

WE LEVEN GEMIDDELD ZES JAAR LANGER DOOR HET EUROPESE LUCHTBELEID

De luchtkwaliteit in Nederland is de afgelopen decennia sterk verbeterd. Dit is het gevolg van reducties van emissies in Nederland en het buitenland door in Europees verband afgesproken beleid. Hoe groot de behaalde gezondheidswinst is en welke landen en sectoren daar het meest aan hebben bijgedragen wordt hieronder beschreven.

GIJUS VELDEERS, ROB MAAS, GERBEN GEILENKIRCHEN, FRANK DE LEEUW, NORBERT LIGTERINK, PAUL RUYSSENAARS, WILCO DE VRIES, JOOST WESSELING

Europees luchtbeleid

Zorgen over de effecten van luchtvervuiling op de gezondheid van de mens resulteerde in 1970 in maatregelen in de Europese Gemeenschap om de emissie van CO en koolwaterstoffen door motorvoertuigen te verminderen. In de daarop volgende decennia kwam er wetgeving om de emissies ook in andere sectoren te beperken, zoals grenzen aan de emissie van zwaveldioxide (SO₂) door grote stookinstallaties en beperkingen van de emissie van stikstofoxiden (NO_x) en fijn stof door motorvoertuigen vanaf 1991. In 2001 zijn in Europa nationale emissie-

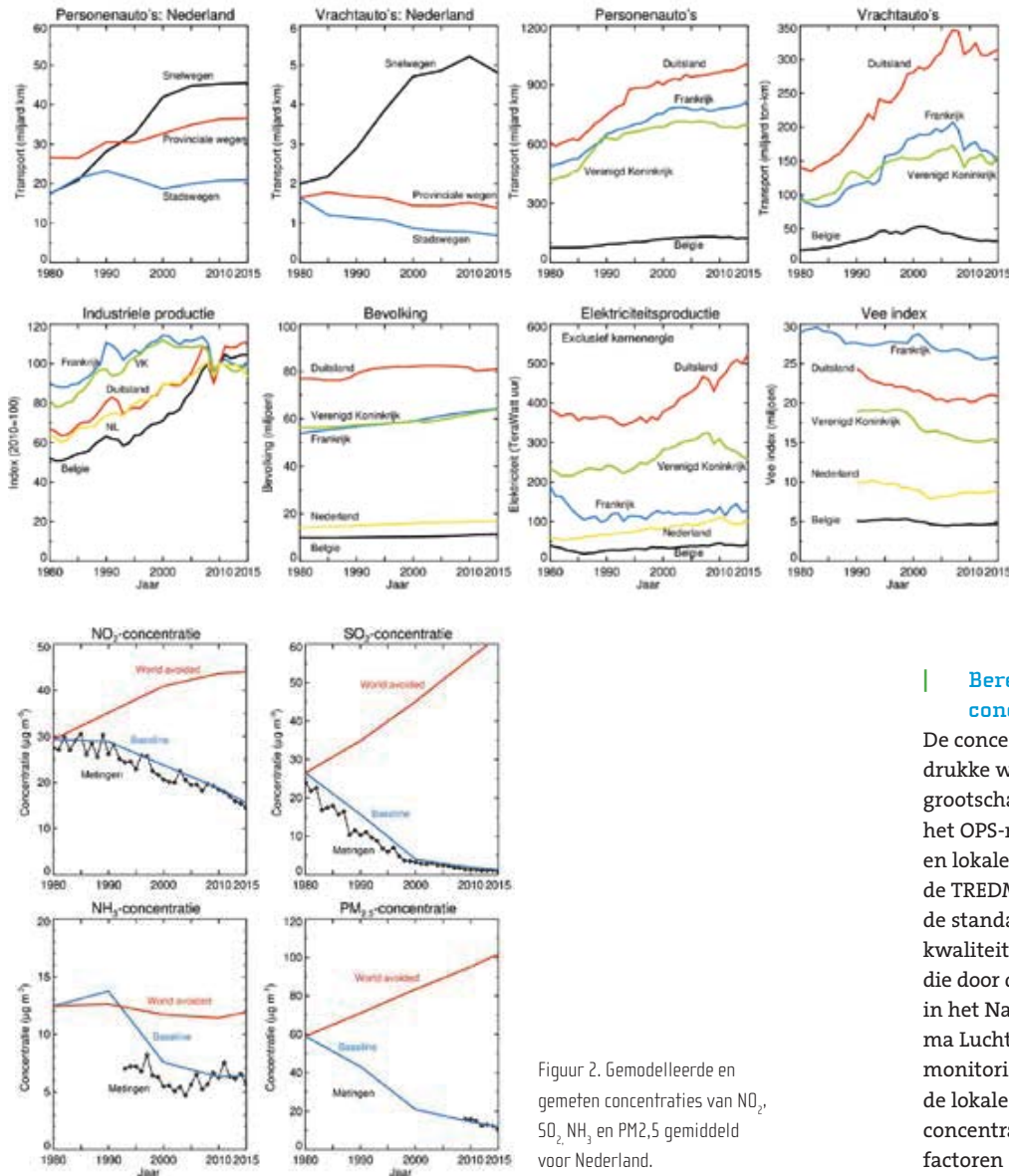
plafonds overeengekomen voor SO₂, NO_x, ammoniak (NH₃) en vluchtige organische stoffen. Deze plafonds gelden vanaf 2010 en zijn in december 2016 herzien en uitgebreid met emissiereducties voor latere jaren. Tegelijkertijd zijn in Europa vanaf 1980 grenswaarden voor de concentraties van stoffen in de lucht overeengekomen voor SO₂ en zwevende deeltjes. De grenswaarden zijn geleidelijk verlaagd en uitgebreid en omvatten nu de meeste stoffen die relevant zijn voor de volksgezondheid (EU, 2008).

Het Europese beleid heeft de afgelopen decennia geleid tot een aanzienlijke vermindering van de emissie van luchtverontreinigende stoffen in de Europese landen. Als direct gevolg zijn de concentraties in de lucht van allerlei stoffen sinds de jaren tachtig en negentig in de meeste landen in Europa gedaald (Maas and

Grennfelt, 2016). Luchtverontreinigende stoffen worden echter over grote afstanden en over landsgrenzen getransporteerd. Concentraties van luchtverontreinigende stoffen in een bepaald land worden daarom mede bepaald door de bijdragen van emissies uit andere landen. Dit geldt met name voor een klein land zoals Nederland. Hoewel de emissie van luchtverontreinigende stoffen is gedaald en de EU-grenswaarden voor concentraties op de meeste plaatsen in Europa binnen handbereik liggen (EEA, 2018), zijn de concentraties op veel locaties nog steeds aanzienlijk boven de advieswaarden van de Wereldgezondheidsorganisatie (WHO).

Scenarioberekeningen

Wij hebben onderzocht hoeveel de luchtkwaliteit in Nederland is verbeterd en hoeveel de bijbehorende gezondheids-



Figuur 1: Activiteitendata gebruikt in het World Avoided-scenario voor het schalen van de emissies van verschillende sectoren. De volumes van wegtransport voor Nederland zijn gebaseerd op gedetailleerde informatie uit de Emissieregistratie (ER, 2018). De andere data zijn afkomstig van de OECD (2018)

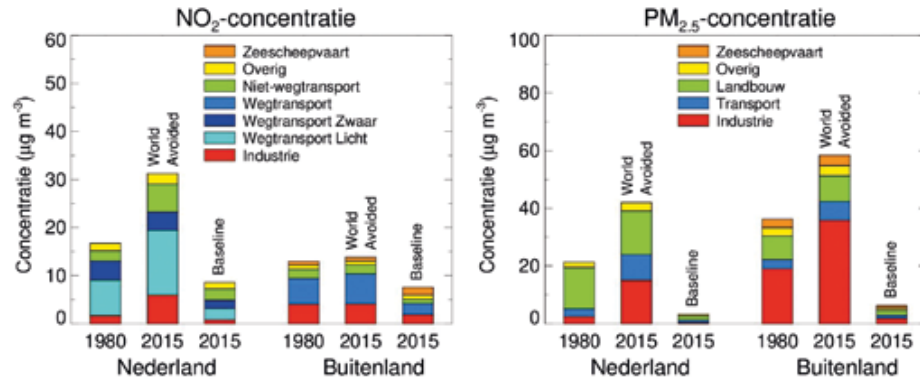
Berekende en gemeten concentraties

De concentraties van NO₂ en PM_{2,5} langs drukke wegen zijn een combinatie van grootschalige concentraties berekend met het OPS-model (<http://www.rivm.nl/ops>) en lokale verkeersbijdragen berekend met de TREDM-software implementatie van de standaardrekenmodellen voor luchtkwaliteit. Deze modellen zijn dezelfde als die door de Rijksoverheid worden gebruikt in het Nationale Samenwerkingsprogramma Luchtkwaliteit (<https://www.nsl-monitoring.nl/>). Voor de berekening van de lokale verkeersbijdragen aan de totale concentraties worden specifieke emissiefactoren (in g/km) gebruikt voor verschillende typische wagenpark/verkeerscombinaties (Spreeen et al., 2016).

De berekende concentraties volgens het Baseline-scenario komen goed overeen met de gemiddelde gemeten concentraties op landelijke achtergrondlocaties (Figuur 2) De overeenkomst is goed voor de gehele periode van 1980 tot 2015 voor NO_x, NO₂ en SO₂, zowel in absolute termen als voor de trend. Er is ook een goede overeenstemming voor de PM_{2,5}-concentraties, maar dit is het resultaat van de kalibratiemethode waarmee bijdragen van bronnen die niet expliciet door het OPS-model zijn berekend worden verdisconteerd. De overeenkomst voor NH₃-concentraties is iets minder; de absolute concentraties in 2010-2015 in het Baseline-scenario komen overeen met de waarnemingen, maar de berekende trend van 1993 tot 2010 is groter →

effecten zijn afgenomen in Nederland sinds 1980, en hoeveel hiervan kan worden toegeschreven aan emissiereducties in Nederland zelf en hoeveel aan emissiereducties in andere landen (Velders et al., 2019). Om dit te kwantificeren hebben we modelberekeningen uitgevoerd met hoge ruimtelijke resolutie voor NO₂- en PM_{2,5}-concentraties in Nederland van 1980 tot en met 2015 op basis van twee scenario's (PM10 en elementaire koolstof zijn ook berekend maar worden hier niet besproken). Eén scenario, Baseline, volgt de gerapporteerde emissies van alle relevante luchtverontreinigende stoffen in alle Europese landen (CEIP, 2018; PRTR, 2018). Een tweede scenario, World Avoided, is gedefinieerd als een scenario waarin geen

emissiereductiemaatregelen zijn genomen en waarin de emissie van stoffen vanaf 1980 blijft toenemen als gevolg van de groei van economische activiteiten en demografische veranderingen. Verschillende activiteitendata zijn gebruikt om deze emissies te berekenen (Figuur 1). In dit scenario verandert de emissie evenredig met de verandering van de omvang van de activiteiten maar in werkelijkheid zal er geen directe lineaire relatie zijn. De emissie van zwaar transport hangt bijvoorbeeld af van het aantal voertuigen dat wordt gebruikt om goederen te vervoeren en van de combinatie van voertuigen en hun capaciteit. Met dergelijke effecten is hier geen rekening gehouden.



Figuur 3. Bijdrage van de verschillende sectoren aan de gemiddelde NO₂- en PM_{2,5}-concentraties in Nederland. Weergegeven zijn de bijdragen van emissies van de binnenlandse en buitenlandse industrie (inclusief elektriciteitsproductie, raffinaderijen en afvalverwerking), licht en zwaar wegverkeer, niet-wegtransport, zeevaart en overige sectoren.

dan de gemeten trend. De concentraties in het Baseline-scenario dalen voor alle stoffen van 1980 tot 2015 en in het World Avoided-scenario nemen de concentraties meestal toe. De concentraties van PM_{2,5} laten ook grote stijgingen zien in het World Avoided-scenario, tot gemiddeld ongeveer 100 µg m⁻³ in 2015. Deze concentraties zijn veel hoger dan die momenteel worden waargenomen in Nederland en andere Europese landen, maar lager dan de concentraties die momenteel in andere delen van de wereld worden gemeten. In grote steden in China en India worden jaargemiddelde PM_{2,5}-concentraties van meer dan 120 µg m⁻³ waargenomen in de periode 2010-2018 (WHO, 2018). Het scenario is dus niet onrealistisch.

Sectorbijdragen NO₂-concentratie

De grootste bijdrage aan de NO₂-concentratie in Nederland komt van de emissies van wegverkeer, met ongeveer 57% in 1980 en 40% in 2015 (Baseline-scenario) (Figuur 3 en 4). Bijna de helft hiervan is afkomstig van emissies van binnenlandse personenauto's en bestelwagens. In het World Avoided-scenario, zonder maatregelen om de emissie van luchtverontreinigende stoffen te verminderen, draagt wegtransport voor ongeveer 52% bij aan de gemiddelde NO₂-concentratie in Nederland in 2015.

Zonder maatregelen zou de bijdrage van het wegtransport zijn gestegen van ongeveer 17 µg m⁻³ in 1980 tot 24 µg m⁻³ in Nederland in 2015, terwijl deze in 2015 is

gedaald tot ongeveer 7 µg m⁻³ in het Baseline-scenario: 17 µg m⁻³ vermeden concentratiebijdrage. Licht wegverkeer in Nederland is verantwoordelijk voor 11,1 µg m⁻³ van deze vermeden concentratiebijdrage in 2015. Andere belangrijke bijdragen aan de vermeden NO₂-concentratie in 2015 komen ook van bronnen in Nederland, zoals de industrie (5,1 µg m⁻³), niet-wegtransport (3,5 µg m⁻³) en zwaar transport (2,0 µg m⁻³). De belangrijkste buitenlandse bron is wegtransport (3,9 µg m⁻³)

Sectorbijdragen PM_{2.5}-concentratie

De situatie is voor PM_{2,5}-concentraties anders dan voor NO₂. De dominante antropogene bijdragen aan de totale concentratie zijn afkomstig van buitenlandse bronnen (Figuur 3 en 4). De binnenlandse emissies dragen ongeveer 40% bij aan de antropogene PM_{2,5}-concentratie in Nederland, de emissies uit Duitsland ongeveer 27% en uit België, Frankrijk en het Verenigd Koninkrijk samen ongeveer 20% (voor beide scenario's in zowel 1980 als 2015). De dominante sectoren voor de PM_{2,5}-concentraties in Nederland zijn industrie en landbouw met beide ongeveer 40% in 1980 en ongeveer 23% (industrie) en 34% (landbouw) in 2015 (Baseline). Vervoer (merendeel op wegen) draagt ongeveer 10% bij aan de concentraties in 1980 en ongeveer 20% in 2015. Zonder maatregelen zou de PM_{2,5}-concentratie in Nederland zijn gestegen van ongeveer 59 µg m⁻³ in 1980 tot

102 µg m⁻³ in 2015, terwijl deze in het Baseline-scenario daalde tot ongeveer 12 µg m⁻³ in 2015. Binnenlandse en buitenlandse industrie zijn verantwoordelijk voor respectievelijk ongeveer 15 µg m⁻³ (16%) en 34 µg m⁻³ (38%) van de vermeden bijdragen in 2015. Landbouw (in Nederland 13,6 µg m⁻³ of 15%, buitenland 7,2 µg m⁻³ of 8%) en transport (in Nederland 8,0 µg m⁻³ of 9%, buitenland 5,5 µg m⁻³ of 6%) dragen ook in belangrijke mate bij aan vermeden PM_{2,5}-concentraties in 2015. De grote reducties in de bijdragen van de industrie zijn het gevolg van emissiereducties van SO₂ (en de sulfaataerosolen).

De bepaling van de brontoekenning van de secundaire aerosolen is gebeurd op basis van het aantal aerosolmoleculen (molen) en niet op basis van de massa van de verschillende aerosolen. Het belangrijkste effect van deze brontoekenning is dat de relatieve bijdrage van de emissies van ammoniak aan de PM_{2,5}-concentraties groter is (ongeveer twee keer zo groot) dan wanneer deze wordt berekend op basis van de massaverhouding van de aerosolen.

Vermeden gezondheidsschade

Om de gezondheidseffecten van luchtvervuiling te berekenen zijn de lokale verkeersbijdragen opgeteld bij de groot-schalige achtergrondconcentratie en is de totale concentratie berekend voor alle 8,8 miljoen adreslocaties van gebouwen in Nederland (BAG-register) om de blootstelling (populatie gewogen concentra-

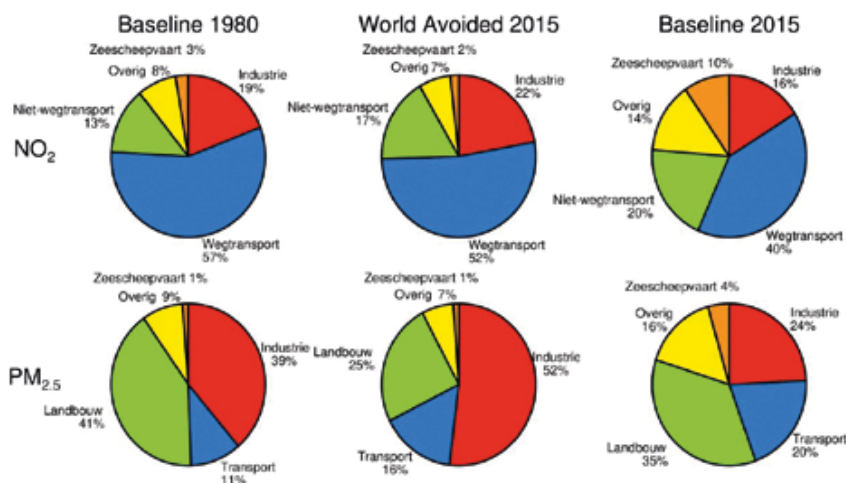
ties) aan NO₂ en PM_{2.5} te verkrijgen. Gezondheidseffecten zijn bepaald op basis van populatie-gewogen concentraties voor elk jaar en de relatieve risicofactoren verkregen uit het HRAPIE-project (WHO, 2013) en de DUELS-studie (Fischer et al., 2015). Om het effect van alleen luchtverontreiniging op de gezondheid eenvoudig te kunnen beoordelen, zijn de bevolking, de leeftijdsopbouw en de gemiddelde sterftcijfers van 2015 toegepast voor elk jaar. Disability Adjusted Life Years (DALY's) zijn als indicator gebruikt om de effecten van blootstelling aan luchtvervuiling (NO₂ plus PM_{2.5}) op de gezondheid weer te geven (Figuur 5). In het Baseline-scenario neemt het aantal DALY's af van ongeveer 560.000 in 1980 tot 135.000 in 2015, terwijl dit aantal in het World Avoided-

“Ongeveer 700.000 vermeden verloren levensjaren”

scenario toeneemt tot ongeveer 875.000 in 2015. Het aantal vermeden DALY's van ongeveer 740.000 heeft voor 52% betrekking op de emissiereducties in Nederland en voor 22% in Duitsland. De vermeden DALY's die kunnen worden toegeschreven aan sectoren in Nederland, hebben betrekking op de industrie (34%), het vervoer (33%; weg en niet-weg) en de landbouw (24%). Het aantal vermeden DALY's dat kan worden toegeschreven aan sectoren in het buitenland, heeft voornamelijk betrekking op de industrie (67%), met kleinere bijdragen van de landbouw (14%) en transport (14%). De vermeden emissies

van de industrie in Europa zijn dus verantwoordelijk voor de helft (50%) van de vermeden DALY's, terwijl de landbouw (19%) en alle transport (17%) elk ongeveer een vijfde bijdragen. Ongeveer 530.000 verloren levensjaren (per jaar) zijn toe te schrijven aan luchtvervuiling in Nederland in 1980. In het World Avoided-scenario neemt dit toe tot ongeveer 830.000 per jaar in 2015, terwijl het in het Baseline-scenario daalt tot ongeveer 130.000 (per jaar) in 2015. De vermeden emissies hebben dus geresulteerd in een vermindering van ongeveer 700.000 verloren levensjaren (per jaar) in 2015. Dit komt overeen met ongeveer 66.000 vermeden sterfgevallen in 2015 in Nederland. Deze cijfers kunnen ook worden vertaald naar een verlies in levensverwachting door blootstelling aan luchtverontreiniging. Het verlies aan levensverwachting is dan ongeveer 4 jaar in 1980. In het World Avoided-scenario neemt dit toe tot ongeveer 7 jaar in 2015, terwijl het afnam tot ongeveer 1 jaar in het Baseline-scenario in 2015. Dus zonder reducties van emissies zou de gemiddelde levensverwachting 6 jaar korter zijn geweest dan eigenlijk het geval is in 2015.

Figuur 4. Relatieve bijdrage van de verschillende sectoren aan de gemiddelde NO₂- en PM_{2.5}-concentraties in Nederland voor industrie (inclusief elektriciteitsproductie, raffinaderijen en afvalverwerking), wegtransport, niet-wegtransport, huishoudens, zeescheepvaart, landbouw en overige sectoren.



Conclusies

Grote verhogingen van concentraties van veel luchtverontreinigende stoffen zijn in Nederland vermeden door vermindering van de emissie van SO₂, NH₃, NO_x en primaire PM_{2.5} in Nederland zelf en in andere landen in Europa, ondanks economische en demografische groei. De →

vermeden gezondheidseffecten kunnen worden toegeschreven aan reducties in emissies bij sectoren in Nederland (52%), Duitsland (22%) en andere landen. De grootste reductiebijdragen komen van de industrie (50%), transport (24%) en landbouw (19%). In 2015 komen de vermeden concentraties van luchtverontreinigende stoffen overeen met ongeveer 700.000 vermeden verloren levensjaren

Nederland heeft geprofiteerd van internationale samenwerking

in Nederland per jaar, met een bijbehorend aantal vermeden toerekenbare sterfgevallen van ongeveer 66.000 per jaar en een toename van de gemiddelde levensverwachting van ongeveer 6 jaar.

Het is duidelijk dat de volksgezondheid in Nederland heeft geprofiteerd van internationale samenwerking om grensoverschrijdende luchtvervuiling tegen te gaan. Evenzo heeft de gezondheid in

omliggende landen geprofiteerd van de maatregelen die in Nederland zijn genomen, aangezien Nederland een netto-exporteur van NO_2 en $\text{PM}_{2,5}$ was en nog steeds is. Verdergaande emissiereducties in binnen- en buitenland zijn nodig om de luchtkwaliteit verder te verbeteren en het gezondheidsverlies door luchtverontreiniging verder te beperken. ■

Guus Velders, Rob Maas, Frank de Leeuw, Paul Ruysenaars, Wilco de Vries en Joost Wesseling zijn werkzaam bij het RIVM. Guus Velders is tevens werkzaam bij de Universiteit Utrecht.

Gerben Geilenkirchen is werkzaam bij het PBL. Norbert Ligterink is werkzaam bij TNO.

Literatuur

- CEIP (2018). WebDab EMEP emission database.
- EEA (2018). EEA report No 12/2018. EU (2008). Directive 2008/50/EC. Fischer, et al. (2015). Env. Health Pers 123, 697-704.
- Maas, R.J.M., Grennfelt, P. (2016). Towards cleaner air, EMEP. OECD (2018). Indicators. Organisation for 7
- Economic Co-operation and Development.
- ER (2018). Emissieregistratie, RIVM.
- Spreen, J.S., et al. TNO 2016 Report R11178. Velders, G.J.M. et al. (2019). Atmos 11 Environm, doi:10.1016/j.atmosenv.2019.117109.
- WHO (2013). Health risks of air pollution in Europe.
- WHO (2018). WHO ambient (outdoor) air quality database.

Figuur 5. Bijdragen van landen en sectoren aan het aantal vermeden DALY's in Nederland in 2015, berekend als het verschil tussen het World Avoided- en het Baseline-scenario. Getoond zijn de vermeden DALY's voor alle landen (links), voor de verschillende sectoren in Nederland (midden) en voor de verschillende sectoren in het buitenland (rechts)

