

RIVM rapport 500037004 / 2004

Jaaroverzicht luchtkwaliteit 2002

E. Buijsman (red.)

Luchtkwaliteit en Europese Duurzaamheid/Milieu- en Natuurplanbureau-RIVM

Dit rapport werd opgesteld in opdracht en ten laste van het Directoraat-Generaal Milieubeheer in het kader van project 500037 'Beleidsevaluatie en kennisbasis grootschalige luchtverontreiniging'.

RIVM, Postbus 1, 3720 BA Bilthoven, telefoon: 030 - 274 91 11; fax: 030 - 274 29 71

Colofon

Redactie: E. Buijsman.

Met bijdragen van

P. Hammingh

B. Jimmink

R. Koelemeijer

J. Matthijsen

J. de Ruiter

G. Velders

K. van Velze

van het team Luchtkwaliteit en
Europese Duurzaamheid van het
Natuur- en Milieuplanbureau-RIVM.

Met medewerking van R. Hoogerbrugge
en D. Mooibroek van het Laboratorium
voor Milieumetingen van de sector
Milieurisico's en Externe Veiligheid
van het RIVM.

RIVM rapport 500037004

Milieu- en Natuurplanbureau/RIVM

Postbus 1

3720 BA Bilthoven

www.rivm.nl

www.rivm.nl/milieuenatuurcompendium/nl/

www.lml.rivm.nl

Voorwoord

Het Milieu- en Natuurplanbureau (MNP) van het Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM) geeft jaarlijks het *Jaaroverzicht luchtkwaliteit* uit, waarvan de editie over het jaar 2002 voor u ligt. Dit rapport geeft een overzicht van de luchtkwaliteit en de belasting van bodem en oppervlaktewater door atmosferische depositie in Nederland in 2002. De beschrijving is tot stand gekomen op basis van metingen uit het Landelijk Meetnet Luchtkwaliteit (LML), aanvullende (externe)meetgegevens, literatuurgegevens, modelberekeningen en combinaties hiervan.

Deze versie van het jaaroverzicht wijkt qua vormgeving af van eerdere versies. De inhoud van dit rapport is vrijwel volledig ontleend aan de informatie op de website van het Milieu- & Natuurcompendium zoals die in samenwerking van Stichting Dienst Landbouwkundig Onderzoek (DLO), het Centraal Bureau voor de Statistiek (CBS) en het Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM) is opgesteld.

Dit jaaroverzicht is het laatste dat door het Milieu- en Natuurplanbureau van het RIVM wordt verzorgd. Voortaan zal de informatie over de luchtkwaliteit en de ontwikkelingen erin integraal onderdeel uitmaken van het Milieu- en Natuurcompendium.

Bilthoven, april 2004

Inhoud

Samenvatting 7

Summary 9

1. Mondiale luchtverontreiniging 11

1.1 Versterkt broeikaseffect 11

1.2 Aantasting ozonlaag 15

2. Fotochemische luchtverontreiniging 19

2.1 Ozon 19

3. Verzurende en vermestende luchtverontreiniging 23

3.1 Verzurende depositie 23

3.2 Stikstofdepositie 25

3.3 Ammoniak 27

3.4 Stikstofdioxide 28

3.5 Stikstofoxiden 31

3.6 Zwaveldioxide 33

4. Deeltjesvormige luchtverontreiniging 37

4.1 Fijn stof 37

4.2 Benzo[a]pyreen 41

4.3 Zware metalen 42

5. Lokale luchtverontreiniging 43

Literatuur 45

Bijlage A Lijst van gebruikte chemische formules en afkortingen 47

Bijlage B Berekeningswijzen en gebruikte modellen 49

Bijlage C Luchtkwaliteitsdoelstellingen 55

Bijlage D Depositiekentallen van verzurende en vermestende stoffen per verzuringsgebied 63

Bijlage E Concentratiekentallen per station 69

Bijlage F Onzekerheden 87

Samenvatting

De ontwikkelingen in de luchtkwaliteit in Nederland in 2002 passen in het beeld van de afgelopen jaren. De daling van de concentraties van de meeste luchtverontreinigende stoffen heeft zich in grote lijnen doorgezet. Normoverschrijdingen op landelijke schaal hebben zich voorgedaan voor ozon, fijn stof (PM₁₀), de depositie van potentieel zuur en die van stikstof. In de stedelijke omgeving is de jaargemiddelde norm voor stikstofdioxide overschreden langs een weglengte van 1750 km. Voor benzeen en benzo[a]pyreen geven berekeningen aan dat incidenteel overschrijdingen van grenswaarden kunnen zijn voorgekomen.

Hieronder volgt meer in detail een overzicht van de belangrijkste bevindingen.

Mondiale luchtverontreiniging

Versterkt broeikaseffect

De mondiaal gemiddelde concentratie van koolstofdioxide is in 2002 verder gestegen. Dit geldt ook voor de concentratie van distikstofoxide en van een aantal fluorhoudende gassen. De methaanconcentratie is de laatste jaren gestabiliseerd op een niveau van ongeveer 1800 ppb.

Aantasting van de ozonlaag

Wereldwijd is de ozonlaag de afgelopen 25 jaar 3% dunner geworden. De laatste jaren is de dikte van de ozonlaag niet verder afgenomen. De concentratie ozonlaagafbrekende stoffen in de atmosfeer neemt verder af. Herstel van de ozonlaag is hierdoor mogelijk, maar zal naar verwachting pas zichtbaar worden na 2010.

Fotochemische luchtverontreiniging

Het aantal dagen met hoge ozonconcentraties - een hoogste 8-uursgemiddelde ozonconcentratie boven 120 µg/m³ - is in 2002, gemiddeld over Nederland, gedaald tot vijf dagen. De streefwaarde -waaraan in 2010 voldaan moet zijn -, laat een overschrijding van 25 dagen toe.

In 2002 waren er vijf dagen met matige smog, dwz dagen met een uurgemiddelde ozonconcentratie tussen de 180 en 240 µg/m³.

Voor de bescherming van natuur is een streefwaarde vastgesteld, uitgedrukt in een AOT40 van 18.000 (µg/m³).uur, gemiddeld over vijf jaar. AOT40 staat voor 'Accumulated Ozone exposure over a Threshold of 40 ppb'. Deze streefwaarde moet in 2010 zijn bereikt. In 2002 bedroeg de AOT40 gemiddeld over Nederland 4.700 (µg/m³).uur. Overschrijding van de streefwaarde is nergens opgetreden.

Verzurende en vermestende luchtverontreiniging

Verzurende depositie

De depositie van potentieel zuur in Nederland bedroeg in 2001 gemiddeld 3.200 mol zuur/ha. Dit is een daling van 47 % ten opzichte van 1980. Niettemin is doelstelling van 2.300 mol/ha -te bereiken per 2010- hiermee echter nog niet bereikt. Bronnen in Nederland zelf leveren nog steeds de grootste bijdrage tot de depositie van potentieel zuur in Nederland, namelijk 56 % van het totaal. De belangrijkste bijdrage komt van agrarische bronnen in Nederland, namelijk 37 % van het totaal.

Stikstofdepositie

De stikstofdepositie was in 2001 gemiddeld 2.350 mol stikstof/ha. Dit is een daling van 25 % ten opzichte van 1980. Niettemin is doelstelling van 1.650 mol/ha -te bereiken per 2010- hiermee echter nog niet bereikt. De stikstofdepositie in Nederland stikstof komt voor 66 % uit Nederlandse bronnen. De Nederlandse agrarische sector draagt 47 % bij aan de totale stikstofdepositie.

Ammoniak

De landelijk gemiddelde ammoniakconcentratie was in 2001 5,3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Sinds het begin van de metingen in 1993 zijn de ammoniakconcentraties met zo'n 30 % afgenomen.

Stikstofdioxide

De norm voor jaargemiddelde stikstofdioxideconcentraties (40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, waar in 2010 aan voldaan moet worden) wordt alleen nog langs drukke verkeerswegen overschreden.

De norm voor piekconcentraties van stikstofdioxide (een uurgemiddelde 200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, mag niet meer dan 18 x per jaar worden overschreden) is in Nederland in 2002 niet overschreden.

Stikstofoxiden

Ter bescherming van natuur tegen langdurige blootstelling aan stikstofoxiden wordt een norm gehanteerd voor de jaargemiddelde stikstofoxidenconcentratie van 30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Alhoewel de gemiddelde stikstofoxidenconcentratie in 2002 31 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ gemiddeld voor Nederland bedroeg, treedt geen normoverschrijding op. Dit komt, omdat de norm alleen van toepassing is op gebieden met een oppervlak van ten minste 1000 km^2 die op een afstand van minimaal vijf kilometer van bebouwing, inrichtingen of autosnelwegen zijn gelegen. In Nederland zijn dergelijke gebieden alleen in het noorden van het land te vinden waar de stikstofoxidenconcentratie ruim onder de 30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ liggen.

Zwavel dioxide

De jaargemiddelde concentratie van zwavel dioxide bedroeg in 2002 2,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Dit is een daling met 70% ten opzichte van 1992. De normen ter bescherming van de menselijke gezondheid (350 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ voor de uurgemiddelde concentratie mag niet vaker dan 24 keer per kalenderjaar worden overschreden, 125 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ voor de daggemiddelde concentratie mag niet vaker dan drie keer per kalenderjaar worden overschreden) worden al sinds vele jaren niet meer overschreden.

Deeltjesvormige luchtverontreiniging

De jaargemiddelde concentratie van fijn stof (PM_{10}) bedroeg in 2001, gemiddeld over Nederland, 31 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. De grenswaarde van 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ voor de jaargemiddelde concentratie van fijn stof -waar in 2005 aan voldaan moet worden- wordt nog in een beperkt aantal stedelijke gebieden in Nederland overschreden. De norm voor kortdurende blootstelling (50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, daggemiddelde, overschrijding niet meer dan 35 dagen per jaar, moet in 2005 aan voldaan worden) wordt bijna in geheel Nederland overschreden.

Lokale luchtverontreiniging

Overschrijding van de norm voor jaargemiddelde stikstofdioxideconcentraties komt nog langs drukke verkeerswegen voor over een lengte van 1750 km. Na de daling van de afgelopen tien jaar treedt geen verdere verbetering van de luchtkwaliteit in drukke verkeerstraten op.

Summary

Developments in air quality in the Netherlands in 2002 compared well with previous years. The decreasing trend in concentrations for most air pollutants seen in the 1990s was, on the whole, still valid. Levels of ozone and particulate matter (PM₁₀) showed widespread exceedances, along with the deposition of potential acid and total nitrogen. In the urban environment, the annual average limit value for nitrogen dioxide was exceeded along road lengths of 1750 km. Calculations for benzene and benzo[a]pyrene showed incidental exceedances. More details on the most important findings are found below.

Global air pollution

Greenhouse effect

The global average concentration of carbon dioxide continued to rise in 2002, reaching a level of 372 ppm. The concentrations of di-nitrogen oxide and a number of fluorine-containing gases also rose. Methane concentrations have stabilized the last few years to approximately 1800 ppb.

Depletion of the ozone layer

The depletion rate of the ozone layer in the last 25 years amounted to 3%. No further depletion has been observed the last few years. The concentration of substances depleting the ozone layer continued to decrease, making recovery of the ozone layer possible, although this will only be observable after 2010.

Photochemical air pollution

The average number of days showing high ozone levels – the highest recorded being eight hours average ozone concentration above 120 µg/m³ – decreased in 2002 to 5 days, averaged over the whole country. The long-term targets – to be met in 2010 – allow for exceedance on 25 days. Moderate smog –referring to days with an hourly averaged ozone concentration of 180-240 µg/m³– was observed on five days in 2002. The target value set down for protecting nature is the AOT40, expressed as 18,000 (µg/m³) x h as a five-year average. AOT40 stands for ‘Accumulated Ozone exposure above a Threshold of 40 ppb’. This is the target that should be realised in 2010. In 2002 the average AOT40 above the Netherlands was 4700 (µg/m³) x h. The target value was not exceeded anywhere.

Acidifying and eutrophying air pollution

Acidifying deposition

In 2001 the deposition of potential acid in the Netherlands averaged 3200 mol acid/ha, representing a decreasing trend of 47 % compared to 1980. However, the target of 2300 mol/ha – to be realised in 2010 – is still beyond reach. Sources in the Netherlands itself still account for the largest contribution, i.e. 56% of the total, to the deposition of potential acid in the country. The main contribution, 37%, comes from agricultural sources in the Netherlands.

Nitrogen deposition

In 2001 the average deposition of nitrogen in the Netherlands was 2350 mol acid/ha, which is 25% below the 1980 level. However, the target of 1650 mol/ha for 2010 is still beyond reach. Sources in the Netherlands account for 66% of the nitrogen deposition in the country, with the main contribution, 47%, coming from agricultural sources in the Netherlands.

Ammonia

The average ammonia concentration in 2001 was 5.3 µg/m³. Ammonia concentrations have decreased by 30 % since measurements were started in 1993.

Nitrogen dioxide

The standard for average annual nitrogen dioxide concentration of $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$, to be met in 2010, was only exceeded along busy roadways. The standard for short-term exposure to nitrogen dioxide was not exceeded in 2002. This standard refers to the hourly average concentration of $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$, which may not be exceeded more than 18 times per year.

Nitrogen oxides

The standard for protecting nature areas against long-term exposure to nitrogen oxides is $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ as an annual average. Although the average concentration of nitrogen oxides for the Netherlands in 2002 was $31 \mu\text{g}/\text{m}^3$, no exceedances occurred. This is because the standard is only applicable to areas measuring 1000 km^2 at the minimum and located at least 5 km from built-up areas or roadways. These areas are only found in the north of the Netherlands, where concentrations of nitrogen oxides are well below $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Sulphur dioxide

The average concentration of sulphur dioxide in 2002 was $2.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$, representing a decreasing trend of 70% compared to 1992. The standards for protecting human health have not been exceeded for many years. This standard refers to a $350 \mu\text{g}/\text{m}^3$ average hourly concentration that may not be exceeded more than 24 times per calendar year, while a $125 \mu\text{g}/\text{m}^3$ average daily concentration may not be exceeded more than 3 times per calendar year.

Particulate air pollution

In 2002, the annual average concentration of particulate matter (PM_{10}) over the Netherlands was $31 \mu\text{g}/\text{m}^3$. The limit value of $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ for the annual average concentration of particulates to be met in 2005 was still exceeded in a limited number of urban areas in the Netherlands. The standard for short-term exposure to particulate matter of $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$, with a daily average exceedance of not more than 35 days (to be met in 2005), was exceeded in most of the Netherlands.

Local air pollution

Exceedance of the standard for an average annual long-term exposure of $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ was observed along busy roadways over a length of 1750 km. No further improvement in air quality in busy streets was observed after the decrease in concentrations during the last ten years.

1. Mondiale luchtverontreiniging

1.1 Versterkt broeikas effect

De wereldgemiddelde concentratie van koolstofdioxide is in 2002 verder gestegen tot een niveau van 372 ppm. Ook de concentraties van distikstofoxide en van een aantal fluorhoudende gassen zijn opnieuw toegenomen. De methaanconcentratie is de laatste jaren gestabiliseerd op een niveau van ongeveer 1800 ppb.

De temperatuur op aarde is voor een belangrijk deel afhankelijk van de aanwezigheid van zogenaamde broeikasgassen in de atmosfeer. Deze stoffen houden de warmtestraling van de aarde gedeeltelijk vast en zorgen zo voor de zogenaamde broeikaswerking. De belangrijkste broeikasgassen zijn water (H₂O), koolstofdioxide (CO₂), methaan (CH₄), ozon (O₃) en distikstofoxide (N₂O; ook wel lachgas genoemd). Deze stoffen komen van nature voor in de atmosfeer en worden gevormd en afgebroken door natuurlijke processen. Door de aanwezigheid van deze broeikasgassen is de temperatuur aan het aardoppervlak gemiddeld 14 °C. Zonder broeikasgassen zou de temperatuur op aarde rond de -18 °C zijn.

Antropogene emissies van broeikasgassen verstoren het natuurlijke evenwicht. Ze leiden tot een toename van de concentraties van broeikasgassen in de atmosfeer. Dit heeft extra opwarming van de atmosfeer en het aardoppervlak tot gevolg. Daarom spreekt men ook wel van het *versterkte* broeikas effect. De versterking van het natuurlijk broeikas effect wordt veroorzaakt door antropogene emissies van koolstofdioxide (CO₂), methaan (CH₄), distikstofoxide (N₂O), chloorfluorkoolwaterstoffen (CFK's), CFK-ervangers en sommige andere industrieel toegepaste sporengassen. Ook de vorming van ozon in de troposfeer en de afbraak van ozon in de stratosfeer ten gevolge van menselijke activiteiten levert een bijdrage. Roetdeeltjes en sulfaat- en nitraataërosol uit verbrandingsprocessen hebben eveneens invloed op de stralingsbalans. Deze deeltjes kunnen zowel een versterking als verzwakking van het natuurlijk broeikas effect bewerkstelligen. Het netto effect van deze laatste categorie stoffen is nog onzeker. Op regionale schaal kan de bijdrage van aërosolen aan het broeikas effect belangrijk zijn.

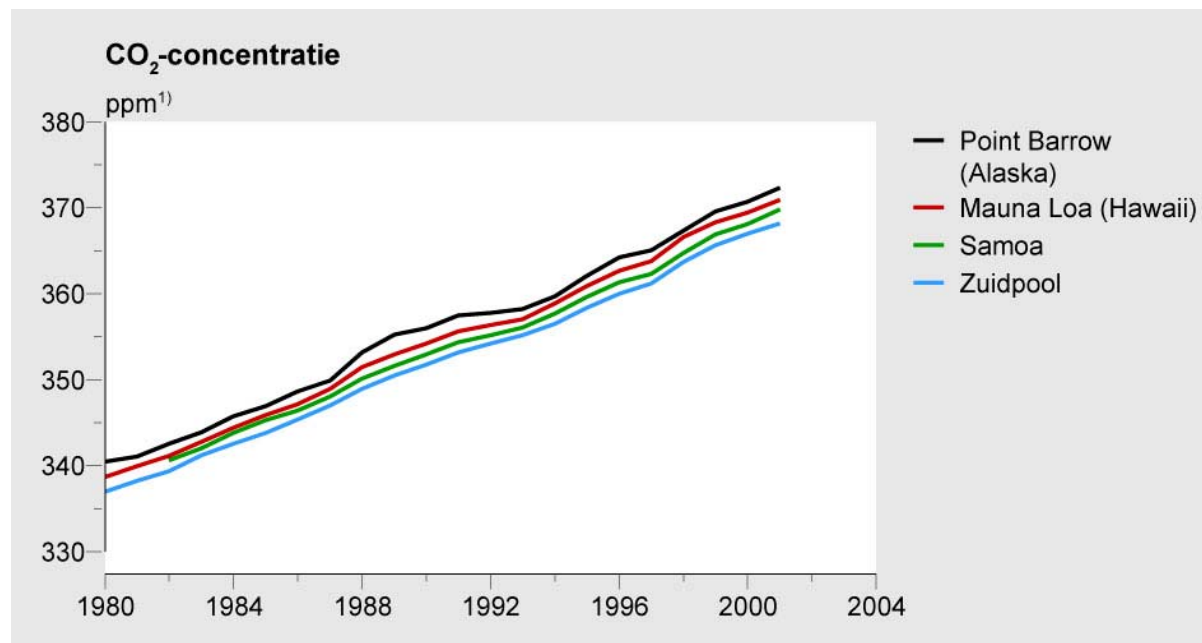
Koolstofdioxide ontstaat bij verbranding van fossiele brandstoffen zoals olie, kolen en gas. Ook komt het vrij bij ontbossing. Methaan komt vooral vrij bij landbouwactiviteiten (rijstvelden) en veeteelt, energieproductie en vuilstort. Distikstofoxide komt vooral vrij bij landbouwactiviteiten, waaronder het gebruik van kunstmest.

Van de genoemde broeikasgassen draagt koolstofdioxide voor meer dan 60% bij aan de menselijke beïnvloeding van het klimaat. Sinds het begin van de industriële revolutie is de koolstofdioxideconcentratie in de atmosfeer met 35% toegenomen. De helft van deze toename vond plaats na 1970. Door de trage reactie van het klimaatsysteem en door natuurlijke variaties worden de gevolgen van menselijke beïnvloeding van het klimaat pas na lange tijd zichtbaar. Toch zijn in de afgelopen 15 jaar de hoogste temperaturen waargenomen sinds 1880. Dit is ook in Nederland het geval.

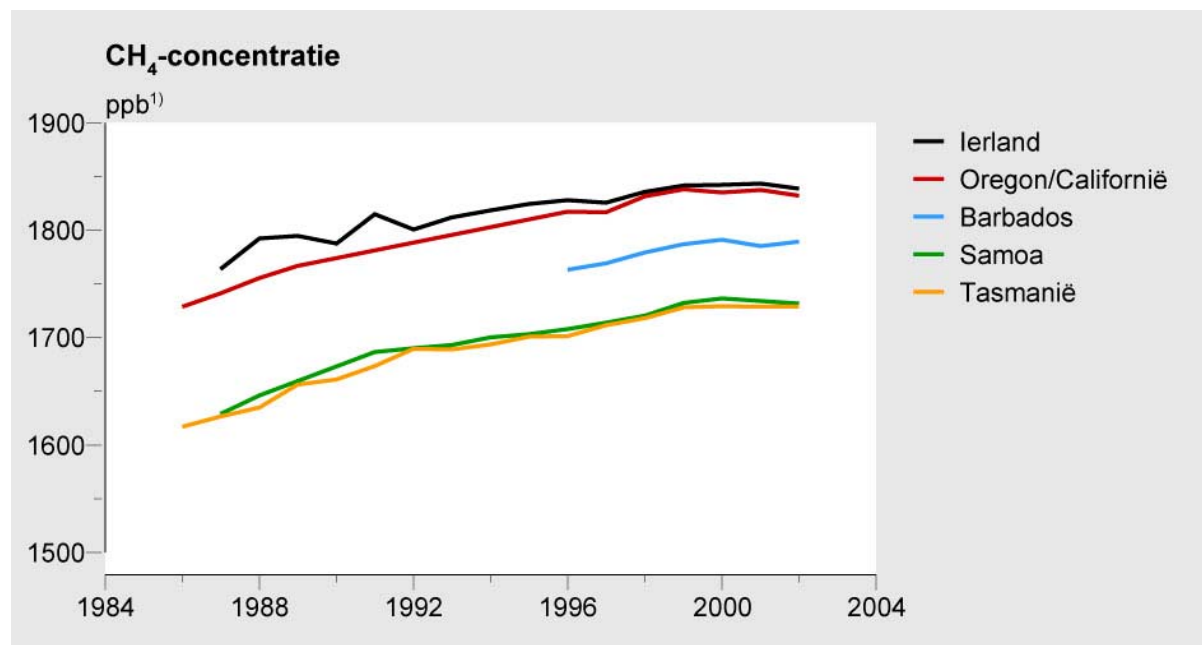
Concentraties koolstofdioxide, methaan, distikstofoxide

In 2002 was de wereldgemiddelde concentratie van koolstofdioxide (CO₂) 372 ppm (*Figuur 1*). Dit was 0,5% hoger dan in 2001. De huidige concentratie van koolstofdioxide ligt 35 % boven het preïndustriële niveau van meer dan een eeuw geleden. De wereldgemiddelde concentratie van methaan (CH₄) ligt de afgelopen vier jaar op een niveau juist onder de 1800 ppb gebleven (*Figuur 2*). Opmerkelijk is dat de concentratie de laatste jaren niet verder is gestegen en op sommige locaties zelfs licht daalt. De reden hiervan is nog niet geheel begrepen. Waarschijnlijk is de oorzaak een stabilisatie van de antropogene emissies. Daarnaast kan ook een snellere afbraak van methaan in de lucht een rol spelen. Wel zijn de methaanconcentraties nog meer dan 2½ keer zo hoog als de preïndustriële concentratie van circa 700 ppb. De wereldgemiddelde concentratie van distikstofoxide (N₂O) kwam uit op 317 ppb (*Figuur 3*). Dat was 0,2% hoger dan in 2001. De huidige concentratie ligt 17 % boven het gemiddelde preïndustriële niveau van meer dan een eeuw geleden.

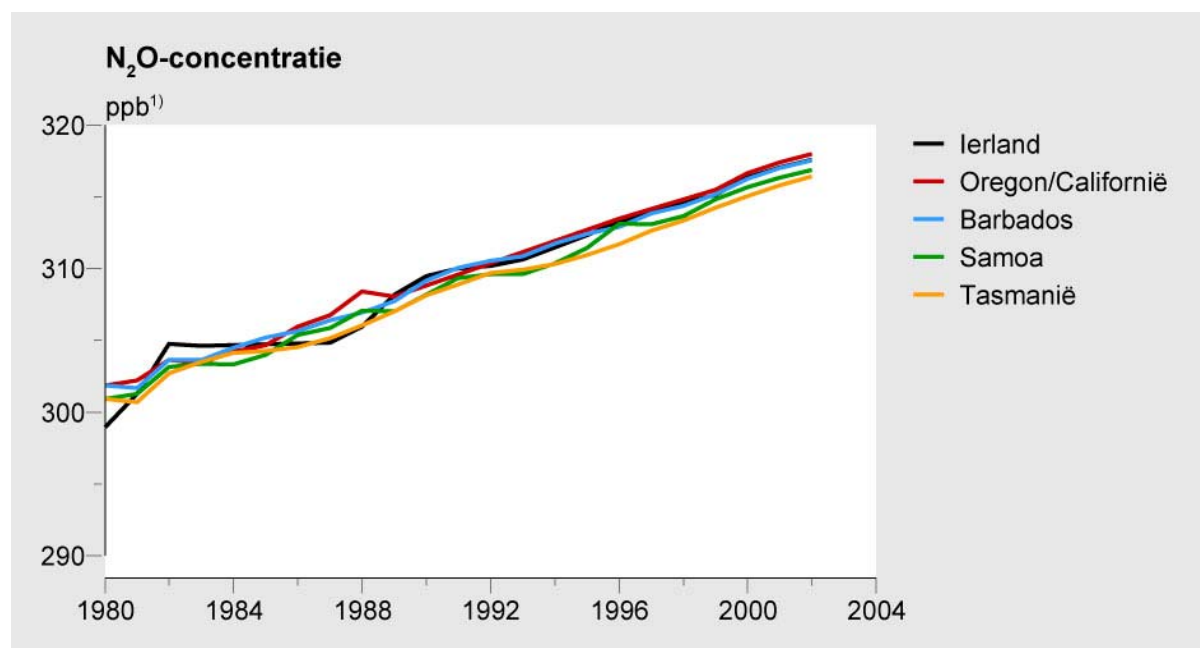
De concentraties van broeikasgassen zijn het hoogst op plaatsen met de hoogste antropogene emissies. Voor de meeste gassen is dit het op het noordelijk halfrond. De lange verblijftijd van broeikasgassen in de atmosfeer - tientallen jaren of meer- zorgt ervoor dat de broeikasgassen zich over de hele wereld verspreiden. Methaan heeft een kortere levensduur: circa 10 jaar. Daardoor laat methaan grotere concentratieverschillen tussen het noordelijk en het zuidelijk halfrond zien dan de andere broeikasgassen.



Figuur 1 Concentraties van koolstofdioxide (CO₂), 1980- 2002. Bron: Keeling en Whorf (2002). De concentraties zijn uitgedrukt in ppm: aantal deeltjes van de betreffende stof per miljoen (10⁶) luchtdeeltjes.



Figuur 2 Concentraties van methaan (CH₄), 1986- 2002. Bron: Dlugochenky et al. (1998), Prinn et al. (1998). De concentraties zijn uitgedrukt in ppb: aantal deeltjes van de betreffende stof per biljoen (=miljard, 10⁹) luchtdeeltjes.



Figuur 3 Concentraties van distikstofoxide (N_2O), 1986- 2002. Bron: Prinn et al. (1998). De concentraties zijn uitgedrukt in ppm: aantal deeltjes van de betreffende stof per biljoen (=miljard, 10^9) luchtdeeltjes.

Concentraties fluorbevattende broeikasgassen

De concentraties van nieuwe fluorbevattende broeikasgassen, waaronder HFK's (zie *tekstbox*), vertonen een stijgende lijn (Figuur 4). De concentratie van HFK-134a vertoonde de sterkste stijging: 20% in 2001. De concentraties van HFK-23, trifluormethylzwavel-pentafluoride (SF_5CF_3) en de perfluorkoolwaterstoffen (PFK's), tetrafluormethaan (CF_4) en hexafluoroethaan (C_2F_6) zijn de laatste jaren respectievelijk met circa 5, 3, 1 en 3 % per jaar gestegen. Meer recente metingen voor de laatst genoemde gassen zijn niet beschikbaar. De concentratie van zwavelhexafluoride (SF_6) is in 2001 gestegen met circa 4% per jaar.

HFK's, PFK's en zwavelhexafluoride zijn krachtige broeikasgassen die uit industriële producten en bij productieprocessen kunnen vrijkomen, zoals bij productie en gebruik als koelvloeistoffen. HFK-134a wordt voornamelijk gebruikt als koelmiddel in airconditioners van auto's. Zwavelhexafluoride wordt vooral gebruikt als elektrische isolator in hoogspanningsleidingen.

Van de mondiale broeikasgassen dragen de fluorbevattende broeikasgassen voor circa 0,7 % bij aan de huidige versterkte broeikaswerking. Door de sterke stijging in concentraties zal de bijdrage van dit soort stoffen in de toekomst belangrijker worden.

Broeikaswerking

De broeikaswerking die de mondiale broeikasgassen veroorzaken komt nu voor 61% voor rekening van koolstofdioxide (19%), methaan (6%), distikstofoxide (0,7%) en de nieuwe broeikasgassen (HFK's, PFK's, en SF_6). De overige 13% komen voor rekening van chloor- en broombevattende koolwaterstofverbindingen, die overigens daarnaast ook bijdragen aan de afbraak van ozon in de stratosfeer. Deze laatste groep broeikasgassen valt reeds onder het Montreal Protocol (UNEP, 1987) en zijn daarom niet in het Kyoto protocol opgenomen.

Naast de mondiale broeikasgassen die hier beschouwd zijn, is ook ozon een belangrijk broeikasgas. Ozon wordt in de atmosfeer gevormd en ozonconcentraties worden beïnvloed door antropogene

Over naamgeving

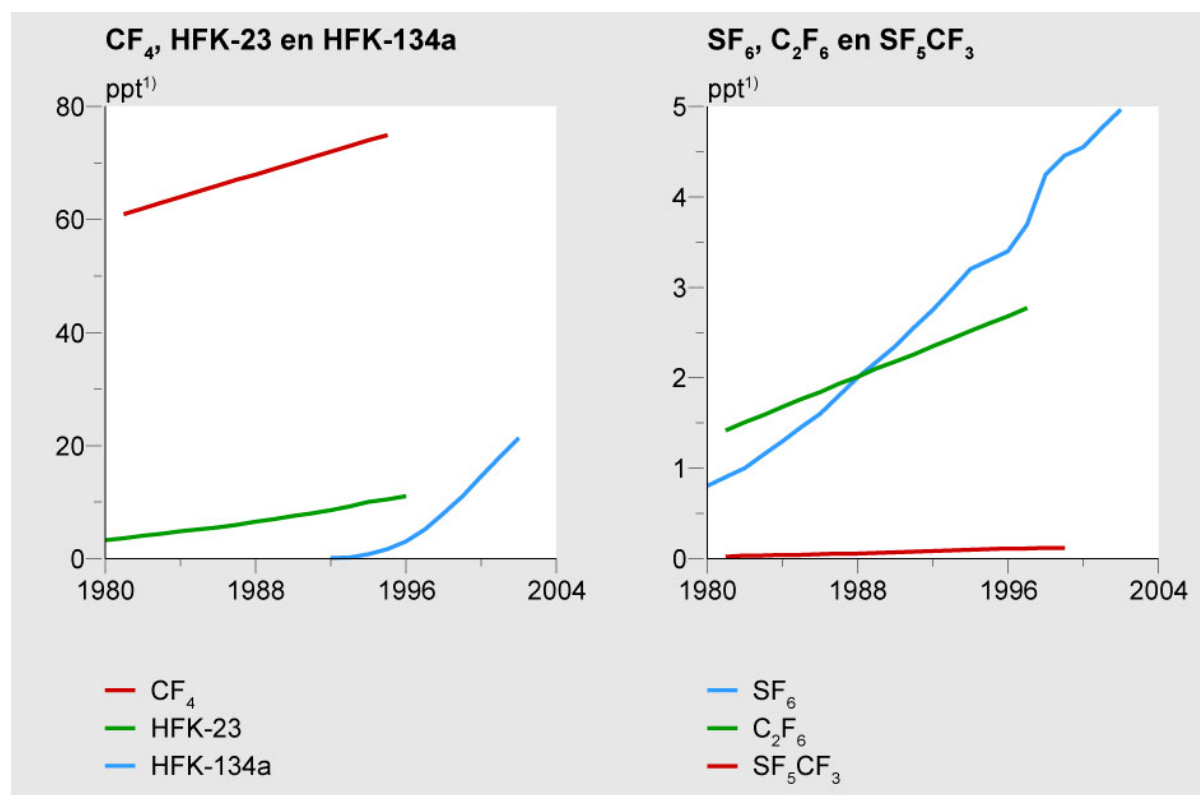
CFK's Chloorfluorkoolwaterstoffen; ook wel **freonen** genoemd. Een onderscheid kan gemaakt worden in harde en zachte CFK's. Harde CFK's worden in de troposfeer, het onderste gedeelte van de atmosfeer, nauwelijks afgebroken. Ze kunnen daarom in de stratosfeer terecht komen en daar bijdragen aan de aantasting van de ozonlaag. De productie van CFK's is volgens afspraken in het Montreal-protocol (1987) gestaakt.

Halonen Fluor-, chloor- én broomhoudende koolwaterstoffen.

HFK's Fluorkoolwaterstoffen die nog één of meer waterstof (H) atomen bevatten.

PFK's Perfluorkoolwaterstoffen. Deze zijn volledig gehaloge-neerd en bevatten dus geen enkel waterstofatoom meer.

emissies. Hierdoor is de ozonconcentratie in de troposfeer, dat is het onderste gedeelte van de atmosfeer, de laatste eeuwen toegenomen. In de stratosfeer is de ozonconcentratie na 1980 echter juist afgenomen. Netto zorgen de veranderingen in ozonconcentraties voor een versterking van de broeikaswerking van de mondiale broeikasgassen.



Figuur 4 Concentraties van nieuwe broeikasgassen, 1980- 2002. Bron gegevens: Oram et al. (1996), Oram et al. (1998), Montzka et al. (1999), Harnisch et al. (1996), Prinn et al. (1998) en Sturges et al. (2000). De concentraties zijn uitgedrukt in ppt: aantal deeltjes van de betreffende stof per triljoen (10^{12}) luchtdeeltjes.

Effecten

Versterking van het natuurlijk broeikaseffect kan leiden tot klimaatverandering. Naast voorziene effecten van klimaatverandering op de samenleving zoals gevolgen voor de landbouw en voedselproductie, kunnen ook kwetsbare ecosystemen onder druk komen te staan. Vooral ecosystemen die zich niet snel aan snel wijzigende omstandigheden kunnen aanpassen zullen mogelijk verdwijnen, wat vergaande gevolgen voor de biodiversiteit kan hebben. Stijging van de zeespiegel en veranderingen in de waterhuishouding, zoals verandering van gemiddelde neerslag en extremen, zijn andere, mogelijke effecten. Wereldwijde ecologische, economische en sociale veranderingen kunnen daardoor optreden. In de natuur treden al veranderingen in ecosystemen op, die verband lijken te houden met de klimaatverandering. Ook zijn op mondiale schaal gletsjers in lengte afgenomen en is de hoeveelheid zeeijs rond de Noordpool fors verminderd. De waargenomen stijging van de temperatuur op aarde in de laatste 50 jaar is waarschijnlijk voor het grootste deel veroorzaakt door de toename van broeikasgassen. Het is zeer waarschijnlijk dat de temperatuurtoename in de 20^{ste} eeuw significant heeft bijgedragen aan de waargenomen stijging van de zeespiegel (IPCC, 2001). Dit is een gevolg van de thermische uitzetting van het zeewater en het smelten van landijs.

Beleid

Het Klimaatverdrag van de Verenigde Naties (UNFCCC, 1992) heeft als doel om de concentraties van broeikasgassen in de atmosfeer te stabiliseren op een niveau waarbij een gevaarlijke menselijke beïnvloeding van het klimaat wordt vermeden. Dit betekent dat op termijn (in 2100) de mondiale emissies van broeikasgassen met circa 40-50% moeten dalen ten opzichte van 1990 (IPCC, 2001).

In 1997 is het Klimaatverdrag uitgebreid met het Kyoto Protocol (UNFCCC, 1997). In het Kyoto Protocol zijn afspraken gemaakt over de reductie van de emissies van broeikasgassen. Het Kyoto

Protocol kan worden gezien als een eerste bescheiden stap om stabilisatie van broeikasgasconcentraties te bereiken. Onder het Kyoto protocol vallen: koolstofdioxide, methaan, distikstofoxide, HFK's, PFK's en zwavelhexafluoride. Het doel is het bereiken van een gemiddelde emissiereductie van broeikasgassen van de geïndustrialiseerde landen met 5,2% over de periode 2008- 2012 ten opzicht van 1990. Voor de EU als geheel is de reductiedoelstelling 8% en voor Nederland 6%.

1.2 Aantasting ozonlaag

Wereldwijd is de ozonlaag de afgelopen 25 jaar 3 % dunner geworden. De laatste jaren is de dikte van de ozonlaag niet verder afgenomen. De concentratie ozonlaagafbrekende stoffen in de atmosfeer neemt verder af. Herstel van de ozonlaag is hierdoor mogelijk, maar zal naar verwachting pas zichtbaar worden na 2010.

De stratosfeer, dat is de luchtlag tussen ongeveer 15 tot 40 km hoogte, heeft van nature een hoge ozonconcentratie en wordt daarom ook wel de ozonlaag genoemd. Dit ozon beschermt de aarde tegen te hoge instraling van ultraviolet (UV) licht afkomstig van de zon. Als gesproken wordt over een *afname van de dikte van de ozonlaag*, wordt daarmee een *vermindering van de ozonconcentratie in de stratosfeer* bedoeld.

Chloor-, broom- en stikstofverbindingen hebben een negatieve invloed op de concentratie van ozon in de stratosfeer. CFK's, halonen, HCFK's en methylbromide (CH_3Br) zijn de voornaamste antropogene bronnen van chloor- en broomverbindingen in de stratosfeer. De mens produceert deze stoffen sinds het begin van de twintigste eeuw. Ze zijn voornamelijk gebruikt als koelmiddel in koelkasten, voor chemische reiniging, in spuitbussen, als brandblusmiddel, voor het maken van schuimen en voor grondontsmetting (methylbromide). De productie van ozonlaagaantastende stoffen is sinds het midden van de jaren negentig wereldwijd sterk gedaald als gevolg van maatregelen zoals afgesproken in het Montreal Protocol (UNEP, 1987).

Vanaf ongeveer 1980 neemt de dikte van de ozonlaag af. Waarschijnlijk is de piek in de concentraties van ozonlaagaantastende stoffen in de stratosfeer nu vrijwel bereikt. Hierdoor kan op termijn herstel van de ozonlaag optreden. Naar verwachting zal dit herstel echter nog niet zichtbaar worden voor 2010. Een volledig herstel zal meer dan 50 jaar duren (WMO, 2003).

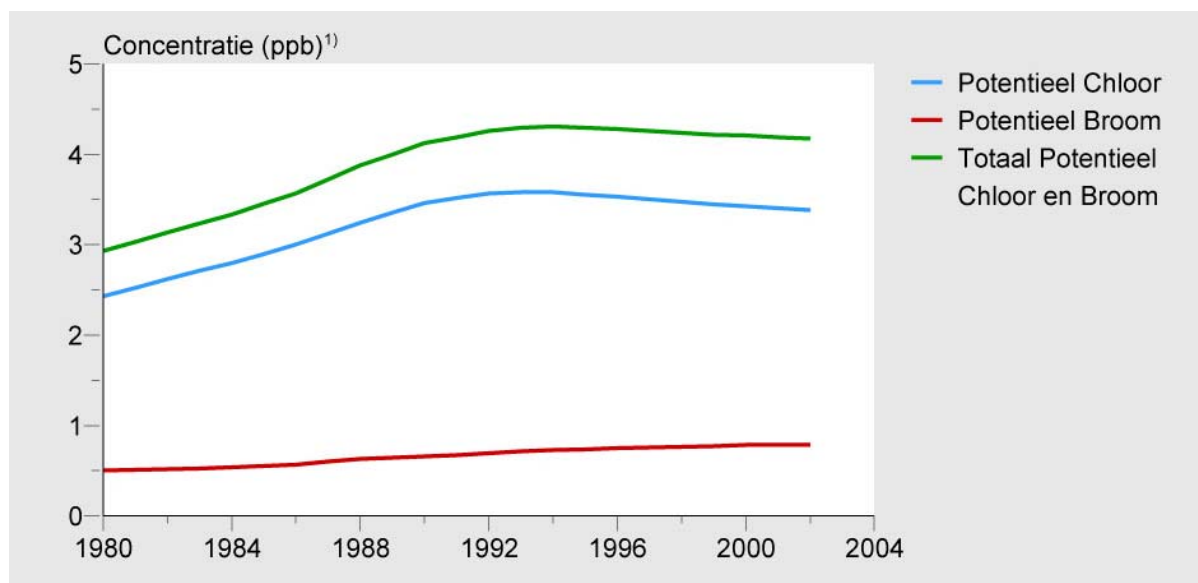
De grootste bijdrage aan de hoeveelheid stikstofverbindingen in de stratosfeer komt van lachgas (N_2O). Dit gas komt voornamelijk van natuurlijke bronnen, maar wordt ook voor een deel door de mens in de atmosfeer gebracht.

Concentraties ozonlaagafbrekende stoffen

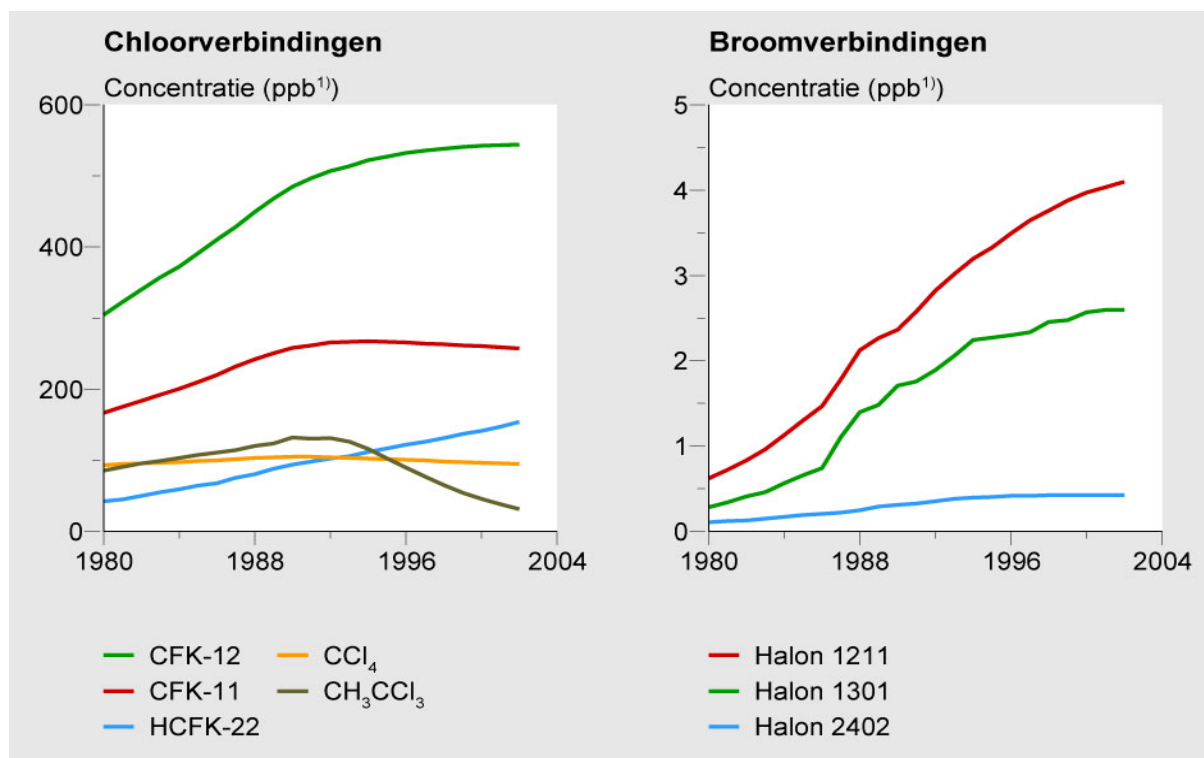
Het potentieelchloorgehalte en -broomgehalte in de troposfeer is een maat voor de hoeveelheid ozonlaagaantastende stoffen, die reeds zijn vrijgekomen maar nog niet in de stratosfeer zijn gearriveerd. Ozonlaagaantastende stoffen bereiken de stratosfeer pas enkele jaren, nadat ze zijn vrijgekomen. Eenmaal in de stratosfeer vallen ze uiteen in kleinere moleculen, die de ozonmoleculen kunnen afbreken. Halonen en CFK's komen nog jaren na productie vrij uit voorraden van bestaande toepassingen.

Het potentieelchloorgehalte in de troposfeer is in het verleden gestegen van een natuurlijk achtergrondniveau van 0,6 ppb tot meer dan 3,5 ppb in 1993 (*Figuur 5*). Sindsdien daalt de concentratie weer langzaam. De daling van het chloorgehalte is een gevolg van in internationaal verband genomen maatregelen die zijn vastgelegd in het Montreal Protocol (UNEP, 1987). Vooral de afname van concentraties methylchloroform (CH_3CCl_3) (*Figuur 6*) heeft gezorgd voor een relatief snelle omslag in potentieelchloorconcentraties in de jaren 1990. De snelheid waarmee potentieel chloor verder zal dalen loopt terug, omdat de andere chloorbevattende stoffen veel langer in de atmosfeer blijven dan methylchloroform.

De concentratie van HCFK's stijgt de laatste jaren sterk (*Figuur 6*), maar de invloed hiervan is nog gering. HCFK's kunnen minder goed dan CFK's de stratosfeer bereiken en zijn dus minder effectief in het afbreken van stratosferisch ozon. Deze HCFK's mogen daarom tijdelijk gebruikt worden als vervanger van CFK's; in geïndustrialiseerde landen uiterlijk tot 2030. Zowel CFK's en HCFK's vallen onder het Montreal Protocol.



Figuur 5 Concentraties van potentieel chloor en broom, 1980- 2002. Bron: Montzka et al. (1999), WMO (2003). De concentraties zijn uitgedrukt in ppb: aantal deeltjes van de betreffende stof per biljoen (=miljard, 10^9) luchtdeeltjes.



Figuur 6 Concentraties van ozonlaagaantastende stoffen in de atmosfeer, 1980-2002. Links: chloorverbindingen. Rechts: broomverbindingen. Bron: Montzka et al. (1999), Oram et al. (1995), Fraser et al. (1999). De concentraties zijn uitgedrukt in ppb: aantal deeltjes van de betreffende stof per biljoen (10^9) luchtdeeltjes.

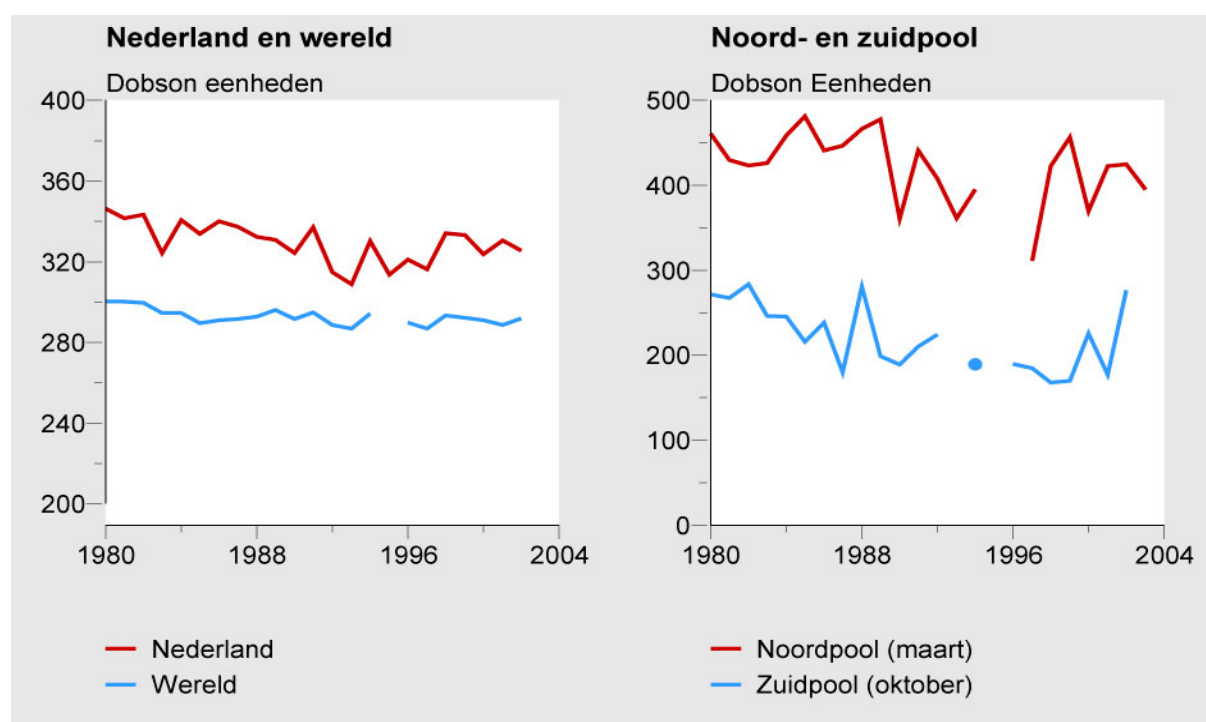
Dikte van de ozonlaag

Sinds 1980 is de dikte van de ozonlaag zowel wereldwijd als boven Nederland afgenomen (Figuur 7). Dit komt door de stijging van de concentratie van stoffen in de atmosfeer die de ozonlaag aantasten. De ozonlaag is vooral dunner geworden in de periode 1980-1990. Sinds het begin van de jaren negentig is de dikte min of meer stabiel gebleven op dit lagere niveau.

In de periode 1997- 2002 was de dikte van de ozonlaag wereldwijd en op gematigde breedten zoals Nederland circa 3% lager dan in de periode voor 1980. De afname in de dikte van de ozonlaag varieert met het seizoen en bedraagt in winter en voorjaar ongeveer 4% en in zomer en herfst zo'n 2%. Vooral bij de polen wordt de ozonlaag sinds 1980 sterk aangetast (Figuur 7). Bij de Zuidpool is er sinds het midden van de jaren negentig geen verdere afname opgetreden. In de maanden september en oktober is de ozonlaag gemiddeld 40- 50% dunner dan voor 1980.

In 2002 heeft de ozonlaag boven de Zuidpool zich afwijkend gedragen; de verdunning was veel minder sterk dan normaal in september en oktober en het 'gat' was sneller verdwenen. Het verschijnsel is waarschijnlijk een gevolg van natuurlijke variaties in windstromingen in de atmosfeer. De daling van de concentraties van stoffen die de ozonlaag aantasten, is namelijk nog te gering om het kleine ozongat in 2002 te verklaren.

In enkele recente jaren met koude winters in het Noordpoolgebied, is ook bij de Noordpool de ozonlaag tot circa 30% dunner geweest. In het algemeen heeft de verdunning bij de Noordpool grotere variaties van jaar op jaar dan die bij de Zuidpool, en is de dikte van de ozonlaag bij de Noordpool groter dan bij de Zuidpool.



Figuur 7 Dikte van de ozonlaag boven Nederland en wereldwijd (links) en boven de Noord- en Zuidpool (rechts), 1980- 2002. Gebaseerd op metingen vanaf de grond in De Bilt (KNMI) en in Ukkel (KMI, België). Overige bron: McPeters et al. (1996). De waarden boven de polen geven een minimumdikte aan en zijn niet direct vergelijkbaar met de voor Nederland en de wereld aangegeven gemiddelde dikte van de ozonlaag. De dikte van de ozonlaag wordt gewoonlijk uitgedrukt in het totaal ozondeeltjes in een verticale luchtkolom en wordt uitgedrukt in Dobson-eenheden. Eén Dobson-eenheid komt overeen met $2,686 \cdot 10^{20}$ ozonmolekulen per m^2 .

Effecten

Het dunner worden van de ozonlaag leidt tot een toename van de ultraviolette(UV)-straling op het aardoppervlak. In Nederland is de totale voor huidkanker relevante UV-belasting de afgelopen 20 jaar met ruim 5% toegenomen. In centraal Europa is de toename van de UV-straling meer: 7- 8% ten opzichte van 1980.

Een toename van de UV-straling heeft schadelijke effecten voor gezondheid en milieu, waaronder extra gevallen van huidkanker. Op termijn kan jaarlijks het aantal personen met huidkanker in Nederland met bijna 2000 toenemen ten opzichte van 1980. Van deze extra gevallen zullen naar schatting per jaar circa 30 tot 40 personen overlijden.

Waarschijnlijk is de piek in de stratosfeer van stoffen die de ozonlaag aantasten nu vrijwel bereikt. Hierdoor kan op termijn herstel van de ozonlaag gaan optreden. Naar verwachting zal dit herstel echter nog niet zichtbaar worden voor 2010. Een volledig herstel zal meer dan 50 jaar duren.

De toename van broeikasgassen in de atmosfeer leidt tot afkoeling van de stratosfeer en kan mogelijk het herstel van de ozonlaag beïnvloeden. De verwachting is dat daardoor ozon minder snel wordt afgebroken in de hogere stratosfeer. Maar door onzekerheid over het effect van afkoeling op ozon in de lagere stratosfeer, is het effect voor de ozonlaag als geheel nog niet goed bekend. Het effect kan zowel positief als negatief zijn (WMO, 2003).

Beleid

Het internationale beleid heeft tot doel het beperken of stopzetting van de productie en het gebruik van stoffen die de ozonlaag aantasten. Dit doel is in 1987 vastgelegd in het Montreal Protocol (UNEP, 1987). De landen die het protocol hebben ondertekend, verplichten zich om vanaf 1996 geen chloorfluorkoolwaterstoffen (CFK's) meer te gebruiken. Voor ontwikkelingslanden geldt deze verplichting vanaf 2010. In het protocol is het gebruik van HCFC's nog een reeks van jaren toegestaan.

Als gevolg van het Protocol is de productie en het gebruik van ozonlaagaantastende stoffen de afgelopen tien jaar wereldwijd sterk gedaald. Het Montreal Protocol is dus een groot succes te noemen. De genomen maatregelen moeten er toe leiden dat de ozonlaag zich gaat herstellen ('dikker' wordt) en terugkeert naar de situatie van rond 1980.

2. Fotochemische luchtverontreiniging

2.1 Ozon

Het aantal dagen met hoge ozonconcentraties - een hoogste 8-uursgemiddelde ozonconcentratie boven $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ - is in 2002, gemiddeld over Nederland, gedaald tot vijf dagen. De streefwaarde -waaraan in 2010 voldaan moet zijn -, laat een overschrijding van 25 dagen toe. In 2002 waren er vijf dagen met matige smog, dwz dagen met een uurgemiddelde ozonconcentratie tussen de 180 en $240 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Voor de bescherming van natuur is een streefwaarde vastgesteld, uitgedrukt in een AOT40 van 18.000 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).uur, gemiddeld over vijf jaar. AOT40 staat voor 'Accumulated Ozone exposure over a Threshold of 40 ppb'. De streefwaarde moet in 2010 zijn bereikt. In 2002 bedroeg de AOT40 gemiddeld over Nederland 4.700 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).uur. Overschrijding van de streefwaarde is nergens opgetreden.

Ozon (O_3) wordt niet als zodanig door de mens in de atmosfeer gebracht. Het wordt onder invloed van zonlicht gevormd uit stikstofoxiden, koolwaterstoffen, Koolstofmono-oxide en methaan. De complexe chemie die aan ozonvorming ten grondslag ligt, leidt er toe dat een afname in de emissie van de genoemde stoffen procentueel een minder dan evenredige afname van de ozonconcentratie tot gevolg heeft. Ozon kan aanleiding geven tot nadelige effecten op de gezondheid van mensen, vegetatie en materialen. Zowel kortdurende blootstelling aan piekconcentraties als langdurige blootstelling aan lagere concentraties zijn hierbij van belang.

De Europese norm voor blootstelling van de bevolking aan hoge ozonconcentraties (EU, 2002) betreft een streefwaarde van $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$, voor de hoogste 8-uurgemiddelde ozonconcentratie per dag. Deze mag in 2010 niet vaker worden overschreden dan 25 dagen per kalenderjaar, gemiddeld over drie jaar. De doelstelling voor de lange termijn, na 2010, is dat deze streefwaarde op geen enkele dag meer wordt overschreden.

De EU heeft de streefwaarde voor 2010 voor ozonconcentraties in lucht gekoppeld aan een maximum toegestane uitstoot per EU-land van de stoffen die bijdragen aan de ozonvorming: vluchtige organische stoffen (VOS) en stikstofoxiden (NO_x). Als blijkt dat de streefwaarden en de doelstellingen voor de lange termijn niet worden gehaald, kan de EU voorstellen om het toegestane maximum van de uitstoot van deze stoffen verlagen.

De AOT40 (Accumulated Ozone exposure over a Threshold of 40 ppb) is een voor de natuur relevante maat om ozonconcentraties in uit te drukken. De AOT40 houdt rekening met zowel de mate van overschrijding van de drempelwaarde van 40 ppb¹ als met de tijdsduur van de overschrijding. De berekening van de AOT40 vindt alleen plaats in de drie zomermaanden mei, juni en juli voor het tijdvak van 8 tot 20 uur (Midden Europese Tijd). De AOT40 wordt uitgedrukt als jaarsom in ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).uur.

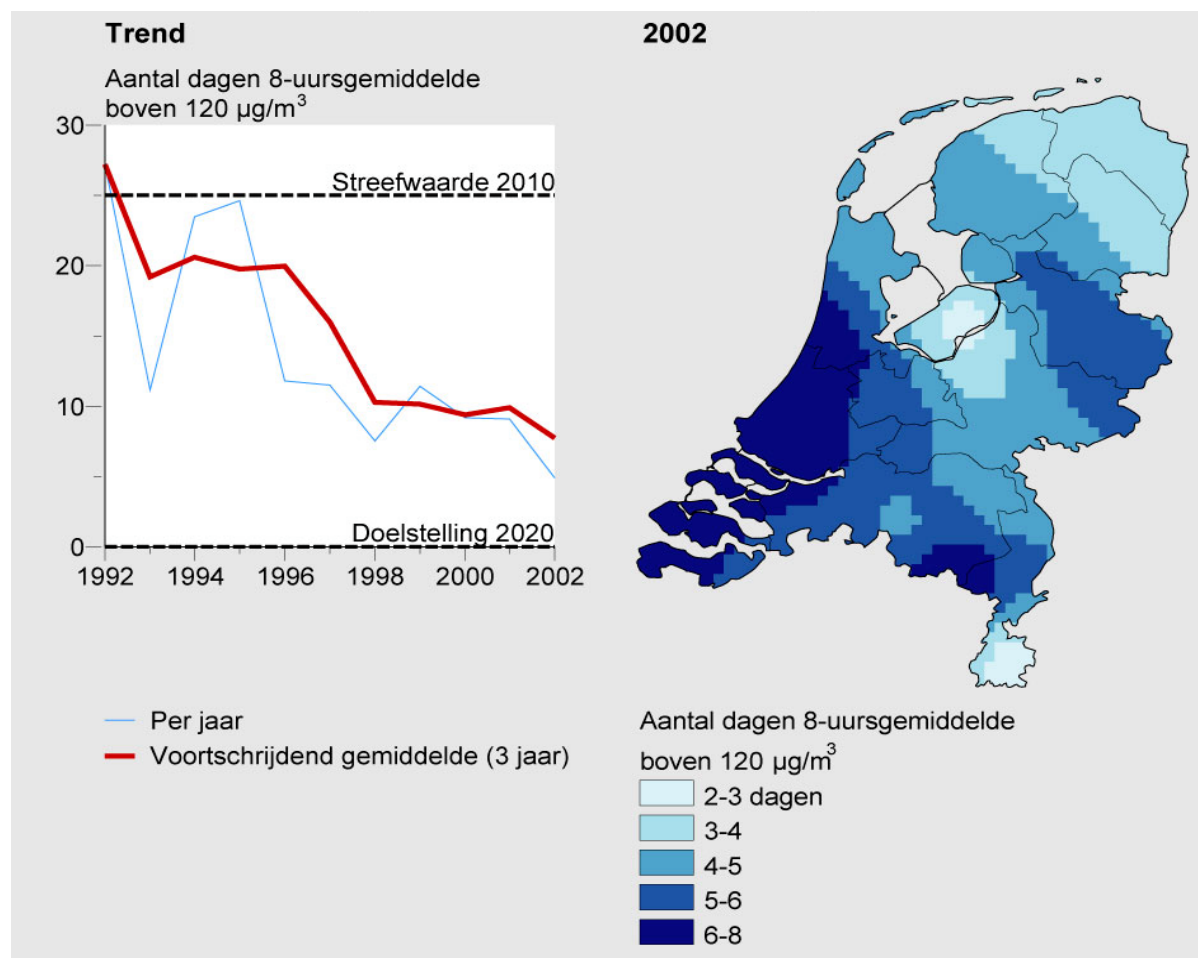
Door de Europese Unie is voor de bescherming van natuur een streefwaarde vastgesteld, uitgedrukt in een AOT40 van 18.000 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).uur, gemiddeld over vijf jaar. Middeling vindt plaats over het betreffende jaar en de vier voorafgaande jaren. De streefwaarde moet in 2010 zijn bereikt. Er is ook een doelstelling vastgesteld voor de lange termijn van 6.000 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).uur over één jaar.

Concentraties

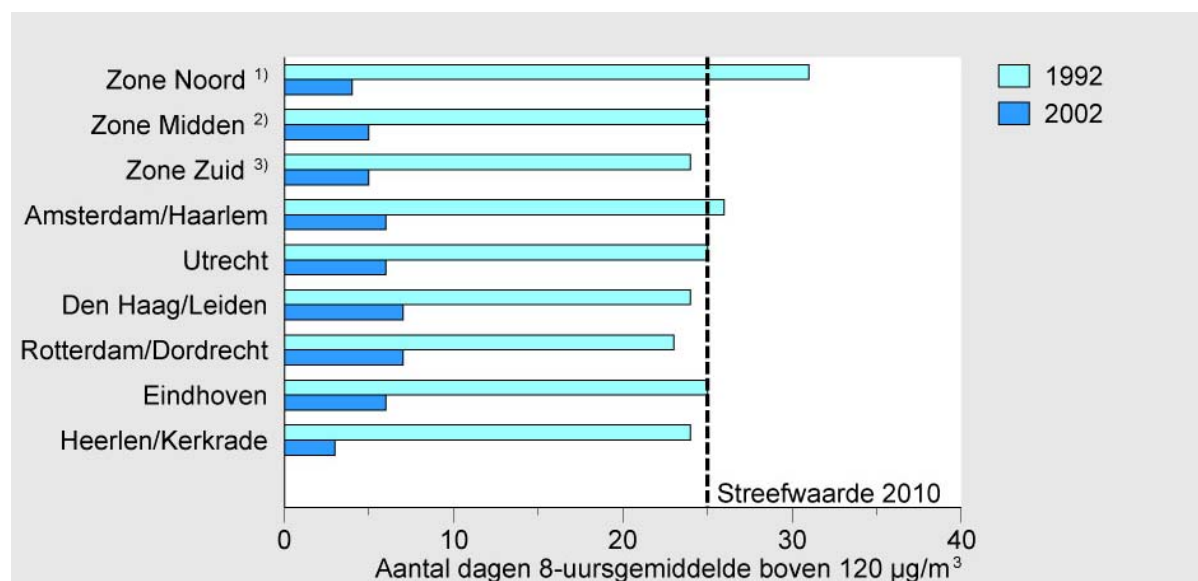
Het aantal dagen met hoge ozonconcentraties - een hoogste 8-uursgemiddelde ozonconcentratie boven $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ - is in 2002, gemiddeld over Nederland, gedaald tot vijf dagen (*Figuur 8*). Het maximum aantal bedroeg negen dagen. De norm van 25 dagen is al geruime tijd niet meer overschreden. Dit beeld bevestigt de aanwijzingen dat hoge ozonconcentraties hier (en elders in Europa) lijken te dalen. De meest waarschijnlijke oorzaak hiervoor is de reductie van de uitstoot van stoffen in Europa waaruit ozon wordt gevormd. De jaarlijkse verschillen in de ozonconcentraties worden mede veroorzaakt door weersverschillen. In jaren met veel zomerse dagen zoals 1994 en 1995, zijn er meer overschrijdingen dan gedurende jaren met minder zomerse dagen zoals het natte 1998. Door over drie jaar te middelen

¹ Komt overeen met $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$ bij 293 K ($\sim 20^\circ\text{C}$) en 101,3 kPa (~ 1 atm).

is de weersinvloed kleiner. Hierdoor is tevens de invloed van het Europese emissiereductiebeleid beter zichtbaar.



Figuur 8 Aantal dagen met een maximaal 8- uurgemiddelde ozonconcentratie boven $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$.



Figuur 9 Aantal dagen met een maximaal 8- uurgemiddelde ozonconcentratie boven $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

1) Noord-Nederland: Groningen, Friesland, Drente, Overijssel, Flevoland. 2002.

2) Midden-Nederland: Noord-Holland, Zuid-Holland, Utrecht, Gelderland.

3) Zuid-Nederland: Zeeland, Noord-Brabant, Limburg.

Smogepisoden

In 2002 waren er vijf dagen met matige smog door ozon. Sinds 1995 zijn er niet meer zoveel smogdagen geweest. Het relatief hoge aantal ozon smog dagen is gerelateerd aan de meteorologisch uitzonderlijke situatie in de zomermaanden met hoge temperaturen en een hoog aantal uren zon.

Gebaseerd op de voorlopige meetresultaten van 2003 blijkt de blootstelling aan ozon dan ook op een aantal plaatsen in Nederland boven de norm voor 2010 van 25 dagen te zijn geweest. Ook in de periode tot 2010 kan bij extreem warm en zonnig weer de norm voor kortdurende blootstelling nog steeds worden overschreden en dus matige of ernstige smog voorkomen (Hammingh *et al.*, 2002).

Klassificering zomersmog

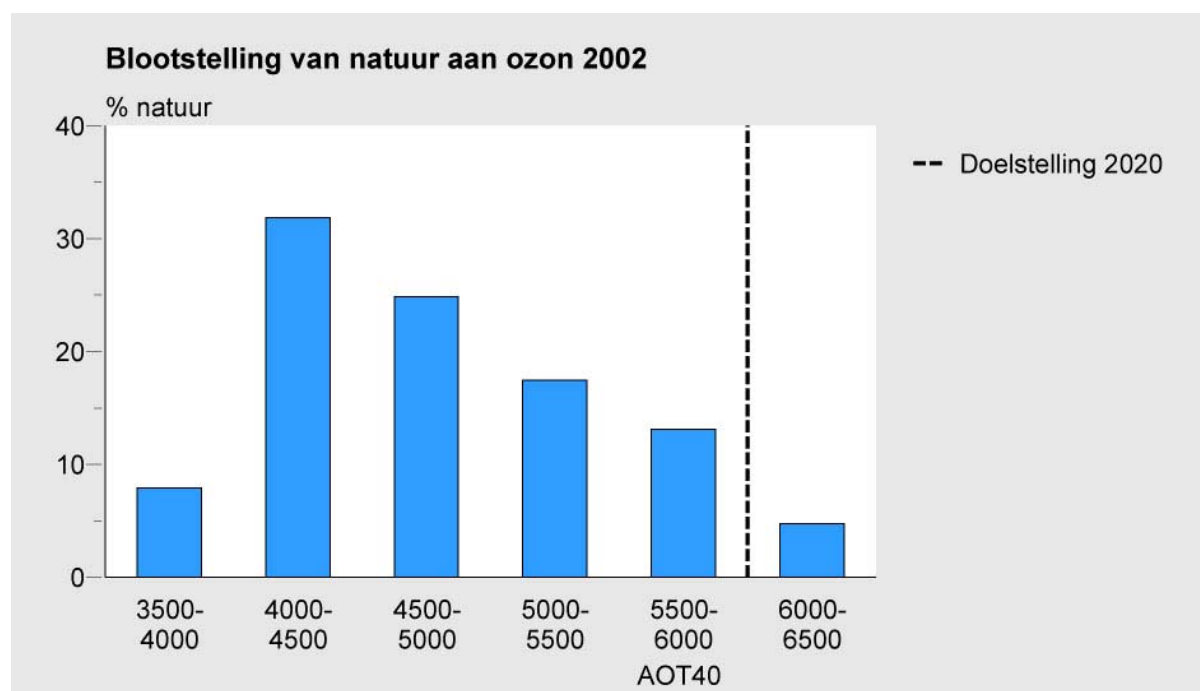
Als maat voor de indeling wordt een uurgemiddelde ozonconcentratie (in $\mu\text{g}/\text{m}^3$) gebruikt. De betreffende fase is ingetreden als op één van de meetstations het gegeven concentratieniveau is overschreden.

Geen of geringe smog	<180
Matige smog	180-240
Ernstige smog	>240

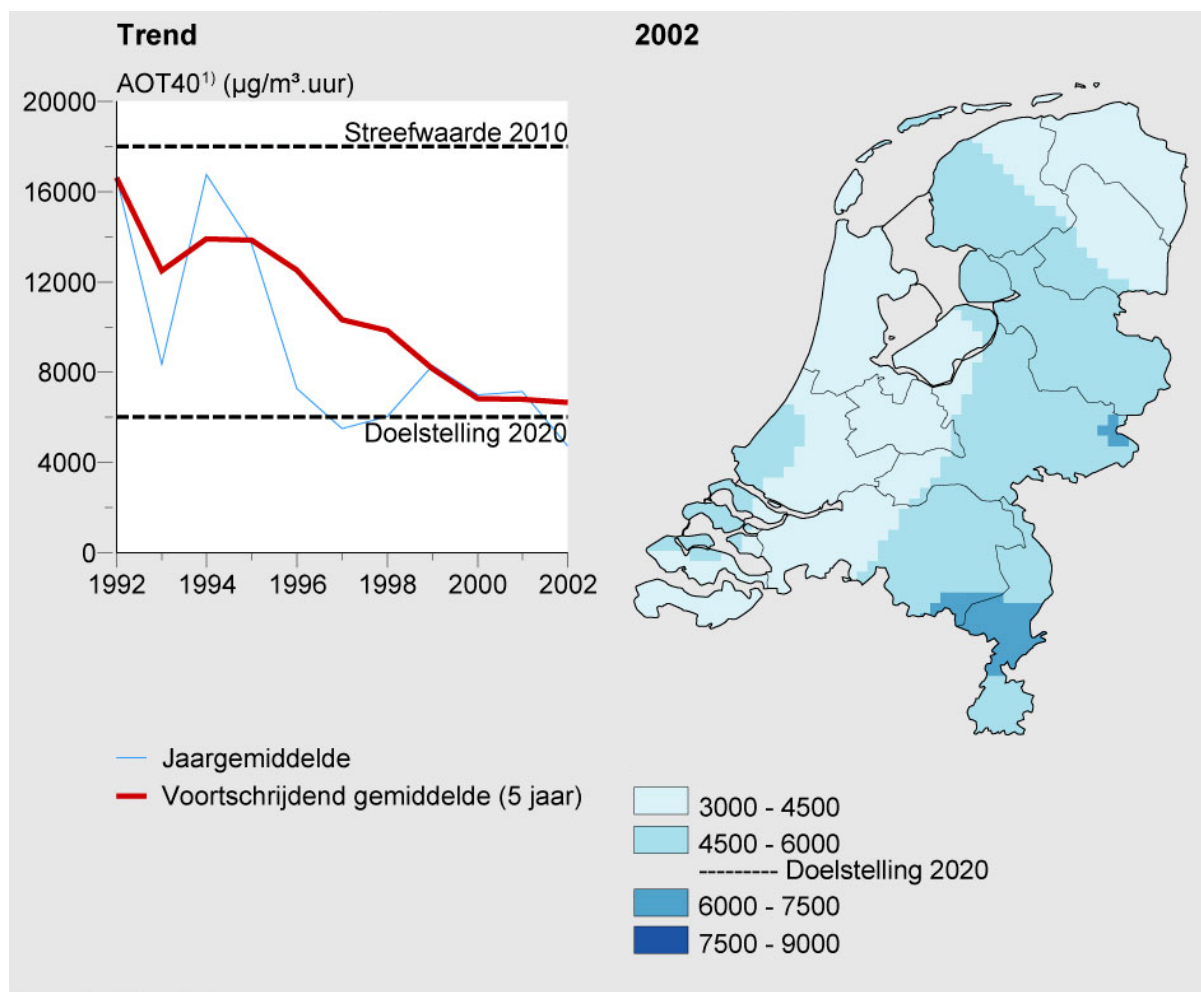
De AOT40

De AOT40 is in 2002 gedaald tot gemiddeld 4.700 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).uur over Nederland (Figuur 9, Figuur 10). In Limburg en het oosten van Nederland kwamen de hoogste waarden voor. De maximale AOT40-waarde in 2002 bedroeg 7.200 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).uur. De streefwaarde van 18.000 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).uur voor 2010 is al geruime tijd niet meer overschreden.

De daling van de AOT40-waarde bevestigt de aanwijzingen dat piekwaarden in de ozonconcentraties in Europa lijken te dalen. De meest waarschijnlijke oorzaak hiervoor is de reductie van de uitstoot van ozonvormende stoffen in Europa. De jaar op jaar fluctuaties in de ozonconcentraties wordt vooral veroorzaakt door weersverschillen van jaar tot jaar. In jaren met veel zomerse dagen, zoals 1994 en 1995, komen vaker hoge ozonconcentraties voor dan gedurende jaren met minder zomerse dagen zoals het natte jaar 1998. Door over vijf jaar te middelen is de weersinvloed kleiner. Hierdoor is ook de invloed van het Europese emissiereductiebeleid beter zichtbaar.



Figuur 10 Blootstelling van de natuur in Nederland aan ozon, uitgedrukt in de AOT 40. De eenheid van de AOT40 is ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).uur



Figuur 11 De AOT40. De eenheid van de AOT40 is ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).uur.

3. Verzurende en vermestende luchtverontreiniging

3.1 Verzurende depositie

De depositie van potentieel zuur in Nederland bedroeg in 2001 gemiddeld 3200 mol zuur/ha. Dit is een daling van 47 % ten opzichte van 1980. Niettemin is doelstelling van 2.300 mol/ha –te bereiken per 2010- hiermee echter nog niet bereikt. Bronnen in Nederland zelf leveren nog steeds de grootste bijdrage tot de depositie van potentieel zuur in Nederland, namelijk 56 % van het totaal. De belangrijkste bijdrage komt van agrarische bronnen in Nederland, namelijk 37 % van het totaal.

Overmatige depositie van zuur, in beleidstermen ‘Verzuring’ genoemd, kan onder andere leiden tot een verandering van de samenstelling van de vegetatie, verminderde bosvitaliteit en achteruitgang in biodiversiteit. In de bodem en het grondwater kan verzuring leiden tot verhoogde gehalten van nitraat (NO_3^-), sulfaat (SO_4^{2-}) en aluminiumionen (Al^{3+}). Daarnaast wordt in de bodem de zuurgraad verhoogd en treedt er ophoping van stikstof (N) in organische stof op. Ook treden nadelige effecten op voor de biodiversiteit in klein oppervlaktewater, zoals vennen. De geoxideerde en gereduceerde stikstofverbindingen dragen tevens bij aan de vermisting van natuurlijke ecosystemen. De verzuringproblematiek is, wat betreft het atmosferische gedeelte, nauw gerelateerd aan de problematiek van de vermisting.

De depositie van zuur is samengesteld uit de depositie van zwaveldioxide, stikstofoxiden, ammoniak en hun atmosferische reactieproducten (aangeduid als respectievelijk SO_x , NO_y en NH_x). Gewoonlijk wordt gesproken van ‘potentieel zuur’, omdat de daadwerkelijke mate van verzuring wordt bepaald door bodemprocessen en de opname van de componenten door planten. De omvang van deze processen kan per ecosysteem verschillen. De depositie van geoxideerde zwavelverbindingen leidt in Nederland meestal volledig tot verzuring, omdat de Nederlandse bodem geheel met zwavel verzadigd is. De depositie van stikstofverbindingen daarentegen leidt maar in beperkte mate tot verzuring (ordegrootte 20 %). De bijdrage van stikstofverbindingen tot potentieel zuur is op dit moment ongeveer 75 %, maar de werkelijke bijdrage zal in de orde liggen van 40 %. Hiervan is 30 % afkomstig van ammoniak en zijn volgproducten en 10 % van geoxideerde stikstofverbindingen. In het *Nationaal Milieubeleidsplan 4* (VROM, 2001) zijn doelstellingen geformuleerd voor de depositie van potentieel zuur en de stikstof. De doelstelling voor de depositie van potentieel zuur is 2.300 mol/ha gemiddeld voor ecosystemen in 2010. Dit betekent een volledige bescherming van 20 % van het areaal natuur in Nederland. De doelstelling voor de depositie van stikstof is 1.650 mol/ha gemiddeld voor ecosystemen in 2010. Dit betekent bescherming van 30 % van het areaal natuur in Nederland.

Deposities

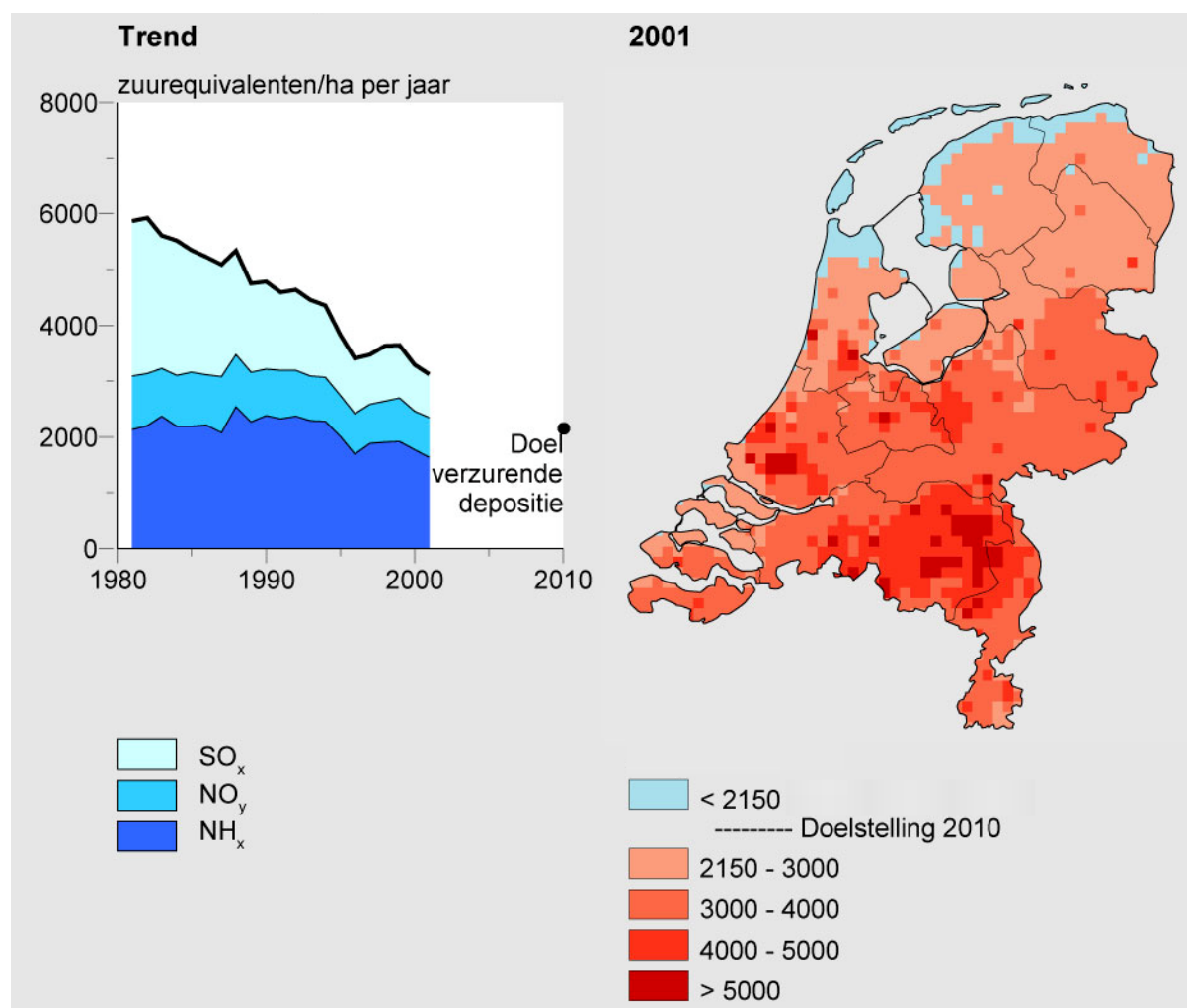
De gemiddelde depositie van potentieel zuur in Nederland bedroeg in 2001 3.200 mol zuur/ha. Hiermee is 10% van de natuur beschermd. De ruimtelijke verdeling van de potentieel zuurdepositie vertoont een grote spreiding. De emissie van ammoniak (NH_3) in gebieden met veel intensieve veehouderij, zoals de Peel, de Gelderse Vallei en delen van de Achterhoek en Twente, zorgt voor een aanzienlijke verhoging van de potentieel zuurdepositie in deze gebieden (*Figuur 12*). De verhoogde depositie in het Rijnmondgebied komt door depositie van zwavelverbindingen uit bronnen uit het gebied zelf.

De gemiddelde depositie van verzurende stoffen is sinds 1980 bijna gehalveerd. In het begin van de jaren tachtig bedroeg de zure depositie nog 6.000 mol/ha, in 2001 was dit net iets minder dan 3.200 mol/ha. De doelstelling voor 2010 van 2.300 mol/ha is hiermee echter nog niet bereikt. De depositie van verzurende stoffen is vooral afgenomen door de sterke reductie van de uitstoot van zwaveldioxide. De emissies van stikstofoxiden en ammoniak zijn minder sterk gedaald. Het relatieve belang van de stikstofverbindingen (ammoniak en stikstofoxiden) in de zuurdepositie, is door deze ontwikkelingen toegenomen van 53 % in 1981 naar 76 % in 2001. De daling in de zure depositie is vooral het gevolg van de sterke reductie van de zwaveldioxide-emissies in binnen- en buitenland sinds 1980. Vóór 1990 namen deze emissies sterk af door overschakeling van kolen op gas door raffinaderijen en energiecentrales. Maatregelen als rookgasontzwavelingsinstallaties hebben geleid tot

een verdere daling van de zwaveldioxide-emissies. De reductie van de emissie in Nederland sinds 1980 bedraagt ruim 80%.

De emissie van stikstofoxiden (NO_x) in Nederland daalde sinds 1980 met meer dan 30%. Deze daling is het resultaat van maatregelen bij verkeer, zoals de invoering van de katalysator aan het eind van de jaren tachtig, industrie en energie.

De emissie van ammoniak (NH_3) door agrarische bronnen in Nederland is in dezelfde periode met 40% gedaald. Vooral de laatste acht jaar hebben emissie beperkende maatregelen voor een daling gezorgd. Tot deze maatregelen behoren verbeterde voersamenstelling, het gebruik van emissiearme stallen, het afdekken van meststilo's en het direct onderwerken van mest bij de aanwending.



Figuur 12 Depositie van potentieel zuur in Nederland. Let op: de gegevens hebben betrekking op het jaar 2001. De eenheid is (mol potentieel zuur/ha)/jaar. De depositieberekeningen zijn voor alle jaren herberekend met het atmosferisch transport- en depositiemodel OPS (Operationeel Prioritaire Stoffen-model). Hierbij is gebruik gemaakt van ruimtelijk gedetailleerde emissiegegevens. De nu gebruikte rekenmethode wijkt af van die van vorige jaren. Voorheen werd de depositie berekend op basis van metingen en werd er bovendien een basische kationencorrectie toegepast. Nu worden de deposities berekend op basis van emissiegegevens, aangevuld met achtergronddeposities. Ook wordt geen basische kationencorrectie meer toegepast. Bovendien is een correctie uitgevoerd voor het ammoniakgat en de natuurlijke achtergronddepositie.

In vergelijking met eerdere publicaties zijn de nieuwe berekeningen van zure depositie 10 tot 15% lager in de jaren '80, vooral als gevolg van lager berekende SO_x-deposities. De laatste jaren daarentegen is de berekende zure depositie ongeveer 10% hoger dan in vorige publicaties. Een rapport over de twee berekeningswijzen en de daaruit voortvloeiende verschillen zal binnenkort verschijnen. NB: De doelstelling is inmiddels bijgesteld van 2.150 naar 2.300 mol ha/jaar.

Herkomst

Bronnen in Nederland zelf leveren nog steeds de grootste bijdrage tot de depositie van potentieel zuur in Nederland, namelijk 51 % van het totaal (*tabel 1*). De belangrijkste bijdrage aan de potentieelzuurdepositie in Nederland komt van agrarische bronnen in Nederland. 89 % van de gereduceerde stikstofverbindingen (NH_x) is hiervan afkomstig. Dit betekent een bijdrage van 33 % aan de depositie van de potentieelzuur.

Bij de berekening is gebruik gemaakt van emissiegegevens voor het jaar 2001. De berekeningen zijn uitgevoerd met het atmosferisch transport- en depositiemodel OPS (Operationeel Prioritaire Stoffen model). Voor het eerst is nu ook rekening gehouden met bronnen op de Noordzee.

Tabel 1 Herkomst van de potentieelzuurdepositie in Nederland, 2001. Het betreft een berekening op basis van langjarig gemiddelde meteorologische gegevens.

	Potentieel zuur	waarvan			
		SO _x	NO _y	NH _x	Overig ¹⁾
		%			
<i>Totaal</i>	<i>100</i>	<i>24</i>	<i>22</i>	<i>51</i>	<i>2</i>
Waarvan Nederland	51	6	8	37	
Noordzee	6	3	2		
Buitenland	34	12	10	12	
Achtergrond	9	3	2	2	2

1) Organische zuren, halogeenzuren

2) Natuurlijke en intercontinentale achtergronddepositie

Beleid

Verzuring van het milieu kan zowel schadelijk zijn voor de gezondheid als voor natuur. Om deze effecten te voorkomen richt het Nederlandse milieubeleid zich op vermindering van de emissie van verzurende stoffen in Nederland en de omringende landen. In internationaal verband hebben 31 landen, waaronder alle EU-lidstaten, afspraken gemaakt over emissieplafonds voor 2010 (het Gothenburg Protocol, UNECE 1999). Op 23 oktober 2001 zijn de EU-lidstaten nationale emissieplafonds overeengekomen, de zogenaamde NEC-richtlijn. De nationale doelstellingen zijn scherper gesteld dan wat er internationaal is afgesproken onder meer om een veiligheidsmarge in te bouwen bij tegenvallers (VROM, 2001).

In de notitie *Erop of eronder* geeft het kabinet invulling aan de EU-richtlijn Nationale Emissieplafonds (VROM, 2003). Het kabinet heeft in die notitie per sector maxima vastgesteld aan de emissies van bovengenoemde stoffen.

Op verzoek van het kabinet heeft het Milieu- en Natuurplanbureau (MNP) van het RIVM de Uitvoeringsnotitie getoetst op doelbereiking en kosteneffectiviteit (Beck *et al.*, 2004). Hieruit blijkt dat het allerminst zeker is dat Nederland de uitstoot van zwaveldioxide en stikstofoxiden (en vluchtige organische stoffen) kan terugbrengen tot onder het niveau van de afgesproken plafonds. Veel beleidsvoornemens zijn namelijk nog onvoldoende geconcretiseerd en geïnstrumenteerd.

3.2 Stikstofdepositie

De stikstofdepositie was in 2001 gemiddeld 2.350 mol stikstof/ha. Dit is een daling van 25 % ten opzichte van 1980. Niettemin is doelstelling van 1.650 mol/ha –te bereiken per 2010- hiermee echter nog niet bereikt. De stikstofdepositie in Nederland stikstof komt voor 66 % uit Nederlandse bronnen. De Nederlandse agrarische sector draagt 47 % bij aan de totale stikstofdepositie.

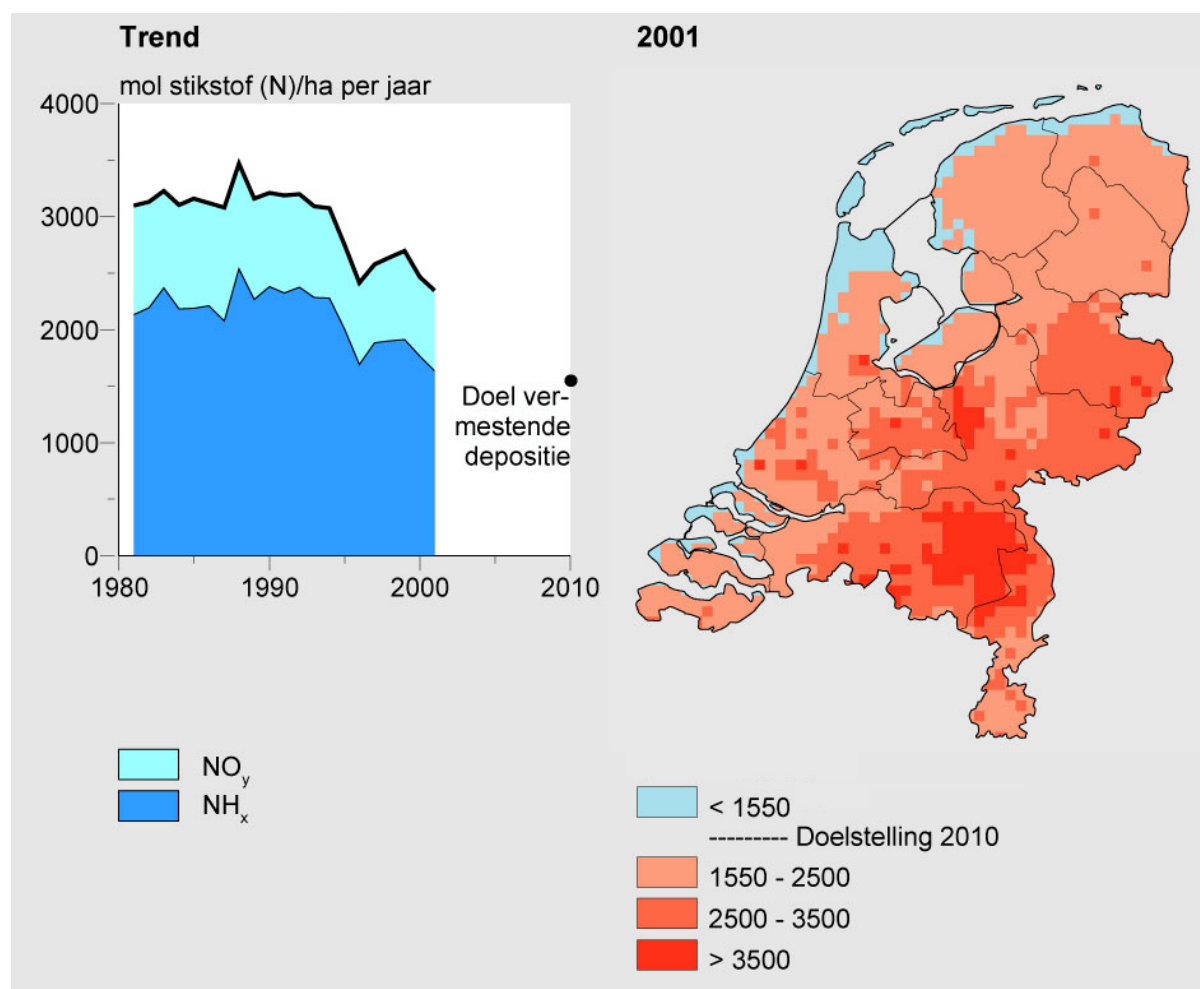
Een overschot aan de voedingstoffen stikstof (N), fosfor (P) en kalium (K) in het milieu wordt aangeduid met vermessing (= eutrofiëring). Ecologische processen raken door vermessing ontregeld. Gebruiksfuncties van grondwater, oppervlaktewater en bodem verminderen. Voorbeelden van effecten van vermessing zijn: vergrassing van heidevelden; achteruitgang van het aantal plantensoorten die kenmerkend zijn voor voedselarme milieumomstandigheden; overmatige algenbloei in oppervlaktewateren; de stijging van de nitraatconcentratie in het grondwater. Vermesting op landbouwgronden ontstaat door het gebruik van dierlijke mest en kunstmest. In natuurgebieden

is de atmosferische depositie van stikstofverbindingen de enige bron van vermisting. De bijdrage van de atmosferische depositie van fosfor en kalium is verwaarloosbaar. Bij de huidige depositie-niveaus worden de nadelige effecten van de vermestende (stikstof) depositie groter geacht dan de verzurende effecten.

Deposities

De depositie van stikstof lag tot een aantal jaren terug vrijwel onveranderd rond 3.000 mol stikstof/ha. De laatste jaren echter is de depositie van stikstof gedaald tot een niveau van gemiddeld 2.350 mol/ha. Een lichte daling van de depositie van geoxideerde stikstofverbindingen (NO_y) en een recente vermindering in de depositie van gereduceerde stikstofverbindingen (NH_x) heeft geleid tot een afname van de stikstofdepositie. De depositie van stikstof wordt voor 66 % veroorzaakt door Nederlandse bronnen. De Nederlandse agrarische sector draagt 52 % bij aan de totale stikstofdepositie. De emissie van ammoniak (NH_3) in gebieden met veel intensieve veehouderij, zoals de Peel, de Gelderse Vallei en delen van de Achterhoek en Twente zorgt voor een aanzienlijke verhoging van de stikstofdepositie in deze gebieden (Figuur 13).

De doelstelling voor de stikstofdepositie is 1.650 mol zuur/ha gemiddeld voor de Nederlandse natuur voor het jaar 2010. Deze doelstelling betekent een volledige bescherming van 30 % van het natuurareaal in Nederland (Beck *et al.*, 2001). De doelstelling is gebaseerd op kritische depositieniveaus voor verschillende soorten natuur.



Figuur 13 Stikstofdepositie in Nederland. Let op: de gegevens hebben betrekking op het jaar 2001. De depositie wordt uitgedrukt in (mol stikstof/ha).jaar. De berekeningen zijn uitgevoerd met het atmosferisch transport- en depositiemodel OPS (Operationeel Prioritaire Stoffen- model) waarbij gebruik gemaakt wordt van ruimtelijk gedetailleerde emissiegegevens. NB: De doelstelling is inmiddels bijgesteld van 1.550 naar 1.650 mol ha/jaar.

3.3 Ammoniak

De landelijk gemiddelde berekende ammoniakconcentratie 2001 was in 2001 5,3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Sinds het begin van de metingen in 1993 zijn de ammoniakconcentraties met zo'n 30 % afgenomen.

Ammoniak (NH_3) is de meest voorkomende basische (=zuurneutraliserende) component in de atmosfeer. Zure atmosferische componenten, zoals salpeterzuur (HNO_3) en zwavelzuur (H_2SO_4), worden door ammoniak geneutraliseerd onder vorming van ammoniumzouten. De depositie van ammoniak en zijn reactieproducten – samen aangeduid als NH_x – levert een bijdrage aan de vermisting van bodem- en oppervlaktewater en voor een deel tevens aan de verzuring van de bodem. De omvang van de bijdrage van de depositie aan de verzuring in de bodem hangt af van de mate waarin ammonium in nitraat wordt omgezet (de zogenaamde nitrificatie) en de vorm waarin stikstof door planten wordt opgenomen (RIVM, 2000). Naast indirecte effecten zijn er ook directe effecten van ammoniak op planten. Zo kan een verhoogde vorstgevoeligheid optreden bij blootstelling aan zeer hoge ammoniakconcentraties (Van der Eerden, 1992).

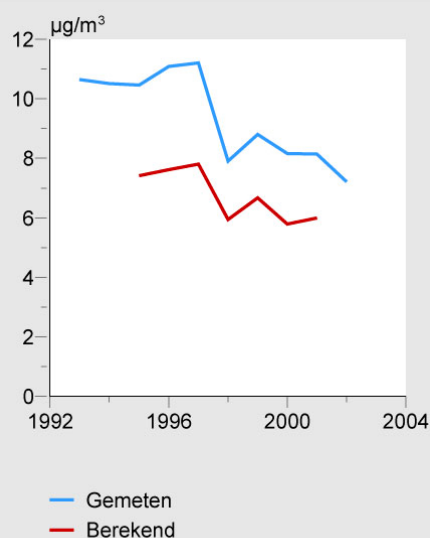
Concentraties

De landelijk gemiddelde berekende ammoniakconcentratie 2001 was in 2001 5,3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. In 1995 was dit nog 7,7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. De hoogste concentraties zijn te vinden in de directe nabijheid van belangrijke emissiegebieden (Figuur 14). Dit zijn vooral de gebieden met intensieve veehouderij zoals de Gelderse Vallei, de Peel en de Achterhoek. Metingen van de ammoniakconcentratie laten in de periode van 1993-1997 geen daling van de ammoniakconcentratie zien. Daarna dalen de concentraties wel. De sterke daling in 1998 wordt veroorzaakt door het zeer natte najaar waardoor meer ammoniak 'uitregende' en de concentratie in de lucht is verlaagd, maar ook doordat er minder mest uitgereden is. De landbouw is met een bijdrage van 90% de belangrijkste bron voor ammoniakemissie.

Het ammoniakgat

De berekende concentraties zijn lager dan de gemeten concentraties. Dit verschil tussen metingen en berekeningen bedraagt ongeveer 25 tot 30 % en wordt ook wel het *ammoniakgat* genoemd. Onderzoek naar de oorzaken van het *ammoniakgat* richt zich op een verbetering van de emissieschattingen van aangewende mest en van de beschrijving van de droge depositie. Om de berekende concentraties weer in overeenstemming te brengen met de gemeten concentraties, zijn de berekende concentraties gecorrigeerd met behulp van meetresultaten. De meetresultaten zijn afkomstig van het Landelijk Meetnet Luchtkwaliteit.

De trendfiguur (rechts) toont het gemiddelde van de concentraties zoals die gemeten zijn op de meetpunten in het Landelijk Meetnet Luchtkwaliteit ('Gemeten') en zoals berekend voor die locaties ('Berekend'). Het verschil wordt het 'ammoniakgat' genoemd.



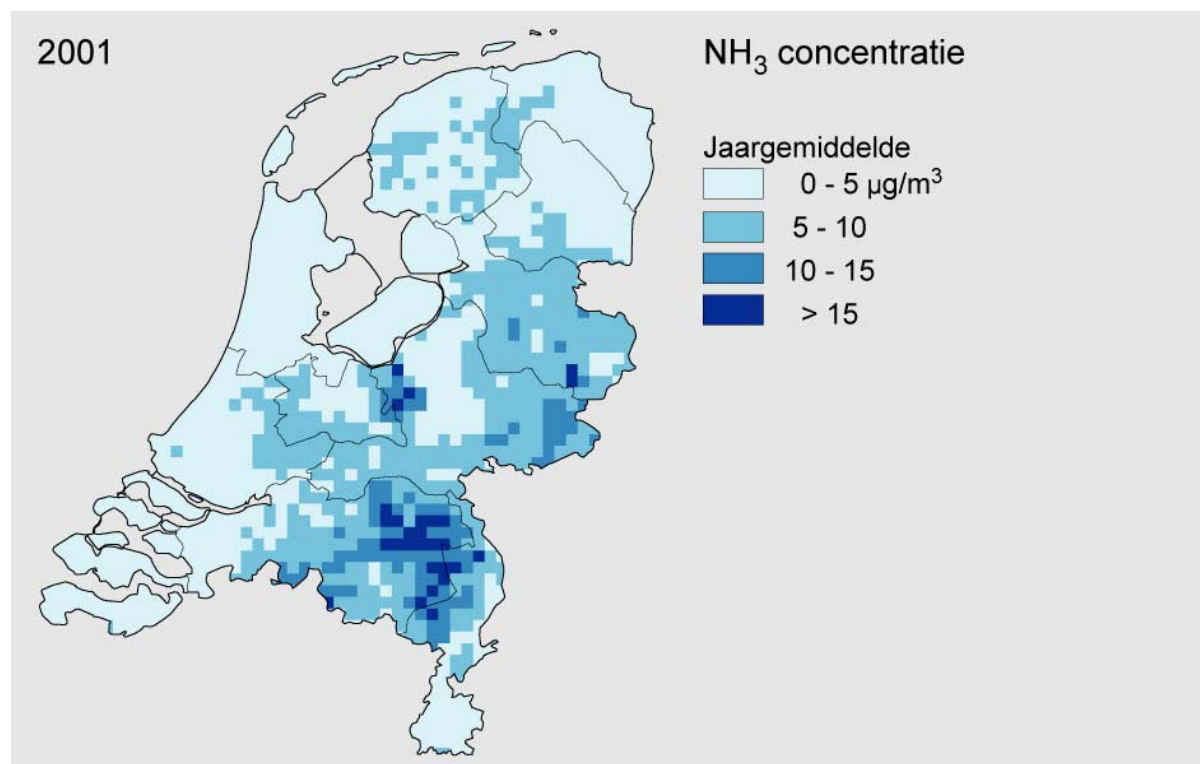
Effecten

Ammoniak levert een bijdrage aan de vermisting van bodem- en oppervlaktewater en aan de verzuring van de bodem. Directe effecten van ammoniak op planten, zoals verhoogde vorstgevoeligheid, zijn bekend, maar treden pas op bij, zeer plaatselijk voorkomende, hoge concentraties.

Beleid

Ammoniak draagt bij aan depositie van zuur en stikstof. De doelstelling voor de zuurdepositie is 2.300 mol zuur per hectare in 2010. Voor stikstofdepositie in 2010 bedraagt de doelstelling 1.650 mol stikstof per hectare per jaar (Beck *et al.*, 2001). Om de doelen voor de depositie te bereiken probeert de overheid de emissie van verzurende stoffen te verminderen. Voor ammoniak is het beleid vooral

gericht op middelvoorschriften om de emissie uit stallen, mestopslagen en bij mesttoediening te beperken. De laatste jaren is veel nieuw beleid ingezet dat aangrijpt op de ammoniakemissie.



Figuur 14 Ammoniakconcentraties in Nederland. Let op: de gegevens hebben betrekking op het jaar 2001.

3.4 Stikstofdioxide

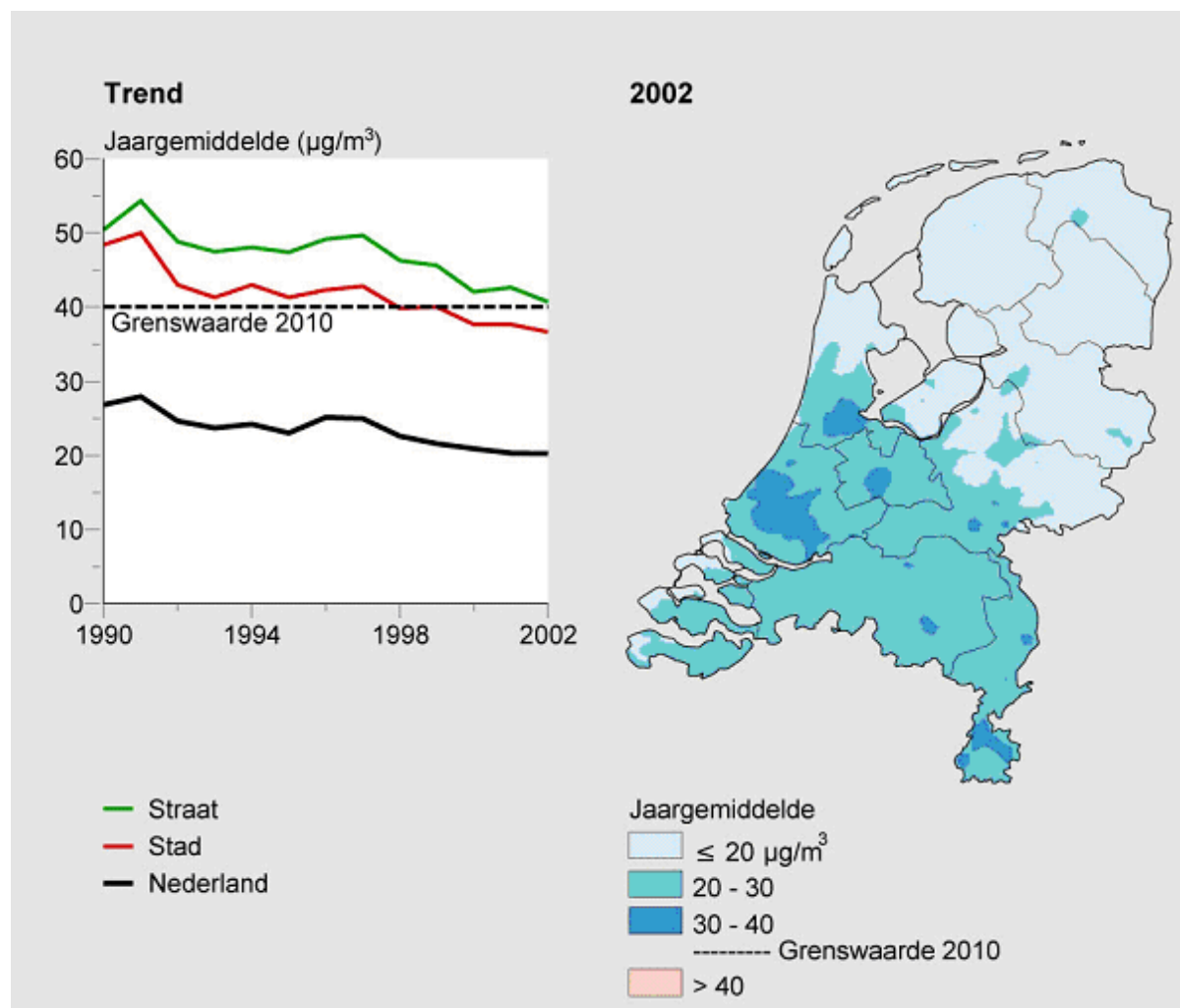
De norm voor jaargemiddelde stikstofdioxideconcentraties (40 µg/m³, waar in 2010 aan voldaan moet worden) wordt alleen nog langs drukke verkeerswegen overschreden. De norm voor piekconcentraties van stikstofdioxide (een uurgemiddelde 200 µg/m³, mag niet meer dan 18 x per jaar worden overschreden) is in Nederland in 2002 niet overschreden.

Emissie van stikstofoxiden (NO_x) naar lucht vindt voornamelijk plaats bij verbrandingsprocessen. Stikstofoxiden bestaan uit een mengsel van stikstofdioxide (NO₂) en stikstofmono-oxide (NO). Nadelige effecten bij mens en ecosystemen van vooral de fractie stikstofdioxide treden op bij kortdurende blootstelling aan hoge niveaus en bij chronische blootstelling aan lage niveaus. Naast directe effecten zijn er ook indirecte effecten op mens en ecosystemen. Stikstofoxiden dragen bij aan de vorming van troposferisch ozon (zie ook hoofdstuk 2, *Fotochemische luchtverontreiniging*), terwijl de depositie van stikstofoxiden en atmosferische volgproducten een aandeel leveren in de verzuring en vermisting van bodem en oppervlaktewater. Ter beperking van effecten zijn normen vastgesteld voor de concentraties in lucht. Per 19 juli 2001 zijn de nieuwe normen van de Europese Unie opgenomen in de Nederlandse wetgeving (Staatsblad, 2001). Op 1 januari 2010 moet aan de hierin genoemde grenswaarden worden voldaan. De norm voor de blootstelling van de bevolking aan piekconcentraties van stikstofdioxide geldt een grenswaarde van 200 µg/m³ voor het uurgemiddelde stikstofdioxideconcentraties. Deze waarde mag niet vaker dan 18 maal per kalenderjaar worden overschreden. De norm voor langdurende blootstelling van de bevolking geldt een grenswaarde van 40 µg/m³ voor de jaargemiddelde stikstofdioxideconcentratie. Op 1 januari 2010 moet aan de grenswaarden worden voldaan. Tot dat moment gelden plandrempels, die jaarlijks afnemen tot de grenswaarde is bereikt in 2010. In 2002 was de plandrempeel voor de jaargemiddelde stikstofdioxideconcentratie 56 µg/m³ en voor de uurwaarde 280 µg/m³. Voor de bescherming van vegetatie geldt een grenswaarde van 30 µg/m³ voor de jaargemiddelde concentratie van stikstofoxiden.

Jaargemiddelde concentraties

De jaargemiddelde concentratie van stikstofdioxide (NO_2) bleef in 2002 in het overgrote deel van Nederland onder de norm van $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Figuur 15). Overschrijdingen traden alleen op langs drukke verkeerswegen. In steden lagen de concentraties op locaties, die niet gelegen zijn in een drukke verkeersstraat of nabij een snelweg, onder de norm. De hoogste concentraties worden waargenomen op de zogenaamde straatstations in het Landelijk Meetnet Luchtkwaliteit (LML).

In 1990 lag nog voor 5% van het Nederlandse oppervlak de stikstofdioxide concentratie boven de huidige norm. Dit betrof vooral stedelijke gebieden. De afname van de stikstofdioxideconcentratie in de afgelopen tien jaar met gemiddeld 2% per jaar is het resultaat van emissiebeperkende maatregelen bij verkeer, industrie en energie. De daling in emissies van stikstofoxiden door verkeer, onder andere door strengere eisen aan emissies door motorvoertuigen, wordt echter voor een deel weer tenietgedaan door de toename van het aantal gereden kilometers.

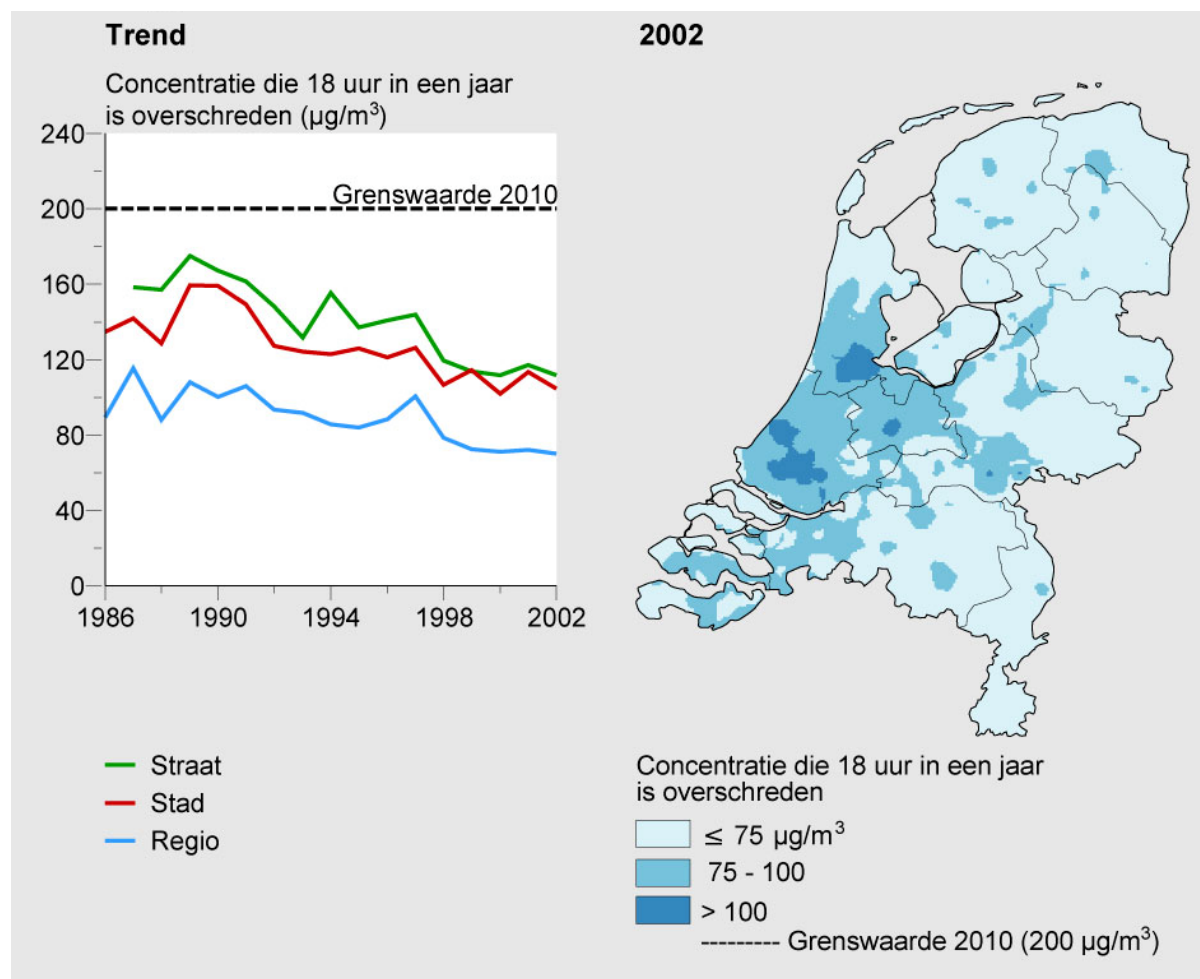


Figuur 15 Jaargemiddelde stikstofdioxideconcentraties in Nederland, 2001. Het ruimtelijk beeld is gebaseerd op meetresultaten van stikstofdioxide van de regionale stations van het Landelijk Meetnet Luchtkwaliteit, waarbij met rekenmodellen verkregen kennis is gebruikt ter interpolatie van de meetresultaten.

Piekconcentraties

De norm voor de uurgemiddelde stikstofdioxideconcentratie wordt in Nederland niet overschreden. Incidenteel komt het voor dat één à twee keer per jaar uurwaarden van rond $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ worden bereikt. Zo steeg in 2002 de concentratie op twee stadsstations en een straatstation gedurende een uur boven de $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$. De norm staat toe dat de grens van $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ maximaal 18 uur per jaar wordt overschreden. In 1994 is dat, op een tweetal straatstations, voor het laatst waargenomen. De concentratie die op 18 uur gedurende een jaar is overschreden, daalde de afgelopen 10 jaar gemiddeld

met 2,5 % per jaar. De stikstofdioxideconcentratie die op 18 uren is overschreden, is het hoogst in de Randstad (figuur 14). Dit valt te verwachten, omdat daar de jaargemiddelde concentratie ook het hoogst is.



Figuur 16 Piekconcentraties van stikstofdioxide in Nederland. Het ruimtelijk beeld is gebaseerd op meetresultaten van stikstofdioxide van de regionale stations van het Landelijk Meetnet Luchtkwaliteit, waarbij met rekenmodellen verkregen kennis is gebruikt ter interpolatie van de meetresultaten.

Effecten

Nadelige effecten bij mens en ecosystemen van stikstofdioxide treden op bij kortdurende blootstelling aan hoge niveaus van stikstofdioxide en ook bij langdurige blootstelling aan lage niveaus van stikstofdioxide. Effecten van verkeersemisies op de gezondheid worden steeds aannemelijker. Stikstofdioxide wordt hierbij gezien als een indicator van het mengsel van (deeltjesvormige) luchtverontreiniging, dat voornamelijk afkomstig is uit uitlaatgassen van het verkeer. Effecten zoals afname van de longfunctie kunnen op grote schaal onder de bevolking voorkomen. Andere effecten zoals toename van astma-aanvallen, ziekenhuisopnamen, hart- en vaatziekten en vroegtijdige sterfte komen minder vaak voor en betreffen vaak mensen met een zwakkere gezondheid. Effecten op de natuur zijn bladschade als gevolg van omzetting van stikstofoxiden in het bladvocht in stikstofverbindingen. Daarnaast vindt in de atmosfeer omzetting plaats van stikstofdioxide naar nitraat, waarmee een bijdrage wordt geleverd aan de verzuring en vermisting van bodem en oppervlaktewater.

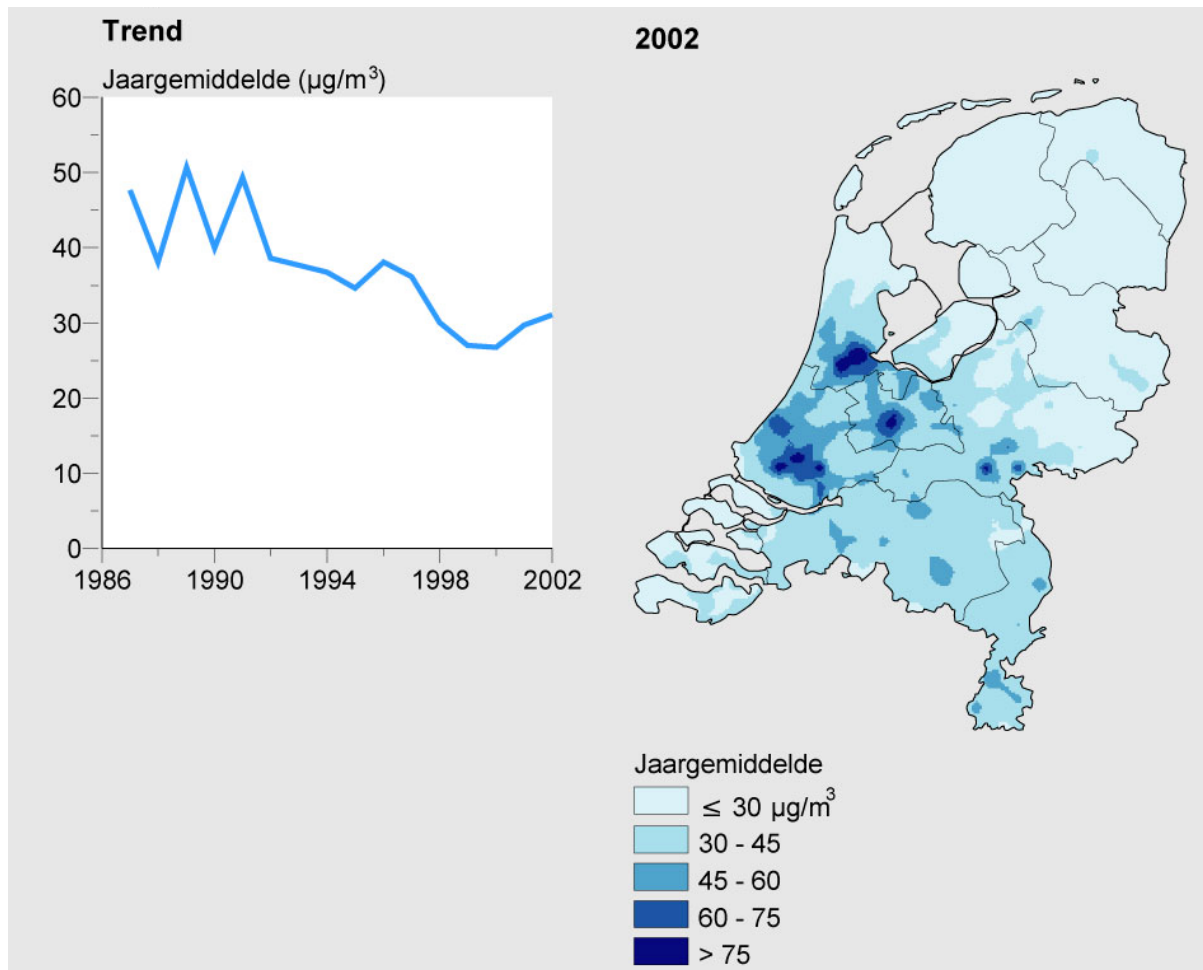
3.5 Stikstofoxiden

Ter bescherming van natuur tegen langdurige blootstelling aan stikstofoxiden wordt een norm gehanteerd voor de jaargemiddelde stikstofoxidenconcentratie van $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Alhoewel de gemiddelde stikstofoxidenconcentratie in 2002 $31 \mu\text{g}/\text{m}^3$ gemiddeld voor Nederland bedroeg, treedt geen normoverschrijding op. Dit komt, omdat de norm alleen van toepassing is op gebieden met een oppervlak van ten minste 1000 km^2 die op een afstand van minimaal vijf kilometer van bebouwing, inrichtingen of autosnelwegen zijn gelegen. In Nederland zijn dergelijke gebieden alleen in het noorden van het land te vinden waar de stikstofoxidenconcentratie ruim onder de $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ liggen

Ter bescherming van natuur tegen langdurige blootstelling aan stikstofoxiden (NO_x), heeft de Europese Unie een grenswaarde vastgesteld voor de jaargemiddelde stikstofoxidenconcentratie (EU, 1999). Deze grenswaarde van $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (uitgedrukt in stikstofdioxide [NO_2]) is van toepassing op gebieden met een oppervlak van ten minste 1000 km^2 die op een afstand van minimaal vijf kilometer van bebouwing, inrichtingen of autosnelwegen zijn gelegen (Staatsblad, 2001). In Nederland zijn dergelijke gebieden alleen in het noorden van het land te vinden.

Concentraties

De EU-norm is in 2002 niet overschreden. De jaargemiddelde stikstofoxidenconcentratie daalde in de afgelopen tien jaar met gemiddeld 3% per jaar tot $31 \mu\text{g}/\text{m}^3$ gemiddeld voor Nederland. Dit is het resultaat van maatregelen bij de doelgroepen verkeer, industrie en energie. De daling in emissies van stikstofoxiden (NO_x) door verkeer, onder andere door strengere eisen aan emissies door motorvoertuigen, wordt voor een deel tenietgedaan door toename van het aantal gereden kilometers. Natuurgebieden waarop de norm voor stikstofoxiden van toepassing is, liggen in het noorden van het land. In deze natuurgebieden treedt geen overschrijding op (*figuur 15*). Van het natuurareaal in het overig deel van Nederland werd in 2002 naar schatting 50 % van het oppervlak blootgesteld aan stikstofoxidenconcentraties hoger dan $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$.



Figuur 17 Jaargemiddelde stikstofoxidenconcentraties in Nederland, 2001. Het ruimtelijk beeld is gebaseerd op meetresultaten van stikstofoxiden van de regionale stations van het Landelijk Meetnet Luchtkwaliteit, waarbij met rekenmodellen verkregen kennis is gebruikt ter interpolatie van de meetresultaten.

3.6 Zwaveldioxide

De jaargemiddelde concentratie van zwaveldioxide bedroeg in 2002 2,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Dit is een daling met 70% ten opzichte van 1992. De normen ter bescherming van de menselijke gezondheid (350 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ voor de uurgemiddelde concentratie mag niet vaker dan 24 keer per kalenderjaar worden overschreden, 125 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ voor de daggemiddelde concentratie mag niet vaker dan drie keer per kalenderjaar worden overschrijden) worden al sinds vele jaren niet meer overschreden.

Emissie van zwaveldioxide (SO_2) naar de lucht vindt voornamelijk plaats bij gebruik van zwavelhoudende brandstoffen. Hoge zwaveldioxideconcentraties hebben negatieve effecten op mens, dier en plant. De atmosferische depositie van zwaveldioxide en atmosferische volgproducten draagt bij aan de verzuring van ecosystemen. Ter bescherming van de mens en ecosystemen tegen de directe effecten van blootstelling aan zwaveldioxide zijn normen vastgesteld voor de concentraties in lucht. In deze paragraaf worden normen gehanteerd voor de beschrijving van blootstelling van mens en ecosystemen aan zwaveldioxide. Er zijn twee normen voor de bescherming van de mens tegen de effecten van kortstondige blootstelling aan zwaveldioxide. De grenswaarde van 350 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ voor de uurgemiddelde concentratie mag niet vaker dan 24 keer per kalenderjaar worden overschreden. De grenswaarde van 125 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ voor de daggemiddelde concentratie mag niet vaker dan drie keer per kalenderjaar worden overschrijden. De norm voor de bescherming van ecosystemen tegen de effecten van chronische blootstelling is de grenswaarde van 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ die geldt voor het gemiddelde van het kalenderjaar en het winterhalfjaar.

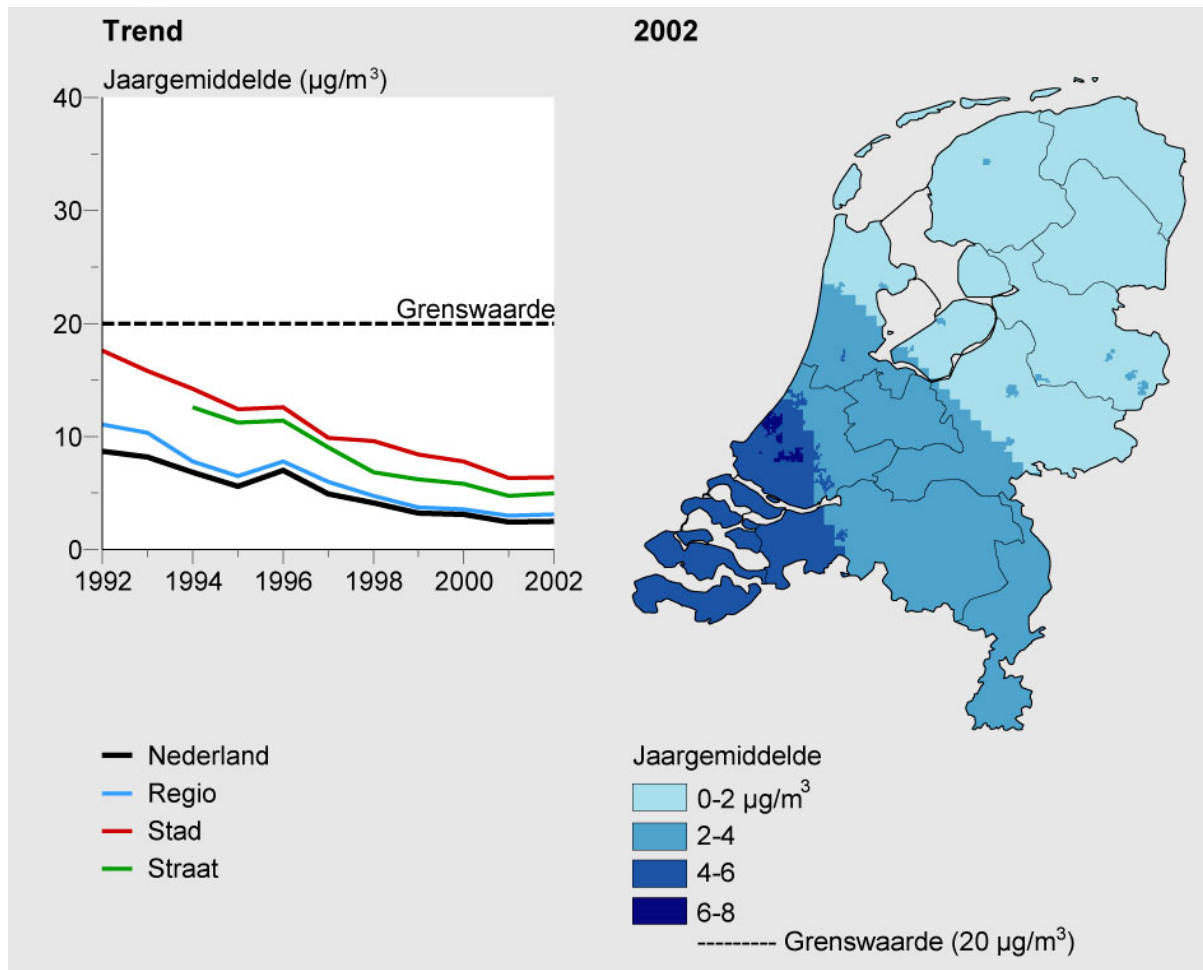
Jaar- en winterhalfjaar gemiddelde concentraties

De jaargemiddelde concentratie van zwaveldioxide (SO_2) is in 2002 verder afgenomen tot 2,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (Figuur 18). De grenswaarde voor de zwaveldioxideconcentratie ter bescherming van ecosystemen, 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ als jaargemiddelde en als winterhalfjaargemiddelde (Figuur 19), is in 2002 nergens in Nederland overschreden. De jaargemiddelde concentratie daalde over de afgelopen tien jaar met ongeveer 7 % per jaar. Dit is het gevolg van emissiereducties in binnen- en buitenland bij de belangrijkste bronnen van zwaveldioxide, zoals elektriciteitscentrales, raffinaderijen en verkeer. De concentraties in de winter zijn licht verhoogd door een aantal processen die samenhangen met de lagere temperaturen: verhoogde aanvoer door continentale windrichtingen, hogere emissies door ruimteverwarming, een minder gunstige atmosferische verspreiding en een lagere depositie van zwaveldioxide als er sneeuw ligt. De hoogste niveaus werden in het Rijnmondgebied, Zeeland en in het zuidwesten van Noord-Brabant waargenomen. Ze hangen samen met de lokale industrie, scheepvaart en mogelijk ook de nabijheid van bronnen in het westen van Vlaanderen.

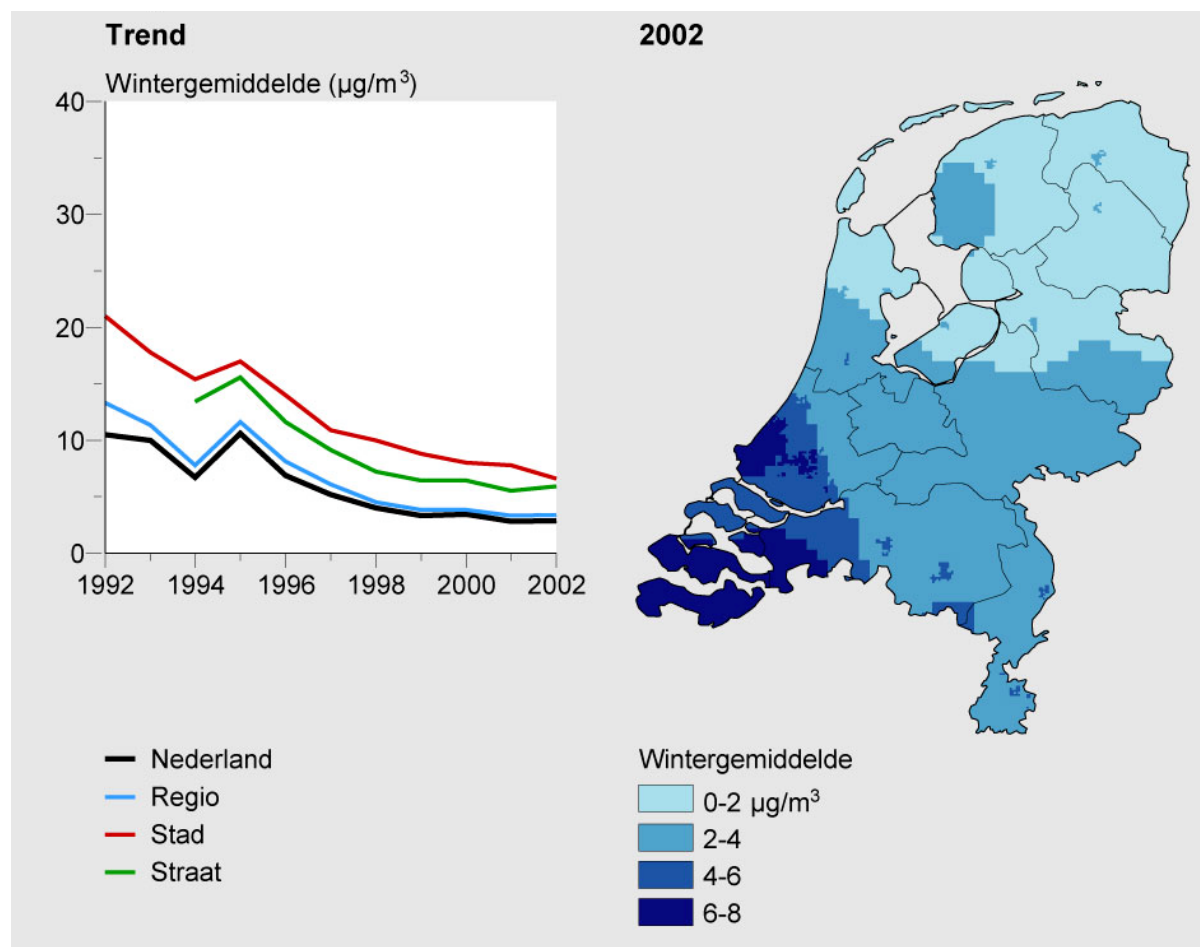
De norm voor kortdurende blootstelling van de bevolking aan zwaveldioxide (125 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) wordt in Nederland al jaren niet meer overschreden. De piekconcentraties zijn ten opzichte van 1992 verder afgenomen. De hoogste concentraties waaraan de bevolking wordt blootgesteld, worden in 2002 nog steeds waargenomen bij agglomeraties in de nabijheid van industrieën, zoals Rotterdam/Dordrecht nabij de regio Rijnmond (Figuur 20, Figuur 21).

Beleid

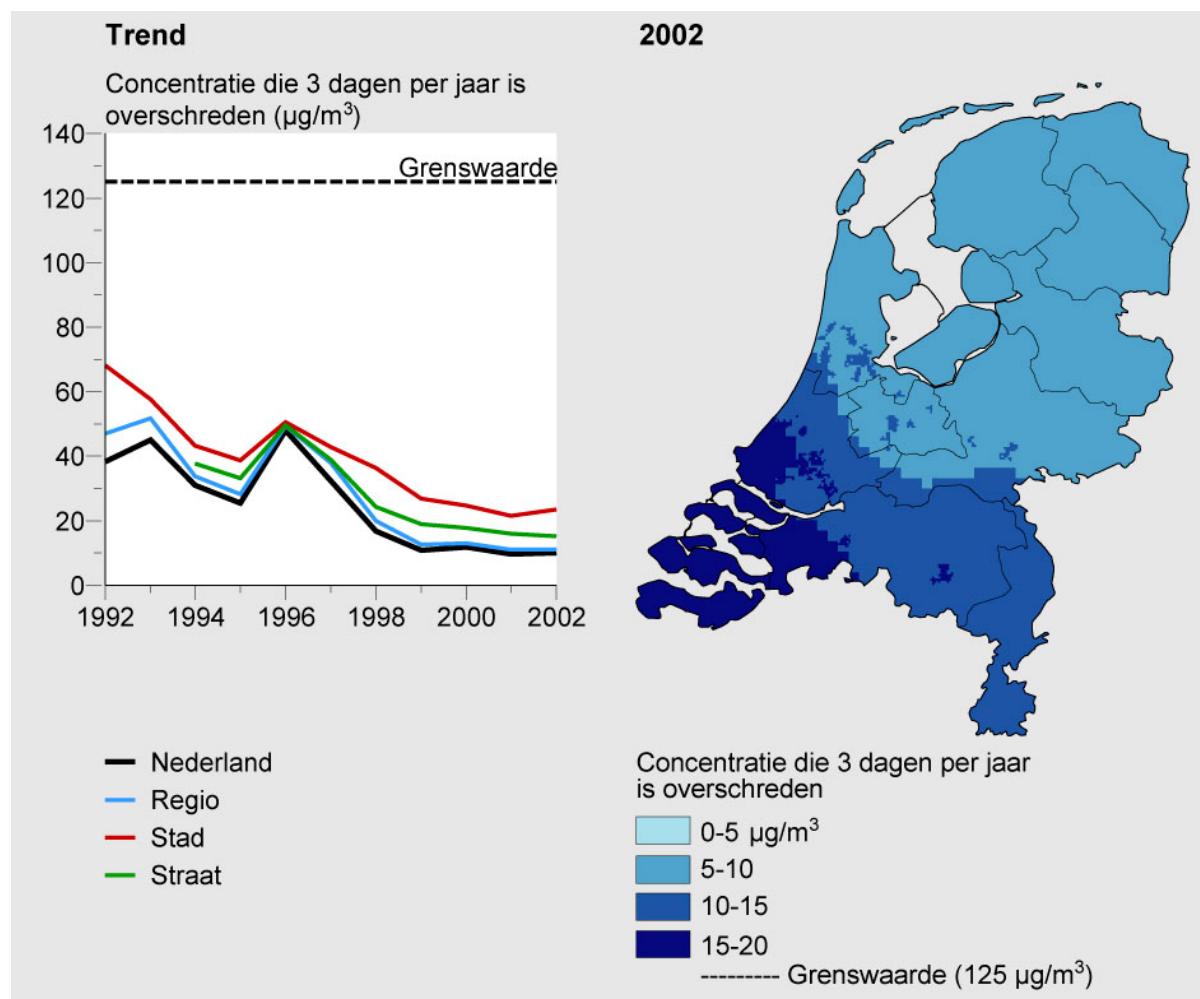
De EU heeft naast de grenswaarden voor luchtconcentraties ook een maximum aan de uitstoot van zwaveldioxide per EU-land (Nationaal Emissie Plafond; NEC) vastgesteld. Indien blijkt dat de streefwaarden en langetermijndoelstellingen niet gehaald worden, kan de EU voorstellen om het emissieplafond voor zwaveldioxide aan te scherpen. Het Clean Air For Europe (CAFE) programma staat deze geïntegreerde beleidsaanpak voor.



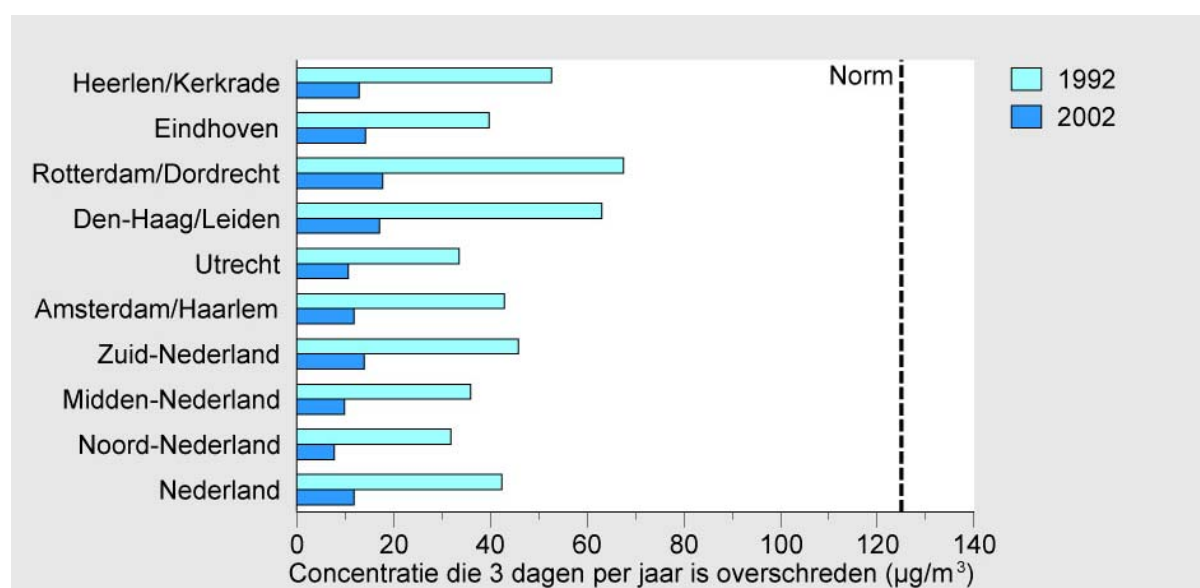
Figuur 18 Jaargemiddelde zwaveldioxideconcentraties in Nederland, 2002. Het ruimtelijk beeld is gebaseerd op meetresultaten van zwaveldioxide van de regionale stations van het Landelijk Meetnet Luchtkwaliteit, waarbij met rekenmodellen verkregen kennis is gebruikt ter interpolatie van de meetresultaten.



Figuur 19 Winterhalfjaargemiddelde zwaveldioxideconcentraties in Nederland, 2002. Het ruimtelijk beeld is gebaseerd op meetresultaten van zwaveldioxide van de regionale stations van het Landelijk Meetnet Luchtkwaliteit, waarbij met rekenmodellen verkregen kennis is gebruikt ter interpolatie van de meetresultaten.



Figuur 20 Piekconcentraties van zwaveldioxideconcentraties in Nederland, 2002. Het ruimtelijk beeld is gebaseerd op meetresultaten van zwaveldioxide van de regionale stations van het Landelijk Meetnet Luchtkwaliteit, waarbij met rekenmodellen verkregen kennis is gebruikt ter interpolatie van de meetresultaten.



Figuur 21 Piekconcentraties van zwaveldioxide in de zones en agglomeraties in 2002.
Zuid-Nederland: Zeeland, Noord-Brabant, Limburg. Midden-Nederland: Noord-Holland, Zuid-Holland, Utrecht, Gelderland. Noord-Nederland: Groningen, Friesland, Drente, Overijssel, Flevoland. 2002.

4. Deeltjesvormige luchtverontreiniging

4.1 Fijn stof

De jaargemiddelde concentratie van fijn stof (PM₁₀) bedroeg in 2001, gemiddeld over Nederland, 31 µg/m³. De grenswaarde van 40 µg/m³ voor de jaargemiddelde concentratie van fijn stof -waar in 2005 aan voldaan moet worden- wordt nog in een beperkt aantal stedelijke gebieden in Nederland overschreden. De norm voor kortdurende blootstelling (50 µg/m³, daggemiddelde, overschrijding niet meer dan 35 dagen per jaar, moet in 2005 aan voldaan worden) wordt bijna in geheel Nederland overschreden.

De termen zwevend stof en PM₁₀, ook wel aangeduid met fijn stof, worden gebruikt voor de massa van de zwevende deeltjes (Particulate Matter) in de atmosfeer met een (aërodynamische) diameter van 10 µm of kleiner. Deze deeltjes kunnen door de mens worden ingeademd en gezondheidseffecten veroorzaken. Naar schatting 1700 vroegtijdige sterfgevallen in het jaar 2000 worden in verband gebracht met luchtverontreiniging door fijn stof (Buringh *et al.*, 2002). Deze gezondheidseffecten zullen vooral voorkomen bij personen met een zeer zwakke gezondheid. Minder zware effecten, zoals luchtwegklachten kunnen algemeen in de bevolking –en dus bij veel mensen –optreden. De causale factor en de biologische mechanismen achter de gezondheidseffecten zijn nog onbekend.

Fijn stof kan opgebouwd gedacht worden uit een primaire en een secundaire fractie. De primaire fractie wordt direct door menselijk handelen, maar ook door natuurlijke processen in de lucht gebracht. De belangrijkste door mensen veroorzaakte uitstoot komt van transport, industrie en landbouw en bij de natuurlijke bronnen zijn zeezoutaërosol en opwaaiend bodemstof van belang. Het secundaire deel wordt in de atmosfeer gevormd door chemische reacties van gassen, waarbij vooral ammoniak (NH₃), stikstofoxiden (NO_x), zwaveldioxide (SO₂) en vluchtige organische koolwaterstoffen (VOS) een rol spelen. Het grootste deel van de door mensen veroorzaakte fijnstofconcentratie komt uit het buitenland, maar in dicht bevolkte gebieden zorgt de bijdrage van Nederlandse bronnen voor een verhoging van het concentratieniveau.

De chemische samenstelling en grootteverdeling van de deeltjes die samen aangeduid worden als fijn stof kan sterk wisselend zijn. Voor de gezondheidseffecten kan geen enkele fractie volledig worden uitgesloten, maar sommige fracties (primair aërosol gerelateerd aan verbrandingsprocessen) lijken van groter belang te zijn voor gezondheidseffecten dan andere fracties (zeezout, secundaire aërosolen en bodemstof). Ondanks alle onzekerheden is het bestrijdingsbeleid voor fijn stof daarom gericht op kosteneffectieve maatregelen in onder andere de transport- en industriële sector. Het terugdringen van secundaire deeltjes is een gevolg van het verzuringsbeleid.

Concentratieberekeningen met verspreidingsmodellen, op basis van bekende door de mens veroorzaakte emissies, leveren ongeveer de helft van de gemeten regionale fijnstofconcentraties. Met behulp van metingen is gevonden dat de andere fractie voor een groot deel afkomstig is van natuurlijke bronnen, opwervend straatstof en een grootschalige bijdrage welke niet gemodelleerd worden. Daardoor is een redelijk sluitende balans van de herkomst van fijn stof opgesteld (Visser *et al.*, 2001).

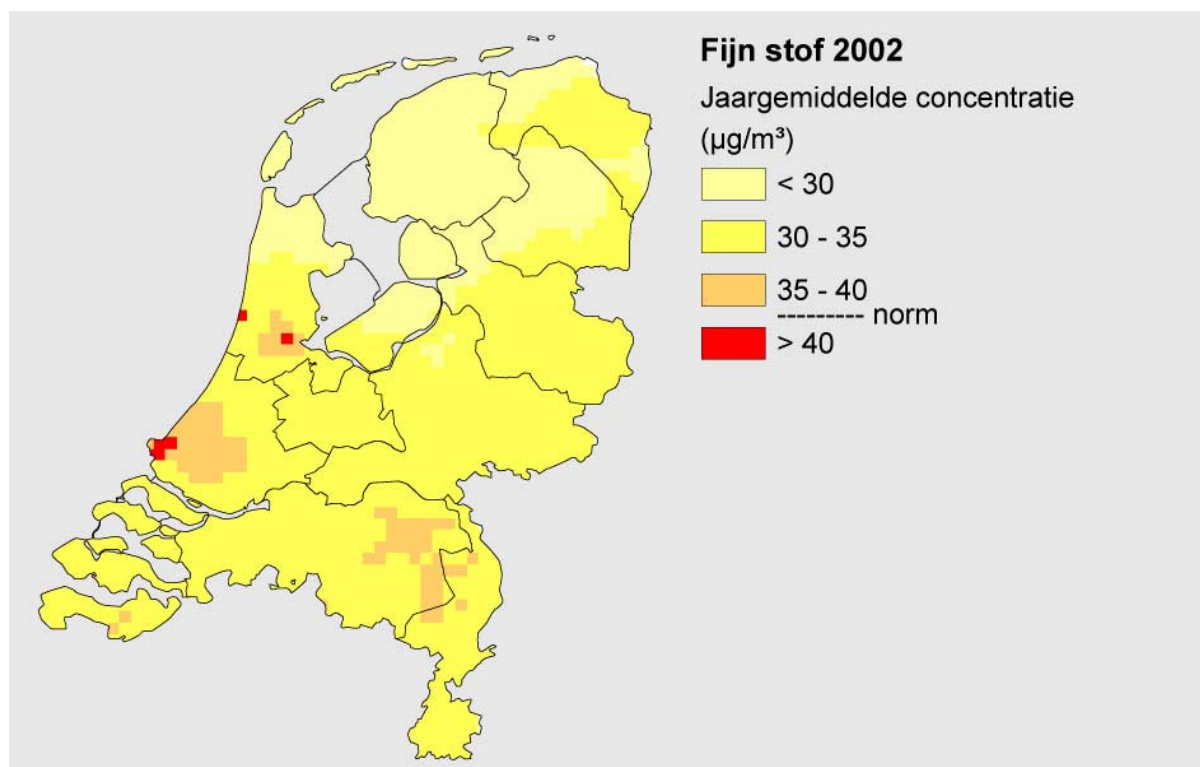
De norm voor kortdurende blootstelling van de bevolking betreft een grenswaarde van 50 µg/m³ voor het daggemiddelde die niet vaker dan 35 dagen per kalenderjaar mag worden overschreden. De nieuwe grenswaarde voor langdurige blootstelling van de bevolking is 40 µg/m³ voor het jaargemiddelde. Op 1 januari 2005 moet aan de nieuwe grenswaarden worden voldaan.

Alle gepresenteerde concentraties zijn verkregen door meetwaarden van de apparatuur te vermenigvuldigen met een voorlopige factor van 1,33 om op gemiddelde basis te corrigeren voor een systematische onderschatting van de gebruikte meetapparatuur. Uit oriënterend onderzoek is gebleken dat deze factor op regionale meetstations gewoonlijk lager ligt en op stedelijke meetstations meest hoger (Van Putten *et al.*, 2002).

Jaargemiddelde

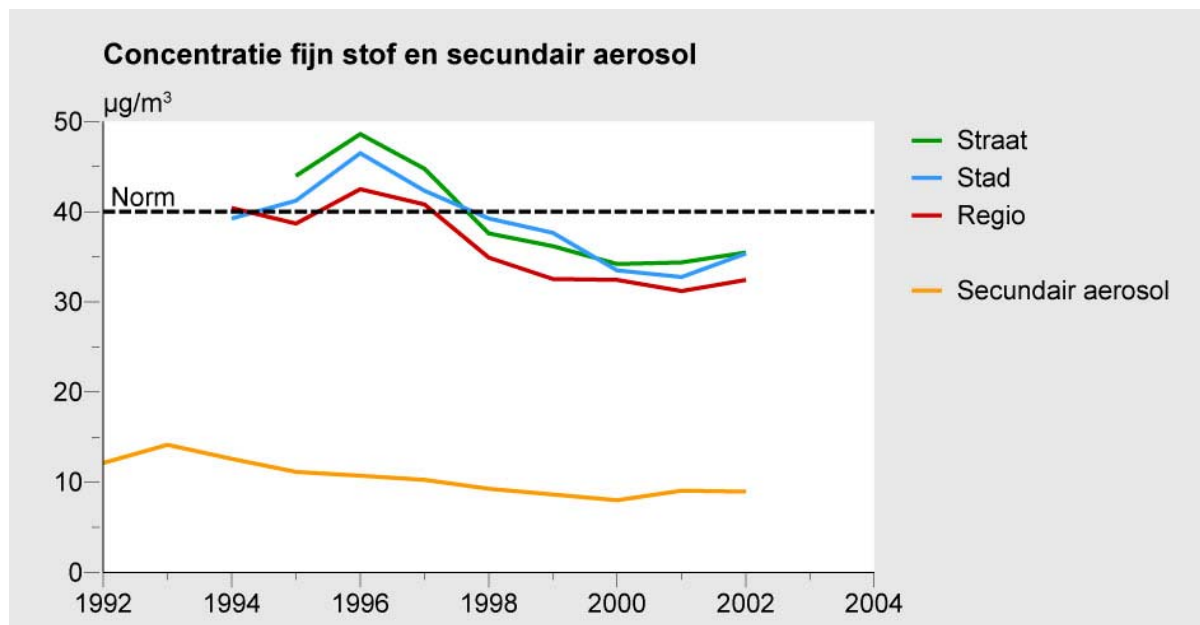
De jaargemiddelde concentratie van fijn stof (PM₁₀) bedroeg in 2001, gemiddeld over Nederland, 31 µg/m³ (Figuur 22). De grenswaarde van 40 µg/m³ voor de jaargemiddelde concentratie van fijn stof wordt nog in een beperkt aantal stedelijke gebieden in Nederland overschreden. Concentraties tot 50 µg/m³ komen daar voor. De concentratie neemt vanuit het noorden naar het zuiden toe door de

toenemende invloed van bronnen in Nederland en het aangrenzende buitenland. Uit metingen blijkt, dat de jaargemiddelde concentratie van fijn stof gemiddeld is gedaald van $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ in het begin van de jaren negentig tot minder dan $35 \mu\text{g}/\text{m}^3$ in 2001 (Figuur 23). De concentraties in steden en in straten zijn enkele $\mu\text{g}/\text{m}^3$ hoger dan in de regio.



Figuur 22 Jaargemiddelde concentraties van fijn stof (PM_{10}), 2001. Het ruimtelijk beeld is gebaseerd op de meetresultaten van fijn stof van de regionale stations van het Landelijk Meetnet Luchtkwaliteit, waarbij met rekenmodellen verkregen kennis is gebruikt ter interpolatie van de meetresultaten.

NB: deze figuur geldt in tegenstelling tot de resterende figuren over fijn stof voor het jaar 2001.

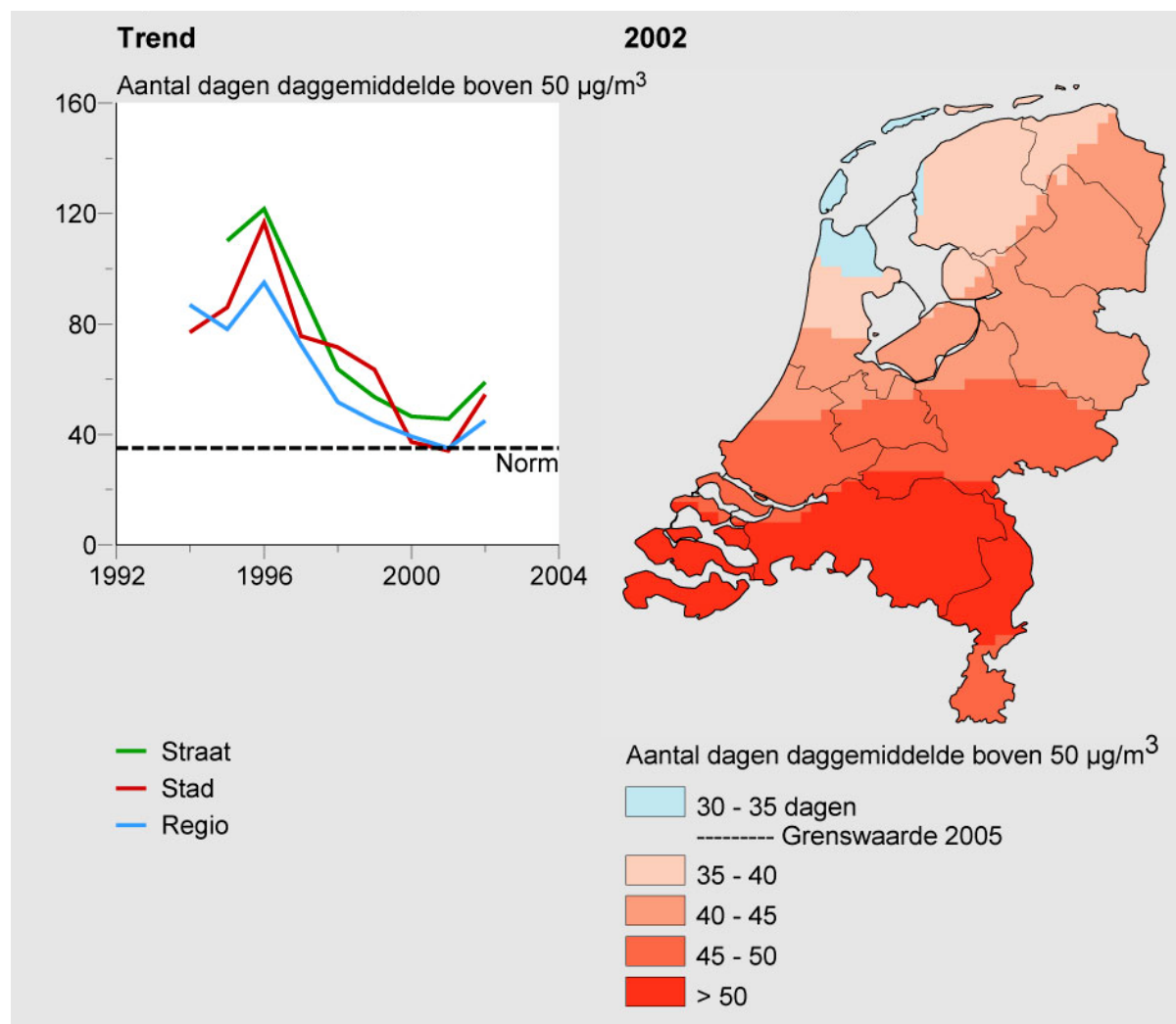


Figuur 23 Jaargemiddelde fijnstof- en secundaire aerosolconcentraties, 1994-2002. Secundaire aerosol is één van de bestanddelen van fijn stof. Zie verder tekst voor uitleg.

Daggemiddelde

Naast een EU norm voor het jaargemiddelde is er ook een norm voor het daggemiddelde. De daggemiddelde fijnstofconcentratie van $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ mag (met ingang van 2005) niet meer dan 35 dagen per jaar overschreden worden. In 2001 werden gemiddeld over Nederland 35 overschrijdingen waargenomen. In de zuidelijke provincies zijn meer overschrijdingen waargenomen ten opzichte van het gemiddelde en in de noordelijke provincies minder (Figuur 24). Het blijkt verder dat het aantal overschrijdingen van de norm voor fijn stof afneemt.

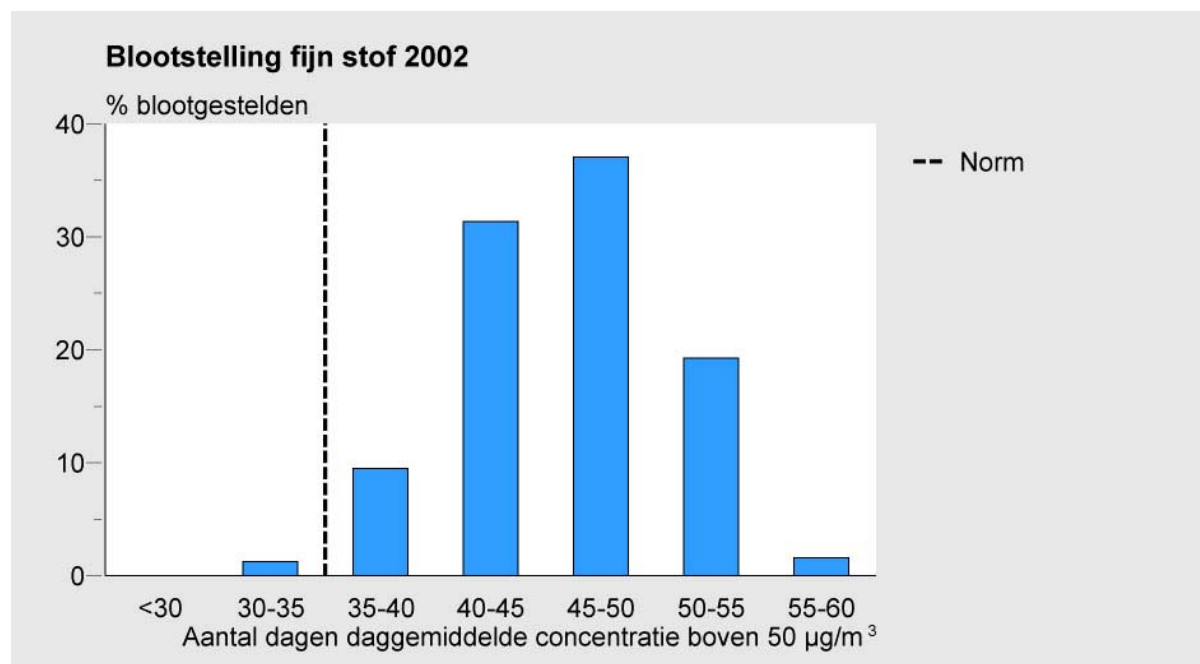
Bijna de hele Nederlandse bevolking is in 2002 blootgesteld geweest aan overschrijding van de norm voor kortdurende blootstelling aan fijn stof (Figuur 25). Deze norm geldt vanaf 2005. De kortdurende blootstelling aan fijn stof neemt af, maar te langzaam om in 2005 aan de norm te voldoen. Alleen in noord- en midden-Nederland bleven circa 200.000 mensen onder de norm (Figuur 26).



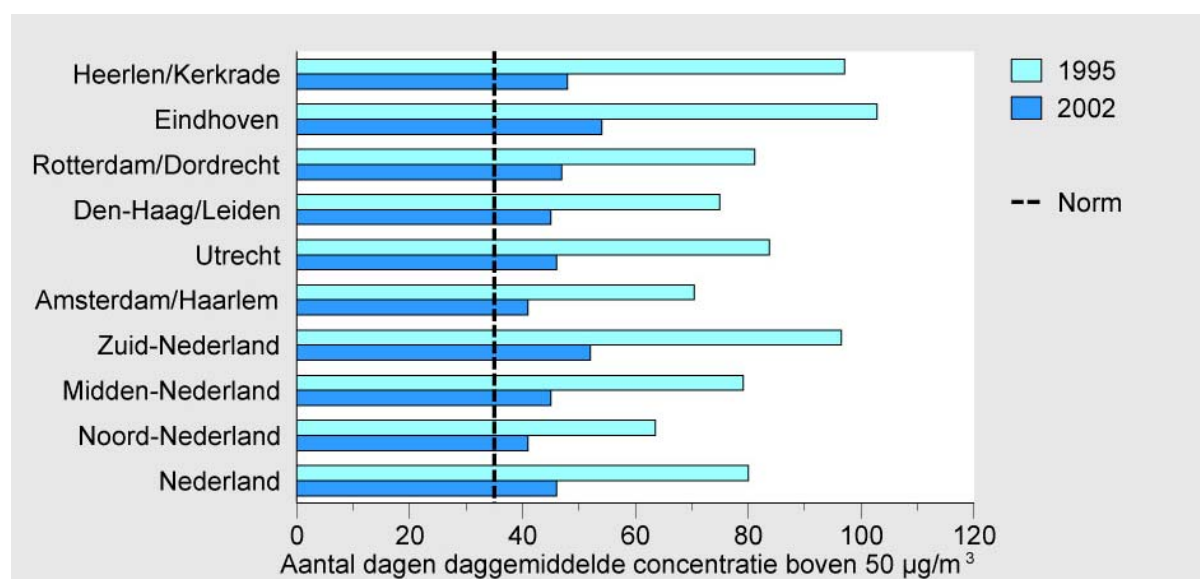
Figuur 24 Aantal dagen overschrijding van de daggemiddelde fijnstofconcentratie van $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Links: gemiddelde trend 1994-2002. Rechts: ruimtelijk beeld in 2002. Het ruimtelijk beeld is gebaseerd op meetresultaten van fijn stof van de regionale stations van het Landelijk Meetnet Luchtkwaliteit, waarbij met rekenmodellen verkregen kennis is gebruikt ter interpolatie van de meetresultaten.

Effecten

In het jaar 2000 waren in Nederland naar schatting 1700 vroegtijdige sterfgevallen toe te schrijven aan luchtverontreiniging door fijn stof. Gezondheidseffecten, zoals voortijdige sterfte en spoedopnamen, zullen vooral voorkomen bij extra gevoelige personen. Relatief bescheiden gezondheidseffecten, zoals luchtwegklachten, kunnen algemeen in de bevolking - en dus bij veel mensen - optreden.



Figuur 25 Percentage van de bevolking dat is blootgesteld aan een overschrijding van een daggemiddelde fijnstofconcentratie van 50 µg/m, 2002.



Figuur 26 Aantal dagen overschrijding van een daggemiddelde fijnstofconcentratie van 50 µg/m. Zuid-Nederland: Zeeland, Noord-Brabant, Limburg. Midden-Nederland: Noord-Holland, Zuid-Holland, Utrecht, Gelderland. Noord-Nederland: Groningen, Friesland, Drente, Overijssel, Flevoland.

Beleid

Het huidige fijn stof beleid is zowel gericht op de verbetering van de luchtkwaliteit als de beperking van de uitstoot. Het luchtkwaliteitsbeleid is opgezet volgens de EU-dochterrichtlijn welke een jaargemiddelde (40 µg/m³) en een daggemiddelde norm (50 µg/m³ met 35 toegestane overschrijdingen) voor fijn stof ter bescherming van de gezondheid voorschrijft. Aan deze grenswaarden moet in 2005 zijn voldaan. Tevens zijn strengere, maar voornamelijk indicatieve, normen voor 2010 gedefinieerd. De eerste dochterrichtlijn zal in 2004 worden geëvalueerd. Het emissiebeleid wordt vormgegeven via een mix van instrumenten waarin emissiedoelstellingen zijn vastgelegd, zoals de emissienormstelling voor voertuigen en het Besluit emissie-eisen stookinstallaties (BEES). De relatieve bijdrage van stof dat gevormd is uit zwaveldioxide (SO₂), stikstofoxiden (NO_x) en ammoniak (NH₃), neemt af door het internationale verzuringsbeleid

4.2 Benzo[a]pyreen

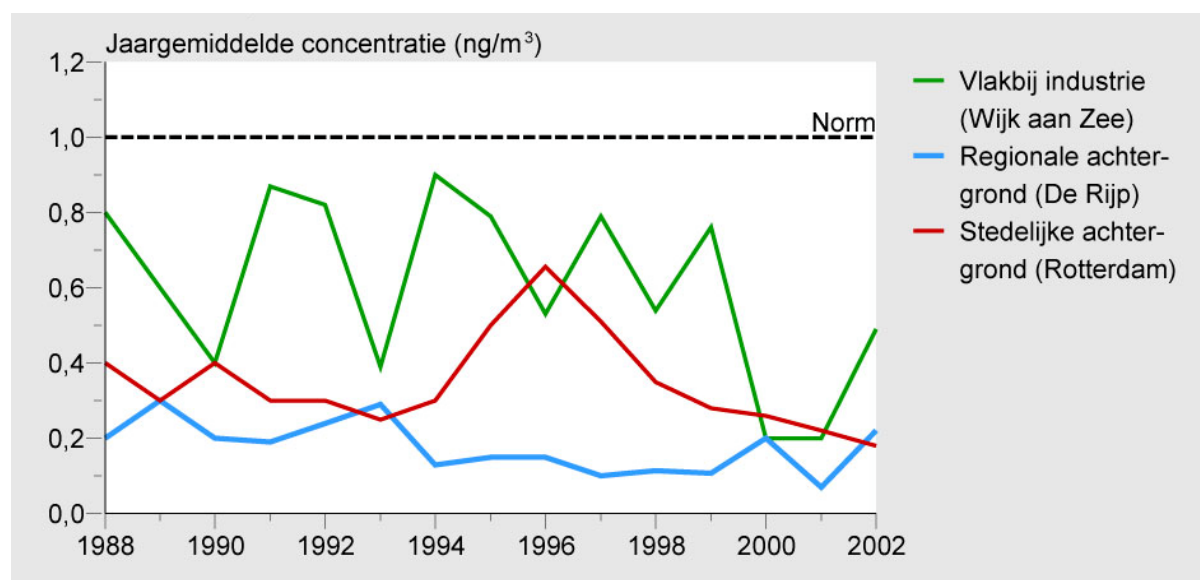
De benzo[a]pyreenconcentraties in de buitenlucht zijn de afgelopen tien ongeveer gelijk gebleven.

Polycyclische aromatische koolwaterstoffen (PAK) vormen een groep van enige honderden organische verbindingen die zijn opgebouwd uit twee of meer benzeenringen. De PAK componenten verschillen onderling sterk in fysisch-chemische eigenschappen en in risico's voor mens en ecosystemen. Circa 90 % van de carcinogene potentie van PAK mengsels voorkomend in de buitenlucht kan worden toegeschreven aan de componenten benzo[a]pyreen, chryseen, fluoranteen en fenantreen. De component benzo[a]pyreen (B[a]P) geldt als gidsstof voor PAK mengsels. Het Maximaal Toelaatbaar Risico (MTR) voor PAK is de waarde van 1 ng/m³ voor de jaargemiddelde benzo[a]pyreenconcentratie en wordt hier gehanteerd als norm voor langdurige blootstelling.

De Europese Unie bereidt momenteel een streefwaarde voor de benzo[a]pyreen in de buitenlucht voor (EU, 2003). Zoals het zich nu laat aanzien, wordt de EU-norm voor de jaargemiddelde benzo[a]pyreenconcentratie 1 ng/m³. Nadat de betreffende EU-richtlijn is vastgesteld, volgt opname van deze norm in de Nederlandse wetgeving. Deze zal dan in Nederland de status van richtwaarde hebben.

Concentraties

Sinds 1990 zijn de benzo[a]pyreenconcentraties ongeveer gelijk gebleven (Figuur 27). De jaargemiddelde concentratie van benzo[a]pyreen lag ook in 2002 onder de norm van 1 ng/m³. Langs verkeerswegen komen overschrijdingen waarschijnlijk slechts incidenteel voor.



Figuur 27 Gemeten benzo[a]pyreenconcentraties, 1988-2002.

Effecten

Polycyclische aromatische koolwaterstoffen (PAK) vormen een groep van enige honderden organische verbindingen. De PAK componenten verschillen onderling sterk in fysisch-chemische eigenschappen en in risico's voor mens en ecosystemen. Aan een aantal componenten worden kankerverwekkende eigenschappen op de mens toegeschreven. Benzo[a]pyreen is een PAK en heeft een belangrijk aandeel in de kankerverwekkende eigenschappen van PAK in de buitenlucht.

4.3 Zware metalen

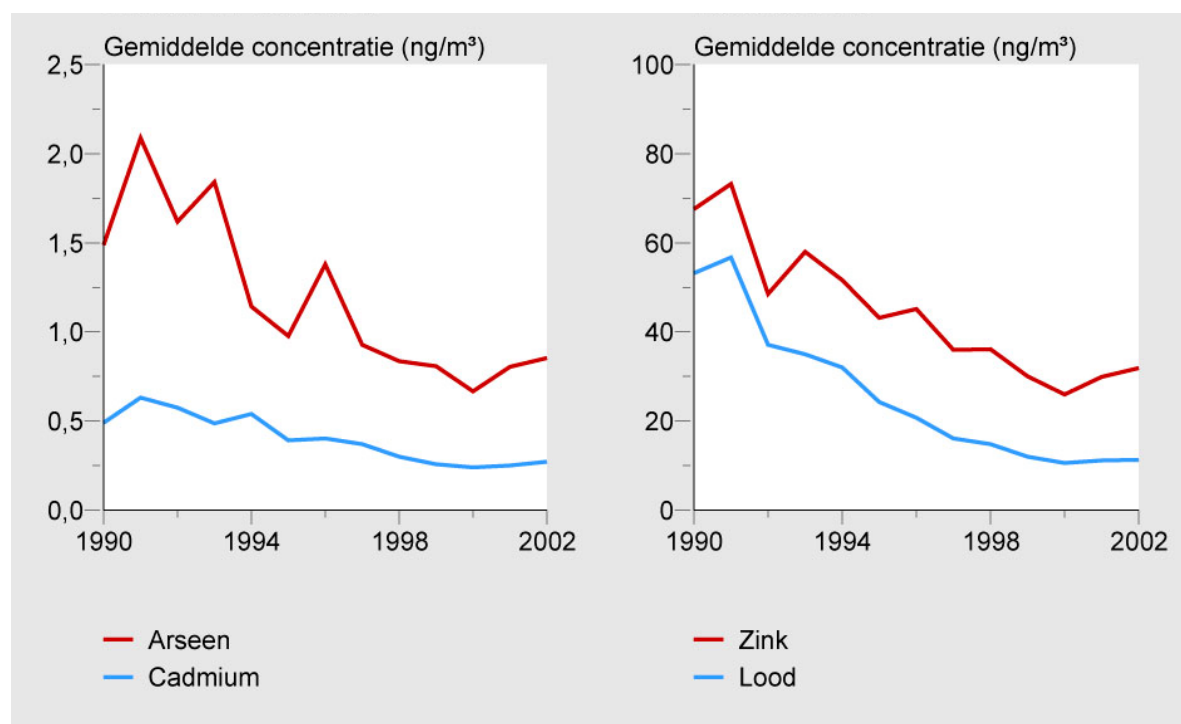
De jaargemiddelde concentraties van arseen, cadmium, lood en zink in lucht stabiliseren de laatste jaren.

Vooral verkeer en industrie emitteren zware metalen naar de lucht. Verder komen zware metalen vrij bij verbrandingsprocessen bij raffinaderijen en afvalverwijdering. De metalen komen hoofdzakelijk voor in de vorm van aërosolen met uitzondering van kwik. Depositie van zware metalen draagt bij aan de belasting van bodem en water. Door opname via de wortels in gewassen kunnen zware metalen in de voedselketen terecht komen. Hoewel minder van belang dan de opname via het voedsel, worden mens en dier ook door inademing blootgesteld. De uitscheiding van zware metalen verloopt langzaam waardoor ophoping kan plaatsvinden, wat uiteindelijk tot functiestoornissen kan leiden.

De Europese grenswaarde voor lood ter bescherming van de bevolking is ook in Nederland overgenomen. De grenswaarde is 500 ng/m³ als jaargemiddelde concentratie. Naast de wettelijke kwaliteitsdoelstellingen wordt er in Nederland gebruik gemaakt van een MTR-waarde (Maximaal Toegestaan Risico) en VR-waarde (Verwaarloosbaar Risico) voor de concentratie in de lucht van arseen van respectievelijk 500 en 5 ng/m³ en van lood van respectievelijk 500 en 5 ng/m³.

Concentraties

De jaargemiddelde concentraties van arseen, cadmium, lood en zink in lucht stabiliseren de laatste jaren (*Figuur 28*). De normen voor deze stoffen worden niet overschreden.



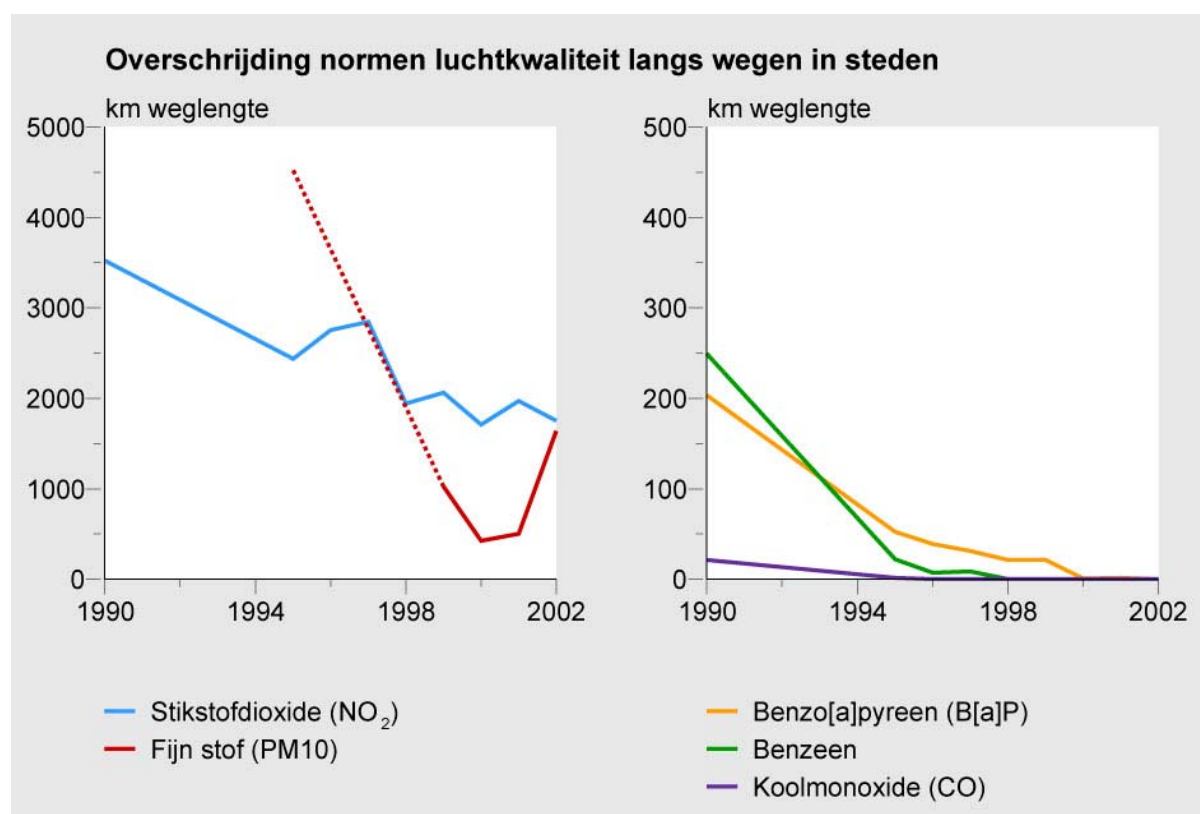
Figuur 28 Gemeten concentraties van een aantal metalen in lucht, 1990- 2002. Gebaseerd op metingen in het Landelijk Meetnet Luchtkwaliteit. Links: arseen en cadmium. Rechts: zink en lood.

5. Lokale luchtverontreiniging

Overschrijding van de norm voor jaargemiddelde stikstofdioxideconcentraties komt nog langs 25% van de drukke verkeerswegen voor. Na de daling van de afgelopen tien jaar treedt geen verdere verbetering van de luchtkwaliteit in drukke verkeerstraten op.

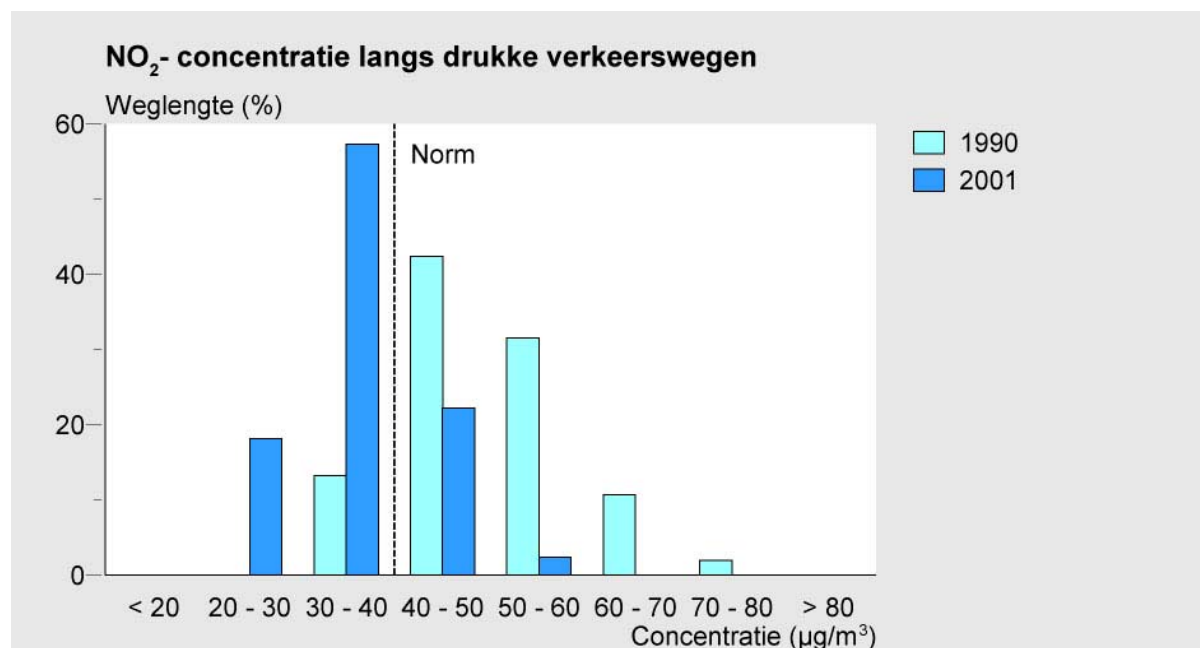
Een aantal luchtverontreinigende stoffen voldoet grootschalig gezien aan de gestelde eisen aan de luchtkwaliteit, maar kunnen niettemin in de directe omgeving van emissiebronnen, zoals verkeerswegen of bedrijven, nog wel aanleiding geven tot overschrijdingen van normen.

De afgelopen jaren zijn de normen voor benzeen, benzo[a]pyreen (B[a]P) en koolmonoxide (CO) langs verkeerswegen (bijna) niet meer overschreden. De jaargemiddelde concentraties van stikstofdioxide (NO₂) en fijn stof (PM₁₀) overschrijden de normen echter nog op grote schaal (Figuur 29). Vooral plaatsen met hoge verkeersemissies, zoals het Rijnmondgebied, de regio rond Amsterdam en dicht langs snelwegen in stedelijk gebied. Lood is niet langer een probleem. Voor deze stof zijn al een aantal jaren geen overschrijdingen meer geconstateerd door de invoering van loodarme en loodvrije benzine.



Figuur 29 Overschrijding van luchtkwaliteitsnormen langs wegen in steden, 1990-2002.

Overschrijding van de norm voor jaargemiddelde stikstofdioxideconcentratie (40 µg/m³) kwam in 2001 nog voor op plaatsen met hoge verkeersemissies, zoals het Rijnmondgebied, de regio rond Amsterdam en dicht langs snelwegen in stedelijk gebied. Modelberekeningen wijzen uit dat over circa 2 000 km weglengte de norm voor jaargemiddelde stikstofdioxideconcentraties wordt overschreden (Figuur 30). Van deze weglengte bevindt zich circa 70% in de vier grote steden. Alhoewel in circa 65% van het aantal gevallen de overschrijdingen van de norm 5 µg/m³ of minder bedraagt, komen normoverschrijdingen tot 20 µg/m³ voor. In de afgelopen tien jaar is er echter wel een duidelijke verschuiving naar lagere concentraties opgetreden.



Figuur 30 Stikstofdioxideconcentraties langs drukke verkeerswegen. De gegevens zijn gebaseerd op berekeningen met het CAR- model voor straten in 23 steden in Nederland. Het aantal berekende overschrijdingen in deze steekproef is geëxtrapoleerd naar nationaal niveau.

De volumegroei van het wegverkeer in de laatste vijftig jaar leidde aanvankelijk tot een stijging van concentraties luchtverontreinigende stoffen in drukke verkeersstraten in steden. In de jaren tachtig vond een kentering in de toename plaats als gevolg van emissiereducerende maatregelen, vooral de invoering van de katalysator. Hierdoor zijn de concentraties langs verkeerswegen in steden aanvankelijk gedaald. De laatste jaren treedt echter geen verder verbetering op (Tabel 2).

Tabel 2 Stedelijke luchtkwaliteit.

	Norm	Concentratie ¹⁾					
		1990	1995	1998	1999	2000	2001
		µg/m ³					
Stikstofdioxide, stadsstations	40 ²⁾	48	41	40	40	38	38
Stikstofdioxide, straatstations	40 ²⁾	50	47	46	46	42	43
Koolstofmono-oxide, stadsstations	6000 ³⁾	1700	1700	1250	1200	1000	1400
Koolstofmono-oxide, straatstations	6000 ³⁾	3400	2800	2100	1800	1500	1850
Benzeen, straatstations	10 ²⁾	5 ⁴⁾	4	3	3	2	2

- 1) In de tabel zijn de concentraties vermeld zoals die gemiddeld zijn waargenomen op de meetlocaties (per omgevingstype) in het Landelijk Meetnet Luchtkwaliteit.
- 2) Jaargemiddelde.
- 3) 98-percentiel van uurwaarden.
- 4) De waarde voor 1992.

Literatuur

- Albers, R., Beck, J., Bleeker, A., Bree, L. van, Dam, J. van, Eerden, L. van der, Freijer, J., Hinsberg, A. van, Marra, M., Salm, C. van der, Tonneijck, F., Vries, W. de, Wesselink, B., Wortelboer, R. (2001) Evaluatie van de verzuringsdoelstellingen: de onderbouwing. RIVM rapport 725501001, Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu, Bilthoven.
- Beck, J., Bree, L. van, Esbroek, M. van, Freijer, J., Hinsberg, A. van, Marra, Velze, K. van, Vissenberg, H.A., Pul, W.A.J. (2001). Evaluatie van de verzuringsdoelstellingen: de emissievarianten. RIVM rapport 725501002, Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu, Bilthoven.
- Beck, J.P., Folkert, R.J.M., Smeets, W.L.M. [red.] (2004) Beoordeling van de Uitvoeringsnotitie Emissieplafonds verzuring en grootschalige luchtverontreiniging 2003. RIVM rapport 500037003, Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu, Bilthoven.
- Buringh, E., Opperhuizen, A. (2002). On health risks of ambient PM₁₀ in the Netherlands. RIVM-rapport 650010032. Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu, Bilthoven.
- Butler, J. H., Montzka, S.A., Clarke, A.D., Lobert, J.M., Elkins, J.W. (1998) Growth and distribution of halons in the atmosphere, *J. Geophys. Res.*, 103, 1503- 1511.
- Dlugokencky, E. J., Masarie, K.A., Lang, P.M., Tans, P.P. (1998) Continuing decline in the growth rate of the atmospheric methane burden, *Nature*, 447- 450.
- EU (1999) Publicatieblad EU nr. L161/41. Richtlijn van de Raad van 22 april 1999 betreffende grenswaarden voor zwaveldioxide, stikstofdioxide en stikstofoxiden, zwevende deeltjes en lood in de lucht (99/30/EG).
- EU (2002). Richtlijn 2002/3/EG van het Europees Parlement en de Raad van 12 februari 2002 betreffende ozon in de lucht. Publicatieblad Nr. L 67/14.
- Fraser, P. J. ; Oram, D. E. ; Reeves, C. E. ; Penkett, S. A. ; McCulloch, A. (1999). Southern Hemisphere halon trends (1978-1998) and global halon emissions. *J. Geophys. Res.* 104, 15985-15999.
- Hammingh, P., Folkert, R.J.M., Smeets, C.J.P.P. (2002) Preliminary assessment of air quality for ozone in the Netherlands under EU legislation. RIVM rapport 725601008, Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu, Bilthoven.
- Harnisch, J., Borchers, R., Fabian, P., Maiss, M.(1996) Tropospheric trends for CF₄ and C₂F₆ since 1982 derived from SF₆ dated stratospheric air. *Geophys. Res. Lett.*, 23, 1099- 1102.
- IPCC (2001) Climate Change 2001; IPCC Third Assessment Report. IPCC, 2001, Geneve.
- Keeling, C.D. en Whorf, T.P. (2002) Atmospheric CO₂ records from sites in the SIO air sampling network. In Trends: A Compendium of Data on Global Change. CDIAC, Oak Ridge National Laboratory, U.S. DoE, Oak Ridge, Tenn., U.S.A.
- McPeters, R.D., Bhartia, P.K., Krueger, A.J., Herman, J.R.. (1996) Nimbus-7 total ozone mapping spectrometer (TOMS) data products user's guide. NASA/GSFC (reference publication), Greenbelt, MD.
- Montzka, S. A., Butler, J.H., Elkins, J.W., Thompson, T.M., Clarke, A.D., Lock, T.L. (1999) Present and future trends in the atmospheric burden of ozone- depleting halogens. *Nature* 398, 690- 694.
- Oram, D.E., Reeves C.E., Fraser, P.J., Penkett, S.A. (1995). Measurements of HCFC-142b and HCFC-141b in the Cape Grim air archive: 1978-1993. *Geophys. Res. Lett.*, 22, 2741-2744.
- Oram, D.E., Reeves, C.E., Sturges, W.T., Penkett, S.A., Fraser, P.J., Langenfelds, R.L. (1996) Recent tropospheric growth rate and distribution of HFC-134a (CF₃CH₂F). *Geophys. Res. Lett.*, 23, 1949-1952.

- Oram, D.E., Sturges, W.T., Penkett, S.A., McCulloch, A., Fraser, P.J. (1998) Growth of fluoro- form (CHF₃, HFC-23) in the background atmosphere. *Geophys. Res. Lett.*, 25, 35- 38.
- Prinn, R.G., Weiss, R.F., Fraser, P.J., Simmonds, P.G., Alyea, F.N., Cunnold, D.M. (1998) The ALE/GAGE/AGAGE database, DOE- CDIAC World Data Center, Dataset No. DB- 1001.
- RIVM (2000). Milieubalans 2000, Samson bv., Alphen aan den Rijn.
- Staatsblad (2001) Nr. 269 Besluit van 11 juni 2001, houdende uitvoering van richtlijn 1999/30/EG van de Raad van de Europese Unie van 22 april 1999, betreffende grenswaarden voor zwavel dioxide, stikstofdioxide en stikstofoxiden, zwevende deeltjes en lood in de lucht (PbEG L 163) en richtlijn 96/62/EG van de Raad van de Europese Unie van 27 september 1996 inzake de beoordeling en het beheer van de luchtkwaliteit (PbEG L 296) (Besluit Luchtkwaliteit).
- Sturges, W. T., et al. (2000) In Trends: A Compendium of Data on Global Change. Science 289, pp 611- 613. Carbon Dioxide Information Analysis Center, Oak Ridge National Laboratory, U. S. Department of Energy, Oak Ridge, Tenn., U. S. A.
- UNEP (1987). The Montreal Protocol on Substances that Deplete the Ozone Layer. UNEP Ozone Secretariat. Met aanpassingen van Londen 1990, Kopenhagen 1992, Wenen 1995, Montreal 1997 en Beijing 1999.
- UNFCCC (1992) Raamverdrag klimaatverandering van de Verenigde Naties. Rio de Janeiro, 1992.
- UNFCCC (1997) Kyoto Protocol to the United Nations Framework Convention on Climate Change. Kyoto, 11 december 1997.
- UNECC (1999) The 1999 Gothenburg Protocol to Abate Acidification, Eutrophication and Ground-level Ozone. United Nations Economic Commission for Europe, Genève.
- Van der Eerden, L., (1992) Fertilizing effects of atmospheric ammonia on semi-natural vegetations. Proefschrift, Vrije Universiteit Amsterdam.
- Van Putten, E.M., Bloemen, H.J.Th., Van der Meulen, A. (2002) Betrouwbaarheid van PM10-metingen in Nederland: een samenvattend overzicht. RIVM rapport 650010026, Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu, Bilthoven.
- Visser, H., Buringh, E., Van Breugel, P.B. (2001) Composition and origin of airborne particulate matter in the Netherlands. RIVM rapport 650010029, Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu, Bilthoven.
- VROM (2001) Nationaal Milieubeleidplan 4. Een wereld en een wil: werken aan duurzaamheid. Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer, Den Haag.
- VROM (2003) Uitvoeringsnotitie Emissieplafonds verzuring en grootschalige luchtverontreiniging 2003: *Erop of eronder*. Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer, Den Haag.
- WMO (2003) (World Meteorological Organization): Scientific Assessment of Ozone Depletion: 2002. Global ozone research and monitoring project - report No. 47, Geneva, 2003.

Data zijn verder ontleend aan:

ALE/GAGE/AGAGE data in aanvulling op de data van Prinn *et al.* (1998):

http://cdiac.ornl.gov/ftp/ale_gage_Agage.

NOAA/CMDL data in aanvulling op de data van Butler *et al.* : <http://www.cmdl.noaa.gov/noah>.

Koolstofdioxide data: Keeling and Whorf: <http://cdiac.ornl.gov/trends/co2/sio-keel.htm>.

Bijlage A Lijst van gebruikte chemische formules en afkortingen

Naam	Officiële naam	Formule/ afkorting
Arseen	<i>Id.</i>	As
Benzo(a)pyreen	<i>Id.</i>	B(a)P
Cadmium	<i>Id.</i>	Cd
CFK- 11	Trichloorfluormethaan	CFCl ₃
CFK- 12	Dichloordifluormethaan	CCl ₂ F ₂
Chloorfluorkoolwaterstoffen	.	CFK
Fluoride	<i>Id.</i>	F
Halon 1211	Broomchloordifluormethaan	CBrClF ₂
Halon 1301	Broomtrifluormethaan	CBrF ₃
Halon 2402	Dibroomtetrafluorethaan	C ₂ Br ₂ F ₄
HCFK- 22	Dichloorfluormethaan	CHCl ₂ F
HFK- 134a	1, 1, 1, 2-Tetrafluoroethaan	CF ₃ CH ₂ F
HFK- 23	Trifluormethaan	CHF ₃
Kooldioxide	Koolstofdioxide	CO ₂
Koolmonoxide	Koolstofmono-oxide	CO
Lachgas	Distikstofoxide	N ₂ O
Methaan	<i>Id.</i>	CH ₄
Methylbromide	Broomethaan	CH ₃ Br
Methylchloroform	1, 1, 1,-Trichloorethaan	CH ₃ CCl ₃
Ozon	<i>Id.</i>	O ₃
Perfluorethaan	Hexafluorethaan	C ₂ F ₆
Perfluorethaan	Hexafluoroethaan	C ₂ F ₆
Perfluorkoolwaterstoffen	.	PFK
Perfluormethaan	Tetrafluormethaan	CF ₄
Polycyclische aromatische koolwaterstoffen	.	PAK
Stikstofdioxide		NO ₂
Stikstofoxide	Stikstofmono-oxide	NO
Stikstofoxiden	<i>Id.</i>	NO _x
Trifluormethylzwavelpentafluoride	<i>Id.</i>	SF ₅ CF ₃
Zwavedioxide	<i>Id.</i>	SO ₂

Bijlage B Berekeningswijzen en gebruikte modellen

Inleiding

De in het jaaroverzicht gepresenteerde gegevens hebben veelal betrekking op meetwaarden uit het Landelijk Meetnet Luchtkwaliteit (LML), die middels rekentechnieken of rekenmodellen worden vertaald naar figuren. Er zijn enkele gestandaardiseerde bewerkingsroutes waarmee vrijwel alle figuren zijn gemaakt. Deze worden hier besproken. De daarbij toegepaste luchtkwaliteitsmodellen worden daarna toegelicht. De keuze voor de methode hangt af van de mate van kennis die aanwezig is. Het streven daarbij is steeds om de informatie zo gedetailleerd en beleidsmatig relevant weer te geven als met de beschikbare informatie mogelijk is.

Algemene berekeningswijzen

Metingen per locatie

Daar waar onvoldoende kennis aanwezig is om metingen te extrapoleren naar een landsdekkend beeld, wordt volstaan met het geven van (trend)figuren van concentraties per meetlocatie. Dit is het geval voor mondiale luchtverontreiniging, waar een landsdekkend beeld niet relevant is, en voor benzo(a)pyreen [B[a]P] en zware metalen.

Landsdekkende meetinformatie

Indien het meetnet voldoende gedetailleerd is om een landsdekkend beeld te verschaffen, wordt via lineaire interpolatie een kaart vervaardigd op basis van 5×5 km gridcellen. Waar mogelijk en zinvol worden stedelijke concentraties in agglomeraties met meer dan 40.000 inwoners aan de kaart toegevoegd middels een 1×1 km detailgrid. Deze stedelijke verhoging wordt afgeleid uit gemeten stadsachtergrondconcentraties, rekening houdend met regionale concentraties en met de ruimtelijke omvang van de stad (zie ook *De stadsachtergrond: het alfamodel*). De gemiddelde concentratie over Nederland wordt dan berekend als het gemiddelde van de gridcellen. Veelal wordt het 10- en 90-percentiel van de gridwaarden ook toegevoegd als maat voor de ruimtelijke variatie. Voor het vaststellen van de blootstelling worden de concentraties na classificatie per gridcel gekoppeld aan de bevolkingsdichtheid of aan de oppervlakte van de Ecologische Hoofdstructuur (EHS) ter plekke, die beide op 1×1 km-schaal beschikbaar zijn. Via sommatie over alle gridcellen resulteert dit in de blootstelling van bevolking of natuur per concentratieklasse. De gemiddelde normoverschrijding volgt uit middeling over de gridcellen met concentraties boven de norm. In het geval van humane blootstelling is deze normoverschrijding gewogen met de bevolkingsdichtheid. Deze methode wordt gevolgd voor ozon (O₃), zwaveldioxide (SO₂) en koolstofmono-oxide (CO).

Combinatie model en meting

Een luchtverspreidingsmodel is in staat om een veel gedetailleerder ruimtelijk beeld van de luchtkwaliteit te scheppen dan op basis van metingen kan, omdat het de invloed van meteorologie en lokale emissiebronnen, zoals stedelijke emissies, meeneemt die via metingen alleen door een zeer kostbaar fijnmazig meetnet zouden kunnen worden meegenomen.

Voor een aantal stoffen wordt met het OPS-model (zie *Het Operationele Prioritaire Stoffen (OPS) model*) een landsdekkende kaart vervaardigd op basis van 5×5 km gridcellen of, voor stikstofoxiden en stikstofdioxide, op basis van 1×1 km. Hiervoor is gedetailleerde kennis nodig van alle emissies op nationale schaal, beschikbaar gesteld door de emissieregistratie, en van de emissies op Europese schaal. Daar waar het kaartbeeld niet concentraties maar deposities weergeeft, is het beeld altijd afkomstig van luchtverspreidingsmodellen, omdat depositie monitoring zo kostbaar is dat het nooit een landsdekkend beeld kan opleveren.

De modelresultaten worden jaarlijks gekalibreerd aan de hand van de metingen uit het meetnet. Voor deze calibratie van de modelresultaten is er keus uit een aantal methoden. Eén methode is het via een regressielijn vastleggen van de afwijking tussen model en meting, en de modelkaart met deze regressieformule bewerken. Een andere methode is het vaststellen van verschillen of quotiënten van meetnetresultaten en de modelwaarden op die meetlocaties. Deze worden geïnterpoleerd tot een landsdekkende verschil- of quotiëntkaart die dan bij de modelkaart opgeteld of ermee vermenigvuldigd wordt. Op deze manieren reproduceert de hybride kaart de meetnetconcentraties op de meetlocaties, maar neemt het ruimtelijke patroon tussen deze locaties over uit de modelkaart. De depositiekaarten voor gereduceerde stikstofverbindingen (NH_x) worden jaarlijks gekalibreerd via de

als tussenstap gemodelleerde concentratiekaarten en de LML-concentratietingen. De verdere bewerkingen van deze gekalibreerde kaarten naar trendfiguren en blootstellingsinformatie is overeenkomstig de beschrijvingen onder 'landsdekkende meetinformatie' en 'blootstelling aan verkeersemisies'. Deze methode levert doorgaans de meest realistische beschrijving van de luchtkwaliteit op, omdat het de sterke aspecten van meten en modelleren combineert. De methode is toegepast voor fijn stof (PM_{10}), de depositie van gereduceerde stikstofverbindingen (NH_x), ammoniak (NH_3), stikstofoxiden (NO_x), stikstofdioxide (NO_2) en benzeen.

Voor cadmium wordt de droge depositie berekend met een model op basis van metingen van luchtconcentraties. De natte depositie van cadmium wordt geschat met een verhoudingsfactor uit het model. De onzekerheid hierin is enkele tientallen procenten, gebaseerd op een vergelijking met lood, dat een zelfde atmosferisch gedrag vertoont (RIVM, 2002). Een alternatieve methode op basis van gemeten concentraties in regenwater levert waarschijnlijk een overschatting van de depositie op.

Toegepaste modellen en methoden

De stadsachtergrond: het alfamodel

Voor de stoffen waarvan de kaart afgeleid is uit regionale metingen wordt de alfa-rekenmethode toegepast indien de stedelijke metingen aangeven dat de concentraties daar verhoogd zijn. De stedelijke verhoging wordt jaarlijks berekend uit de 'virtuele' diameter van de stad en de empirische verhogingsfactor Alfa. Deze wordt voor elk stadsstation bepaald als een verhogingsfactor per km bebouwing, dit op basis van het waargenomen concentratieverschil tussen het betreffende station en de regionale achtergrond. Dit verschil wordt vervolgens gemiddeld over alle stadsstations en geëxtrapoleerd over alle stedelijke agglomeraties met meer dan 40.000 inwoners. De agglomeraties zijn vastgesteld aan de hand van de kaart met de bevolkingsdichtheid op 1×1 km schaal. Deze methode wordt toegepast voor de stoffen koolmono-oxide (CO), stikstofdioxide (NO_2), zwaveldioxide (SO_2) en zwarte rook.

Blootstelling aan verkeersemisies

Voor sterk verkeersgerelateerde componenten wordt bij de bepaling van de blootstelling het bevolkingsaantal van stedelijke gridcellen verminderd met de gemiddelde fractie van de stedelijke bevolking die langs drukke verkeerswegen woont. Voor deze fractie wordt afzonderlijk, met behulp van het CAR/VMK- model (zie *Het CAR-model*), de verdeling van de blootstelling bepaald. Vervolgens wordt de blootstellingsverdeling van het CAR-model samengevoegd met die van de hiervoor beschreven landsdekkende kaart. Deze aanvullende procedure wordt gevolgd voor stikstofdioxide (NO_2), benzeen, zwarte rook, koolstofmono-oxide (CO) en fijn stof (PM_{10}).

Het Operationele Prioritaire Stoffen (OPS) model

Het OPS- model is bedoeld voor de berekening van periodegemiddelde concentraties en deposities op lokale tot nationale schaal, veroorzaakt door individuele lokale bronnen tot aan geaggregeerde bronnen aan de grenzen van Europa. De middelingperiode is minimaal een maand tot aan de periode waarover meteorologische informatie operationeel beschikbaar is (circa 15 jaar). De bijdragen aan concentratie en depositie op een bepaalde receptor worden berekend voor alle bronnen afzonderlijk met behulp van terugwaartse trajectorieën. Lokale (verticale) verspreiding wordt geïntroduceerd door middel van een Gaussische pluimformulering. Het ruimtelijk vermogen van het model wordt grotendeels bepaald door de ruimtelijke gedetailleerdheid van de gebruikte emissiebestanden. Rondom een individuele puntbron kan het oplossend vermogen in de orde van 100 bij 100 meter zijn, terwijl op landelijke schaal 5×5 km een praktische ondergrens is.

Het model gebruikt de volgende (landsdekkende) meteorologische gegevens op uurbasis: windrichting en - snelheid, globale straling, temperatuur, neerslaghoeveelheid en - duur en sneeuwbedekking. Deze gegevens worden verkregen van het KNMI. Windrichting en - snelheid is in principe benodigd op twee hoogten. Uit de meteorologische basisgegevens worden een aantal secundaire parameters afgeleid met behulp van door het KNMI ontwikkelde routines (Beljaars en Holtslag, 1990).

Gemodelleerde concentraties en natte deposities van geoxideerde zwavel- (SO_x) en stikstofverbindingen (NO_y) en gereduceerde stikstofverbindingen (NH_x) over Nederland zijn vergeleken met gemeten waarden uit het Landelijk Meetnet Luchtkwaliteit en het Landelijk Meetnet

Regenwaterkwaliteit (Van Jaarsveld, 1989; Asman en Van Jaarsveld, 1990; Van Jaarsveld, 1995). Het blijkt dat de berekende ruimtelijke verdelingen van concentraties van deze stoffen op jaarbasis goed overeenstemmen met gemeten verdelingen (de verklaarde variantie is 0,88-0,93 voor zwaveldioxide en stikstofoxiden), wat er op wijst dat de ruimtelijke verdelingen van de gebruikte emissies de werkelijkheid goed benaderen. Een uitstekende overeenkomst tussen berekende maandgemiddelde concentraties en gemeten waarden wijst er vooral op dat de invloed van meteorologische factoren op de verspreiding goed worden gesimuleerd. Voor een uitvoeriger beschrijving van het OPS-model wordt verwezen naar Van Jaarsveld (1989) en Van Jaarsveld (1995).

Het CAR- model

Voor het schatten van concentraties in de nabijheid van drukke wegen wordt een combinatie van modelberekeningen en metingen gebruikt. De aanname is dat de concentratie aan de rand van een straat is opgebouwd uit 1) de regionale achtergrond, 2) de bijdrage van de stad en 3) de bijdrage van de verkeersemissies in de straat. De regionale achtergrond wordt bepaald uit de metingen op de regionale stations in het betreffende gebied. De stadsbijdrage wordt berekend met het alfamodel. De bijdrage van de straat wordt berekend uit het aantal voertuigen per etmaal, de gemiddelde snelheid van de voertuigen en de bij die snelheid behorende emissiefactor. De voertuigen worden onderverdeeld in personenauto's en overig verkeer (bussen, vrachtoertuigen). De emissiefactor voor personenauto's is een gewogen gemiddelde voor benzine-, diesel- en gasvoertuigen. De concentratiebijdrage van het verkeer wordt nu berekend door de verkeersemissie te vermenigvuldigen met een verdunningsfactor. Deze is afhankelijk van het straattypen (type bebouwing langs de straat) en de afstand van de weg tot het receptorpunt. De aldus berekende bijdrage wordt nog gecorrigeerd voor de aanwezigheid van bomen en voor verschil in windsnelheid in de straat ten opzichte van het landelijk gemiddelde niveau. Het 98-percentielniveau wordt berekend door vermenigvuldiging van het jaargemiddelde met een (jaarlijks) uit metingen vast te stellen factor tussen jaargemiddelde en 98-percentiel. Het CAR-model bevat tenslotte een module die rekening houdt met de vorming van stikstofdioxide uit door het verkeer geëmitteerd stikstofmono-oxide en ozon. Omdat de precieze invloed van meteorologische omstandigheden op de concentratie in de straat moeilijk te beschrijven is en vanwege de veranderde emissiefactoren, wordt het CAR-model jaarlijks gekalibreerd. Hiervoor worden de metingen op de straatstations gebruikt. Het CAR-model is toepasbaar voor receptorpunten op minimaal 5 meter en maximaal 30 meter afstand van de weg. Voor de bepaling van het aantal kilometers straatlengte met normoverschrijdingen door verkeer wordt de stoeprand als receptorpunt gekozen. Deze berekening geldt dan als maat voor de concentratie waaraan niet-weggebruikers maximaal kunnen worden blootgesteld. Voor de blootstelling van de bevolking wordt echter uitgegaan van de locaties waar de mensen wonen. Hiervoor wordt de concentratie langs drukke wegen apart berekend met de gevelwand als receptorpunt. Door deze tweedeling kan het voorkomen dat de norm aan de wegrand wel wordt overschreden en de bevolking desondanks niet wordt blootgesteld aan concentraties boven de norm. Om de resultaten van het CAR-model te extrapoleren naar een landelijk beeld worden verkeersmilieukaarten (VMK) gebruikt. Deze bestanden zijn door een aantal grote gemeenten opgesteld en bevatten gegevens omtrent verkeersdichtheid en andere voor emissie relevante parameters. Voor een uitvoeriger beschrijving van het CAR-model wordt verwezen naar Eerens *et al.* (1993).

Mann-Kendall trendtoets

Om te toetsen of een ogenschijnlijk aanwezige trend ook werkelijk significant is, wordt hier gebruik gemaakt van de Mann-Kendall toets (Gilbert, 1987). Deze toets turft in een tijdreeks hoe vaak er stijgingen en dalingen in de loop van de tijd optreden en bepaalt dan door kansrekening of het aantal stijgingen en dalingen over de hele periode een significante verschuiving impliceert. Voordelen van deze niet-parametrische toetsing zijn dat er geen aannamen nodig zijn over de verdeling van de onderliggende data. Ook missende waarden en waarden beneden de detectielimiet vormen geen wezenlijk probleem.

Toegepaste kaarten

Blootstelling natuur

Het *Nationaal Milieubeleidsplan 4* beschrijft de depositiedoelstellingen in termen van depositieniveaus op ecosystemen en bescherming van deze ecosystemen. Daarbij ligt de nadruk bij de (half)natuurlijke ecosystemen op het land. Natte natuur, zoals de Noordzee, Waddenzee, rivieren en meren en plassen zijn niet in beschouwing genomen. De (half)natuurlijke ecosystemen op het land maken deel uit van de ecologische hoofdstructuur, de EHS.

Het type natuur dat binnen de EHS wordt nagestreefd, wordt beschreven met de natuurdoeltypologie (Bal *et al.*, 2002). Met deze typologie kan worden aangegeven waar binnen de EHS bijvoorbeeld droge heide of natte heide en hoogveen wordt nagestreefd. Dergelijke informatie is nodig om de bescherming van ecosystemen te bepalen, elk natuurdoeltype heeft immers een eigen specifieke gevoeligheid voor depositie van potentieel zuur en stikstof. Om gemiddelde depositieniveaus op ecosystemen te berekenen is uitgegaan van de natuurdoeltypekaart zoals elders beschreven (Albers *et al.*, 2001). Deze kaart is afgeleid van de bodemkaart, de grondwatertrappen kaart en de vegetatiestructuurkaart van Nederland. Voor het bepalen van de directe blootstelling van vegetatie aan luchtverontreinigende stoffen als ozon, stikstofoxiden en zwaveldioxide is ook gebruik gemaakt van deze natuurdoeltypekaart.

Referenties

- Albers, R., Beck, J., Bleeker, A., Bree, L. van, Dam, J. van, Eerden, L. van der, Freijer, J., Hinsberg, A. van, Marra, M., Salm, C. van der, Tonneijck, F., Vries, W. de, Wesselink, B., Wortelboer, R. (2001). Evaluatie van de verzuringsdoelstellingen: de onderbouwing. RIVM rapport 725501001, Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu, Bilthoven.
- Asman, W. A. H. en Jaarsveld, J. A. van (1990). A variable- resolution statistical transport model applied for ammonia and ammonium. RIVM rapport 228471007, Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu, Bilthoven.
- Bal, D., Beije, H. M., Fellingner, M., Haveman, R., Opstal, A. F. J. M. van en Zadelhoff, F. J. van (2002). Handboek Natuurdoeltypen. Tweede, geheel herziene editie. EC- LNV.
- Beck, J., Bree, L. van, Esbroek, M. van, Freijer, J., Hinsberg, A. van, Marra, Velze, K. van, Vissenberg, H.A., Pul, W.A.J. (2001). Evaluatie van de verzuringsdoelstellingen: de emissievarianten. RIVM rapport 725501002, Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu, Bilthoven.
- Beljaars, A. C. M. en Holtslag, A. A. M. (1990) A software library for the calculation of surface fluxes over land and sea. *Environmental Software*, 5, 60- 68.
- Breiman, L., Friedman, J. H., Olshen, R. A. en Stone, C. J. (1984) *Classification and regression trees*. Wadsworth, Belmont, California.
- Eerens, H. C., Sliggers C. J. en Hout K. D. van den (1993) The CAR model: The Dutch method to determine city street air quality. *Atmospheric Environment* 27B, 389- 399.
- EU (1996) Richtlijn 96/62/GC van de raad van 27 september 1996 inzake de beoordeling en het beheer van de luchtkwaliteit. Publicatieblad van de Europese Gemeenschappen No L 296/55.
- EU (1999) Richtlijn 1999/30/EG van de raad van 22 april 1999 betreffende de grenswaarden voor zwaveldioxide, stikstofdioxide en stikstofoxiden, zwevende deeltjes en lood in lucht. Publicatieblad van de Europese Gemeenschappen No L 163/41.
- EU (2000) Richtlijn 2000/69/EG van het Europees Parlement en de raad van 16 november 2000 betreffende grenswaarden voor benzeen en koolmonoxide in lucht. Publicatieblad van de Europese Gemeenschappen No L 313/12.
- EU (2001) Richtlijn 2001/81/EG van het Europees Parlement en de raad van 23 oktober 2001 inzake nationale emissie plafonds voor bepaalde luchtverontreinigende stoffen. Publicatieblad van de Europese Gemeenschappen No L 309/22.

- EU (2002) Richtlijn 2002/3/EG van de raad van 12 februari 2002 betreffende ozon in de lucht. Publicatieblad van de Europese Gemeenschappen No L 67/14.
- Gilbert, R. O. (1987). Statistical methods for environmental pollution monitoring. Van Nostrand Reinold, New York.
- Jaarsveld, J. A. van (1989). Een Operationeel atmosferisch transportmodel voor Prioritaire Stoffen; specificatie en aanwijzingen voor gebruik. RIVM rapport 228603008, Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu, Bilthoven.
- Jaarsveld, J. A. van (1995). Modelling the long-term behaviour pollutants on various spatial scales. Proefschrift, Rijksuniversiteit Utrecht. ISBN 9039309507.
- RIVM (2002). Jaaroverzicht luchtkwaliteit 2001. RIVM rapport 725301009, Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu, Bilthoven.
- Staatsblad (2001) Besluit van 11 juni 2001, houdende uitvoering van de richtlijn 1999/30/EG van de Raad van de Europese Unie van 22 april 1999, betreffende grenswaarden zwaveldioxide, stikstofdioxide en stikstofoxiden, zwevende deeltjes en lood in de lucht (PbEG L 163) en de richtlijn 92/62/EG van de Raad van de Europese Unie van 27 september 1996 inzake de beoordeling van de luchtkwaliteit (PbEG L 296) (Besluit luchtkwaliteit). Staatsblad 269, 1-58.
- Staatsblad (2001a). Smogregeling 2001 en draaiboek. VROM, Den Haag.

Bijlage C Luchtkwaliteitsdoelstellingen

Nederlandse luchtkwaliteitsdoelstellingen in 2002

Op 19 juli 2001 is het nieuwe Besluit luchtkwaliteit (Staatsblad (2001), nr 269) in werking getreden voor zwaveldioxide (SO₂), stikstofdioxide (NO₂) en stikstofoxiden (NO_x), zwevende deeltjes (PM₁₀) en lood (Pb). De oude besluiten luchtkwaliteit voor deze stoffen zijn met het nieuwe Besluit per 19 juli 2001 ingetrokken. In het nieuwe Besluit luchtkwaliteit staan nieuwe grenswaarden, plan- en alarmdrempels en de tijdstippen waarop hieraan moet worden voldaan. Hieronder worden de begrippen grenswaarden, plandrempels en alarmdrempels nader toegelicht. Vervolgens worden de grenswaarden, plandrempels en alarmdrempels per stof in een tabel weergegeven.

Grenswaarden

Grenswaarden geven een niveau van de buitenlucht kwaliteit aan dat, op een aangegeven tijdstip zoveel mogelijk moet zijn bereikt, en waar die kwaliteit al aanwezig is, zoveel mogelijk in stand moet worden gehouden. De grenswaarden gelden overal in de buitenlucht. Uitgesloten zijn bedrijfslocaties (in en rond bedrijfs- en industriegebouwen tot de omheining). Het Besluit luchtkwaliteit vermeldt bij de verschillende grenswaarden een termijn waarop de luchtkwaliteit uiterlijk aan de grenswaarden moet voldoen. Deels is dit op basis van de eisen van de EU, maar voor de uurgemiddelde grenswaarden van zwaveldioxide en stikstofdioxide, de daggemiddelde grenswaarde voor zwaveldioxide en de jaargemiddelde waarde voor lood is een dergelijke termijn niet in het besluit opgenomen. De reden daarvoor is dat de betreffende waarden in Nederland op dit moment niet meer worden overschreden of dat een grenswaarde op een vergelijkbaar niveau in 2001 reeds in Nederland van kracht was.

Voor stikstofdioxide (NO₂) gelden voor geheel Nederland grenswaarden die uiterlijk in 2010 moeten worden gehaald. Daarnaast geldt tot 2010 voor zeer drukke wegen (>40.000 voertuigen per etmaal) een specifieke grenswaarde van 290 µg/m³ voor de uurgemiddelde concentratie die 18 keer mag worden overschreden. Wordt deze grenswaarde voor specifieke situaties vaker overschreden, dan moet door het bevoegd gezag aangegeven worden welke maatregelen op korte termijn worden genomen om de overschrijding van de grenswaarde teniet te doen. Bij overschrijding van de specifieke grenswaarde voor drukke verkeerssituaties is er tevens sprake van overschrijding van de plandrempeel (zie onderdeel Plandrempels).

Voor zwevende deeltjes (PM₁₀) gelden grenswaarden waar uiterlijk in 2005 aan voldaan moeten zijn. Voor zwaveldioxide (SO₂) en stikstofoxiden (NO_x) zijn afzonderlijke grenswaarden voor de bescherming van ecosystemen opgenomen. Deze gelden voor de gemiddelde concentratie over een gebied groter dan 1000 km². Bovendien zijn in de VUT-regeling concentraties boven deze norm toegestaan rond agglomeraties (tot 20 km afstand), andere aaneengesloten bebouwde gebieden, autosnelwegen en industriegebieden (tot 5 km afstand).

Plandrempels

Naast grenswaarden kent het Besluit luchtkwaliteit plandrempels voor zwevende deeltjes (PM₁₀) en stikstofdioxide (NO₂). Een plandrempeel geeft een kwaliteitsniveau van de buitenlucht aan waarboven het maken van plannen ter verbetering van de luchtkwaliteit verplicht is. Die plannen zijn erop gericht om aan de grenswaarden voor fijn stof en stikstofdioxide te voldoen in respectievelijk 2005 en 2010. Het niveau van de plandrempels ligt boven dat van de grenswaarden, en wordt jaarlijks aangescherpt tot het jaar wanneer de plandrempels op hetzelfde niveau liggen als de grenswaarden. Het hanteren van plandrempels bevordert het geleidelijk toewerken naar de grenswaarden. Daarnaast wordt door het werken met plandrempels ook voorkómen dat onnodig maatregelen worden getroffen. Dit speelt in situaties waarin de luchtkwaliteit door generiek beleid in de loop van de jaren naar verwachting zodanig zal verbeteren dat deze binnen de gestelde termijnen aan de grenswaarden zal voldoen. Is de luchtkwaliteit slechter dan de grenswaarde, maar beter dan de plandrempeel, dan is het opstellen van plannen en treffen van maatregelen derhalve niet verplicht. Plandrempels geven de ruimte om maatregelen voor te bereiden en uit te voeren. Hierbij blijft uiteraard gelden dat op de in het besluit vermelde tijdstippen aan de grenswaarden moet worden voldaan.

Alarmdrempels

Voor zwaveldioxide en stikstofdioxide kent het nieuwe Besluit luchtkwaliteit alarmdrempels. Daarmee wordt een kwaliteitsniveau van de buitenlucht aangeduid waarbij een kortstondige overschrijding risico's voor de gezondheid van de mens inhoudt. Bij overschrijding kunnen specifieke maatregelen worden genomen. Hoewel het begrip alarmdrempel op zich nieuw is, worden in het Nederlandse smogbeleid al veel langer waarden met een vergelijkbare strekking gehanteerd. Voor het omgaan met alarmdrempels en de daarmee samenhangende actieplannen verwijzen we hier naar de nieuwe Smogregeling 2001 (Staatsblad, 2001, nr 109).

Tabellen

Hierna volgen tabellen met daarin de nieuwe grenswaarden, plandrempels en alarmdrempels zoals deze zijn opgenomen in het nieuwe Besluit Luchtkwaliteit.

Tabel C1 Nederlandse kwaliteitsdoelstellingen, 2002

Stof	Type norm	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
SO₂	Grenswaarde (humaan, uurgemiddelde dat 24x per jaar mag worden overschreden in µg/m ³)	←—————350—————→								
	Grenswaarde (humaan, 24 uurgemiddelde dat 3x per jaar mag worden overschreden in µg/m ³)	←—————125—————→								
	Grenswaarde (ecosysteem; jaargemiddeld in µg/m ³)	←—————20—————→								
	Grenswaarde (ecosysteem; winterhalfjaargemiddelde in µg/m ³)	←—————20—————→								
	Alarmdrempel (uurgemiddelde in µg/m ³ gedurende 3 achtereenvolgende uren in gebied >100 km ²)	←—————500—————→								
NO₂	Grenswaarde (humaan, uurgemiddelde dat 18 keer per jaar mag worden overschreden in µg/m ³)	←—————200—————→								
	Grenswaarde voor zeer drukke verkeerssituaties (uurgemiddelde dat 18 keer per jaar mag worden overschreden in µg/m ³)	←—————290—————→								
	Plandrempel voor zeer drukke verkeerssituaties (uurgemiddelde dat 18 keer per jaar mag worden overschreden in µg/m ³)	280	270	260	250	240	230	220	210	
	Grenswaarde (humaan, jaargemiddelde in µg/m ³)	40								

Stof	Type norm	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	
NO₂	Plandrempel (jaargemiddelde in $\mu\text{g}/\text{m}^3$)	56	54	52	50	48	46	44	42		
	Alarmprempel (uurgemiddelde in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ gedurende 3 achtereenvolgende uren in een gebied >100 km ²)	←—————200—————→									
NO_x	Grenswaarde 2 (ecosysteem; jaargemiddelde in $\mu\text{g NO}_2/\text{m}^3$)	←—————30—————→									
PM₁₀	Grenswaarde (humaan, jaargemiddelde in $\mu\text{g}/\text{m}^3$)				←—————40—————→						
	Plandrempel (jaargemiddelde in $\mu\text{g}/\text{m}^3$)	45	43	42							
	Grenswaarde (humaan, 24 uurgemiddelde dat 18 keer per jaar mag worden overschreden in $\mu\text{g}/\text{m}^3$)	←—————250—————→									
	Grenswaarde (humaan, 24 uurgemiddelde dat 35 keer per jaar mag worden overschreden in $\mu\text{g}/\text{m}^3$)				←—————50—————→						
	Plandrempel (24 uurgemiddelde dat 35 keer per jaar mag worden overschreden in $\mu\text{g}/\text{m}^3$)	65	60	55							
Pb	Grenswaarde (humaan, jaargemiddelde in $\mu\text{g}/\text{m}^3$)	←—————0,5—————→									
CO	Grenswaarde (humaan, 98 percentiel van 8-uurgemiddelden in $\mu\text{g}/\text{m}^3$)	←—————6.000—————→									
	Grenswaarde (humaan, 99,9 percentiel van uurgemiddelden in $\mu\text{g}/\text{m}^3$)	←—————4.000—————→									
	Grenswaarde (humaan, hoogste 8-uurgemiddelde in $\mu\text{g}/\text{m}^3$)				←—————10000—————→						
	Plandrempel (humaan, hoogste 8-uurgemiddelde in $\mu\text{g}/\text{m}^3$)	16000	14000	12000							

Stof	Type norm	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	
CO	Toetswaarde 9 (humaan, 98 percentiel van 8 uurgemiddelden in $\mu\text{g}/\text{m}^3$)		4900	4200	←—————3600—————→						
C ₆ H ₆	Grenswaarde (humaan, jaargemiddelde in $\mu\text{g}/\text{m}^3$)	←—————10—————→									
	Richtwaarde (humaan, jaargemiddelde in $\mu\text{g}/\text{m}^3$)	←—————5—————→									
	Grenswaarde (humaan, jaargemiddelde in $\mu\text{g}/\text{m}^3$)	←—————10—————→									
	Grenswaarde (humaan, jaargemiddelde in $\mu\text{g}/\text{m}^3$)										5
	Plاندrempels (humaan, jaargemiddelde in $\mu\text{g}/\text{m}^3$)					9	8	7	6		
O ₃	Streefwaarde (humaan, hoogste 8-uurgemiddelde van een dag. Mag op niet meer dan 25 dagen per jaar, gemiddeld over drie jaar, worden overschreden, in $\mu\text{g}/\text{m}^3$)										120
	Langetermijndoelstelling (humaan, hoogste 8-uurgemiddelde van een dag. Mag niet worden overschreden, in $\mu\text{g}/\text{m}^3$)										≥2020: 120
	Streefwaarde (Ecosysteem, AOT40, op basis van uurwaarden van mei t/m juli gemiddeld over 5 jaar, in $(\mu\text{g}/\text{m}^3)$. uur)										18000
	Langetermijndoelstelling (Ecosysteem, AOT40, op basis van uurwaarden van mei t/m juli, in $(\mu\text{g}/\text{m}^3)$. uur)										≥2020: 6.000
	Informatiedrempel (humaan, uurgemiddelde in $\mu\text{g}/\text{m}^3$)	180									
	Informatiedrempel (humaan, uurgemiddelde in $\mu\text{g}/\text{m}^3$)		←—————180—————→								
	Alarmdrempel (humaan, uurgemiddelde in $\mu\text{g}/\text{m}^3$)	360									
	Alarmdrempel (humaan, uurgemiddelde in $\mu\text{g}/\text{m}^3$)		←—————240—————→								
Stof	Type norm	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	

F	MTR (Ecosysteem, daggemiddelde, in $\mu\text{g}/\text{m}^3$)	<-----0,3----->
	MTR (ecosysteem, jaargemiddelde, in $\mu\text{g}/\text{m}^3$)	<-----0,05----->
	Streefwaarde (ecosysteem, jaargemiddelde, in $\mu\text{g}/\text{m}^3$)	<-----0,005----->
B(a)P	MTR (Ecosysteem, jaargemiddelde, in $\mu\text{g}/\text{m}^3$)	<-----0,001----->
	Streefwaarde (Ecosysteem, jaargemiddelde, in $\mu\text{g}/\text{m}^3$)	<-----0,00001----->
As	MTR (jaargemiddelde, in $\mu\text{g}/\text{m}^3$)	<-----0,5----->
	Streefwaarde (jaargemiddelde, in $\mu\text{g}/\text{m}^3$)	<-----0,005----->
Cd	Streefwaarde als depositienorm (in $\text{g}/\text{ha}/\text{jr}$)	<-----1----->

Referenties van wetgeving per stof

Zwaveldioxide/Nederland

Staatsblad (2001) Nr. 269 Besluit van 11 juni 2001, houdende uitvoering van richtlijn 1999/30/EG van de Raad van de Europese Unie van 22 april 1999, betreffende grenswaarden voor zwavel dioxide, stikstofdioxide en stikstofoxiden, zwevende deeltjes en lood in de lucht (PbEG L 163) en richtlijn 96/62/EG van de Raad van de Europese Unie van 27 september 1996 inzake de beoordeling en het beheer van de luchtkwaliteit (PbEG L 296) (Besluit Luchtkwaliteit).

Zwaveldioxide/Europese Unie

EU (1999) Publicatieblad EU nr. L161/41. Richtlijn van de Raad van 22 april 1999 betreffende grenswaarden voor zwavel dioxide, stikstofdioxide en stikstofoxiden, zwevende deeltjes en lood in de lucht (99/30/EG).

Stikstofdioxide/Nederland

Staatsblad (2001) Nr. 269 Besluit van 11 juni 2001, houdende uitvoering van richtlijn 1999/30/EG van de Raad van de Europese Unie van 22 april 1999, betreffende grenswaarden voor zwavel dioxide, stikstofdioxide en stikstofoxiden, zwevende deeltjes en lood in de lucht (PbEG L 163) en richtlijn 96/62/EG van de Raad van de Europese Unie van 27 september 1996 inzake de beoordeling en het beheer van de luchtkwaliteit (PbEG L 296) (Besluit Luchtkwaliteit).

Stikstofdioxide en stikstofoxiden/Europese Unie

EU (1999) Publicatieblad EU nr. L161/41. Richtlijn van de Raad van 22 april 1999 betreffende grenswaarden voor zwavel dioxide, stikstofdioxide en stikstofoxiden, zwevende deeltjes en lood in de lucht (99/30/EG).

Fijn stof (PM₁₀)/Nederland

Staatsblad (2001) Nr. 269 Besluit van 11 juni 2001, houdende uitvoering van richtlijn 1999/30/EG van de Raad van de Europese Unie van 22 april 1999, betreffende grenswaarden voor zwavel dioxide, stikstofdioxide en stikstofoxiden, zwevende deeltjes en lood in de lucht (PbEG L 163) en richtlijn 96/62/EG van de Raad van de Europese Unie van 27 september 1996 inzake de beoordeling en het beheer van de luchtkwaliteit (PbEG L 296) (Besluit Luchtkwaliteit).

Fijn stof (PM₁₀)/Europese Unie

EU (1999) Publicatieblad EU nr. L161/41. Richtlijn van de Raad van 22 april 1999 betreffende grenswaarden voor zwavel dioxide, stikstofdioxide en stikstofoxiden, zwevende deeltjes en lood in de lucht (99/30/EG).

Lood/Nederland

Staatsblad (2001) Nr. 269 Besluit van 11 juni 2001, houdende uitvoering van richtlijn 1999/30/EG van de Raad van de Europese Unie van 22 april 1999, betreffende grenswaarden voor zwavel dioxide, stikstofdioxide en stikstofoxiden, zwevende deeltjes en lood in de lucht (PbEG L 163) en richtlijn 96/62/EG van de Raad van de Europese Unie van 27 september 1996 inzake de beoordeling en het beheer van de luchtkwaliteit (PbEG L 296) (Besluit Luchtkwaliteit).

Lood/Europese Unie

EU (1999) Publicatieblad EU nr. L161/41. Richtlijn van de Raad van 22 april 1999 betreffende grenswaarden voor zwavel dioxide, stikstofdioxide en stikstofoxiden, zwevende deeltjes en lood in de lucht (99/30/EG).

Koolstofmonoxide/Nederland

Staatsblad (1997). Nr. 459. Beschikking van de Minister van Justitie van 9 oktober 1997, houdende plaatsing in het Staatsblad van de tekst van het Besluit luchtkwaliteit koolstofmonoxide en lood (Staatsblad 1987, 34), zoals dit laatstelijk is gewijzigd bij besluit van 22 september 1997, Staatsblad 456.

Koolstofmonoxide/Europese Unie

EU (2000). Richtlijn 2000/69/EG van het Europees Parlement en de raad van 16 november 2000 betreffende grenswaarden voor benzeen en koolmonoxide in lucht. Publicatieblad van de Europese Gemeenschappen No L 313/12.

Benzeen/Nederland

Staatsblad (1993) Nr. 35. Besluit van 29 december 1992, houdende regels als bedoeld in artikel 2 van de Wet inzake de luchtverontreiniging; Besluit luchtkwaliteit benzeen.

Staatsblad (1997) Nr. 460. Beschikking van de Minister van Justitie van 9 oktober 1997, houdende plaatsing in het Staatsblad van de tekst van het Besluit luchtkwaliteit benzeen (Staatsblad 1993, 35) zoals dit laatstelijk is gewijzigd bij besluit van 22 september 1997, Staatsblad 456.

Benzeen/Europese Unie

EU (2000). Richtlijn 2000/69/EG van het Europees Parlement en de raad van 16 november 2000 betreffende grenswaarden voor benzeen en koolmonoxide in lucht. Publicatieblad van de Europese Gemeenschappen No L 313/12.

Ozon/Nederland

TK (1990) Milieuprogramma, Voortgangsrapportage 1990- 1993. Tweede Kamer, vergaderjaar 1989-1990, 21304 nr. 1- 2, SDU Den Haag.

Ozon/Europese Unie

EU (1992) Publicatieblad EU nr. L297. Richtlijn van de Raad van 21 september 1992 betreffende de verontreiniging van de lucht door ozon (92/72/EEG).

EU (2002). Richtlijn 2002/3/EG van het Europees Parlement en de Raad van 12 februari 2002 betreffende ozon in de lucht. Publicatieblad Nr. L 67/14.

Fluoride/Nederland

Slooff, W., Eerens, H. C., Janus, J. A., Ros, J. P. M. (1988). Basisdocument fluoriden. RIVM rapport 758474005, Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu, Bilthoven.

VROM (1999). Stoffen en normen. Samson bv., Alphen aan de Rijn.

PAK/Nederland

VROM (1999). Stoffen en normen. Samson bv., Alphen aan de Rijn.

Arseen/Nederland

VROM (1999). Stoffen en normen. Samson bv., Alphen aan de Rijn.

Cadmium/Nederland

VROM (1999). Stoffen en normen. Samson bv., Alphen aan de Rijn.

Bijlage D Depositiekentallen van verzurende en vermestende stoffen per verzuringsgebied

Tabel D1 Depositie van verzurende stoffen per verzuringsgebied in 2001.
Gegevens voor 2002 waren bij het verschijnen van dit rapport nog niet beschikbaar.

Verzuringsgebied	SOx			NOy			NHx		
	droog	nat	totaal	droog	nat	totaal	droog	nat	totaal
	<i>mol/ha</i>								
Groningen	100	130	240	300	240	550	730	510	1240
Friesland	100	140	240	280	240	520	740	420	1160
Drenthe	120	140	260	340	260	600	830	600	1430
N-Overijssel+Noordoostpolder	120	160	280	350	270	620	900	580	1480
ZO-Overijssel	130	160	290	390	290	690	1370	790	2160
NW-Gelderland	200	180	380	490	300	790	1200	690	1890
NO-Gelderland	130	180	310	400	310	710	1370	810	2190
Z-Gelderland	200	200	400	550	310	860	1110	760	1870
Utrecht	230	210	440	570	310	880	1150	630	1780
N-Noord-Holland	170	170	330	340	250	580	530	320	850
Z-Noord-Holland+Flevopolders	260	180	440	480	280	760	700	460	1160
N-Zuid-Holland	350	210	560	560	290	850	880	470	1350
Z-Zuid-Holland	420	200	620	560	300	860	840	520	1350
Zeeland	380	200	570	420	270	700	600	530	1140
W-Brabant	330	240	570	500	310	810	1010	600	1610
Midden-Brabant	260	240	500	510	320	830	1380	730	2110
NO-Brabant	200	220	420	470	310	790	1930	900	2830
ZO-Brabant	250	240	480	460	310	770	1910	840	2750
N-Limburg	200	210	410	450	310	760	1620	910	2530
M/Z-Limburg	260	210	470	470	310	780	1110	680	1790
Nederland	210	180	390	430	280	710	1030	610	1640

- Depositie zijn afgerond op tientallen.
- Er is rekening gehouden met natuurlijke en intercontinentale achtergronddepositie. Er is een correctie voor het ammoniakgas uitgevoerd.

Table D2 Depositie van potentieel zuur en stikstof per verzuringsgebied in 2001.
Gegevens voor 2002 waren bij het verschijnen van dit rapport nog niet beschikbaar.

Verzuringsgebied	Potentieel zuur			Stikstof		
	droog	nat	totaal	droog	nat	totaal
	<i>mol zuur/ha</i>			<i>mol stikstof/ha</i>		
Groningen	1270	1050	2330	1030	750	1790
Friesland	1260	980	2240	1020	660	1680
Drenthe	1440	1180	2610	1170	860	2030
N-Overijssel + Noordoostpolder	1530	1190	2720	1260	840	2100
ZO-Overijssel	2050	1450	3500	1760	1090	2850
NW-Gelderland	2120	1390	3510	1690	990	2680
NO-Gelderland	2080	1510	3590	1780	1120	2890
Z-Gelderland	2080	1510	3590	1650	1070	2730
Utrecht	2210	1390	3600	1720	940	2660
N-Noord-Holland	1230	930	2160	870	570	1440
Z-Noord-Holland + Flevopolders	1740	1140	2870	1180	750	1930
N-Zuid-Holland	2170	1220	3390	1440	760	2200
Z-Zuid-Holland	2270	1260	3520	1390	820	2210
Zeeland	1810	1240	3050	1030	810	1840
W-Brabant	2200	1420	3620	1510	900	2420
Midden-Brabant	2430	1570	4000	1890	1050	2940
NO-Brabant	2830	1700	4530	2400	1220	3620
ZO-Brabant	2900	1660	4560	2380	1150	3530
N-Limburg	2490	1670	4170	2070	1220	3290
M/Z-Limburg	2140	1440	3570	1590	980	2570
Nederland	1900	1290	3190	1460	890	2350

- Deposities zijn afgerond op tientallen.
- Er is rekening gehouden met natuurlijke en intercontinentale achtergronddepositie. Er is een correctie voor het ammoniakgat uitgevoerd.
- Potentieel zuur = $2 \cdot [\text{SO}_x] + 1 \cdot [\text{NO}_x] + 1 \cdot [\text{NH}_x]$
- Totaal stikstof = $1 \cdot [\text{NO}_x] + 1 \cdot [\text{NH}_x]$

Tabel D3 Depositie van verzurende stoffen per provincie in 2001.
Gegevens voor 2002 waren bij het verschijnen van dit rapport nog niet beschikbaar.

Provincie	SOx			NOy			NHx		
	droog	nat	totaal	droog	nat	totaal	nat	droog	totaal
	<i>mol/ha</i>								
Groningen	100	130	240	300	240	550	510	730	1240
Friesland	100	140	240	280	240	520	420	740	1160
Drenthe	120	140	260	340	260	600	600	830	1430
Overijssel	120	160	290	380	280	660	720	1200	1920
Flevoland	160	160	320	380	270	650	480	620	1100
Gelderland	180	190	370	480	310	790	750	1220	1970
Utrecht	230	210	440	570	310	880	630	1150	1780
Noord-Holland	240	180	420	440	260	700	380	650	1030
Zuid-Holland	390	210	600	560	300	860	500	860	1350
Zeeland	380	200	570	420	270	700	530	600	1140
Noord-Brabant	250	240	490	490	310	800	780	1590	2370
Limburg	230	210	440	460	310	770	770	1310	2080
Nederland	210	180	390	430	280	710	610	1030	1640

- Depositie zijn afgerond op tientallen.
- Er is rekening gehouden met natuurlijke en intercontinentale achtergronddepositie. Er is een correctie voor het ammoniakgat uitgevoerd.

Tabel D4 Depositie van potentieel zuur en stikstof per provincie in 2001.
Gegevens voor 2002 waren bij het verschijnen van dit rapport nog niet beschikbaar.

Provincie	Potentieel zuur			Stikstof		
	droog	nat	totaal	droog	nat	totaal
	<i>mol zuur/ha</i>			<i>mol stikstof/ha</i>		
Groningen	1270	1050	2330	1030	750	1790
Friesland	1260	980	2240	1020	660	1680
Drenthe	1440	1180	2610	1170	860	2030
Overijssel	1870	1360	3220	1580	1000	2580
Flevoland	1350	1120	2460	1000	760	1750
Gelderland	2090	1470	3560	1700	1060	2760
Utrecht	2210	1390	3600	1720	940	2660
Noord-Holland	1610	1030	2630	1080	640	1730
Zuid-Holland	2230	1240	3470	1410	790	2210
Zeeland	1810	1240	3050	1030	810	1840
Noord-Brabant	2620	1590	4210	2080	1090	3170
Limburg	2280	1530	3800	1770	1070	2850
Nederland	1900	1290	3190	1460	890	2350

- Deposities zijn afgerond op tientallen.
- Er is rekening gehouden met natuurlijke en intercontinentale achtergronddepositie. Er is een correctie voor het ammoniakgat uitgevoerd.
- Potentiëel zuur = $2 * [\text{SO}_x] + 1 * [\text{NO}_x] + 1 * [\text{NH}_x]$
- Totaal stikstof = $1 * [\text{NO}_x] + 1 * [\text{NH}_x]$

Bijlage E Concentratiekentallen per station

Tabel E1.1	Zwavel dioxide
Tabel E1.2	Sulfaataërosol
Tabel E2.1	Stikstofdioxide
Tabel E2.2	Stikstofoxiden
Tabel E2.3	Ammoniak
Tabel E2.4	Nitraataërosol
Tabel E2.5	Ammoniumaërosol
Tabel E3	Koolstofmono-oxide
Tabel E4	Ozon
Tabel E5.1	Zwarte rook
Tabel E5.2	Fijn stof (PM ₁₀)
Tabel E6.1	Arseen
Tabel E6.2	Cadmium
Tabel E6.3	Lood
Tabel E6.4	Zink
Tabel E7	Benzeen

In de tabellen zijn overschrijdingen van Nederlandse en/of Europese grenswaarden **vet** weergegeven.

Tabel E1.1a Kentallen van de concentratieverdeling van zwaveldioxide in 2002 (in $\mu\text{g}/\text{m}^3$).
Stations van het Landelijk Meetnet Luchtkwaliteit.

	Kalenderjaar 2002							Meteorologisch jaar 04.02/03.03				Winter 10.02/03.03			
	24 gem	24 P50	24 P95	24 P98	24 max	24 c3 ¹	1 max	24 gem	24 P50	24 P98	24 max	24 gem	24 P50	24 P98	
middelingstijd in uren															
kental															
NL-grenswaarde	20				125 ²		350 ³					20			
NL-grenswaarde							500 ⁴								
Regionale stations															
107	Posterholt-Vlodropperweg	3	2	10	11	16	13	34	3	2	12	20	4	3	13
131	Vredepeel-Vredeweg *	2	2	6	10	18	12	30	2	2	11	18	3	2	12
133	Wijnandsrade-Opfergeltstraat	3	2	7	9	14	10	36	3	2	9	14	3	2	10
227	Budel-Toom	3	3	10	12	21	15	113	4	3	12	21	4	4	15
230	Biest Houtakker-Biestsestraat	3	2	8	10	16	11	50	3	2	10	22	3	3	10
232	Volkel-Heikantsepad *	3	3	7	9	10	7	33							
235	Huijbergen-Vennekenstraat	6	5	17	20	39	25	113	6	5	19	29	8	6	22
301	Zierikzee-Lange Slikweg	5	4	11	13	18	15	50	5	4	13	18	6	5	15
318	Philippine-Stelleweg	5	4	12	17	22	21	81	6	4	20	27	7	6	21
411	Schipluiden-Groeneveld	7	7	17	21	28	22	93	7	6	21	25	8	7	21
415	Maassluis-Vlaardingsedijk *	11	10	28	35	38	29	135							
437	Westmaas-Groeneweg	4	3	9	10	18	12	65	4	3	11	26	5	4	11
444	De Zilk-Vogelaarsdreef	3	3	8	9	13	10	34	3	3	9	18	4	3	9
538	Wieringerwerf-Medemblikkerweg	1	1	4	5	9	5	23	1	1	5	5	1	1	5
620	Cabauw-Zijdeweg	2	2	6	9	10	10	62	2	1	7	10	2	1	7
627	Bilthoven-Van Leeuwenhoeklaan	3	2	7	8	12	9	67	2	2	7	12	3	2	8
631	Biddinghuizen-Hoekwantweg	1	1	4	5	7	7	43	1	1	6	7	2	1	6
633	Zegveld-Oude Meije	2	2	6	7	10	8	44	2	1	6	8	2	1	7
722	Eibergen-Lintveldseweg	2	1	5	6	12	8	43	2	1	6	10	2	1	7
724	Wageningen-Binnenhaven *	3	3	8	9	13	8	33	3	2	8	8			
733	Loenen-Eerbeeksedijk *	3	2	6	8	9	7	32	2	2	5	5			
738	Wekerom-Riemterdijk *	2	1	4	5	11	6	24	2	1	8	11	2	2	8
807	Hellendoorn-Luttenbergerweg	2	1	4	6	11	8	29	2	1	7	14	2	1	8
818	Barsbeek-De Veenen	1	1	4	6	8	6	29	1	1	5	8	1	1	6
913	Sappemeer-Borgercompagnie *	1	1	4	4	8	4	20							
918	Balk-Trophornsterweg	2	2	5	6	10	7	17	2	2	6	10	2	2	7
929	Valthermond-Noorderdiep	2	1	4	6	13	8	21	2	1	7	13	2	1	8
934	Kollumerwaard-Hooge Zuidwal	1	1	4	6	12	7	38	1	1	5	12	2	1	7
Stadsstations															
404	Den Haag-Rebecquestraat	4	3	12	14	24	17	61	4	3	15	18	5	4	17
416	Vlaardingen-Lyceumlaan	12	10	31	44	65	51	199	11	10	31	45	13	11	35
418	Rotterdam-Schiedamsevest	8	7	18	23	40	25	102	7	6	22	34	8	7	22
518	Amsterdam-Cabeliastraat	4	3	8	10	14	11	50	4	3	10	16	4	3	12
520	Amsterdam-Florapark	4	3	10	11	15	14	68	4	3	10	19	4	3	10
Straatstations															
237	Eindhoven-Noordbrabantlaan	4	3	10	11	22	15	43	4	4	14	22	5	4	15
433	Vlaardingen-Floreslaan	11	11	26	31	44	35	128	10	10	27	44	12	11	27
638	Utrecht-Vleutenseweg	4	3	9	10	13	10	47	3	3	10	13	4	3	11
641	Breukelen-Snelweg	3	2	7	8	12	9	30	3	2	8	12	3	3	9
729	Apeldoorn-Arnhemseweg *	3	3	6	7	9	6	28							

* De meetreeks voldoet niet aan de criteria ten aanzien van aggregatie van meetdata.

1) Concentratie die in 2002 op 3 dagen is overschreden, zie ook § 3.6.

2) Overschrijding is op 3 dagen per jaar toegestaan.

3) Overschrijding is 24 keer per jaar toegestaan.

4) Overschrijding indien concentratie optreedt in drie opeenvolgende uren in een gebied groter dan 100 km².

Tabel E1.1b Kentallen van de concentratieverdeling van zwaveldioxide in 2002 (in $\mu\text{g}/\text{m}^3$).
Overige stations.

	Kalenderjaar 2002							Meteorologisch jaar 04.02/03.03				Winter 10.02/03.03			
	middelingstijd in uren kental		24 gem	24 P50	24 P95	24 P98	24 max	24 c3 ¹	1 max	24 gem	24 P50	24 P98	24 max	24 gem	24 P50
NL-grenswaarde			20				125 ²	350 ³					20		
NL-grenswaarde							500 ⁴								
Station															
Prov. Limburg-Meers Heuvelstraat (01)			5	4	11	12	21								
Prov. Limburg-Geleen Vouerstraat (02)			8	7	16	19	22								
Prov. Limburg-Geleen Asterstraat (03)			5	4	14	17	29								
Prov. Limburg-Maastricht (04)			4	3	11	12	21								
DCMR-Hoek van Holland (1151)			13	12	27	37	51								
DCMR-Maassluis (1145)			13	13	27	33	47								
DCMR-Vlaardingen (1134)			15	14	30	36	86								
DCMR-Pernis (1195)			11	9	24	29	39								
DCMR-Hoogvliet (1191)			11	9	20	24	44								
DCMR-Geulhaven (1197)			18	17	36	47	64								
DCMR-Rozenburg (1181)			18	15	36	47	107								
DCMR-Zwartewaal (1238)			9	6	28	44	82								
DCMR-Schiedam (1119)			13	12	28	35	50								
Prov. N. Holland-IJmuiden (551)			8	6	23	28	39								
Prov. N. Holland-Wijk aan Zee (553)			5	2	19	28	39								
GG&GD A'dam-Overtoom (014)			3	3	9	10	13								
GG&GD A'dam-Westerpark (016)			4	3	10	11	15								

* De meetreeks voldoet niet aan de criteria ten aanzien van aggregatie van meetdata.

1) Concentratie die in 2002 op 3 dagen is overschreden, zie ook § 3.6.

2) Overschrijding is op 3 dagen per jaar toegestaan.

3) Overschrijding is 24 keer per jaar toegestaan.

4) Overschrijding indien concentratie optreedt in drie opeenvolgende uren in een gebied groter dan 100 km².

Tabel E1.2 Kentallen van de concentratieverdeling van sulfaataërosol in 2002 (in $\mu\text{g}/\text{m}^3$).

Station	middelingstijd in uren kental	24	24	24	24	24	aantal
		gem	P50	P95	P98	Max	
131 Vredepeel-Vredeweg		3	2	7	10	20	363
235 Huijbergen-Vennekenstraat		3	3	7	10	18	284
444 De Zilk-Vogelaarsdreef		3	2	6	8	18	362
538 Wieringerwerf-Medemblikkerweg		3	2	6	8	12	331
627 Bilthoven-Van Leeuwenhoeklaan		3	3	6	8	15	362
929 Valthermond-Noorderdiep		2	2	5	6	14	334
934 Kollumerwaard-Hooge Zuidwal		2	2	5	6	12	343

Tabel E.2.1a Kentallen van de concentratieverdeling van stikstofdioxide in 2002 (in $\mu\text{g}/\text{m}^3$).
Stations van het Landelijk Meetnet Luchtkwaliteit.

	Kalenderjaar 2002							Meteorologisch jaar 04.02/03.03			Winter 10.02/03.03			
	1	1	1	1	1	1	1	24	24	24	24	24	24	
middelingstijd in uren kental	gem	P50	P95	P98	P99,5	max	C18 ¹	gem	P50	P98	gem	P50	P98	
NL-grenswaarde	40 ²						200 ³							
NL-grenswaarde						400 ⁴								
Regionale stations														
107	Posterholt-Vlodropweg	24	22	50	56	64	93	68	21	19	49	31	30	69
131	Vredepeel-Vredeweg	21	17	47	55	65	84	68	17	14	43	27	25	67
133	Wijnandsrade-Opfergeltstraat	20	17	45	51	61	84	67	17	15	43	26	23	64
227	Budel-Toom	21	18	48	56	65	83	71	18	15	46	28	26	69
230	Biest Houtakker-Biestsestraat	22	19	48	55	64	78	67	19	16	49	29	28	67
232	Volkel-Heikantsepad *	26	22	57	61	68	80	65	28	25	57			
235	Huijbergen-Vennekenstraat	23	19	52	59	71	108	80	17	15	46	31	30	68
301	Zierikzee-Lange Slikweg	21	16	53	62	75	132	81	16	13	51	30	26	74
318	Philippine-Stelleweg	21	16	51	58	69	142	74	16	13	53	30	27	71
411	Schipluiden-Groeneveld *	33	31	70	81	94	121	99	26	21	71	44	42	91
437	Westmaas-Groeneweg	25	22	55	62	72	91	78	22	18	60	34	32	73
444	De Zilk-Vogelaarsdreef	20	15	52	60	69	101	77	14	11	46	30	28	77
538	Wieringerwerf-Medemblikkerweg *	15	11	43	51	61	78	64	11	8	35	22	19	59
620	Cabauw-Zijdeweg	25	21	55	63	75	127	82	19	16	56	33	31	74
631	Biddinghuizen-Hoekwantweg	17	13	43	50	58	71	62	11	10	34	22	20	55
633	Zegveld-Oude Meije	22	19	52	59	66	80	71	17	15	49	30	28	69
722	Eibergen-Lintveldseweg *	17	14	39	45	52	69	54	12	11	31	24	22	53
724	Wageningen-Binnenhaven *	29	25	62	70	80	93	79	23	21	59			
733	Loenen-Eerbeeksedijk *	24	20	54	61	66	73	66	19	16	51			
738	Wekerom-Riemterdijk *	20	17	46	52	61	78	63	15	13	41	29	27	66
807	Hellendoorn-Luttenbergerweg	16	13	41	50	60	81	65	11	10	29	22	19	55
818	Barsbeek-De Veenen	16	12	42	49	55	75	59	11	10	30	22	20	57
913	Sappemeer-Borgercompagnie *	17	12	44	50	58	63	55	16	16	36			
918	Balk-Trophornsterweg *	14	11	43	52	64	79	69	9	8	26	21	17	57
929	Valthermond-Noorderdiep	14	11	38	47	57	68	60	10	9	26	19	17	47
934	Kollumerwaard-Hooge Zuidwal	12	9	36	44	51	61	54	8	7	21	18	16	47
Stadsstations														
404	Den Haag-Rebecquestraat	34	29	72	85	106	137	115	28	23	74	44	42	98
418	Rotterdam-Schiedamsevest	38	36	73	82	98	179	106	34	31	81	47	46	96
441	Dordrecht-Frisostraat	34	32	64	72	86	122	93	30	26	69	42	40	84
518	Amsterdam-Cabeliastraat *	43	41	80	93	111	211	119	40	37	90	47	46	103
520	Amsterdam-Florapark	37	34	74	84	99	209	107	31	27	76	43	42	92
640	Utrecht-Universiteitsbibliotheek *	34	32	67	75	91	131	102	29	26	71	43	41	91

Vervolg van deze tabel op de volgende pagina>>>>

* De meetreeks voldoet niet aan de criteria ten aanzien van aggregatie van meetdata.

1) Concentratie die in 2002 op 18 dagen is overschreden, zie ook § 3.4.

2) De plandrempeel voor 2002 bedraagt $56 \mu\text{g}/\text{m}^3$; zie ook Bijlage C.

3) Overschrijding is op 18 dagen per jaar toegestaan. De plandrempeel voor 2002 bedraagt $280 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Zie ook Bijlage C.

3) Overschrijding indien concentratie optreedt in drie opeenvolgende uren in een gebied groter dan 100 km^2 .

Tabel E.2.1a (vervolg) Kentallen van de concentratieverdeling van stikstofdioxide in 2002 (in $\mu\text{g}/\text{m}^3$). Stations van het Landelijk Meetnet Luchtkwaliteit.

	Kalenderjaar 2002							Meteorologisch jaar 04.02/03.03			Winter 10.02/03.03			
	1	1	1	1	1	1	1	24	24	24	24	24	24	
middelings- tijd in uren	gem	P50	P95	P98	P99,5	max	C18 ¹	gem	P50	P98	gem	P50	P98	
kental	40 ²						200 ³							
NL-grenswaarde							400 ⁴							
NL-grenswaarde														
Straatstations														
236	Eindhoven-Genovevalaan	39	39	68	76	91	111	98	40	39	78	44	42	95
237	Eindhoven-Noordbrabantlaan *	36	34	67	76	93	152	104	33	31	72	43	42	90
238	Eindhoven-Piuslaan *	46	45	82	94	117	156	122	47	44	98			
433	Vlaardingen-Floreslaan	39	37	71	82	99	179	110	36	33	78	44	42	96
537	Haarlem-Amsterdamsevaart	44	43	79	89	104	218	114	41	39	84	54	52	109
636	Utrecht-de Jongweg	39	38	73	82	99	175	106	36	34	82	44	43	93
637	Utrecht-Wittevrouwenstraat	39	37	76	85	99	143	111	32	28	78	50	49	102
638	Utrecht-Vleutenseweg *	46	45	84	94	110	156	103	51	50	91			
639	Utrecht-Erzejstraat	46	44	83	94	118	171	132	45	44	96	51	49	105
641	Breukelen-Snelweg	45	43	86	97	113	145	118	45	44	102	45	43	99
727	Apeldoorn-Loolaan *	35	32	68	76	85	115	83	43	42	84			
728	Apeldoorn-Stationstraat *	53	51	89	101	117	137	105	59	60	128			
729	Apeldoorn-Arnhemseweg *	37	35	75	86	98	116	92	44	36	97			

* De meetreeks voldoet niet aan de criteria ten aanzien van aggregatie van meetdata.

1) Concentratie die in 2002 op 18 dagen is overschreden, zie ook § 3.4.

2) De plandrempel voor 2002 bedraagt $56 \mu\text{g}/\text{m}^3$; zie ook Bijlage C.

3) Overschrijding is op 18 dagen per jaar toegestaan. De plandrempel voor 2002 bedraagt $280 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Zie ook Bijlage C.

4) Overschrijding indien concentratie optreedt in drie opeenvolgende uren in een gebied groter dan 100 km^2 .

Tabel E2.1b Kentallen van de concentratieverdeling van stikstofdioxide in 2002 (in $\mu\text{g}/\text{m}^3$).

Overige stations.

	Kalenderjaar 2002							Meteorologisch jaar 04.02/03.03			Winter 10.02/03.03		
	1	1	1	1	1	1	1	24	24	24	24	24	24
middelings- tijd in uren	gem	P50	P95	P98	P99,5	max	C18 ¹	gem	P50	P98	gem	P50	P98
kental	40 ²						200 ³						
NL-grenswaarde							400 ⁴						
NL-grenswaarde													
Station													
	Prov. Limburg-Meers Heuvelstraat (01)	27	24	58	65	75	117						
	Prov. Limburg-Geleen Vouerstraat (02)	31	29	59	69	85	110						
	Prov. Limburg-Geleen Asterstraat (03)	29	26	57	66	80	111						
	Prov. Limburg-Maastricht (04)	37	31	88	104	124	171						
	DCMR-Maassluis (1145)	35	33	67	76	92	121						
	DCMR-Hoogvliet (1191)	43	40	82	94	110	167						
	DCMR-Schiedam (1119)	43	42	80	92	109	253						
	Prov. N. Holland-IJmuiden (551)	32	28	63	73	88	156						
	Prov. N. Holland-Wijk aan Zee (553)	27	20	71	82	101	151						
	Prov. N. Holland-Badhoevedorp (561)	38	36	77	88	104	163						
	Prov. N. Holland-Oude Meer (562)	38	35	76	87	102	544						
	Prov. N. Holland-Hoofddorp (564)	31	27	69	79	91	124						
	GG&GD A'dam-Niewendamerdijk (003)	31	27	67	76	90	130						
	GG&GD A'dam-Einsteinweg (007)	52	52	94	105	118	172						
	GG&GD A'dam-Overtoom (014)	35	31	69	78	94	118						
	GG&GD A'dam-Stadhouderskade (017)	46	44	82	84	115	242						

1) Concentratie die in 2002 op 18 dagen is overschreden, zie ook § 3.4.

2) De plandrempel voor 2002 bedraagt $56 \mu\text{g}/\text{m}^3$; zie ook Bijlage C.

3) Overschrijding is op 18 dagen per jaar toegestaan. De plandrempel voor 2002 bedraagt $280 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Zie ook Bijlage C.

4) Overschrijding indien concentratie optreedt in drie opeenvolgende uren in een gebied groter dan 100 km^2 .

Tabel E.2.2a Kentallen van de concentratieverdeling van stikstofoxiden¹ in 2002 (in µg/m³).
Stations van het Landelijk Meetnet Luchtkwaliteit.

	Kalenderjaar 2002					Zomer 04-10				Winter 10.02-30.03				
	EU-grenswaarde middelingstijd in uren kental	1 gem	1 P50	1 P95	1 P98	1 max	1 gem	1 P50	1 P95	1 P98	1 gem	1 P50	1 P95	1 P98
Regionale stations														
107	Posterholt-Vlodropperweg	37	27	105	145	326	27	23	61	77	50	36	138	172
131	Vredepeel-Vredeweg	29	19	88	125	260	21	16	50	67	39	27	113	138
133	Wijnandsrade-Opfergeltstraat	32	20	95	158	526	21	17	51	69	45	29	140	187
227	Budel-Toom	31	21	94	135	293	23	18	53	74	44	33	125	255
230	Biest Houtakker-Biestsestraat	32	22	95	140	339	23	18	58	80	45	32	128	169
232	Volkel-Heikantsepad *	36	23	113	150	241	29	27	57	80				
235	Huijbergen-Vennekenstraat	33	22	101	140	315	20	16	48	68	45	35	118	156
301	Zierikzee-Lange Slikweg	28	17	92	142	285	19	14	52	68	43	29	141	172
318	Philippine-Stelleweg	28	18	90	135	379	19	14	53	68	46	31	140	186
411	Schipluiden-Groeneveld *	57	36	184	259	705	36	24	101	158	84	60	240	308
437	Westmaas-Groeneweg	39	24	128	180	548	27	20	77	106	57	39	163	229
444	De Zilk-Vogelaarsdreef	30	16	114	182	546	17	12	46	64	48	31	154	197
538	Wieringerwerf-Medemblikkerweg *	19	11	65	104	305	12	8	32	47	31	21	97	128
620	Cabauw-Zijdeweg	40	24	133	198	481	25	18	66	106	56	39	157	204
631	Biddinghuizen-Hoekwantweg	24	14	78	116	320	14	11	39	56	33	23	93	132
633	Zegveld-Oude Meije	34	20	111	174	570	21	16	53	75	47	31	136	183
722	Eibergen-Lintveldseweg *	22	15	64	94	184	14	12	32	42	33	25	90	125
724	Wageningen-Binnenhaven *	46	28	147	207	331	31	22	100	138				
733	Loenen-Eerbeeksedijk *	34	21	106	154	276	24	17	64	97				
738	Wekerom-Riemterdijk *	30	20	93	149	277	19	15	48	60	46	31	131	167
807	Hellendoorn-Luttenbergerweg	22	15	71	104	251	14	12	33	42	30	22	86	110
818	Barsbeek-De Veenen	21	13	71	109	269	13	11	30	42	30	21	89	119
913	Sappemeer-Borgercompagnie *	21	13	76	101	148	18	16	38	41				
918	Balk-Trophornsterweg *	18	11	63	93	237	10	9	24	32	27	19	79	96
929	Valthermond-Noorderdiep	18	12	62	86	176	11	9	25	34	25	19	68	85
934	Kollumerwaard-Hooge Zuidwal	15	9	55	80	174	8	7	19	25	23	18	65	83
Stadsstations														
404	Den Haag-Rebecquestraat	55	35	172	240	717	36	27	92	131	79	56	220	283
418	Rotterdam-Schiedamsevest	64	46	187	264	791	46	36	117	154	89	67	234	293
441	Dordrecht-Frisostraat	54	37	158	231	668	39	30	98	135	76	55	203	269
518	Amsterdam-Cabeliastraat *	88	59	255	376	1663	71	49	198	278	106	72	299	490
520	Amsterdam-Florapark	62	40	196	282	1498	40	30	106	147	84	60	232	340
640	Utrecht-Universiteitsbibliothe *	53	36	160	221	647	36	29	89	125	73	54	193	252

Vervolg van deze tabel op de volgende pagina>>>

* De meetreeks voldoet niet aan de criteria ten aanzien van aggregatie van meetdata.

1) Stikstofoxiden: het totale aantal deeltjes stikstofmono-oxide (NO) en stikstofdioxide (NO₂) per miljard, uitgedrukt in microgrammen stikstofdioxide (NO₂) per kubieke meter.

2) Voor de toepassing van deze norm gelden de volgende criteria:

gebieden moeten minimaal 20 km verwijderd zijn van agglomeraties;

ze moeten minimaal 5 km verwijderd zijn van andere gebieden met bebouwing, industriële situaties of snelwegen;

ze moeten representatief zijn voor een gebied van minimaal 1000 km².

Op grond van deze criteria is de bovenstaande toets alleen toegepast op de stations in zone noord, zie ook § 3.5.

Tabel E.2.2a (vervolg) Kentallen van de concentratieverdeling van stikstofoxiden in 2002 (in $\mu\text{g}/\text{m}^3$).
Stations van het Landelijk Meetnet Luchtkwaliteit.

	Kalenderjaar 2002				Zomer 04-09				Winter 10.02-03.03					
	1 m kental	1 P50	1 P95	1 P98					1 max					
EU-grenswaarde	30 ²													
Straatstations														
236	Eindhoven-Genovevalaan	102	81	268	351	951	91	81	204	247	125	96	328	433
237	Eindhoven-Noordbrabantlaan *	69	48	194	277	1161	52	40	139	183	91	65	234	372
238	Eindhoven-Piuslaan *	119	100	287	361	1130	113	97	263	328				
433	Vlaardingen-Floreslaan	82	58	225	334	1670	63	48	159	215	102	73	279	404
537	Haarlem-Amsterdamsevaart	94	74	255	333	1476	69	61	160	212	134	102	315	400
636	Utrecht-de Jongweg	88	65	238	338	910	68	53	174	226	108	83	280	392
637	Utrecht-Wittevrouwenstraat	76	51	234	316	738	49	35	141	192	106	81	262	361
638	Utrecht-Vleutenseweg *	100	77	261	346	784	107	98	223	272	137	104	358	498
639	Utrecht-Erzejstraat	108	78	304	424	1239	90	70	232	311	127	85	378	476
641	Breukelen-Snelweg	131	101	357	454	1061	124	103	315	396				
727	Apeldoorn-Loolaan *	71	49	202	305	618	63	47	146	252				
728	Apeldoorn-Stationsstraat *	135	98	375	539	907	143	80	696	752				
729	Apeldoorn-Arnhemseweg *	87	53	290	391	788	114	51	241	472				

* De meetreeks voldoet niet aan de criteria ten aanzien van aggregatie van meetdata.

1) Stikstofoxiden: het totale aantal deeltjes stikstofmono-oxide (NO) en stikstofdioxide (NO₂) per miljard, uitgedrukt in microgrammen stikstofdioxide (NO₂) per kubieke meter.

2) Voor de toepassing van deze norm gelden de volgende criteria:

- gebieden moeten minimaal 20 km verwijderd zijn van agglomeraties;
- ze moeten minimaal 5 km verwijderd zijn van andere gebieden met bebouwing, industriële situaties of snelwegen;
- ze moeten representatief zijn voor een gebied van minimaal 1000 km².

Op grond van deze criteria is de bovenstaande toets alleen toegepast op de stations in zone noord, zie ook § 3.5.

Tabel E2.3 Kentallen van de concentratieverdeling van ammoniak in 2002 (in $\mu\text{g}/\text{m}^3$).

Station	middelingstijd in uren kental	1	1	1	1	1
		gem	P50	P95	P98	max
131 Vredepeel-Vredeweg		14	11	36	47	143
235 Huijbergen-Vennekenstraat		2	1	7	10	41
444 De Zilk-Vogelaarsdreef		1	1	6	9	17
538 Wieringerwerf-Medemblikkerweg		4	2	11	16	88
633 Zegveld-Oude Meije		8	4	26	42	160
722 Eibergen-Lintveldseweg		7	5	20	25	66
738 Wekerom-Riemterdijk		12	8	40	56	130
929 Valthermond-Noorderdiep		4	3	11	15	32

Tabel E2.4: Kentallen van de concentratieverdeling van nitraataërosol in 2002 (in $\mu\text{g}/\text{m}^3$).

Station	middelingstijd in uren kental	24	24	24	24	24	aantal
		gem	P50	P95	P98	max	
131 Vredepeel-Vredeweg		4	3	10	13	25	363
235 Huijbergen-Vennekenstraat		4	3	10	12	19	284
444 De Zilk-Vogelaarsdreef		4	3	9	11	16	362
538 Wieringerwerf-Medemblikkerweg		4	3	10	11	18	331
627 Bilthoven-Van Leeuwenhoeklaan		4	3	10	11	16	362
929 Valthermond-Noorderdiep		3	2	7	9	14	334
934 Kollumerwaard-Hooge Zuidwal		3	2	9	11	14	343

Tabel E2.5: Kentallen van de concentratieverdeling van ammoniumaërosol in 2002 (in $\mu\text{g}/\text{m}^3$).

Station	middelingstijd in uren kental	24	24	24	24	24	aantal
		gem	P50	P95	P98	max	
131 Vredepeel-Vredeweg		2	2	5	7	13	363
235 Huijbergen-Vennekenstraat		2	2	5	6	11	284
444 De Zilk-Vogelaarsdreef		2	1	4	5	8	362
538 Wieringerwerf-Medemblikkerweg		2	1	5	6	9	331
627 Bilthoven-Van Leeuwenhoeklaan		2	2	5	6	9	362
929 Valthermond-Noorderdiep		1	1	3	4	9	334
934 Kollumerwaard-Hooge Zuidwal		2	1	4	5	7	343

Tabel E.3a Kentallen van de concentratieverdeling van koolstofmono-oxide in 2002 (in mg/m³).
Stations van het Landelijk Meetnet Luchtkwaliteit.

middelingstijd in uren		1	1	1	1	1	8	8	8
kental		P50	P98	P99.9	gem	max	P50	P98	max
NL-grenswaarde		40					6		
EU-grenswaarde							3.6 ¹		10
Regionale stations									
230	Biest Houtakker-Biestsestraat	0,3	0,9	1,5	0,3	1,6	0,3	0,8	1,5
411	Schipluiden-Groeneveld	0,3	0,9	1,6	0,3	1,9	0,3	0,9	1,8
633	Zegveld-Oude Meije	0,3	0,8	1,3	0,3	2,0	0,3	0,8	1,5
733	Loenen-Eerbeeksedijk *	0,3	0,8	1,2	0,3	1,2	0,3	0,8	1,1
738	Wekerom-Riemterdijk *	0,3	0,8	1,1	0,3	1,4	0,3	0,8	1,1
934	Kollumerwaard-Hooge Zuidwal	0,2	0,6	0,9	0,2	1,1	0,2	0,6	1,0
Stadsstations									
418	Rotterdam-Schiedamsevest *	0,4	1,1	2,0	0,4	3,3	0,4	1,0	1,8
441	Dordrecht-Frisostraat *	0,4	1,3	3,2	0,5	4,3	0,4	1,2	2,9
518	Amsterdam-Cabeliaustraart	0,4	1,4	2,9	0,5	5,5	0,4	1,3	2,9
640	Utrecht-Universiteitsbibliothe *	0,3	1,0	1,7	0,4	2,3	0,3	1,0	1,5
Straatstations									
236	Eindhoven-Genovevalaan	0,7	2,5	5,7	0,8	8,8	0,7	2,3	6,0
237	Eindhoven-Noordbrabantlaan	0,5	1,8	4,2	0,6	6,3	0,5	1,6	3,6
238	Eindhoven-Piuslaan *	0,6	1,9	3,9	0,7	6,2	0,6	1,5	4,2
537	Haarlem-Amsterdamsevaart	0,6	1,9	4,0	0,7	10,0	0,7	1,7	5,1
636	Utrecht-de Jongweg	0,5	1,6	2,9	0,5	6,1	0,5	1,4	3,2
637	Utrecht-Wittevrouwenstraat	0,4	1,6	2,7	0,5	3,3	0,5	1,5	2,4
638	Utrecht-Vleutenseweg *	0,6	1,7	3,3	0,7	5,5	0,6	1,6	3,0
639	Utrecht-Erzejstraat	0,5	1,9	4,3	0,6	8,9	0,5	1,7	4,2
641	Breukelen-Snelweg	0,4	1,0	1,5	0,4	1,8	0,4	1,0	1,5
727	Apeldoorn-Loolaan *	0,5	1,8	3,3	0,6	3,6	0,5	1,7	2,7
728	Apeldoorn-Stationstraat *	0,5	2,3	3,8	0,7	4,5	0,5	2,1	3,1
729	Apeldoorn-Arnhemseweg *	0,5	2,1	3,2	0,6	3,3	0,5	1,8	2,7

* De meetreeks voldoet niet aan de criteria ten aanzien van aggregatie van meetdata.

1) Deze toetswaarde is een indicatieve norm voor de moeilijker te berekenen EU-norm die geldt voor de hoogste 8-uursgemiddelde concentratie. De toetswaarde kan worden berekend met behulp van het CARI-model.

Tabel E.3b Kentallen van de concentratieverdeling van koolstofmono-oxide in 2002 (in mg/m³).
Overige stations.

middelingstijd in uren		1	1	1	1	1	8	8	8
kental		P50	P98	P99.9	gem	max	P50	P98	max
NL-grenswaarde		40					6		
EU-grenswaarde							3.6 ¹		10
Station									
	Prov. Limburg-Geleen Asterstraat (03) *	0,3			0,4	4,7			
	Prov. N. Holland-IJmuiden (551)	0,3	1,5		0,5	6,5			
	Prov. N. Holland-Wijk aan Zee (553)	0,2	1,7		0,3	6,6			
	Prov. N.Holland-Badhoevedorp (561)	0,3	1,2		0,4	4,6			
	Prov. N.Holland-Oude Meer (562)	0,3	1,0		0,4	2,1			
	Prov. N.Holland-Hoofddorp (564)	0,2	1,0		0,3	3,5			
	GG&GD A'dam-Einsteinweg (007)	0,5	1,6		0,6	5,3	1,5	3,0	
	GG&GD A'dam-Overtoom (014)	0,3	0,8		0,4	2,1	0,8	1,4	
	GG&GD A'dam-Stadhouderskade (017)	0,6	1,4		0,6	5,3	1,3	2,7	

* De meetreeks voldoet niet aan de criteria ten aanzien van aggregatie van meetdata.

1) Deze toetswaarde is een indicatieve norm voor de moeilijker te berekenen EU-norm die geldt voor de hoogste 8-uursgemiddelde concentratie. De toetswaarde kan worden berekend met behulp van het CARI-model.

Tabel E.4a Kentallen van de concentratieverdeling van ozon in 2002 (in $\mu\text{g}/\text{m}^3$).
Stations van het Landelijk Meetnet Luchtkwaliteit.

middelingstijd in uren		1	1	1	1	8	8	8	1
kental		gem	P50	P98	max	P50	P98	max	AOT40 ¹
EU-drempelwaarde								110	
EU-streefwaarde								120 ²	18000 ³
EU-informatiedrempel					180				
EU-alarmdrempel					240				
Regionale stations									
107	Posterholt-Vlodropperweg	37	35	104	191	36	95	150	6472
131	Vredepeel-Vredeweg	37	36	98	169	37	90	140	5093
133	Wijnandsrade-Opfergeltstraat	36	35	100	183	36	90	153	5446
227	Budel-Toom	38	36	105	181	38	95	160	7153
230	Biest Houtakker-Biestsestraat	34	32	97	162	33	87	146	4315
232	Volkel-Heikantsepad *	36	38	77	115	39	73	108	
235	Huijbergen-Vennekenstraat	34	31	93	173	32	85	142	3673
301	Zierikzee-Lange Slikweg	46	48	102	211	48	95	180	5259
318	Philippine-Stelleweg	42	42	94	208	42	90	161	3871
411	Schipluiden-Groeneveld	39	37	99	229	37	92	202	5069
437	Westmaas-Groeneweg	38	37	95	184	38	88	160	4064
444	De Zilk-Vogelaarsdreef	45	47	99	180	47	93	159	4329
538	Wieringerwerf-Medemblikkerweg	47	50	96	158	50	92	145	3482
620	Cabauw-Zijdeweg	37	36	96	165	37	89	157	3852
631	Biddinghuizen-Hoekwantweg	40	39	97	158	39	89	135	3934
633	Zegveld-Oude Meije	39	38	98	186	39	91	161	4641
722	Eibergen-Lintveldseweg	37	35	104	225	36	97	175	6144
724	Wageningen-Binnenhaven *	43	43	93	117	43	88	104	
733	Loenen-Eerbeeksedijk *	41	42	98	126	42	92	118	
738	Wekerom-Riemterdijk	36	33	101	181	34	93	163	4679
807	Hellendoorn-Luttenbergerweg	41	39	104	195	40	97	157	5905
818	Barsbeek-De Veenen	43	44	101	179	45	95	136	5120
913	Sappemeer-Borgercompagnie *	41	45	76	104	45	73	86	
918	Balk-Trophornsterweg	49	51	105	173	52	98	153	5891
929	Valthermond-Noorderdiep	41	40	102	143	41	94	127	3559
934	Kollumerwaard-Hooge Zuidwal	44	45	97	155	45	89	142	3558
Stadsstations									
404	Den Haag-Rebecquestraat	40	40	97	202	40	92	184	3609
441	Dordrecht-Frisostraat	31	27	95	192	28	87	164	4148
520	Amsterdam-Florapark	33	30	88	168	30	84	141	2267
640	Utrecht-Universiteitsbibliothe	34	32	95	154	32	89	134	2986
Straatstations									
236	Eindhoven-Genovevalaan	29	27	83	154	27	76	134	2470
238	Eindhoven-Piuslaan	30	26	87	155	27	78	126	1945
433	Vlaardingen-Floreslaan	30	26	87	212	27	82	182	2684
636	Utrecht-de Jongweg	29	25	90	147	25	85	131	2491
638	Utrecht-Vleutenseweg *	26	24	66	99	25	62	83	
639	Utrecht-Erzejstraat	28	23	87	137	24	80	123	2023
641	Breukelen-Snelweg	25	19	91	155	20	85	140	2384
729	Apeldoorn-Arnhemseweg *	33	31	76	112	33	72	101	

* De meetreeks voldoet niet aan de criteria ten aanzien van aggregatie van meetdata.

1) AOT40 (uitgedrukt in $(\mu\text{g}/\text{m}^3)\cdot\text{uur}$) staat voor het gesommeerde verschil tussen de uurconcentraties boven $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$. (=40 deeltjes per miljard) en $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$ over een bepaalde periode, waarbij uitsluitend gebruik wordt gemaakt van de uurwaarden die elke dag tussen 08.00 uur en 20.00 uur Midden-Europese tijd worden gemeten (of de geschikte tijd voor de ultraperifere gebieden).

2) Overschrijding is op 25 dagen per jaar toegestaan. Langetermijndoelstelling is geen enkele overschrijding.

3) In $(\mu\text{g}/\text{m}^3) \times \text{uur}$.

Tabel E.4b Kentallen van de concentratieverdeling van ozon in 2002 (in $\mu\text{g}/\text{m}^3$).
Overige stations.

middelingstijd in uren	1	1	1	1	8	8	8	24
kental	gem	P50	P98	max	P50	P98	max	AOT40 ¹
Eu-drempelwaarde							110	
EU-streefwaarde							120 ²	18000 ³
EU-informatiedrempel				180				
EU-alarmdrempel				240				
Station								
Prov. Limburg-Maastricht (04) *	32	30	90	207				
DCMR - Schiedam (1119)	36	31	105	199				
DCMR - Hoogvliet (1191)	37	34	98	191				
DCMR - Maassluis (1145)	39	36	102	163				
Prov. N. Holland-Badhoevedorp (561)	38	35	101	185				
Prov. N. Holland-Oude Meer (562)	36	34	93	174				
Prov. N. Holland-Hoofddorp (564)	46	45	125	266				
GG&GD A'dam-Niewendamerdijk (003)	44	44	104	214				
GG&GD A'dam-Overtoom (014)	40	38	110	230				

* De meetreeks voldoet niet aan de criteria ten aanzien van aggregatie van meetdata.

- 1) AOT40 (uitgedrukt in $(\mu\text{g}/\text{m}^3)\cdot\text{uur}$) staat voor het gesommeerde verschil tussen de uurconcentraties boven $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$. (=40 deeltjes per miljard) en $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$ over een bepaalde periode, waarbij uitsluitend gebruik wordt gemaakt van de uurwaarden die elke dag tussen 08.00 uur en 20.00 uur Midden-Europese tijd worden gemeten (of de geschikte tijd voor de ultraperifere gebieden).
- 2) Overschrijding is op 25 dagen per jaar toegestaan. Langetermijndoelstelling is geen enkele overschrijding.
- 3) In $(\mu\text{g}/\text{m}^3) \times \text{uur}$.

Tabel E5.1a Kentallen van de concentratieverdeling van zwarte rook in 2002 (in $\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Stations van het Landelijk Meetnet Luchtkwaliteit.

	Kalenderjaar 2002					Meteorologisch jaar 04.02-03.03					Winter 10.02-03.03			
	24 gem	24 P50	24 P95	24 P98	24 max	24 gem	24 P50	24 P95	24 P98	24 max	24 gem	24 P50	24 P95	24 P98
middelings- tijd in uren														
kental														
voormalig NL-grenswaarde		30	75	90	150									
voormalig EU-grenswaarde							80		250					130
voormalig EU-richtwaarde						40 -				100 -				
						60				150				
Regionale stations														
131 Vredepeel-Vredeweg *	8	6	21	30	52	9	6	22	29	52	11	9	27	34
133 Wijnandsrade-Opfergeltstraat	8	6	21	27	82	9	7	23	28	82	12	9	27	32
230 Biest Houtakker-Biestsestraat	9	7	25	34	57	10	7	28	34	57	13	10	32	34
318 Philippine-Stelleweg	7	4	21	34	68	9	5	26	33	68	12	10	31	42
437 Westmaas-Groeneweg *	8	5	24	32	50	8	6	27	32	50	12	9	31	37
444 De Zilk-Vogelaarsdreef	6	3	20	32	54	7	4	25	31	54	11	8	30	38
538 Wieringerwerf-Medemblikkerweg	6	4	19	29	58	7	4	20	28	58	10	8	23	37
722 Eibergen-Lintveldseweg	6	4	18	28	53	7	4	18	27	53	9	6	24	32
724 Wageningen-Binnenhaven *	8	5	23	33	53	8	6	24	31	53	11	8	30	35
929 Valthermond-Noorderdiep *	6	3	18	27	64	6	3	21	34	64	9	6	27	43
Stads stations														
640 Utrecht-Universiteitsbibliothe *	11	9	31	40	55	12	9	31	39	55	16	13	39	44
Straatstations														
433 Vlaardingen-Floreslaan *	15	12	36	48	99	16	13	38	43	99	20	15	42	57
636 Utrecht-de Jongweg *	18	16	45	51	65	18	16	42	50	65	22	18	49	54
637 Utrecht-Wittevrouwenstraat *	15	13	38	47	59	16	13	38	44	56	20	17	42	50

* De meetreeks voldoet niet aan de criteria ten aanzien van aggregatie van meetdata.

Tabel E5.1b Kentallen van de concentratieverdeling van zwarte rook in 2002 (in $\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Overige stations.

	Kalenderjaar 2002					Meteorologisch jaar 04.02-03.03					Winter 10.02-03.03			
	24 gem	24 P50	24 P95	24 P98	24 max	24 gem	24 P50	24 P95	24 P98	24 max	24 gem	24 P50	24 P95	24 P98
middelings- tijd in uren														
kental														
voormalig NL-grenswaarde		30	75	90	150									
voormalig EU-grenswaarde							80		250					130
voormalig EU-richtwaarde						40 -				100 -				
						60				150				
Station														
Prov. N. Holland-Badhoevedorp (561)	10	7	32	42	54									
Prov. N. Holland-Oude Meer (562)	13	10	32	48	90									
Prov. N. Holland-Hoofddorp (564)	8	6	24	34	55									
DCMR-Schiedam (2119)	20	17	44	57	79									
DCMR-Rotterdam (3011)	20	17	42	58	103									
GG&GD A'dam-Niewendamerdijk (003)	7	5	20	32	49									
GG&GD A'dam-Einsteinweg (007)	25	22	59	73	98									
GG&GD A'dam-Overtoom (014)	10	8	24	38	48									
GG&GD A'dam-Stadhouderskade (017)	18	15	39	46	77									

* De meetreeks voldoet niet aan de criteria ten aanzien van aggregatie van meetdata.

Tabel E5.2a Kentallen van de concentratieverdeling fijn stof in 2002 (in $\mu\text{g}/\text{m}^3$)¹
Stations van het Landelijk Meetnet Luchtkwaliteit.

middelingstijd in uren		24	24	24	24	24	24	24	
kental		gem	P50	P90	P95	P98	max	dagen ²	
NL-grenswaarde		40 ³							35 ⁴
Regionale stations									
131	Vredepeel-Vredeweg	35	31	57	67	78	113	56	
133	Wijnandsrade-Opfergeltstraat	31	26	53	62	74	102	44	
230	Biest Houtakker-Biestsestraat	36	30	62	68	83	139	64	
318	Philippine-Stelleweg	34	29	57	71	80	109	57	
437	Westmaas-Groeneweg	32	27	55	66	72	118	45	
444	De Zilk-Vogelaarsdreef	33	30	51	64	72	107	40	
538	Wieringerwerf-Medemblikkerweg	28	25	47	56	64	106	28	
722	Eibergen-Lintveldseweg	32	27	55	65	84	109	44	
724	Wageningen-Binnenhaven *	33	27	57	69	80	86	23	
738	Wekerom-Riemterdijk *	31	27	47	57	73	111	22	
929	Valthermond-Noorderdiep	31	26	54	65	75	104	41	
Stadsstations									
404	Den Haag-Rebecquestraat	35	30	55	66	80	115	47	
418	Rotterdam-Schiedamsevest	39	34	61	74	88	120	73	
441	Dordrecht-Frisostraat *	36	31	58	69	82	102	43	
520	Amsterdam-Florapark	32	28	52	60	73	112	43	
Straatstations									
236	Eindhoven-Genovevalaan	37	32	61	69	74	116	69	
433	Vlaardingen-Floreslaan	32	27	52	62	74	104	37	
639	Utrecht-Erzejstraat	37	32	61	69	85	110	59	
641	Breukelen-Snelweg	33	29	53	63	79	103	47	
728	Apeldoorn-Stationstraat	40	36	61	70	80	145	82	

* De meetreeks voldoet niet aan de criteria ten aanzien van aggregatie van meetdata.

1) De meetresultaten zijn vermenigvuldigd met een empirische factor 1,33.

als correctie voor een systematische onderschatting door de monsternemingsapparatuur.

2) Overschrijding van een daggemiddelde concentratie van $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ is op maximaal 35 dagen per jaar toegestaan.

3) De plandrempel voor 2002 bedraagt $45 \mu\text{g}/\text{m}^3$; zie ook Bijlage C.

4) De plandrempel voor 2002 bedraagt 65 dagen; zie ook Bijlage C.

Tabel E5.2b Kentallen van de concentratieverdeling fijn stof in 2002 (in $\mu\text{g}/\text{m}^3$)¹.
Overige stations.

Station	middelingstijd in uren						
	gem	P50	P90	P95	P98	max dagen ²	
	24	24	24	24	24	24	24
	kental						
	NL-grenswaarde	40					35 ³
Prov. Limburg-Geleen (03)	30	27		56	63	86	
Prov. Limburg-Maastricht (04)	30	25		60	76	104	
DCMR-Schiedam (1119)	45	40	70	83	95	196	103
DCMR-Hoogvliet (1191) *	44	39	67	85	98	133	91
DCMR-Maassluis (1145) *	40	35	63	76	89	128	71
Prov. N. Holland-IJmuiden (551)	30	28	45	52	59	91	81
Prov. N. Holland-Wijk aan Zee (553)	34	32	55	63	75	93	93
Prov. N. Holland-De Rijp (556)	23	22	36	42	47	55	2
Prov. N. Holland-Badhoevedorp (561)	26	23	42	49	57	82	13
Prov. N. Holland-Oude Meer (562)	23	21	39	46	52	81	8
Prov. N. Holland-Hoofddorp (564)	21	19	34	41	54	101	22
GG&GD A'dam-Einsteinweg (007)	36	33	56	63	71	131	
GG&GD A'dam-Overtoom (014)	28	25	42	52	59	137	
GG&GD A'dam-Klinkerweg (015)	28	26	43	50	55	85	
GG&GD A'dam-Westerpark (016)	29	26	43	52	60	87	
GG&GD A'dam-Stadhouderskade (017)	33	30	48	56	62	109	

* De meetreeks voldoet niet aan de criteria ten aanzien van aggregatie van meetdata.

1) De meetresultaten van de Provincie Limburg, de Provincie Noord-Holland en de GG&GD Amsterdam zijn vermenigvuldigd met een empirische factor 1,33 als correctie voor een systematische onderschatting door de monsternemingsapparatuur.

Een uitzondering zijn meetresultaten van DCRM, waar vanwege andere meetapparatuur een empirische factor van 1,9 wordt gebruikt.

2) Overschrijding van een daggemiddelde concentratie van $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ is op maximaal 35 dagen per jaar toegestaan.

3) De plandrempel voor 2002 bedraagt $45 \mu\text{g}/\text{m}^3$; zie ook Bijlage C.

4) De plandrempel voor 2002 bedraagt 65 dagen; zie ook Bijlage C.

Tabel E6.1 Kentallen van de concentratieverdeling van arseen in 2002 (in ng/m³)

	middelingstijd in uren kental	24	24	24	24	24	aantal
		gem	P50	P95	P98	max	
LML stations							
230 Biest Houtakker-Biestsestraat		1,1	0,8	2,3	4,2	5,5	172
433 Vlaardingen-Floreslaan		0,8	0,6	2,2	3,0	4,6	182
627 Bilthoven-Van Leeuwenhoeklaan		0,8	0,7	1,9	2,6	5,3	181
934 Kollumerwaard-Hooge Zuidwal		0,7	0,4	1,9	2,6	10,0	182
Niet LML stations							
DCMR-Korendijk (2265)		1,0	0,7	3,2	3,5	3,5	54
DCMR-Vlaardingen (8636)		0,9	0,7	2,2	2,7	3,3	58
DCMR-Bergambacht (9861)		1,1	0,8	3,1	3,7	4,0	57
DCMR-Westland (3151)		0,8	0,5	2,8	3,5	4,5	60

Tabel E6.2 Kentallen van de concentratieverdeling van cadmium in 2002 (in ng/m³)

	middelingstijd in uren kental	24	24	24	24	24	aantal
		gem	P50	P95	P98	max	
LML stations							
230 Biest Houtakker-Biestsestraat		0,4	0,3	0,9	1,0	2,1	172
433 Vlaardingen-Floreslaan		0,3	0,2	0,8	1,2	1,9	181
627 Bilthoven-Van Leeuwenhoeklaan		0,2	0,2	0,7	0,8	1,2	180
934 Kollumerwaard-Hooge Zuidwal		0,2	0,1	0,5	0,7	1,4	181
Niet LML stations							
DCMR-Rotterdam (1011)		0,6	0,5	1,3	2,0	2,6	91
DCMR-Beerdam (1198)		0,6	0,5	1,5	2,0	3,1	131
DCMR-Vlaardingen (2133)		0,7	0,6	2,2	3,5	3,7	115
DCMR-Oostvoorne (1233)		0,6	0,5	1,5	1,9	3,1	115
DCMR-Hoek van Holland (2151)		0,6	0,4	1,8	2,2	4,0	170
DCMR-Markweg (2198)		0,9	0,7	2,2	2,5	2,7	47
DCMR-Korendijk (2265)		0,5	0,4	1,1	3,7	7,2	54
DCMR-Vlaardingen (8636)		0,7	0,3	1,0	8,3	21,5	58
DCMR-Bergambacht (9861)		0,4	0,3	1,0	1,2	1,4	57
DCMR-Westland (3151)		0,4	0,3	1,0	1,8	2,6	60

Tabel E6.3 Kentallen van de concentratieverdeling van lood in 2002 (in ng/m³)

	middelingstijd in uren kental	24	24	24	24	24	aantal
		gem	P50	P95	P98	max	
LML stations							
230 Biest Houtakker-Biestsestraat		14,4	11,1	34,9	44,8	78,4	172
433 Vlaardingen-Floreslaan		12,9	9,4	37,5	44,6	89,9	182
627 Bilthoven-Van Leeuwenhoeklaan		10,0	7,8	23,4	31,9	61,5	181
934 Kollumerwaard-Hooge Zuidwal		7,7	5,7	20,0	29,1	53,1	182
Niet LML stations							
DCMR-Rotterdam (1011)		17	14	36	42	71	91
DCMR-Beerdam (1198)		11	8	28	33	79	131
DCMR-Vlaardingen (2133)		13	11	35	39	82	115
DCMR-Oostvoorne (1233)		9	6	27	34	72	115
DCMR-Hoek van Holland (2151)		13	9	33	52	78	170
DCMR-RDM Markweg (2198)		12	10	26	54	75	47
DCMR-Korendijk (2265)		14	10	43	57	65	54
DCMR-Vlaardingen (8636)		13	9	38	54	65	58
DCMR-Bergambacht (9861)		17	11	48	102	176	57
DCMR-Westland (3151)		15	10	47	64	81	60

Tabel E6.4 Kentallen van de concentratieverdeling van zink in 2002 (in ng/m³)

	middelingstijd in uren kental	24	24	24	24	24	aantal
		gem	P50	P95	P98	max	
LML stations							
230 Biest Houtakker-Biestsestraat		42	34	108	129	220	170
433 Vlaardingen-Floreslaan		33	23	91	124	171	181
627 Bilthoven-Van Leeuwenhoeklaan		29	22	74	100	147	181
934 Kollumerwaard-Hooge Zuidwal		24	19	59	86	134	181
Niet LML stations							
DCMR-Korendijk (2265)		54	46	97	187	240	54
DCMR-Vlaardingen (8636)		55	49	121	171	227	58
DCMR-Bergambacht (9861)		59	58	116	160	227	57
DCMR-Westland (3151)		93	89	187	223	232	60

Tabel E7 Jaargemiddelde en maximum concentratie van benzeen in 2002 (in $\mu\text{g}/\text{m}^3$)

	kental	jaargemiddelde	maximum
	NL-grenswaarde	10	
	NL-richtwaarde	5	
	EU-grenswaarde	5	
	middelingstijd		
LML stations			
Regionale stations			
230 Biest Houtakker-Biestsestraat	week	0,9	2,9
415 Maassluis-Vlaardingsedijk	dag	1,7	10,9
633 Zegveld-Oude Meije	dag	0,9	9,1
934 Kollumerwaard-Hooge Zuidwal	week	0,7	1,5
Stadstations			
640 Utrecht-Universiteitsbibliotheek	dag	1,2	4,5
Straatstations			
636 Utrecht-de Jongweg	week	1,7	3,4
638 Utrecht-Vleutenseweg	dag	2,0	6,4
639 Utrecht-Erzejstraat	week	2,2	5,0
728 Apeldoorn-Stationsstraat	week	1,5	2,7
Niet LML stations			
Prov. N. Holland-Badhoevedorp (561)		1,4	
Prov. N. Holland-Oude Meer (562)		1,1	
Prov. N. Holland-Hoofddorp (564)		0,7	
DCMR - Schiedam (1119)	uur	2,5	79,3
DCMR - Hoogvliet (1191)	uur	2,1	110,4
DCMR - Maassluis (1145)	uur	2,3	69,4

Bijlage F Onzekerheden

Inleiding

De in dit rapport opgenomen gegevens zijn verkregen met verschillende hulpmiddelen, waaronder meetinstrumenten, rekenmodellen en combinaties van methoden. De onzekerheid in de gepresenteerde gegevens hangt af van de toegepaste methoden, de betreffende stof en het gepresenteerde gegeven zelf. Een uurgemiddelde meting van koolstofmono-oxide op een meetstation kent een geheel andere onzekerheid dan bijvoorbeeld een gridcel uit een kaartbeeld van jaargemiddelde benzeenconcentraties over Nederland, afkomstig van een combinatie van benzeenmetingen en modelberekeningen. Deze bijlage over de onzekerheden bij de gerapporteerde gegevens heeft niet de pretentie volledig te zijn, omdat dit een zeer specifieke kennis en uitwerking per product zou vereisen.

De onzekerheid van een bepaalde methode is soms alleen kwalitatief te geven. Een exacte kennis van de onzekerheid vereist een toetsing aan een referentie die precies gelijk is aan de realiteit en die het toepassingsgebied geheel dekt. In praktijk zal de referentie soms met zeer hoge nauwkeurigheid bekend zijn, zoals in het geval van een ijkgas voor een monitor, maar in andere gevallen is een bruikbare referentie niet voorhanden. Voorbeelden van de laatste situatie is een referentie voor het kaartbeeld van benzeen over Nederland. Het kaartbeeld is in zichzelf de meest realistische presentatie van de benzeenconcentratie over Nederland die bekend is, en is samengesteld op basis van diverse informatiebronnen. De onzekerheid erin kan dan worden afgeleid op basis van de bekende onzekerheden in de onderliggende informatiebronnen en methoden. Een dergelijke geconstrueerde onzekerheid is dan een schatting op basis van logische overwegingen en beschikbare kennis die niet altijd eenvoudig te toetsen is. Een wezenlijk verschil bestaat tussen de onzekerheid in de absolute waarde van een gegeven, voortkomende uit de mate van juistheid van de methoden, en de relatieve onzekerheid, bijvoorbeeld veroorzaakt door toevalsfactoren. Een gemeten jaargemiddelde concentratie kan zo in absolute zin flink afwijken van de werkelijkheid, maar volkomen juist passen in een reeks gemiddelden over een aantal jaren. De absolute waarde van het jaargemiddelde is dan behept met een grote onzekerheid, bijvoorbeeld door de toegepaste meetmethode, maar de trend in de reeks van waarnemingen kan wel correct zijn, en daarmee de relatieve onzekerheid klein. Als voorbeeld hiervan kan de vergelijking tussen emissies en concentraties van ammoniak dienen. Enkele jaren geleden werd geconcludeerd dat de metingen aangeven dat de snelle daling van emissies van ammoniak wordt overschat. De onzekerheid in de meetresultaten van ammoniak tesamen met de onzekerheid in de ruimtelijke representativiteit van de meetlocaties was te groot om een uitspraak omtrent de juistheid van de absolute emissieniveaus te kunnen onderbouwen. De onzekerheid in de trend over de jaren heen is echter veel kleiner, omdat factoren als meettechniek en ruimtelijke representativiteit in de tijd constant blijven en daarmee geen bijdrage meer leveren aan de onzekerheid in de trend, alleen de kleinere relatieve bijdrage aan de onzekerheid speelt dan nog een rol. De gerapporteerde emissietrends en de trend in het meetnet bleken zover af te wijken dat dit niet meer aan onzekerheden rond meetnetgegevens kon worden toegeschreven, wat een nadere studie van deze verschillen noodzakelijk maakte.

Hieronder wordt per hoofdstuk enig inzicht gegeven in de onzekerheden rond de gerapporteerde gegevens. Behandeld wordt de onzekerheid rond de analysemethoden, wat inzicht geeft in hoeverre een gemeten grootte op de meetlocatie en in de betreffende meetperiode juist is. Daarnaast wordt de onzekerheid in modellen en extrapolatiemethoden aangegeven. Hierbij speelt de ruimtelijke representativiteit van de meetwaarden mede een rol. Deze representativiteit van het meetnet als geheel wordt hier echter niet expliciet behandeld.

Mondiale luchtverontreiniging

De gepresenteerde gegevens bestaan voornamelijk uit trendfiguren van mondiale concentraties, afkomstig van metingen in internationale netwerken waarvoor een zeer gedegen kwaliteitsbewaking geldt (Prinn *et al.*, 1998; Elkins *et al.*, 1998). De onzekerheid in de gerapporteerde concentraties wordt geschat op 1-3 % voor de belangrijkste stoffen. De onzekerheid in de trend, uitgedrukt als procentuele verandering per jaar, wordt geschat op 10 % van die procentuele jaarlijkse verandering. De gegevens worden per station gepresenteerd, deze stations worden representatief geacht voor het mondiaal gemiddelde. De mate waarin deze locaties representatief zijn voor het mondiaal gemiddelde is echter moeilijk kwantitatief aan te geven. Omdat de meetlocaties vaak zeer afgelegen zijn en daarmee ver verwijderd van directe menselijke invloeden, zijn de gemeten concentraties representatief

voor uitgestrekte verlaten gebieden. Uit de mondiale concentraties wordt het potentieel chloorgehalte van de atmosfeer berekend. De onzekerheid hierin wordt geschat op 5% (Montzka *et al.*, 1999). De dikte van de ozonlaag, zowel mondiaal als boven Nederland, wordt afgeleid uit metingen van het KNMI in de Bilt, het KMI in Ukkel (België) en uit satellietwaarnemingen. De onzekerheid in de jaargemiddelde ozonwaarde is ongeveer 2 %. De onzekerheid in de trend sinds 1980 wordt geschat op 20% (WMO, 1999).

De UV-belasting is bepaald met het RIVM UV-transfermodel (Den Outer en Slaper, 1998) op basis van de ozonwaarnemingen van De Bilt welke zijn gebaseerd op metingen van het KMI (Ukkel, België), KNMI (De Bilt) en de TOMS-satelliet (NASA). Voor Nederland en België stemt deze aanpak goed overeen met de uit grondwaarnemingen voor ozon afgeleide veranderingen. De onzekerheid in de absolute UV-belasting bedraagt circa 10 %, de onzekerheid in de relatieve toename wordt geschat op circa 3 %.

Fotochemische luchtverontreiniging

Ozon op leefniveau wordt op basis van metingen weergegeven, omdat modellen onvoldoende de metingen benaderen. De onzekerheid in jaargemiddelde concentraties wordt geschat op ongeveer 15 % (Blank, 2001). Hierin zijn zowel toevallige afwijkingen (ruis) opgenomen als kennis rond systematische afwijkingen door de meetmethode. Bij een vergelijkend Europees onderzoek is gebleken dat de meetresultaten van de ozonmonitor 4 % te laag zijn (Borowiak *et al.*, 2000). De consequenties hiervan worden nog onderzocht. De invloed van toevalige afwijkingen zal groter zijn voor kortdurende meetperioden. Vertaling naar kaartbeelden levert voornamelijk een extra onzekerheid in steden op. Deze is nog niet onderzocht, maar metingen in steden geven aan dat deze onzekerheid niet meer dan enkele tientallen procenten zal bedragen. De gepresenteerde trends in de ozonconcentraties worden gedomineerd door meteorologisch veroorzaakte fluctuaties die een variatie tot ongeveer een factor twee veroorzaken. De trend is dermate gering, dat verandering van meetmethoden, zoals de monitorwisseling in de winter van 1990/1991, merkbare effecten kunnen hebben op de waargenomen trend (Roemer, 2001).

De onzekerheid in de concentraties van vluchtige organische stoffen (VOS) komt voort uit de monsternamen en de analyse van individuele componenten. Ze ligt op enkele procenten per component (Blank, 2001). Veel VOS-componenten vertonen concentraties die vaak onder de detectielimiet liggen, maar deze hebben weinig invloed op het totaal per categorie dat wordt gepresenteerd.

Verzuring en vermesting

De gemeten jaargemiddelde concentraties hebben een onzekerheid van ongeveer 7 % voor ammoniak (NH_3) en circa 15 % voor stikstofoxiden (NO_x). Voor zwaveldioxide (SO_2) is bij concentraties rond $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de onzekerheid 5 %, maar de meeste regionale concentraties liggen rond of – uurgemiddeld – zelfs onder de detectielimiet van de monitor en hebben daardoor een grotere onzekerheid die tot enkele tientallen procenten kan oplopen (Blank, 2001). Met gebruikmaking van kwalitatief hoogwaardige emissie-gegevens blijken de met het OPS-model berekende concentraties van stikstofoxiden en zwaveldioxide een onzekerheid te hebben van 20 % per gridcel van 5×5 km, en 10% gemiddeld over Nederland. Nabij grote bronnen (industrie, stad) is deze onzekerheid wat groter door de sterkere ruimtelijke gradiënten nabij lokale bronnen. Voor ammoniak zijn deze onzekerheden twee maal zo groot. Deposities zijn onzekerder, per gridcel zijn deze met het OPS-model voor geoxideerde stikstofverbindingen, zwavelverbindingen en de gereduceerde stikstofverbindingen respectievelijk 65, 30 en 50 %, gemiddeld over Nederland zijn de onzekerheden achtereenvolgens 30, 15 en 30 % (Van Jaarsveld, 1989, 1995). Onzekerheden in de trend liggen duidelijk lager zolang systematische afwijkingen geen rol spelen.

Uit vergelijkingen tussen gemeten en gemodelleerde concentraties is gebleken dat voor trendgegevens van stikstofoxiden en zwaveldioxide de modelberekeningen en de metingen goed met elkaar in overeenstemming zijn. Bij ammoniak werd in 1998 een discrepantie waargenomen tussen de sterke daling in de emissieramingen van de negentiger jaren en de meer constante concentratiemetingen, wat tot een nader onderzoek heeft geleid. Dit heeft onder andere geleid tot bijstelling van de emissieraming. Inmiddels kan op basis van de gegevens van 1998 tot 2000 geconcludeerd worden dat de trend in emissies en concentraties overeenkomstig is. Het absolute verschil tussen beiden is ongeveer 30 % (RIVM, 2002).

Deeltjesvormige luchtverontreiniging

De onzekerheid in meetwaarden van fijn stof (PM₁₀) op dagbasis wordt geschat op ongeveer 15 %. Voor jaargemiddelden is de onzekerheid ongeveer 10 %. De waarden van de metingen worden met 33 % opgehoogd, omdat de monitors een systematische afwijking vertonen in vergelijking met het referentie-apparaat. Deze ophoging kent een vrij grote onzekerheid en gaat verbeterd worden door toepassing van locatiespecifieke correctiemethoden (Williams en Bruckmann, 2001). De onzekerheid is groter voor gridcellen in kaartbeelden die gemaakt zijn op basis van een combinatie van meten en modelleren. Systematische afwijkingen spelen geen wezenlijke rol in de trend zolang de methoden onveranderd blijven, zodat hier de onzekerheid kleiner is. Deze is waarschijnlijk minder dan 10 % indien de trend volledig voor meteorologische invloeden kan worden gecorrigeerd.

Omdat de jaargemiddelde concentratie over heel Nederland niet meer dan enkele tientallen procenten afwijkt van de waarde van de norm, leidt de beperkte onzekerheid in de concentratie tot een grotere onzekerheid in de gerapporteerde blootstelling van de bevolking aan normoverschrijding. Bij zwarte rook ligt de onzekerheid meer in het beantwoorden van de vraag wát de gemeten grootheid representeert dan in de meetmethode zelf, die een onzekerheid van ruim 5 % heeft voor jaargemiddelde waarden (Blank, 2001). Van de metingen van benzo [a] pyreen is bekend dat deze met een vrij grote onzekerheid zijn behept.

De jaargemiddelde atmosferische concentraties van zware metalen hebben een onzekerheid van ongeveer 10 %. De cadmiumdepositie, bepaald uit modelberekeningen en metingen in lucht en neerslag, kent een onzekerheid van enkele tientallen procenten, gebaseerd op een vergelijking met de verhoudingsfactor voor lood (RIVM, 1991). De maandgemiddelde bepaling van de concentratie van cadmium in neerslag levert waar schijnlijk een overschatting van de niveaus op (Slanina *et al.*, 1990).

Lokale luchtverontreiniging

Lokale luchtverontreiniging wordt voornamelijk via modellen bepaald, omdat zij zeer plaatselijk optreedt en landsdekkende metingen daardoor uit praktische overwegingen niet zinvol zijn. De lokale luchtverontreiniging wordt bepaald als de som van de bijdragen uit de regio, de stadsachtergrond en het plaatselijke verkeer in een straat. De toename van de luchtverontreiniging in de stadsachtergrond ten opzichte van de regio wordt bepaald met de zogenaamde alfa-methode (zie *Bijlage B*). Deze beperkte toename heeft een onzekerheid van een factor twee, de onzekerheid in de regionale bijdrage ligt op enkele tientallen procenten.

Veel wezenlijker voor de onzekerheid in het eindresultaat zijn echter de onzekerheden in het CAR-model en in de Vekeers Milieu Kaarten (VMK)-methodiek. Met het CAR-model wordt de verkeersbijdrage aan luchtverontreiniging in drukke (stads) straten berekend, met een onzekerheid van ongeveer 30 % (RIVM, 1999a). Daarbovenop komt de onzekerheid in emissiefactoren, die niet gekwantificeerd is. De trends en absolute omvang van de verkeersemissies van fijn stof (PM₁₀), benzeen, stikstofoxiden en koolstofmono-oxide zijn wel vergeleken met de concentratietrends over het afgelopen decennium, waarbij de emissieramingen en de metingen hooguit enkele tientallen procenten van elkaar afwijken (RIVM, 1999, 2002).

De VMK-bestanden, die maar voor een beperkt deel van de Nederlandse steden beschikbaar zijn, dienen om de berekende concentraties in drukke straten te extrapoleren naar een totaalbeeld voor stedelijk Nederland. De onzekerheid in het totaalbeeld is niet onderzocht, verwacht wordt dat deze rond 50 % in het eindresultaat kan bedragen. Het eindresultaat, kilometers weglengte met normoverschrijding, zal, afhankelijk van de stof, een onzekerheid hebben die bij een flinke mate van normoverschrijding nog beperkt is tot een factor twee. Wanneer sprake is van een gering aantal kilometers met normoverschrijding, enkele tientallen kilometers of minder, geeft het getal alleen een indicatie van mogelijk optredende overschrijdingen. Vooral voor benzo[a]pyreen is de onzekerheid groot. Omdat de methode over de jaren heen constant is, zal de onzekerheid in de trend duidelijk minder zijn.

De concentratie van benzeen wordt bepaald middels een combinatie van metingen en berekeningen met het OPS model. De onzekerheid in de metingen van benzeen ligt op 6 %. De berekende concentraties in de regio zijn redelijk goed in overeenstemming met metingen, zodat de onzekerheid in individuele gridcellen rond 30 % zal liggen, en in het gemiddelde over Nederland 20 %.

De gerapporteerde accumulatie van fluoriden ligt in minder belaste gebieden rond de detectielimiet. Bekend is dat de concentraties daar laag zijn, maar deze meetwaarden hebben een grote onzekerheid.

Referenties

- Blank, F. T. (2001). Meetonzekerheid Landelijk Meetnet Luchtkwaliteit (LML). RIVM rapport 50050870-KPS/TCM 01-3063. KEMA, Arnhem.
- Borowiak, A. et al. (2000). EC Harmonization Programme for Air Quality Measurements. Intercomparison Exercises 1999/2000 for SO₂, CO, NO₂ and O₃. Rapport nr. EUR 19629 EN.
- Den Outer, P.N., Slaper H. (1998). Measuring and modelling solar UV irradiance and some quality assurance techniques: RIVM contribution to the Scientific UV Data Management-Project. 2nd interim report.
- Elkins, J.W., Butler, J.H., Hurst, D.F., Montzka, S.A., Moore, F.L., Thompson, T.M. (1998) Nitrous Oxide and Halocompounds Group/Climate Monitoring and Diagnostics Laboratory (NOAH/CMDL) web site (<http://www.cmdl.noaa.gov/noah>), Boulder, CO, updated data available on anonymous ftp site (<file://ftp.cmdl.noaa.gov/noah>).
- Montzka, S.A., Butler, J.H., Myers, R.C., Thompson, T.M., Swanson, T.H., Clarke, A.D., Lock, L.T., Elkins, J.W. (1996). Decline in the tropospheric abundance of halogen from halocarbons: implications for stratospheric ozone depletion, *Science* 272,1318-1322.
- Prinn, R.G., Weiss, R.F., Fraser, P.J., Simmonds, P.G., Alyea, F.N., Cunnold, D.M. (1998). The ALE/GAGE/AGAGE database, DOE-CDIAC World Data Center (Email to: cpd@ornl.gov), Dataset No. DB- 1001.
- RIVM (1991). Nationale Milieuverkenning 2. Samson Tjeenk Willink bv, Alphen aan den Rijn.
- RIVM (1999). Meten, Rekenen en Onzekerheden. De werkwijze van het RIVM-Milieuonderzoek. RIVM rapport 408129005, Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu, Bilthoven.
- RIVM (1999a). Meten, Rekenen en Onzekerheden. De werkwijze van het RIVM-Milieuonderzoek. ADDENDUM. RIVM rapport 408129005, Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu, Bilthoven.
- RIVM (2002). Milieubalans 2002. Het Nederlandse milieu verklaard. Bijlage vergelijking emissies en concentraties. Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu, Bilthoven.
- Roemer, M (2001). In search for trends of ozone and precursors - First Progress Report TROTREP. Rapportnr. R 2001/100, TNO, Apeldoorn.
- Slanina, J., Mols, J.J., Baard, J.H. (1990). The influence of outliers on results of wet deposition measurements as a function of measurements strategy. *Atmospheric Environment* 24A, 1843-1860.
- Van Jaarsveld, J. A. (1989). Een Operationeel atmosferisch transportmodel voor Prioritaire Stoffen;specificatie en aanwijzingen voor gebruik. Rapportnr 228603008, Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu, Bilthoven.
- Van Jaarsveld, J. A. (1995). Modelling the long-term behaviour of pollutants on various spatial scales, proefschrift, Rijksuniversiteit Utrecht. ISBN 90-393-0950-7.
- Van Jaarsveld, J.A., Bleeker A., Hoogervorst N.J.P., (2000) Evaluatie ammoniakemissiereducties met behulp van metingen en modelberekeningen. RIVM rapport 722108025, Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu, Bilthoven.
- Williams, M., Bruckmann, P. (2001). EC Working Group on Particulate Matter, Cafe site, Final Report.
- WMO (1999). Scientific Assessment of Ozone Depletion: 1998, World Meteorological Organization, Global Ozone Research and Monitoring Project - Report No. 44, WMO, Geneva.