

Jaaroverzicht luchtkwaliteit 2001

Jaaroverzicht luchtkwaliteit 2001

Milieu - en Natuurplanbureau
Laboratorium voor Luchtonderzoek

Dit rapport werd opgesteld in opdracht en ten laste van
het Directoraat-Generaal Milieubeheer in het kader van project 725301
'Rapportages Luchtkwaliteit'

Colofon:

Aan dit rapport werden
directe bijdragen geleverd door:

Pieter Hammingh (ed.)
Jeanette Beck
Peter van Breugel
Ed Buijsman
Hub Diederer
Erik Noordijk
Jan de Ruiter
Jaap Tromp
Guus Velders
Karel van Velze

Lay-out: Anne-Claire Alta, RIVM

RIVM rapport 725301009

Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu
Postbus 1
3720 BA Bilthoven

www.rivm.nl
www.lml.rivm.nl

Voorwoord

Het Milieu- en Natuurplanbureau (MNP), Laboratorium voor Luchtkonderzoek, geeft jaarlijks het Jaaroverzicht Luchtkwaliteit uit, waarvan de editie over het jaar 2001 voor u ligt. In dit rapport wordt een overzicht gegeven van de luchtkwaliteit en de belasting van bodem en oppervlaktewater door atmosferische depositie in Nederland in 2001. De beschrijving is tot stand gekomen op basis van metingen uit het Landelijk Meetnet Luchtkwaliteit (LML), aanvullende (externe) meetgegevens, literatuurgegevens, modelberekeningen en combinaties hiervan.

Uiteraard kan een zo groot terrein bestrijkend rapport als het Jaaroverzicht slechts tot stand komen door de inzet van velen. Behalve de auteurs hebben vele medewerkers van het Laboratorium voor Luchtonderzoek (LLO) bijgedragen. In het bijzonder gaat de dank uit naar de afdeling Monitoring van de sector Milieurisico 's en Externe Veiligheid (MEV) en de Laboratoria voor Anorganische en Organische Chemie (LAC en LOC) die in het voortraject hun bijdrage hebben geleverd.

Verder wordt in het Jaaroverzicht Luchtkwaliteit 2001 gebruik gemaakt van aanvullende meetgegevens, waarvoor dank uitgaat naar de volgende organisaties:

- het Bureau Onderzoek en Advies (MHO) van de provincie Limburg
- de Dienst Onderzoek van de provincie Noord-Holland
- de Directie Ruimte, Milieu en Water van de provincie Zeeland
- de DCMR Milieudienst Rijnmond
- de GG&GD Amsterdam

Bilthoven, 2002

Inhoud

Samenvatting 9

Summary 11

Inleiding 13

- 1 NEDERLANDSE LUCHTKWALITEIT EN EUROPESE WETGEVING 15
 - 1.1 Europese wetgeving 15
 - 1.2 Beoordeling Nederlandse luchtkwaliteit volgens de dochterrichtlijnen 16
 - 1.3 De dochterrichtlijnen en het Landelijk Meetnet Luchtkwaliteit 18

- 2 MONDIALE LUCHTVERONTREINIGING 21

- 2.1 Het versterkt broeikaseffect 21

- 2.2 Aantasting ozonlaag 24

- 3 FOTOCHEMISCHE LUCHTVERONTREINIGING 27

- 3.1 Ozon 27

- 3.2 Vluchtige organische stoffen 34

- 4 VERZURENDE EN VERMESTENDE LUCHTVERONTREINIGING 37

- 4.1 Depositie van potentieel zuur 37

- 4.2 Depositie van stikstof 40

- 4.3 Ammoniak 42

- 4.4 Stikstofdioxide en stikstofoxiden 43

- 4.5 Zwaveldioxide 48

- 5 DEELTJESVORMIGE LUCHTVERONTREINIGING 53

- 5.1 Zwevende deeltjes (PM₁₀) 53

- 5.2 Zwarte rook 58

- 5.3 Benzo(a)pyreen 62

- 5.4 Zware metalen 63

- 6 LOKALE LUCHTVERONTREINIGING 65

- 6.1 Weglengten met normoverschrijding 65

- 6.2 Koolstofmonoxide 68

- 6.3 Benzeen 70

- 6.4 Fluoride 72

Referenties 75

Bijlage A Berekeningswijzen en gebruikte modellen 77

Bijlage B Depositiekentallen van verzurende en vermestende stoffen per verzuringsgebied 83

Bijlage C Kwaliteitsdoelstellingen (normen) 85

Bijlage D Overschrijdingen van de luchtkwaliteitsdoelstellingen 93

Bijlage E Concentratiekentallen per meetstation 99

Bijlage F Onzekerheden 115

Samenvatting

Als we de luchtkwaliteit over 2001 vergelijken met die van 2000 dan blijken deze in grote lijnen met elkaar overeen te komen. De trendmatige daling van concentraties heeft zich in grote lijnen doorgezet. 2001 was wat meteorologische invloed betreft een normaal jaar.

Normoverschrijdingen op landelijke schaal hebben zich voorgedaan van ozon, zwevende deeltjes (PM₁₀), depositie van potentieel zuur en stikstof.

In de stedelijke omgeving is de jaargemiddelde norm NO₂ overschreden langs een weglengte van circa 2000 km. Voor benzeen en benzo[a]pyreen geven berekeningen aan dat incidenteel overschrijdingen van grenswaarden kunnen zijn voorgekomen.

Hieronder volgt een overzicht van de belangrijkste bevindingen per hoofdstuk.

Nederlandse luchtkwaliteit en Europese wetgeving

- De EU-kaderrichtlijn en de EU-dochterrichtlijnen voor luchtkwaliteit geven een kader voor de beoordeling en het beheer van de luchtkwaliteit in Nederland.
- Het verontreinigingsniveau in zones en agglomeraties bepaald de soort en omvang van het instrumentarium (o.a. metingen, modellen) waarmee de luchtkwaliteit moet worden vastgesteld.
- Op basis van voorlopige beoordelingen van de luchtkwaliteit zijn de vereiste aantallen meetstations bepaald; zwaveldioxide (8), stikstofdioxide (29), PM₁₀ (40), lood (0), benzeen (19), koolstofmonoxide (15) en ozon (31).

Mondiale luchtverontreiniging

- De (mondiale) concentraties van koolstofdioxide en distikstofoxide blijven stijgen.
- De concentraties van de 'nieuwe' broeikasgassen HFK's, PFK's en SF₆ zijn de laatste jaren sterk toegenomen.
- ozonlaag aantastende stoffen tonen een afnemende stijging dan wel een daling.

Fotochemische luchtverontreiniging

Ozon

- De (nog) vigerende normen ter bescherming van de bevolking en de natuur zijn in 2001 overschreden.
- De toekomstige EU-normen ter bescherming van de bevolking en de natuur zijn in 2001 niet overschreden.

- De voorgestelde EU-langetermijndoelstellingen voor na 2010, zijn in 2001 in Nederland op grote schaal overschreden.

- Er zijn aanwijzingen voor een dalende trend van piekconcentraties van ozon.

Vluchtige organische stoffen

- De gemiddelde concentratie van de gemeten vluchtige organische stoffen is de laatste jaren licht gedaald dan wel gestabiliseerd.

Verzurende en vermistende luchtverontreiniging

Verzuring

- De gemiddelde depositie van potentieel zuur op Nederland en op de natuur is respectievelijk 2850 en 2980 mol/ha. Dit is ruim 800 mol/ha boven de doelstelling voor natuur voor 2010 (2150 mol/ha).

Vermesting

- De gemiddelde depositie van totaal stikstof op Nederland en op de natuur is respectievelijk 2300 en 2410 mol/ha. Dit is ruim 800 mol/ha boven de doelstelling voor natuur voor 2010 (1550 mol/ha).

Ammoniak

- De jaargemiddelde ammoniakconcentratie in Nederland bedraagt circa 5 µg/m³. Hoge jaargemiddelde concentraties, tot 24 µg/m³, komen voor in gebieden met intensieve veehouderij zoals De Peel, De Gelderse vallei en De Achterhoek.

Stikstofdioxide

- De nieuwe grenswaarde voor kortdurende blootstelling aan NO₂ (200 µg/m³, max. 18 uur overschrijding toegestaan) is niet overschreden.
- Overschrijding van de nieuwe grenswaarde voor de jaargemiddelde NO₂-concentratie (40 µg/m³) heeft plaatsgevonden in enkele grote steden.
- De jaargemiddelde NO₂-concentraties zijn in de afgelopen 10 jaar met 2% per jaar gedaald gemiddeld over Nederland.
- Circa 45% van de natuur is blootgesteld aan NO_x niveau's hoger dan 30 µg/m³.
- Het buitenland, Noordzee-emissies en Nederlandse emissies dragen respectievelijk 33%, 7% en 60% bij aan de NO_x-concentraties in Nederland.

Zwaveldioxide

- De concentraties van SO₂ dalen en bevinden zich ruim onder de vastgestelde grenswaarden.
- Het buitenland, Noordzee-emissies en Nederlandse emissies dragen respectievelijk 53%, 18% en 29% bij aan de SO₂-concentraties in Nederland.

Deeltjesvormige luchtverontreiniging

Zwevende deeltjes (PM₁₀)

- Ondanks dalende PM₁₀-concentraties vindt overschrijding van de nieuwe daggemiddelde grenswaarde (50 µg/m³, max. 35 dagen overschrijding toegestaan) in een groot deel van Nederland plaats.
- Overschrijding van de grenswaarde voor het jaargemiddelde (40 µg/m³) komt in een beperkt aantal stedelijke gebieden voor.

Zwarte rook

- De concentratie zwarte rook in Nederland is het afgelopen decennium gedaald.

Benzo[a]pyreen

- De jaargemiddelde concentraties van benzo[a]pyreen, gemeten op vier lokaties in Noord-Holland en Rotterdam, liggen ruim onder de grenswaarde.
- Modelberekeningen geven aan dat overschrijdingen van de jaargemiddelde grenswaarde incidenteel kunnen zijn voorgekomen langs wegen.

Zware metalen

- De concentraties van de gemeten zware metalen (arsen, cadmium, lood en zink) vertonen een dalende trend. Er worden geen grenswaarden overschreden.

Lokale luchtverontreiniging

Weglengten met normoverschrijding

- De totale weglengte met overschrijding van grenswaarden is in het afgelopen decennium voor alle stoffen afgenomen.

- De grenswaarde voor de jaargemiddelde NO₂-concentratie wordt op circa 2000 km weglengte overschreden. Voor benzeen en benzo[a]pyreen kunnen overschrijdingen langs wegen zich incidenteel hebben voorgedaan.

Koolstofmonoxide

- Koolstofmonoxide concentraties zijn gedaald in het laatste decennium.
- Overschrijdingen van grenswaarden zijn niet voorgekomen.

Benzeen

- Modelberekeningen geven aan dat overschrijdingen van de toekomstige EU-grenswaarde van 5 µg/m³ kunnen zijn voorgekomen.
- De gemeten benzeenconcentraties, op de vier straatstations, hebben de toekomstige EU-grenswaarde niet overschreden.

Fluoride

- Gemeten jaargemiddelde fluorideconcentraties laten geen duidelijke trend zien. Gemeten concentraties zijn sterk afhankelijk van lokale industriële bronnen. In 2001 werd de MTR voor het dag- en het jaargemiddelde en de streefwaarde voor het jaargemiddelde op meerdere lokaal belaste stations overschreden.

Summary

Comparison of the air quality in 2001 to that of 2000 shows, on the whole, a strong resemblance. The decreasing trend in concentrations seen in the nineties, is still valid on the whole. Concerning the meteorological influences, 2001 can be considered as a normal year

Widespread exceedances occurred for ozone and PM₁₀, and in the deposition of potential acid and total nitrogen.

In the urban environment, exceedances of the annual mean limit value for NO₂ occurred along road lengths of about 2000 km. Calculations for benzene and benzo[a]pyrene showed that exceedances were incidental.

The most important findings follow.

Air quality in the Netherlands and European legislation

- The EU framework directive and daughter directives for air quality provide a framework for the assessment and management of air quality in the Netherlands.
- The level of pollution in zones and agglomerations determines the type and extent of the set of instruments (e.g. measurements, models) that should be used to determine air quality.
- The required number of sampling points was determined on the basis of preliminary assessments: sulphur dioxide (8), nitrogen dioxide (29), PM₁₀ (40), lead (0), benzene (19), carbon monoxide (15) and ozone (31).

Global air pollution

- The (global) concentrations of carbon dioxide and nitrous oxide continued to rise.
- The concentrations of the 'new' greenhouse gases (HFCs, PFCs and SF₆) have risen sharply in the last few years.
- The concentrations of various substances depleting the ozone layer showed either diminishing increases or decreases.

Photo-chemical air pollution

Ozone

- The current standards for protecting the population and nature were exceeded in 2001.
- The future EU standards for protecting the population and nature areas were not exceeded in 2001.
- The proposed post-2010 EU long-term targets showed widespread exceedances in 2001.

- There are indications of a decreasing trend in ozone peak concentrations.

Volatile Organic Compounds

- The mean concentration of the volatile organic compounds measured in the last few years has either slightly decreased or stabilised.

Acidifying and eutrophying air pollution

Acidification

- The mean deposition of potential acid over the Netherlands and nature is 2850 and 2980 mol/ha, respectively. This exceeds the target level of 2150 mol/ha for nature areas in 2010 by more than 800 mol/ha.

Eutrophication

- The mean deposition of total nitrogen over the Netherlands is 2300 mol/ha and over nature areas, 2410 mol/ha. This exceeds the target level of 1550 mol/ha for nature areas in 2010 by more than 800 mol/ha.

Ammonia

- The annual mean concentration of ammonia in the Netherlands is about 5 µg/m³. High annual mean concentrations, up to 24 µg/m³, occurred in areas with intensive livestock breeding, such as 'De Peel', 'De Gelderse Vallei' and 'De Achterhoek'.

Nitrogen dioxide and nitrogen oxides

- The new limit value for short-term exposure to NO₂ (200 µg/m³, max. 18 hours exceedance permitted) was not exceeded.
- The new limit value for the mean annual NO₂ concentration (40 µg/m³) was exceeded in some large cities.
- The mean annual NO₂ concentrations in the Netherlands have decreased during the last ten years by 2% per year.
- About 45% of nature areas was exposed to NO_x levels higher than 30 µg/m³.
- Foreign, North Sea and emissions in the Netherlands contributed to nitrogen oxide concentrations in the Netherlands of 33%, 7% and 60%, respectively.

Sulphur dioxide

- The concentrations of SO₂, which were well within the fixed limit values, continued to drop.
- Foreign, North Sea and emissions in the Netherlands contribute to sulphur dioxide concentrations in the Netherlands of 53%, 18% and 29%, respectively.

Particulate air pollution

Particulate matter

- Despite the decreasing particulate matter (PM₁₀) concentrations, the new daily mean limit value (50 µg/m³, max. 35 days exceedance permitted) was exceeded in a large part of the Netherlands.
- The limit value for the annual mean (40 µg/m³) was exceeded in a confined number of urban areas.

Black smoke

- The concentration of black smoke in the Netherlands showed a drop in the last decade.

Benzo[a]pyrene

- The annual mean concentrations of benzo[a]pyrene, measured at four locations in Noord-Holland and Rotterdam, occurred well below the limit value.
- Model calculations show that exceedances of the annual mean limit value could have occurred incidentally along roads.

Heavy metals

- The concentrations of the heavy metals measured (arsenic, cadmium, lead and zinc) showed a downward trend. No limit values were exceeded.

Local air pollution

Standard exceedance for road lengths

- The total road lengths for which limit values were exceeded have decreased for all substances the last decade.

- The limit value for the annual mean NO₂ concentration was exceeded along approximately 2000 km of road. For benzene and benzo[a]pyrene exceedances were incidental.

Carbon monoxide

- Concentrations of carbon monoxide have decreased in the last decade.
- Limit values were not exceeded in 2001.

Benzene

- Model calculations show that exceedances of the future EU annual mean limit value of 5 µg/m³ could have occurred.
- Measured benzene concentrations at four street locations showed no exceedance of the future EU annual mean limit value.

Fluoride

- Measured annual mean fluoride concentrations did not show a clear trend. Measured concentrations are highly dependent on local industrial sources. The MPR (maximum permitted risk) levels for daily and annual mean concentrations, and the target value for the annual mean, were exceeded at several monitoring stations where local loads were high.

Inleiding

Dit jaaroverzicht geeft een samenvattend beeld van de Nederlandse luchtkwaliteit en de belasting van bodem en oppervlaktewater door atmosferische depositie over het jaar 2001. Het rapport dient mede ter toetsing en ondersteuning van het beleid en kan worden beschouwd als de achtergrondrapportage voor het luchtcompartiment bij de Milieubalans 2002 (RIVM, 2002a).

De beschrijving van de luchtkwaliteit en atmosferische depositie vindt voor een groot deel plaats aan de hand van de meetresultaten van het Landelijk Meetnet Luchtkwaliteit (LML). Een beschrijving van dit meetnet en het daarin geïntegreerde Landelijk Meetnet Regenwater-samenstelling wordt gegeven in Van Elzaker (2001). Voor sommige componenten zijn (aanvullende) gegevens verstrekt door gemeentelijke, provinciale en regionale instanties. Wanneer geen of onvoldoende meetgegevens beschikbaar zijn worden verspreidingsmodellen toegepast. Het gaat dan om jaarlijkse deposities, landsdekkende concentratiekaarten, bijdragen van landen en doelgroepen en overschrijdingen van luchtkwaliteitseisen in verkeerssituaties.

In dit rapport worden luchtverontreinigende stoffen zoveel mogelijk beschreven met behulp van een 'plaatjesatlas'. Deze bestaat uit kaarten en grafieken die van korte toelichtende en verklarende teksten zijn voorzien. Vaak worden normen gehanteerd als toetsingswaarden voor de beschrijving van blootstelling van mens en natuur aan de betreffende stoffen. Om een indruk te krijgen van de overschrijdingen worden deze indien mogelijk met een rode kleur in kaarten en figuren aangegeven. In dit jaaroverzicht zijn de nieuwe normen die voortvloeien uit de Europese kader¹ en dochterrichtlijnen^{2,3,4} opgenomen. Op 19 juli 2001 is het nieuwe Nederlandse Besluit luchtkwaliteit⁵ in werking getreden. Dit Besluit implementeert de EU-kaderrichtlijn en de 1^{ste} EU-dochterrichtlijn in de Nederlandse wetgeving en geeft nieuwe grenswaarden voor zwaveldioxide, stikstofdioxide en stikstofoxiden (NO_x), zwevende deeltjes (PM₁₀) en lood.

¹ EU (1996)

² EU (1999)

³ EU (2000)

⁴ EG (2002)

⁵ Staatsblad (2001)

Het rapport bestaat uit de volgende hoofdstukken:

- Hoofdstuk 1 behandelt als speciaal onderwerp 'Nederlandse luchtkwaliteit en Europese wetgeving'. De nieuwe Europese wetgeving geeft een samenhangend algemeen Europees kader voor de beoordeling en het beheer van de luchtkwaliteit in de lidstaten.
- Hoofdstuk 2, 'Mondiale luchtverontreiniging', schetst de ontwikkeling van de mondiale concentratie van stoffen die bijdragen aan het versterkt broeikas effect en aan de afbraak van de stratosferische ozonlaag. De ontwikkeling in concentraties van broeikasgassen en stoffen die de ozonlaag aantasten wordt beschreven. Verder wordt er ingegaan op de dikte van de stratosferische ozonlaag voor zowel Nederland als gemiddeld voor de hele wereld en op de UV-B-belasting in Nederland.
- Hoofdstuk 3, 'Fotochemische luchtverontreiniging', geeft een overzicht van de indicatoren ozon en Vluchtige Organische Stoffen (VOS). Vluchtige organische stoffen spelen een belangrijke rol bij de vorming van ozon op nationale en Europese schaal.
- Hoofdstuk 4, 'Verzurende en vermestende luchtverontreiniging', geeft een overzicht van de belangrijkste indicatoren op dit gebied. In 'Verzuring' en 'Vermesting' wordt ingegaan op de depositie van potentieel zuur en totaal stikstof. Aan bod komen de ruimtelijke verdeling van de depositie van potentieel zuur en totaal stikstof, de ontwikkeling in de tijd van deze indicatoren en de depositie op het natuur-areaal. Daarna worden de verzurende en vermestende componenten ammoniak, stikstofdioxide en -oxiden en zwaveldioxide beschreven.
- Hoofdstuk 5, 'Deeltjesvormige luchtverontreiniging', geeft een overzicht van de belangrijkste indicatoren op dit gebied. In zwevende deeltjes (PM₁₀) wordt dit jaar nader ingegaan op de herkomst van PM₁₀-concentraties in Nederland. Verder worden de concentraties van de componenten zwarte rook, benzo[a]pyreen en zware metalen besproken.
- Hoofdstuk 6, 'Lokale luchtverontreiniging', behandelt problemen met luchtverontreiniging op het lokale schaalniveau. Er wordt ingegaan op de omvang van overschrijdingen van grenswaarden voor stikstofdioxide, koolstofmonoxide, zwarte rook, benzeen en benzo[a]pyreen langs drukke verkeerswegen in steden. Vervolgens worden de concentraties van de componenten koolstofmonoxide, benzeen en fluoriden besproken.

In bijlage A worden de gebruikte berekeningswijzen en modellen kort beschreven. Bijlage B geeft depositiekentallen van verzurende en vermestende stoffen per verzuringsgebied en per provincie. In bijlage C wordt een overzicht gegeven van de luchtkwaliteitsdoelstellingen in Nederland. De gemeten overschrijdingen in 2001 van

deze kwaliteitsdoelstellingen worden in bijlage D tabelarisch weergegeven. In bijlage E staat een overzicht van de concentratiekentallen in 2001 per locatie. In bijlage F wordt nader ingegaan op de onzekerheden rondom de luchtkwaliteitsmetingen en -modellen zoals die worden gepresenteerd in dit jaaroverzicht.

1 Europese wetgeving en Nederlandse luchtkwaliteit

1.1 Europese wetgeving

Inleiding

Op 27 september 1996 werd de Europese richtlijn 96/62/EG van kracht. Deze richtlijn, de Kaderrichtlijn luchtkwaliteit, markeert het begin van een nieuw tijdperk op het gebied van de regelgeving voor de luchtkwaliteit in de Europese Unie (EU, 1996). Europese regelgeving dateert reeds van het begin van de jaren tachtig. De Kaderrichtlijn geeft echter een nieuw en samenhangend algemeen Europees kader voor ‘de beoordeling en het beheer van de luchtkwaliteit’. De Kaderrichtlijn definieert een aantal belangrijke begrippen: dochterrichtlijnen, voorlopige beoordelingen, beoordelingsdrempels en zones en agglomeraties. Een voorlopige beoordeling van de luchtkwaliteit moet voorafgaan aan de implementatie van de betreffende dochterrichtlijn in de nationale wetgeving. De dochterrichtlijnen zijn uitwerkingen van luchtkwaliteitseisen voor specifieke stoffen. Voorlopige beoordelingen zijn beoordelingen van de luchtkwaliteit afgemeten aan de in de betreffende dochterrichtlijn gegeven concentratieniveaus.

Beoordelingssysteem

Een hulpmiddel dat gebruikt wordt om de luchtkwaliteit voor in de dochterrichtlijnen genoemde stoffen, met uitzondering van ozon, te beoordelen, vormen de zogenaamde beoordelingsdrempels. Dit zijn concentratieniveaus die zijn afgeleid van grenswaarden en die een rol spelen bij de classificatie van het verontreinigingsniveau in een gebied. De bedoeling is een gebied te definiëren waarvoor voor het gehele oppervlak geldt dat er een min of meer zelfde niveau aan luchtverontreiniging bestaat. Op basis van de beoordelingsdrempels wordt een gebied ingedeeld in een bepaalde klasse (*‘regime’*). De klasse bepaalt vervolgens het soort, de eventuele inzet en de omvang van het instrumentarium waarmee de luchtkwaliteit moet worden vastgesteld.

Afhankelijk van de hoogte van de concentratie zijn drie situaties te onderscheiden:

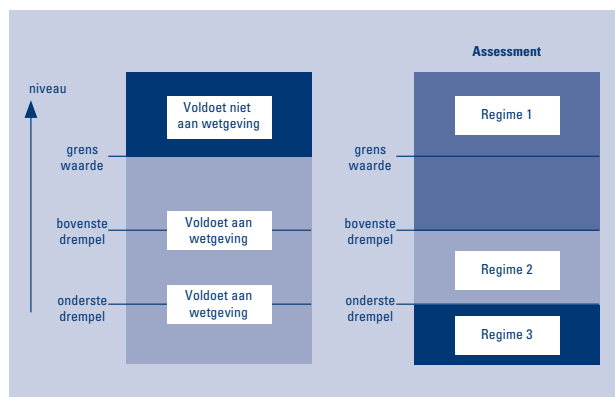
- *De concentratie ligt boven de bovenste beoordelingsdrempel¹ (Regime 1).* Metingen zijn in deze situatie altijd verplicht. Als metingen in dit geval het enige instrument vormen om de luchtkwaliteit vast te stellen, is een bepaald minimum aantal meetstations per zone of agglomeratie vereist. Dit minimum aantal wordt bepaald door het aantal inwoners of, in het geval van een grenswaarde voor de bescherming van ecosystemen, het oppervlak. Overigens is het altijd

toegestaan om andere instrumenten in te zetten voor de beschrijving van de luchtkwaliteit. Dit kan dan bijvoorbeeld gaan om emissie-inventarisaties of verspreidingsmodellen voor luchtverontreiniging.

De hiervoor genoemde eis van het minimale aantal meetstations komt dan te vervallen.

- *De concentratie bevindt zich tussen de onderste en de bovenste beoordelingsdrempel (Regime 2).* Er dient gebruik te worden gemaakt van metingen, indien gewenst in combinatie met modellen.
- *De concentratie ligt onder de onderste beoordelingsdrempel (Regime 3).* Metingen zijn onder deze omstandigheden niet vereist. De luchtkwaliteit mag beschreven worden met modellen of aan de hand van objectieve ramingen.

Voor ozon geldt een andere benadering. Hier worden niveaus getoetst aan de in de betreffende dochterrichtlijn vermelde langetermijndoelstelling. In principe worden voor ozon altijd metingen verricht. Het aantal benodigde meetstations is onder andere afhankelijk van het feit of de concentratie zich boven of onder de langetermijndoelstelling bevindt.

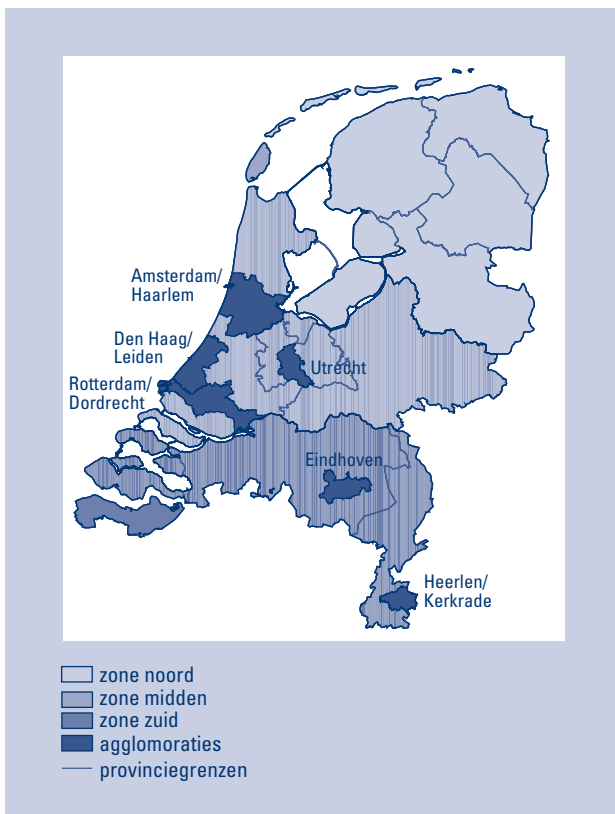


Figuur 1: Overschrijding van de grenswaarde, de bovenste of onderste beoordelingsdrempel en het hierbij behorende regime voor de vaststelling van de luchtkwaliteit (vrij naar Van Aalst *et al.*, 1998).

Zones en agglomeraties

De voorlopige beoordeling moet worden voorafgegaan door de indeling van het grondgebied van een lidstaat in zones en/of agglomeraties. De definitie van zones en agglomeraties is in Nederland gebeurd voorafgaand aan

de voorlopige beoordeling volgens de eerste dochterrichtlijn. De niveaus van de stoffen uit de eerste dochterrichtlijn, zwaveldioxide (SO₂), stikstofdioxide (NO₂), stikstofoxiden (NO_x), zwevende deeltjes (PM₁₀) en lood (Pb), zijn hierbij in beschouwing genomen. Het resultaat is een onderverdeling van Nederland in drie zones en zes agglomeraties (tabel 2, figuur 2).



Figuur 2: Zones en agglomeraties in Nederland (Van Breugel & Buijsman, 2001).

Implementatie in Nederland

De EU-dochterrichtlijnen moeten binnen een zekere tijd in de nationale wetgeving van de lidstaten geïmplementeerd zijn (tabel 1). Een uitgebreid overzicht van de vigerende Europese en de daarvan afgeleide Nederlandse regelgeving wordt gegeven in *Bijlage C*.

1.2 Beoordeling Nederlandse luchtkwaliteit volgens de dochterrichtlijnen Zwaveldioxide, stikstofdioxide, stikstofoxiden, zwevende deeltjes en lood

De eerste dochterrichtlijn (EU, 1999) handelt over zwaveldioxide (SO₂), stikstofdioxide (NO₂), stikstofoxiden (NO_x), zwevende deeltjes (PM₁₀) en lood (Pb). Toetsing aan grenswaarden (van 1995-1999) levert op dat de grenswaarde voor het jaargemiddelde voor stikstofdioxide in veel stedelijke gebieden wordt overschreden. In mindere mate geldt dit voor de grenswaarde voor het jaargemiddelde voor PM₁₀-concentraties. De norm voor de daggemiddelde PM₁₀-concentratie wordt overal overschreden. De beoordeling van de luchtkwaliteit aan de hand van de beoordelingsdrempels leidt tot de vaststelling dat voor lood overal en voor zwaveldioxide bijna overal regime 3 geldt. Voor PM₁₀ is in alle gevallen sprake van een indeling in regime 1; voor stikstofdioxide is dit in overwegende mate het geval (tabel 3).

Benzeen en koolstofmonoxide

De tweede dochterrichtlijn (EU, 2000) gaat over benzeen (C₆H₆) en koolstofmonoxide (CO). Toetsing van meetresultaten en gecombineerde gegevens van de uitkomsten van modelberekeningen en van meetresultaten van benzeen en koolstofmonoxide levert geen overschrijdingen van grenswaarden in Nederland op. Toetsing ten opzichte van de beoordelingsdrempels levert op dat alle zones en agglomeraties, met uitzondering van zone *Midden*, voor benzeen én koolstofmonoxide een zelfde regime indeling krijgen. Alleen de agglomeratie *Amster-*

Tabel 4: Regime-indeling van de zones en agglomeraties benzeen en koolstofmonoxide. Regime 1 = strengst; 3 = minst streng (Folkert *et al.*, 2002).

Gebied	Benzeen	Koolstofmonoxide
Regime		
Zones		
Noord	3	3
Midden	2	3
Zuid	2	2
Agglomeraties		
Amsterdam/ Haarlem	1	1
Rotterdam/ Dordrecht	2	2
Den Haag/ Leiden	2	2
Utrecht	2	2
Eindhoven	2	2
Heerlen/ Kerkrade	2	2

Tabel 1: Stand van zaken dochterrichtlijnen

Stof(fen)	Datum van de betreffende EU dochterrichtlijn	Uiterlijke datum implementatie in de Nederlandse wetgeving
Zwavel dioxide, stikstofdioxide, stikstofoxiden, zwevende deeltjes (PM ₁₀) en lood	April 1999	Juli 2001 ¹
Benzeen en koolstofmonoxide	November 2000	December 2002
Ozon	Februari 2002	September 2003
Arseen, cadmium, kwik, nikkel en PAK (w.o. B[a]P)	Nog in voortraject	Nog onbekend

¹ Staatsblad, 2001

Tabel 2: Inwoneraantallen in zones en agglomeraties in Nederland (CBS, 2002).

Gebied	Nadere omschrijving	Aantal inwoners
Zone	Provincies	In miljoenen
Noord	Groningen, Friesland, Drenthe, Overijssel, Flevoland	3,120
Midden	Gelderland, Utrecht, Noord-Holland, Zuid-Holland	4,788
Zuid	Limburg, Noord-Brabant, Zeeland	3,246
Agglomeratie	Gemeentes	
Amsterdam/ Haarlem	Amsterdam, Aalsmeer, Amstelveen, Uithoorn, Ouder Amstel, Diemen, Zaanstad, Heemskerk, Beverwijk, Velsen, Haarlem, Bloemendaal, Zandvoort, Heemstede, Bennebroek, Haarlemmerliede en Spaanwoude, Haarlemmermeer	1,512
Rotterdam/ Dordrecht	Rotterdam, Schiedam, Vlaardingen, Maassluis, Rozenburg, Spijkenisse, Albrandswaard, Capelle a/d IJssel, Ridderkerk, Barendrecht, Heerjansdam, Zwijndrecht, Hendrik-ido-Ambacht, Dordrecht, Papendrecht, Sliedrecht	1,274
Den Haag/ Leiden	Den Haag, Monster, s'Gravenzande, Naaldwijk, De Lier, Maasland, Schipluiden, Wateringen, Delft, Rijswijk, Leidschendam en Voorburg, Wassenaar, Voorschoten, Leiden, Oegstgeest, Katwijk, Valkenburg, Rijnsburg, Leiderdorp	1,065
Utrecht	Utrecht, Houten, Nieuwegein, IJsselstein, Vleuten-De Meern, Maarssen	0,433
Eindhoven	Eindhoven, Best, Veldhoven, Geldrop, Mierlo, Nuenen, Gerwen en Nederwetten, Helmond	0,420
Heerlen/ Kerkrade	Heerlen, Kerkrade, Landgraaf, Brunssum, Voerendaal, Nuth	0,246

Tabel 3: Regime-indeling van de zones en agglomeraties voor zwavel dioxide, stikstofdioxide, PM₁₀ en lood. Regimes: 1 = strengst; 3 = minst streng (Van Breugel & Buijsman, 2001).

Gebied	Zwavel dioxide	Stikstof dioxide	PM ₁₀	Lood
Regime				
Zones				
Noord	3	3	1	3
Midden	3	1	1	3
Zuid	3	2	1	3
Agglomeraties				
Amsterdam/ Haarlem	3	1	1	3
Rotterdam/ Dordrecht	2	1	1	3
Den Haag/ Leiden	3	1	1	3
Utrecht	3	1	1	3
Eindhoven	3	1	1	3
Heerlen/ Kerkrade	3	1	1	3

dam/Haarlem valt in het strengste regime (tabel 4).

Ozon

De derde dochterrichtlijn (EU, 2002) betreft ozon (O₃). Een overschrijding van de *streefwaarden* voor de bescherming van de gezondheid van de mens en van ecosystemen is in de periode 1997-2001 niet waargenomen. De ozonconcentraties zullen naar verwachting in de toekomst nog verder dalen. Dit komt vooral door verdere emissiereducties van ozonprecursors zoals voorzien in de Europese emissiedoelstellingen voor 2010, de zogenaamde NEC-richtlijn (EU, 2001).

De ozonmeetwaarden per station voor de jaren 1997-2001 zijn ook getoetst aan de *langetermijndoelstellingen* voor de bescherming van de gezondheid van de mens en van ecosystemen. Deze langetermijndoelstellingen worden in alle zones en agglomeraties overschreden. Daarom geldt voor alle zones en agglomeraties een indeling in regime 1 (Hammingh *et al.*, 2002). Daarnaast wordt meting van stikstofoxiden nodig geacht en worden metingen van een aantal organische stoffen die als precursor van ozon kunnen dienen, aanbevolen.

1.3 De dochterrichtlijnen en het Landelijk Meetnet Luchtkwaliteit

Aantallen meetstations

De EU-richtlijnen bevatten ook regels voor de omvang van de meetinspanningen. Zo kunnen naast metingen emissieregistraties en modellen kennis leveren over de luchtkwaliteit. In Nederland wordt daar veelvuldig gebruik van gemaakt. Als metingen als enige bron van informatie worden gebruikt, zijn in de richtlijnen minimale aantallen meetstations voorgeschreven. In het laatste geval zijn in totaal de volgende minimale aantallen stations nodig: 8 voor zwaveldioxide, 29 voor stikstofdioxide, 40 voor PM₁₀ en geen één voor lood.

In die gevallen dat de concentratie van PM₁₀, stikstofdioxide, CO en benzeen in een zone of agglomeratie boven de bovenste beoordelingsdrempel ligt, moet, van de op grond van het inwoneraantal vereiste aantal stations, minimaal één station in de stadsachtergrond zijn en moet er minimaal één verkeersgericht station zijn. Voor PM₁₀ heeft dit betrekking op alle zones en alle agglomeraties. Voor stikstofdioxide geldt dit voor de zone *Midden* en voor alle agglomeraties.

De regime-indeling voor koolstofmonoxide en benzeen leidt bij metingen als enige bron van informatie tot een totaal aantal meetstations van 15 respectievelijk 19 (tabel 5).

Tabel 5: Aantal meetstations in de zones en agglomeraties als metingen de enige bron van informatie vormen (Van Breugel & Buijsman, 2001; Folkert *et al.*, 2002; Hammingh *et al.*, 2002).

Gebied	Zwavel dioxide	Stikstof dioxide	PM ₁₀	Lood	Benzeen	Koolstof monoxide	Ozon ¹
Aantal meetstations							
Zones							
Noord	0	0	7	0	0	0	6 ²
Midden	1	8	8	0	4	0	7 ²
Zuid	0	3	7	0	3	3	6 ²
Agglomeraties							
Amsterdam/ Haarlem	1	4	4	0	5	5	3 ³
Rotterdam/ Dordrecht	2	4	4	0	2	2	3 ³
Den Haag/ Leiden	1	4	4	0	2	2	3 ³
Utrecht	1	2	2	0	1	1	1 ⁴
Eindhoven	1	2	2	0	1	1	1 ⁴
Heerlen/ Kerkrade	1	2	2	0	1	1	1 ⁴
Totaal	8	29	40	0	19	15	31
Huidig aantal	37	45	19	4	9	22	38
meetstations in LML							

¹ De dochterrichtlijn voor ozon stelt als eis dat op minstens de helft van het aantal meetstations voor ozon in een zone of agglomeratie ook stikstofdioxide wordt gemeten.

² Waarvan één voorstad station.

³ Waarvan twee voorstad stations.

⁴ Is een voorstad station.

Voor ozon zullen in dat geval totaal 31 meetstations vereist zijn. Voor ozon wordt verder een onderscheid gemaakt in stations in stedelijke en voorstedelijke stations. In de zones moet er minstens één station zijn in een voorstedelijk gebied. In de agglomeraties moet bovendien minstens de helft van de stations zich in voorstedelijk gebied bevinden.

Naar een nieuwe opzet

De huidige aantallen stations in het LML zijn, met uitzondering van PM_{10} en benzeen, meer dan volgens de dochterrichtlijnen benodigd zijn. Hierbij moeten echter een aantal kanttekeningen gemaakt worden:

- De huidige locaties van de stations in het LML voldoen lang niet altijd aan de eisen zoals die in de dochterrichtlijnen worden gesteld. Dit betekent dat nieuwe stations moeten worden geïnstalleerd of dat bestaande stations moeten worden verplaatst. Naast het landelijk Meetnet Luchtkwaliteit zijn er bovendien nog enkele provinciale en gemeentelijke meetnetten.
- Naast de genoemde aantallen meetstations voor de dochterrichtlijnen zijn er momenteel meer meetstations operationeel. Dit is om onder andere te voldoen aan internationale verplichtingen, voor de validatie van modellen, het vaststellen en volgen van trends, het verkrijgen van een compleet ruimtelijk

beeld in Nederland en om te voorzien in de mogelijke uitval van stations.

- De hiervoor gegeven aantallen meetstations zijn richtinggevend bij het gebruik van *metingen alleen* om de luchtkwaliteit te beschrijven. Inzet van aanvullend instrumentarium om de luchtkwaliteit te beschrijven, zoals modellen, kan eventueel leiden tot een vermindering van het aantal meetstations.

Een aantal stedelijke gebieden in de zones vraagt extra aandacht, omdat de concentraties van een aantal stoffen (stikstofdioxide, PM_{10}) hier verhoogd zijn ten opzichte van de regionale achtergrond in de betreffende zone. Deze extra aandacht voor de stedelijke gebieden buiten de agglomeraties wordt ingevuld door modelberekeningen. Het gebruik van modellen zal in ieder geval bijdragen tot een nauwkeuriger ruimtelijke beschrijving van de luchtkwaliteit zowel in stedelijke als in regionale gebieden. Het Ministerie VROM heeft dit onderkend en is, in navolging van de eerste dochterrichtlijn, gekomen met een vernieuwde regeling voor het inventariseren van mogelijke luchtkwaliteitsknelpunten (VROM, 2001a, 2001b).

1 Hierin is begrepen de situatie waarbij de concentratie zich boven de grenswaarde bevindt.

2 Mondiale luchtverontreiniging

In dit hoofdstuk wordt een overzicht gegeven van de belangrijkste indicatoren op het gebied van mondiale luchtverontreiniging. In de paragraaf 'Het versterkt broeikaseffect' worden de stoffen die de aarde

opwarmen en daarmee het natuurlijk broeikaseffect versterken besproken. In de paragraaf 'Aantasting ozonlaag' worden de componenten die de ozonlaag aantasten behandeld.

2.1 Het versterkt broeikaseffect

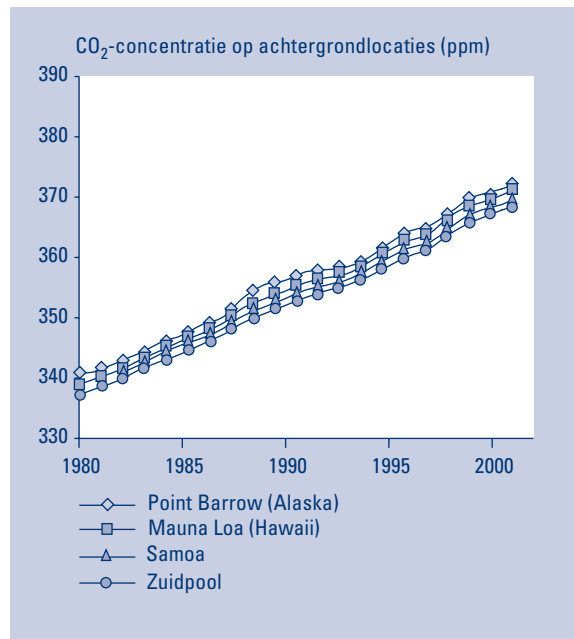
In deze paragraaf worden de stoffen die de aarde opwarmen en daarmee het natuurlijk broeikaseffect versterken besproken. Versterking van het natuurlijk broeikaseffect kan leiden tot klimaatverandering. Naast voorzien effecten van klimaatverandering op de samenleving zoals gevolgen voor de landbouw en 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. De versterking van het natuurlijk broeikaseffect wordt veroorzaakt door emissies van kooldioxide (CO_2), methaan (CH_4), distikstofoxide (N_2O ; lachgas), chloorfluorkoolwaterstoffen (CFK's), CFK-varianten en sommige andere industriële sporengassen. Ook de vorming van ozon in de troposfeer en afbraak van ozon in de stratosfeer ten gevolge van menselijke activiteiten levert een bijdrage. Daarnaast kunnen roetdeeltjes en sulfaat- en nitraataërosol uit verbrandingsprocessen invloed hebben op de stralings-

balans. Deze deeltjes kunnen zowel een versterking als verzwakking van het natuurlijk broeikaseffect bewerkstelligen. Het netto effect van deze laatste categorie stoffen is nog onzeker. Op regionale schaal kan de bijdrage van aërosolen aan het broeikaseffect belangrijk zijn. De emissies van CO_2 , voor het grootste deel afkomstig van de energie- en industriële sector, dragen voor meer dan 80% bij aan het Nederlandse aandeel aan het versterkte broeikaseffect. Naast het gebruik van fossiele brandstoffen worden emissies van CO_2 , CH_4 en N_2O veroorzaakt door intensieve landbouw en veeteelt, verkeer en industriële productie en (buiten Nederland) veranderingen van landgebruik, zoals ontbossing. Uit bepaalde industriële producten of productieprocessen worden nieuwe sterke broeikasgassen geëmitteerd. De belangrijkste zijn de fluorkoolwaterstoffen (HKF's), perfluorkoolwaterstoffen (PFK's) en zwavelhexafluoride (SF_6). Deze stoffen zijn ook opgenomen in het internationale verdrag dat negatieve effecten van klimaatverandering moet tegengaan: het Kyoto protocol (1997).

Ontwikkeling van de concentratie van kooldioxide

De wereld gemiddelde CO₂-concentratie in 2000 was 368,8 ppm en daarmee 1,2 ppm hoger dan in 1999. De huidige CO₂-concentratie ligt ongeveer 88 ppm boven de gemiddelde preïndustriële concentratie van 280 ppm; een stijging van circa 30%. De hoogste concentraties worden op het noordelijk halfrond gemeten doordat de antropogene bronnen van CO₂ voornamelijk op het noordelijk halfrond liggen. De hoogste CO₂-concentratie op het achtergrondstation Point Barrow in het noorden van Alaska was in 2000 370,7 ppm en daarmee 3,8 ppm hoger dan de CO₂-concentratie op de Zuidpool (367,0 ppm).

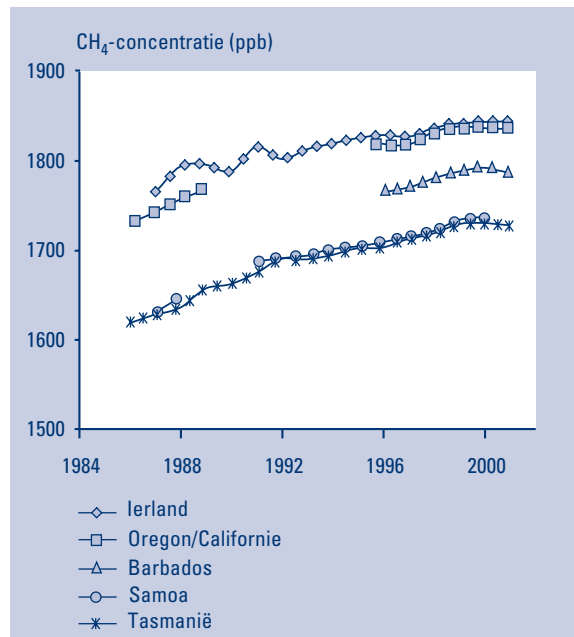
Bron: Keeling and Whorf (1998)



Ontwikkeling van de concentratie van methaan

De wereld gemiddelde methaan (CH₄) concentratie is de afgelopen 3 jaar min of meer constant op een niveau van circa 1772 ppb; gemeten in het ALE/GAGE/AGAGE netwerk op achtergrondstations op verschillende breedtegraden. Deze was daarmee meer dan 1000 ppb hoger dan de preïndustriële concentratie van 700 ppb. De stijging in concentratie in de jaren '90 is minder dan die in de jaren '80. Een sluitende verklaring voor de variaties in concentratie ontbreekt. Oorzaken kunnen liggen in variaties in emissies van methaan en veranderingen in de hydroxylradicaal (OH) concentratie dat verantwoordelijk is voor de afbraak in de atmosfeer. De variaties in het begin van de jaren '90 kunnen mede zijn veroorzaakt door een tijdelijke verdunning van de ozonlaag door de uitbarsting van de vulkaan Pinatubo in 1991.

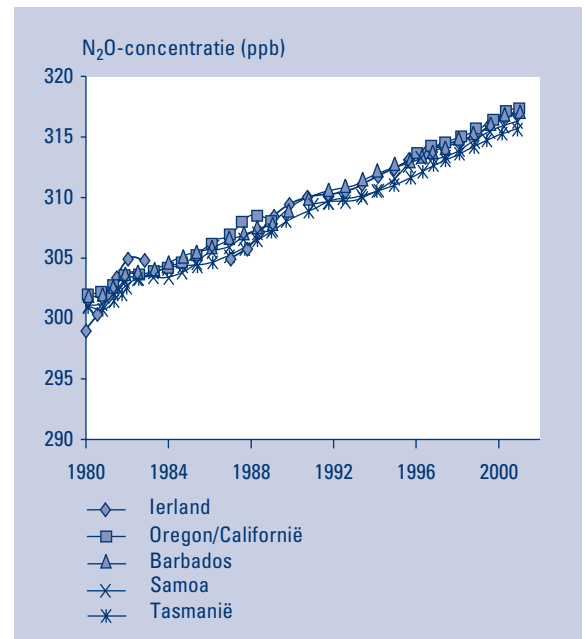
Bron: CDIAC: ALE/GAGE/AGAGE netwerk, Prinn *et al.*, 1998; Dlugokencky *et al.*, 1998. De 2001 waarden zijn gebaseerd op meetgegevens van de eerste negen maanden van 2001.



Ontwikkeling van de concentratie van distikstofoxide

De gemiddelde distikstofoxide (N_2O) concentratie in 2001 was 316,4 ppb en daarmee 0,6 ppb hoger dan in 2000, hetgeen een zelfde stijging is in als de afgelopen jaren. De preïndustriële achtergrondconcentratie was 275 ppb. Het gemiddelde van 2001 ligt tussen 316,9 ppb gemeten op het Noordelijk Halfrond en 315,9 ppb op het Zuidelijk Halfrond.

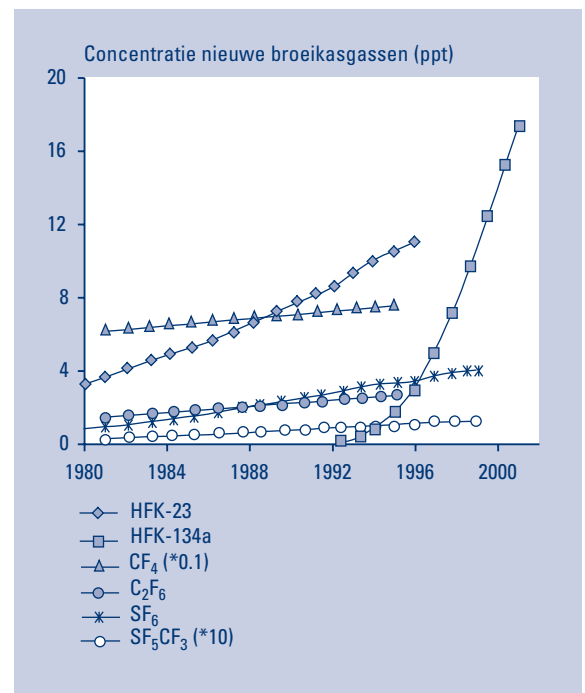
Bron: CDIAC: ALE/GAGE/AGAGE netwerk, Prinn et al., (1998). De 2001 waarden zijn gebaseerd op meetgegevens van de eerste negen maanden van 2001.



De ontwikkeling van de concentraties van HFK's, PFK's en SF₆

Vanaf 1997 (Kyoto protocol) worden ook HFK's, PFK's en SF₆ als broeikasgassen meegeteld. Dit zijn krachtige broeikasgassen die uit industriële producten en bij productieprocessen kunnen vrijkomen. De concentraties (uitgedrukt in ppt, 10^{-12}) in de atmosfeer zijn de laatste jaren sterk gestegen. De concentratie van HFK-23 stijgt met circa 5% per jaar. De concentratie van HFK-134a stijgt de laatste jaren sterk; momenteel met ongeveer 40% per jaar. De concentraties van de PFK's, CF₄ en C₂F₆ zijn met respectievelijk 1,3 en 3,2% per jaar gestegen. De concentratie van SF₆ stijgt met circa 7% per jaar. De concentratie van een verwant broeikasgas SF₅CF₃ stijgt ook, maar is nog gering. De bron van emissies van dit broeikasgas is niet bekend (Sturges *et al.*, 2000).

Opmerking: De weergegeven concentratie van CF₄ moet met 10 worden vermenigvuldigd en die van SF₅CF₃ door 10 gedeeld. Bron: Maiss en Brenninkmeijer, 1998; Oram *et al.*, 1996; Oram *et al.*, 1998; Harnisch *et al.*, 1996; Elkins *et al.*, 1998; WMO, 1999; Sturges *et al.*, 2000, NOAA/CMDL (Butler *et al.*, 1998).



2.2 Aantasting Ozonlaag

De antropogene invloed op de hoeveelheid ozon in de stratosfeer wordt vooral bepaald door de emissie van gehalogeneerde koolwaterstoffen, zoals de CFK's, halonen, HCFK's, methylchloroform (CH_3CCl_3), tetrachloorkoolstof (CCl_4) en methylbromide (CH_3Br). De emissie in Nederland en ook mondiaal is sterk geredu-

ceerd door de implementatie van internationaal overeengekomen maatregelen (Montréal Protocol). Ozon in de stratosfeer (tussen 10 en 50 km hoogte) beschermt mens en milieu tegen schadelijke UV-B-straling.

Ontwikkeling van de concentratie van CFK's, halonen, HCFK-22 en methylchloroform

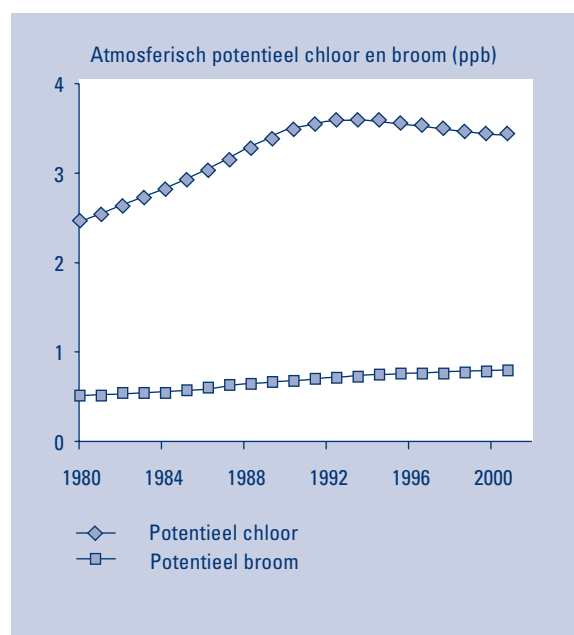
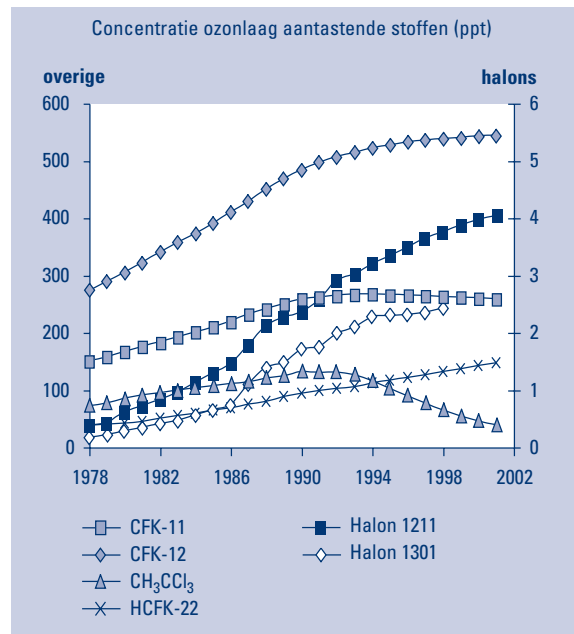
De werking van het Montréal Protocol en de amendementen van Londen en Kopenhagen wordt zichtbaar in de ontwikkeling van concentraties van ozonlaagaantastende stoffen in de troposfeer. Deze stoffen hebben een lange levensduur, uiteenlopend van ongeveer 5 jaar voor methylchloroform tot 100 jaar voor CFK-12. De mondiaal gemiddelde concentratie in de troposfeer van methylchloroform vertoont een significante daling, terwijl de concentratie van CFK-11 licht daalt. De concentratie van CFK-12 stijgt nog door het vertraagd vrijkomen uit bestaande producten. Door toegenomen gebruik en emissie stijgt de concentratie van HCFK's, waaronder HCFK-22. De concentratie van de halonen stijgt ook nog steeds, alleen minder snel dan voorheen. In de geïndustrialiseerde landen mogen halonen niet meer gebruikt worden; de emissie vindt daar nog plaats uit bestaande apparatuur.

Bron: CDIAC: ALE/GAGE/AGAGE netwerk, Prinn *et al.* (1998); NOAA/CMDL netwerk: Elkins *et al.* (1998), Montzka *et al.* (1999), WMO (1999, 2003). (De 2001 waarden voor de CFK's en methylchloroform zijn gebaseerd op meetgegevens van de eerste negen maanden van 2001).

Potentieel chloor- en broomgehalte

Het totale vermogen van de gehalogeneerde stoffen samen om de ozonlaag aan te tasten kan worden uitgedrukt in het potentieel chloor- en broomgehalte van de atmosfeer. Na een stijging van het mondiaal gemiddelde niveau met 1 ppb (circa 40%) in potentieel chloor in de periode 1980-1990 is vanaf ongeveer 1994 een lichte daling ingezet. Dit reflecteert het succes van de wereldwijde uitvoering van de internationale verdragen. De concentratie potentieel broom stijgt nog steeds ondanks een stop in productie in geïndustrialiseerde landen. De oorzaak is een voortgaande emissie van halonen uit bestaande toepassingen (voornamelijk brandblussers) en mogelijk een toegenomen gebruik in enkele ontwikkelingslanden.

Bron: CDIAC: ALE/GAGE/AGAGE netwerk, Prinn *et al.* (1998); NOAA/CMDL netwerk: Elkins *et al.* (1998), Montzka *et al.* (1999); WMO (2003), Butler (1998). (De chloorwaarde voor 2001 is gebaseerd op meetgegevens van de eerste negen maanden van 2001).

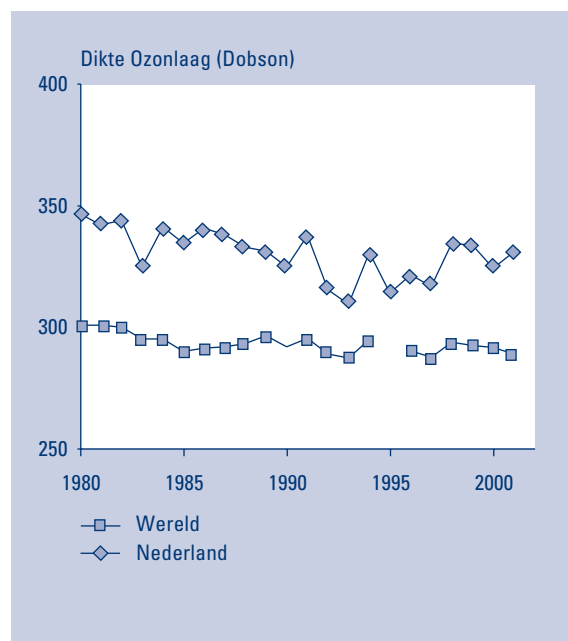


Dikte van de ozonlaag

De ozonkolom op gematigde breedtegraden, zoals boven Nederland, vertoonde tussen 1980 en 1991 een afbraak van circa 4% per decennium. Het lijkt er op dat deze lineaire afname zich niet heeft voortgezet na het herstel van de ozonlaag van de extra afbraak ten gevolge van de uitbarsting van de Pinatubo in 1991. Na extreem lage waarden in 1992 en 1993 lag de gemiddelde waarde van de kolom in Nederland in 2000 op 324 en in 2001 op 330 Dobson eenheden, vergeleken met gemiddeld 350 rond 1980.

Aangezien de concentratie van ozonlaag aantastende stoffen over zijn maximum heen is kan de ozonlaag zich langzaam herstellen, maar volledig herstel zal meer dan 50 jaar duren. Er zijn aanwijzingen dat klimaatverandering het herstel van de ozonlaag kan vertragen.

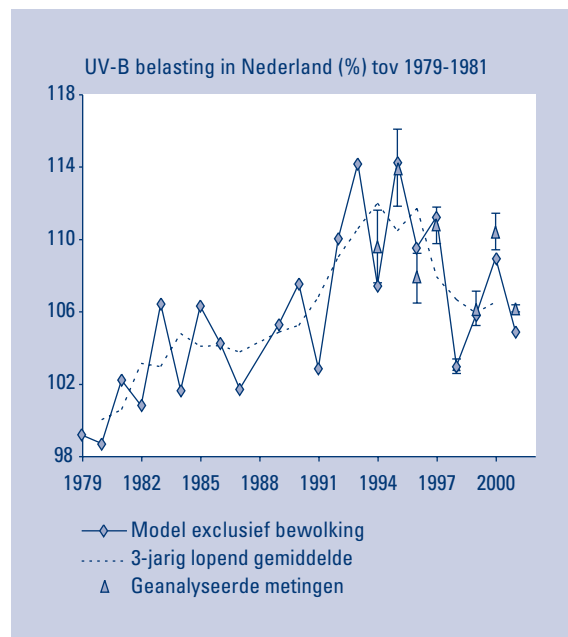
Bron: NASA, KNMI, KMI, Mondiale waarde voor 1996 gebaseerd op 1/2 jaar metingen. De mondiale waarde voor 2001 is minder betrouwbaar dan die van de andere jaren door calibratieproblemen met de TOMS-satelliet van NASA. De ozonwaarden voor Nederland zijn gehercalibreerd ten opzichte van vorig jaar.



Ontwikkeling van de UV-B belasting

De relatieve toename van de effectieve UV-straling in Nederland is berekend uit metingen van de dikte van de ozonlaag en sinds 1994 ook uit directe UV-metingen, waarbij gecorrigeerd wordt voor de toevallige fluctuaties in bewolking. De berekende totale UV-instraling per jaar is in 2001 zo'n 5% hoger dan gemiddeld over de jaren 1979-1981. Daarmee was de UV-belasting in 2001 vergelijkbaar met de belasting in de jaren 1998 en 1999, maar minder hoog dan het gemiddelde in de periode 1992-1997 toen de UV-belasting 9-15% meer was dan in het begin van de jaren '80. De UV-metingen over de afgelopen acht jaar bevestigen de uit ozonmetingen berekende veranderingen. De extra UV-straling veroorzaakt naar verwachting extra gevallen van huidkanker.

Bron: RIVM (Den Outer *et al.*, 2000).



3 Fotochemische luchtverontreiniging

In dit hoofdstuk wordt een overzicht gegeven van de belangrijkste indicatoren op het gebied van fotochemische luchtverontreiniging. Achtereenvolgens worden de concentraties van ozon en enkele groepen van

vluchtige organische koolwaterstoffen besproken. Vluchtige organische stoffen spelen een belangrijke rol bij de vorming van ozon op nationale en Europese schaal.

3.1 Ozon

Ozon wordt niet als zodanig door de mens in de atmosfeer gebracht. Het wordt onder invloed van zonlicht gevormd uit de precursors stikstofoxiden, koolwaterstoffen, koolstofmonoxide en methaan. De complexe chemie die aan ozonvorming ten grondslag ligt, leidt er toe dat een afname in de emissie van de precursors procentueel een veel beperkter 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. In deze paragraaf worden normen gehanteerd als toetsingswaarden voor de beschrijving van blootstelling van mens en vegetatie aan ozon. Eerst komen de huidige normen aan bod. Vervolgens worden de nieuwe EU-normen besproken die in 2003 in de Nederlandse wetgeving zullen worden geïmplementeerd. Deze EU-normen bevatten streefwaarden en langetermijndoelstellingen die zijn gekoppeld aan verplichte emissieplafonds voor de Europese landen. Er is niet voor grenswaarden gekozen omdat lokale maatregelen ter voorkoming

van hoge ozon niveau's niet voldoen. Indien blijkt dat de ozondoelstellingen niet worden gehaald kunnen de emissieplafonds worden aangescherpt.

De huidige norm voor de blootstelling van de bevolking aan piekconcentraties is de EU-drempelwaarde van 110 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ voor de gemiddelden van vier perioden van acht uur per dag (EU, 1992). In 2003 wordt deze norm vervangen door een nieuwe streefwaarde (EG, 2001) van 120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ voor de hoogste 8-uursgemiddelde waarde per dag, die op maximaal 25 dagen per jaar mag worden overschreden. De EU-drempelwaarde van 65 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ voor het daggemiddelde (EU, 1992) en de Nederlandse streefwaarde van 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ voor het groeiseizoengemiddelde (TK, 1990) dienen als norm voor kortstondige respectievelijk langdurige blootstelling van vegetatie. Beide normen worden door een nieuwe norm, de zogenaamde AOT40, vervangen (EU, 2002). Deze geeft een betere beschrijving van de negatieve effecten van ozon op de vegetatie. In het laatste deel van deze paragraaf zal de AOT40 worden besproken.

Ruimtelijke verdeling van het aantal dagen met overschrijding van de huidige EU-drempelwaarde voor kortdurende blootstelling van de bevolking

In 2001 is over heel Nederland de drempelwaarde van $110 \mu\text{g}/\text{m}^3$ voor de 8-uursgemiddelde ozonconcentratie overschreden. Het landelijk gemiddelde lag op 14 dagen. Het ruimtelijk beeld is gebaseerd op geïnterpoleerde waarnemingen van regionale meetlocaties. Het aantal dagen met overschrijdingen op individuele regionale meetstations varieerde van 4 tot 28 dagen. De gemiddelde overschrijding van de drempelwaarde op deze dagen was $19 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

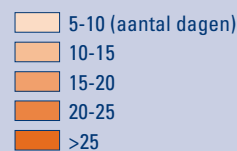
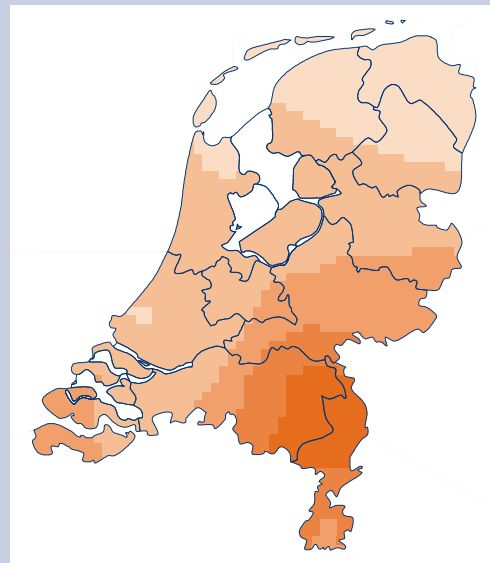
Uit het ruimtelijk beeld blijkt dat het aantal overschrijdingen in het zuidoosten van het land het hoogst waren en het laagst in de kustgebieden en het noorden. Hoge concentraties van ozon worden veroorzaakt door versterkte fotochemische vorming tijdens zonnige en warme dagen. Ook speelt grootschalige aanvoer van ozon uit het buitenland een belangrijke rol. Maxima ontstaan vaak op enige afstand van grote emissiegebieden. Deze grote emissiegebieden liggen in de randstad en buiten Nederland zijn de emissiegebieden in Duitsland en België van belang.

Ontwikkeling van de gemiddelde overschrijding van de huidige EU-drempelwaarde voor kortdurende blootstelling van de bevolking

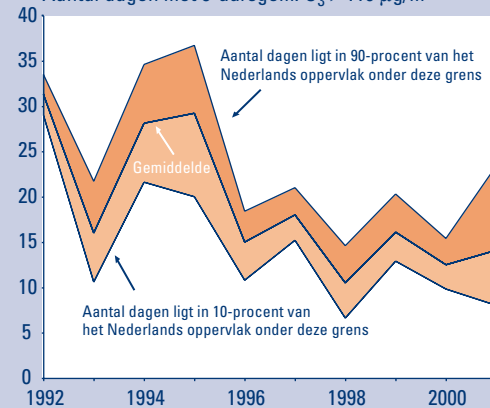
Het landelijk gemiddelde van het aantal dagen met overschrijding van de drempelwaarde van $110 \mu\text{g}/\text{m}^3$ laat van 1992 tot en met 2001 een licht dalende trend zien. In twee andere studies (De Leeuw; 2000, Roemer, 2001) zijn ook indicaties gevonden voor een licht dalende trend in het vóórkomen van hoge ozonconcentraties in NW-Europa. Als meest waarschijnlijke oorzaak voor de dalende trend wordt de reductie van precursor-emissies in Europa genoemd. De overschrijding van deze norm is ook sterk afhankelijk van de meteorologische omstandigheden. In jaren met veel zomerse dagen zoals bijvoorbeeld '94 en '95, worden er meer overschrijdingen waargenomen dan gedurende jaren met minder zomerse dagen zoals het relatief natte jaar 1998.

In tegenstelling tot deze dalende trend in piekconcentraties zijn er aanwijzingen dat de grootschalige troposferische achtergrondconcentratie van ozon licht toeneemt (De Leeuw, 2000). Als mogelijke verklaring voor de stijgende trend wordt een mondiale toename in methaan-, koolstofmonoxide- en stikstofoxide-emissies genoemd.

Aantal dagen in 2001 met 8-uursgem. $\text{O}_3 > 110 \mu\text{g}/\text{m}^3$

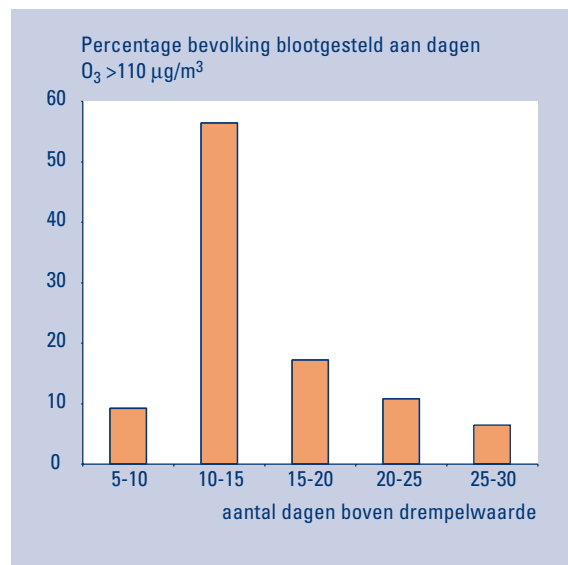


Aantal dagen met 8-uursgem. $\text{O}_3 > 110 \mu\text{g}/\text{m}^3$



Kortdurende blootstelling van de bevolking

De gehele Nederlandse bevolking is in 2001 gedurende minimaal 5 dagen blootgesteld aan 8-uursgemiddelde concentraties boven de drempelwaarde van $110 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Het met de bevolkingsdichtheid gewogen gemiddelde aantal dagen met overschrijding in de zomerperiode bedroeg 14. Voor het berekenen hiervan is gebruik gemaakt van geïnterpoleerde waarnemingen van regionale meetlocaties. Omdat ozonconcentraties in steden typisch iets lager liggen dan in de regio zal het gebruik van regionale waarnemingen bij het beschrijven van de blootstelling leiden tot een lichte overschatting van de blootstelling. In 2001 is circa 90% van de bevolking op meer dan 10 dagen blootgesteld aan ozonconcentraties boven de drempelwaarde.

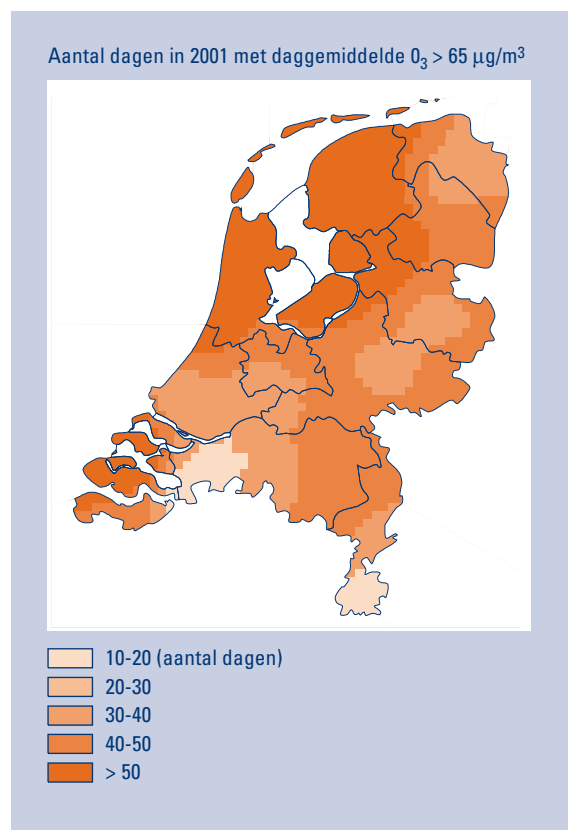


Ruimtelijke verdeling van het aantal dagen met overschrijding van de huidige EU-drempelwaarde voor kortdurende blootstelling van vegetatie

In heel Nederland vond in 2001 overschrijding plaats van de drempelwaarde van $65 \mu\text{g}/\text{m}^3$ voor de daggemiddelde ozonconcentratie. Het landelijk gemiddelde lag op 47 dagen. Het ruimtelijk beeld is gebaseerd op geïnterpoleerde waarnemingen van regionale meetlocaties.

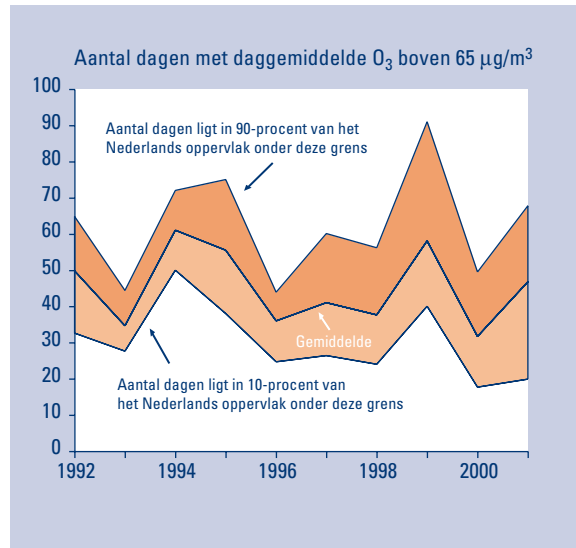
Het aantal dagen met overschrijdingen van de drempelwaarde op individuele regionale meetstations varieerde van 12 tot 80 dagen. De gemiddelde overschrijding op deze dagen was circa $14 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Het grootste deel van het jaar wordt de ozonconcentratie sterk beïnvloed door de grootschalige troposferische achtergrondconcentratie (circa $70 \mu\text{g}/\text{m}^3$). De invloed hiervan is dominant boven zee, landinwaarts neemt deze invloed af door afbraak en depositie van ozon. De gedurende episoden voorkomende hoge ozonconcentraties worden vooral veroorzaakt door fotochemische vorming overdag, gekarakteriseerd door hogere gemiddelde concentraties in het zuiden en lagere in het noorden. De kaart toont de resultante van deze processen. Langs de kust, vooral in het noorden, worden de meeste dagen met overschrijdingen van de drempelwaarde waargenomen, dit neemt naar het zuidoosten toe af. Het blijkt dat de invloed van de troposferische achtergrond op de overschrijding van deze drempelwaarde overheerst.



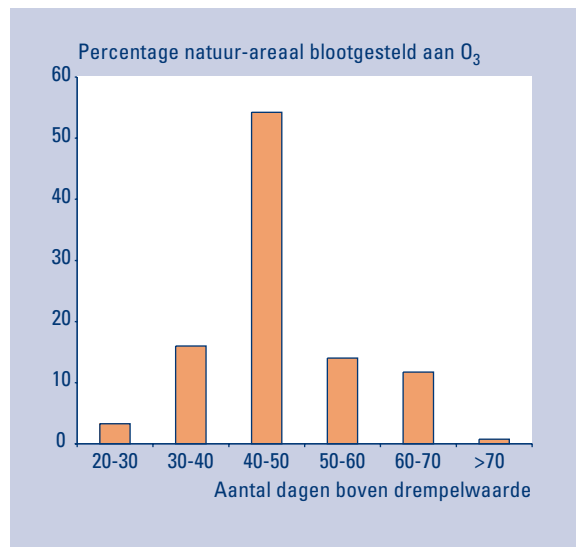
Ontwikkeling van de gemiddelde overschrijding van de huidige EU-drempelwaarde voor kortdurende blootstelling van vegetatie

De frequentie waarmee overschrijding van de drempelwaarde voor het daggemiddelde van 65 µg/m³ optreedt, is onder andere afhankelijk van de meteorologische omstandigheden in het betreffende jaar. In jaren met mooi zomers weer, zoals bijvoorbeeld '94 en '95, worden er meer overschrijdingen van de drempelwaarde waargenomen dan gedurende zomers met een somberder karakter. Door de sterke fluctuatie van jaar tot jaar is er geen duidelijke trend in de landelijk gemiddelde overschrijding herkenbaar.



Kortdurende blootstelling van vegetatie

In 2001 waren er, gemiddeld over de natuur, 45 dagen met overschrijdingen van de drempelwaarde van 65 µg/m³. Voor het berekenen hiervan is gebruik gemaakt van geïnterpoleerde waarnemingen van regionale meetlocaties en een kaart met natuurgebieden in Nederland (zie bijlage A). De natuurkaart is gebaseerd op de (half)natuurlijke ecosystemen op het land. De blootstelling van de natte natuur en de landbouwgewassen is hier buiten beschouwing gelaten. In 2001 is circa 80 % van het natuur-areaal op meer dan 40 dagen blootgesteld aan ozonconcentraties boven de drempelwaarde.



Ruimtelijke verdeling van het aantal dagen met overschrijding van de EU-streefwaarde voor kortdurende blootstelling van de bevolking

In de nieuwe EU-regelgeving is voor de blootstelling van de bevolking aan piekconcentraties ozon (EU, 2002) een streefwaarde opgenomen van $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$, voor de hoogste voortschrijdende 8-uursgemiddelde ozonconcentratie per dag. Deze mag niet vaker worden overschreden dan 25 dagen per kalenderjaar, gemiddeld over drie jaar¹. De langetermijndoelstelling is dat deze streefwaarde op geen enkele dag meer wordt overschreden.

Het ruimtelijk beeld van het aantal dagen met een maximale 8-uursgemiddelde ozonconcentratie boven de $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ is gebaseerd op geïnterpoleerde waarnemingen van regionale meetlocaties over 2001. Gemiddeld over Nederland waren er 10 dagen met maximale 8-uursgemiddelde ozonconcentraties hoger dan $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Het gemiddelde over Nederland over de drie jaren 1999 t/m 2001 bedraagt eveneens 10 dagen.

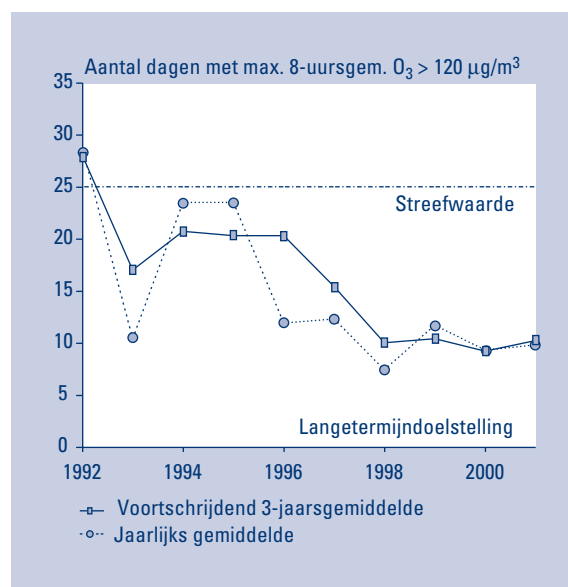
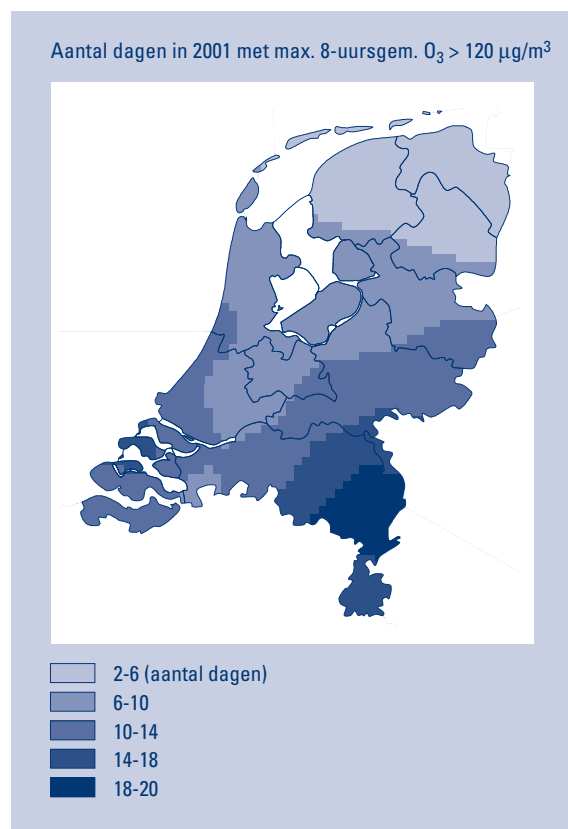
Over alle individuele meetstations (inclusief stad- en straatstations) varieerde dit aantal dagen in 2001 van 2 tot 21.

Het ruimtelijk beeld, met hogere ozonconcentraties in met name zuidoost-Nederland, komt grotendeels overeen met het ruimtelijk beeld van het aantal dagen boven $110 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (zie ook de eerste paragraaf). Fotochemische vorming uit emissies van Nederland en het omringende buitenland spelen hierbij een belangrijke rol.

¹ Middeling vindt plaats over het betreffende jaar en de twee voorafgaande jaren.

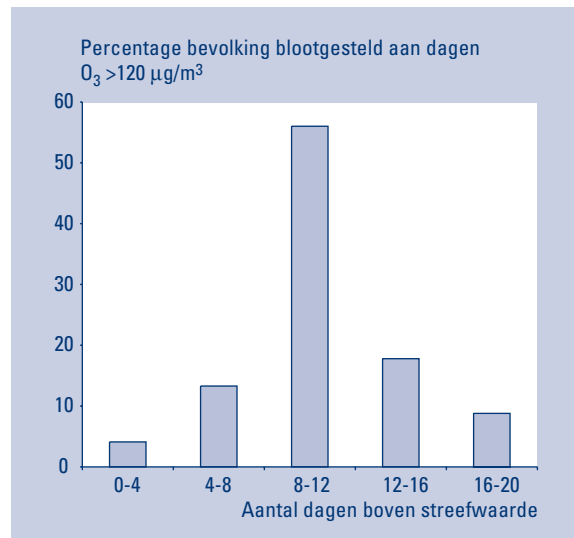
Ontwikkeling van de gemiddelde overschrijding van de EU-streefwaarde voor kortdurende blootstelling van de bevolking

In de grafiek is het jaargemiddelde en het driejaargemiddelde aantal dagen met een maximale 8-uursgemiddelde ozonconcentraties boven $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ weergegeven. Door de driejaarsmiddeling wordt de invloed van de meteorologie op de ozonconcentraties kleiner. Hierdoor worden andere invloeden, zoals die door het emissiereductiebeleid, beter zichtbaar. De afnemende trend bevestigt de aanwijzingen voor een daling in het voorkomen van hoge ozonconcentraties (zie eerste paragraaf).



Kortdurende blootstelling van de bevolking

Het met de bevolkingsdichtheid gewogen gemiddelde aantal dagen met overschrijding van de streefwaarde van $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ bedroeg 11 dagen in 2001. Voor de berekening hiervan is gebruik gemaakt van de ruimtelijk verdeling van ozon (gebaseerd op regionale waarnemingen) en van de bevolkingsdichtheid. Omdat ozonconcentraties in steden typisch iets lager liggen dan in de regio zal het gebruik van regionale waarnemingen bij het beschrijven van de blootstelling leiden tot een lichte overschatting van de blootstelling. In 2001 is ongeveer 80% van de bevolking blootgesteld geweest aan meer dan 8 dagen met overschrijding van de streefwaarde van $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

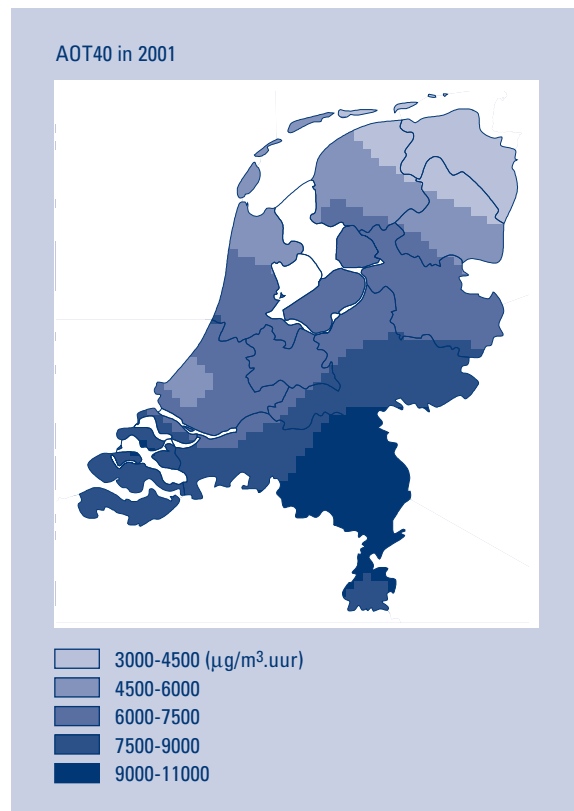


Ruimtelijke verdeling van het aantal dagen met overschrijding van de EU-norm voor vegetatie

De nieuwe EU-norm voor blootstelling van de vegetatie aan ozon (EU, 2002) wordt uitgedrukt als de 'AOT40' (Accumulated Ozone exposure over a Threshold of 40 ppb). Deze norm houdt rekening met zowel de mate van overschrijding van de drempelwaarde van $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (= 40 ppb) als met de tijdsduur van de overschrijding. Alleen de ozonconcentraties in de drie zomermaanden mei – juli, van 08:00h tot 20:00h¹ worden meegenomen. Voor bescherming van de vegetatie is een streefwaarde vastgesteld van $18.000 (\mu\text{g}/\text{m}^3 \cdot \text{uur})$, gemiddeld over 5 jaar². Er is een langetermijndoelstelling vastgesteld van $6.000 (\mu\text{g}/\text{m}^3 \cdot \text{uur})$.

De kaart van de AOT40 voor 2001 is gebaseerd op geïnterpoleerde regionale waarnemingen over 2001. De gemiddelde AOT40-waarde over Nederland bedroeg $7.040 (\mu\text{g}/\text{m}^3 \cdot \text{uur})$. Uit de kaart blijkt dat in 2001 de streefwaarde van $18.000 (\mu\text{g}/\text{m}^3 \cdot \text{uur})$ in Nederland niet is overschreden. De langetermijndoelstelling van $6.000 (\mu\text{g}/\text{m}^3 \cdot \text{uur})$ wordt in een groot deel van Nederland overschreden. Op de individuele meetstations (inclusief stad- en straatstations) varieerde de AOT40 in 2001 van 1.970 tot $11.400 (\mu\text{g}/\text{m}^3 \cdot \text{uur})$. Het gemiddelde over Nederland over de vijf jaren 1997 t/m 2001 bedraagt $7.020 (\mu\text{g}/\text{m}^3 \cdot \text{uur})$.

Uit het ruimtelijk beeld blijkt dat de AOT40-waarden in het zuidoosten van het land het hoogst waren en het laagst in het noorden (zie ook de eerste paragraaf).

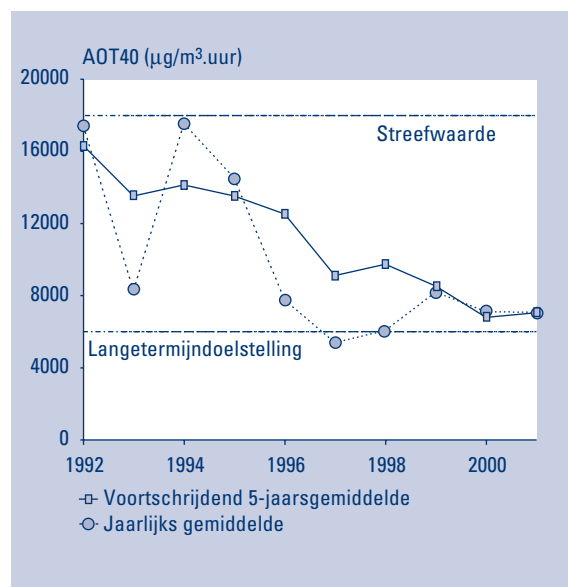


¹ Midden Europese Tijd (MET).

² Middeling vindt plaats over het betreffende jaar en de vier voorafgaande jaren.

Ontwikkeling van de gemiddelde overschrijding van de EU-norm AOT40 voor vegetatie

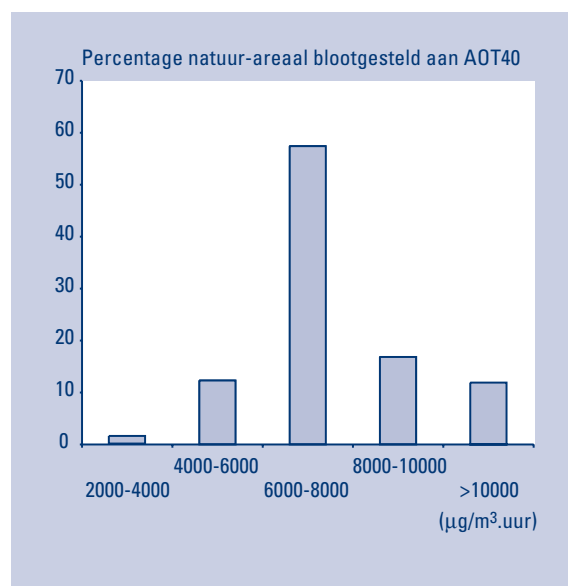
In de grafiek zijn de jaargemiddelde en vijfjaargemiddelde AOT40-waarden weergegeven. Door het vijfjaar voortschrijdende gemiddelde te nemen worden de fluctuaties door meteorologische invloeden verminderd waardoor de invloed van beleidsmaatregelen op de ozonconcentratie eerder zichtbaar worden. De meest waarschijnlijke oorzaak voor de afnemende trend, welke sinds het begin van de jaren '90 is ingezet, is de reductie van precursor-emissies in Europa.



Blootstelling van vegetatie

Voor het berekenen van de blootstelling van vegetatie aan ozon is gebruik gemaakt van de ruimtelijke verdeling van de AOT40 voor 2001 en van het natuur-areaal (zie bijlage A). De natuurkaart is gebaseerd op de (half)natuurlijke ecosystemen op het land. De blootstelling van de natte natuur en de landbouwgewassen is hier buiten beschouwing gelaten.

De streefwaarde van 18.000 ($\mu\text{g}/\text{m}^3\cdot\text{uur}$) wordt in 2001 in Nederland niet overschreden. De langetermijndoelstelling van 6.000 ($\mu\text{g}/\text{m}^3\cdot\text{uur}$) wordt in een groot deel van Nederland wel overschreden. Circa 80 % van het natuur-areaal is in 2001 blootgesteld aan AOT40-waarden boven de 6.000 ($\mu\text{g}/\text{m}^3\cdot\text{uur}$).



3.2 Vluchtige organische stoffen

Vluchtige organische stoffen (VOS) leiden onder invloed van zonlicht, via chemische reacties met NO_x tot vorming van ozon en daardoor indirect tot effecten op de volksgezondheid en ecosystemen. Daarnaast kunnen sommige van deze stoffen door hun specifieke toxische eigenschappen direct tot effecten leiden op de volksgezondheid of ecosystemen (zie hoofdstuk 6,

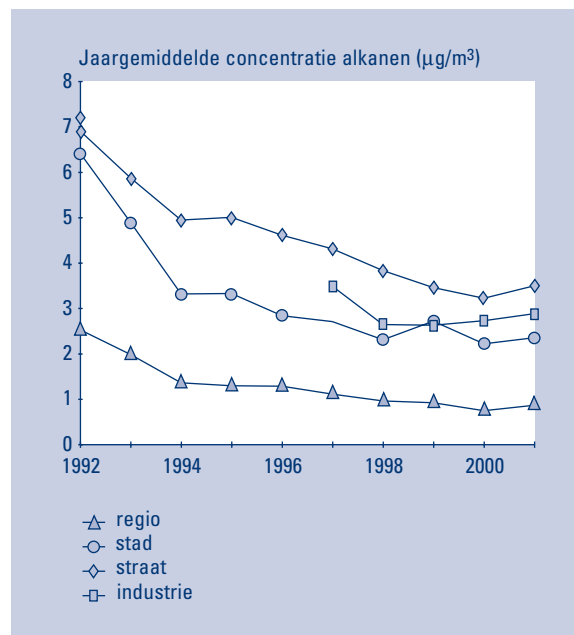
benzeen). Sommige VOS dragen bij aan het broeikas-effect of de aantasting van de ozonlaag (zie hoofdstuk 2).

In het LML worden 47 componenten op negen locaties van het LML gemeten. Het gaat om stoffen in de groepen alkanen, aromaten en gechloroerde alkanen.

Jaargemiddelde concentratie van alkanen

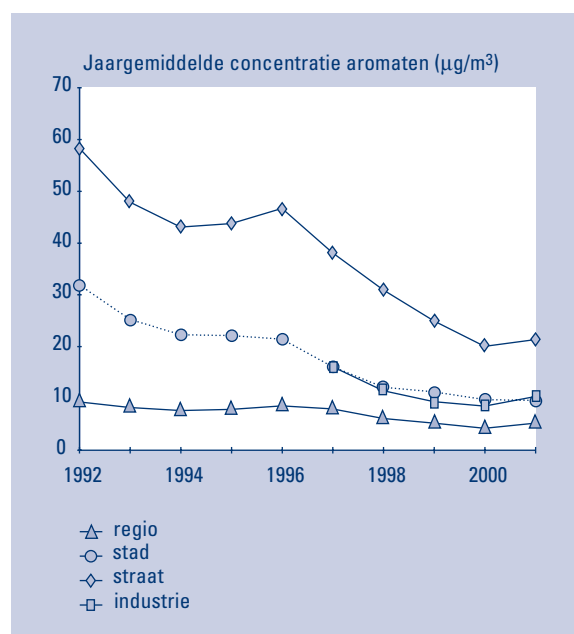
Alkanen zijn ketens van koolstof verzadigd met waterstof, die bij toenemende ketenlengte minder vluchtig worden. Het zijn stoffen die een wat beperkte reactiviteit vertonen en dus minder snel afbreken en daardoor een hogere achtergrondconcentraties kennen. Directe effecten op de volksgezondheid en ecosystemen zijn bij de waargenomen concentraties niet te verwachten, maar ze dragen wel bij aan ozonvorming. T.o.v. de andere componentgroepen is de bijdrage van de industrie naar verhouding vrij groot, en van verkeer wat minder. De concentraties van alkanen zijn in de laatste 10 jaar in de regio en de stad/straat met respectievelijk circa 70 en 60% gedaald.

Opmerking: De weergave van de concentratie in de categorie 'industrie' is slechts gebaseerd op één enkel station. Voor de andere categorieën worden concentraties van verscheidene stations gemiddeld.



Jaargemiddelde concentratie van aromaten

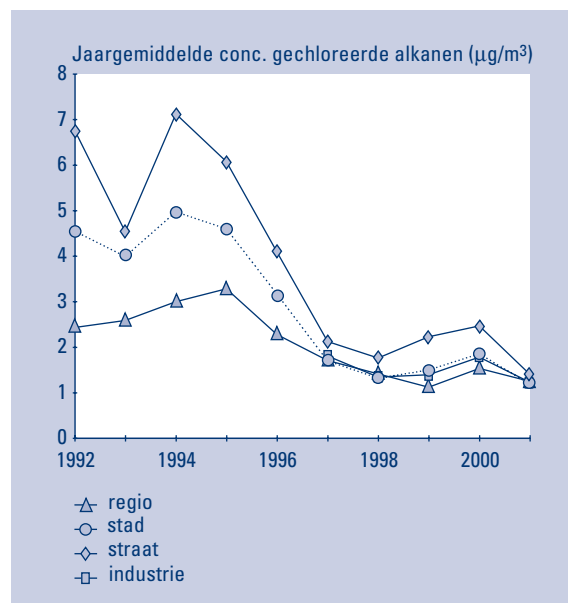
Aromaten zijn verbindingen die een benzeenring bevatten. Hieronder vallen een aantal stoffen die tot nadelige effecten op de gezondheid aanleiding kunnen geven, waarvan benzeen de bekendste is. Van de VOS die binnen het LML worden gemeten, vormen de aromaten de belangrijkste groep. Het aandeel van verkeer in de emissie van deze stoffen is groot, hetgeen tot uitdrukking komt in de vrij sterke verhoging in straten ten opzichte van de stadsachtergrond. Vanaf het midden van de jaren '90 zijn de concentraties sterk gedaald, hoewel in het jaar 2001 (vooral voor de straatstations) weer een lichte verhoging te zien was. De concentraties van aromaten zijn in de laatste 10 jaar in de regio en de stad/straat met respectievelijk circa 50 en 70% gedaald.



Jaargemiddelde concentratie van gechloreerde alkanen

Gechloreerde alkanen zijn alkanen waarbij op één of meerdere plaatsen een waterstofatoom vervangen is door chloor. Door deze substitutie zijn gechloreerde alkanen minder atmosferisch reactief, waardoor zij veel langer in de atmosfeer verblijven en een relatief hoge grootschalige achtergrondconcentratie vertonen. In verband met de aantasting van de ozonlaag is het gebruik van enkele gechloreerde alkanen, zoals methylchloroform en koolstoftetrachloride, sinds enkele jaren verboden.

De concentraties van gechloreerde alkanen zijn in de laatste 10 jaar in de regio en de stad/straat met respectievelijk circa 70 en 90% gedaald. De daling lijkt zich te stabiliseren in de laatste jaren. De verhoging in de stad en straat ten opzichte van de regio is de laatste vijf jaren gering. Dit is in overeenstemming met de steeds lagere emissieramingen door bronnen in de stad en in de straat. De gemeten concentraties in Nederland worden voor een steeds groter gedeelte bepaald door de bijdrage van de grootschalige achtergrondconcentratie.



4 Verzurende en vermestende luchtverontreiniging

In dit hoofdstuk wordt een overzicht gegeven van de belangrijkste indicatoren op het gebied van verzuren- en vermestende stoffen. In de eerste twee paragrafen wordt ingegaan op de depositie van zuur en stik-

stof. Daarna worden de verzurende en vermestende luchtverontreiniging ammoniak, stikstofdioxiden en -oxiden en zwaveldioxide behandeld.

4.1 Depositie van zuur

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 (NO_y resp. NH_x) dragen tevens bij aan de vermesting van natuurlijke ecosystemen. De verzuringsproblematiek is, voor wat betreft het atmosferische gedeelte, nauw gerelateerd aan de problematiek van de vermesting.

Naast de al genoemde indirecte effecten van verzuring kunnen hoge concentraties van zwaveldioxide (SO_2), stikstofoxiden (NO_x), ammoniak (NH_3), ozon (O_3) en hun volgproducten ook directe schade aan vegetatie, materialen en cultuurgoederen veroorzaken.

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 kunnen 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 (orde grootte 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 (RIVM, 2000).

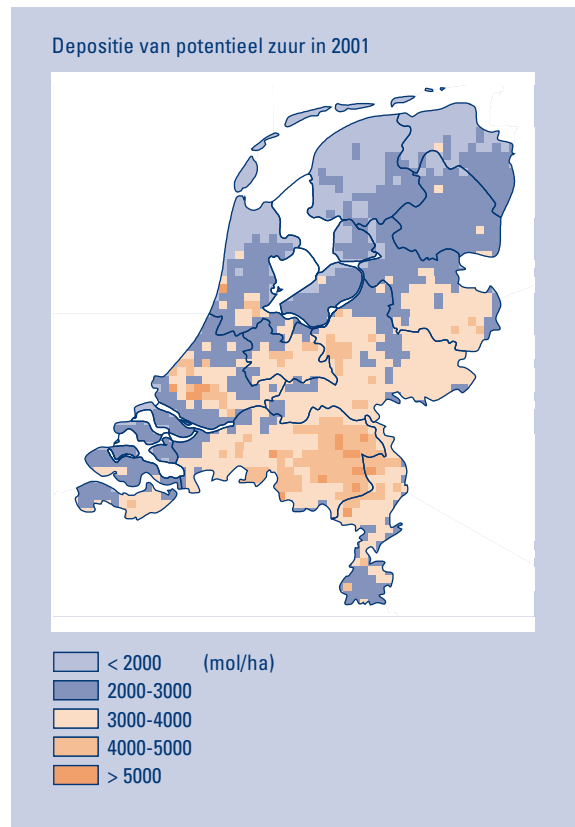
In het Nationaal Milieubeleidsplan 4 (VROM, 2001b) zijn doelstellingen geformuleerd voor de depositie van potentieel zuur en de stikstof. De doelstelling voor de depositie van potentieel zuur is 2150 mol/ha gemiddeld voor ecosystemen in 2010. Dit betekent een volledige bescherming van 20% van het areaal natuur in Nederland. De doelstelling voor de depositie van stikstof is 1550 mol/ha gemiddeld voor ecosystemen in 2010. Dit betekent een volledige bescherming van 30% van het areaal natuur in Nederland.

Ruimtelijke verdeling van de depositie van potentieel zuur

De berekening van de bijdrage van verschillende componenten aan verzuring (en vermesting) gebeurt op basis van een depositiemodel waarbij emissieramingen van de verzurende stoffen als invoer worden gebruikt. De bijdrage van de verzurende componenten wordt gecorrigeerd voor een zuurneutraliserende bijdrage van basische kationen. Hiervoor wordt de natte depositie van calcium als maat voor wordt genomen. De aldus berekende gemiddelde depositie van potentieel zuur was in 2001 2850 mol/ha. Regionaal verschillen de deposities sterk. Vooral in gebieden met intensieve veehouderij, zoals de Peel en de Gelderse Vallei, kunnen deposities voorkomen van meer dan 5000 mol/ha. Deze hoge depositie wordt vooral veroorzaakt door de bijdrage van de hoge ammoniakuitstoot ter plaatse. De hoge emissie van zwaveldioxide en van stikstofoxiden in het Rijnmondgebied is de oorzaak van de hogere depositie in dat gebied.

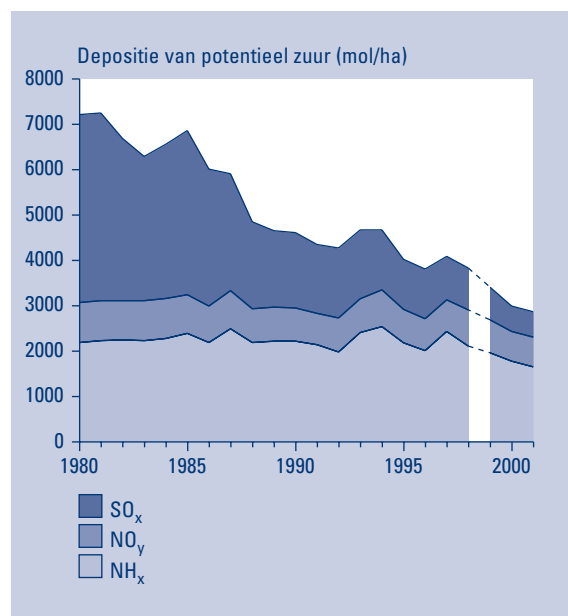
De depositie van potentieel zuur op natuur was in 2001 gemiddeld 2980 mol/ha en ligt daarmee nog ruim 800 mol/ha boven de doelstelling van 2010. Bij het huidige depositieniveau wordt 10% van het natuurareaal volledig beschermd.

Bijlage B tabel 1 geeft een overzicht van de depositie van potentieel zuur per verzuringsgebied en de bijdragen van zwavelverbindingen, geoxideerde en gereduceerde stikstofverbindingen en calcium voor het jaar 2001. Bijlage B tabel 2 geeft een overzicht van deze deposities per provincie en op het aandeel natuur in een provincie.



Ontwikkeling van de depositie van potentieel zuur

De depositie van potentieel zuur is in de periode 1980-2001 met 60% gedaald. De daling is vooral het gevolg van de sterke reductie van de emissie van zwaveldioxide in binnen- en buitenland sinds 1980. Zo bedroeg de reductie in de emissie van zwaveldioxide in Nederland in deze periode 80%. De emissie van stikstofoxiden (NO_x) in Nederland gaf in dezelfde periode een daling van 30% te zien. Deze daling voor een belangrijk deel het gevolg van invoering van de katalysator aan het eind jaren tachtig. De emissie van ammoniak (NH_3) door agrarische bronnen in Nederland is sinds 1980 met 40% gedaald. Emissiebeperkende maatregelen voor ammoniak, zoals verbeterde voersamenstelling, het gebruik van emissiearme stallen, het afdekken van meststilo's en het direct onderwerken van mest bij de aanwending, zorgden voor een daling die vooral de laatste acht jaar optrad. Het relatieve aandeel van de bijdrage van de stikstofverbindingen aan de depositie van potentieel zuur is door de emissie-ontwikkelingen bij de drie verzurende componenten toegenomen van 43 naar 77%.



De bijdragen van de drie verzurende componenten bedragen voor de geoxideerde zwavelverbindingen (SO_x), geoxideerde stikstofverbindingen (NO_y) en gereduceerde stikstofverbindingen (NH_x) 23, 22 respectievelijk 55%. De bijdrage van ammoniak en ammonium aan de actuele verzuring van bosbodems is afhankelijk van bodem- en plantopnameprocessen. De werkelijke bijdrage aan de verzuring is daarom veel lager (zie hiervoor ook paragraaf 4.3).

Noot: de depositie van potentieel zuur is van 1980-1998 berekend met het Dutch Empirical Acid Deposition Model (DEADM). In dit model wordt de depositie afgeleid uit de meetresultaten uit het Landelijk Meetnet Luchtkwaliteit. Alleen voor ammoniak werd gebruik gemaakt van het atmosferisch transport en depositie model OPS (Operationeel Prioritaire Stoffen model). Met ingang van 1999 wordt de depositie van potentieel zuur geheel berekend met het OPS-model.

Bijdragen van buitenland, Noordzee en Nederland

De bijdrage in 2001 van het buitenland (exclusief Noordzee) aan de depositie van potentieel zuur in Nederland was 38%. Emissies op de Noordzee leverden een bijdrage van 6%. Emissies in Nederland droegen 56% bij aan de depositie van potentieel zuur in Nederland. Hiervan komt 37% van ammoniak uit de landbouw.

4.2 Depositie van stikstof

Een overschot aan de voedingstoffen stikstof (N), fosfor (P) en kalium (K) in het milieu wordt aangeduid met vermisting (= eutrofiëring). Ecologische processen raken door vermisting ontregeld.

Gebruiksfuncties van grondwater, oppervlaktewater en bodem verminderen. Voorbeelden van effecten van vermisting zijn: vergrassing van heidevelden; achteruitgang van het aantal plantensoorten die kenmerkend zijn voor voedselarme milieumomstandigheden; overmatige algenbloei in oppervlaktewateren; de stij-

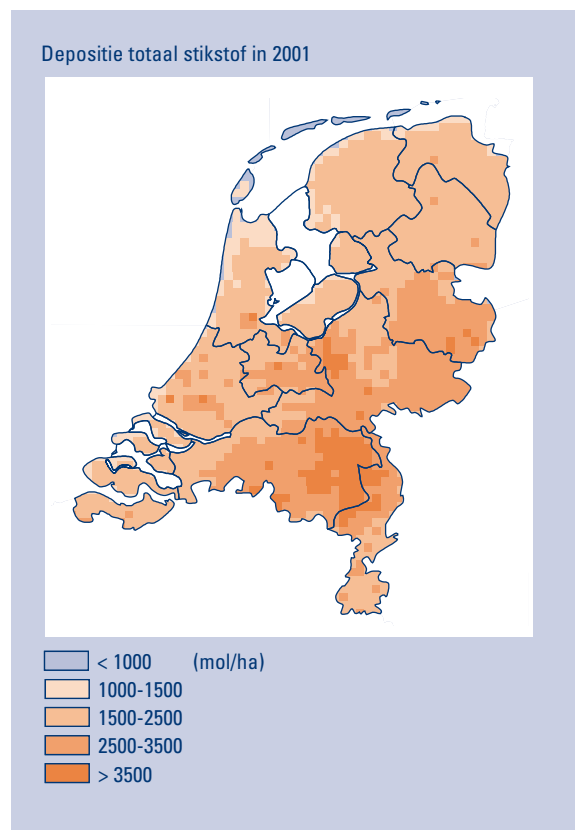
ging van de nitraatconcentratie in het grondwater. Vermisting op landbouwgronden ontstaat door het gebruik van dierlijke mest en kunstmest. In natuurgebieden is de atmosferische depositie van stikstofverbindingen de enige bron van vermisting. De bijdrage van de atmosferische depositie van fosfor en kalium is verwaarloosbaar. Bij de huidige depositieniveaus worden de nadelige effecten van de vermistende (stikstof) depositie groter geacht dan de verzurende effecten.

Ruimtelijke verdeling van de depositie van stikstof

De berekening van de bijdrage van verschillende componenten aan vermisting gebeurt op basis van een depositiemodel waarbij emissieramingen van de vermistende stoffen als invoer worden gebruikt. De landelijk gemiddelde depositie van stikstof bedroeg in het jaar 2001 2300 mol/ha. In gebieden met intensieve veehouderij, zoals De Peel, De Gelderse Vallei en De Achterhoek, komen deposities voor die op kunnen lopen tot meer dan 3500 mol/ha. Dit wordt veroorzaakt door de hoge ammoniakuitstoot ter plaatse. Ammoniak wordt op geringe hoogte geëmitteerd. Het heeft een hoge depositiesnelheid en deponert daarom grotendeels binnen enkele kilometers van de bron. Gebieden dichtbij de bron worden daarom zwaar belast. Veel bossen liggen dicht bij brongebieden van ammoniak. Bossen hebben bovendien een grotere ruwheid waardoor er meer deponert. In sommige regio's kan de depositie op bossen daarom extra verhoogd zijn.

De depositie van stikstof op natuur bedroeg in 2001 gemiddeld 2410 mol/ha en lag daarmee nog meer dan 800 mol boven de doelstelling voor 2010.

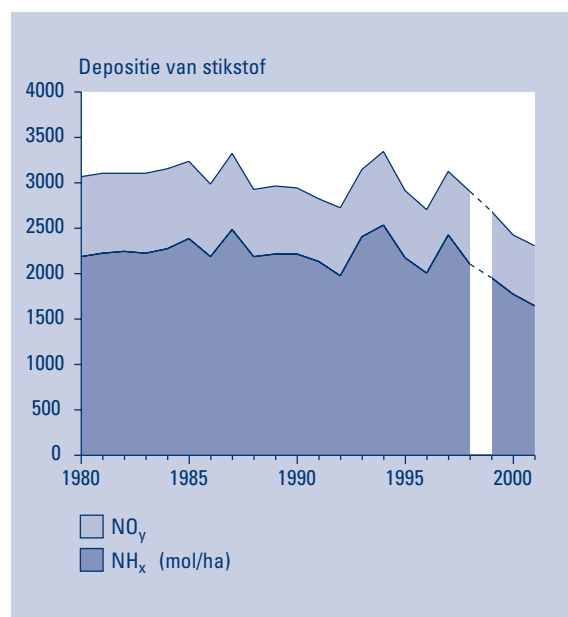
Bijlage B tabel 1 geeft een overzicht van de depositie van stikstof per vermistingsgebied en de bijdragen van geoxideerde en gereduceerde stikstofverbindingen daaraan voor het jaar 2001. Bijlage B tabel 2 geeft een overzicht van deze deposities per provincie en op het aandeel natuur in een provincie.



Ontwikkeling van de depositie van stikstof

De depositie van stikstof lag tot een aantal jaren terug vrijwel onveranderd rond 3000 mol stikstof/ha. De laatste jaren echter is de depositie van stikstof gedaald tot een niveau van gemiddeld 2300 mol/ha. Deze daling is het gevolg van een aantal ontwikkelingen bij de emissie van stikstofoxiden en van ammoniak. De emissies van stikstofoxiden in Nederland zijn in de periode 1980-2001 onder andere gedaald door de invoering van de geregelde drieweg katalysator bij auto's en door maatregelen bij de industrie en de energiesector. De ammoniakemissies zijn voornamelijk gedaald door het afdekken van mestilo's en het direct onderwerken van mest bij aanwending.

Noot: de depositie van totaal stikstof is van 1980-1998 berekend met het Dutch Empirical Acid Deposition Model (DEADM). In dit model wordt de depositie afgeleid uit de meetresultaten uit het Landelijk Meetnet Luchtkwaliteit. Alleen voor ammoniak werd gebruik gemaakt van het atmosferisch transport en depositie model OPS (Operationeel Prioritaire Stoffen model). Met ingang van 1999 wordt de depositie van totaal stikstof geheel berekend met het OPS-model.



Bijdragen van buitenland, Noordzee en Nederland

De bijdrage in 2001 van het buitenland (exclusief Noordzee) aan de depositie van stikstof in Nederland was 32% waarvan ongeveer de helft is in de vorm van geoxideerde stikstofverbindingen. Emissies op de Noordzee leverden een bijdrage van 3%. Emissies in Nederland droegen 65% bij aan de depositie van stikstof in Nederland. Hiervan komt 48% van ammoniak uit de landbouw.

4.3 Ammoniak

Ammoniak (NH_3) is de meest voorkomende basische 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 NH_3 -depositie aan de verzu-

ring 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). Indirecte effecten van verzuring en vermisting zijn in de paragrafen 4.1 en 4.2 genoemd. Naast indirecte effecten zijn er ook directe effecten van ammoniak op planten. Zo kan een verhoogde vorstgevoeligheid optreden bij blootstelling aan zeer hoge NH_3 -concentraties (Van der Eerden, 1992).

Ruimtelijke verdeling van ammoniakconcentraties

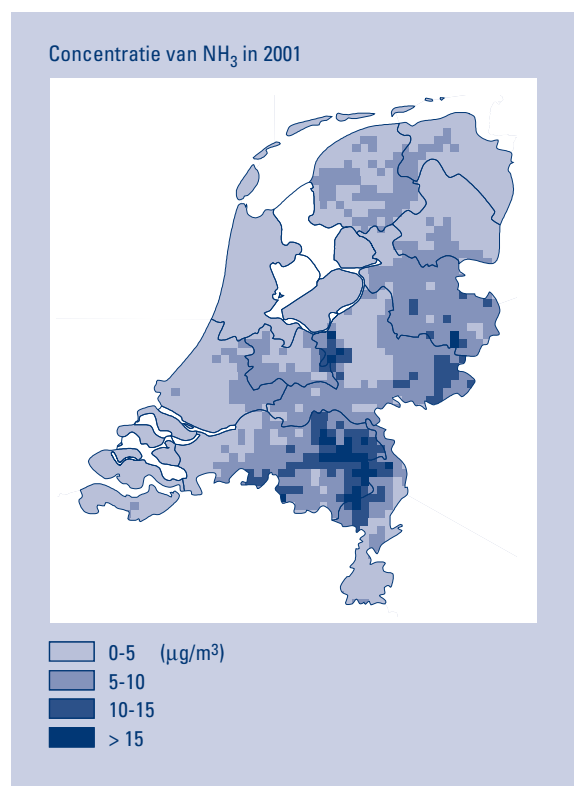
De ruimtelijke verdeling van de (jaargemiddelde) ammoniakconcentraties over Nederland is met een verspreidingsmodel berekend op basis van voorlopige emissieramingen voor 2001. De uitkomsten van het model zijn vergeleken met ammoniakconcentraties zoals die in het Landelijk Meetnet Luchtkwaliteit op acht locaties zijn gemeten. De gemeten concentraties zijn gemiddeld hoger dan de met het model berekende concentraties. De oorzaken van het verschil tussen de gemeten en berekende concentratie worden gezocht in een onderschatting van de emissies of mogelijk onjuiste gekwantificeerde parameters in het model waarmee de concentraties en deposities worden berekend. Nadere onderzoeken naar de oorzaken van het verschil zijn in uitvoering.

De gemeten concentraties worden als uitgangspunt genomen. De berekende concentraties worden geschaald op basis van de metingen. Na deze schaling bedraagt de landelijk gemiddelde ammoniakconcentratie in 2001 $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$. De hoogste concentraties – tot maximaal $24 \mu\text{g}/\text{m}^3$ – worden berekend in en nabij gebieden met hoge emissies. Dit zijn vooral de gebieden met intensieve veehouderij: de Gelderse Vallei, de Peel en de Achterhoek. Het merendeel van het ammoniak wordt op lage hoogte in de atmosfeer gebracht, zoals vanaf weilanden en uit stallen. De verwijdering van ammoniak uit de atmosfeer verloopt snel. De lage emissiehoogte en de snelle verwijdering hebben tot gevolg dat de ammoniakconcentratie op korte afstand van emissiegebieden ook weer snel afneemt.

Ammoniakconcentraties over Nederland vertonen daarom een grote ruimtelijke variabiliteit (Van Jaarsveld *et al.*, 2000).

Bijdragen van buitenland en Nederland

De bijdrage in 2001 van het buitenland aan de ammoniakconcentratie in Nederland was 11%. Emissies in Nederland leverden een bijdrage van 89%.



4.4 Stikstofdioxide en stikstofoxiden

Emissie van stikstofoxiden (NO_x) naar lucht vindt voornamelijk plaats bij verbrandingsprocessen. NO_x bestaat uit een mengsel van stikstofdioxide (NO_2) en stikstofmonoxide (NO). Nadelige effecten bij mens en ecosystemen van met name de fractie NO_2 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 ongewenste vorming van troposferisch ozon (zie hoofdstuk 3) terwijl de depositie van stikstofoxiden en atmosferische volgproducten een aandeel leveren in de verzuring en vermisting van bodem en oppervlaktewater (zie 4.1). Ter beperking van effecten zijn normen vastgesteld voor de concentraties in lucht. Per 19 juli 2001

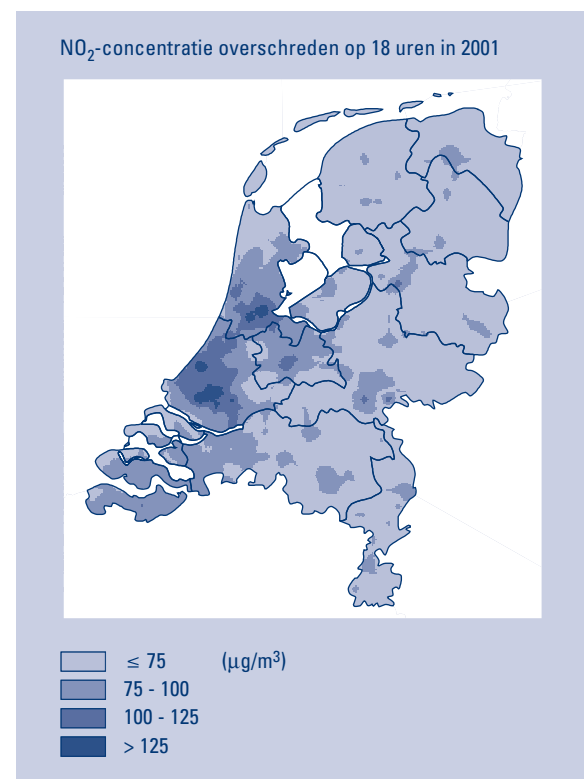
zijn er nieuwe EU-normen opgenomen in de Nederlandse wetgeving met het Besluit luchtkwaliteit (Staatsblad, 2001). Op 1 januari 2010 moet aan de hierin genoemde grenswaarden worden voldaan.

De norm voor de blootstelling van de bevolking aan piekconcentraties van NO_2 is de grenswaarde van $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ voor het uurgemiddelde van NO_2 welke niet vaker dan 18 maal per kalenderjaar mag worden overschreden. De norm voor langdurende blootstelling van de bevolking is de grenswaarde van $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ voor de jaargemiddelde NO_2 -concentratie. Ter bescherming van vegetatie geldt de nieuwe grenswaarde van $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ voor de jaargemiddelde concentratie NO_x .

Ruimtelijke verdeling van de norm voor kortdurende blootstelling

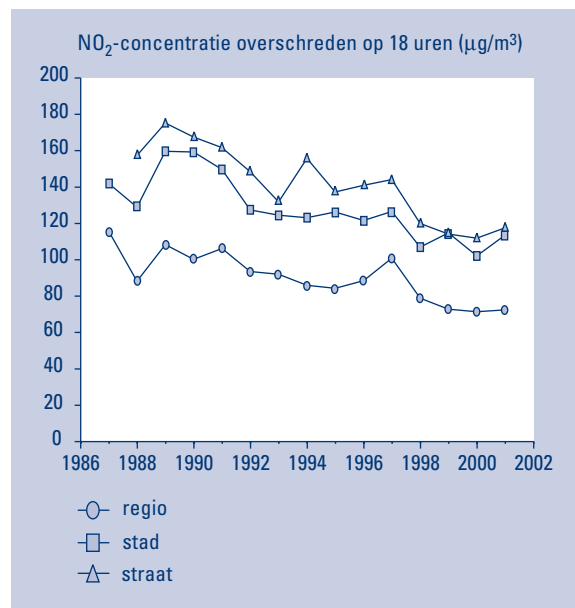
De NO_2 -grenswaarde voor uurwaarden wordt in Nederland niet overschreden. Incidenteel, bijvoorbeeld op drukke verkeerslocaties, worden uurwaarden van $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ bereikt. In 2001 werd op twee straatstations in totaal 3 maal een uurwaarde boven de $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ waargenomen. Om een beschrijving te geven van de piekconcentraties van NO_2 is in nevenstaande kaart de NO_2 -concentratie weergegeven die op 18 uren is overschreden. In 2001 bedroeg het landelijk gemiddeld niveau voor deze maat $71 \mu\text{g}/\text{m}^3$. De hoogste waarden komen voor in de Randstad. In vergelijking met het voorgaande jaar is het landelijk gemiddelde ongeveer gelijk gebleven, maar de spreiding is groter. De hoge uurwaarden in 2001 waren in de Randstad en Zeeland hoger dan in 2000, en zuidoost-Nederland lager. Hoge concentraties worden in belangrijke mate beïnvloed door meteorologische omstandigheden hetgeen tot regionale verschillen kan leiden.

Noot: de weergegeven concentraties zijn ontstaan uit combinatie van resultaten van LML-metingen en het OPS-model (zie bijlage A).



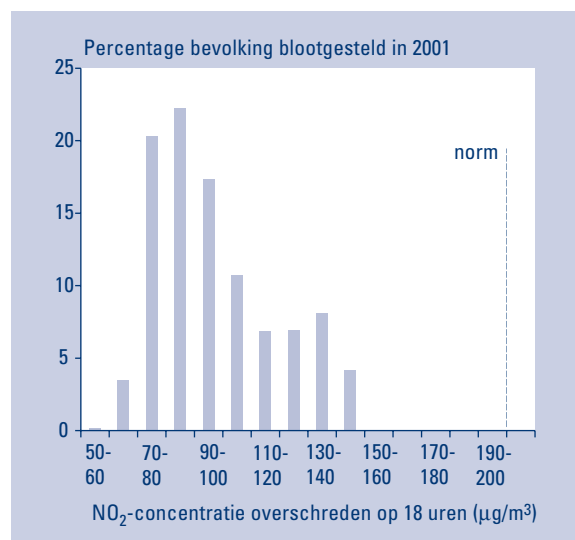
Ontwikkeling van de norm voor kortdurende blootstelling

Uit waarnemingen in het LML blijkt dat in de jaren 1987 tot 1991 en voor het laatst in 1994 de grenswaarde van 200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ gedurende 18 uur of vaker werd overschreden. Het betrof steeds 1 à 2 straatstations. Voor 1987 waren in het LML nog geen straatstations operationeel. Op regionale-, stads- en straatstations in het LML is, gemiddeld over de afgelopen 10 jaar, een dalende trend van circa 2,5 % per jaar waargenomen in de op 18 na hoogste NO_2 -uurwaarde.



Kortdurende blootstelling van de bevolking

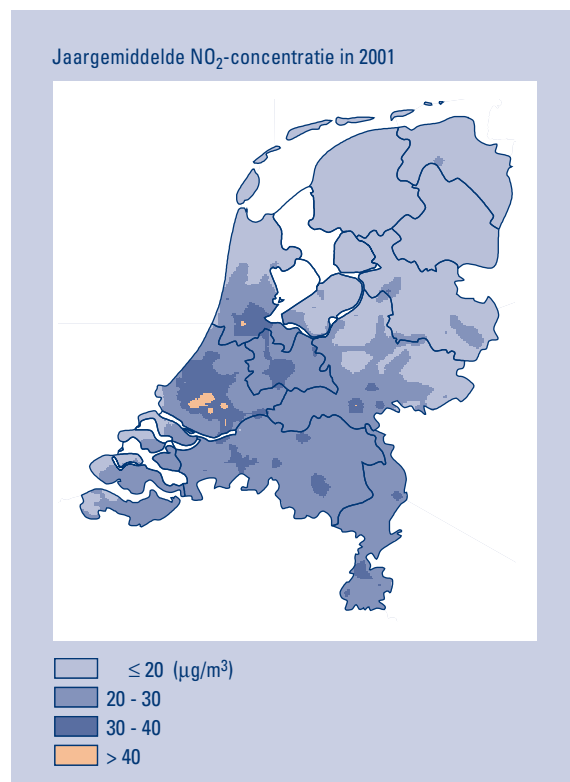
In 2001 zijn geen inwoners meer dan 18 keer blootgesteld aan uurgemiddelde NO_2 -niveaus van 200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Het gemiddelde blootstellingniveau per inwoner, aan de op 18 na hoogste NO_2 -uurwaarde, bedroeg 87 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Dit is circa 5% hoger dan in 2000. Oorzaak hiervan is dat de niveaus in de dichtbevolkte randstad in 2001 hoger waren dan in 2000.



Ruimtelijke verdeling van de jaargemiddelde concentratie NO₂

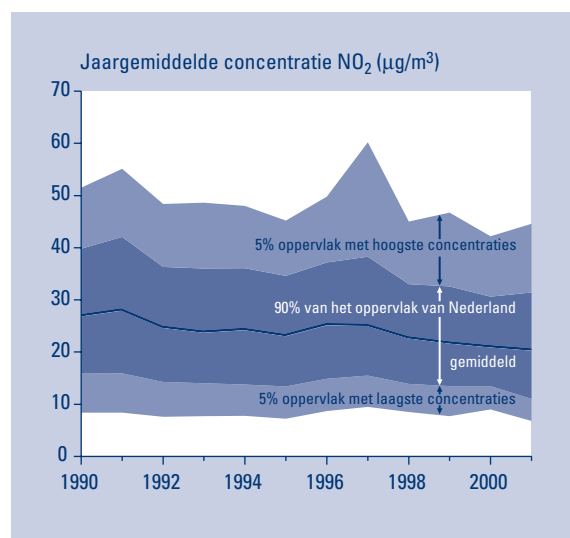
De jaargemiddelde concentratie bedroeg in 2001 gemiddeld voor Nederland 20 µg/m³. De concentraties waren het hoogst in de Randstad en het laagst in het noorden van het land. In vergelijking tot 2000 zijn de concentraties ten zuiden van de grote rivieren iets toegenomen. Lagere concentraties dan in het voorgaande jaar waren vooral te zien in het noorden van het land en de kop van Noord-Holland. Overschrijdingen van de norm van 40 µg/m³ traden op in de stadsachtergrond van enkele grote steden.

Noot: de weergegeven concentraties zijn ontstaan uit combinatie van resultaten van LML-metingen en het OPS-model (zie bijlage A).



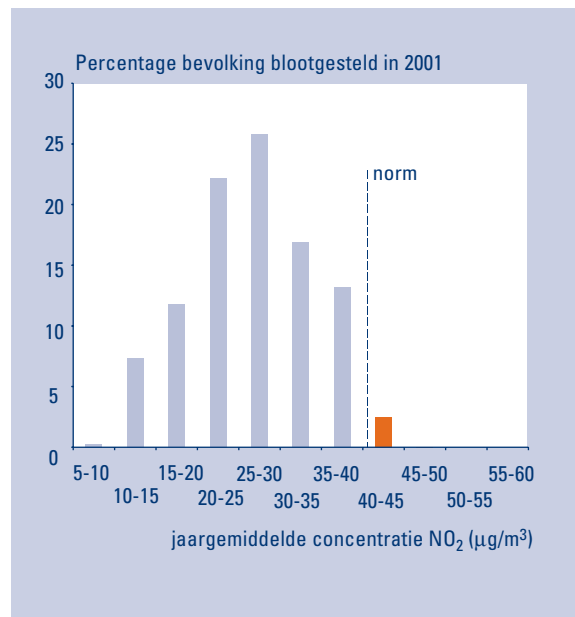
Ontwikkeling van de jaargemiddelde concentratie NO₂

De trend in de jaargemiddelde concentratie van NO₂ in de afgelopen 10 jaar toont, gemiddeld voor Nederland, een daling van 2% per jaar. Verhogingen zoals in 1991, 1996 en 1997 zijn het gevolg van ongunstige meteorologische omstandigheden in die jaren. De bovenste band in de figuur geeft de hoogste NO₂-concentraties in 10 % van het oppervlak van Nederland aan. Het betreft met name stedelijke gebieden.



Langdurende blootstelling van de bevolking aan NO₂

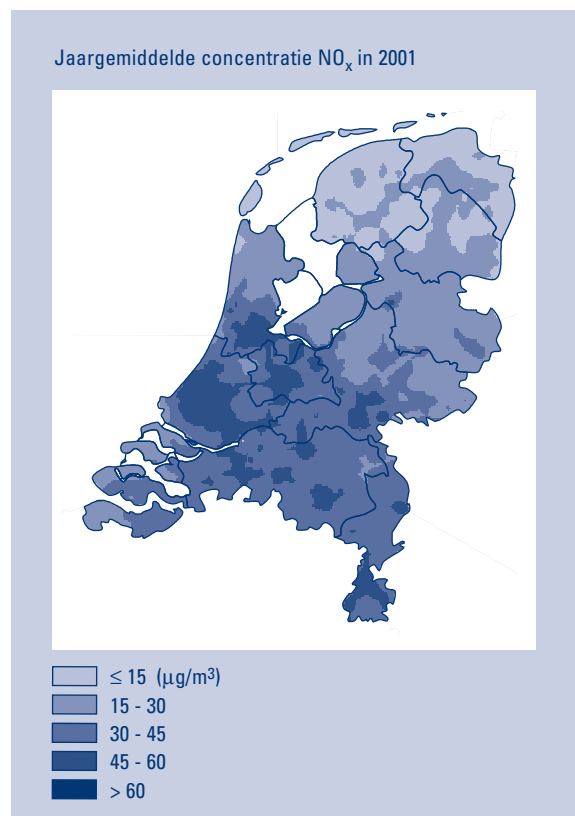
In 2001 werd circa 2,5 % van de Nederlandse bevolking blootgesteld aan een jaargemiddelde stikstofdioxide-concentratie boven de norm van 40 µg/m³. Voor deze bevolkingsgroep lag de concentratie gemiddeld 3,5 % boven de norm. Het betreft voornamelijk een deel van de stadsbevolking in steden in de Randstad.



Ruimtelijke verdeling van de jaargemiddelde concentratie NO_x

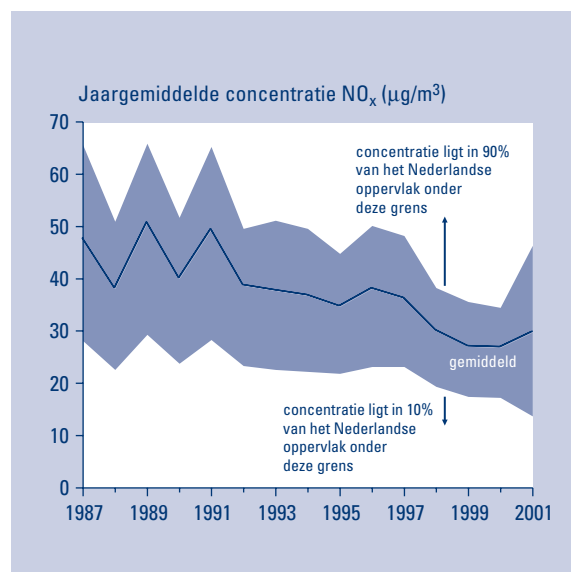
De jaargemiddelde concentratie NO_x gemiddeld voor Nederland in 2001 bedroeg 30 µg/m³. De concentraties waren het hoogst in de Randstad en het laagst in het noordoosten van het land. De concentraties NO_x lagen in 2001 gemiddeld 2 µg/m³ hoger dan in 2000. Daarbij waren de NO_x-concentraties in 2001 in het zuiden van het land hoger dan in 2000, en in noorden lager. Concentraties, hoger dan 30 µg/m³, kwamen in 2001 alleen voor ten zuiden van de lijn Alkmaar-Arnhem.

Noot: de weergegeven concentraties zijn ontstaan uit combinatie van resultaten van LML-metingen en het OPS-model (zie bijlage A).



Ontwikkeling van de jaargemiddelde concentratie NO_x

In de afgelopen 10 jaar is er een significant dalende trend van 3,5 à 4 % per jaar in de landelijk jaargemiddelde concentratie NO_x . Emissiereducerende maatregelen bij het wegverkeer, de energieproductie en de industrie dragen bij aan de afname. De daling in het begin van de jaren '90 is voor een belangrijk deel het gevolg van de invoering van de katalysator in het verkeer. Tijdelijke verhogingen ten opzichte van de trend zoals in de jaren 1991, 1996 en 1997 kunnen worden toegeschreven aan ongunstige meteorologische omstandigheden in die jaren. In 2001 loopt de range van niveaus verder uiteen dan in andere jaren. Vermoedelijk zijn regionale verschillen in meteorologische omstandigheden de oorzaak van deze opvallende toename van de range.



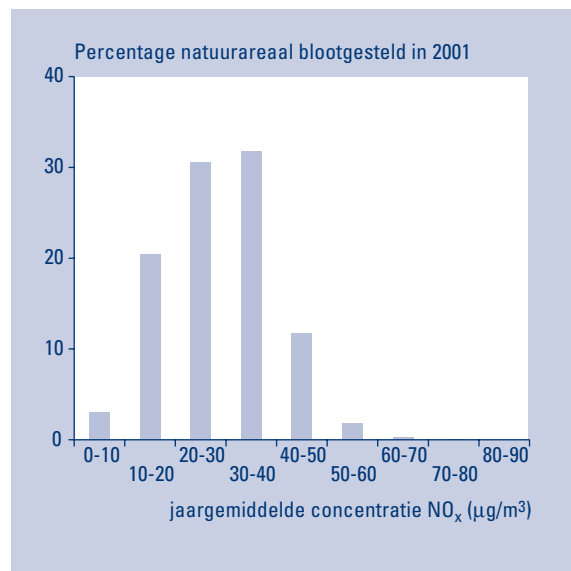
Langdurende blootstelling van ecosystemen

In het Besluit luchtkwaliteit worden specifieke gebieden genoemd waar de grenswaarde voor NO_x van toepassing is. Het betreft enkele gebieden in het noorden van het land. In de betreffende gebieden wordt de grenswaarde niet overschreden.

Van het natuur-areaal in het overig deel van Nederland (natuurkaart, zie bijlage A) werd in 2001 naar schatting 45 % van het totale oppervlak blootgesteld aan NO_x -niveaus boven de norm van $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Bijdragen van buitenland, Noordzee en Nederland

De bijdrage in 2001 van het buitenland (exclusief Noordzee) aan de jaargemiddelde NO_x -concentratie in Nederland was 33%. Emissies op de Noordzee leverden een bijdrage van 7%. Emissies in Nederland droegen 60% aan de NO_x -concentraties in Nederland.



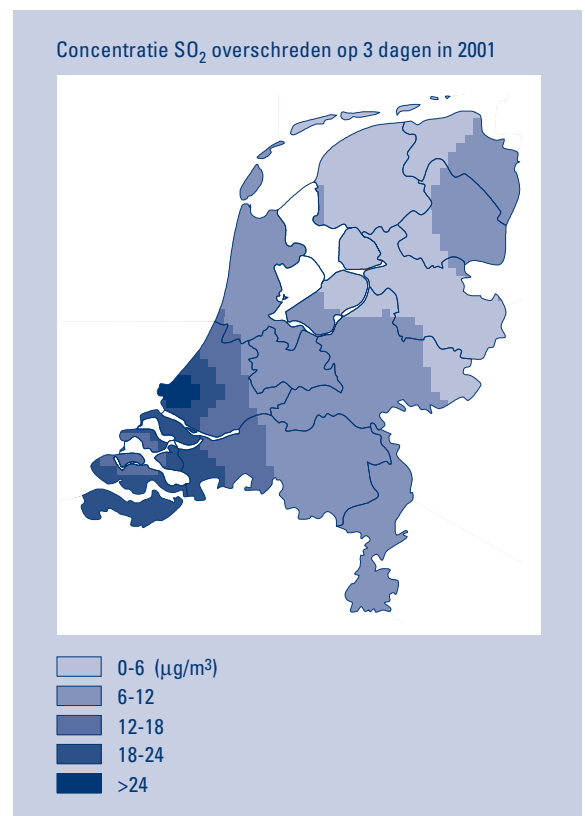
4.5 Zwaveldioxide

Emissie van zwaveldioxide (SO_2) naar de lucht vindt voornamelijk plaats bij gebruik van zwavelhoudende brandstoffen. Hoge concentraties SO_2 hebben negatieve effecten op mens, dier en plant. De atmosferische depositie van zwaveldioxide en atmosferische volproducten 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 SO_2 .

Er zijn twee normen voor de bescherming van de mens tegen de effecten van kortstondige blootstelling aan SO_2 . 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 overschreden. 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.

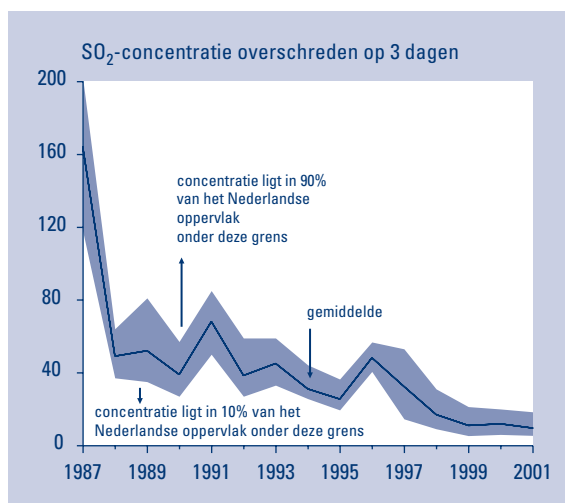
Ruimtelijke verdeling van de norm voor kortdurende blootstelling van de bevolking

De grenswaarden voor de uur- en daggemiddelde SO_2 -concentraties zijn in 2001 niet overschreden. Om een beschrijving te geven van de piekconcentraties van SO_2 is in nevenstaande kaart de SO_2 -concentratie weergegeven die op 3 dagen is overschreden. Het landelijk gemiddelde SO_2 -niveau dat op drie dagen is overschreden bedroeg in 2001 circa $9 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Op individuele meetstations varieerde dit van 4 tot $34 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Het ruimtelijk beeld voor 2001 is gebaseerd op geïnterpoleerde waarnemingen van regionale- en stadstations. Hieruit blijkt dat de SO_2 -concentraties vanuit het zuidwesten naar het noordoosten afnemen. De hoogste niveaus werden in het Rijnmondgebied en in de nabijheid van Nederlandse en Belgische bronnen in Zeeland en Brabant waargenomen.



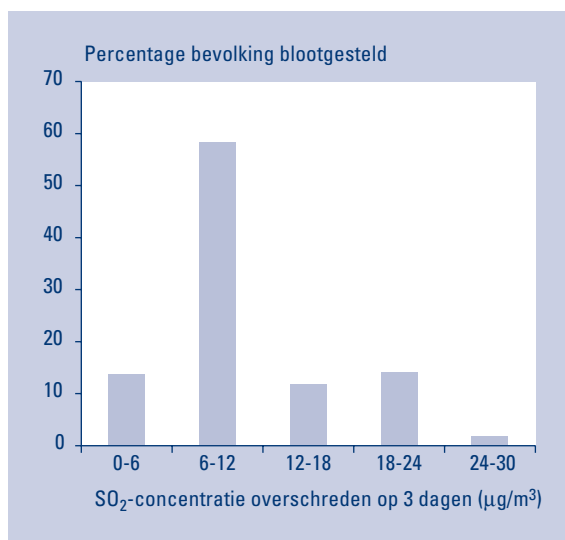
Ontwikkeling van de norm voor kortdurende blootstelling van de bevolking

Door o.a. emissiereducerende maatregelen bij de belangrijkste bronnen van SO₂ (elektriciteitscentrales, raffinaderijen en verkeer) in binnen- en buitenland dalen sinds begin jaren tachtig de piekniveau's van SO₂ (de op drie na hoogste dagwaarde). De voortgaande emissiereducties (bv. invoering zwavelarme diesel, staatsblad, 1999) in Nederland en de ons omringende landen veroorzaken nog steeds, afgezien van de fluctuaties van jaar tot jaar, een dalende tendens in de SO₂-concentraties in Nederland.



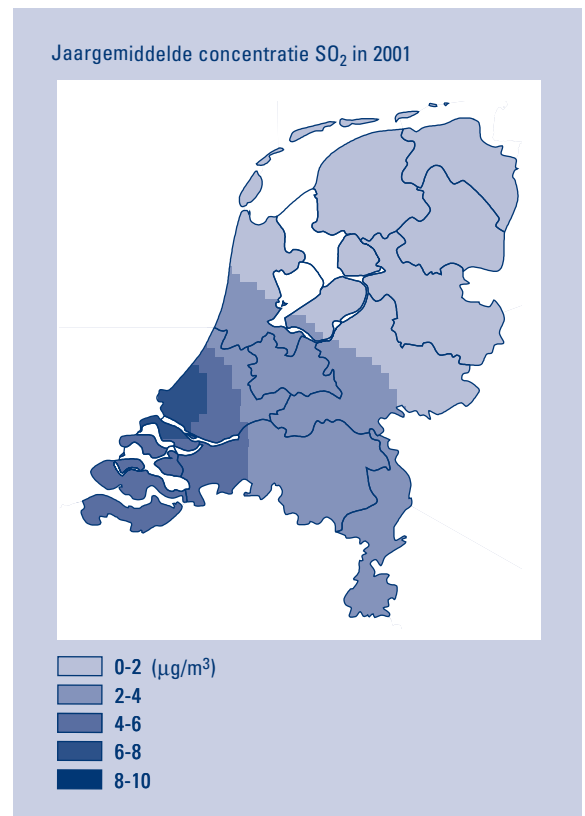
Kortdurende blootstelling van de bevolking

De normen voor kortdurende blootstelling van de bevolking wordt in Nederland op individuele meetstations van het LML al jaren niet meer overschreden. Het gemiddelde SO₂-niveau van de op drie na hoogste dagwaarde in 2001, gewogen met de bevolkingsdichtheid, bedroeg in 2001 circa 11 µg/m³. Dit is hoger dan het landelijk gemiddelde van circa 9 µg/m³, omdat de hogere niveaus relatief vaker optreden in gebieden met hogere bevolkingsdichtheid.



Ruimtelijke verdeling van de jaar- en wintergemiddelde SO₂-concentratie

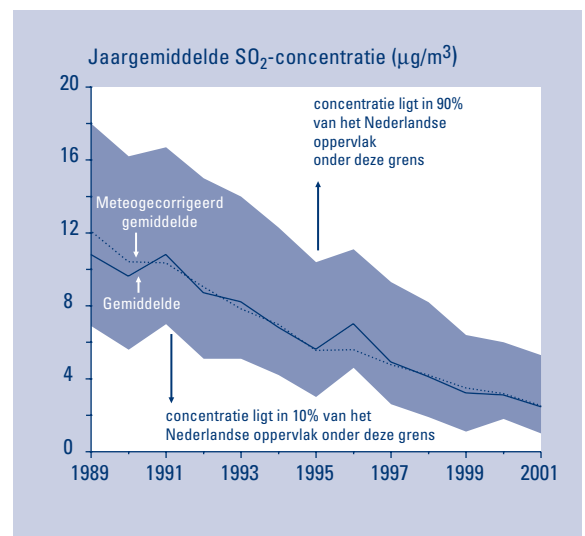
De jaar- en wintergemiddelde SO₂-concentratie bedroeg in 2001 respectievelijk 2,4 en 2,8 µg/m³. Weergegeven is het ruimtelijk beeld voor het jaargemiddelde dat is gebaseerd op geïnterpoleerde waarnemingen van regionale- en stadstations. Het ruimtelijk beeld van het wintergemiddelde komt hiermee overeen. De concentraties in de winter zijn licht verhoogd door een aantal processen die samenhangen met de lagere temperaturen (zie hierna, ontwikkeling van de jaar- en wintergemiddelde SO₂-concentratie). De hoogste niveaus werden in het Rijnmondgebied, Zeeland en in het zuidwesten van Noord-Brabant waargenomen, samenhangend met lokale industrie, scheepvaart en de nabijheid van Belgische bronnen. De nieuwe grenswaarde van 20 µg/m³ voor de jaar- en wintergemiddelde SO₂-concentratie is in 2001 nergens in Nederland overschreden.



Ontwikkeling van de jaar- en wintergemiddelde SO₂-concentratie

De ontwikkeling van de jaargemiddelde SO₂-concentratie laat over de afgelopen 13 jaar een daling zien van ongeveer 6% per jaar. Zoals eerder vermeldt komt dit door het realiseren van emissiereducties in binnen- en buitenland. De wintergemiddelde SO₂-concentraties zijn in dezelfde periode met ongeveer 7% per jaar gedaald.

In de figuur is ook de trend van de jaargemiddelde SO₂-concentratie weergegeven waarbij voor specifieke meteorologische invloeden een correctie is toegepast (zie bijlage A). Zoals genoemd zijn de SO₂-concentraties in de winter licht verhoogd. De concentratie van SO₂ blijkt vooral samen te hangen met de temperatuur. Tijdens strengere winters zijn de concentraties sterker verhoogd. Oorzaken hiervan zijn een verhoogde aanvoer door continentale windrichtingen, hogere emissies door ruimteverwarming, een meer ongunstige atmosferische verspreiding en een lagere depositie van SO₂ wanneer het aardoppervlak met sneeuw is bedekt. Hierdoor zijn de concentraties in 1996 duidelijk verhoogd ten opzichte van de omliggende jaren. Na correctie voor meteorologische invloeden blijkt de SO₂-concentratie een monotone daling te vertonen. De meteorologische omstandigheden hebben geen invloed uitgeoefend op de sterke mate waarin de gemeten concentraties zijn gedaald.

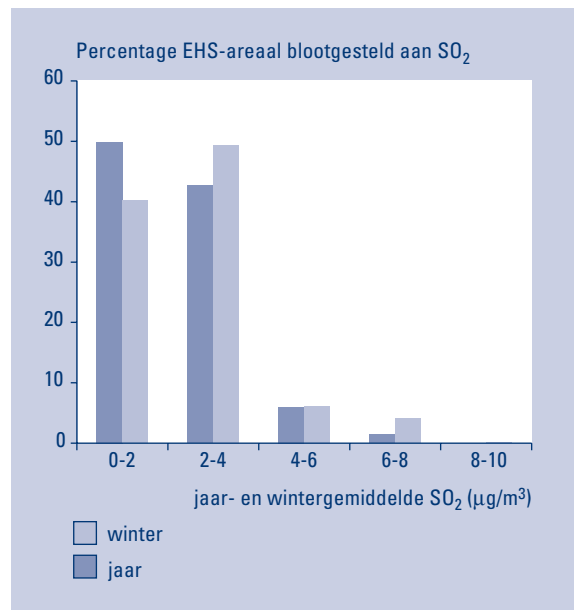


Langdurende blootstelling van natuur aan SO₂

De SO₂-concentraties waaraan de natuur in 2001 en in de winter (2001/2002) was blootgesteld, zijn beduidend lager dan de norm van 20 µg/m³. De voor het natuur-areaal gewogen gemiddelde waarde bedroeg in het 2001 en in de winterperiode respectievelijk 2,2 en 2,6 µg/m³. Circa 90% van het natuur-areaal werd blootgesteld aan niveau's beneden 4 µg/m³.

Bijdragen van buitenland, Noordzee en Nederland

De bijdrage in 2001 van het buitenland (exclusief Noordzee) aan de jaargemiddelde SO₂-concentratie in Nederland was 53%. Emissies op de Noordzee leverden een bijdrage van 18%. Emissies in Nederland droegen 29% aan de SO₂-concentraties in Nederland.



5 Deeltjesvormige luchtverontreiniging

In dit hoofdstuk wordt een overzicht gegeven van de belangrijkste indicatoren op het gebied van deeltjesvormige luchtverontreiniging. In de volgende vier

paragrafen worden achtereenvolgens de componenten PM₁₀, zwarte rook, benzo[a]pyreen en zware metalen besproken.

5.1 Zwevende deeltjes (PM₁₀)

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 PM₁₀ (Buringh *et al.*, 2002). Deze ernstige 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.

PM₁₀ 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 met name ammoniak (NH₃), stikstofoxiden (NO_x), zwaveldioxide (SO₂) en vluchtige organische koolwaterstoffen (VOS) een rol spelen. Het grootste deel van de door mensen veroorzaakte PM₁₀-concentratie 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 PM₁₀ kan sterk wisselend zijn. Voor de gezondheidseffecten kan geen enkele fractie volledig worden uitgesloten, maar sommige fracties (primair aërosol gerelateerd aan verbran-

dingsprocessen) lijken van groter belang te zijn voor gezondheidseffecten dan andere fracties (zeezout, secundaire aërosolen en bodemstof). Ondanks alle onzekerheden is het PM₁₀-bestrijdingsbeleid daarom gericht op kosteneffectieve maatregelen in onder andere de transport- en industriële sector. Het terugdringen van secundaire deeltjes is een gevolg van het verzuringsbeleid.

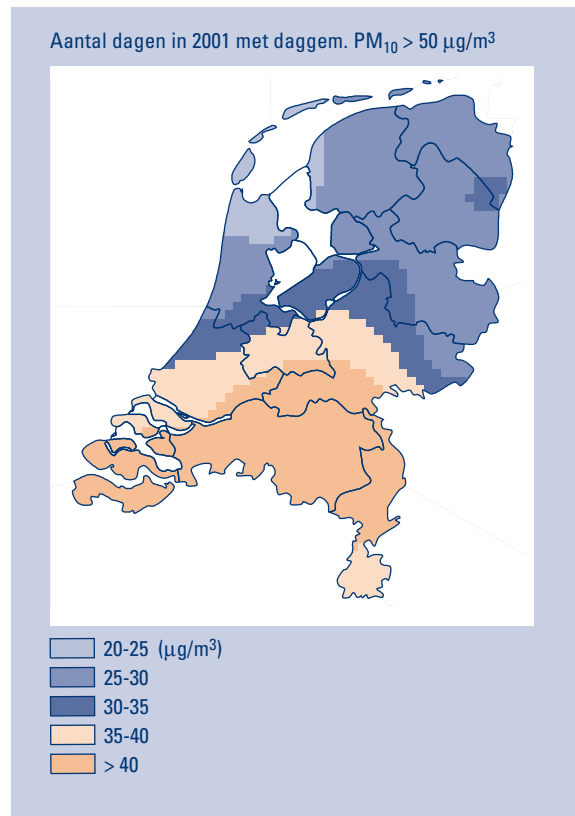
Concentratieberekeningen met verspreidingsmodellen, op basis van bekende door de mens veroorzaakte emissies, leveren ongeveer de helft van de gemeten regionale PM₁₀-concentraties. Met behulp van metingen is gevonden dat de andere fractie voor een groot deel afkomstig is van natuurlijke bronnen, opwerpend straatstof en een grootschalige bijdrage welke niet gemodelleerd worden. Daardoor is een redelijk sluitende balans van de herkomst van PM₁₀ opgesteld (Visser *et al.*, 2001). In het laatste onderdeel van deze paragraaf wordt nader ingegaan op de bronbijdragen aan PM₁₀.

In deze paragraaf worden de normen gehanteerd voor de beschrijving van de blootstelling van de mens aan PM₁₀. 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.

Ruimtelijke verdeling van het aantal dagen met overschrijding van de norm voor kortdurende blootstelling van de bevolking

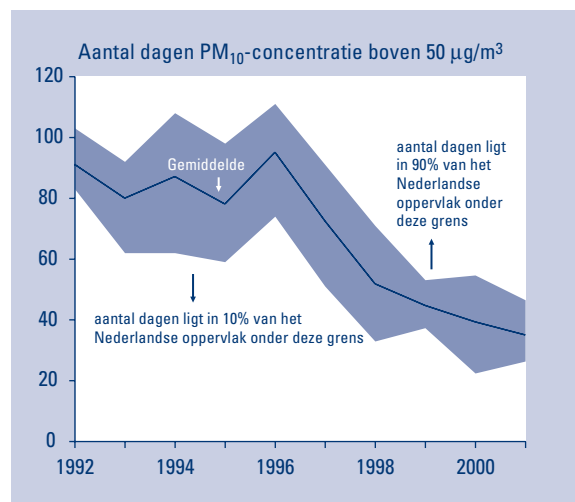
De norm voor de kortdurende blootstelling van de bevolking voor het jaar 2005 is een daggrenswaarde welke niet meer dan 35 keer per jaar mag worden overschreden. Het ruimtelijk beeld van het aantal dagen met daggemiddelde PM_{10} -concentraties boven $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ is gebaseerd op geïnterpoleerde waarnemingen van regionale meetstations. Er is vanuit het noorden naar het zuiden een toenemend aantal dagen met PM_{10} -concentraties boven $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Deze wordt veroorzaakt door de toenemende invloed van bronnen in zowel Nederland als in het omringende buitenland. De grenswaarde van $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ voor het daggemiddelde, wordt in 2001 in de zuidelijke helft van Nederland meer dan 35 dagen overschreden en ligt daarmee boven de norm voor 2005. De waarde van $70 \mu\text{g}/\text{m}^3$ voor het daggemiddelde (grenswaarde verhoogd met overschrijdingsmarge voor 2001), wordt in 2001 op maximaal 20 dagen (Biest-Houtakker) overschreden.



Ontwikkeling van het aantal dagen met overschrijding van de norm voor kortdurende blootstelling van de bevolking

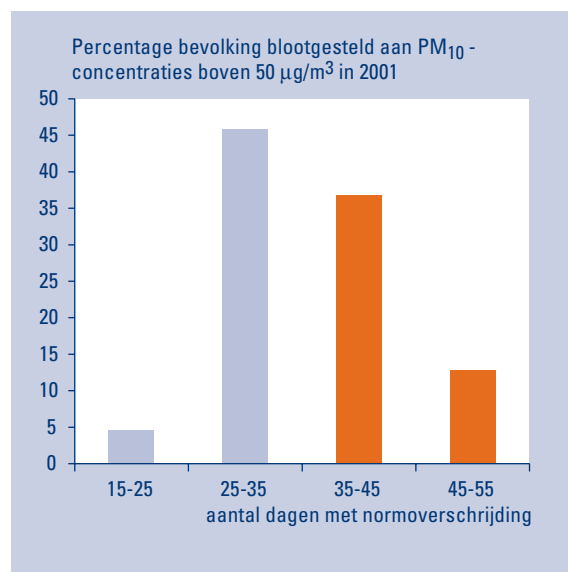
Het aantal dagen met een normoverschrijding van de grenswaarde van $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ neemt sinds medio jaren '90 significant af. De emissiereducties van verzurende stoffen en primair PM_{10} in binnen- en buitenland zijn hiervan de oorzaak.

Noot: Van 1992 zijn maar van een deel van het jaar meetwaarden beschikbaar.



Kortdurende blootstelling van de bevolking

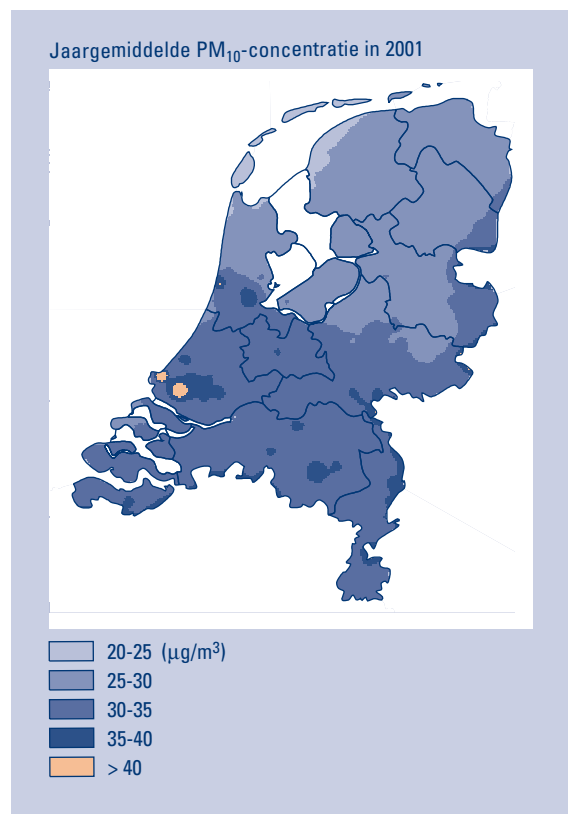
In 2001 is de bevolking in Nederland blootgesteld geweest aan gemiddeld 36 dagen met daggemiddelde PM_{10} -concentraties boven $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Circa 50% van de bevolking is blootgesteld aan meer dan 35 dagen met daggemiddelde PM_{10} -concentraties boven de $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Het aantal dagen met overschrijdingen van de norm op individuele regionale meetstations uit het LML varieerde voor 2001 van 17 tot 66 dagen. Landelijk gemiddeld werd op deze dagen in 2001 de norm met ongeveer $18 \mu\text{g}/\text{m}^3$ overschreden.



Ruimtelijke verdeling van de jaargemiddelde concentratie PM_{10}

De norm voor langdurige blootstelling van de bevolking is $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ voor het jaargemiddelde. In 2001 bedroeg de jaargemiddelde PM_{10} -concentratie, gemiddeld over Nederland, $31 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Het ruimtelijk beeld is gebaseerd op metingen waarbij met rekenmodellen verkregen kennis over ruimtelijke patronen is gebruikt ter interpolatie van de metingen. De concentratie neemt vanuit het noorden naar het zuiden toe door de toenemende invloed van bronnen in Nederland en het omliggende buitenland.

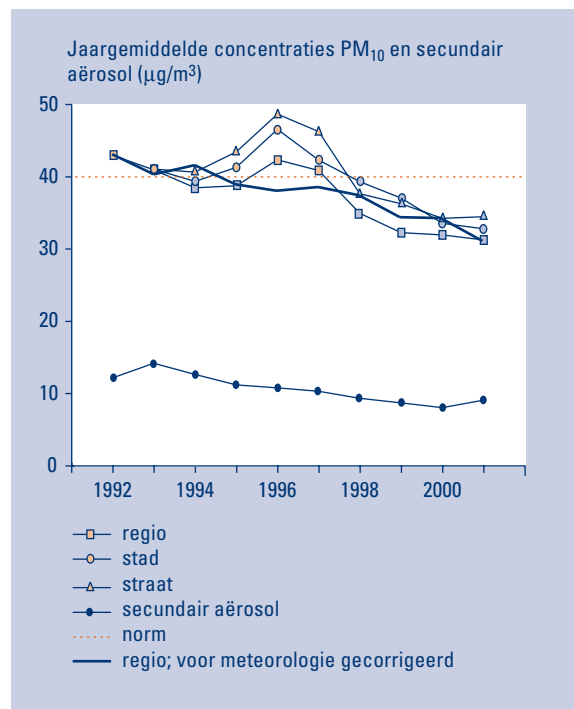
De grenswaarde van $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ voor de jaargemiddelde concentratie PM_{10} wordt nog in een beperkt aantal stedelijke gebieden in Nederland licht overschreden met concentraties tot $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Deze overschrijdingen worden ook gemeten op 2 stations van het DCMR-meetnet (zie bijlage D).



Ontwikkeling van de jaargemiddelde concentratie PM_{10}

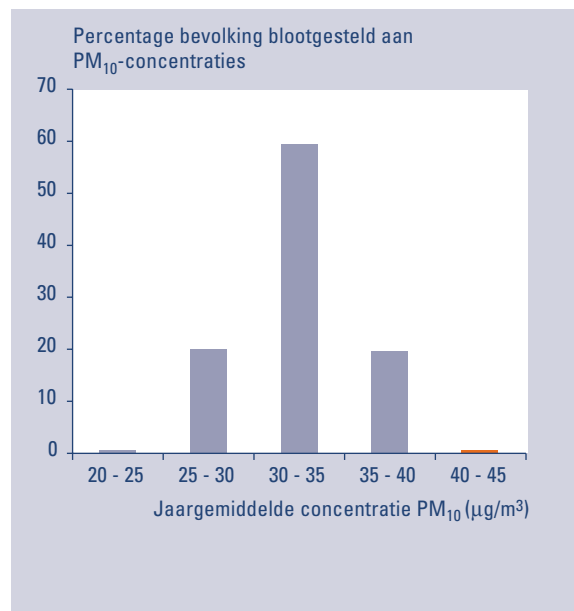
Over de periode 1993 tot en met 2001 dalen de jaargemiddelde PM_{10} -concentraties op 6 van de regionale stations significant¹⁾. Van de stadsstations daalt de concentratie op één locatie significant en van de straatstations op twee meetpunten. Landelijk gemiddeld, op basis van alle regionale stations, is er een significant dalende concentratie. Behalve door ontwikkelingen in emissies worden de PM_{10} -concentraties tevens door de meteorologische condities bepaald die van jaar tot jaar verschillen. Zo hebben de ongunstige verspreidingscondities tijdens relatief strenge winters van 1996 en 1997 in dat jaar bijgedragen aan een hogere jaargemiddelde concentratie. Het voor meteorologische invloeden gecorrigeerde concentratieverloop vertoont in 1996 en 1997 geen maxima. Over de hele periode laat de gecorrigeerde curve een soortgelijke concentratiedaling zien dan de actuele gegevens. De trend is significant neerwaarts. Ook de concentraties van secundair aërosol (ammoniumnitraat en ammoniumsulfaat), een belangrijk bestanddeel van PM_{10} , dalen. Deze daling is toe te schrijven aan maatregelen tegen verzuring in heel Europa.

1) Het jaar 1992 is buiten deze statistische analyse gelaten omdat er in dat jaar minder meetpunten zijn met over het gehele jaar meetdata.



Langdurende blootstelling van de bevolking aan PM_{10}

In 2001 is circa 1 % van de bevolking blootgesteld aan jaargemiddelde concentraties van PM_{10} die net boven de norm van $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ lagen. De met de bevolkingsdichtheid gewogen gemiddelde PM_{10} -concentratie bedroeg over 2001, $33 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Dit is hoger als het landelijk gemiddelde van $31 \mu\text{g}/\text{m}^3$ omdat de hogere niveaus relatief vaker optreden in gebieden met een hoge bevolkingsdichtheid.



Bronbijdragen aan de gemiddelde concentratie PM₁₀

PM₁₀ heeft een lange levensduur in de lucht waardoor de bijdrage van het buitenland aan concentraties in Nederland groot is. Modelberekeningen geven aan dat de buitenlandse bijdrage van primair en secundair PM₁₀ aan de PM₁₀-concentraties in Nederland sinds het begin van de jaren '80 ongeveer 65-70% bedraagt.

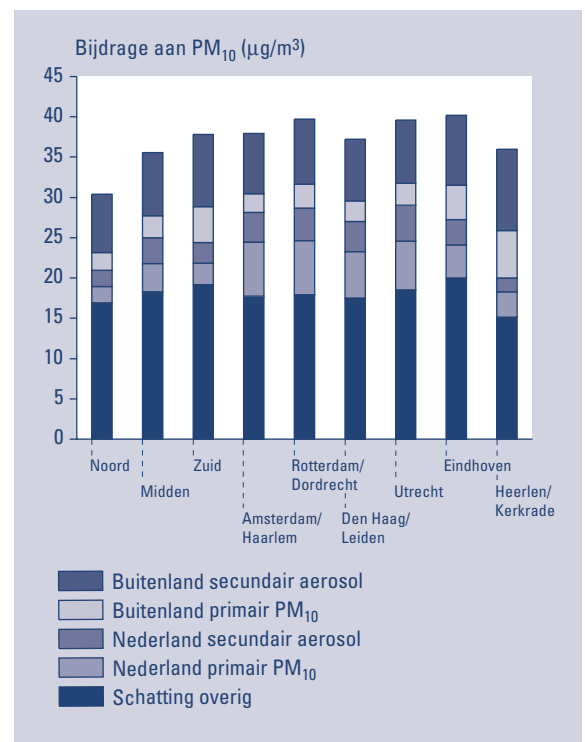
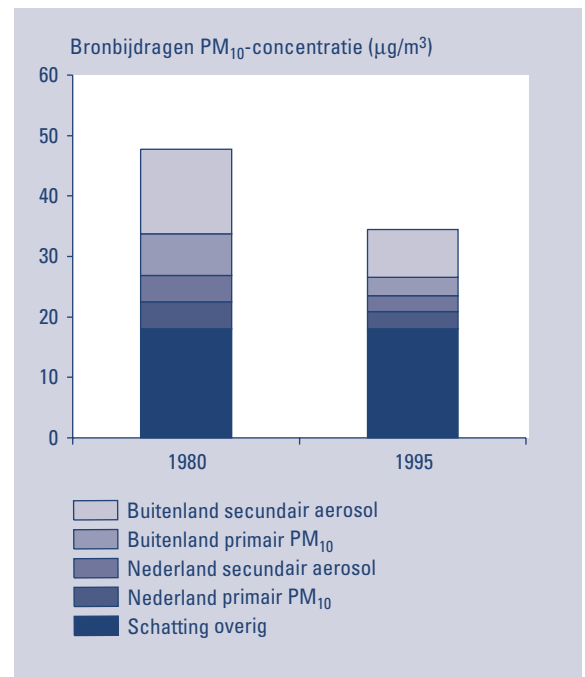
Tussen 1980 en 1995 zijn de concentraties van PM₁₀ in Nederland fors gedaald. Modelberekeningen geven aan dat de concentratiedaling voor circa 60% is toe te schrijven aan het gunstige effect van het verzuringsbeleid in geheel Europa op de secundair PM₁₀-concentraties. Verder hebben reducties van primaire PM₁₀-emissies bij puntbronnen in de energie- en industriector, en bij afvalverbranding en wegverkeer bijgedragen aan de concentratiedaling.

Door de verschillende reducties in de diverse sectoren is het aandeel van aan verbrandingsprocessen gerelateerde zwevende deeltjes relatief belangrijker geworden. Omdat de PM₁₀-fractie die de gezondheidseffecten veroorzaakt nog onbekend is, is het onduidelijk of de concentratiedaling leidt tot vermindering van de gezondheidseffecten.

Naast het gemodelleerde deel van PM₁₀ is er een bijdrage van onder andere zeezout (4-7 µg/m³), opwerpend bodemstof (3-7 µg/m³) en een grootschalige bijdrage van het Noordelijk halfrond (1 µg/m³).

Regionale verschillen in de samenstelling van PM₁₀

De samenstelling van het gemodelleerde PM₁₀ verschilt aanzienlijk in zones en agglomeraties. Vooral in dicht bevolkte stedelijke gebieden is de bijdrage van Nederlandse bronnen van primair en secundair PM₁₀ herkenbaar. De bijdrage van het buitenland is in zone zuid en agglomeratie Heerlen/Kerkrade het grootst.



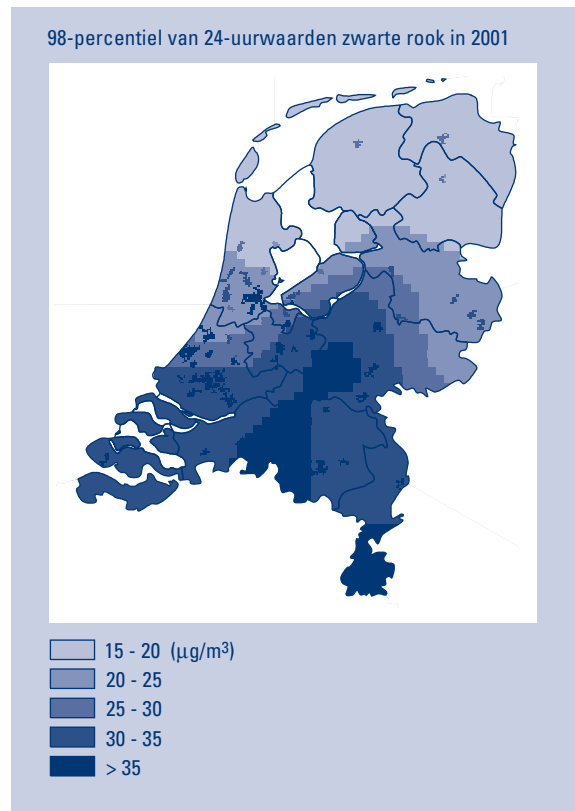
5.2 Zwarte rook

De zwarte-rook-methode levert een empirische maat voor het deel van het primair aërosol dat als een zwarte substantie op een filter wordt waargenomen. Emissie van deze deeltjes, met name roet, vindt voornamelijk plaats door wegverkeer en industrie tijdens onvolledig verlopende verbrandingsprocessen. Aan de roetdeeltjes, grotendeels bestaande uit elementair koolstof (EC), kunnen andere stoffen, waaronder polycyclische aromatische koolwaterstoffen, zijn geadsorbeerd. Hoge concentraties zwarte rook hebben nadelige effecten op de gezondheid. Ter bescherming van de

bevolking tegen de effecten zijn grenswaarden gesteld aan de concentraties van zwarte rook in de lucht (Staatsblad, 1997c). De grenswaarden voor het 98-percentiel ($90 \mu\text{g}/\text{m}^3$) en het 50-percentiel ($30 \mu\text{g}/\text{m}^3$) worden gehanteerd als norm voor kortstondige respectievelijk langdurige blootstelling. In het huidige Besluit Luchtkwaliteit (Staatsblad, 2001) worden zwevende deeltjes door middel van PM_{10} gekarakteriseerd. Bij de inwerkingtreding van dit besluit op 19 juli 2001 zijn de normen voor zwarte rook ingetrokken.

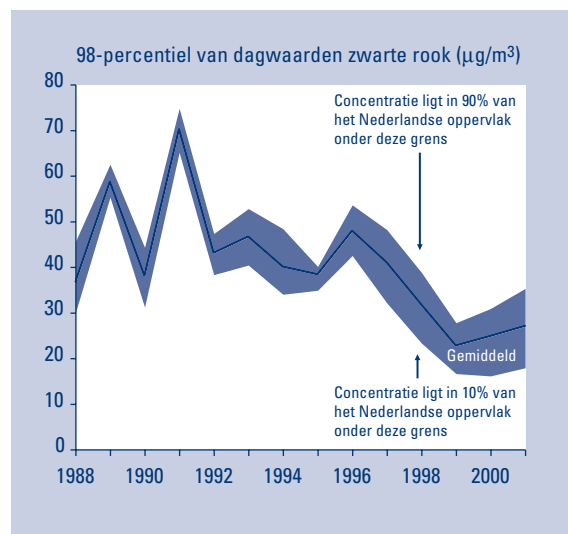
Ruimtelijke verdeling van het 98-percentiel van zwarte rook

Het 98-percentiel zwarte rook bedroeg in 2001, gemiddeld over Nederland, $27 \mu\text{g}/\text{m}^3$. De hoogste waarden kwamen voor in midden-Brabant en Zuid-Limburg ($36 \mu\text{g}/\text{m}^3$), de laagste in het noorden van het land ($17 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Overschrijding van de voormalige grenswaarde voor het 98-percentiel van zwarte rook ($90 \mu\text{g}/\text{m}^3$) is in 2001 niet waargenomen.



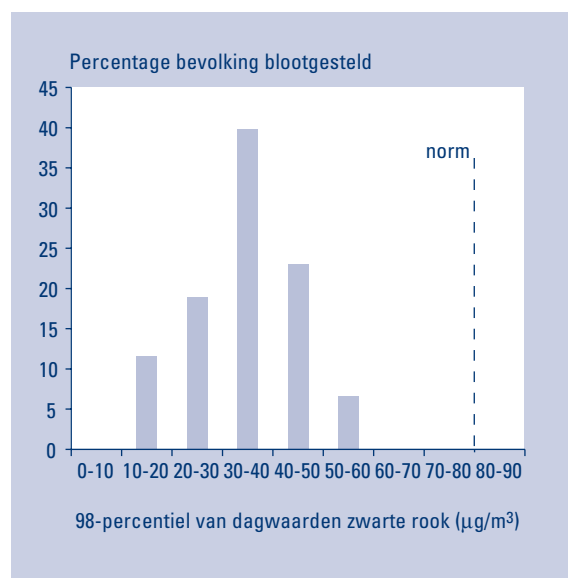
Ontwikkeling van het 98-percentiel van zwarte rook

In de afgelopen 10 jaar daalde het 98-percentiel niveau van zwarte rook significant met circa 5% per jaar. Van jaar tot jaar wisselende meteorologische omstandigheden kunnen een grote variatie in de 98-percentielwaarde veroorzaken, zoals vooral blijkt uit de periode 1988-1992. De hoge concentraties in 1989 en 1991 werden veroorzaakt door een relatief hoog aantal dagen met aanvoer van lucht uit het buitenland met een hoge voorbelasting.



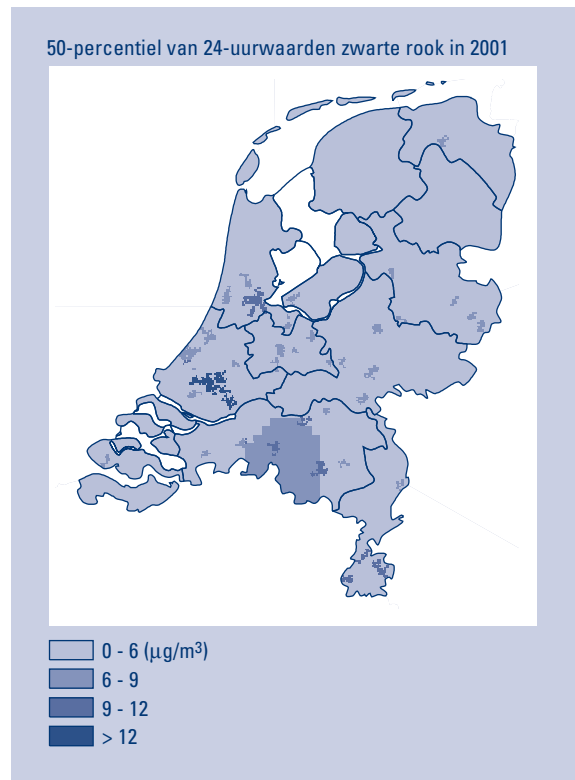
Kortdurende blootstelling van de bevolking aan zwarte rook

De blootstelling voor het merendeel (circa 95%) van de bevolking lag in 2001 tussen de 15 en 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. De hoogste blootstellingsniveaus van 80 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ lagen onder de grenswaarde voor kortstondige blootstelling (90 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ voor 98-percentielwaarde).



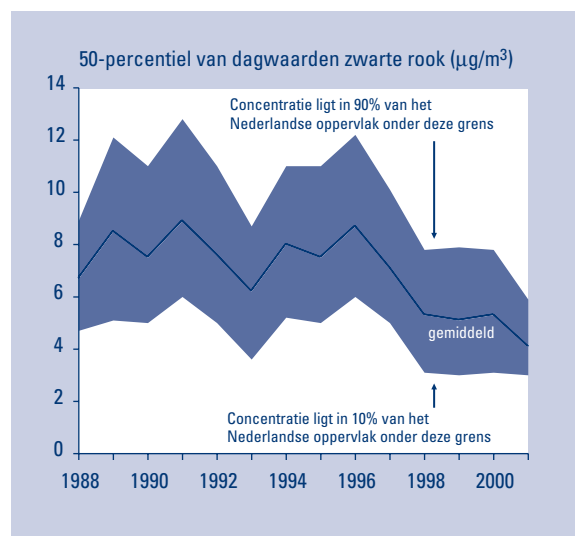
Ruimtelijke verdeling van het 50-percentiel van zwarte rook

De 50-percentielwaarde voor zwarte rook bedroeg in 2001 voor Nederland gemiddeld ruim $4 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Steden, waar de dichtheid van bronnen van zwarte rook hoger is, zijn in de kaart zichtbaar als lokale verhogingen. Buiten de steden werden de hoogste waarden in het zuidoosten van het land aangetroffen (circa $6 \mu\text{g}/\text{m}^3$), de laagste in het noorden van het land ($3 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Overschrijding van de norm voor de 50-percentielwaarde voor zwarte rook ($30 \mu\text{g}/\text{m}^3$) is in 2001 niet waargenomen.



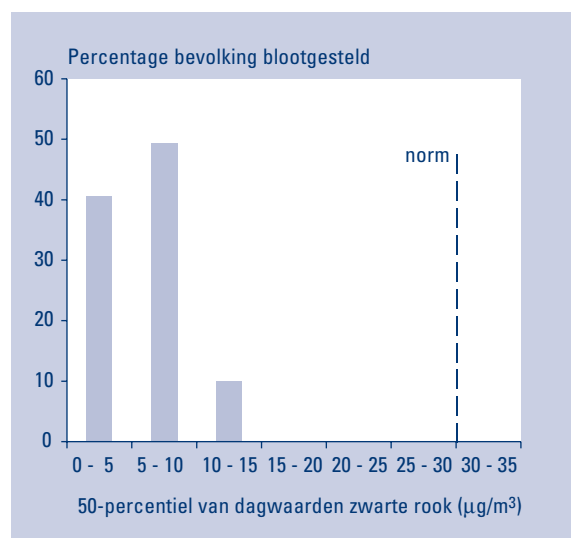
Ontwikkeling van het 50-percentiel van zwarte rook

Het ruimtelijk gemiddelde van het 50-percentiel niveau van zwarte rook fluctueert, evenals het 98-percentiel, van jaar tot jaar als gevolg van meteorologische factoren. Het 50-percentiel niveau voor zwarte rook wordt minder beïnvloed door incidentele dagen met aanvoer uit het buitenland dan de 98-percentielwaarde. In de afgelopen 10 jaar daalde het 50-percentiel niveau van zwarte rook significant met circa 2% per jaar.



Langdurende blootstelling van de bevolking aan zwarte rook

Voor vrijwel de gehele bevolking lagen de niveaus voor langdurige blootstelling in 2001 lager dan $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$. De hoogste blootstellingniveaus, langs drukke verkeersstraten, lagen rond $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$.



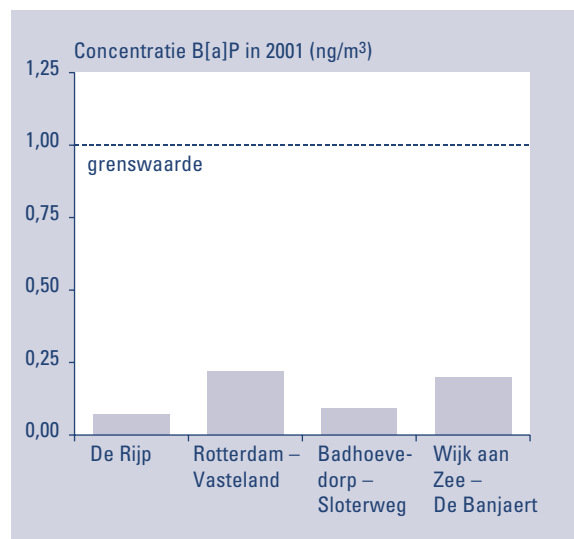
5.3 Benzo[a]pyreen

Polycyclische aromatische koolwaterstoffen (PAK) vormen een groep van enige honderden organische verbindingen 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 compo-

nenten 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 B[a]P-concentratie en wordt hier gehanteerd als norm voor langdurige blootstelling.

Jaargemiddelde concentraties benzo[a]pyreen in 2001

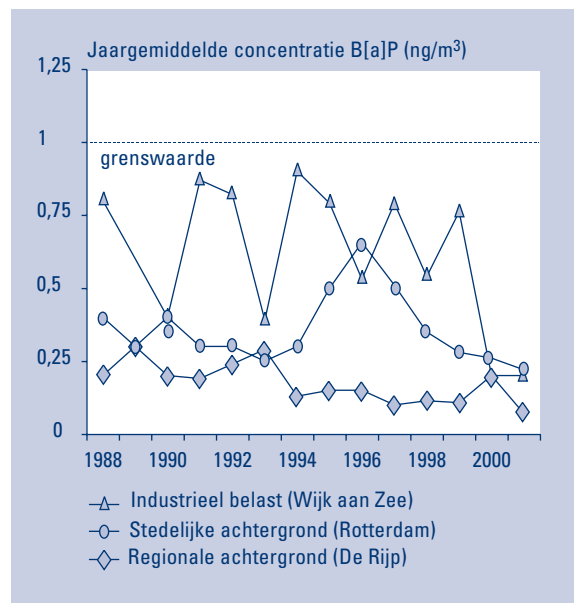
In 2001 werden in Nederland op vier locaties in het westen van het land de concentraties van PAK gemeten door de provincie Noord-Holland en DCMR. In 2001 waren de jaargemiddelde concentraties BAP ongeveer gelijk aan 2000. Uit berekeningen volgt dat op beperkte schaal langs verkeerswegen wel overschrijdingen voorkwamen (zie paragraaf 6.1).



Ontwikkeling van de jaargemiddelde concentratie benzo[a]pyreen

Op drie van de vier in 2001 nog operationele meetpunten in Nederland worden al over een langere reeks van jaren metingen uitgevoerd: De Rijk (regionale achtergrond), Wijk aan Zee (industrieel belast) en Rotterdam (stadsachtergrond).

Gedurende de jaren '90 lagen de jaargemiddelde concentraties op deze meetlocaties steeds onder de norm. Over de afgelopen 10 jaar is een dalende trend waarneembaar op de industriële locatie. Op de andere locaties wordt geen significante daling waargenomen.



5.4 Zware metalen

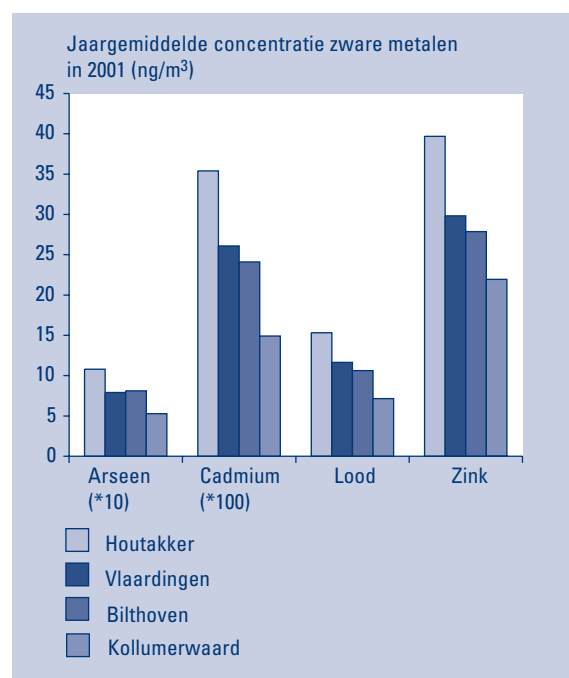
Vooral verkeer en industrie emitteren zware metalen naar de lucht. Verder komen zware metalen vrij bij verbrandingsprocessen bij raffinaderijen en afvalverwijdering. De metalen komen hoofdzakelijk voor in de vorm van aërosolen (m.u.v. kwik). Depositie van zware metalen draagt bij aan de belasting van 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 (grenswaarde jaargemiddelde concentratie is 500 ng/m³). 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. Ter bescherming van ecosystemen bestaat er een streefwaarde voor de depositie van cadmium van 1 g/ha/jr.

Jaargemiddelde concentraties zware metalen in 2001

In Nederland worden op vier locaties metaalconcentraties in lucht gemeten: Houtakker (Noord-Brabant), Vlaardingen (Zuid-Holland), Bilthoven (Utrecht) en Kollumerwaard (Groningen). In het algemeen is er een gradiënt met afnemende concentraties van zuid naar noord. Overschrijdingen van grenswaarden of een MTR heeft in 2001 niet plaatsgevonden. De concentratie van lood ligt wel nog boven de streefwaarde van het verwaarloosbaar risiconiveau.

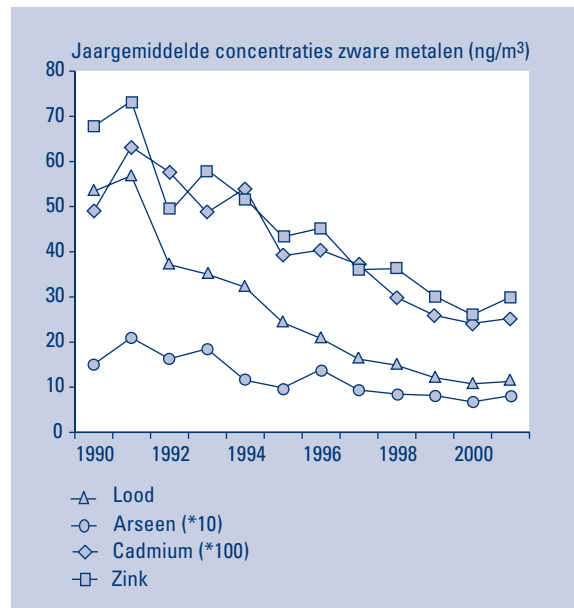
Noot: voor de presentatie in één figuur zijn de arseen- en cadmium-concentraties vermenigvuldigd met 10 resp. 100.



Ontwikkeling van de jaargemiddelde concentratie lood, zink, cadmium en arseen

De jaargemiddelde concentraties van arseen, cadmium, lood en zink stabiliseren de laatste jaren. In de tien jaar daarvoor vond een gestage daling plaats waardoor de concentraties in Nederland ongeveer halveerden en voor lood zelfs meer dan dat. De daling van arseenconcentraties tot 1995 komt voornamelijk door emissiereducties in de energiesector. De daling van de cadmiumconcentraties komt door emissiereducties in de doelgroepen industrie en afvalverwerking en in het buitenland. De daling van lood komt door een voortschrijdende afname van loodemissies door het verkeer. De daling in zinkconcentraties is voornamelijk toe te schrijven aan emissiereducties bij de doelgroepen industrie en afvalverwerking.

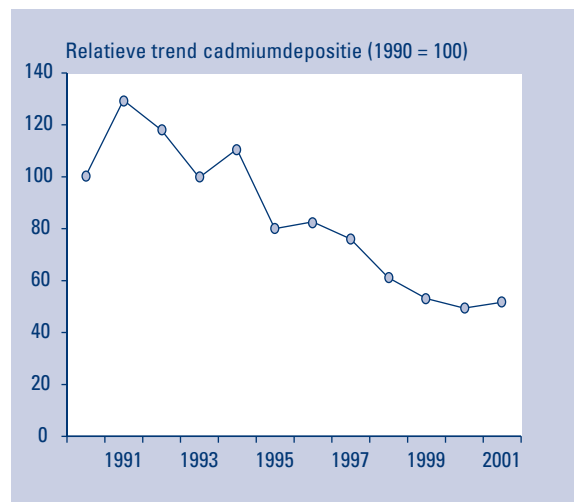
Noot: voor de presentatie in één figuur zijn de arseen- en cadmiumconcentraties vermenigvuldigd met 10 resp. 100.



Ontwikkeling van de depositie van cadmium

De totale (natte en droge) depositie van cadmium is geschat op basis van de gemeten concentratie van cadmium in aërosol in de lucht en een uit modelberekeningen afgeleide factor tussen luchtconcentratie en totale depositie (zie bijlage A). Naar schatting is de depositie van cadmium in Nederland in tien jaar tijd gehalveerd (zie ook hiervoor, jaargemiddelde concentraties in lucht).

Met deze methode wordt een ruwe schatting verkregen van de cadmiumdepositie, vandaar de indexering in de figuur; de cadmiumdepositie ligt nu in de orde van grootte van enkele tienten grammen per hectare.



6 Lokale luchtverontreiniging

Een aantal luchtverontreinigende stoffen voldoet grootschalig gezien aan de gestelde eisen aan de luchtkwaliteit, maar kunnen in de directe omgeving van emissiebronnen, zoals verkeerswegen of bedrijven, nog wel aanleiding geven tot overschrijdingen van normen. Dit hoofdstuk behandelt problemen met luchtverontreiniging op het lokale schaalniveau. De

eerste paragraaf gaat in op de omvang van overschrijdingen van grenswaarden voor NO_2 , CO, benzeen, zwarte rook en benzo[a]pyreen langs drukke verkeerswegen in steden. In de daaropvolgende drie paragrafen worden respectievelijk de concentraties koolstofmonoxide, benzeen en fluoriden in Nederland besproken.

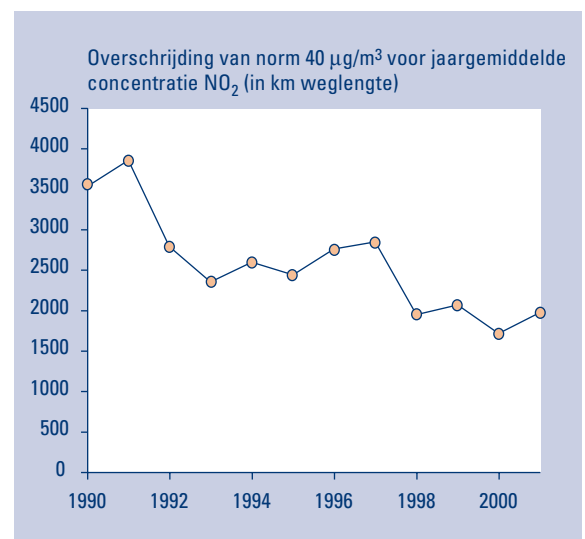
6.1 Weglengten met normoverschrijding

Wegverkeer vormt de belangrijkste bron van lokale luchtverontreiniging in stedelijke omgeving. Van de totale verkeersprestatie in Nederland wordt circa 28% binnen de bebouwde kom afgelegd. Personenauto's nemen circa 73% van de binnen de bebouwde kom afgelegde kilometers voor hun rekening. De volumegroei van wegverkeer vindt met name plaats op snelwegen. Stadsuitbreidingen dragen bij aan de groei in het aantal autokilometers in steden. De trend in de verkeersintensiteit op een gemiddelde weg in het centrum van een stad blijkt de laatste jaren redelijk sta-

biel. Gunstige ontwikkelingen voor de lokale luchtkwaliteit langs verkeerswegen zijn de dalende emissiefactoren voor luchtverontreiniging door de gemiddelde auto en afnemende achtergrondconcentraties. De grafieken in deze paragraaf zijn gebaseerd op CAR-VMK berekeningen (zie bijlage A). Lood is niet langer opgenomen in onderstaand overzicht, omdat voor deze stof door de invoering van loodarme en loodvrije benzine al een aantal jaren geen overschrijdingen meer worden geconstateerd.

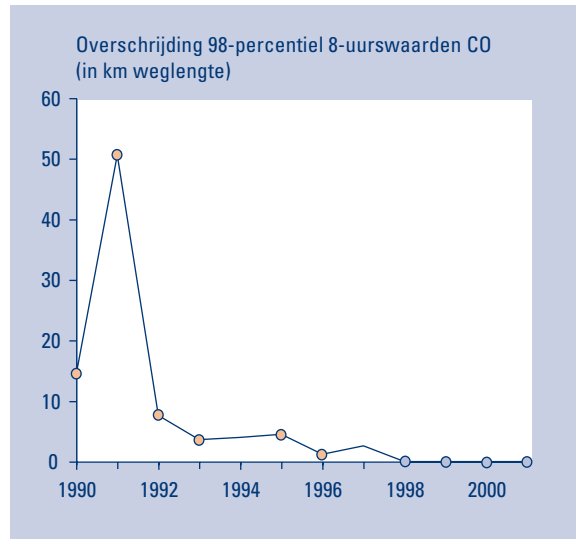
Overschrijding van de norm voor NO_2 in drukke verkeersstraten

De hier getoonde overschrijdingen betreffen de huidige norm voor het jaargemiddelde van NO_2 ($40 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Tot enkele jaren geleden lagen de gemiddelde concentraties van NO_2 in veel steden reeds rond of boven de grenswaarde met als gevolg dat langs verkeerswegen in die steden overschrijding van de huidige norm een veelvoorkomend verschijnsel was. In de loop der jaren zijn de achtergrondconcentraties gedaald (zie ook paragraaf 4.4) en daarmee ook de totale lengte van wegen met overschrijding van de norm.



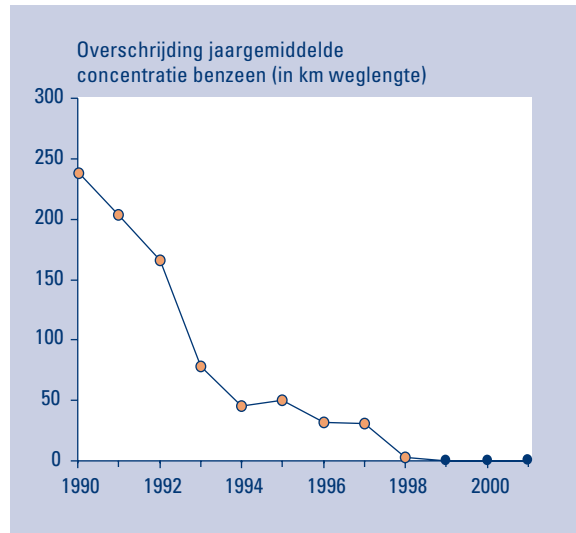
Overschrijding van de norm voor CO in drukke verkeersstraten

De laatste 20 jaar zijn voor CO steeds strengere eisen gesteld aan de emissie per auto, waardoor, ondanks de groei van het wegverkeer, de totale door het wegverkeer geëmitteerde hoeveelheid is gedaald. Door de vermindering van de emissie is de lengte van wegen in steden waarlangs overschrijding optreedt van de grenswaarde voor het 98-percentiel van 8-uurswaarden van CO (6000 µg/m³) aanzienlijk gedaald. Net als in de drie voorgaande jaren is in 2001 werd de grenswaarde voor CO langs wegen in steden niet overschreden.



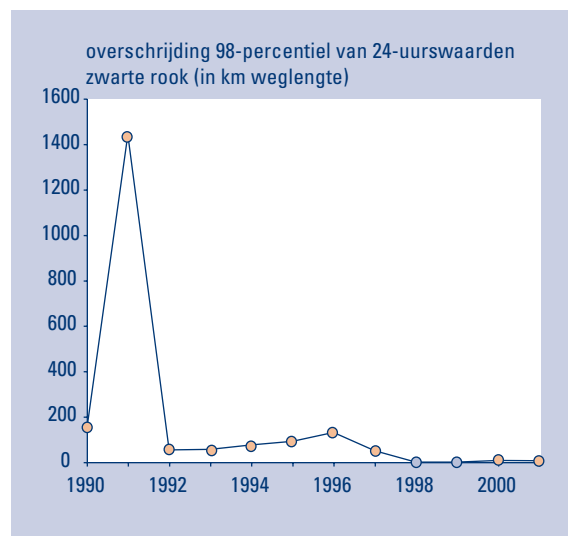
Overschrijding van de norm voor het jaargemiddelde van benzeen in drukke straten

Op basis van CAR-VMK berekeningen blijkt dat in de jaren '90 het aantal kilometers weg met overschrijding van de norm voor benzeen (10 µg/m³ als jaargemiddelde) gedaald is van 240 km in 1990 tot 0 km in 1999 en later. Dit is het gevolg van invoering van de geregelde driewegkatalysator, technische verbeteringen van personenwagens en verlaging van het benzeengehalte in benzine. Recent heeft in 2000 met name de verlaging van het benzeengehalte een gunstige invloed gehad op de emissiefactoren. De CAR-VMK berekeningen geven wel aan dat concentraties hoger dan de toekomstige EU-norm (5 µg/m³ als jaargemiddelde) voor benzeen kunnen voorkomen. De gemeten benzeenconcentraties, op de vier straatstations, in 2001 overschrijden de toekomstige EU-grenswaarde niet (zie ook paragraaf 6.3).



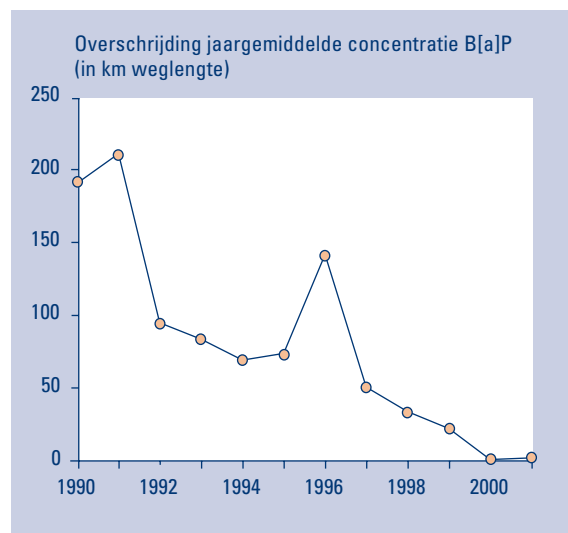
Overschrijding van de norm voor het 98-percentiel van zwarte rook in drukke straten

In het begin van de jaren '90 kwamen nog achtergrondconcentraties rond $60 \mu\text{g}/\text{m}^3$ voor. In straten kwamen elk jaar overschrijdingen van de norm voor, die in ongunstige jaren tot weglengten van meer dan 1000 km kon oplopen. Inmiddels is de achtergrond gedaald tot circa $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en is de extra bijdrage van verkeer zelfs in drukke straten niet of nauwelijks aanleiding tot normoverschrijding (6 km weglengte in 2001).



Overschrijding van de norm voor benzo[a]pyreen in drukke straten

Overschrijding van de norm voor benzo[a]pyreen ($1 \text{ ng}/\text{m}^3$ voor het jaargemiddelde) kwam in 2001 waarschijnlijk slechts incidenteel voor. De berekeningen van B[a]P-concentraties zijn met een relatief grote onzekerheid omgeven. Er zijn echter geen systematische metingen, relevant voor het niveau in drukke straten, die de kennis zouden kunnen aanvullen.



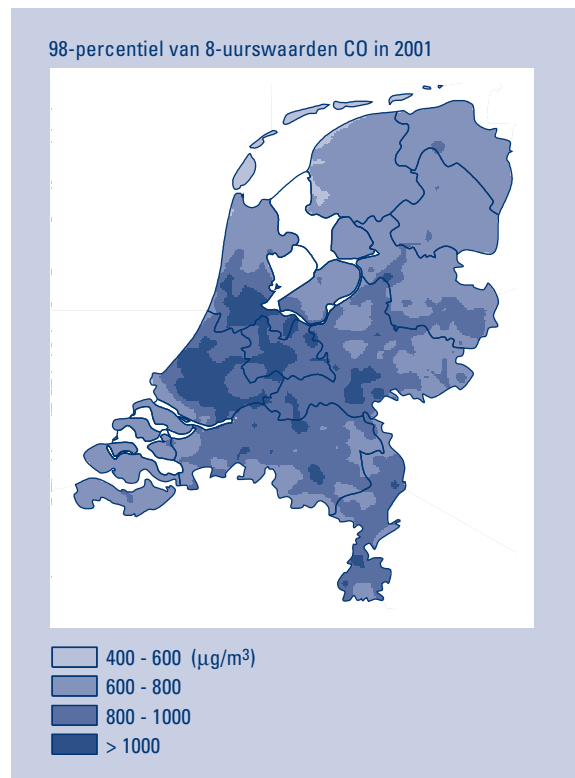
6.2 Koolstofmonoxide

Koolstofmonoxide (CO) wordt voornamelijk gevormd bij onvolledig verloopende verbrandingsprocessen. Het verkeer levert het grootste aandeel in de Nederlandse emissie (circa 60 %). Hoge concentraties CO hebben merkbare invloed op het zuurstofbindend vermogen van het bloed. Dit leidt tot klachten variërend van sufheid en afnemend reactievermogen tot veranderingen in hart- en longfunctie bij zeer hoge concentraties. Mensen met hart- en vaatziekten zijn gevoeliger en ondervinden al symptomen bij lagere concentraties. Ter bescherming van de bevolking tegen de effecten zijn grenswaarden gesteld aan de concentraties van koolstofmonoxide in de lucht (Staatsblad, 2001). Hier wordt de huidige grenswaarde voor het 98-percentiel

van glijdend 8-uursgemiddelden ($6000 \mu\text{g}/\text{m}^3$) als norm voor kortstondige blootstelling (pieken) gehanteerd. Vanaf 13 december 2000 is een nieuwe EU-norm van kracht (EU, 2000) welke nog niet is geïmplementeerd in de Nederlandse regelgeving. De nieuwe EU-norm hanteert een grenswaarde van $10.000 \mu\text{g}/\text{m}^3$ voor het glijdend 8-uursgemiddelde. Vanaf 1 januari 2005 moet aan deze grenswaarde worden voldaan. Deze nieuwe norm is strenger dan de huidige grenswaarde en komt overeen met een 98-percentielwaarde van $3600 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Evenwel werden overschrijdingen van de nieuwe EU-norm in 2001 niet waargenomen in het meetnet.

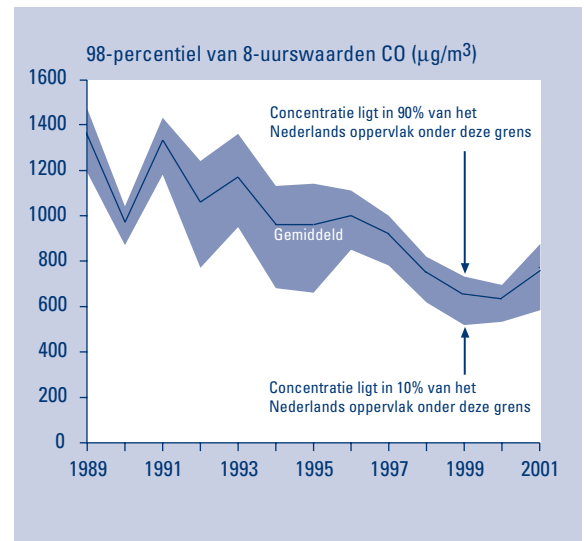
Ruimtelijke verdeling van het 98-percentiel CO

Gemiddeld over Nederland bedroeg de 98-percentielwaarde voor glijdende 8-uursgemiddelden in 2001 $800 \mu\text{g}/\text{m}^3$. De concentraties zijn het laagst in het noorden van het land en het hoogst in de stedelijk gebieden in de randstad. Overschrijdingen van de grenswaarde voor het 98-percentiel CO ($6000 \mu\text{g}/\text{m}^3$) in de buitenlucht kwamen in 2001 niet voor.



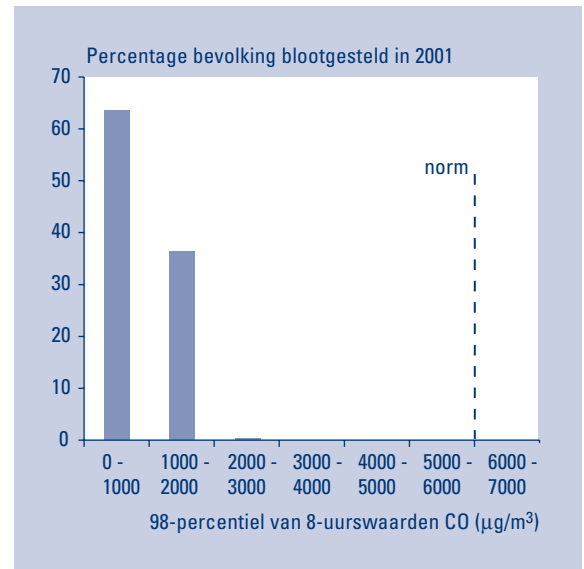
Ontwikkeling van het 98-percentiel CO

Het landelijk gemiddeld 98-percentielniveau van 8-uurswaarden CO is in de afgelopen 10 jaar gemiddeld met circa 5 % per jaar gedaald. Emissiereducerende maatregelen bij de industrie en de invoering van de katalysator in het verkeer, hebben bijgedragen aan de daling van niveaus. De van jaar tot jaar optredende fluctuaties worden vooral veroorzaakt door wisselende meteorologische omstandigheden.



Kortstondige blootstelling van de bevolking aan CO

In de blootstellingverdeling voor CO heeft tussen 2000 en 2001 een kleine verschuiving plaatsgevonden naar hogere niveaus. In 2001 bevond het blootstellingsniveau van de bevolking zich globaal een factor 4 of meer onder de grenswaarde voor CO ($6000 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Ook voor bewoners van woningen langs drukke verkeersstraten in grote steden, lag het blootstellingsniveau ruim onder de norm.



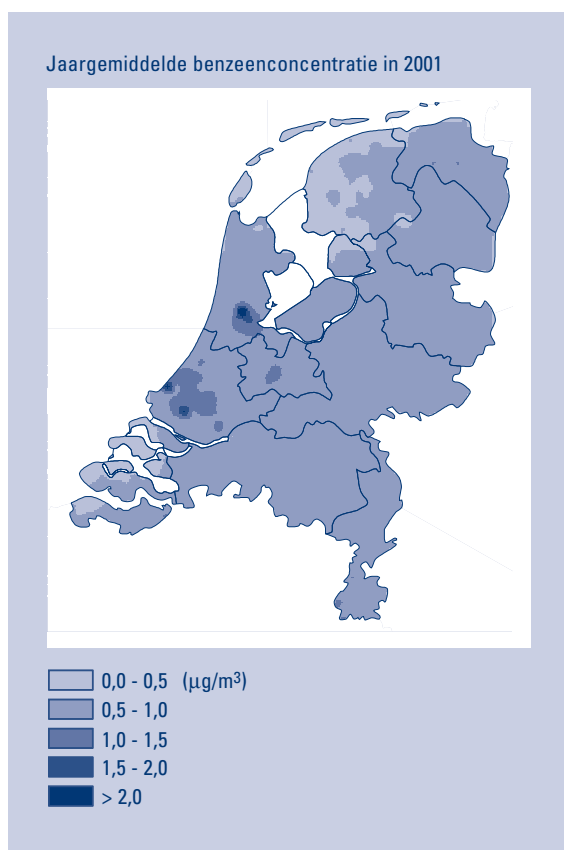
6.3 Benzeen

Benzeen heeft een toxische werking op het bloed en bloedvormende weefsels. Daarnaast is benzeen carcinogeen, blootstelling kan leiden tot leukemie. Benzeen is een vluchtig aromatisch bestanddeel van benzine, waardoor het wegverkeer een belangrijke bron vormt. Door de vrij lange levensduur in de atmosfeer is ruim de helft van het in Nederland voorkomende benzeen afkomstig van het buitenland.

Ruimtelijke verdeling van de jaargemiddelde concentratie

Het ruimtelijk beeld over Nederland voor 2001 is gebaseerd op een combinatie van metingen en modelberekeningen (RIVM, 2002). De jaargemiddelde benzeenconcentratie over Nederland bedraagt circa $0,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Verhoogde waarden treden met name op in stedelijk gebied in de Randstad (in volgorde van afnemende concentratie: Amsterdam, Den Haag, Rotterdam en Utrecht). De hoogste achtergrondwaarden treden op door grote puntbronnen in de haven van Amsterdam bij op- en overslag van brandstoffen (max. $2,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$) en in het Rijnmondgebied bij de chemische industrie (max. $2,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

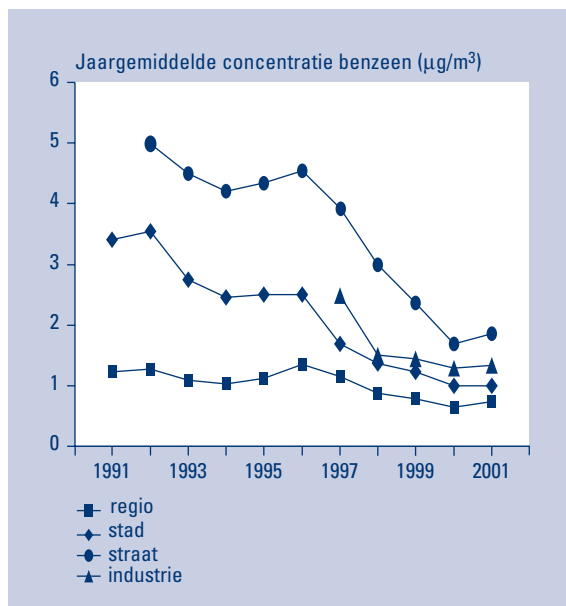
De huidige grenswaarde is $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ voor de jaargemiddelde benzeen concentratie ter bescherming van de bevolking tegen effecten van langdurige blootstelling. Sinds december 2000 is een nieuwe EU-norm van kracht (EU, 2000). De nieuwe EU-norm hanteert een strengere grenswaarde van $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ voor de jaargemiddelde concentratie. Op 1 januari 2010 moet aan de grenswaarde worden voldaan.



Ontwikkeling van de jaargemiddelde concentratie

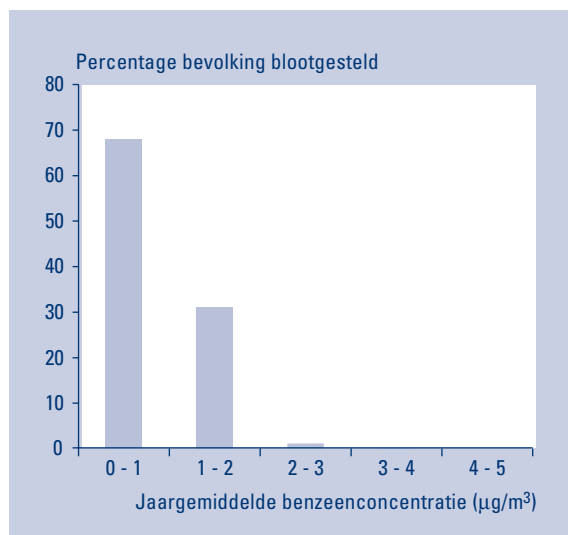
De jaargemiddelde benzeenconcentratie vertoont een dalende trend, die het sterkst is op straatstations. Op straatstations is de laatste 5 jaar de concentratie gehalveerd, hoewel de concentratie in het jaar 2001 weer licht toeneemt. De opvallende daling sinds 1996 is vooral het gevolg van de invoering van de ge-regelde driewegkatalysator, technische verbeteringen van personenwagens en de verlaging van het benzeengehalte in benzine. Per 1 januari 2000 is namelijk de norm voor het benzeengehalte in benzine van 5 naar 1% verlaagd (Staatsblad, 1999). Volgens steekproeven van de milieu-inspectie voldeed het benzeengehalte in oktober 1999 al aan deze nieuwe norm. Het gemiddelde benzeengehalte in benzine lag in de negentiger jaren op 2-2.5%.

Noot: Om de trend consistent weer te geven is in de waarden van 1991, 1992 en 1995 rekening gehouden met uitval van metingen en in 1997 met meetnetveranderingen.



Blootstelling van de bevolking aan benzeen

In 2001 is circa 30 % van de Nederlandse bevolking blootgesteld aan jaargemiddelde benzeenconcentraties boven de Nederlandse streefwaarde van 1 µg/m³. Uit blootstellingsberekeningen blijkt dat een zeer klein aantal bewoners aan drukke straten (enkele honderden mensen) zijn blootgesteld aan overschrijding van de toekomstige Europese grenswaarde van 5 µg/m³ (zie ook paragraaf 6.1).



6.4 Fluoride

Fluoride is de verzamelnaam voor fluor bevattende anorganische verbindingen. Fluoriden worden voor circa 70% als gas (HF) geëmitteerd. Emissies komen met name vrij bij bronnen als steenfabrieken, keramische industrie, en aluminiumproductie. Emissies van fluoriden vinden plaats in een beperkt aantal gebieden in Nederland: noordoost-Groningen, rivierengebied, Sloegebied, Rijnmondgebied en Zuid-Limburg.

Aangezien HF een hoge depositiesnelheid heeft worden de hoogste concentraties en deposities nabij brongebieden gevonden.

Gasvormige fluoriden zijn bij hoge doses sterk irriterend voor huid en longweefsel. Bij een HF (de meest toxische fluorverbinding) concentratie van $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ wordt een effect op de donker-adaptie van het oog waargenomen. Chronisch hoge doses kunnen leiden tot gebits- en skeletafwijkingen. Het huidige blootstellingsniveau houdt echter geen risico in voor de bevolking.

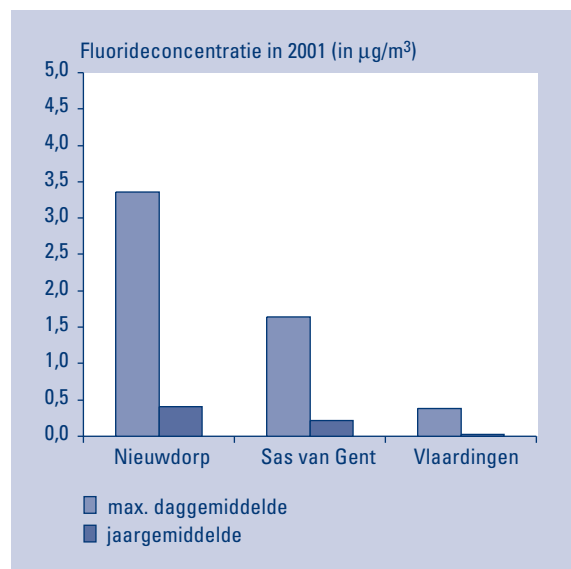
In de Nederlandse situatie zijn wel effecten mogelijk na depositie van fluor op gewassen en gras. Bij vee kunnen door oraal opgenomen fluoriden, o.a. via gras,

kuilvoer en gecontamineerd slootwater, nadelige effecten optreden zoals vermagering, vermindering van de vlees- en melkproductie en aantasting van het skelet. In gebieden met hoge fluoridenconcentraties krijgt het vee anti-fluorkorrels toegediend. Voor enkele gewassen, met name bij de sierteelt (gladiool, tulp) en in mindere mate bij de fruitteelt (pruim, appel, kers) treedt in Nederland op regionale schaal oogstreductie op door blootstelling aan fluoriden.

De fluorideconcentraties worden getoetst aan het Maximaal toelaatbaar risiconiveau (MTR) gebaseerd op de bescherming van de meest gevoelige flora en fauna in ecosystemen (Slooff *et al.*, 1988), zie ook Jaaroverzicht 1998 en 1999 (RIVM, 2001). Het betreft waarden voor daggemiddelden ($0,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$) en het jaargemiddelde ($0,05 \mu\text{g}/\text{m}^3$) en een streefwaarde voor het jaargemiddelde ($0,5 \text{ ng}/\text{m}^3$) (VROM, 1999). Een voorstel voor een levenslange MTR voor inademing door de mens bedraagt $1,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ met een maximale 1-uurs piekbelasting van $600 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (RIVM, 2001a).

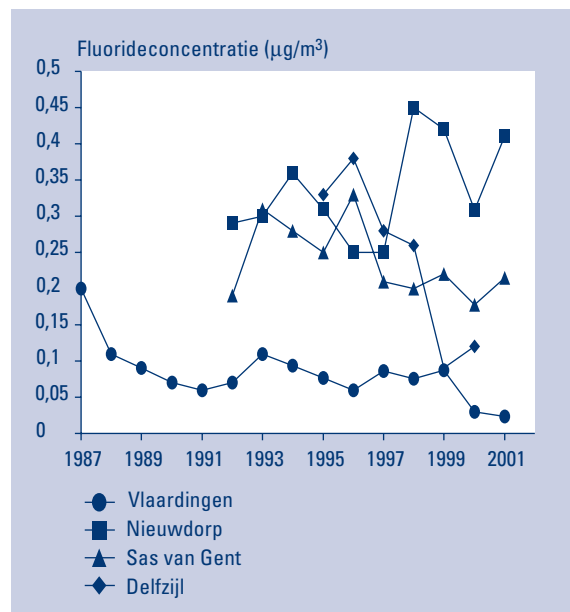
Maximum daggemiddelde en jaargemiddelde concentratie in 2001

Fluoridemetingen in lucht worden uitgevoerd in gebieden waar door lokale industrie een verhoogde fluoride-emissie plaatsvindt; onderstaande meetgegevens zijn derhalve niet representatief voor de gemiddelde concentratie over Nederland. Fluoridemetingen van het station in Delfzijl zijn in tegenstelling tot eerdere jaren dit jaar niet beschikbaar. In 2001 werd de MTR voor het daggemiddelde overschreden in Nieuwdorp, Sas van Gent en Vlaardingen. De MTR voor het jaargemiddelde is overschreden op Nieuwdorp en Sas van Gent; de streefwaarde voor het jaargemiddelde is overschreden op alle drie stations.



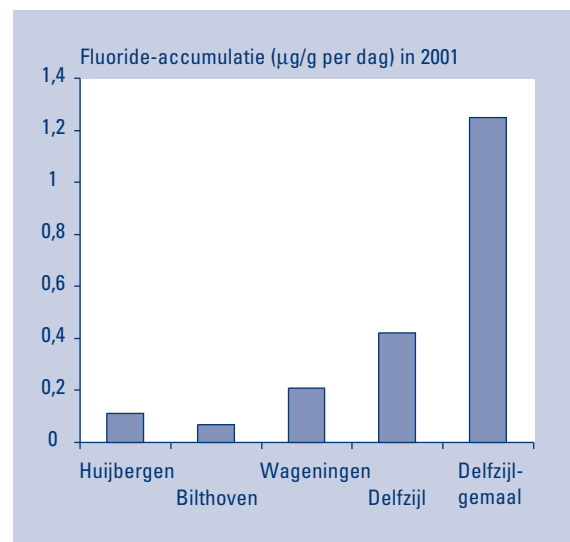
Ontwikkeling van de jaargemiddelde concentratie fluoride

De jaargemiddelde concentratie op het meetpunt Vlaardingen vertoont afgezien van enkele fluctuaties in de jaren tachtig na een eerdere daling een stabilisatie. De laatste twee jaren laten iets lagere waarden zien. In de jaren negentig vertonen diverse meetlocaties een divers beeld. De kortere meetreeks van het meer belaste meetstation Sas van Gent geeft flinke schommelingen en geen duidelijke trend. Ook station Nieuwdorp laat flinke schommelingen zien, gerelateerd aan producties van de lokale aluminium producenten. Over de meetperiode 1995-2001 laat het meetstation Delfzijl een daling zien van een factor twee.



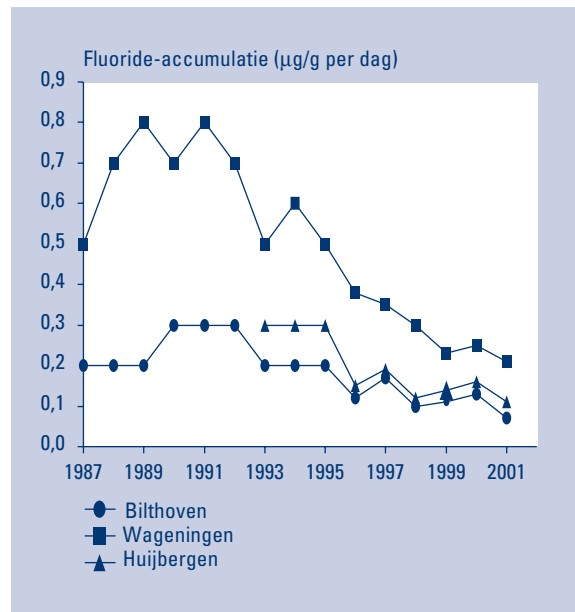
Fluoride-accumulatie in kalkpapier

Op vijf plaatsen in Nederland wordt de accumulatie van fluoride in kalkpapier bepaald, als indicatie voor de depositie. De accumulatie op de onbelaste meetstations Huijbergen en Bilthoven zijn zoals te verwachten het laagst. Op de meetpunten Wageningen en Delfzijl, gelegen in de nabijheid van lokale fluoride-emitterende industrie, worden licht verhoogde accumulaties gemeten. Op zeer korte afstand tot een bron (meetpunt Delfzijl-gemaal) is de accumulatie het hoogst.



Ontwikkeling van de fluoride-accumulatie

De accumulatie van fluoride in kalkpapier op het meetpunt Bilthoven (onbelast) vertoonde in de jaren tachtig een dalende trend. Begin jaren '90 lijkt deze gestabiliseerd; na verdere daling lijkt stabilisatie weer plaats te vinden. De accumulatie van fluoride in kalkpapier op het meetpunt Wageningen (belast) vertoont, ondanks de schommelingen, een daling.



Referenties

- Buijsman, E. (1999). Assessment of air quality for arsenic, cadmium, mercury and nickel in the Netherlands. Rapportnr. 729999 002, Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu, Bilthoven.
- Buringh, E., Opperhuizen, A. (2002). On health risks of ambient PM in the Netherlands. RIVM, Bilthoven, (in druk).
- Butler, J.H., S.A. Montzka, A.D. Clarke, J.M. Lobert, J.W. Elkins (1998). Growth and distribution of halons in the atmosphere, *J. Geophys. Res.*, 103, 1503-1511.
- CBS. 2001. Statline. Centraal Bureau voor de Statistiek, Voorburg. <http://statline.cbs.nl/>
- CBS. 2002. Statline. Centraal Bureau voor de Statistiek, Voorburg. <http://statline.cbs.nl/>
- DCMR (2002). Lucht in cijfers 2001. Luchtkwaliteit in het Rijnmondgebied. DCMR, Schiedam.
- De Leeuw (2000). Trends in ground level ozone concentrations in the European Union. *Environmental Science & Policy* (3) 2000, blz. 189-199.
- Dlugokencky, E.J., K.A. Masarie, P.M. Lang, P.P. Tans (1998). Continuing decline in the growth rate of the atmospheric methane burden, *Nature*, 447- 450.
- Elkins, J.W., J.H. Butler, D.F. Hurst, S.A. Montzka, F.L. Moore, T.M. Thompson (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>).
- EU (1992). Richtlijn van de Raad van 21 september 1992 betreffende de verontreiniging van lucht door ozon (92/72/EEG). Publicatieblad van de Europese Gemeenschappen No L 297.
- 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 emissieplafonds voor bepaalde luchtverontreinigende stoffen. Publicatieblad van de Europese Gemeenschappen No L309/22.
- 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.
- Folkert RJM, Jimmink BA, Noordijk H. (2002). Preliminary assessment of air quality for carbon monoxide and benzene under EU legislation. Rapportnummer 725601 007, Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu, Bilthoven.
- Hammingh P, Folkert RJM, Smeets CJPP. (2002). Preliminary assessment of air quality for ozone in the Netherlands under European Union legislation. RIVM report 725601008, Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu, Bilthoven.
- Hammingh, P., B.A. Jimmink. (2001). Rapportage Besluiten luchtkwaliteit 2000
- Harnisch, J., R. Borchers, P. Fabian, M. Maiss (1996). Tropospheric trends for CF₄ and C₂F₆ since 1982 derived from SF₆ dated stratospheric air. *Geophys. Res. Lett.*, 23, 1099-1102.
- Keeling, C.D. and T.P. Whorf (1998). Results of the SIO network, http://cdiac.esd.ornl.gov/pns/pns_main.html.
- Maiss, M., C.A.M. Brenninkmeijer (1998). *Environ. Sci. Technol.*, 32, 3077-3086.
- Montzka, S.A., J.H. Butler, J.W. Elkins, T.M. Thompson, A.D. Clarke, L.T. Lock (1999). Present and future trends in the atmospheric burden of ozone-depleting halogens. *Nature* 398, 690-694.
- Oram, D.E., C.E. Reeves, W.T. Sturges, S.A. Penkett, P.J. Fraser, R.L. Langenfelds (1996). Recent tropospheric growth rate and distribution of HFC-134a (CF₃CH₂F). *Geophys. Res. Lett.*, 23, 1949-1952.
- Oram, D.E., W.T. Sturges, S.A. Penkett, A. McCulloch, P.J. Fraser (1998). Growth of fluoro-form (CHF₃, HFC-23) in the background atmosphere. *Geophys. Res. Lett.*, 25, 35-38.
- Outer P.N. den, H. Slaper, J. Matthijsen, H. A. J. M. Reinen, and R. Tax, (2000). Variability of ground-level ultraviolet: model and measurement, *Radiat. Prot. Dosim.* 91, 105.
- PRI (2002). Briefrapport fluoride-accumulatie op vijf meetlokaties. Plant Research International, Wageningen.
- Prinn, R.G., R.F. Weiss, P.J. Fraser, P.G. Simmonds, F.N. Alyea, D.M. Cunnold (1998). The ALE/GAGE/AGAGE database, DOE-CDIAC World Data Center (Email to: cpdornl.gov), Dataset No. DB-1001, (<http://cdiac.esd.ornl.gov/cdiac>).
- Provincie Noord-Holland (2002). Evaluatie Luchtemmissie-meetnet.
- Provincie Noord-Holland (2002). Datarapport Luchtkwaliteit Haarlemmermeer.
- Provincie Noord-Holland (2002). Datarapport Luchtkwaliteit Regio IJmond. Resultaten 2001.
- Provincie Limburg (2002). Briefrapport meetgegevens provinciaal lucht immisie meetnet 2001. RIVM (1991). Nationale Milieuverkenning 2. Samson Tjeenk Willink bv, Alphen aan den Rijn. voor Volksgezondheid en Milieu, Bilthoven.
- RIVM (1999). Jaaroverzicht Luchtkwaliteit 1997. Rapportnr. 725301001, Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu, Bilthoven.

- RIVM (2000). Milieubalans 2000, Samson bv., Alphen aan den Rijn. @Body Text 2:
- RIVM (2001). Jaaroverzicht luchtkwaliteit 1998 en 1999. Rapportnr. 725301006, Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu, Bilthoven.
- RIVM (2001a). Briefadvies inzake overschrijding van het MTR van fluoriden, 010366/01 CSR MPI/WE, Bilthoven.
- RIVM (2002). Preliminary assessment of air quality for carbon monoxide and benzene in The Netherlands. Wordt gepubliceerd in de eerste helft van 2002 onder rapportnr. 725601007, Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu, Bilthoven.
- RIVM (2002a). Milieubalans 2002, Samson bv., Alphen aan den Rijn.
- Roemer, M. (2001). Draft report. In search for trends of ozone and precursors. First progress report TROTREP workpackage 3, partner 4. TNO-MEP, Apeldoorn.
- Staatsblad (1997c). Nr. 457. Beschikking van de Minister van Justitie van 9 oktober 1997, houdende plaatsing in het Staatsblad van de tekst van het Besluit luchtkwaliteit zwaveldioxide en zwevende deeltjes (zwarte rook) (Stb. 1986, 78), zoals dit laatstelijk is gewijzigd bij besluit van 22 september 1997, Stb. 456.
- Staatsblad (1999). Nr. 244. Besluit van 17 december 1999, houdende uitvoering van richtlijn 98/70/EG van het Europees Parlement en de Raad van de Europese Unie van 13 oktober 1998 betreffende de kwaliteit van benzine en van dieselbrandstof en tot wijziging van Richtlijn 93/12/EEG van de Raad (Besluit kwaliteitseisen brandstoffen wegverkeer)
- 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.
- Sturges, W.T., T.J. Wallington, M.D. Hurley, K.P. Shine, K. Sihra, A. Engel, D.E. Oram, S.A. Penkett, R. Mulvaney, and C.A.M. Brenninkmeijer (2000). A potent greenhouse gas identified in the atmosphere: SF5CF3. *Science* 289:611-613.
- Thijssen, Th.R., Roemer, M.G.M., van Oss, R.F., (1999). Trends in large-scale VOC concentrations in the Southern Netherlands between 1991 and 1997, *Atmospheric Environment* Volume 33, p. 3803-3812.
- TK (1990). Milieuprogramma. Voortgangsrapportage 1990-1993. Tweede Kamer, vergaderjaar 1989-1990, 21304 nr. 1-2, SDU, Den Haag.
- TK (1992). Milieuprogramma 1992-1995. Deel II Voortgang en Programmering van het milieubeleid.
- Tweede Kamer, vergaderjaar 1991-1992, 22302 nrs. 1-2, SDU, Den Haag.
- Van Aalst RM, Edwards L, Pulles T, De Saeger E, Tombrou M, Tnnesen D. (1998). Guidance report on preliminary assessment under EC air quality directives. Technical Report No 11, European Environmental Agency, Copenhagen, Denmark.
- Van Breugel P, Buijsman E. (2001). Preliminary assessment of air quality for sulfur dioxide, nitrogen dioxide, nitrogen oxides, particulate matter, and lead, in the Netherlands under European Union legislation. Rapportnummer 725601 005, Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu, Bilthoven.
- Van der Eerden, L., (1992). Fertilizing effects of atmospheric ammonia on semi-natural vegetations. Proefschrift, Vrije Universiteit Amsterdam.
- Van Elzakker, B.G. (2001). Monitoring activities in the Dutch National Air Quality Monitoring Network in 2000. Rapportnr. 723101 055, Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu, Bilthoven.
- Van Jaarsveld, J.A., *et al.*, (2000). Evaluatie ammoniak reducties met behulp van metingen en modelberekeningen. Rapportnr. 722108025, Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu, Bilthoven.
- Van Velze, K., *et al.* (2000). Schets van de knelpunten in de luchtkwaliteit, Rapportnr. 725601 003. Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu, Bilthoven. VROM (1999). Stoffen en normen. Overzicht van belangrijke stoffen en normen in het milieubeleid. Samson bv, Alphen aan de Rijn.
- VROM. (2001a). Besluit luchtkwaliteit en Meetregeling luchtkwaliteit. Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer, Den Haag. VROM. (2001b). Handreiking Besluit luchtkwaliteit. Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer, Den Haag.
- VROM (2001b). Nationaal Milieubeleidsplan 4 Een wereld en een wil, werken aan duurzaamheid. Nr. 14545/176, VROM, Den Haag.
- WMO (1999). Scientific assessment of ozone depletion: 1998, World Meteorological Organization Global Ozone Research and Monitoring Project Report no. 44, Geneva.
- WMO (2003). Scientific assessment of ozone depletion: 2002, World Meteorological Organization Global Ozone Research and Monitoring. To be published.

Bijlage A

Berekeningswijzen en gebruikte modellen

Bijlage A

Berekeningswijzen en gebruikte modellen

Inleiding

De in het jaaroverzicht gepresenteerde gegevens hebben veelal betrekking op meetwaarden uit het 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), Vluchtige Organische Stoffen (VOS), benzo[a]pyreen (B[a]P), zware metalen en fluoriden.

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 x 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 x 1 km detailgrid. Deze stedelijke verhoging wordt afgeleid uit gemeten stadsachtergrondconcentraties, rekening houdend met regionale concentraties en met de ruimtelijke omvang van de stad (het alfa-model, zie verderop).

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 klassificatie per gridcel gekoppeld aan de bevolkingsdichtheid of aan de oppervlakte van de Ecologische Hoofdstructuur (EHS) ter plekke, die beiden op 1 x 1 km-schaal beschikbaar zijn. Via sommatie over alle gridcellen resulteert dit in de blootstelling van bevolking of natuur per concentratieklasse. De gemid-

delde normoverschijding volgt uit middeling over de gridcellen met concentraties boven de norm. In het geval van humane blootstelling is deze normoverschijding gewogen met de bevolkingsdichtheid.

Deze methode wordt gevolgd voor ozon (O₃), zwaveldioxide (SO₂), koolmonoxide (CO) en zwarte rook.

Combinatie model en meting

Een luchtverspreidingmodel 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 of met SIGMA (zie verderop) een landsdekkende kaart vervaardigd op basis van 5 x 5 km gridcellen of, voor NO_x en NO₂, op basis van 1 x 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 gecalibreerd aan de hand van de metingen uit het meetnet. Voor deze calibratie van de modelresultaten is er keus tussen twee methoden. Een methode is het via een regressielijn vastleggen van de afwijking tussen model en meting, en de modelkaart met deze regressieformule bewerken. Een ander 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 het ruimtelijke patroon tussen deze locaties over uit de modelkaart. De depositiekaarten worden jaarlijks gecalibreerd via de als tussenstap gemodelleerde concentratiekaarten en de LML-concentratie metingen.

De verdere bewerkingen van deze gecalibreerde kaarten naar trendfiguren en blootstellingsinformatie is overeenkomstig de beschrijvingen onder 'landsdekkende meetinformatie' en 'blootstelling aan verkeersemissies'. Deze methode levert doorgaans de meest realistische beschrijving van de luchtkwaliteit op omdat het de ster-

ke aspecten van meten en modelleren combineert.

De methode is toegepast voor fijn stof (PM_{10}), zure depositie, stikstofdepositie, 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 eenzelfde 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 stadstations 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 x 1 km schaal.

Deze methode wordt toegepast voor de stoffen CO , NO_2 , SO_2 en zwarte rook.

Blootstelling aan verkeersemissies

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 hierna), 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 NO_2 , benzeen, zwarte rook, CO en 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 m.b.v. terugwaartse trajectorieën. Lokale (verticale) verspreiding wordt geïntroduceerd m.b.v. een Gaussische pluim formulering. 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, op landelijke schaal is 5 x 5 km een praktische ondergrens.

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 m.b.v. door het KNMI ontwikkelde routines (Beljaars en Holtslag, 1990).

Gemodelleerde concentraties en natte deposities van SO_2 , NO_y en NH_x over Nederland zijn vergeleken met gemeten waarden uit het LML en LMRe (Van Jaarsveld, 1989; Asman & 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 SO_2 en NO_x), 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 met name 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 (Calculation of Air pollution by Road traffic)

Voor het schatten van concentraties in de nabijheid van drukke wegen wordt een combinatie van modelberekeningen en metingen gebruikt. Aangenomen wordt dat de concentratie aan de rand van een straat is opge-

bouwd 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 straattype (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) uitmetingen vast te stellen factor tussen jaargemiddelde en 98-percentiel. CAR bevat tenslotte een module die rekening houdt met de vorming van NO_2 uit door het verkeer geëmitteerd NO en O_3 .

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 kilometers straatlengte met normoverschrijdingen door verkeer wordt als receptorpunt de stoeprand 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 als receptorpunt de gevelwand. 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.

Correctie voor meteorologische invloeden

De invloeden van het weer op de concentraties verstoren de analyse van de menselijke beïnvloeding van de atmosfeer. Door weersinvloeden uit de trend te filteren kunnen veranderingen door andere oorzaken eerder en met grotere zekerheid worden gedetecteerd.

De toegepaste methode kent drie stappen: (i) classificatie van de meteorologie, (ii) de berekening van correctiefactoren en toevoeging van eventueel ontbrekende meteorologie-classes, en (iii) de berekening van meteorogecorrigeerde kentallen [Dekkers en Noordijk, 1997].

De meteorologische factoren die de concentraties beïnvloeden, worden door regressieboom-analyse in meteorologie-classes onderverdeeld [Breiman *et al.*, 1984]. Dit is een statistische techniek die de verzameling van metingen in deelverzamelingen onderverdeelt aan de hand van meteorologische variabelen. Het criterium dat bij deze onderverdeling wordt gehanteerd, is dat de variantie in de deelverzamelingen zo sterk mogelijk gereduceerd moet zijn. Een belangrijk verschil met bijvoorbeeld multiple regressie-analyse is dat regressieboom-analyse beter omgaat met zeer niet-lineaire relaties tussen concentraties en meteorologie.

De meteorocorrectie van de trend vindt plaats door correctiefactoren per jaar en per meteoklasse in te voeren. Per jaar wordt gekeken of een bepaalde meteorologische klasse meer of minder dan langjarig gemiddeld voorkomt. Dit meer of minder frequent voorkomen bepaalt de correctiefactor. Als bijvoorbeeld vorstdagen normaal tien keer per jaar voorkomen, en in een specifiek jaar slechts vijf keer optreden, dan worden de concentraties

op die vorstdagen van dat jaar dubbel zo zwaar meegeteld. Het kan voorkomen dat een specifieke meteorologische klasse in een jaar niet is voorgekomen. In dat geval wordt een beste schatting gemaakt van de concentraties die zouden zijn opgetreden indien die meteorologische klasse wel zou zijn opgetreden, bijvoorbeeld via het gemiddelde van de concentraties in die klasse in de omliggende jaren. Uiteindelijk wordt dan het gewenste kental per jaar bepaald via weging van de concentraties met de betreffende correctiefactoren.

Toegepaste kaarten

Blootstelling natuur

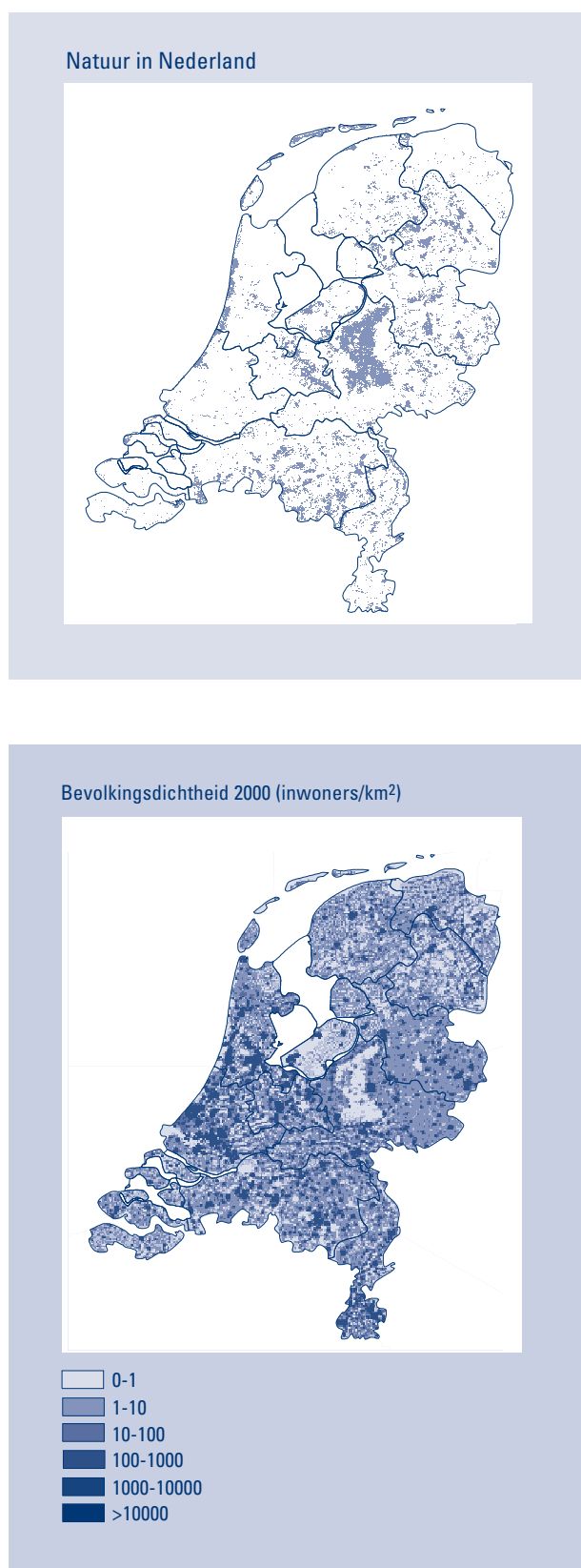
Het NMP4 beschrijft de depositiedoelstellingen in termen van depositieniveaus op ecosystemen en bescherming van deze ecosystemen. Daarbij is gefocust op de (half)natuurlijke ecosystemen op het land. Natte natuur, zoals de Noordzee, Waddenzee, rivieren en meren en plassen zijn niet in beschouwing genomen. De (half) natuurlijke ecosystemen op het land maken deel uit van de ecologische hoofdstructuur, de EHS.

De type natuur die 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 beschreven in 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 O_3 , NO_x , en SO_2 is ook gebruik gemaakt van deze natuurdoeltypekaart.

Bevolkingsdichtheid

De bevolkingsdichtheidkaart is gebaseerd op CBS gegevens over het jaar 2000.



Referenties

- Albers, R., *et al.*, (2001). Evaluatie van de verzuringsdoelstellingen: de onderbouwing. Rapportnr. 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. Rapportnr. 228471007, Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu, Bilthoven.
- Bal, D., H.M. Beije, M. Fellingner, R. Haveman, A.J.F.M. van Opstal en F.J. van Zadelhoff (2002) Handboek Natuurdoeltypen Tweede, geheel herziene editie. EC-LNV.
- 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.
- Dekkers, A.L.M. en Noordijk, H. (1997). Correctie van atmosferische concentraties voor meteorologische omstandigheden. Rapportnr 722101024, Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu, Bilthoven.
- 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(4), 389-399.
- 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. Rapportnr. 228603008, Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu, Bilthoven.
- Jaarsveld, J.A. van (1995). *Modelling the long-term behaviour of pollutants on various spatial scales*. Proefschrift, Rijksuniversiteit Utrecht. ISBN 90-393-0950-7.
- RIVM (2002). *Jaaroverzicht luchtkwaliteit 2000*. P. Hammingh *et al.* Rapportnr 725301008, Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu, Bilthoven.

Bijlage B

**Depositiekentallen van verzurende en vermestende stoffen
per verzuringsgebied**

Tabel 1. Depositie van potentiëel zuur (in mol H⁺/ha/jaar) en de bijdragen hieraan van SO_x, NO_y, NH_x en Ca²⁺ (in mol/ha/jaar) en de depositie van totaal stikstof (in mol N/ha/jaar) in 2001 per verzuringsgebied*.

Verzuringgebied	SO _x			NO _y			NH _x			Ca	Potentieel zuur			Totaal N		
	droog	nat	totaal	droog	nat	totaal	droog	nat	totaal		nat	droog	nat	totaal	droog	nat
Nederland	200	140	340	410	250	660	1030	610	1640	60	1830	1020	2850	1440	860	2300
Groningen	90	90	190	300	210	510	780	520	1300	100	1260	720	1980	1080	730	1810
Friesland	90	100	190	270	200	470	780	430	1210	120	1220	600	1830	1050	640	1680
Drenthe	100	100	210	320	230	550	870	610	1470	50	1400	940	2340	1190	830	2020
W/NO-Overijssel	110	120	220	330	240	570	920	580	1490	60	1460	920	2390	1250	810	2060
ZO-Overijssel	120	120	240	380	260	640	1410	800	2210	40	2030	1220	3250	1790	1060	2850
NW-Gelderland	180	140	330	470	270	740	1230	690	1920	50	2070	1140	3210	1700	960	2660
NO-Gelderland	120	140	260	380	270	650	1380	800	2180	40	2010	1270	3270	1760	1080	2840
Z-Gelderland	190	160	340	520	280	800	1130	760	1890	50	2020	1250	3270	1650	1040	2690
Utrecht	220	170	390	540	280	820	1140	630	1760	50	2110	1140	3250	1680	900	2580
N-Noord Holland	160	120	280	320	210	540	530	320	860	60	1170	670	1830	860	540	1390
Z-Noord Holland	250	140	390	460	250	710	700	460	1160	60	1660	860	2520	1160	710	1870
N-Zuid-Holland,	350	170	520	540	260	800	860	470	1320	60	2090	940	3030	1390	730	2120
Flevopolder																
Z-Zuid Holland	390	160	560	530	270	810	840	520	1350	60	2160	990	3150	1370	790	2160
Zeeland	370	160	530	410	240	650	580	530	1110	70	1730	940	2670	990	770	1760
W-Noord Brabant	320	200	520	490	270	760	1020	600	1620	50	2140	1190	3330	1510	870	2380
Midd-Noord Brabant	250	210	450	480	290	770	1400	730	2130	40	2380	1350	3730	1880	1020	2900
NO-Noord Brabant	190	180	370	450	280	730	2010	910	2920	50	2830	1460	4290	2450	1190	3640
ZO-Noord Brabant	240	200	440	450	280	720	1900	820	2720	50	2820	1410	4230	2340	1100	3450
N-Limburg	190	170	360	430	280	710	1710	910	2610	50	2520	1430	3950	2140	1180	3320
Z/Midd-Limburg	250	170	420	460	270	730	1130	670	1800	60	2090	1180	3260	1590	950	2530

Tabel 2. Depositie van potentiëel zuur (in mol H⁺/ha/jaar) en de depositie van totaal stikstof (in mol N/ha/jaar) in 2001 per provincie en op het aandeel natuur per provincie*.

Verzuringgebied	Potentieel zuur	Totaal N	Potentieel zuur op natuur	Totaal N op natuur
Nederland	2850	2300	2980	2410
Groningen	1980	1810	1750	1610
Friesland	1830	1680	1630	1480
Drenthe	2340	2020	2310	1990
Noord-Holland	2320	1690	2200	1500
Overijssel	2940	2570	2960	2580
Flevoland	2150	1750	2200	1760
Gelderland	3230	2710	3190	2600
Zuid-Holland	3130	2170	2460	1690
Utrecht	3250	2580	3400	2660
Noord-Brabant	3920	3130	3930	3120
Limburg	3480	2790	3490	2830
Zeeland	2670	1760	2370	1540

* Deposities zijn afgerond op tientallen.

$$\text{Potentieel zuur} = 2 * [\text{SO}_x] + 1 * [\text{NO}_x] + 1 * [\text{NH}_x] - 2 * [\text{Ca}^{2+}]$$

$$\text{Totaal stikstof} = 1 * [\text{NO}_x] + 1 * [\text{NH}_x]$$

Bijlage C

Luchtkwaliteitsdoelstellingen (normen)

Inhoud:

- C1 Nederlandse luchtkwaliteitsdoelstellingen in 2001
- C2 Toekomstige luchtkwaliteitsdoelstellingen
- C3 Referenties van wetgeving per stof

C1. Nederlandse luchtkwaliteitsdoelstellingen in 2001

Op 19 juli 2001 is het nieuwe Besluit luchtkwaliteit¹ in werking getreden voor zwaveldioxide (SO₂), stikstofdioxide (NO₂) en stikstofoxiden (NO_x), zwevende deeltjes (PM₁₀) en lood. 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 buitenluchtkwaliteit 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 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 overschrij-

ding van de plandrempeel (zie onderdeel Plandrempels). Voor zwevende deeltjes (PM₁₀) gelden grenswaarden die uiterlijk in 2005 moeten zijn gerealiseerd.

Voor SO₂ en 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 EU-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. 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 PM₁₀ 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 het zelfde 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.

¹ Staatsblad (2001), nr 269.

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.

Stof	type norm	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
SO ₂	<i>Grenswaarde</i> (humaan, uurgemiddelde dat 24 keer per jaar mag worden overschreden in µg/m ³)	← 350 →									
	<i>Grenswaarde</i> (humaan, 24 uurgemiddelde dat 3 keer per jaar mag worden overschreden in µg/m ³)	← 125 →									
	<i>Grenswaarde</i> ² (ecosysteem; jaargemiddelde in µg/m ³)	← 20 →									
	<i>Grenswaarde</i> ² (ecosysteem; winterhalfjaargemiddelde in µg/m ³)	← 20 →									
	<i>Alarmdrempel</i> (uurgemiddelde in µg/m ³ gedurende 3 achtereenvolgende uren in gebied >100 km ²)	← 500 →									
NO ₂	<i>Grenswaarde</i> (humaan, uurgemiddelde dat 18 keer per jaar mag worden overschreden in µg/m ³)	← 200 →									
	<i>Grenswaarde</i> voor zeer drukke verkeerssituaties (uurgemiddelde dat 18 keer per jaar mag worden overschreden in µg/m ³)	← 290 →									
	<i>Plandrempel</i> voor zeer drukke verkeerssituaties (uurgemiddelde dat 18 keer per jaar mag worden overschreden in µg/m ³)	290	280	270	260	250	240	230	220	210	
	<i>Grenswaarde</i> ³ (humaan, jaargemiddelde in µg/m ³)										40
	<i>Plandrempel</i> (jaargemiddelde in µg/m ³)	58	56	54	52	50	48	46	44	42	
	<i>Alarmdrempel</i> (uurgemiddelde in µg/m ³ gedurende 3 achtereenvolgende uren in gebied >100 km ²)	← 400 →									
NO _x	<i>Grenswaarde</i> ² (ecosysteem; jaargemiddelde in µg/m ³)	← 30 →									

n.v.t

² Deze norm kent een beperkt toepassingsgebied.

³ 1 januari 2010 is de uiterste realisatiedatum van deze grenswaarde.

Stof	type norm	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
PM ₁₀	<i>Grenswaarde</i> ⁴ (humaan, jaargemiddelde in µg/m ³)	125									
	<i>Grenswaarde</i> ⁵ (humaan, jaargemiddelde in µg/m ³)					40					
	<i>Plاندrempel</i> (jaargemiddelde in µg/m ³)	46	45	43	42						
	<i>Grenswaarde</i> ⁴ (humaan, 24 uurgemiddelde dat 18 keer per jaar mag worden overschreden in µg/m ³)	250									
	<i>Grenswaarde</i> ⁵ (humaan, 24 uurgemiddelde dat 35 keer per jaar mag worden overschreden in µg/m ³)					50					
	<i>Plاندrempel</i> (24 uurgemiddelde dat 35 keer per jaar mag worden overschreden in µg/m ³)	70	65	60	55						
Lood	<i>Grenswaarde</i> (humaan, jaargemiddelde in µg/m ³)	0,5									
CO ⁶	<i>Grenswaarde</i> (humaan, 98 percentiel van 8-uurgemiddelden in µg/m ³)	6000				Zie bijlage C2					
	<i>Grenswaarde</i> (humaan, 99,9 percentiel van uurgemiddelden in µg/m ³)	40000				Zie bijlage C2					
Ben-Zeen ⁷	<i>Grenswaarde</i> (humaan, jaargemiddelde in µg/m ³)	10				Zie bijlage C2					
	<i>Richtwaarde</i> (humaan, jaargemiddelde in µg/m ³)	5				Zie bijlage C2					
Ozon	<i>Drempelwaarde</i> (humaan, hoogste 8-uurgemiddelde van een dag mag in een jaar niet worden overschreden, in µg/m ³)	110	Zie bijlage C2								
	<i>Drempelwaarde</i> (ecosysteem, daggemiddelde, in µg/m ³)	65	Zie bijlage C2								
	<i>Informatiedrempel</i> (humaan, uurgemiddelde in µg/m ³)	180	Zie bijlage C2								
	<i>Alarmdrempel</i> (humaan, uurgemiddelde in µg/m ³)	360	Zie bijlage C2								

⁴ Grenswaarde uit richtlijn 80/779/EEG van de Raad van de Europese Gemeenschap van 15 juli 1980 betreffende grenswaarden en richtwaarden van de luchtkwaliteit voor zwaveldioxide en zwevende deeltjes, waarbij de gravimetrische normen omgerekend zijn in PM₁₀-waarden.

⁵ 1 januari 2005 is de uiterste realisatiedatum van deze grenswaarde; er wordt nog geen rekening gehouden met indicatieve 2^e fase EU-normen voor PM₁₀.

⁶ In nieuw Besluit Luchtkwaliteit ongewijzigd overgenomen uit Staatsblad (1997), nr. 459.

⁷ In nieuw Besluit Luchtkwaliteit ongewijzigd overgenomen uit Staatsblad (1997), nr. 460.

Stof	type norm	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Fluoride	MTR ⁸ (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 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0,0005									
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									
Arseen	MTR (jaargemiddelde, in $\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0,5									
	Streefwaarde (jaargemiddelde, in $\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0,005									
Cadmium	Streefwaarde als depositienorm (in g/ha/jr)	1									

⁸ Maximaal Toelaatbaar Risico

C2. Toekomstige luchtkwaliteitsdoelstellingen

De tweede Europese dochterrichtlijn (EU, 2000) betreffende de grenswaarden voor benzeen en koolstofdioxide in de lucht is sinds 13 december 2000 in Europa van kracht. Op 13 december 2002 moet de richtlijn in de nationale wetgeving zijn opgenomen. In de

richtlijn staan nieuwe grenswaarden en plandrempels en de tijdstippen waarop hieraan moet worden voldaan. De volgende tabel geeft de uitwerking van de tweede Europese dochterrichtlijn in een nieuw Besluit luchtkwaliteit.

Stof	Type norm	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
CO	Grenswaarde (humaan, 98 percentiel van 8 uurgemiddelden in $\mu\text{g}/\text{m}^3$)	6000								
	Grenswaarde (humaan, 99,9 percentiel van uurgemiddelden in $\mu\text{g}/\text{m}^3$)	40000								
	Grenswaarde (humaan, hoogste 8-uurgemiddelde in $\mu\text{g}/\text{m}^3$)				10000					
	Plandrempeel (humaan, hoogste 8-uurgemiddelde in $\mu\text{g}/\text{m}^3$)	16000	14000	12000						
	Toetswaarde ⁹ (humaan, 98 percentiel van 8 uurgemiddelden in $\mu\text{g}/\text{m}^3$)		4900	4200	3600					
Ben- zeen	Grenswaarde (humaan, jaargemiddelde in $\mu\text{g}/\text{m}^3$)	10								
	Grenswaarde (humaan, jaargemiddelde in $\mu\text{g}/\text{m}^3$)									5
	Plandrempels (humaan, jaargemiddelde in $\mu\text{g}/\text{m}^3$)						9	8	7	6

n.v.t

De derde Europese dochterrichtlijn voor ozon (EU, 2002) is sinds 9 maart 2002 in Europa van kracht. Op 9 september 2003 moet de richtlijn in de nationale wetgeving zijn opgenomen. De richtlijn bevat streefwaarden, langetermijndoelstellingen, een informatie- en alarmprempeel. De streefwaarden moeten in 2010 zoveel mogelijk zijn bereikt. Voor het omgaan met informatie- en alarmprempeels en de daarmee samenhangende actieplannen verwijzen we hier naar de Smogregeling 2001 (Staatsblad, 2001, nr 109). Hiernaast worden de streefwaarden, langetermijndoelstellingen en de informatie- en alarmprempeel in een tabel weergegeven.

⁹ De toetswaarde is een indicatieve norm voor de moeilijker te berekenen EU-norm, de hoogste 8-uurgemiddelde concentratie. De toetswaarde kan worden berekend met behulp van het CARII-model (Folkert, van Velze en Dekkers, 2002)

Stof	Type norm	Waarde
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
	Streefwaarde (Ecosysteem, AOT40, op basis van uurwaarden van mei t/m juli gemiddeld over 5 jaar, in $\mu\text{g}/\text{m}^3\cdot\text{uur}$)	18000
	Langetermijndoelstelling (humaan, hoogste 8-uurgemiddelde van een dag. Mag niet worden overschreden, in $\mu\text{g}/\text{m}^3$)	120
	Langetermijndoelstelling (Ecosysteem, AOT40, op basis van uurwaarden van mei t/m juli, in $\mu\text{g}/\text{m}^3\cdot\text{uur}$)	6000
	Informatiedrempeel (uurgemiddelde in $\mu\text{g}/\text{m}^3$)	180
	Alarmprempeel (uurgemiddelde in $\mu\text{g}/\text{m}^3$)	240

C3. Referenties van wetgeving per stof

Component	kader	Referentie
Zwavel dioxide	NL	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).
	EU	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).
Stikstof(di)oxide	NL	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).
	EU	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)	NL	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).
	EU	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	EU	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).
	EU	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	NL	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 koolstof monoxide en lood (Stb. 1987, 34), zoals dit laatstelijk is gewijzigd bij besluit van 22 september 1997, Stb. 456.
	EU	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.

Component	kader	Referentie
Benzeen	NL	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.
	NL	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 (Stb. 1993, 35) zoals dit laatstelijk is gewijzigd bij besluit van 22 september 1997, Stb. 456.
	EU	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	NL	TK (1990) Milieuprogramma, Voortgangsrapportage 1990-1993. Tweede Kamer, vergaderjaar 1989-1990, 21304 nr.1-2, SDU Den Haag.
	EU	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	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	NL	Slooff, W., Eerens, H.C., Janus, J.A., Ros, J.P.M. (1988). Basisdocument fluoriden. Rapportnr. 758474005, Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu, Bilthoven.
	NL	VROM (1999). Stoffen en normen. Samson bv., Alphen aan de Rijn..
PAK	NL	VROM (1999). Stoffen en normen. Samson bv., Alphen aan de Rijn.
Arseen	NL	VROM (1999). Stoffen en normen. Samson bv., Alphen aan de Rijn.
Cadmium	NL	VROM (1999). Stoffen en normen. Samson bv., Alphen aan de Rijn.

Overige referenties:

Staatsblad (2001), nr 109. Smogregeling 2001.

Folkert, R.J.M., Van Velze, K., Dekkers, A.L.M., (2002).

Koolmonoxide normen en waarden. RIVM briefrapport.

Bijlage D

Overschrijdingen van de luchtkwaliteitsdoelstellingen¹

¹ Opmerking: Niet alle kwaliteitsdoelstellingen zijn in onderstaande lijst vermeld. Van niet-vermelde doelstellingen zijn geen overschrijding waargenomen. Voor het overschrijdingsoverzicht zijn, naast data uit het LML, metingen meegenomen van meetnetten van: Provincie Limburg, Provincie Noord-Holland, Provincie Zeeland, DCMR Milieudienst Rijnmond, OMEGAM en Aluminium Delfzijl B.V.

Bijlage D

Stikstofdioxide

Nederlandse grenswaarde:

- jaargemiddelde 40 µg/m³ zie Tabel D1

Zwevende deeltjes (PM₁₀-methode)

Grenswaarde:

- daggemiddelde 50 µg/m³ zie Tabel D2

- jaargemiddelde 40 µg/m³ Schiedam 43 µg/m³ **
Overschie ¹ 46 µg/m³ **

¹ schatting op basis van 9 maand metingen (DCMR, 2002)

Ozon

EU-drempelwaarden:

- 8-uursgemiddelde	110 µg/m ³	zie Tabel D3
- uurgemiddelde	180 µg/m ³	zie Tabel D3
- uurgemiddelde	200 µg/m ³	zie Tabel D3
- 24-uursgemiddelde	65 µg/m ³	zie Tabel D3

Fluoride

MTR:

daggemiddelde	0,3 µg/m ³	Nieuwdorp 3,4 µg/m ³ Sas van Gent 1,6 µg/m ³ Vlaardingen 0,4 µg/m ³
---------------	-----------------------	--

jaargemiddelde	0,05 µg/m ³	Nieuwdorp 0,4 µg/m ³ Sas van Gent 0,2 µg/m ³
----------------	------------------------	---

Tabel D1: Overschrijdingen van de Nederlandse grenswaarde voor de jaargemiddelde NO₂-concentraties (40 µg/m³) in 2001.

Stations:	Jaagem. (µg/m ³)	Overschrijding (%)
stadstations:		
418 Rotterdam-Schiedamsevest*	43	7,5
straatstations:		
237 Eindhoven-Noordbrabantlaan*	42	5,0
238 Eindhoven-Piuslaan	47	17,5
433 Vlaardingen-Floreslaan*	46	15,0
537 Haarlem-Amsterdamsevaart	43	7,5
636 Utrecht-de Jongweg	41	2,5
637 Utrecht-Wittevrouwenstraat	51	27,5
638 Utrecht-Vleutenseweg*	48	20,0
639 Utrecht-Erzejstraat	47	17,5
641 Breukelen-Snelweg	45	12,5
728 Apeldoorn-Stationsstraat*	44	10,0
niet-LML-stations:		
DCMR - Schiedam (22)	44	10,0
DCMR - Hoogvliet (12)	42	5,0
DCMR - Overschie 1 **	56	40,0
DCMR - Overschie 2 **	51	27,5

- De meetreeks voldoet niet aan de in het Besluit Luchtkwaliteit gestelde eisen met betrekking tot de maximaal toegestane uitval van metingen.

** Schatting op basis van 6 maand metingen (DCMR, 2002)

Tabel D2: sOverschrijdingen van de grenswaarde voor de 24-uursgemiddelde PM₁₀-concentratie (50 µg/m³) in 2001, overschrijding is op 35 dagen per jaar toegestaan.

Stations:	Aantal dagen > 50 (µg/m ³)	Overschrijding (%)
regionale stations:		
131 Vredepeel-Vredeweg	57	63
230 Biest Houtakker-Biestsestraat	66	89
318 Philippine-Stelleweg	43	23
724 Wageningen-Binnenhaven	41	17
stadsstations:		
404 Den Haag-Rebecquestraat	44	26
418 Rotterdam-Schiedamsevest	45	29
straatstations:		
236 Eindhoven-Genovevalaan	53	51
639 Utrecht-Erzejstraat	51	46
728 Apeldoorn-Stationstraat	64	83
niet-LML-stations		
DCMR-Schiedam	98	180
DCMR-Overschie 1	170	386
DCMR-Overschie 2	68	94
DCMR-Overschie 3	57	63

Tabel D3: Overschrijding van de EU-drempelwaarden voor ozon (in µg/m³) in 2001.
(-) betekent geen overschrijding waargenomen.

Stations:	Bescherming en waarschuwing bevolking		Bescherming vegetatie	
	8-uursgemiddelde ¹ #dagen >110 µg/m ³	Uurgemiddelde #dagen met uur >180 µg/m ³	Uurgemiddelde #dagen met uur >200 µg/m ³	24-uursgemiddelde #dagen >65 µg/m ³
regionale stations:				
107 Posterholt-Vlodropperweg	26	4	3	34
131 Vredepeel-Vredeweg	28	2	1	44
133 Wijnandsrade-Opfergelstraat	17	-	-	24
227 Budel-Toom	28	3*	1*	48
230 Biest Houtakker-Biestsestraat	19	1	1	33
232 Volkel-Heikantsepad	28	5	1	53
235 Huijbergen-Vennekenstraat	12	1	1	12
301 Zierikzee-Lange Slikweg	17	4	4	80
318 Philippine-Stelleweg	16	1	1	48
411 Schipluiden-Groeneveld	7	3	-	30
437 Westmaas-Groeneweg	11	2	-	27
444 De Zilk-Vogelaarsdreef	17	4	-	78
538 Wieringerwerf-Medemblikkerw.	9	1	-	62
620 Cabauw-Zijdeweg*	10	-	-	30
631 Biddinghuizen-Hoekwantweg	11	-	-	55
633 Zegveld-Oude Meije	10	-	-	41
722 Eibergen-Lintveldseweg	18	-	-	43

Stations:	Bescherming en waarschuwing bevolking		Bescherming vegetatie	
	8-uur-gemiddelde ¹ #dagen >110 µg/m ³	Uurgemiddelde #dagen met uur >180 µg/m ³	Uurgemiddelde #dagen met uur >200 µg/m ³	24-uursgem. #dagen >65 µg/m ³
724 Wageningen-Binnenhaven	20	4	1	42
733 Loenen-Eerbeeksedijk	16	-	-	35
807 Hellendoorn-Luttenbergerweg	14	-	-	34
818 Barsbeek-De Veenen	12	-	-	68
913 Sappemeer-Borgercompagnie	7	-	-	25
918 Balk-Trophornsterweg	11	2	-	77
929 Vathermond-Noorderdiep	10	1	-	49
934 Kollumerwaard-Hooge Zuidwal	4	-	-	54
stadsstations:	-	-	-	-
404 Den Haag-Rebecquestraat	8	3	1	38
441 Dordrecht-Frisostraat	14	2	-	22
520 Amsterdam-Florapark	11	-	-	38
640 Utrecht-universiteitsbib.	8	-	-	21
straatstations:	-	-	-	-
236 Eindhoven-Genovevalaan	4	-	-	12
238 Eindhoven-Piuslaan	8	2	-	11
433 Vlaardingen-Floreslaan	7	2	-	8
636 Utrecht-de Jongweg	4	-	-	20
638 Utrecht-Vleutenseweg	5	-	-	6
639 Utrecht-Erzejstraat	4	-	-	8
641 Breukelen-Snelweg	4	-	-	13
729 Apeldoorn-Arnhemseweg	10	-	-	16
niet-LML-stations	-	-	-	-
DCMR-Schiedam	-	5	-	-
DCMR-Hoogvliet	-	3	-	-
DCMR-Maasluis	-	2	-	-

¹ Wordt vier maal per dag berekend op basis van acht uurwaarden tussen 00.00 - 08.00 uur, 08.00 - 16.00 uur, 16.00 - 00.00 uur en 12.00 - 20.00 uur.

* De meetreeks voldoet niet aan de in het Besluit luchtkwaliteit gestelde eisen met betrekking tot de maximaal toegestane uitval van metingen.

Bijlage E

Concentratiekengetallen per station

Inhoudsopgave:

Tabel E1.1	zwaveldioxide
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	koolstofmonoxide
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	VOS
Tabel E8	benzeen

In de tabellen zijn overschrijdingen van Nederlandse- en Europese grenswaarden in **rood** weergegeven.

Tabel E1.1: Kentallen van de concentratieverdeling van zwaveldioxide in 2001 (in $\mu\text{g}/\text{m}^3$)

middelingstijd in uren kental	kalenderjaar 2001							Meteorologisch jaar (apr. 2001 - mrt. 2002)				Winter (okt. 2001-mrt. 2002)		
	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
NL-grenswaarde	20		125 ²				350 ³					20		
NL-grenswaarde							500 ⁴							
regionale stations:														
107 Posterholt-Vlodropperweg	3	2	7	8	17	11	32	3	2	11	17	3	3	13
131 Vredepeel-Vredeweg	3	2	7	8	11	9	33	2	2	8	14	2	2	9
133 Wijnandsrade-Opfergeltstraat	3	2	7	9	12	10	35	3	2	9	14	3	2	10
227 Budel-Toom	3	3	9	10	13	11	42	3	3	11	16	4	3	13
230 Biest Houtakker-Biestsestraat	3	3	7	10	14	12	69	3	3	11	16	4	3	11
232 Volkel-Heikantsepad	2	2	5	7	9	8	36	2	2	7	10	2	2	7
235 Huijbergen-Vennekenstraat	6	5	16	20	27	21	124	6	5	22	39	7	5	25
301 Zierikzee-Lange Slikweg	5	4	11	13	28	15	75	5	4	13	17	5	4	13
318 Philippine-Stelleweg	5	4	15	18	25	20	81	5	3	17	21	5	4	17
411 Schipluiden-Groeneveld	7	6	17	20	31	25	155	7	6	20	28	8	7	20
415 Maassluis-Vlaardingsedijk	10	8	24	29	63	34	208	10	8	29	38	11	9	35
437 Westmaas-Groeneweg	4	3	8	9	16	11	76	4	3	10	17	4	3	10
444 De Zilk-Vogelaarsdreef	3	3	7	9	15	11	49	3	3	10	13	4	3	11
538 Wieringerwerf-Medemblikkerweg	1	1	4	5	9	7	29	1	1	5	9	1	1	6
620 Cabauw-Zijdeweg*	2	2	6	7	15	8	75	2	2	9	15	3	2	9
627 Bilthoven-Van Leeuwenhoeklaan	3	2	6	8	16	10	39	3	2	8	12	3	3	9
631 Biddinghuizen-Hoekwantweg	1	1	4	5	9	5	20	1	1	4	7	2	1	6
633 Zegveld-Oude Meije	3	3	7	7	12	10	32	3	3	8	10	3	3	9
722 Eibergen-Lintveldseweg	1	1	3	4	7	5	30	1	1	5	12	2	1	7
724 Wageningen-Binnenhaven	3	2	8	10	11	10	31	3	2	8	13	3	2	9
733 Loenen-Eerbeeksedijk	2	1	4	6	8	7	32	2	1	6	9	2	2	8
807 Hellendoorn-Luttenbergerweg	1	1	4	5	7	6	25	1	1	5	11	1	1	6
818 Barsbeek-De Veenen*	1	1	4	4	9	5	23	2	1	5	6	2	2	6
913 Sappemeer-Borgercompagnie	1	1	3	4	8	7	33	1	1	4	8	1	1	4
918 Balk-Trophornsterweg	1	1	4	5	7	6	27	2	1	6	10	2	2	6
929 Valthermond-Noorderdiep	1	1	4	5	9	7	27	1	1	5	8	2	1	6
934 Kollumerwaard-Hooge Zuidwal	1	1	3	4	7	4	26	1	1	4	6	1	1	4
stadsstations:														
404 Den Haag-Rebecquestraat	5	4	11	14	20	17	46	5	4	14	24	5	3	15
416 Vlaardingen-Lyceumlaan	11	10	27	35	53	38	132	13	11	44	65	16	13	53
418 Rotterdam-Schiedamsevest	8	6	19	23	32	26	100	8	7	24	40	9	8	23
518 Amsterdam-Cabeliaustraart	4	4	9	10	17	12	71	4	4	10	14	4	4	11
520 Amsterdam-Florapark	4	3	10	13	23	14	218	4	3	12	15	5	4	13
straatstations:														
237 Eindhoven-Noordbrabantlaan	3	3	7	10	15	11	52	3	3	10	13	4	3	11
433 Vlaardingen-Floreslaan	11	10	27	32	55	38	153	11	10	33	44	14	12	36
638 Utrecht-Vleutenseweg	4	3	9	11	17	13	82	4	3	10	13	4	4	10
641 Breukelen-Snelweg	4	3	8	9	15	11	30	3	3	8	11	3	3	8
729 Apeldoorn-Arnhemseweg	2	2	5	6	8	7	28	2	2	6	9	3	2	7

	kalenderjaar 2001							Meteorologisch jaar (apr. 2001 - mrt. 2002)				Winter (okt. 2001-mrt. 2002)				
	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	24 P98
NL-grenswaarde			20					125 ²	350 ³					20		
NL-grenswaarde									500 ⁴							
niet LML-stations:																
Prov. Limburg - Stein Heuvelstraat			5	4	14	18	23									62
Prov. Limburg - Geleen Vouershof			7	6	14	17	21									50
Prov. Limburg - Geleen Asterstraat			7	6	13	16	23									60
Prov. Limburg - Maastricht			5	5	12	15	18									30
DCMR - Hoek van Holland (24)			13	11	30	39	66									240
DCMR - Maassluis (2)			13	12	26	30	46									188
DCMR - Vlaardingen (6)			15	14	29	42	74									206
DCMR - Pernis (11)			10	9	20	24	32									121
DCMR - Hoogvliet (12)			11	9	24	27	43									111
DCMR - Geulhaven (15)			17	15	40	51	132									440
DCMR - Zwartewaal (25)			11	9	29	38	93									505
DCMR - Schiedam (22)			14	12	29	34	53									123
Prov. N.Holland – IJmuiden (551)			9	7	23	31	49									183
Prov. N.Holland - Wijk aan Zee (553)			5	2	20	26	46									115

* de meetreeks voldoet niet aan de in het besluit gestelde criteria ten aanzien van aggregatie van meetdata .

¹ concentratie die in 2001 op 3 dagen is overschreden, zie ook § 4.5

² overschrijding is op 3 dagen per jaar toegestaan

³ overschrijding is op 24 dagen 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 2001 in (µg/m³)

		middelingstijd in uren		24	24	24	24	24	
		kental	gem	P50	P95	P98	max	aantal	
station:									
131	Vredepeel-Vredeweg	3	2	7	8	12	343		
235	Huijbergen-Vennekenstraat	3	3	6	9	13	350		
444	De Zilk-Vogelaarsdreef	3	2	6	7	14	356		
538	Wieringerwerf-Medemblikkerweg	3	2	6	8	15	361		
627	Bilthoven-Van Leeuwenhoeklaan	3	2	6	8	13	359		
929	Valthermond-Noorderdiep	2	2	5	6	11	350		
934	Kollumerwaard-HoogeZuidwal	2	2	5	7	10	327		

Tabel E2.1: Kentallen van de concentratieverdeling van stikstofdioxide in 2001 (in $\mu\text{g}/\text{m}^3$)

middelingstijd in uren kental	Kalenderjaar 2001							Zomer 2001 (apr.-sept.)			Winter (okt.2001-mrt.2002)		
	1 gem	1 P50	1 P95	1 P98	1 P99,5	1 max	1 c18 ¹	1 gem	1 P50	1 P98	1 gem	1 P50	1 P98
NL-grenswaarde	40												
NL-grenswaarde	200 ²												
	400 ³												
regionale stations:													
107 Posterholt-Vlodropperweg	25	22	50	57	69	146	77	21	18	55	28	27	60
131 Vredepeel-Vredeweg*	22	19	48	56	64	84	69	18	16	50	25	21	60
133 Wijnandsrade-Opfergeltstraat*	22	18	48	55	64	107	69	17	15	42	24	21	55
227 Budel-Toom*	22	18	49	57	70	83	72	18	15	48	24	21	61
230 Biest Houtakker-Biestsestraat*	24	21	51	58	69	95	74	19	16	49	26	24	59
232 Volkel-Heikantsepad*	24	21	53	61	68	95	72	19	16	49	27	25	61
235 Huijbergen-Vennekenstraat	24	21	52	60	74	139	82	18	16	49	29	27	63
301 Zierikzee-Lange Slikweg*	21	16	53	62	74	159	83	16	13	50	23	18	64
318 Philippine-Stelleweg	21	16	52	59	70	135	83	15	12	50	23	19	60
411 Schipluiden-Groeneveld	34	30	74	85	103	170	123	25	21	74	39	38	85
437 Westmaas-Groeneweg*	27	23	58	66	78	149	83	20	17	56	28	26	66
444 De Zilk-Vogelaarsdreef	20	15	57	66	77	117	84	14	11	55	22	16	63
538 Wieringerwerf-Medemblikerweg	15	10	44	53	63	86	67	10	8	34	17	13	55
620 Cabauw-Zijdeweg	24	20	53	59	68	83	73	18	15	50	28	27	63
631 Biddinghuizen-Hoekwantweg	18	14	44	53	65	114	69	12	10	36	21	18	54
633 Zegveld-Oude Meije	22	18	52	61	72	105	78	16	13	43	27	24	63
722 Eibergen-Lintveldseweg*	19	16	40	47	54	69	56	15	14	36	20	18	48
724 Wageningen-Binnenhaven*	26	22	56	64	72	96	75	19	16	55	30	28	68
733 Loenen-Eerbeeksedijk*	21	18	48	55	62	73	66	15	14	39	26	24	60
807 Hellendoorn-Luttenbergerweg	16	13	40	47	55	69	56	11	10	33	20	17	56
818 Barsbeek-De Veenen*	15	12	39	46	54	73	58	11	9	34	20	17	53
913 Sappemeer-Borgercompagnie	15	12	36	43	51	82	59	11	9	32	17	14	48
918 Balk-Trophornsterweg*	12	9	35	44	55	74	61	9	7	26	16	12	58
929 Valthermond-Noorderdiep	14	11	35	42	52	81	59	10	9	30	18	14	54
934 Kollumerwaard-Hooge Zuidwal*	10	8	29	36	43	50	45	7	6	24	14	11	47
stadsstations:													
404 Den Haag-Rebecquestraat	35	29	78	94	118	174	131	27	22	84	40	36	100
418 Rotterdam-Schiedamsevest*	43	41	78	90	109	150	117	38	35	89	44	43	86
441 Dordrecht-Frisostraat	36	34	68	78	92	122	99	30	27	71	40	39	78
518 Amsterdam-Cabeliaustraaf*	40	38	76	86	109	149	121	36	33	81	45	44	91
520 Amsterdam-Florapark	38	36	75	85	101	139	111	33	29	81	43	42	86
640 Utrecht-Universiteitsbibliotheek	34	31	68	77	91	148	97	27	24	65	40	40	80
straatstations:													
236 Eindhoven-Genovevalaan	38	37	67	75	87	134	95	36	34	79	38	38	72
237 Eindhoven-Noordbrabantlaan*	42	41	76	87	103	164	114	40	37	88	40	40	81
238 Eindhoven-Piuslaan	47	46	82	96	118	190	133	48	46	102	45	45	85
433 Vlaardingen-Floreslaan*	46	44	81	97	122	219	132	41	39	89	44	43	90
537 Haarlem-Amsterdamsevaart	43	41	80	90	106	173	118	39	37	85	44	44	92
636 Utrecht-de Jongweg	41	40	77	86	101	184	119	37	34	86	43	44	82
637 Utrecht-Wittevrouwenstraat	51	50	93	105	120	167	130	46	44	105	49	50	92
638 Utrecht-Vleutenseweg*	48	47	85	99	120	226	129	44	42	91	49	49	99

middelingstijd in uren kental	Kalenderjaar 2001							Zomer 2001 (april-sept.)			Winter (okt.2001-mrt.2002)		
	1 gem	1 P50	1 P95	1 P98	1 P99,5	1 max	1 c181	1 gem	1 P50	1 P98	1 gem	1 P50	1 P98
NL-grenswaarde	40					200 ²							
NL-grenswaarde						400 ³							
639 Utrecht-Erzejstraat	47	45	84	94	114	181	125	42	40	93	50	50	94
641 Breukelen-Snelweg	45	44	84	96	117	167	125	43	41	97	46	46	93
727 Apeldoorn-Loolaan	31	29	60	69	81	134	90	27	24	66	34	33	72
728 Apeldoorn-Stationsstraat*	44	42	78	89	103	130	108	40	37	89	49	48	92
729 Apeldoorn-Arnhemseweg*	32	30	64	73	86	116	90	26	23	71	36	35	79
niet-LML-stations:													
Prov. Limburg-Stein Heuvelstraat	28	24		68	80	129							
Prov. Limburg-Geleen (02)	32	30		71	83	126							
Prov. Limburg-(03) Asterstraat	30	28		58	80	118							
Prov. Limburg-Maastricht	35	29		110	159	233							
DCMR- Schiedam (22)	44	42	78	89	105	162							
DCMR-Hoogvliet (12)	42	38	79	92	112	168							
DCMR- Maassluis (2)	34	31	66	77	96	158							
Prov. N.Holland- Badhoevedorp	35	32	70	79	97	679							
Prov. N.Holland-Oude Meer	36	33	74	85	97	126							
Prov. N.Holland-Hoofddorp	28	23	66	74	89	141							
Prov. N.Holland-Wijk aan Zee	24	16	67	81	95	164							
Prov. N.Holland-IJmuiden	35	31	69	81	100	273							
Prov. N.Holland-Badhoevedorp	35	32	79	79	97	679							

* de meetreeks voldoet niet aan de in het besluit gestelde criteria ten aanzien van aggregatie van meetdata.

¹ concentratie die in 2001 op 18 dagen is overschreden, zie ook § 4.4

² overschrijding is op 18 dagen per jaar toegestaan

³ overschrijding indien concentratie optreedt in drie opeenvolgende uren in een gebied groter dan 100 km².

Tabel E2.2: Kentallen van de concentratieverdeling van stikstofoxiden (NO₂ + NO) in 2001
(in (µg/m³)¹)

middelingstijd in uren kental	Kalenderjaar 2001					Zomer 2001 (april-sept.)				Winter (okt. 2001-mrt. 2002)			
	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
EU-grenswaarde	30 ²												
regionale stations:													
107 Posterholt-Vlodropperweg	40	27	117	178	463	27	21	61	77	48	34	132	178
131 Vredepeel-Vredeweg	33	21	92	147	448	23	17	54	67	36	25	105	140
133 Wijnandsrade-Opfergeltstraat Budel-Toom	34	21	103	174	551	21	17	48	61	42	25	132	218
	33	21	103	153	346	23	17	55	77	36	23	115	149
230 Biest Houtakker-Biestsestraat	38	23	121	209	610	23	19	55	78	44	27	126	207
232 Volkel-Heikantsepad	36	23	113	199	589	21	17	52	65	44	29	128	197
235 Huijbergen-Vennekenstraat	36	23	109	176	643	21	17	46	63	44	31	128	170
301 Zierikzee-Lange Slikweg	29	17	94	145	557	17	13	48	63	33	19	98	163
318 Philippine-Stelleweg	31	17	98	170	528	17	11	48	67	33	21	98	145
411 Schipluiden-Groeneveld	57	33	186	304	765	33	23	88	122	71	46	210	329
437 Westmaas-Groeneweg	48	25	161	291	666	23	19	59	80	52	29	168	275
444 De Zilk-Vogelaarsdreef	31	15	109	178	605	17	11	50	71	33	17	122	186
538 Wieringerwerf-Medemblikkerweg	19	11	61	92	360	11	8	31	42	21	13	69	98
620 Cabauw-Zijdeweg	38	21	126	216	507	21	17	55	73	50	31	163	243
631 Biddinghuizen-Hoekwantweg	25	15	78	126	335	13	11	36	50	31	19	94	132
633 Zegveld-Oude Meije	34	19	119	197	511	19	15	46	63	44	27	153	222
722 Eibergen-Lintveldseweg	25	19	65	92	237	17	15	36	48	27	21	65	78
724 Wageningen-Binnenhaven	48	25	186	256	612	33	19	103	187	54	33	174	237
733 Loenen-Eerbeeksedijk	31	19	98	149	495	17	15	42	57	38	27	109	151
807 Hellendoorn-Luttenbergerweg	23	15	65	98	239	13	11	34	46	27	19	82	111
818 Barsbeek-De Veenen	19	13	59	94	304	11	10	31	40	29	19	86	124
913 Sappemeer-Borgercompagnie	19	13	55	78	207	11	10	29	36	23	15	71	92
918 Balk-Trophornsterweg	13	10	42	65	186	10	8	25	33	21	11	75	109
929 Valthermond-Noorderdiep	17	11	50	69	224	11	10	29	36	23	15	71	94
934 Kollumerwaard-Hooge Zuidwal	11	8	36	52	201	8	6	21	31	19	11	61	82
stadsstations:													
404 Den Haag-Rebecquestraat	55	34	166	274	821	34	25	88	124	65	42	195	291
418 Rotterdam-Schiedamsevest	71	50	201	306	968	46	40	105	138	80	59	235	333
441 Dordrecht-Frisostraat	67	40	197	354	1349	38	31	94	134	82	52	249	390
518 Amsterdam-Cabeliaustraart	82	54	249	383	1217	63	46	172	231	96	67	274	379
520 Amsterdam-Florapark	65	44	184	289	865	42	33	109	143	80	55	233	335
640 Utrecht-Universiteitsbibliotheek	57	36	161	274	805	34	29	75	105	69	48	201	293
straatstations:													
236 Eindhoven-Genovevalaan	105	80	283	417	1375	80	71	184	222	111	80	329	450
237 Eindhoven-Noordbrabantlaan	99	73	285	421	1219	77	61	191	251	103	73	306	438
238 Eindhoven-Piuslaan	140	109	360	482	1161	117	99	270	341	143	115	369	484
433 Vlaardingen-Floreslaan	115	78	331	597	2366	82	67	197	256	117	77	350	605
537 Haarlem-Amsterdamsevaart	98	71	262	400	1387	69	59	165	210	107	80	283	404
636 Utrecht-de Jongweg	94	69	262	390	1129	71	54	184	251	109	80	306	413
637 Utrecht-Wittevrouwenstraat	122	84	369	497	1354	86	61	243	341	111	84	300	419
638 Utrecht-Vleutenseweg	115	88	304	450	1339	84	75	184	226	128	94	358	530

middelingstijd in uren kental	Kalenderjaar 2001					Zomer 2001 (april-sept.)				Winter (okt. 2001-mrt. 2002)			
	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
EU-grenswaarde	30 ²												
639 Utrecht-Erzejstraat	119	86	319	499	1567	86	71	203	268	136	94	385	610
641 Breukelen-Snelweg	145	117	386	524	1044	124	113	306	375	161	128	438	541
727 Apeldoorn-Loolaan	67	50	184	258	698	48	40	119	145	78	59	207	283
728 Apeldoorn-Stationstraat	109	75	329	440	1050	80	59	218	297	132	94	379	484
729 Apeldoorn-Arnhemseweg	71	48	214	300	846	48	33	136	193	90	59	270	367

¹ NO_x is uitgedrukt in NO₂ µg/m³, bij standaard temperatuur en druk, 1 ppb NO_x = 1,913 µg/m³ NO_x

² de norm kent een beperkt toepassingsgebied in zone noord.

Tabel E2.3: Kentallen van de concentratieverdeling van ammoniak in 2001 (in µg/m³)

middelingstijd in uren kental	1 gem	1 P50	1 P95	1 P98	1 max
Station:					
131 Vredepeel-Vredeweg	19	14	53	68	294
235 Huijbergen-Vennekenstraat	2	1	8	11	34
444 De Zilk-Vogelaarsdreef	-	-	-	-	-
538 Wieringerwerf-Medemblikkerweg	5	3	14	22	96
633 Zegveld-Oude Meije	8	5	21	29	128
722 Eibergen-Lintveldseweg	9	7	22	30	63
738 Wekerom-Riemterdijk	16	10	52	78	479
929 Valthermond-Noorderdiep	4	3	10	13	30

Tabel E2.4: Kentallen van de concentratieverdeling van nitraataërosol in 2001 (in µg/m³)

middelingstijd in uren kental	24 gem	24 P50	24 P95	24 P98	24 max	24 aantal
station:						
131 Vredepeel-Vredeweg	5	4	10	12	18	343
235 Huijbergen-Vennekenstraat	4	3	9	12	18	350
444 De Zilk-Vogelaarsdreef	3	3	8	10	24	356
538 Wieringerwerf-Medemblikkerweg	4	3	10	13	30	361
627 Bilthoven-Van Leeuwenhoeklaan	4	3	10	11	15	359
929 Valthermond-Noorderdiep	3	3	8	11	13	350
934 Kollumerwaard-Hooge Zuidwal	3	3	8	11	17	327

Tabel E2.5: Kentallen van de concentratieverdeling van ammoniumaërosol in 2001 (in $\mu\text{g}/\text{m}^3$)

	middelingstijd in uren	24	24	24	24	24	
	kental	gem	P50	P95	P98	max	aantal
station:							
131 Vredepeel-Vredeweg		2	2	5	7	9	343
235 Huijbergen-Vennekenstraat		2	2	4	6	9	350
444 De Zilk-Vogelaarsdreef		2	1	4	5	10	356
538 Wieringerwerf-Medemblickerweg		2	2	5	6	11	361
627 Bilthoven-Van Leeuwenhoeklaan		2	2	5	6	9	359
929 Valthermond-Noorderdiep		2	1	4	4	7	349
934 Kollumerwaard-Hooge Zuidwal		2	1	4	5	7	327

Tabel E3: Kentallen van de concentratieverdeling van koolstofmonoxide in 2001 (in $\mu\text{g}/\text{m}^3$)

middelingstijd in uren kental	1	1	1	1	1	8	8	8
	P50	P98	P99,9	gem	max	P50	P98	max
NL-grenswaarde	40000					6000		
EU-grenswaarde						3600 ¹	10000	
regionale stations:								
230 BiestHoutakker-Biestsestraat	280	920	1820	330	2080	280	880	1950
411 Schipluiden-Groeneveld	260	1000	2280	320	2930	270	930	2260
633 Zegveld-Oude Meije	260	790	1680	300	1990	260	750	1860
733 Loenen-Eerbeeksedijk	250	780	1570	290	1800	250	740	1570
934 Kollumerwaard-Hooge Zuidwal	220	560	820	240	1050	220	550	920
stadsstations:								
418 Rotterdam-Schiedamsevest	420	1290	2520	480	3870	430	1190	2600
441 Dordrecht-Frisostraat	360	1810	7010	470	11410	370	1650	7150
518 Amsterdam-Cabeliaustraart	390	1800	4220	490	7870	400	1610	4350
640 Utrecht-Universiteitsbibliotheek	320	1180	2490	380	3030	320	1140	2380
straatstations:								
236 Eindhoven-Genovevalaan	690	2630	6070	840	9260	720	2430	7740
237 Eindhoven-Noordbrabantlaan	570	2460	5030	730	6660	610	2170	4710
238 Eindhoven-Piuslaan	690	2440	5110	820	6030	720	2100	4680
537 Haarlem-Amsterdamsevaart	630	2290	4830	750	6670	650	2000	4260
636 Utrecht-de Jongweg	470	1850	4160	580	7220	500	1680	3370
637 Utrecht-Wittevrouwenstraat	570	2150	4200	700	5950	590	1980	3220
638 Utrecht-Vleutenseweg	590	2330	4710	730	7860	610	2090	4710
639 Utrecht-Erzejstraat	560	2280	6110	700	8110	590	2100	5090
641 Breukelen-Snelweg	390	1050	1930	440	2230	410	940	2160
727 Apeldoorn-Loolaan	460	1710	3660	550	4640	480	1460	3810
728 Apeldoorn-Stationsstraat	480	2160	4200	640	5550	500	1850	4110
729 Apeldoorn-Arnhemseweg	410	1990	4120	550	4950	440	1680	3940
niet-LML-stations:								
Prov. N.Holland-Badhoevedorp	300	1490		400	5610			
Prov. N.Holland-Oude Meer	270	1120		330	3280			
Prov. N.Holland-Hoofddorp	220	950		280	2680			
Prov. N.Holland-IJmuiden	340	1860		460	6120			
Prov. N.Holland- Wijk aan Zee	190	1990		330	7050			

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, zie bijlage A en C.

Tabel E4: Kentallen van de concentratieverdeling van ozon in 2001 (in $\mu\text{g}/\text{m}^3$)

middelingstijd in uren kental	1 gem	1 P50	1 P98	1 max	24 max	8 P50	8 P98	8 max	Groei- seizoen gem	1 AOT40
EU-drempelwaarde					65			110		
EU-streefwaarde								120 ¹		18000
EU-informatiedrempel				180						
EU-alarmdrempel				240						
regionale stations:										
107 Posterholt-Vlodropperweg	39	36	121	221	113	37	113	198	74	9378
131 Vredepeel-Vredeweg	40	37	120	213	103	37	110	187	74	11208
133 Wijnandsrade-Opfergeltstraat	36	35	108	175	81	35	97	150	68	6635
227 Budel-Toom	42	39	123	210	107	40	112	184	75	9360
230 Biest Houtakker-Biestsestraat	36	32	111	201	99	33	102	172	67	7497
232 Volkel-Heikantsepad	40	37	122	206	109	38	114	184	75	
235 Huijbergen-Vennekenstraat	33	31	93	211	104	31	87	187	60	
301 Zierikzee-LangeSlikweg	49	50	111	223	113	49	105	197	77	7805
318 Philippine-Stelleweg	42	41	106	226	107	41	98	189	71	7747
411 Schipluiden-Groeneveld ²	38	36	96	196	88	36	90	155	63	5051
437 Westmaas-Groeneweg	37	37	99	183	112	37	92	159	66	
444 De Zilk-Vogelaarsdreef	48	49	108	198	102	49	102	167	75	7794
538 Wieringerwerf-Medemblikerweg	46	48	96	183	103	47	92	163	69	5843
620 Cabauw-Zijdedweg	38	37	101	170	96	37	95	151	66	6179
631 Biddinghuizen-Hoekwantweg	42	41	103	173	100	41	96	156	70	
633 Zegveld-Oude Meije	39	39	101	174	94	39	94	150	68	4650
722 Eibergen-Lintveldseweg	38	35	111	180	96	36	102	159	70	
724 Wageningen-Binnenhaven ²	37	33	114	209	106	34	106	175	69	
733 Loenen-Eerbeeksedijk ²	37	35	106	166	91	35	98	145	68	7891
807 Hellendoorn-Luttenbergerweg ²	39	38	107	179	97	38	99	148	71	
818 Barsbeek-De Veenen	44	45	103	172	97	45	98	152	72	7063
913 Sappemeer-Borgercompagnie	41	40	96	164	88	41	90	143	68	6127
918 Balk-Trophornsterweg	49	50	101	194	109	50	95	178	74	6776
929 Valthermond-Noorderdiep	43	41	103	196	90	42	98	160	72	
934 Kollumerwaard-Hooge Zuidwal	46	47	95	172	87	46	91	146	67	4716
stadsstations:										
404 Den Haag-Rebecquestraat	39	39	95	202	93	39	90	170	64	4438
441 Dordrecht-Frisostraat	32	28	104	200	105	29	97	184	63	6243
520 Amsterdam-Florapark	34	30	98	173	96	30	93	151	59	4483
640 Utrecht-Universiteitsbibliotheek	31	27	97	159	92	27	91	147	58	4062
straatstations:										
236 Eindhoven-Genovevalaan	27	24	86	156	83	24	81	136	46	2845
238 Eindhoven-Piuslaan	26	21	90	194	84	22	82	166	48	2230
433 Vlaardingen-Floreslaan	29	25	88	184	88	26	81	147	52	3161
636 Utrecht-de Jongweg	28	22	91	173	91	23	86	144	50	3179
638 Utrecht-Vleutenseweg	26	23	82	157	90	23	76	142	48	1719
639 Utrecht-Erzejstraat	26	21	81	139	79	22	74	122	48	
641 Breukelen-Snelweg	25	20	85	176	101	21	79	154	43	3276
729 Apeldoorn-Arnhemseweg	33	29	99	178	84	31	90	149	63	4577

middelings­tijd in uren kental	1 gem	1 P50	1 P98	1 max	24 max	8 P50	8 P98	8 max	Groei- seizoen gem	1 AOT40
EU-drempelwaarde					65			110		
EU-streefwaarde								120 ¹		18000
EU-informatiedrempel				180						
EU-alarmdrempel				240						
niet-LML-stations:										
DCMR-Schiedam (22)	36	31	103	219						
DCMR-Hoogvliet (12)	33	30	92	211						
DCMR- Maassluis (2)	42	39	107	215						
Prov. N.Holland-Badhoevedorp	37	36	96	159						
Prov. N.Holland-Oude Meer	36	35	97	174						
Prov. N.Holland-Hoofddorp	45	46	110	188						

¹ overschrijding is op 25 dagen per jaar toegestaan

² de meetreeks voldoet niet aan de criteria ten aanzien van aggregatie van meetdata.

Tabel E5.1: Kentallen van de concentratieverdeling van zwarte rook in 2001 (in $\mu\text{g}/\text{m}^3$)

middelingstijd in uren kental voormalig NL-grenswaarde voormalig EU-grenswaarde voormalig EU-richtwaarde	Kalenderjaar 2001					Meteorologisch jaar (apr. 2001-mrt. 2002)					Winter (okt. 2001 mrt. 2002)			
	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
		30	75	90	150		80		250			130		
						40- 60				100- 150				
regionale stations:														
131 Vredepeel-Vredeweg	8	5	20	31	67	7	5	18	23	35	9	7	23	30
133 Wijnandsrade-Opfergeltstraat	9	6	24	36	73	8	6	21	33	41	10	7	32	37
230 BiestHoutakker-Biestsestraat	10	7	28	37	93	9	6	25	34	52	11	9	34	37
318 Philippine-Stelleweg	8	4	24	33	117	7	4	22	32	61	9	6	29	36
437 Westmaas-Groeneweg	8	4	21	33	105	7	4	20	30	47	9	5	26	41
444 De Zilk-Vogelaarsdreef	5	2	16	23	67	4	2	15	18	42	6	3	17	29
538 Wieringerwerf-Medemblikkerweg	4	3	13	17	41	4	2	14	20	30	5	3	20	25
722 Eibergen-Lintveldseweg	6	4	16	24	49	5	3	15	22	36	7	4	20	24
724 Wageningen-Binnenhaven	8	5	22	36	64	7	4	22	33	43	10	7	27	36
929 Valthermond-Noorderdiep	5	3	13	19	40	4	3	14	19	24	6	4	18	19
stadstations:														
640 Utrecht-Universiteitsbibliotheek	11	8	26	42	90	10	8	26	36	53	12	10	33	40
straatstations:														
433 Vlaardingeng-Floreslaan	16	12	41	58	134	15	12	39	52	86	18	14	50	68
636 Utrecht-de Jongweg	19	16	41	63	98	18	16	40	51	72	20	16	49	55
637 Utrecht-Wittevrouwenstraat	26	21	62	81	144	20	18	47	55	89	22	18	48	55
niet-LML-stations:														
Prov. N.Holland-Badhoevedorp	10	8	30	46	101									
Prov. N.Holland-Oude Meer	11	10	30	47	106									
Prov. N.Holland-Hoofddorp	5	4	20	29	77									
DCMR-Schiedam (1500)	21	15	49	74	127									
DCMR-Rotterdam (1602)	23	20	42	52	88									

Tabel E5.2: Kentallen van de concentratieverdeling van fijn stof (PM₁₀) in 2001 (in µg/m³)¹

middelingstijd in uren kental	24	24	24	24	24
	gem.	P50	P95	P98	max.
NL-grenswaarde					50 ²
regionale stations:					
131 Vredepeel-Vredeweg	35	32	68	81	114
133 Wijnandsrade-Opfergeltstraat	30	28	57	69	97
230 Biest Houtakker-Biestsestraat	36	32	71	88	128
318 Philippine-Stelleweg	33	27	65	84	208
437 Westmaas-Groeneweg	32	27	62	76	209
444 De Zilk-Vogelaarsdreef	29	26	56	71	129
538 Wieringerwerf-Medemblikkerweg	25	22	51	68	131
722 Eibergen-Lintveldseweg	28	25	49	59	128
724 Wageningen-Binnenhaven	32	28	64	77	118
929 Valthermond-Noorderdiep	30	26	57	67	118
stadsstations:					
404 Den Haag-Rebecquestraat	36	32	63	88	213
418 Rotterdam-Schiedamsevest	37	33	64	88	216
441 Dordrecht-Frisostraat	29	25	53	65	161
520 Amsterdam-Florapark	29	25	54	77	150
straatstations:					
236 Eindhoven-Genovevalaan	35	31	68	81	145
433 Vlaardingen-Floreslaan	32	28	57	72	221
639 Utrecht-Erzejstraat	37	33	66	77	159
641 Breukelen-Snelweg	31	28	55	73	145
728 Apeldoorn-Stationsstraat	37	33	66	84	126
niet-LML-stations:					
Prov. Limburg-Geleen (03)	29	26	49	63	100
Prov. Limburg-Maastricht	32	29	60	71	103
DCMR - Schiedam (1500)	43	39	80	92	95
Prov. N.Holland – De Rijp	23	20	37	51	92
Prov. N.Holland – Badhoevedorp	27	24	45	57	98
Prov. N.Holland – Oude Meer	23	21	39	49	96
Prov. N.Holland – Hoofddorp	25	23	47	59	122
Prov. N.Holland – IJmuiden	29	28	51	63	104
Prov. N.Holland - Wijk aan Zee (553)	31	28	60	76	114

¹ Vrijwel alle gepresenteerde PM₁₀-metingen zijn vermenigvuldigd met een empirische factor 1,33 als correctie voor een systematische onderschatting door de monsternemingsapparatuur. De uitzondering hierop zijn PM₁₀-metingen van de DCMR, waar vanwege andere meetapparatuur een empirische factor van 1,9 wordt gebruikt.

² Overschrijding is op 35 dagen per jaar toegestaan (zie ook bijlage D).

Tabel E6.1: Kentallen van de concentratieverdeling van arseen in 2001 (in ng/m³)

	middelings- tijd in uren	24	24	24	24	24	
	kental	gem	P50	P95	P98	max	aantal
station:							
230 Biest Houtakker-Biestsestraat		1,1	0,8	2,5	3,9	6,3	183
433 Vlaardingen-Floreslaan		0,8	0,6	1,8	2,8	10,3	176
627 Bilthoven-van Leuvenhoeklaan		0,8	0,6	2,1	3,1	7,1	179
934 Kollumerwaard- Hooge Zuidwal		0,5	0,4	1,5	1,8	5,2	181
niet-LML-stations:							
DCMR - Korendijk (800)		1,1	0,7	2,3	6,1	14,3	60
DCMR - Delfland (802)		1,0	0,7	2,3	6,1	13,0	58
DCMR - Bergambacht (806)		1,0	0,7	2,1	4,7	9,1	60
DCMR - Hoek van Holland (807)		0,9	0,5	2,8	6,1	7,4	59

Tabel E6.2: Kentallen van de concentratieverdeling van cadmium in 2001 (in ng/m³)

	middelings- tijd in uren	24	24	24	24	24	
	kental	gem	P50	P95	P98	max	aantal
station:							
230 Biest Houtakker-Biestsestraat		0,4	0,3	0,9	1,4	1,9	183
433 Vlaardingen-Floreslaan		0,3	0,2	0,7	0,9	2,6	176
627 Bilthoven-van Leuvenhoeklaan		0,2	0,2	0,6	1,2	1,8	178
934 Kollumerwaard- Hooge Zuidwal		0,1	0,1	0,4	0,5	1,6	181
niet-LML-stations:							
DCMR – Korendijk (800)		0,5	0,3	1,1	3,0	3,7	60
DCMR – Delfland (802)		0,4	0,2	0,8	2,4	3,4	58
DCMR – Bergambacht (806)		0,3	0,3	0,7	1,6	3,2	60
DCMR - Hoek van Holland (807)		0,4	0,2	0,8	1,9	2,5	59

Tabel E6.3: Kentallen van de concentratieverdeling van lood in 2001 (in ng/m³)

	Middelings- tijd in uren	24	24	24	24	24	
	kental	gem.	P50	P95	P98	max	aantal
NL-grenswaarde		500					
station:							
230 Biest Houtakker-Biestsestraat		15,3	12,7	32,9	75,2	85,0	182
433 Vlaardingen-Floreslaan		11,6	9,3	23,3	36,1	126,1	176
627 Bilthoven-van Leuvenhoeklaan		10,6	8,0	26,6	38,7	74,9	179
934 Kollumerwaard- Hooge Zuidwal		7,1	5,2	18,9	24,0	63,2	181
niet-LML-stations:							
DCMR - Korendijk (800)		13	10	27	65	137	60
DCMR - Delfland (802)		13	10	24	63	137	58
DCMR - Bergambacht (806)		13	9	26	63	117	60
DCMR - Hoek van Holland (807)		12	9	30	56	91	59

Tabel E6.4: Kentallen van de concentratieverdeling van zink in 2001 (in ng/m³)

	middelingstijd in uren	24					aantal
		kental	gem.	P50	P95	P98	
station:							
230 Biest Houtakker-Biestsestraat		39,7	33,5	83,7	114,4	161,0	182
433 Vlaardingen-Floreslaan		29,8	24,7	81,5	94,2	245,1	176
627 Bilthoven-van Leuwenhoeklaan		27,9	19,6	71,9	102,7	159,7	179
934 Kollumerwaard- Hooge Zuidwal		22,0	15,6	57,7	71,7	134,4	181
niet-LML-stations:							
DCMR - Korendijk (800)		66	56	113	284	544	60
DCMR - Delfland (802)		58	49	93	201	374	58
DCMR - Bergambacht (806)		64	51	116	245	342	60
DCMR - Hoek van Holland (807)		95	79	186	275	410	59

Tabel E7: jaargemiddelde en maximum concentratie van vluchtige organische stoffen (VOS) in 2001 (in µg/m³)

groep	kental	middelingstijd	totaal VOS		alkanen		aromaten		gechlor. alkanen		gechlor. aromaten	
			gem	max	gem	max	gem	max	gem	max	gem	max
			regionale stations:									
230 Biest Houtakker-Biestsestraat		week	9	36	0,9	5,5	6,58	26,7	1,3	2,9	0,0	0,2
415 Maassluis-Vlaardingsedijk		dag	15	79	2,9	13,3	10,3	61,6	1,2	6,9	0,0	6,8
633 Zegveld-Oude Meije		dag	7	44	1,0	6,4	4,7	33,0	1,2	3,1	0,0	0,4
934 Kollumerwaard-Hooge Zuidwal		week	3	8	0,3	0,9	1,8	5,0	0,9	1,9	0,0	0,1
stadsstations:												
640 Utrecht Universiteitsbibliotheek		dag	13	84	2,3	24,8	9,5	61,1	1,2	4,2	0,0	0,6
straatstations:												
636 Utrecht-de Jongweg		week	18	44	2,5	6,4	14,1	34,1	1,2	1,9	0,0	0,4
638 Utrecht-Vleutenseweg		dag	32	170	4,8	24,7	25,3	140,5	1,4	6,9	0,1	0,9
639 Utrecht-Erzejstraat		week	27	51	3,3	5,8	21,6	43,4	1,5	3,2	0,0	0,3
728 Apeldoorn-Stationsstraat		week	29	60	3,3	8,0	24,0	50,2	1,4	2,6	0,0	0,3

Tabel E8: Jaargemiddelde en maximum concentratie van benzeen in 2001 (in $\mu\text{g}/\text{m}^3$)

	kental	jaargemiddelde	maximum
NL-grenswaarde		10	
NL-richtwaarde		5	
NL-streefwaarde		1	
EU-grenswaarde		5	
middelingstijd			
regionale stations:			
230 Biest Houtakker-Biestsestraat	week	0,9	3,9
415 Maassluis-Vlaardingsedijk	dag	1,3	8,2
633 Zegveld-Oude Meije	dag	0,7	4,6
934 Kollumerwaard-Hooge Zuidwal	week	0,5	1,4
stadsstations:			
640 Utrecht Universiteitsbibliotheek,	dag	1,0	6,6
straatstations:			
636 Utrecht-de Jongweg	week	1,4	2,9
638 Utrecht-Vleutenseweg	dag	2,1	9,8
639 Utrecht-Erzejstraat	week	1,9	3,6
728 Apeldoorn-Stationstraat	week	2,0	4,5
niet-LML-stations:			
DCMR - Schiedam (22)	uur	2,6	45
DCMR - Hoogvliet (12)	uur	2,3	61
DCMR - Maassluis (2)	uur	2,1	77

Bijlage F

Onzekerheden in de gerapporteerde gegevens

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 uur-gemiddelde meting van CO 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 meetresulta-

ten 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, ruimtelijke representativiteit etc. 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 (ALE/GAGE/AGAGE en NOAA/CMDL; Prinn *et al.*, 1998; Elkins *et al.*, 1998). De onzekerheid in 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 gepresenteert, 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.*, 1996). 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 ozon-

waarde 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 toevallige 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 ozontrends in de tijd 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 VOS-concentraties, voortkomend uit monsternamen en de analyse van individuele componenten, ligt op enkele procenten per component (Blank 2001). Veel VOS-componenten vertonen wel concentraties die vaak onder de detectielimiet liggen, maar deze hebben weinig invloed op het totaal per categorie dat wordt gepresenteerd.

Verzuring en vermisting

De gemeten jaargemiddelde concentraties hebben een onzekerheid van ongeveer 7 % voor NH_3 en circa 15 % voor NO_x . Voor 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 kwalitatief hoogwaardige emissie-gegevens blijken de met het OPS-model berekende concentraties van NO_x en SO_2 een onzekerheid te hebben van 20% per gridcel van $5 \times 5 \text{ km}$, en 10% gemiddeld over Nederland. Nabij grote bronnen (industrie, stad) is deze onzekerheid wat groter door de sterkere ruimtelijke gradiënten nabij lokale bronnen. Voor NH_3 zijn deze onzekerheden twee maal zo groot. Deposities zijn onzekerder, per gridcel zijn deze met het OPS-model voor NO_y , SO_x en NH_x resp. 65%, 30% en 50%, gemiddeld over Nederland zijn de onzekerheden resp. 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 NO_x en SO_2 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 PM_{10} 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 met referentie-apparatuur. Deze globaal bekende 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 beant-

woorden 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 omgeven.

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 waarschijnlijk een overschatting van de niveau's op (Slanina *et al.*, 1990; Buijsman, 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 alfa-methode. Deze beperkte toename heeft een onzekerheid van een factor 2, 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 VMK-methodiek. Met het CAR-model wordt de verkeersbijdrage aan luchtverontreiniging in drukke (stads)straten berekend, met een onzekerheid van ongeveer 30% (RIVM, 1999a). Daar bovenop komt de onzekerheid in emissiefactoren, die niet gekwantificeerd is. De trends en absolute omvang van de verkeersemisies van PM₁₀, benzeen, NO_x en CO 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); (RIVM, 2002).

De VMK-bestanden, VerkeersMilieuKaarten die 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 2. 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 OPS-berekeningen. 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). Rapportnr. 50050870-KPS/TCM 01-3063. KEMA, Arnhem.
- Borowiak *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.
- Buijsman, E. (1990). Mogelijke contaminatie bij het gebruik van wet-only vangers voor chemisch regenwateronderzoek. Rapportnr. 28703013, Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu, Bilthoven.
- Elkins, J.W., J.H. Butler, D.F. Hurst, S.A. Montzka, F.L. Moore, and T.M. Thompson, 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>), 1998.
- Jaarsveld J.A. van (1989). Een Operationeel atmosferisch transportmodel voor Prioritaire Stoffen; specificatie en aanwijzingen voor gebruik. Rapportnr 228603008, Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu, Bilthoven.
- Jaarsveld J.A. van (1995). Modelling the long-term behaviour of pollutants on various spatial scales, proefschrift, Rijksuniversiteit Utrecht. ISBN 90-393-0950-7.

- Jaarsveld J.A. van, Bleeker A. en Hoogervorst N.J.P., (2000) Evaluatie ammoniakemissiereducties met behulp van metingen en modelberekeningen. Rapportnr 722108025, Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu, Bilthoven.
- Montzka, S.A., J.H. Butler, R.C. Myers, T.M. Thompson, T.H. Swanson, A.D. Clarke, L.T. Lock, en J.W. Elkins, (1996). Decline in the tropospheric abundance of halogen from halocarbons: implications for stratospheric ozone depletion, *Science*, 272,1318-1322.
- Outer, P.N. den en H. Slaper, (1998). Measuring and modelling solar UV irradiance and som quality assurance techniques: RIVM contribution to the Scientific UV Data Management-Project. 2nd interim report.
- Prinn, R.G., R.F. Weiss, P.J. Fraser, P.G. Simmonds, F.N. Alyea, en D.M. Cunnold, (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. Rapportnr 408129005, Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu, Bilthoven.
- RIVM (1999a). Meten, Rekenen en Onzekerheden. De werkwijze van het RIVM-Milieuonderzoek. ADDENDUM. Rapportnr 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.
- Williams, M. en 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.

