is een passend kalibratieveld uitgerekend en toegepast. Deze analyse blijkt over de laatste vijf jaar een opmerkelijk stabiel resultaat op te leveren, wat vertrouwen geeft in de robuustheid van de methode. De verandering in de berekende ammoniakconcentratie in 2018 is te zien in Figuur 6.3 (linkerfiguur).



Figuur 5.3 Verschilkaart van de NH_3 -concentratie berekend met de nieuwe ruimtelijke kalibratiemethode en de constante kalibratiemethode van vorig jaar (links) en het effect op de stikstofdepositie (rechts).

De verandering van de berekende ammoniakconcentraties leidt ook tot een verandering van de berekende droge depositie van ammoniak. Dit

heeft weer een verandering in de berekende totale stikstofdepositie tot gevolg (rechterfiguur in Figuur 6.3). Het patroon van de veranderingen lijkt veel op het patroon van de veranderingen in de NH_3 -concentraties. De methode is uitgebreider beschreven in Wichink Kruit et al. (2020).

6.4 Aanpassing kalibratie stikstof depositie

De methodes om de berekende droge en natte depositie van NH_x en NO_y te kalibreren met behulp van concentratie- en natte-depositiemetingen zijn in deze GCN-ronde veranderd ten opzichte van de vorige rondes. Tot en met vorig jaar werd gebruikgemaakt van de methode die is beschreven in Buijsman (Buijsman 2008). In de tijd dat deze methode werd ontwikkeld waren de OPS-berekeningen voor de meeste stoffen lager dan de metingen. Dit werd verklaard door onbekende bronnen, die dus niet werden meegenomen in de berekeningen. Bij deze hypothese paste een kalibratiestrategie waarbij het verschil tussen de metingen en de berekeningen als een vaste waarde bij de berekening werd opgeteld. Inmiddels is meer dan tien jaar verstreken en blijkt de generieke systematische onderschatting grotendeels verdwenen. Dit komt enerzijds doordat de emissies van bestaande bronnen steeds beter bekend zijn en anderzijds doordat er nieuwe bronnen zijn toegevoegd, zoals bijvoorbeeld de emissies van de afrijping van gewassen. Zonder een generiek verschil tussen metingen en het model, zijn generieke bijtellingen voor onbekende bronnen niet meer logisch. Voor de natte depositie van NH_x en NO_y wordt de modelkalibratie nu uitgevoerd door het verschil tussen de gemeten waarden en de modelwaarden als een factor te bepalen en deze toe te passen op de gemodelleerde depositiewaarden.

Bij de natte depositie van NH_x werd in het verleden niet gekalibreerd op de meetwaarden van het betreffende jaar, maar op basis van een 5-jaarsgemiddelde. Vanaf dit jaar wordt voor beide componenten wel op de metingen van het betreffende jaar gekalibreerd. Voor de kalibratie van de berekeningen in de toekomst wordt een vijfjaarsgemiddelde kalibratiefactor gebruikt.

Voor de droge depositie van NH_x , zie paragraaf 6.3 betreffende aanpassing van de ruimtelijke kalibratie van de NH_3 -concentraties. Voor de droge depositie van NO_y zijn geen metingen beschikbaar. Hiervoor wordt in de nieuwe methodiek dan ook geen kalibratie toegepast. Ontbrekende/onbekende *stoffen* zijn geen onderdeel van de vergelijking tussen metingen en berekeningen en worden dus ook niet automatisch daardoor gecorrigeerd. Deze worden er nog wel expliciet bij opgeteld. Dit speelt niet bij de stikstofdepositie, maar wel bij de depositie van verzurende componenten (zoutzuur et cetera).

Literatuur

- Boulter, P.G. en T. Barlow (2002), 'Road traffic characteristics, driving patterns and emission factors for congested situations', TRL, Wokingham; Delft: TNO.
- Bruggen, C. van, A. Bannink, C.M. Groenestein, J.F.M. Huijsmans, H.H. Luesink, S.M. van der Sluis, G.L. Velthof, J. Vonk (2018 in voorbereiding). 'Emissies naar lucht uit de landbouw in 2016. Berekeningen met het model NEMA'. Wageningen: WOT Natuur & Milieu, WOT-technical report.
- Buijsman, E. (2008), 'De bijdrage van niet-gemodelleerde bronnen aan de verzurende en vermestende depositie', PBL-rapport 550039001, Bilthoven: Planbureau voor de Leefomgeving.
- CEIP (2018), 'UNECE/CEIP, WebDab emission database', www.ceip.at geraadpleegd in december 2018.
- Flechar, C.R., D. Fowler, M.A. Sutton, J.N. Cape (1999), 'A dynamic chemical model of bi-directional ammonia exchange between semi-natural vegetation and the atmosphere', Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society 125, pp. 2611-2641.
<https://doi.org/10.1002/qj.49712555914>
- Hoogerbrugge, R., P.L. Nguyen, J. Wesseling, M. Schaap, R.J. Wichink Kruit, V. Kamphuis, A.M.M. Manders, E.P. Weijers (2012), 'Assessment of the level of sea salt in PM10 in the Netherlands: Yearly average and exceedance days', RIVM Rapport 680704014, Bilthoven: Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu.
- Hoogerbrugge, R. S. Teeuwisse, D. Mooibroek (2019-1), 'Alternatieve methode voor het maken van de GCN 2020 voor stikstofdioxide', Tijdschrift Lucht, 2019-1, 21-24.
- Hoogerbrugge, R., G.P. Geilenkirchen, H.A. den Hollander, E. van der Swaluw, S. Visser, W.J. de Vries, R.J. Wichink Kruit (2019-2), 'Grootschalige concentratie- en depositiekaarten Nederland, Rapportage 2019', RIVM Rapport 2019-0091, Bilthoven: Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu.
- IenW (2020), 'Zevende overzichtsbrief dieselfraude', Brief aan de Tweede Kamer, IENW/BSK-2020/11808.
- IIASA (2017), <https://gains.iiasa.at/gains/EUN>, data voor EU Clean Air Outlook 2017 - versie december 2018.
- Ligterink, N.E. en R. de Lange (2009), 'Refined vehicle and driving-behaviour dependencies in the VERSIT+-emission model', Toulouse: ETTAP 2009 Symposium te Frankrijk.
- LML, 'Landelijk meetnet luchtkwaliteit', (2020), Bilthoven: Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu.
- MAN, 'Meetnet ammoniak in natuurgebieden', (2020), Bilthoven: Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu, <http://www.rivm.nl/man>
- Matthijsen, J., H.M. ten Brink (2007), 'PM_{2,5} in the Netherlands, Consequences of new European air quality standards', MNP-rapport 500099001, Bilthoven: Milieu- en Natuurplanbureau.

- Nemitz, E., C. Milford, M.A. Sutton (2001), 'A two-level canopy compensation point model for describing bi-directional biosphere-atmosphere exchange of ammonia', *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society* 127, 815–833.
<https://doi.org/10.1002/qj.49712757306>
- Sauter, F., M. van Zanten, E. van der Swaluw, J. Aben, F. de Leeuw, H. van Jaarsveld (2018), 'The OPS-model. Description of OPS 4.5.2', Bilthoven:Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu,
<https://www.rivm.nl/media/ops/v4.5.2/OPS-model-v4.5.2.pdf>
- Sauter F., 2020, OPS 5.0.0.0.
- Schoots, K., P. Hammingh (2019), 'Klimaat en Energie Verkenning 2019', Planbureau voor de leefomgeving Den Haag, Nederland.
- Simpson, D., A. Benedictow, H. Berge, R. Bergström, L.D. Emberson, H. Fagerli, C.R. Flechard, G.D. Hayman, M. Gauss, J.E. Jonson, M.E. Jenkin, A. Nyíri, C. Richter, V.S. Semeena, S. Tsyro, J.P. Tuovinen, Á. Valdebenito, P. Wind (2012), 'The EMEP MSC-W chemical transport model– technical description'. *Atmos. Chem. Phys.*, 12, 7825–7865. <https://doi.org/10.5194/acp-12-7825-2012>
- Smeets, W., PBL, et al. (2020), 'Emissieramingen luchtverontreinigende stoffen. Rapportage bij de Klimaat en Energieverkenning 2019', Den Haag: Planbureau voor de Leefomgeving.
- Spreen, J.S., G. Kadijk, R.J. Vermeulen, V.A.M. Heijne, N.E. Ligterink, U. Stelwagen, R.T.M. Smokers, P.J. van der Mark, G. Geilenkirchen (2016), 'Assessment of road vehicle emissions: methodology of the Dutch in-service testing programmes', Delft: TNO.
- Sutton, M.A., U. Dragosits, C. Geels, S. Gyldenkaerne, T.H. Misselbrook, W. Bussink (2015), 'Review on the scientific underpinning of calculation of ammonia emission and deposition in the Netherlands', <https://library.wur.nl/WebQuery/titel/2100067>
- Swaluw, E. van der, W.J. de Vries, F. Sauter, J.M.M. Aben, G.J.M. Velders, W.A.J. van Pul (2017), 'High-resolution modelling of air pollution and deposition over the Netherlands with plume, grid and hybrid', *Atmospheric Environment*, 155, 140-153.
- Swaluw E. van der, et al. (2020), 'Trend Analysis of Air Pollution and Nitrogen Deposition Over the Netherlands Using the EMEP4NL and OPS Model'. In: Mensink C., Gong W., Hakami A. (eds) 'Air Pollution Modeling and its Application XXVI'. ITM 2018. Springer Proceedings in Complexity. Springer, Cham.
- 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, Bilthoven, Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu.
- Velders, G.J.M., J.M.M. Aben, G.P. Geilenkirchen, H.A. den Hollander, L. Nguyen, E. van der Swaluw, W.J. de Vries, R.J. Wichink Kruit (2017), 'Grootschalige concentratie- en depositiekaarten Nederland, Rapportage 2017', RIVM Rapport 2017-0117, Bilthoven, Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu.
- Velders, G.J.M., J.M.M. Aben, G.P. Geilenkirchen, H.A. den Hollander, L. Nguyen, E. van der Swaluw, W.J. de Vries, R.J. Wichink Kruit (2018), 'Grootschalige concentratie- en depositiekaarten Nederland, Rapportage 2018', RIVM Rapport 2018-0104, Bilthoven, Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu.

- Wichink Kruit, R.J., J.M.M. Aben, W.J. de Vries, F. Sauter, E. van der Swaluw, M.C. van Zanten, W.A.J. van Pul, (2017), 'Modelling trends in ammonia in the Netherlands over the period 1990-2014', Atmospheric Environment 154, 20-30.
<https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2017.01.031>
- Wichink Kruit, R.J., R. Hoogerbrugge, F.J. Sauter, W.J. de Vries, W.A.J. van Pul (2018), 'Ontwikkelingen in emissies en concentraties van ammoniak in Nederland tussen 2005 en 2016', RIVM Rapport 2018-0163, Bilthoven, Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu.
- Wichink Kruit, R.J., M. Braam, R. Hoogerbrugge, W.A.J. van Pul (2020), 'Implementation of a data fusion approach to assess the concentration and dry deposition of ammonia in the Netherlands', RIVM Rapport 2020-0076, Bilthoven, Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu.

Bijlage 1. Nederlandse emissies in de scenario's

In de Tabellen B1.1 tot en met B1.6 staan de Nederlandse emissies van NO_x, primair PM₁₀, PM_{2,5}, SO₂ en NH₃, zoals gebruikt in de verschillende scenario's.

Tabel B1.1 Nederlandse emissies (miljoen kilogram) voor 2018 zoals gebruikt voor de GCN-berekeningen voor de kaarten van 2019.

	NO _x	PM ₁₀	PM _{2,5}	SO ₂	NH ₃
2018					
Industrie	23,2	6,8	3,6	9,4	1,8
Raffinaderijen	4,9	0,2	0,2	9,8	0,0
Energiesector	15,8	0,1	0,1	3,8	0,1
Afvalverwerking	3,5	0,0	0,0	0,6	0,5
Verkeer ¹	129,5	5,9	3,5	0,5	4,3
Landbouw ²	11,3	6,0	0,6	0,1	111,1
Huishoudens	6,9	3,9	3,8	0,4	11,1
HDO en bouw	5,5	2,2	0,7	0,2	0,6
Zeescheepvaart ³	95,8	2,7	2,6	5,1	0,0
Totaal ⁴	200,7	25,2	12,5	24,8	129,5

1. Voor NO_x op basis van de gebruikte brandstof. Wijkt af van het PBL-rapport omdat daar de NO_x uit verkeer is gebaseerd op de hoeveelheid verkochte brandstof.
2. Exclusief NO_x uit landbouwgrond.
3. Gebaseerd op data Emissieregistratie januari 2020, daarna zijn ER-data nog aangepast.
4. Totaal van de NEC-categorieën, dus exclusief zeescheepvaart.

Tabel B1.2 Nederlandse NO_x-emissies (miljoen kilogram) gebruikt in de scenario's.

Oude raming van GCN-2019	Huidige ramingen			
	beleid bovenraming	onderkant bandbreedte	referentie- raming ⁵	Bovenkant Bandbreedte
2020				
Industrie	23,0	22,5	24,3	26,2
Raffinaderijen	4,4	4,1	4,4	4,8
Energiesector	15,9	12,8	13,5	14,2
Afvalverwerking	3,6	3,5	3,8	4,1
Verkeer ¹	119,3	110,4	119,4	123,4
Landbouw ²	10,6	6,5	6,7	7,2
Huishoudens	6,9	5,8	6,3	6,8
HDO en bouw	6,6	3,7	4,0	4,3
Zeescheepvaart ³	88,4	86,8	97,4	101,6
Totaal¹			182,5	
2025				
Industrie	28,0	21,6	24,4	27,5
Raffinaderijen	5,0	3,0	3,4	3,8
Energiesector	21,2	9,0	9,8	10,7
Afvalverwerking	3,8	3,4	3,9	4,4
Verkeer	74,3	88,4	99,0	108,3
Landbouw	6,9	6,1	6,3	6,8
Huishoudens	7,4	4,8	5,4	6,0
HDO en bouw	5,0	2,8	3,1	3,5
Zeescheepvaart	100,6	75,1	85,6	98,2
Totaal¹			155,5	
2030				
Industrie	28,5	19,9	23,6	27,7
Raffinaderijen	4,5	2,6	3,1	3,7
Energiesector	20,0	4,4	5,3	6,2
Afvalverwerking	3,8	3,3	3,9	4,6
Verkeer	55,9	67,2	78,7	92,4
Landbouw	6,4	5,8	6,3	7,3
Huishoudens	7,4	3,9	4,4	5,0
HDO en bouw	4,9	2,3	2,7	3,0
Zeescheepvaart	88,6	63,7	73,8	92,4
Totaal⁴			128,1	

1. Op basis van de gebruikte brandstof.

2. Exclusief NO_x uit landbouwgrond.

3. Gebaseerd op data Emissieregistratie januari 2020, daarna zijn ER-data en de gekoppelde ramingen nog aangepast.

4. Totaal van de NEC-categorieën, dus exclusief zeescheepvaart. Totalen zijn niet weergegeven voor de onder- en bovenkant omdat die niet zonder meer kunnen worden opgeteld.

5. Inclusief vastgesteld beleid.

Tabel B1.3 Nederlandse primair PM₁₀-emissies (miljoen kilogram) gebruikt in de scenario's.

Oude raming van GCN-2019		Huidige ramingen	
	Beleid boven- raming	Onderkant referentie Bandbreedte	Bovenkant -raming ² Bandbreedte
2020			
Industrie	7,3		7,3
Raffinaderijen	0,3		0,2
Energiesector	0,2		0,2
Afvalverwerking	0,1		0,0
Verkeer	5,5		5,5
Landbouw	6,1		6,0
Huishoudens	3,1		3,5
HDO en bouw	2,3		2,2
Zeescheepvaart	3,1		2,7
Totaal ¹			24,8
2025			
Industrie	7,9		7,5
Raffinaderijen	0,3		0,2
Energiesector	0,2		0,2
Afvalverwerking	0,1		0,0
Verkeer	5,2		5,0
Landbouw	5,8		5,5
Huishoudens	3,2		3,3
HDO en bouw	2,5		2,2
Zeescheepvaart	3,2		2,6
Totaal ¹			23,9
2030			
Industrie	8,4		7,6
Raffinaderijen	0,3		0,2
Energiesector	0,2		0,0
Afvalverwerking	0,1		0,1
Verkeer	4,8		4,5
Landbouw	5,4		5,1
Huishoudens	3,2		3,1
HDO en bouw	2,6		2,3
Zeescheepvaart	3,3		2,5
Totaal ¹			23,0

1. Totaal van de NEC-categorieën, dus exclusief zeescheepvaart.
2. Inclusief vastgesteld beleid

Tabel B1.4 Nederlandse primair PM_{2,5}-emissies (miljoen kilogram) gebruikt in de scenario's.

Oude raming van GCN-2019		Huidige ramingen		
	beleid boven- raming	onderkant bandbreedte	referentie -raming ²	bovenkant bandbreedte
2020				
Industrie	3,1	3,9	4,0	4,1
Raffinaderijen	0,2	0,2	0,2	0,2
Energiesector	0,2	0,1	0,2	0,2
Afvalverwerking	0,1	0,0	0,0	0,0
Verkeer	3,1	2,9	3,1	3,2
Landbouw	0,6	0,6	0,6	0,6
Huishoudens	3,0	2,9	3,4	3,8
HDO en bouw	0,6	0,6	0,7	0,7
Zeescheepvaart	2,9	2,5	2,6	2,9
Totaal¹			12,1	
2025				
Industrie	3,4	3,9	4,1	4,3
Raffinaderijen	0,2	0,2	0,2	0,2
Energiesector	0,2	0,1	0,1	0,1
Afvalverwerking	0,1	0,0	0,0	0,0
Verkeer	2,6	2,3	2,5	2,7
Landbouw	0,6	0,6	0,6	0,6
Huishoudens	3,1	2,8	3,1	3,6
HDO en bouw	0,6	0,6	0,7	0,8
Zeescheepvaart	3,0	2,3	2,5	2,9
Totaal¹			11,4	
2030				
Industrie	3,6	3,9	4,1	4,4
Raffinaderijen	0,2	0,2	0,2	0,2
Energiesector	0,2	0,0	0,0	0,0
Afvalverwerking	0,1	0,0	0,0	0,0
Verkeer	2,1	1,8	2,0	2,3
Landbouw	0,5	0,6	0,6	0,6
Huishoudens	3,0	2,8	3,0	3,4
HDO en bouw	0,7	0,7	0,7	0,8
Zeescheepvaart	3,1	2,1	2,3	2,9
Totaal¹			10,7	

¹ Totaal van de NEC-categorieën, dus exclusief zeescheepvaart. Totalen zijn niet weergegeven voor de onder- en bovenkant omdat die niet zonder meer kunnen worden opgeteld.

² Inclusief vastgesteld beleid.

Tabel B1.5 Nederlandse SO₂-emissies (miljoen kilogram) gebruikt in de scenario's.

Oude raming van GCN-2019		Huidige ramingen		
	Beleid boven- raming	onderkant bandbreedte	referentie -raming ²	Bovenkant Bandbreedte
2020				
Industrie	11,1	8,5	10,2	11,1
Raffinaderijen	13,7	9,6	11,7	12,6
Energiesector	6,1	1,9	2,4	2,9
Afvalverwerking	0,3	0,5	0,6	0,7
Verkeer	0,5	0,4	0,5	0,5
Landbouw	0,2	0,1	0,1	0,1
Huishoudens	0,4	0,4	0,4	0,5
HDO en bouw	0,2	0,1	0,1	0,2
Zeescheepvaart	3,6	4,6	5,1	5,5
Totaal¹			26,1	
2025				
Industrie	11,7	8,0	11,0	11,9
Raffinaderijen	13,1	8,1	11,1	12,1
Energiesector	6,5	1,8	2,2	2,6
Afvalverwerking	0,3	0,5	0,6	0,7
Verkeer	0,5	0,5	0,5	0,5
Landbouw	0,2	0,1	0,1	0,1
Huishoudens	0,4	0,4	0,4	0,4
HDO en bouw	0,2	0,2	0,2	0,2
Zeescheepvaart	3,9	4,5	5,1	5,8
Totaal¹			26,1	
2030				
Industrie	12,3	7,2	11,2	12,2
Raffinaderijen	12,7	7,2	11,1	12,1
Energiesector	6,6	0,6	0,9	1,1
Afvalverwerking	0,3	0,4	0,6	0,7
Verkeer	0,6	0,5	0,5	0,6
Landbouw	0,3	0,3	0,3	0,3
Huishoudens	0,4	0,4	0,4	0,5
HDO en bouw	0,2	0,1	0,1	0,1
Zeescheepvaart	4,1	4,4	5,1	6,1
Totaal¹			25,3	

1 Totaal van de NEC-categorieën, dus exclusief zeescheepvaart. Totalen zijn niet weergegeven voor de onder- en bovenkant omdat die niet zonder meer kunnen worden opgeteld

2 Inclusief vastgesteld beleid.

Tabel B1.6 Nederlandse NH₃-emissies (miljoen kilogram) gebruikt in de scenario's.

Oude raming van GCN-2019		Huidige ramingen		
	Beleid boven- raming	Onderkant Bandbreedte	referentie -raming ²	Bovenkant Bandbreedte
2020				
Industrie	1,6	1,5	1,6	1,7
Raffinaderijen	0,0	0,0	0,0	0,0
Energiesector	0,0	0,0	0,0	0,0
Afvalverwerking	0,3	0,4	0,4	0,5
Verkeer	3,8	4,3	4,5	5,1
Landbouw	101,9	104,8	108,8	112,1
Huishoudens	11,6	10,5	10,6	10,7
HDO en bouw	0,6	0,6	0,6	0,6
Zeescheepvaart	0,0	0,0	0,0	0,0
Totaal¹			126,5	
2025				
Industrie	1,8	1,3	1,6	1,8
Raffinaderijen	0,0	0,0	0,0	0,0
Energiesector	0,0	0,0	0,0	0,0
Afvalverwerking	0,4	0,4	0,5	0,5
Verkeer	3,9	4,6	5,1	5,7
Landbouw	95,4	96,7	103,8	106,6
Huishoudens	12,3	10,5	10,6	10,7
HDO en bouw	0,6	0,6	0,6	0,6
Zeescheepvaart	0,0	0,0	0,0	0,0
Totaal¹			122,2	
2030				
Industrie	1,9	1,4	1,6	2,0
Raffinaderijen	0,0	0,0	0,0	0,0
Energiesector	0,0	0,0	0,0	0,0
Afvalverwerking	0,4	0,4	0,5	0,6
Verkeer	4,1	4,9	5,6	6,8
Landbouw	91,8	90,5	101,0	103,4
Huishoudens	13,2	10,6	10,7	10,8
HDO en bouw	0,6	0,6	0,6	0,6
Zeescheepvaart	0,0	0,0	0,0	0,0
Totaal¹			120,1	

1 Totaal van de NEC-categorieën, dus exclusief zeescheepvaart. Totalen zijn niet weergegeven voor de onder- en bovenkant omdat die niet zonder meer kunnen worden opgeteld.

2 Inclusief vastgesteld beleid.

Bijlage 2. SRM-emissiefactoren

TNO en het PBL (Planbureau voor de Leefomgeving) actualiseren jaarlijks een set emissiefactoren voor het huidige en toekomstige wegverkeer in Nederland. De emissiefactoren geven voor een gemiddelde verkeersstroom de uitstoot per gereden kilometer van een aantal luchtverontreinigende stoffen. Er worden emissiefactoren vastgesteld voor drie typen wegen: wegen binnen de bebouwde kom, snelwegen, en overige wegen buiten de bebouwde kom (buitenwegen). Daarbinnen wordt onderscheid gemaakt naar snelheidsregimes en niveaus van verkeersafwikkeling (doorstromend, stagnerend). De emissiefactoren worden berekend door weging van een groot aantal onderliggende emissiefactoren voor allerlei typen voertuigen.

Deze onderliggende emissiefactoren worden door TNO berekend met het VERSIT+-model (Ligterink en De Lange, 2009) en zijn gebaseerd op meetprogramma's waarbij voertuigen op de weg worden getest. Dit wordt toegelicht in Spreen et al. (2016). De weging vindt plaats op basis van voertuigkilometrages per voertuigtype, afkomstig van het CBS (historische jaren) en uit de Klimaat en Energieverkenning (voor 2020, 2025 en 2030).

De emissiefactoren van TNO en PBL dienen als invoer voor verspreidingsmodellen, waarmee de bijdrage kan worden berekend van het wegverkeer aan de concentraties van luchtverontreinigende stoffen nabij verkeerswegen. Conform de Regeling Beoordeling Luchtkwaliteit 2007 worden de emissiefactoren jaarlijks vóór 15 maart openbaar gemaakt door het ministerie van Infrastructuur en Waterstaat (IenW). De Regeling Beoordeling Luchtkwaliteit 2007 bevat twee standaardrekenmethoden (SRM1 en SRM2) voor de berekening van concentraties van luchtverontreinigende stoffen nabij verkeerswegen. Als implementatie van SRM1 en SRM2 zijn modellen ontwikkeld die de effecten berekenen van de emissies van het wegverkeer op de lokale luchtkwaliteit. Deze modellen maken gebruik van de emissiefactoren van TNO en PBL. De emissiefactoren worden daarom aangeduid als de SRM-emissiefactoren.

Deze bijlage bevat de SRM-emissiefactoren 2020, zoals die op 13 maart 2020 zijn gepubliceerd door het RIVM en IenW. De factoren zijn berekend door TNO en PBL. Net als vorig jaar zijn er dit jaar emissiefactoren vastgesteld voor stikstofdioxide (NO_x), stikstofdioxide (NO_2)¹ fijnstof (PM_{10} en $\text{PM}_{2,5}$) en elementair koolstof (EC). Tevens zijn emissiefactoren vastgesteld voor ammoniak (NH_3) voor gebruik bij berekeningen van de stikstofdepositie.

De emissiefactoren van wegverkeer van niet snelwegen (SRM1), zoals wegen binnen de bebouwde kom en buitenwegen, worden gepresenteerd in Tabel B2.1. De emissiefactoren van wegverkeer voor snelwegen (SRM2) worden gepresenteerd in Tabel B2.2. De emissiefactoren kunnen ook worden gedownload via www.rivm.nl/gcn

¹ De fractie van NO_x die rechtstreeks als NO_2 wordt geëmitteerd.

Wijzigingen ten opzichte van de vorige GCN-ronde

De SRM-emissiefactoren 2020 wijken op een aantal punten af van die van vorig jaar. De belangrijkste wijzigingen zijn:

- *Manipulatie met SCR-katalysatoren*: uit recente onderzoeken in verschillende Europese landen is gebleken dat een deel van de vrachtauto's rondrijdt met een defecte of gemanipuleerde SCR-katalysator (IenW, 2020). Als de katalysator wordt uitgeschakeld neemt de NO_x-uitstoot tot een factor 10 toe. Dit effect is vooral groot op de snelweg, waar de SCR-katalysator bij normaal gebruik de NO_x-uitstoot flink reduceert. In de stad is de effectiviteit van de SCR kleiner en daarmee ook de impact van manipulatie met de SCR. Naar schatting rijdt 5% van de vrachtauto's rond met een slecht werkende of niet-werkende SCR-katalysator. Dit is verwerkt in de NO_x-emissiefactoren voor middelzwaar en zwaar wegverkeer, die daarmee tot 40% hoger uitvallen dan vorig jaar.
- *NH₃-emissie dieselpersonenauto's*: uit metingen van TNO blijkt dat moderne Euro-6-dieselauto's, die voldoen aan de strenge emissienormen waarbij ook op de openbare weg wordt getest (de zogenoemde RDE-regelgeving), in de praktijk een lage NO_x-uitstoot hebben. Daar staat echter een hogere uitstoot van NH₃ tegenover. Een deel van de ammoniakoplossing (ureum) die in de SCR-katalysator wordt gebruikt om NO_x te reduceren, reageert niet met NO_x en verlaat als NH₃ de uitlaat. Dit is verwerkt in de SRM-emissiefactoren voor licht wegverkeer, die hierdoor tot 100% hoger uitvallen dan vorig jaar. Momenteel rijden er nog maar weinig van deze dieselauto's rond. De impact van deze bijstelling op de emissiefactoren voor 2020 is daarom klein. In 2030 is het effect groter omdat dan het grootste deel van het dieselautopark uit Euro-6-auto's bestaat.
- *NH₃-emissies Euro-VI-vrachtauto's*: ook moderne vrachtauto's die aan de strenge Euro-VI-emissienormen moeten voldoen kennen een hogere uitstoot van NH₃. Vorig jaar is op basis van eerste metingen een emissiefactor verondersteld van 86 mg/km voor alle typen wegen. Dit jaar is daar een verfijning in aangebracht op basis van nieuwe metingen: voor stadswegen en snelwegen is een emissiefactor van 80 mg/km aangehouden en voor buitenwegen van 100 mg/km.
- *Nieuwe prognoses wagenpark*: de prognoses voor de toekomstige samenstelling van het wagenpark in Nederland zijn integraal overgenomen uit de KEV2019 en zijn daarmee gebaseerd op het vastgestelde beleid per 1 mei 2019. De SRM-emissiefactoren van vorig jaar waren nog gebaseerd op de wagenparkprognoses uit het Nationale Energieverkenning 2017 (NEV2017). De nieuwe ramingen kennen een groter aantal elektrische auto's in 2030 dan in de NEV2017. Het aantal dieselauto's ligt juist wat lager. Tegelijkertijd verjongt het wagenpark iets minder snel dan eerder geraamd. Het effect van de nieuwe prognoses op de SRM-emissiefactoren verschilt per stof en zichtjaar.
- *Vastgesteld beleid*: net als de GCN- en GDN-kaarten zijn ook de SRM-emissiefactoren dit jaar gebaseerd op een beleidsvariant waarin alleen het reeds vastgestelde beleid is meegenomen (in

dit geval het vastgestelde beleid per 1 mei 2019 zoals dat in de KEV2019 is verwerkt). In de voorgaande jaren waren de SRM-emissiefactoren gebaseerd op ramingen waarin naast het (op dat moment) vastgestelde beleid ook voorgenomen beleid was meegenomen. Deze wijziging heeft alleen invloed op de SRM-emissiefactoren voor autobussen. In de KEV2019 is onder de beleidsvariant met voorgenomen beleid namelijk een sterke groei geraamd van elektrische lijnbussen, een groei die voortvloeit uit de ambities en afspraken uit het Bestuursakkoord Zero Emissie Busvervoer. Bij vastgesteld beleid zijn alleen de elektrische bussen meegenomen uit de per 1 mei 2019 reeds verleende concessies en de bestaande afspraken over inzet van elektrische bussen in de komende jaren. De emissiefactoren voor bussen vallen hierdoor hoger uit.

Tabel B2.1 Algemene emissiefactoren voor SRM1 (stadswegen).

	Licht wegverkeer personen-, bestelauto's en motoren				Middelzwaar wegverkeer vrachtauto's < 20 ton GVW, bussen				Zwaar wegverkeer vrachtauto's > 20 ton GVW, trekkers				Autobussen			
	Stad stagnerend ¹	Stad normaal ²	Stad door- stromend ³	Buitenweg ⁴	Stad stagnerend ¹	Stad normaal ²	Stad door- stromend ³	Buitenweg ⁴	Stad stagnerend ¹	Stad normaal ²	Stad door- stromend ³	Buitenweg ⁴	Stad stagnerend ¹	Stad normaal ²	Stad door- stromend ³	Buitenweg ⁴
NO_x in NO₂-equivalenten (g/km)																
2019	0,49	0,37	0,35	0,28	8,30	4,98	3,24	2,87	8,76	6,30	4,60	4,01	4,97	3,05	2,26	1,75
2020	0,46	0,36	0,34	0,27	7,53	4,47	2,91	2,57	7,92	5,86	4,35	3,76	4,62	2,82	2,10	1,62
2030	0,19	0,15	0,14	0,10	4,60	2,51	1,69	1,28	5,52	4,49	3,56	2,99	3,08	1,83	1,42	0,96
Fractie direct uitgestoten hoeveelheid NO₂																
2019	24%	22%	21%	24%	5%	5%	5%	6%	5%	5%	4%	5%	13%	13%	12%	13%
2020	24%	22%	20%	24%	5%	5%	5%	7%	6%	5%	4%	5%	13%	13%	12%	13%
2030	20%	18%	16%	21%	4%	5%	7%	10%	6%	6%	5%	5%	15%	15%	14%	15%
PM₁₀ verbranding + slijtage naar lucht (g/km)⁵																
2019	0,034	0,033	0,033	0,017	0,219	0,175	0,154	0,107	0,189	0,158	0,143	0,089	0,181	0,138	0,119	0,089
2020	0,033	0,032	0,032	0,016	0,206	0,168	0,150	0,102	0,182	0,154	0,140	0,086	0,174	0,135	0,117	0,086
2030	0,029	0,029	0,029	0,015	0,170	0,148	0,138	0,083	0,164	0,142	0,132	0,077	0,144	0,122	0,112	0,070
PM_{2,5} verbranding + slijtage naar lucht (g/km)																
2019	0,013	0,011	0,011	0,006	0,120	0,076	0,055	0,056	0,093	0,062	0,047	0,038	0,103	0,061	0,042	0,046
2020	0,011	0,010	0,010	0,005	0,107	0,069	0,051	0,050	0,086	0,058	0,044	0,035	0,096	0,057	0,040	0,043
2030	0,007	0,007	0,007	0,004	0,072	0,050	0,040	0,033	0,069	0,048	0,037	0,026	0,067	0,044	0,034	0,028

	Licht wegverkeer personen-, bestelauto's en motoren				Middelzwaar wegverkeer vrachtauto's < 20 ton GVW, bussen				Zwaar wegverkeer vrachtauto's > 20 ton GVW, trekkers				Autobussen			
	Stad stagnerend ¹	Stad normaal ²	Stad door- stromend ³	Buitenweg ⁴	Stad stagnerend ¹	Stad normaal ²	Stad door- stromend ³	Buitenweg ⁴	Stad stagnerend ¹	Stad normaal ²	Stad door- stromend ³	Buitenweg ⁴	Stad stagnerend ¹	Stad normaal ²	Stad door- stromend ³	Buitenweg ⁴
EC (g/km)																
2019	0,006	0,004	0,004	0,002	0,035	0,032	0,031	0,026	0,020	0,015	0,013	0,011	0,029	0,026	0,024	0,024
2020	0,005	0,003	0,003	0,002	0,030	0,027	0,026	0,022	0,016	0,013	0,011	0,008	0,027	0,024	0,022	0,022
2030	0,001	0,001	0,001	0,001	0,016	0,014	0,013	0,010	0,008	0,005	0,004	0,003	0,018	0,016	0,015	0,011
NH₃ (g/km) voor gebruik bij de stikstofdepositie																
2019	0,023	0,023	0,023	0,025	0,038	0,038	0,038	0,030	0,061	0,061	0,061	0,068	0,009	0,009	0,009	0,009
2020	0,023	0,022	0,022	0,024	0,044	0,044	0,044	0,035	0,066	0,066	0,066	0,075	0,008	0,008	0,008	0,008
2030	0,018	0,016	0,015	0,027	0,059	0,059	0,059	0,051	0,077	0,077	0,077	0,097	0,006	0,006	0,006	0,004

1. 'Stagnerend stadsverkeer' (beschreven door een gewogen gemiddelde over de OSCAR1 F-, G1- en H2-ritcycli): stadsverkeer met een grote mate van congestie, een gemiddelde snelheid kleiner dan 15 kilometer per uur, gemiddeld ongeveer 10 stops per afgelegde kilometer. Voor een beschrijving van OSCAR-cycli, zie Boulter en Barlow (2002).
2. 'Normaal stadsverkeer' (beschreven door een gewogen gemiddelde over de OSCAR1 E- en D2-ritcycli): typisch stadsverkeer met een redelijke mate van congestie, een gemiddelde snelheid tussen de 15 en 30 kilometer per uur, gemiddeld ongeveer 2 stops per afgelegde kilometer.
3. 'Doorstromend stadsverkeer' (beschreven door OSCAR1 C-ritcyclus): stadsverkeer met weinig congestie en relatief veel free-flow rijgedrag, een gemiddelde snelheid tussen de 30 en 45 kilometer per uur, gemiddeld ongeveer 1,5 stop per afgelegde kilometer. Vanwege niet-significante verschillen met normaal stadsverkeer gelijk aan 2) verondersteld.
4. 'Buitenweg algemeen' (beschreven door de ritcyclus 'Average Dutch Rural'): typisch buitenwegverkeer, een gemiddelde snelheid van ongeveer 60 kilometer per uur, gemiddeld ongeveer 0,2 stops per afgelegde kilometer.
5. 100% van de PM₁₀-emissie uit uitlaatgassen wordt geëmitteerd naar de lucht.

Tabel B2.2 Emissiefactoren specifiek voor SRM2 (snelwegen)¹.

	Licht wegverkeer: personen-, bestelauto's en motoren						Middelzwaar wegverkeer: vrachtauto's < 20 ton GVW, bussen		Zwaar wegverkeer: vrachtauto's > 20 ton GVW, trekkers	
	80 km/uur File ⁴	80 + SH ² km/uur	100 km/uur	120 km/uur	130 km/uur		File ⁴	80 km/uur ³	File ⁴	80 km/uur ³
NO_x in NO₂-equivalenten (g/km)										
2019	0,44	0,25	0,28	0,31	0,37	0,41	5,58	2,45	7,52	2,38
2020	0,41	0,23	0,27	0,29	0,34	0,37	5,33	2,18	7,15	2,14
2030	0,15	0,09	0,11	0,10	0,12	0,12	4,13	1,16	6,07	1,47
Fractie direct uitgestoten hoeveelheid NO₂										
2019	30%	27%	24%	30%	30%	30%	4%	7%	4%	7%
2020	30%	27%	23%	30%	29%	30%	4%	7%	4%	7%
2030	26%	23%	18%	26%	25%	25%	3%	10%	4%	8%
PM₁₀ (g/km)										
2019	0,032	0,020	0,021	0,021	0,022	0,022	0,195	0,101	0,173	0,087
2020	0,032	0,019	0,020	0,020	0,021	0,021	0,183	0,098	0,168	0,085
2030	0,029	0,017	0,017	0,017	0,017	0,017	0,146	0,087	0,157	0,079
PM_{2,5} (g/km)										
2019	0,011	0,008	0,009	0,009	0,010	0,010	0,103	0,042	0,079	0,029
2020	0,010	0,008	0,008	0,009	0,009	0,009	0,092	0,039	0,074	0,028
2030	0,007	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,060	0,029	0,063	0,023
EC (g/km)										
2019	0,006	0,004	0,004	0,004	0,005	0,005	0,024	0,016	0,012	0,007
2020	0,005	0,003	0,003	0,003	0,004	0,004	0,020	0,014	0,010	0,005

	Licht wegverkeer: personen-, bestelauto's en motoren						Middelzwaar wegverkeer: vrachtauto's < 20 ton GVW, bussen		Zwaar wegverkeer: vrachtauto's > 20 ton GVW, trekkers	
	File ⁴	80 km/uur + SH ²	80 km/uur	100 km/uur	120 km/uur	130 km/uur	File ⁴	80 km/uur ³	File ⁴	80 km/uur ³
2030	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,010	0,007	0,004	0,002
NH₃ (g/km) voor gebruik bij de stikstofdepositie										
2019	0,037	0,037	0,037	0,037	0,037	0,037	0,032	0,032	0,058	0,058
2020	0,038	0,037	0,038	0,038	0,038	0,038	0,037	0,037	0,064	0,064
2030	0,050	0,045	0,049	0,047	0,047	0,048	0,053	0,053	0,079	0,079

1. Snelheden staan voor de geldende maximumsnelheid voor het beschouwde wegvak.
2. Maximumsnelheid van 80 kilometer per uur met strenge handhaving.
3. Voor middelzware en zware voertuigen geldt dat de emissiefactoren voor de snelheidsklassen 100, 120 en 130 kilometer per uur gelijk zijn aan de emissiefactoren van de snelheidsklasse 80 kilometer per uur.
4. File is in dit geval gedefinieerd als een intensiteit-capaciteitverhouding van 0,8 of meer.

RIVM

De zorg voor morgen begint vandaag