

# Fijn stof nader bekeken

De stand van zaken in het dossier fijn stof



## Colofon

*Fijn stof nader bekeken* is een uitgave van het Milieu- en Natuurplanbureau (MNP) in samenwerking met de sector Milieu en Veiligheid (MEV) van het Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu.

Dit rapport is gebaseerd op bijdragen van E. Buijsman, J.P. Beck, L. van Bree, F.R. Cassee, R.B.A. Koelemeijer, J. Matthijsen, R. Thomas en K. Wieringa.

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen of enige andere manier, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de uitgever.

Voor zover het maken van kopieën uit deze uitgave is toegestaan op grond van artikel 16b Auteurswet 1912| het besluit van 20 juni 1974, Stb 351, zoals gewijzigd bij Besluit van 23 augustus 1985, Stb 471 en artikel 17 Auteurswet 1912, dient men de daarvoor verschuldigde vergoedingen te voldoen aan de Stichting Reprorecht (postbus 882, 1180 AW Amstelveen). Voor het overnemen van gedeelten uit deze uitgave in bloemlezingen, readers en andere compilatiewerken dient u zich te richten tot: Milieu- en Natuurplanbureau, Postbus 303, 3721 MA, Bilthoven.

Milieu- en Natuurplanbureau Rapport 500037008

ISBN 90-6960-124-9

NUR 940

Contact: [info@mntp.nl](mailto:info@mntp.nl), [info@rivm.nl](mailto:info@rivm.nl)

Internet: [www.mntp.nl](http://www.mntp.nl), [www.rivm.nl](http://www.rivm.nl)

© 2005, Milieu- en Natuurplanbureau en de sector Milieu en Veiligheid van het Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu, Bilthoven

## Voorwoord

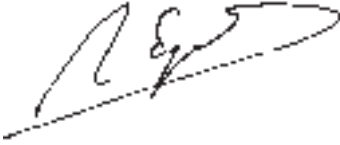
Het Milieu- en Natuurplanbureau en de sector Milieu en Veiligheid van het Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu willen met de uitgave *Fijn stof nader bekeken* de feiten over fijn stof in samenhang presenteren. Deze uitgave laat zien wat de stand van zaken is in het fijnstofdossier: wat weten we wel, wat weten we niet, waar zitten de onzekerheden? Aanleiding voor deze uitgave is het huidige maatschappelijke en politieke debat over de gevolgen van de implementatie van het Nederlandse Besluit Luchtkwaliteit, dat gestoeld is op richtlijnen van de Europese Unie. Overschrijdingen van de grenswaarden voor fijn stof komen op grote schaal voor in Nederland. De maatschappelijke gevolgen hiervan zijn ingrijpend, doordat nieuwe ruimtelijke ontwikkelingen, zoals woningbouw en infrastructuurprojecten, in het gedrang komen. Aan de andere kant zijn er belangrijke gezondheidseffecten door fijn stof. Het dossier fijn stof is complex en omvat bestuurlijke dilemma's, juridisch bindende grenswaarden, zorgen van burgers, wetenschappelijke onzekerheden en ruimtelijk-economische gevolgen. De vele vragen en de huidige discussies zijn redenen geweest om een wetenschappelijk overzichtsrapport op te stellen over het fijnstofdossier. Deze uitgave bevat geen nieuwe informatie, maar is een samenvatting van bestaande rapporten op het gebied van fijn stof.

Deze uitgave behandelt een zestal vragen:

1. *Wat is het probleem?* Dit hoofdstuk belicht waarom er eigenlijk sprake is van een fijnstofprobleem. Waaruit bestaat fijn stof? Hoeveel fijn stof zit er in de lucht? Wat is de regelgeving voor fijn stof? En wordt daaraan voldaan?
2. *Hebben andere landen ook een probleem?* Meetgegevens, het gebruikte instrumentarium en formele rapportages aan de Europese Commissie maken een vergelijking van de Nederlandse situatie in Europese context mogelijk.
3. *Hoe hoog is de emissie?* Dit hoofdstuk geeft inzicht in de huidige en toekomstige fijnstofemissies in Nederland en een aantal omringende landen. Welke sectoren zijn verantwoordelijk?
4. *Hoeveel fijn stof meten we?* Op hoeveel en welke plaatsen en welke manier vinden fijnstofmetingen plaats? Hoe wordt fijn stof gemeten? Hoe zit het met correctiefactoren? En waaruit is fijn stof eigenlijk opgebouwd? En wat is de invloed van meteorologie?
5. *Hoeveel fijn stof berekenen we?* Modellen vormen een belangrijk instrument bij het begrijpen van de fijnstofniveaus. Uitgelegd wordt hoe en met welk resultaat modellen worden ingezet.
6. *Wat zijn de gezondheidseffecten?* Fijn stof krijgt vooral aandacht vanwege de gezondheidseffecten. Wat zijn de effecten? Hoe weten we dat? En hoe zeker zijn we daarvan?

De uitgave *Fijn stof nader bekeken* beoogt te informeren over het fijnstofprobleem. Wie zich verder wil verdiepen in specifieke aspecten vindt aan het eind een uitgebreide literatuurlijst. Internet is ook een goede bron van informatie; ook hiervoor zijn verwijzingen opgenomen.

De directeur Milieu- en  
Natuurplanbureau,



Prof. ir. N.D. van Egmond

De directeur Sector Milieu en Veiligheid  
van het RIVM



Dr. Ir. R.D. Woittiez

## Inhoudsopgave

Voorwoord 3

Fijn stof gewogen 7

1. Wat is het probleem? 11
2. Hebben andere landen ook een probleem? 23
3. Hoe hoog is de emissie? 29
4. Hoeveel fijn stof meten we? 33
5. Hoeveel fijn stof berekenen we? 43
6. Wat zijn de gezondheidseffecten? 53

Literatuur 59

Informatie op internet 63



# Fijn stof gewogen

## De hoofdconclusies

### Wat weten we zeker in het dossier fijn stof?

- Fijn stof in de lucht kan leiden tot een scala aan gezondheidseffecten waaronder vroegtijdige sterfte. Samenhangend met kortdurende blootstelling aan fijn stof sterven in Nederland per jaar naar schatting enige duizenden mensen. De duur van de levensverkorting is gering.
- Om deze gezondheidsrisico's te verminderen heeft de Europese Unie luchtkwaliteitsnormen in de vorm van grenswaarden voor fijn stof vastgesteld. Aan deze grenswaarden moet vanaf 1 januari 2005 in alle lidstaten voldaan worden. De grenswaarden gelden ook in die gebieden waar geen mensen wonen.
- Fijnstofconcentraties worden in Nederland gemeten volgens de in de Europese regelgeving voorgeschreven wijze. Het toegepaste meet- en modelinstrumentarium heeft een betrouwbaarheid die voldoet aan de voorwaarden van de Europese regelgeving.
- De concentratie fijn stof in de lucht is tussen 1992 en 2003 met gemiddeld  $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$  per jaar afgenomen. De totale daling in de concentratie sinds 1994 bedraagt 25%.
- In de periode 1990-2003 is de Nederlandse emissie door bekende bronnen van fijn stof en gassen waaruit fijn stof in de lucht gevormd kan worden, fors afgenomen. Dit komt doordat er in Nederland al veel maatregelen, zoals de overschakeling van olie op aardgas, genomen zijn.
- Uit metingen en modelberekeningen blijkt dat in beperkte mate overschrijding van de grenswaarde voor de jaargemiddelde concentratie ( $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) voorkomt.
- De grenswaarde voor de daggemiddelde concentratie (niet meer dan 35 dagen per jaar overschrijding van een daggemiddelde concentratie van  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) wordt in grote delen van Nederland overschreden.
- In bijna alle steden in Europa worden overschrijdingen waargenomen. De overschrijdingen vinden in Nederland, België, Duitsland en Italië in een groter gebied plaats dan in andere lidstaten.
- Zeker 45% van de gemiddelde fijnstofconcentratie in Nederland is van antropogene herkomst. De overige 55% bestaat voor een groot deel uit bijdragen van zeezout, bodemstof, en niet bekende of onjuist ingeschatte bronnen.

- Naar schatting tweederde deel van het antropogene fijn stof is afkomstig uit buitenlandse bronnen en eenderde deel heeft een Nederlandse herkomst. Echter, in drukke straten kan, vooral door de invloed van het lokale verkeer, de Nederlandse bijdrage oplopen tot 30-45% van de concentratie.
- Ondanks de hoge bijdrage uit het buitenland is Nederland netto exporteur van fijn stof. De Nederlandse export van fijn stof is drie maal zo groot als de import.

## **Wat zijn de onzekerheden in het dossier fijn stof?**

- Niet alle gezondheidseffecten zijn bekend. Er zijn aanwijzingen dat naast de kortdurende blootstelling vooral de langdurende blootstelling aan fijn stof gezondheidseffecten veroorzaakt. Schattingen lopen uiteen van mogelijk tienduizend tot enige tienduizenden mensen, die ongeveer tien jaar eerder overlijden. Dit versterkt de relevantie van de huidige grenswaarden.
- De Europese luchtkwaliteitsrichtlijn laat ruimte voor meerdere bestuurlijke en technische interpretaties. Dit leidt tot verschillende implementaties in de lidstaten waardoor er in Europa geen *level playing field* is in de bescherming van de gezondheid.
- Het modelinstrumentarium berekent overschrijdingen met een onzekerheidsmarge van maximaal 50%. De mate van overschrijding van de grenswaarden krijgt hierdoor ook een onzekerheidsmarge. In de juridische afweging worden deze onzekerheden niet meegenomen. De middenschatting wordt voor toetsing aan de grenswaarden toegepast en metingen en modelresultaten worden absoluut gehanteerd.
- Gezien de grote onzekerheden bij de vaststelling van de fijnstofconcentraties bestaat het risico, dat bouwprojecten worden opgeschort waar de geschatte concentratie net boven en de werkelijke concentratie juist onder de grenswaarde ligt. Omgekeerd bestaat het risico dat projecten juist doorgang vinden op locaties waar de geschatte concentratie net onder, maar de werkelijke concentratie boven de grenswaarde ligt. Dergelijke risico's zijn inherent aan milieuproblemen waarbij concentraties rond het niveau van de grenswaarde liggen.
- Nederland voldoet nu en in de nabije toekomst niet aan de grenswaarden van de Europese Unie. Te verwachten is dat de Europese Commissie zal verlangen dat Nederland alles dat redelijkerwijs aan beleidsmaatregelen mogelijk is, zal inzetten. Wat 'redelijkerwijs' inhoudt, is nog onduidelijk.



## Hoe verder?

- Door verdere reductie van de emissies in Nederland en vooral in het buitenland zal de luchtkwaliteit in Nederland verder verbeteren. Niettemin zal de grenswaarde voor daggemiddelde concentraties de komende jaren langs rijkswegen en in binnensteden naar verwachting worden overschreden. Voor het voldoen aan de grenswaarde leiden de onzekerheden in het fijnstofdossier nu niet tot beleidsmaatregelen waar men achteraf spijt van zou krijgen. Aangezien er ook gezondheidseffecten zijn als de grenswaarde overschreden wordt, is de bescherming van de gezondheid bij iedere maatregel gebaat.
- Het Nederlandse beleid is gebaseerd op de combinatie van metingen en rekenmodellen om daarmee een zo goed mogelijk beeld van de werkelijkheid te krijgen. In veel andere landen wordt volstaan met interpretaties op basis van louter metingen. De keerzijde daarvan is dat een onderschatting van de werkelijke toestand optreedt. Evenmin kunnen toekomstige situaties worden beoordeeld op basis van metingen.
- De huidige grenswaarden maken geen onderscheid tussen de fracties van fijn stof: alle fracties worden als even gezondheidsrelevant behandeld. Door het buiten beschouwing laten van niet-schadelijke fijnstoffracties van natuurlijke oorsprong, zoals zeezout, worden grenswaarden eerder gehaald en kunnen ruimtelijke beperkingen voor een klein deel worden opgeheven. De gezondheidsrisico's van fijn stof worden daardoor echter niet kleiner.
- Het fijnstofprobleem is door Nederland alleen niet zonder meer oplosbaar. Hiervoor is een Europese aanpak nodig. Aanvullend Europees bronbeleid – gericht op het terugdringen van met name de verkeersemisies – is kosteneffectief voor Nederland. Zowel de binnenlandse vervuiling wordt daardoor gereduceerd, evenals de import van verontreiniging vanuit het buitenland. Om aan de grenswaarden te voldoen zal Nederland ook zelf aanvullende maatregelen moeten treffen. Dit komt doordat Nederland een dichtbevolkt land is met veel industrie en verkeer.
- Hoewel het nog onduidelijk is welke fracties het meest gezondheidsrelevant zijn, zijn er aanwijzingen dat verkeersemisies een belangrijke rol spelen. Een beleid dat aangrijpt op het roetdeel van fijn stof is gezondheidskundig zinvol en lijkt een hoog 'no regret' karakter te hebben. Echter, andere elementen van de verkeersemisies moeten in dit kader ook worden beschouwd.



## 1. Wat is het probleem?

- Gezondheidskundige studies wijzen uit dat in Nederland jaarlijks enige duizenden mensen vroegtijdig overlijden samenhangend met kortdurende blootstelling aan fijn stof. De duur van deze levensverkorting is vermoedelijk kort: enkele dagen tot maanden. Dergelijke resultaten zijn niet alleen in Nederland, maar overal op de wereld gevonden en ze zijn vrij robuust.
- Als bepaalde Amerikaanse studies over langdurende blootstelling geldig zijn voor Nederland, zouden mogelijk tienduizend tot enige tienduizenden mensen ongeveer tien jaar eerder overlijden. Deze uitkomsten zijn echter zeer onzeker.
- De luchtkwaliteit voor fijn stof in Nederland is de afgelopen tien jaar verbeterd. De fijnstofconcentratie is met 25% afgenomen. Niettemin zijn er in Nederland nog overschrijdingen van de Europese grenswaarden. Dit geldt ook voor de nabije toekomst.
- Het niet voldoen aan de luchtkwaliteitsgrenswaarden blijkt een reden te kunnen vormen om ruimtelijke ontwikkelingen tegen te houden.
- Ten minste 45% van de fijnstofbestanddelen is van antropogene herkomst en minimaal 15% kan worden toegeschreven aan bronnen in Nederland. In stedelijke gebieden is de nationale antropogene bijdrage 30-45%, vooral door verkeer.

### *Leeswijzer*

Dit eerste hoofdstuk presenteert in vogelvlucht de belangrijkste aspecten van de problemen rondom fijn stof. Hierbij komen aan de orde wat fijn stof is, waaruit het bestaat, wat de gezondheidseffecten zijn en wat de concentraties in Nederland zijn. Daarnaast komen de Europese regelgeving, de Nederlandse inkadering, de beleidscontext en bestuurlijke complicaties aan bod. In de volgende hoofdstukken wordt op deelaspecten van het fijnstofdossier dieper ingegaan.

### **Probleemstelling**

De Europese Unie heeft in 1999 twee luchtkwaliteitsnormen voor fijn stof vastgesteld: een grenswaarde voor jaargemiddelde en een grenswaarde voor daggemiddelde fijnstofconcentraties (EU, 1999). Internationaal geaccepteerde inzichten over de gezondheidseffecten van fijn stof zijn in deze regelgeving vervat (WHO, 2000). De grenswaarden gelden Europabreed en zijn geïmplementeerd in de Nederlandse wetgeving (Staatsblad, 2001). De toetsing of voldaan wordt aan de grenswaarden, gebeurt onder andere aan de hand van metingen van de fijnstofconcentraties. Deze metingen vinden plaats op een door de Europese Unie voorgeschreven wijze. Uit de metingen blijkt dat in Nederland in beperkte mate overschrijding van de grenswaarde voor jaargemiddelde fijnstofconcentraties plaatsvindt. De grenswaarde voor daggemiddelde concentraties wordt daarentegen op ruime schaal overschreden. Dit zal waarschijnlijk ook in de toekomst zo zijn.

Het overgrote deel van de fijnstofconcentraties kan niet beïnvloed worden door het Nederlandse beleid. Het fijnstofprobleem is daarom weerbarstig en voor Nederland

alleen vrijwel onoplosbaar. Niettemin zal de Europese Commissie verlangen dat Nederland er alles aan doet wat redelijkerwijs mogelijk is om aan de grenswaarden te voldoen. Dichtbevolkte landen en regio's, zoals Nederland, worden geconfronteerd met de gevolgen van uniforme luchtkwaliteitsnormen om de burger ten minste een minimumniveau van gezondheidsbescherming te garanderen. Dit leidt ten opzichte van het buitenland tot een extra kostenstijging voor de Nederlandse samenleving door beperkingen in de ruimtelijke ontwikkeling of door de noodzaak tot aanvullende beleidsmaatregelen.

Er zijn grote wetenschappelijke onzekerheden in het fijnstofdossier, zowel voor de emissies, de metingen, de modellen als de gezondheidseffecten. Het kabinet staat gegeven deze onzekerheden voor de uitdaging om die maatregelen te kiezen die het meest robuust zijn, de meeste gezondheidswinst opleveren en het meest kosteneffectief zijn. Bovendien dienen de maatregelen juridisch-bestuurlijk inpasbaar te zijn en een maatschappelijk draagvlak te hebben.

## Fijn stof

Fijn stof is een vorm van deeltjesvormige luchtverontreiniging. Fijn stof is een complex mengsel van deeltjes van verschillende grootte en van diverse chemische samenstelling. Een veel gebruikte afkorting voor fijn stof is PM. PM staat voor de Engelse term Particulate Matter. Afhankelijk van de doorsnede van de stofdeeltjes wordt gesproken van PM<sub>10</sub> voor deeltjes met een doorsnee tot 10 micrometer of van PM<sub>2,5</sub> voor deeltjes met een doorsnee tot 2,5 micrometer<sup>1</sup>. Als in het vervolg van deze publicatie over fijn stof wordt gesproken, wordt hiermee PM<sub>10</sub> bedoeld. Als er sprake is van fijn stof in een andere betekenis dan PM<sub>10</sub> dan wordt dit uitdrukkelijk vermeld.

## Bestanddelen

Fijn stof is in chemisch opzicht geen eenduidig en eenvoudig begrip. Belangrijke bestanddelen zijn bodemstof, zeezout en van antropogene, dat wil zeggen door menselijk handelen veroorzaakte, emissies afkomstige bestanddelen. Bij het laatste gaat het om stoffen uit directe emissies, de zogenaamde primaire emissies, en om stoffen die in de atmosfeer zijn ontstaan uit onder andere zwaveldioxide (SO<sub>2</sub>), stikstofoxiden (NO<sub>x</sub>) en ammoniak (NH<sub>3</sub>), het zogenaamde secundair aërosol. Daarnaast kunnen in geringere mate nog andere bestanddelen aanwezig zijn die gezondheidsrelevant zijn.

Binnen fijn stof kan nog een verder onderscheid naar grootte worden gemaakt. De fractie PM<sub>2,5</sub> bevat de fijne en ultrafijne deeltjes. Dit zijn vooral de deeltjes die ontstaan door condensatie van verbrandingsproducten of door reactie van gasvormige luchtverontreiniging. De fractie groter dan PM<sub>2,5</sub>, aangeduid met PM<sub>2,5-10</sub>, bestaat vooral uit mechanisch gevormde deeltjes. Antropogene bijdragen hieraan zijn voor-

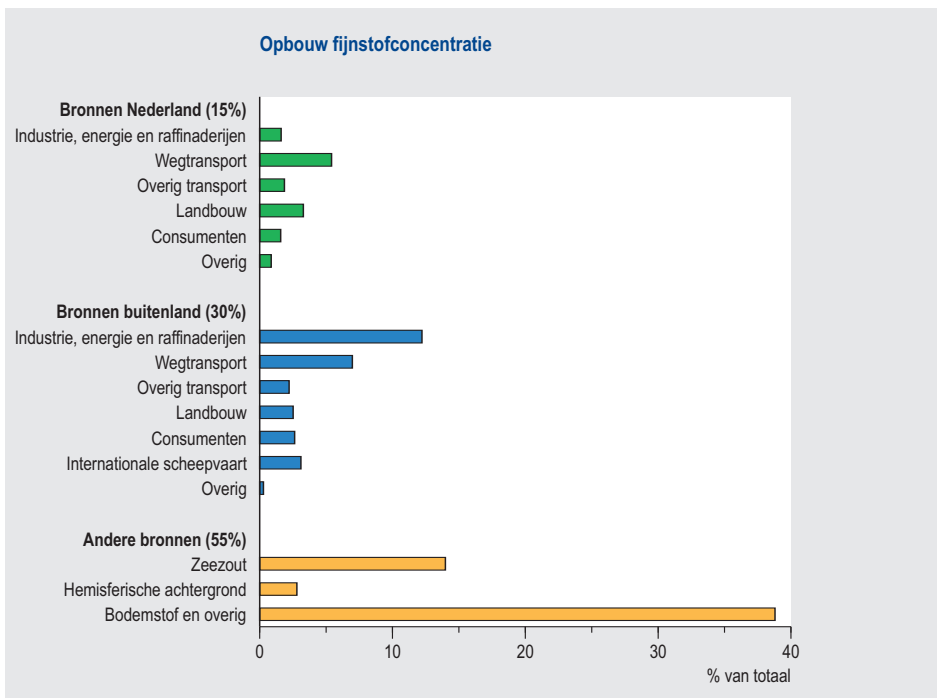
<sup>1</sup> PM<sub>10</sub> (PM<sub>2,5</sub>) is in goede benadering de massa van de deeltjes met een diameter tot 10 (2,5) µm of minder.

namelijk afkomstig van opwaaiend verkeersgerelateerd stof, zoals stof door bandenslijtage, en van stofemissies uit stallen. Meer informatie over emissies en toekomstige ontwikkelingen erin geeft Hoofdstuk 3 *Hoe groot is de emissie?*

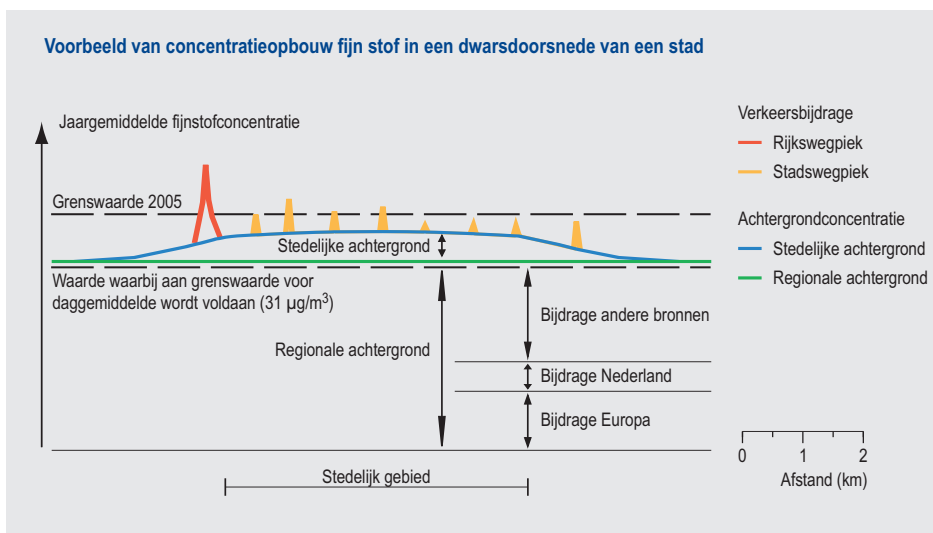
De samenstellende deeltjes van fijn stof hebben, afhankelijk van de grootte, een atmosferische verblijftijd in de orde van dagen tot weken. Daardoor kan fijn stof zich over afstanden van duizenden kilometers verplaatsen en is fijn stof een probleem op continentale schaal.

## Herkomst

Uit modelberekeningen blijkt dat zeker 45% van de fijnstofbestanddelen van antropogene herkomst is. Hiervan is tweederde deel afkomstig uit buitenlandse bronnen en eenderde deel komt uit Nederland zelf (figuur 1.1). Hieruit volgt dat (minimaal) 15% van de totale fijnstofconcentraties met Nederlands beleid beïnvloedbaar is. De overige 55% bestaat grotendeels uit bijdragen van zeezout, bodemstof, de grootschalige hemisferische achtergrond en niet bekende en mogelijk verkeerde gemodelleerde antropogene bronnen (Visser *et al.*, 2001).



Figuur 1.1 Gemiddelde opbouw van fijnstofconcentraties in buitenstedelijke gebieden in Nederland onderverdeeld naar bronbijdragen. 'Bodemstof en overig' in de categorie 'Andere bronnen' is het langjarig gemiddelde van het niet gemodelleerde deel van fijn stof dat bestaat uit biostof, water en de bijdrage van niet- of verkeerd gemodelleerde bronnen. Hierin kunnen dus gedeeltelijk ook antropogene bronnen begrepen zijn. Zie voor een uitvoeriger uitleg Hoofdstuk 4 *Hoeveel fijn stof meten we?* en de tekstbox *Chemische samenstelling van fijn stof in Nederland*.



Figuur 1.2 Opbouw van de fijnstofconcentraties in een stedelijk gebied. Bron: MNP, 2005.

'Bijdrage andere bronnen' is het langjarig gemiddelde niet gemodelleerde fijn stof. Dit bestaat uit zeezout, de hemisferische achtergrond, bodemstof, biostof, water en de bijdrage van niet- of verkeerd gemodelleerde bronnen. Zie voor een uitvoeriger uitleg Hoofdstuk 4 Hoeveel fijn stof meten we? en de tekstbox Chemische samenstelling van fijn stof in Nederland. Zie ook figuur 1.1.

De bovenste horizontale gestreepte lijn geeft het niveau aan van de grenswaarde voor het jaargemiddelde,  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . De onderste horizontale gestreepte lijn komt overeen met een jaargemiddelde fijnstofconcentratie van  $31 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Dit is de jaargemiddelde concentratie waarbij de grenswaarde voor het daggemiddelde niet wordt overschreden. Zie voor een verdere uitleg hiervan figuur 4.3 Hoofdstuk 4 Hoeveel fijn stof meten we?.

In stedelijke gebieden in straten kan de nationale, antropogene bijdrage oplopen tot 45% van de totale concentratie. Dit wordt vooral door het (lokale) verkeer veroorzaakt (figuur 1.2). Meer informatie over opbouw en herkomst van fijnstofconcentraties staat in Hoofdstuk 5 Hoeveel fijn stof berekenen we?

## Regelgeving

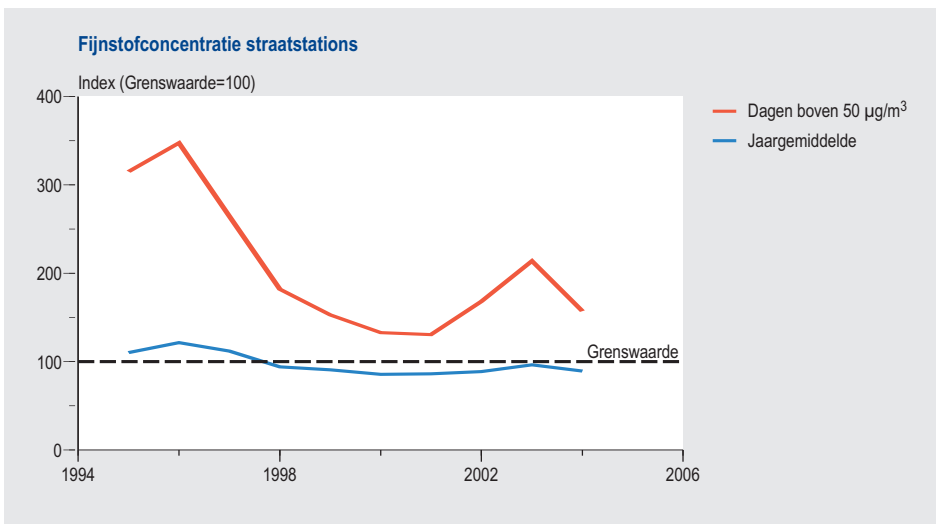
De gezondheidseffecten van fijn stof zijn in de tweede helft van de jaren negentig aanleiding geweest tot het opstellen van regelgeving in de Europese Unie. De Europese regelgeving behelst grenswaarden voor de fijnstofconcentraties. Deze grenswaarden zijn tussendoelen op weg naar duurzame niveaus (EU, 1996). Er zijn twee grenswaarden voor fijn stof gedefinieerd. Beide dienen ter bescherming van de menselijke gezondheid. De eerste grenswaarde voor fijn stof betreft het jaargemiddelde. De jaargemiddelde fijnstofconcentratie mag het niveau van  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$  niet overstijgen. De tweede grenswaarde is voor het daggemiddelde. Overschrijding van een daggemiddelde fijnstofconcentratie van  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  is op niet meer dan 35 dagen per jaar toegestaan. Aan beide grenswaarden moet sinds 1 januari 2005 worden voldaan. Een nadere toelichting op de regelgevingsaspecten geeft de tekstbox *Regelgeving*.

## Luchtkwaliteit

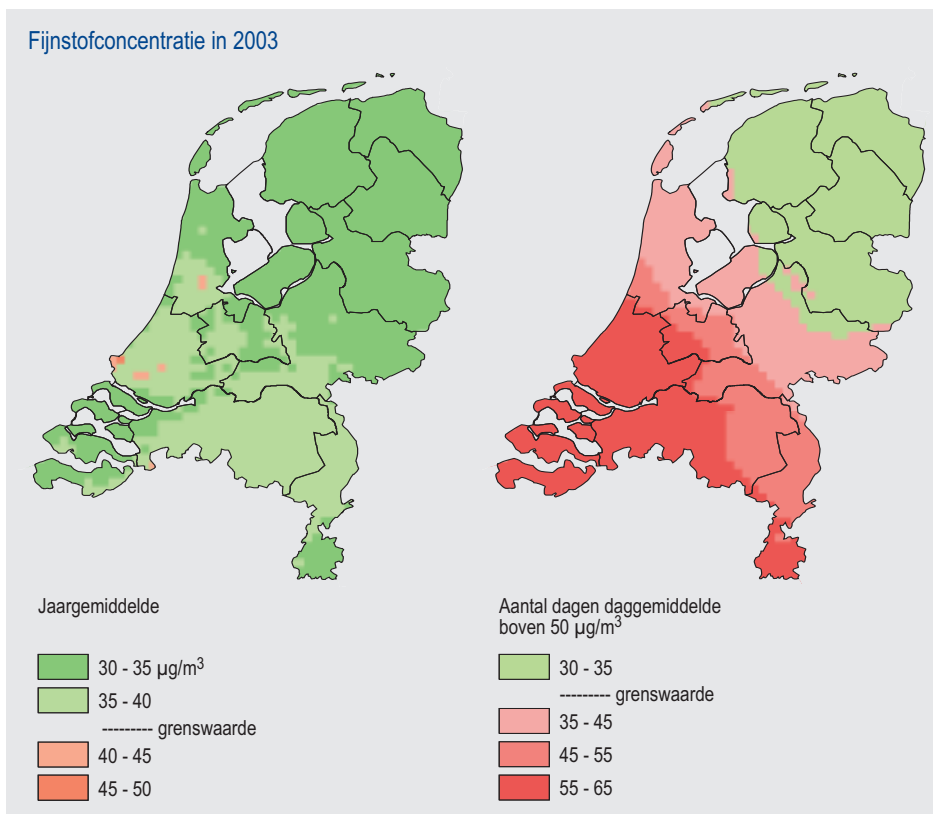
De luchtkwaliteit voor fijn stof in Nederland is de afgelopen tien jaar verbeterd (*figuur 1.3*). De jaargemiddelde concentratie is in deze periode met 25% afgenomen. Het aantal dagen met een daggemiddelde concentratie boven  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  is zelfs met een factor twee afgenomen. Niettemin zijn er in Nederland nog overschrijdingen van beide grenswaarden. Het blijkt dat de overschrijdingen van de grenswaarde voor het daggemiddelde grootschaliger optreden dan van de grenswaarde voor het jaargemiddelde (*figuur 1.4*).

Nederland is overigens niet het enige Europese land dat de grenswaarden niet haalt. De stedelijke luchtkwaliteit in Nederland is van een zelfde niveau als in andere Europese landen. Deze aspecten zullen uitvoeriger in Hoofdstuk 2 *Hebben andere landen ook een probleem?* besproken worden.

Op basis van het huidige beleid is de verwachting dat de grenswaarde voor het jaargemiddelde in 2010 nauwelijks en in 2020 niet meer overschreden zal worden. Voor de mate van overschrijding van de grenswaarde voor het daggemiddelde is weliswaar een verbetering te verwachten, maar ondanks dat zal deze grenswaarde waarschijnlijk in 2020 vooral nog in steden en langs snelwegen een overschrijding te zien geven (Folkert *et al.*, 2005). De luchtkwaliteit in Nederland wordt in Hoofdstuk 4 *Hoeveel fijn stof meten we?* meer in detail gepresenteerd.



*Figuur 1.3 Ontwikkeling van de luchtkwaliteit voor fijn stof op straatstations. Sinds 1995 is de luchtkwaliteit voor fijn stof duidelijk verbeterd. De lijnen geven de gemiddelde ontwikkeling in Nederland aan op basis van meetresultaten op straatstations. In de laatste jaren wordt de grenswaarde voor het jaargemiddelde (blauwe lijn) in Nederland nog maar op een enkele plaats overschreden. Overschrijding van de grenswaarde voor het daggemiddelde vindt daarentegen nog op grote schaal plaats (rode lijn). Bron: MNP, 2005.*



*Figuur 1.4 Jaargemiddelde fijnstofconcentraties (links) en het aantal dagen met een daggemiddelde fijnstofconcentratie boven de  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (rechts) in Nederland in 2003, weergegeven in een grid met cellen ter grootte van  $5 \times 5 \text{ km}$ . Overschrijding van de grenswaarde voor het jaargemiddelde vindt nog maar op zeer beperkte schaal plaats in de regio's Amsterdam, Den Haag en Rotterdam. Overschrijding van de grenswaarde voor het daggemiddelde treedt op in meer dan de helft van Nederland.*

*De kaart voor de jaargemiddelde concentraties is verkregen uit meetresultaten in het Landelijk Meetnet Luchtkwaliteit in combinatie met modelberekeningen. De kaart voor het aantal dagen overschrijding is geconstrueerd door interpolatie van de meetresultaten op de regionale meetstations in het Landelijk Meetnet Luchtkwaliteit. Bron: MNC, 2005.*

## Gezondheidseffecten

Deeltjes kleiner dan 10 micrometer dringen bij inademing door in de luchtwegen. Fijn stof in de lucht kan daardoor leiden tot gezondheidsklachten en zelfs tot vroegtijdige sterfte. Epidemiologische studies wijzen uit dat in Nederland jaarlijks 2300 tot 3500 mensen vroegtijdig overlijden aan alleen al de acute gevolgen van blootstelling aan fijn stof. Op basis van de langetermijneffecten van chronische blootstelling aan fijn stof zouden in Nederland mogelijk zelfs 12.000 tot 24.000 mensen jaarlijks vroegtijdig overlijden.



## Regelgeving

In 1996 is de Kaderrichtlijn Luchtqualiteit van kracht geworden (EU, 1996). De Kaderrichtlijn geeft een nieuw en samenhangend algemeen Europees kader voor 'de beoordeling en het beheer van de luchtqualiteit'. De Kaderrichtlijn hanteert een aantal belangrijke begrippen: dochterrichtlijnen, voorlopige beoordelingen, beoordelingsdrempels en zones en agglomeraties. De zogenaamde dochterrichtlijnen zijn uitwerkingen van luchtqualiteitseisen voor specifieke stoffen. Er zijn inmiddels vier dochterrichtlijnen verschenen (EU, 1999; EU, 2000; EU, 2002; EU, 2005).

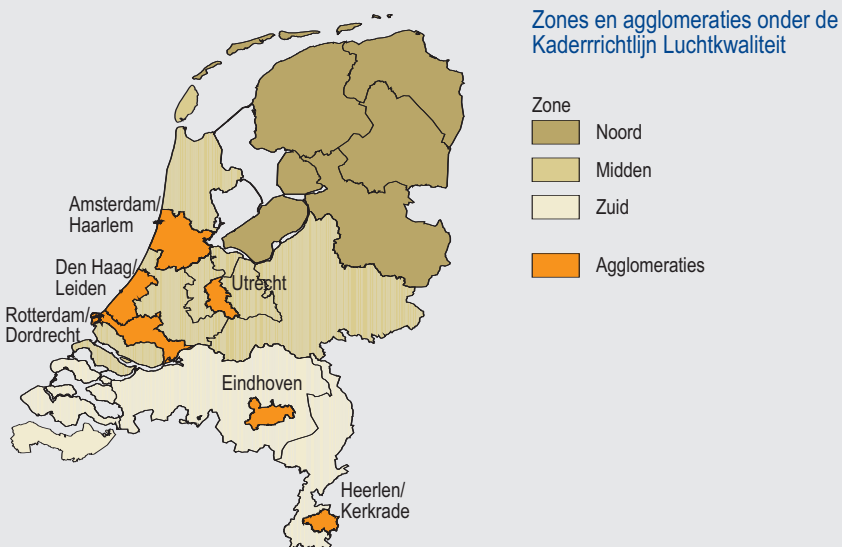
De concentratieniveaus van de stoffen uit de eerste dochterrichtlijn, waaronder fijn stof, zijn bij de definitie van de zones en agglomeraties in Nederland een belangrijk element geweest (Van Breugel en Buijsman, 2001). Het resultaat is een onderverdeling van Nederland in drie zones en zes agglomeraties (figuur 1.5). De agglomeraties zijn stedelijke gebieden met minimaal 250.000 inwoners. De eerste dochterrichtlijn geeft bovendien voorschriften voor de aantallen meetstations in de zones en agglomeraties in afhankelijkheid van de aantallen inwoners en de concentratieniveaus. Ook geeft de richtlijn voorschriften voor de te gebruiken meetapparatuur. De implementatie van deze aspecten in Nederland is geheel volgens de Europese richtlijn. Dit alles is in 2001 in de vorm van het Besluit Lucht-

kwaliteit in de Nederlandse wetgeving opgenomen (Staatsblad, 2001).

De richtlijn kent twee grenswaarden. Er is een grenswaarde voor de jaargemiddelde fijnstofconcentratie die vooral beoogt bescherming te bieden tegen de langetermijneffecten van fijn stof. Deze grenswaarde bedraagt  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . De tweede grenswaarde is voor de daggemiddelde fijnstofconcentratie. Deze is vooral bedoeld voor de bescherming tegen korte termijn effecten. De grenswaarde voor het daggemiddelde is het niveau van  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  dat niet meer dan 35 dagen per kalenderjaar overschreden mag worden.

In de oorspronkelijke opzet waren de twee grenswaarden als equivalent bedoeld, dat wil zeggen dat ze op basis van de toenmalige kennis als even 'streng' werden verondersteld. In de praktijk blijkt dit niet het geval te zijn. De grenswaarde voor het daggemiddelde is 'strenger' dan die voor het jaargemiddelde. Een nadere bespreking hiervan gebeurt in Hoofdstuk 4 *Hoeveel fijn stof meten we?*

De Europese regelgeving biedt mogelijkheden om fijn stof dat afkomstig is van 'natuurverschijnselen' onder voorwaarden af te trekken van (gemeen) fijnstofconcentraties (EU, 2001).



Figuur 1.5 De verdeling van Nederland in zones en agglomeraties volgens de Kaderrichtlijn Luchtqualiteit (Van Breugel en Buijsman, 2001).

Bovendien blijkt uit onderzoek dat er waarschijnlijk geen drempelwaarde is aan te geven, waarbeneden geen gezondheidseffecten optreden. Een complicerende factor is dat niet goed bekend is welk deel van het fijn stof verantwoordelijk is voor de gezondheidseffecten. Hieruit volgt dat een vermindering van de emissies die bijdragen aan de fijnstofconcentraties wel kan leiden tot een vermindering van de concentraties, maar dat dit niet per se hoeft te leiden tot een vermindering van de omvang van de gezondheidseffecten. Er is dus eigenlijk sprake van twee gedeeltelijk samenhangende problemen: een probleem om te voldoen aan de regelgeving en een probleem om de gezondheidseffecten te verminderen. De gezondheidsaspecten komen in Hoofdstuk 6 *Wat zijn de gezondheidseffecten?* uitvoeriger aan de orde.

## Problemen in Nederland

Op basis van in 2002 gemeten fijnstofniveaus in Nederland had Nederland de verplichting om met plannen voor aanvullende maatregelen ter verbetering van de luchtkwaliteit te komen. Met het *Nationaal Luchtkwaliteitsplan 2004 (NPL04)* heeft het kabinet invulling aan deze verplichting gegeven. Het plan heeft als doelstelling om aan te geven welke aanvullende maatregelen getroffen zouden kunnen worden om aan de grenswaarden voor fijn stof te voldoen binnen de gestelde termijnen. Europese emissie-eisen leveren in Nederland een forse daling van de emissies door het wegverkeer en uit industriële installaties op. Door de hoge bevolkings- en bebouwingsdichtheid in Nederland is dat echter niet genoeg om te voldoen aan de Europese milieueisen (Beck *et al.*, 2005a). De problemen in Nederland hebben ook te maken met het feit dat in Nederland veel vervuiling uit het buitenland komt. De tekstbox *Wat doet Nederland?* geeft meer informatie over het Nederlandse beleid.

### PM<sub>2,5</sub>

De Europese Commissie zal medio 2005 een strategie presenteren om de negatieve effecten van luchtverontreiniging voor mens en milieu verder aan te pakken. Dit gebeurt in het kader van het Clean Air For Europe (CAFE) programma. De Wereldgezondheidsorganisatie (WHO) heeft ter ondersteuning van dit programma in een recente evaluatie van de gezondheidsaspecten van luchtverontreiniging aanbevolen om PM<sub>2,5</sub> als indicator te gaan gebruiken. De WHO geeft aan dat deze fractie gezondheidkundig van groter belang is dan PM<sub>10</sub>. Dit heeft ertoe geleid dat de Europese Commissie met voorstellen voor de regelgeving van PM<sub>2,5</sub> zal komen. De PM<sub>2,5</sub>-fractie is directer verbonden met de door mensen veroorzaakte emissie van fijn stof en is daardoor met beleidsmaatregelen beter aan te pakken.

Bestanddelen van natuurlijke oorsprong, zoals zeezout en een deel van het bodemstof, spelen in de PM<sub>2,5</sub>-fractie een veel minder grote rol dan in PM<sub>10</sub>. Er kleven echter ook praktische nadelen bij een eventuele regelgeving voor PM<sub>2,5</sub>. Metingen

van PM<sub>2,5</sub> vinden in Europa maar op beperkte schaal plaats. Naar schatting waren er in 2003 90 meetpunten (AIRBASE, 2005). Nederland telt op dit moment drie regionale en twee straatstations voor de meting van PM<sub>2,5</sub>. De gemeten jaargemiddelde concentratie van PM<sub>2,5</sub> bedraagt ongeveer 15 – 25 µg/m<sup>3</sup>. De concentratieverschillen tussen drukke wegen, de stedelijke achtergrond en het landelijk gebied lijken gering. Er zijn echter nog te weinig meetresultaten beschikbaar om een goed beeld van de situatie in Nederland te kunnen geven.

Er bestaan ook weinig betrouwbare gegevens over de grootte van de emissie van PM<sub>2,5</sub> en van het effect van beleidsmaatregelen daarop.

De Europese Commissie zal naar verwachting in de periode 2005/2006 afspraken met de lidstaten maken over een grenswaarde voor PM<sub>2,5</sub>. In de afspraken zullen ook emissieplafonds voor PM<sub>2,5</sub> per land betrokken worden.

Om aan de Europese grenswaarden voor fijn stof te kunnen voldoen, zijn dus extra maatregelen nodig. Daarbij kan spanning ontstaan tussen de Nederlandse concurrentiepositie en het Europese streven naar een gelijke bescherming van burgers tegen een te hoog niveau aan luchtverontreiniging. Bovendien heeft Nederland de Europese luchtkwaliteitsrichtlijn naar de letter ingevoerd, waardoor Nederland strenger omgaat met de grenswaarden dan andere Europese landen.

## Bestuurlijk-juridische aspecten

Sinds de inwerkingtreding van het Besluit Luchtkwaliteit in 2001 is een juridisch regime in werking getreden waardoor bouw- en uitbreidingsplannen kunnen worden geblokkeerd of moeten worden bijgesteld. Dit blijkt uit uitspraken van de Afdeling Bestuursrechtspraak van de Raad van State (ABRS). Er is inmiddels bij ruim 40 (ruimtelijke) ontwikkelingsplannen bezwaar gemaakt tot bij de ABRS vanwege een mogelijke strijdigheid met het Besluit Luchtkwaliteit. In eenderde van deze zaken heeft de ABRS een plan vernietigd op basis van het Besluit Luchtkwaliteit. Dit betreft bijvoorbeeld bestemmingsplannen voor woningbouw of bedrijfsterreinen, vergunningen voor nieuwe bedrijfsactiviteiten en plannen voor aanleg of aanpassing van (snel)wegen. De uitspraken van de ABRS maken duidelijk dat voor het toelaten van dergelijke plannen een zeer zorgvuldige analyse moet worden gedaan naar de gevolgen voor de luchtkwaliteit. Het niet voldoen aan de luchtkwaliteitsgrenswaarden kan een reden vormen om ruimtelijke ontwikkelingen tegen te houden. De uitspraken van de ABRS zijn mogelijk niet een weerspiegeling van de gehele problematiek. Uit een recente, eerste inventarisatie van de Vereniging van Nederlandse Gemeenten (VNG) blijkt dat grofweg de helft van de gemeenten problemen heeft of denkt te zullen krijgen met de ruimtelijke gevolgen van de luchtkwaliteitsnormen (VNG, 2005). Volgens deze inventarisatie zouden plannen voor ruim 100.000 woningen en 4500 hectare bedrijfsterreinen te maken krijgen met uitstel of afstel.

## Europese ontwikkelingen

Een evaluatie van de Europese grenswaarden voor fijn stof is onderdeel van het Clean Air For Europe (CAFE) programma. CAFE is een programma van de Europese Commissie om de luchtkwaliteit in de Europese Unie te verbeteren tot een niveau waarbij 'geen significant negatieve effecten' meer optreden voor de menselijke gezondheid en het milieu. Ook fijn stof maakt hiervan deel uit. Nieuw is de aandacht voor het fijnere deel van fijn stof, het  $PM_{2,5}$ , en de discussie over de mogelijkheid tot een wettelijke uitzondering voor bestanddelen in fijn stof die van natuurlijke oorsprong zijn en tevens als niet schadelijk gezien worden. Een voorbeeld hiervan is zeezoutaërosol. De huidige twee grenswaarden voor fijn stof zullen gehandhaafd blijven.

### Fijn stof en klimaat

Fijn stof speelt ook een rol bij het versterkt broeikas-effect (IPCC, 2001). Fijn stof wordt hier meestal aangeduid met de term 'aërosolen'. Aërosolen kunnen het op aarde invallende zonlicht absorberen, maar ze kunnen het ook weerkaatsen. Welk gedrag een aërosol vertoont, hangt af van zijn chemische samenstelling. De meeste componenten, zoals zwavel- en stikstofaërosolen en organisch koolstof, weerkaatsen het zonlicht en hebben daardoor een afkoelende werking. Roet absorbeert het zonlicht en heeft dus een opwarmende werking. Dit suggereert dat een aanpak die vooral op roet gericht is, gunstig kan zijn. Het werkt zowel positief uit voor de gezondheid als wel voor het klimaat door op vooral regionale schaal de werking van het versterkte broeikas-effect voor een deel te neutraliseren. Een afname van de concentratie van andere aërosolen zal echter leiden tot een grotere invloed van het versterkt broeikas-effect.

Aërosolen en koolstofdioxide komen vaak uit dezelfde bronnen. Zo komen ze gelijktijdig vrij bij

verbrandingsprocessen. Om het totale effect van bronmaatregelen op klimaat te berekenen, moet daarom met beide rekening worden gehouden. Een voorbeeld is wegverkeer. Moderne dieselauto's zijn 20 tot 30% zuiniger dan vergelijkbare benzine-auto's en emitteren daardoor per afgelegde kilometer zo'n 10 tot 20% minder koolstofdioxide. Dit is gunstig voor het tegengaan van het versterkte broeikas-effect. Daartegenover staat de hogere uitstoot van roetdeeltjes door dieselauto's in vergelijking tot benzine-auto's. Dit heeft een nog niet goed te kwantificeren opwarmend effect op het klimaat op lokale schaal. Daarnaast zijn de brandstofkosten van een dieselauto 40 tot 50% lager dan die van een vergelijkbare benzine-auto. Hierdoor zullen automobilisten die van een benzine- naar een dieselauto overstappen meer gaan rijden. Een deel van de vermindering van de emissie van koolstofdioxide wordt zo teniet gedaan. Het netto-effect hangt onder andere af van de implementatiegraad van roetfilters bij dieselauto's.

### Wat doet Nederland?

Het kabinetsbeleid in het dossier fijn stof richt zich op twee punten: de vermindering van de gezondheidsrisico's en het verkleinen van het risico dat nieuwe ruimtelijke ontwikkelingen stagneren. Het kabinet werkt aan de oplossing van de luchtkwaliteitsknelpunten via drie sporen.

#### Inzet van nationale maatregelen die de luchtkwaliteit verbeteren

Hier ligt het accent op een serie subsidie- en stimuleringsmaatregelen die de implementatiegraad van roetfilters in het Nederlandse dieselwagenvoertuigpark versnellen en vergroten. Daarnaast wordt de aanschaf van schone Euro-4/5 vrachtauto's en Euro-5 dieselpersonenauto's fiscaal gestimuleerd. De maximumsnelheid gaat omlaag naar 80 km/h op vijf *hotspot* snelwegtrajecten. Het kabinet plant om dit pakket aan te vullen met enkele budgettaire neutrale maatregelen en met de inzet van provincies en gemeenten op het gebied van lokale maatregelen. Het geheel zal worden gepresenteerd op Prinsjesdag 2005 en worden afgerond in het Nationaal Luchtkwaliteitsplan (NLP05) dat eind 2005 zal verschijnen.

#### Evaluatie en aanpassing van de luchtkwaliteitsnormen in Europees verband

Het NLP05 wordt in Brussel gebruikt om aan te tonen dat het maximale wordt gedaan dat in

redelijkheid van de lidstaat Nederland kan worden verwacht. Het kabinet hoopt op een coulante houding van de Europese Commissie waardoor het risico op ingebrekestelling voor het niet voldoen aan de richtlijn voor fijn stof, kleiner wordt.

Eind 2005 brengt de Europese Commissie een Thematische Strategie uit die de contouren voor het toekomstige Europese en dus ook Nederlandse luchtleidbeleid uitstippelt. Nederland heeft in dat verband gepleit voor consistentie tussen het emissie- en luchtkwaliteitsbeleid in de Europese Unie en voor de aanscherping van het emissiereductiebeleid voor specifieke bronnen. Verder heeft Nederland voorstellen gedaan om het fijnstofbeleid te richten op schadelijke verbrandings-emissies. In hoeverre deze strategie succesvol is geweest en zal leiden tot een oplossing van de huidige knelpunten, wordt duidelijk zodra de Thematische Strategie verschijnt.

#### Verduidelijking van de Nederlandse regelgeving

De uitspraken en het advies van de Raad van State hebben ertoe geleid dat het Besluit Luchtkwaliteit wordt aangepast. Nieuwe elementen zijn: een saldobenadering voor bouwplannen in overschrijdingssituaties, het buiten beschouwing laten van het niet-schadelijk natuurlijk deel van fijn stof en het niet langer van toepassing verkla-

ring van het standstillbeginsel in de Wet Milieubeheer. De saldobenadering in combinatie met het verlaten van het standstillbeginsel zal nader uitgewerkt worden in een ministeriële regeling en moeten leiden tot jurisprudentie. Mogelijk zal door deze benadering het accent verschuiven van individuele bouw- en ontwikkelingsprojecten naar de ontwikkelingen in de luchtkwaliteit in een gehele zone of agglomeratie. Bij een positief advies van de Raad van State zal het aangepaste Besluit Luchtkwaliteit eind juli 2005 van kracht worden. Het nieuwe Besluit Luchtkwaliteit zal worden vervangen door een wet. Het kabinet zal

na het zomerreces 2005 hiervoor een voorstel indienen.

*Bij verschijning van deze publicatie is nog veel beweging rond genoemde drie punten. Het spreekt voor zich dat de effecten van het kabinetsbeleid op de luchtkwaliteit pas kunnen worden geëvalueerd, zodra het maatregelpakket is uitgekristalliseerd en bovendien voldoende is geïnstrumenteerd. Het Milieu- en Natuurplanbureau zal in september 2005 een beoordeling over de effectiviteit en doelmatigheid van de kabinetsvoorstellen uitbrengen.*



## 2. Hebben andere landen ook een probleem?

- Nederland is zeker niet het enige land dat een probleem heeft. In bijna alle stedelijke gebieden in Europa worden overschrijdingen van de Europese grenswaarden voor fijn stof gemeld. De niveaus zijn vergelijkbaar met die in Nederland.
- De overschrijdingen in Nederland vinden wel op grotere schaal plaats. Deze situatie is vergelijkbaar met die in België, Ruhrgebied en Noord-Italië.
- Er zijn belangrijke verschillen tussen landen in de implementatie van de Europese regelgeving. Zo heeft Nederland de regelgeving naar de letter geïmplementeerd.
- Nederland gebruikt als een van de weinige landen een modelinstrumentarium met een hoog ruimtelijk oplossend vermogen voor het analyseren van en rapporteren over de luchtkwaliteit.

### *Leeswijzer*

Dit hoofdstuk vergelijkt de Nederlandse situatie met die in een aantal andere Europese landen. Hiervoor worden Europese meetgegevens en de formele meldingen van overschrijdingen aan de Europese Commissie gebruikt. Ook is er een korte beschouwing over de inpassing van de Europese regelgeving in andere landen.

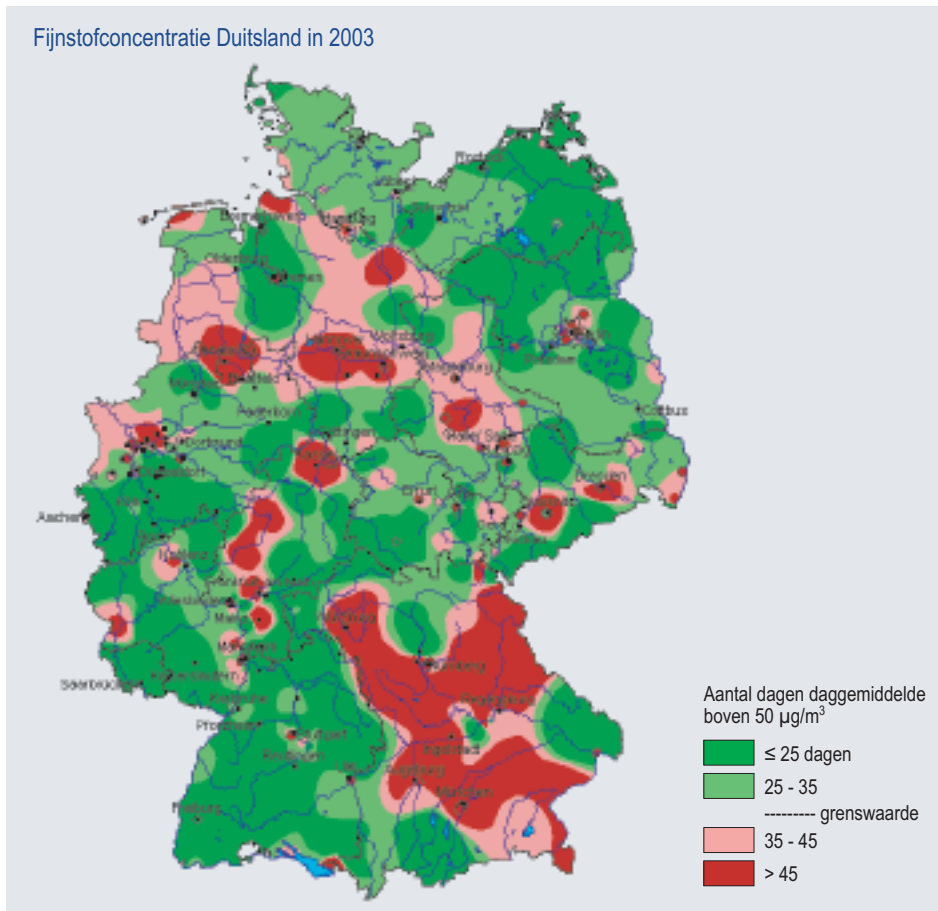
### Een grootschalig probleem

Een eerste beschouwing leert dat Nederland niet het enige land is waar verhoogde fijnstofconcentraties voorkomen. De verspreiding van fijn stof is een grootschalig verschijnsel. Dit blijkt bijvoorbeeld uit de situatie in Duitsland, waar in een groot aantal stedelijke gebieden overschrijding van de grenswaarde voor het daggemiddelde optreedt (*figuur 2.1*). Op 1 juni 2005 was op meetstations in Dortmund, Düsseldorf, Dresden, Hannover, Leipzig en München het maximale aantal toegestane dagen met een daggemiddelde van boven de 50  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  al overschreden (UBA, 2005a).

### Meetgegevens

Een bron van informatie over de luchtkwaliteit voor fijn stof in de landen van de Europese Unie vormt AIRBASE, de database met luchtkwaliteitsgegevens van het European Topic Centre on Air and Climate Change (ETC/ACC) van het European Environment Agency (EEA). Ook hieruit blijkt dat overschrijdingen van beide grenswaarden op ruime schaal voorkomen, zij het dat ook hier aanzienlijk meer overschrijdingen van de grenswaarde voor het daggemiddelde optreden (*figuur 2.2*). Bovendien blijkt uit de gegevens in AIRBASE dat de overschrijdingen zich concentreren op stedelijke stations. Dit zijn bij uitstek de meetstations die sterk door lokale bronnen beïnvloed worden.

Een zelfde beeld komt naar voren uit de verplichte jaarlijkse rapportage van de lidstaten van de Europese Unie aan de Europese Commissie. In de meeste zones en agglomeraties in België, Duitsland, Nederland en het Verenigd Koninkrijk treden over-



Figuur 2.1 Aantal dagen dat in Duitsland in 2003 de daggemiddelde fijnstofconcentratie hoger is dan 50 µg/m<sup>3</sup>. Bron: UBA, 2005b.

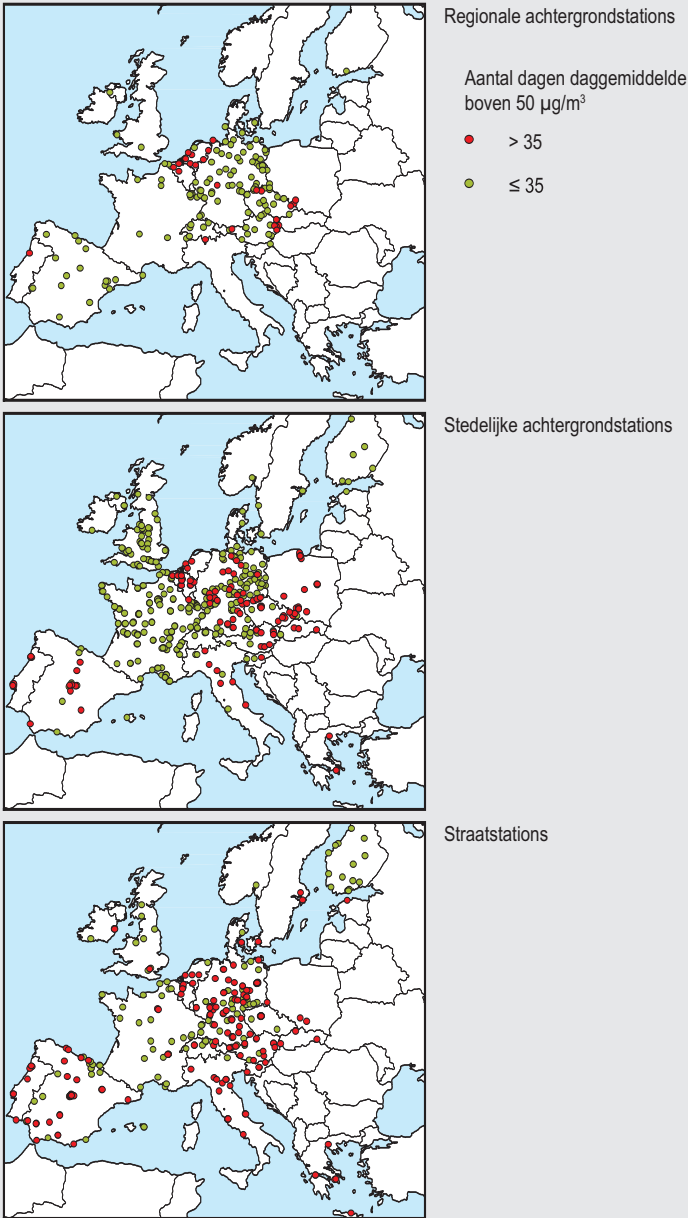
schrijdingen van de grenswaarden op. Dit beeld contrasteert met onder andere de situatie in Frankrijk waar veel minder overschrijdingen optreden (tabel 2.1). Het is echter niet mogelijk om hier verstrekkende conclusies aan te verbinden, zonder hierbij de precieze situatie en omvang van de zones in de verschillende landen te betrekken. Het is echter mogelijk dat een gedeelte van de verschillen verklaard kan worden door verschillen in de gehanteerde correctiefactoren.

## Correctiefactoren

Een complicerende factor bij het gebruik van meetgegevens voor fijn stof is verwoord door de CAFE Working Group: 'Due to differences in calibration of the continuous monitors in relation to the reference method, and due to differences in the "station mix" in the networks of the Member States, full comparability of PM<sub>10</sub> levels over Europe is not ensured' (EU, 2004). Feitelijk betekent dit dat gerapporteerde meetgegevens niet zo maar naast elkaar gezet kunnen worden voor een vergelijking. Niet alleen



## Fijnstofconcentratie Europa in 2002



*Figuur 2.2 Overschrijdingen van de grenswaarde voor de daggemiddeldeconcentratie van fijn stof in Europa in 2002. Bron: AirBase. Grenswaarde: het aantal dagen met een daggemiddelde concentratie boven  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  mag niet meer dan 35 bedragen. Aan deze grenswaarde moet sinds 1 januari 2005 worden voldaan. Uit gegevens in AirBase blijkt dat overschrijdingen van de grenswaarde voor het daggemiddelde optreden op 52% van de straatstations, op 28% van de stedelijke achtergrondstations en op 18% van de regionale achtergrondstations.*

Tabel 2.1 Overschrijding van de grenswaarden in de zones en agglomeraties van een aantal Europese landen in 2003 volgens de officiële rapportages van de lidstaten aan de Europese Commissie. Bron: CIRCA, 2005; AirBase, 2005.

	Totaal aantal meetstations <sup>1</sup>	Overschrijding van de grenswaarde voor het daggemiddelde		Overschrijding van de grenswaarde voor het jaargemiddelde	
		wel	niet	wel	niet
<i>aantal zones en agglomeraties</i>					
België	33	10	0	9	1
Denemarken	8	2	4	1	5
Duitsland	367	49	29	13	65
Frankrijk	232	12	56	5	63
<b>Nederland</b>	<b>33</b>	<b>9</b>	<b>0</b>	<b>3</b>	<b>6</b>
Oostenrijk	95	11	0	3	8
Verenigd Koninkrijk	72	32	10	14	28

Noot: De gegevens voor Nederland wijken af van die in Hoofdstuk 4 *Hoeveel fijn stof meten we?* worden gepresenteerd, omdat het om verschillende jaren gaat.

bestaan er verschillende meetsystemen, ook maken de meest gebruikte instrumenten een systematische fout (zie Hoofdstuk 4 *Hoeveel fijn stof meten we?*). Dit komt onder andere door de verdamping van semi-vluchtige deeltjes tijdens de monsterneming. Nederland hoogt op basis van onderzoeksresultaten daarom de meetresultaten van de fijnstofmetingen met een factor 1,33 op. Een aantal andere landen volgt de aanwijzing van de Europese Commissie en hanteert een factor van 1,3. Alleen België hanteert hogere correctiefactoren. De meeste landen passen een lagere of geen correctiefactor toe. Dit is meestal gebaseerd op eigen onderzoek, alhoewel het voor een aantal landen niet duidelijk is waar de waarde van de correctiefactor op is gebaseerd (Buijsman en De Leeuw, 2004).

## Gebruik van modellen

Naast metingen mogen landen ook modellen gebruiken om de luchtkwaliteit of knelpunten erin vast te stellen. Een recente inventarisatie (Koelemeijer *et al.*, 2005) laat zien dat er maar weinig landen zijn die tot op straatniveau de luchtkwaliteit berekenen voor de rapportage aan de Europese Commissie: Denemarken, Nederland, Verenigd Koninkrijk en Zweden. Aangezien uit de metingen blijkt dat de meeste overschrijdingen zich op straatniveau voordoen (zie ook *tabel 2.1*) zal daarom in de landen die niet tot op straatniveau modelleren – en dat zijn dus de meeste – het aantal knelpunten mogelijk onderschat worden.

## Implementatie van de Europese regelgeving

Onlangs is onderzoek uitgevoerd naar de manier waarop in de verschillende Europese landen juridisch wordt omgegaan met de luchtkwaliteitsregelgeving (Bakker, 2004;

Backes en Van Nieuwerburgh, 2005; Koelemeijer *et al.*, 2005). Het blijkt dat er grote verschillen zijn. Nederland heeft een expliciete wettelijke koppeling tussen luchtkwaliteitsbeleid en ander beleid, waaronder het ruimtelijke ordeningsbeleid. In andere landen is dat doorgaans minder het geval; in diverse landen worden alleen plannen met potentieel ingrijpende effecten aan een toets onderworpen. Verder hanteert Nederland de grenswaarden strikt. Dit betekent dat er bij de vergunningverlening een scherpe grens wordt getrokken tussen plannen die leiden tot net wel of net niet voldoen aan de grenswaarden.

In sommige andere landen is de implementatie minder strikt gebeurd. In Frankrijk en het Verenigd Koninkrijk geldt bijvoorbeeld dat het voldoen aan een (toekomstige) grenswaarde een van de belangen is die wordt meegewogen in het al dan niet verlenen van een vergunning. Het kan echter ondergeschikt worden gemaakt aan andere maatschappelijke belangen. Hoewel in Duitsland de grenswaarden wel strikt worden gehanteerd, zijn de consequenties die voortvloeien uit dreigende overschrijding tot nu toe minder vergaand dan in Nederland (Koelemeijer *et al.*, 2005).

In Nederland gelden de grenswaarden overal op het grondgebied, ongeacht of er daadwerkelijk blootstelling van mensen plaatsvindt. In andere EU-landen zijn de grenswaarden in principe ook overal op het grondgebied van toepassing, maar in ten minste Duitsland en Oostenrijk is de wet zo uitgelegd dat de grenswaarden alleen van toepassing zijn op plaatsen waar mensen zich kunnen bevinden. Duidelijk is dat de Europese regelgeving ruimte laat voor een verschillende interpretatie op nationaal niveau (Koelemeijer *et al.*, 2005).



### 3. Hoe hoog is de emissie?

- In de periode 1990-2003 is de primair fijnstofemissie in Nederland met 50% gedaald. Ook de emissies van de precursors van secundair fijn stof, ammoniak, stikstofoxiden en zwaveldioxide, zijn in deze periode fors gedaald.
- Ook in de meeste andere EU-25 landen daalde de emissie van primair fijn stof. Deze daling kwam veelal tot stand door vergelijkbaar Europees en nationaal beleid en daaruit voortvloeiende maatregelen.
- Verwacht wordt dat de fijnstofemissie in Nederland in de periode 2000-2020 licht afneemt of constant blijft. De emissie door verkeer daalt in deze periode met 25%. In alle andere landen van de Europese Unie zullen de emissies van fijn stof eveneens afnemen.
- De emissies in het buitenland zullen in de toekomst sneller dalen dan in Nederland. Dit komt, omdat in Nederland al relatief veel bestrijdingstechnieken zijn ingezet. Ook de overschakeling naar aardgas heeft al bijna volledig plaatsgevonden.

#### *Leeswijzer*

Dit hoofdstuk behandelt de emissies van primair fijn stof in Nederland en een aantal Europese landen. Verder komen aan de orde de verwachte ontwikkeling in de emissies, de onzekerheden erin en de invloed van maatregelen.

#### **Emissies in Nederland**

De Emissieregistratie stelt jaarlijks de emissie van primair fijn stof in Nederland vast. Primair fijn stof is fijn stof dat direct in de atmosfeer wordt geëmitteerd. Het bevoegde gezag, meestal de provincie, controleert de door de grote bedrijven opgegeven emissies. De emissie door andere sectoren, waaronder de sectoren verkeer, consumenten, landbouw en handel, diensten, overheid wordt berekend door werkgroepen. Deze opereren alle binnen de Nederlandse Emissieregistratie.

De onzekerheid van de monitoring van de totale fijnstofemissie is niet goed bekend (MNP, 2005). Uit een recente TNO studie blijkt dat de onzekerheid van de emissie uit de bekende emissiebronnen minimaal 20% is (TNO, 2004). De Emissieregistratie maakt tot op heden geen schatting van de  $PM_{2,5}$ -emissie, maar alleen van fijn stof als  $PM_{10}$ . Stof dat rechtstreeks vrijkomt bij verbrandingsprocessen zoals bij transport, industrie en consumenten, bestaat uit deeltjes die ook kleiner zijn dan  $PM_{2,5}$ . Stof dat vrijkomt bij mechanische bewegingen, zoals wegdekslijtage en stalemissies, betreft vooral deeltjes die groter zijn dan  $PM_{2,5}$ .

#### **Emissies in andere Europese landen**

Gegevens over de emissie van primair fijn stof in andere Europese landen moeten jaarlijks gerapporteerd worden aan het Cooperative Programme for Monitoring and

Evaluation of the Long-range Transmission of Air Pollutants in Europe (EMEP), in het kader van de Convention on Long-range Transboundary Air Pollution. Tot op heden voldoen weinig landen aan deze verplichting. In 2004 werd bijvoorbeeld door slechts 16 van de bijna 50 landen, waaronder Nederland, gerapporteerd over de emissie in het jaar 2002 (EMEP, 2005a). Voor de overige landen wordt door EMEP geschat hoe groot de jaarlijkse emissie is (Vestreng, 2004).

De onzekerheid van de emissiegegevens van fijn stof in de andere Europese landen is eveneens groot (EEA, 2003). Het is voornamelijk niet mogelijk deze onzekerheid te kwantificeren. Prognoses voor fijnstofemissie worden met behulp van het RAINS model gemaakt voor Europa. RAINS is het model voor luchtverontreiniging dat de Europese Commissie gebruikt voor onderbouwing van nieuw luchtverontreinigingsbeleid.

## Emissietrend in Nederland

In de periode 1990-2003 is de emissie van primair fijn stof in Nederland met bijna 50% gedaald (tabel 3.1). De grootste daling trad op bij de bedrijven en het (weg)verkeer (MNP, 2005). Ook de emissie van de precursors van secundair fijn stof, ammoniak, stikstofoxiden en zwaveldioxide, is in deze periode fors gedaald en wel met 48, 32 en respectievelijk 66%. De afnemende emissie van primair fijn stof in Nederland bij bedrijven (industrie, raffinaderijen en energiesector) is vooral te danken aan regelgeving, waaronder het Besluit Emissie-Eisen Stookinstallaties (BEES) en de Nederlandse Emissie Richtlijn Lucht (NER). Dit heeft geleid tot maatregelen zoals procesaanpassingen en een groter gebruik van filters. De daling bij het wegverkeer is te danken aan Europese regelgeving voor uitlaatgasemissies.

Tabel 3.1 Emissie van primair fijn stof in Nederland, 1990-2003<sup>a</sup>.

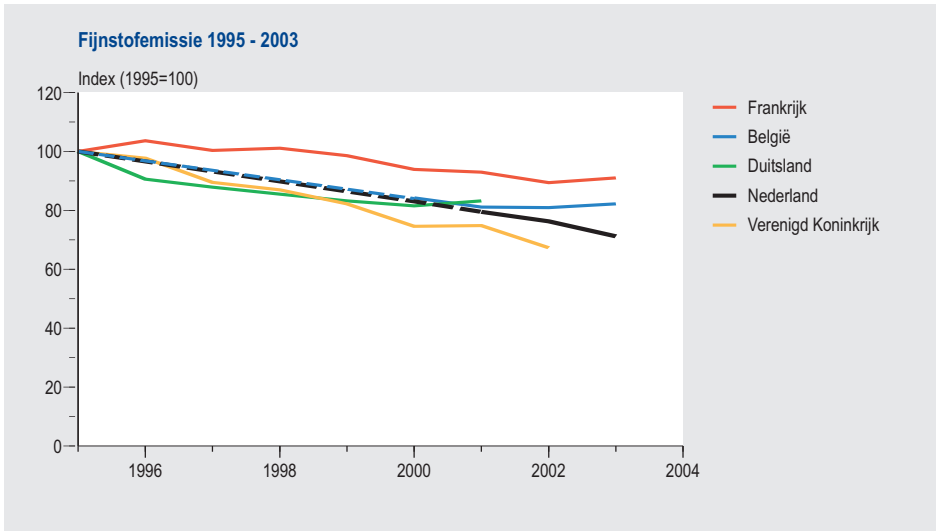
Emissie per sector	1990	1995	2000	2002	2003	2010
	<i>Mln kg</i>					
Industrie, energie en raffinaderijen	38	23	13	13	12	12
Verkeer	23	20	17	16	16	13
a. Waarvan wegverkeer	18	14	12	11	11	9
Waarvan door dieselveertuigen <sup>b</sup>	14	10	8	7	6	6
b. Waarvan slijtage <sup>c</sup>	3	3	3	3	3	4
Consumenten	4	4	4	4	4	9 <sup>d</sup>
Handel, diensten, overheid en bouw	4	3	4	4	3	
Landbouw	9	10	10	9	8	10
<b>Totaal PM<sub>10</sub></b>	<b>78</b>	<b>59</b>	<b>49</b>	<b>45</b>	<b>42</b>	<b>44</b>

a) De emissie van de zeescheepvaart is niet in deze tabel opgenomen. Deze bedroeg in 2000 voor binnengaande emissies 2 mln kg, die op het Nederlandse deel van het continentaal plat 8 mln kg. (Emissie-registratie, 2005).

b) 30% is afkomstig van personenauto's, 70% van vrachtauto's waarin begrepen bestelauto's en bussen.

c) Slijtage van banden, wegdek en remmen.

d) Totaal consumenten, handel, diensten, overheid en bouw.



Figuur 3.1 Emissie van primair fijn stof in Nederland en een aantal omringende landen, 1995-2003. Voor Nederland zijn tussen 1995 en 2002 alleen data beschikbaar voor 1990 en 2000. Bron: Umweltdaten Duitsland, 2005; MIRA, 2005; Citepa, 2005; NAEI, 2005.

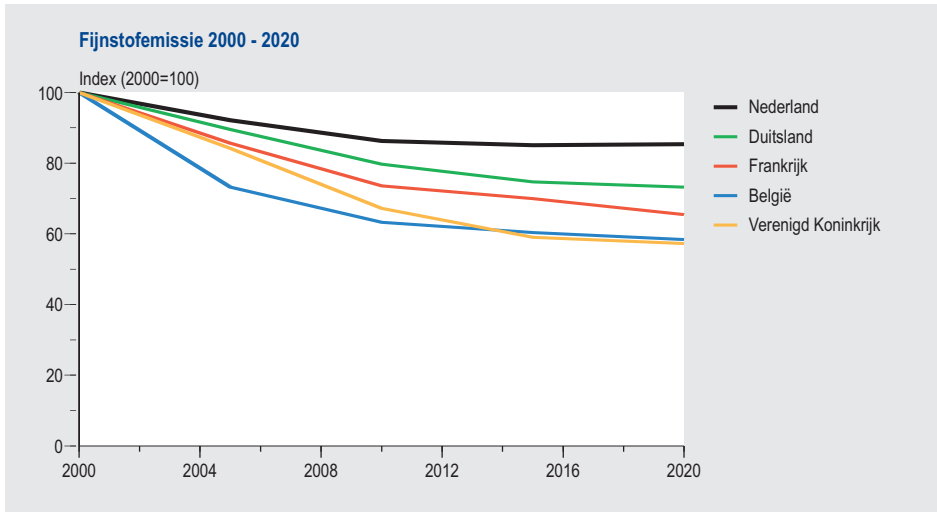
## Emisietrend in andere Europese landen

Ook in de meeste andere EU-25 landen daalde de emissie van primair fijn stof. Deze daling kwam veelal tot stand door vergelijkbaar Europees en nationaal beleid en daaruit voortvloeiende maatregelen. In Duitsland en in veel van de recent toegetreden EU-landen is de daling ook het gevolg van de sluiting van bruinkoolcentrales en overschakeling naar andere brandstoffen zoals aardgas. Ook het uit bedrijf nemen van niet meer rendabele fabrieken heeft bijgedragen tot de daling van de emissie. Hoe groot die daling de afgelopen jaren precies is geweest, is echter niet echt duidelijk. De reden hiervoor is dat, zoals hiervoor is aangegeven, maar door weinig EU-25 landen wordt gerapporteerd. Als voorbeeld is de ontwikkeling van de emissie van primair fijn stof in Nederland en de vier ons omringende landen in de periode 1995-2003 gegeven (figuur 3.1).

Evenals in Nederland is ook de emissie van de fijnstofprecursoren in de EU-25 gedaald. In de periode 1990-2002 was de daling voor ammoniak 16%, voor stikstofoxiden 31% en voor zwaveldioxide 66% (EEA ETC/ACC, 2004).

## Toekomstige emissie

Verwacht wordt dat de fijnstofemissie in Nederland in de periode 2000-2020 – afhankelijk van het scenario – licht afneemt (-15%) of constant blijft (ECN/MNP, 2005). De emissie door verkeer daalt in deze periode met 25%. De emissie door andere doelgroepen verandert weinig (tabel 3.1). In het buitenland (EU-25) nemen volgens berekeningen met het RAINS-model (RAINSb, 2005) in de toekomst de antropogene emissies van



Figuur 3.2 Emissie van primair fijn stof in de periode 2000-2020 in Duitsland, België, Frankrijk, Verenigd Koninkrijk en Nederland volgens RAINS. De verwachting is dat de emissies in het buitenland sneller zullen dalen dan in Nederland. Dit komt, omdat in Nederland al relatief veel bestrijdingstechnieken zijn ingezet. Ook speelt een rol dat in Nederland de overschakeling naar aardgas al bijna volledig heeft plaatsgevonden.

fijn stof, zowel in de vorm van  $PM_{10}$  als van  $PM_{2,5}$  eveneens af. De emissies in het buitenland dalen in de toekomst echter sneller dan in Nederland (figuur 3.2). Een verklaring voor deze inhaalslag van andere landen is dat in Nederland al relatief veel bestrijdingstechnieken zijn ingezet en dat in Nederland de overschakeling naar aardgas al bijna volledig heeft plaatsgevonden.

Voor de RAINS berekeningen zijn per land gegevens en scenario veronderstellingen gebruikt over onder meer de economische ontwikkeling, het aantal inwoners, het energiegebruik, de voertuigkilometers, de aantallen dieren in de landbouw, de industriële productie, emissiefactoren en de toepassing van emissiebeperkende maatregelen. Dit scenario wijkt enigszins af van het bovengenoemde Nederlandse scenario. De RAINS-input is in het kader van Clean Air for Europe (CAFE) programma in 2004 door de betreffende landen gecontroleerd en verbeterd. Voor fijn stof – zowel  $PM_{10}$  als  $PM_{2,5}$  – heeft deze controle voor de Nederlandse gegevens plaatsgevonden (Jimmink, 2004). RAINS berekent voor Nederland voor het jaar 2000 een hogere fijnstofemissie – 15-20% – blijkt uit de gegevens van de Emissieregistratie. Voor de toekomst is dit eveneens het geval. Dit laatste komt ook door scenarioverschillen, onder andere voor dieraantallen en het brandstofgebruik door consumenten. Uit de vergelijking van de huidige 2000-data voor fijn stof in RAINS lijkt het dat ook een aantal landen de huidige RAINS data in 2004 nog niet voldoende heeft gecontroleerd. Zo zijn de emissiefactoren voor veel emissiebronnen in alle landen identiek. In het najaar van 2005 zullen de data overigens door de landen opnieuw worden gecontroleerd als onderdeel van de herziening van de Europese richtlijn voor emissieplafonds, de National Emissions Ceilings richtlijn (NEC).



## 4. Hoeveel fijn stof meten we?

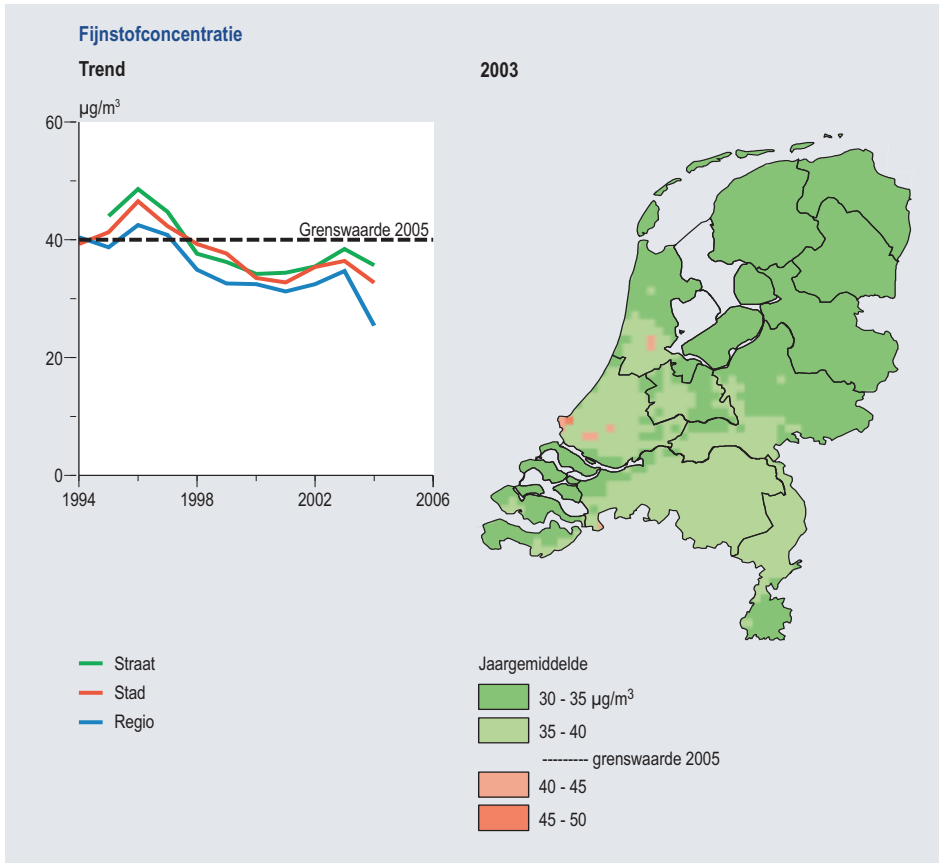
- De gemeten jaargemiddelde concentratie van fijn stof bedroeg in 2003 ongeveer  $34 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Dat is 25% lager dan 10 jaar geleden.
- Er treedt in Nederland overschrijding op van zowel de grenswaarde voor het jaargemiddelde als die voor het daggemiddelde. Uit de metingen blijkt dat er meer overschrijdingen van de grenswaarde voor het daggemiddelde zijn dan van de grenswaarde voor het jaargemiddelde. De grenswaarde voor het daggemiddelde blijkt dus strenger dan de grenswaarde voor het jaargemiddelde.
- De meting van de fijnstofconcentraties gebeurt in Nederland volgens een in de Europese regelgeving voorgeschreven methodiek. Metingen van fijn stof ( $\text{PM}_{10}$ ) gebeuren in Nederland op 39 locaties; hiervan bevinden er zich 22 in de stedelijke omgeving.
- Bestanddelen van fijn stof zijn: anorganische secundaire bestanddelen, koolstofbevattende bestanddelen, zeezout, oxiden van metalen en silicium en water. Zeezout en bodemstof vormen een belangrijk bestanddeel van het fijn stof, namelijk op jaargemiddelde basis 20 à 30%.
- Meteorologische invloeden kunnen leiden tot fluctuaties in de jaargemiddelde fijnstofconcentratie van zo'n  $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .
- Het effect van de aftrek van de bijdrage van het zeezoutaërosol op de overschrijding van de grenswaarde van het daggemiddelde is klein. Naar schatting leidt aftrek, gemiddeld voor Nederland, tot zes dagen minder overschrijding van de grenswaarde voor het daggemiddelde.

### *Leeswijzer*

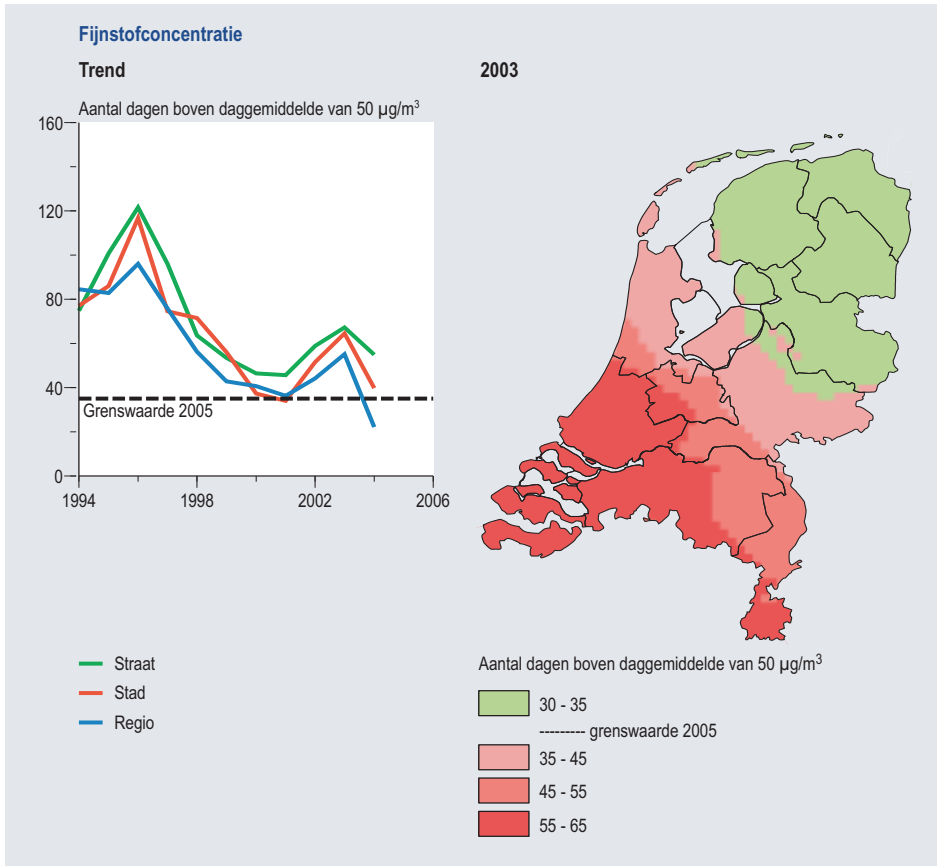
Hoofdstuk 4 besteedt aandacht aan de gemeten concentraties van fijn stof in Nederland, de overschrijding van de twee Europese grenswaarden en de relatie tussen beide grenswaarden. Daarnaast geeft dit hoofdstuk informatie over de infrastructuur voor de metingen, over de metingen en over de gemeten bestanddelen van fijn stof.

### Concentraties in Nederland

De luchtkwaliteit voor fijn stof in Nederland is de afgelopen tien jaar verbeterd. De gemeten jaargemiddelde concentratie fijn stof bedroeg in 2003  $34 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . De jaargemiddelde concentraties zijn in tien jaar tijd met 25% afgenomen. Het aantal dagen met een daggemiddelde concentratie boven  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  is in diezelfde periode zelfs gehalveerd. Niettemin is er in Nederland nog overschrijding van beide grenswaarden. Het blijkt dat er meer overschrijdingen van de grenswaarde voor het daggemiddelde zijn dan van de grenswaarde voor het jaargemiddelde (*figuur 4.1, figuur 4.2*). Toekomstige ontwikkelingen komen verder in Hoofdstuk 5 *Hoeveel fijn stof berekenen we?* aan de orde.

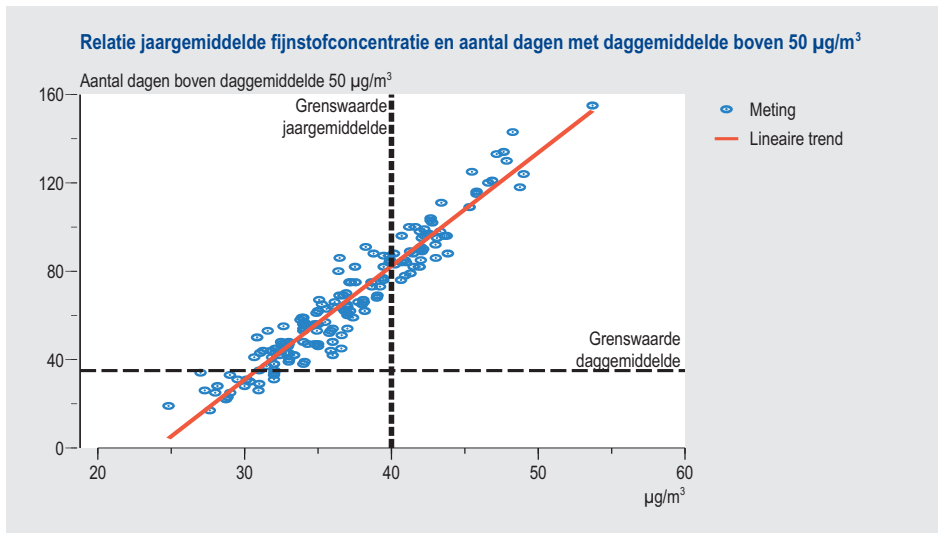


Figuur 4.1 Gemeten jaargemiddelde fijnstofconcentraties in Nederland in 2003. De trendlijnen (links) geven het gemiddelde van de stations in de betreffende groep. De kaart voor de jaargemiddelde concentraties is verkregen uit meetresultaten in het Landelijk Meetnet Luchtkwaliteit in combinatie met modelberekeningen; zie voor een uitleg Hoofdstuk 5 Hoeveel fijn stof berekenen we? Bron: MNC, 2005.



Figuur 4.2 Het aantal dagen met een daggemiddelde boven  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  in Nederland in 2003. De trendlijnen (links) geven het gemiddelde van de stations in de betreffende groep. De kaart voor het aantal dagen overschrijdingen is geconstrueerd door interpolatie van de meetresultaten op de regionale meetstations in het Landelijk Meetnet Luchtkwaliteit. De problemen met het voldoen aan de grenswaarde voor de daggemiddelde concentratie doen zich voor in een groot deel van Nederland (rechts). Bron: MNC, 2005.

De meetresultaten voor fijn stof laten ook de relatie zien tussen de twee Europese grenswaarden: de grenswaarde voor het jaargemiddelde,  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , en de grenswaarde voor het daggemiddelde, dat is maximaal 35 dagen per jaar een daggemiddelde concentratie boven de  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (figuur 4.3). Uit deze relatie blijkt dat de grenswaarde voor het daggemiddelde correspondeert met een jaargemiddelde fijnstofconcentratie van ongeveer  $31 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . De grenswaarde voor het daggemiddelde is daarmee dus aanzienlijk stringenter dan de grenswaarde voor het jaargemiddelde.

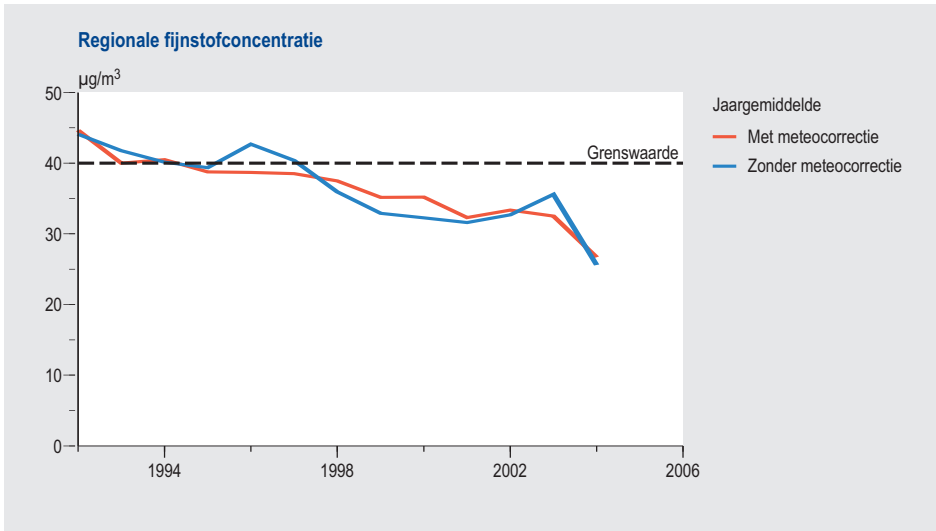


Figuur 4.3 Relatie tussen de jaargemiddelde fijnstofconcentratie en het aantal dagen met een daggemiddelde boven  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . De verticale lijn geeft de grenswaarde voor het jaargemiddelde aan. De horizontale lijn geeft het maximale aantal toegestane dagen met een daggemiddelde boven  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  aan. Uit deze relatie volgt dat elke microgram meer fijn stof vijf dagen meer overschrijding van de maximaal toegestane daggemiddelde concentratie geeft. Volgens deze relatie wordt bij een jaargemiddelde concentratie van  $31 \mu\text{g}/\text{m}^3$  geen van beide grenswaarden nog overschreden. Het aantal dagen met een daggemiddelde concentratie van  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  bedraagt dan juist 35.

## Trend in de concentratie

Meteorologische jaar-op-jaarfluctuaties hebben een duidelijke invloed op de jaargemiddelde fijnstofconcentratie in Nederland (figuur 4.4). Het is echter mogelijk om voor deze fluctuaties te corrigeren (Visser en Noordijk, 2002). Met een correctie blijkt in de periode 1992-2003 een neerwaartse trend van gemiddeld  $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$  per jaar op te treden. Ook het aantal dagen met overschrijding van de grenswaarde voor het daggemiddelde neemt gemiddeld af over deze periode.

Meteorologische invloeden kunnen leiden tot fluctuaties in de jaargemiddelde fijnstofconcentratie van zo'n  $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (figuur 4.4). Dit betekent dat als Nederland in ieder afzonderlijk jaar wil voldoen aan de grenswaarde voor het jaargemiddelde van  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , de concentratie rond de  $35 \mu\text{g}/\text{m}^3$  moet liggen in een meteorologisch gezien normaal jaar. Wil Nederland tevens voldoen aan de grenswaarde voor het daggemiddelde, dan mag het jaargemiddelde maximaal  $26 \mu\text{g}/\text{m}^3$  bedragen (figuur 4.3).



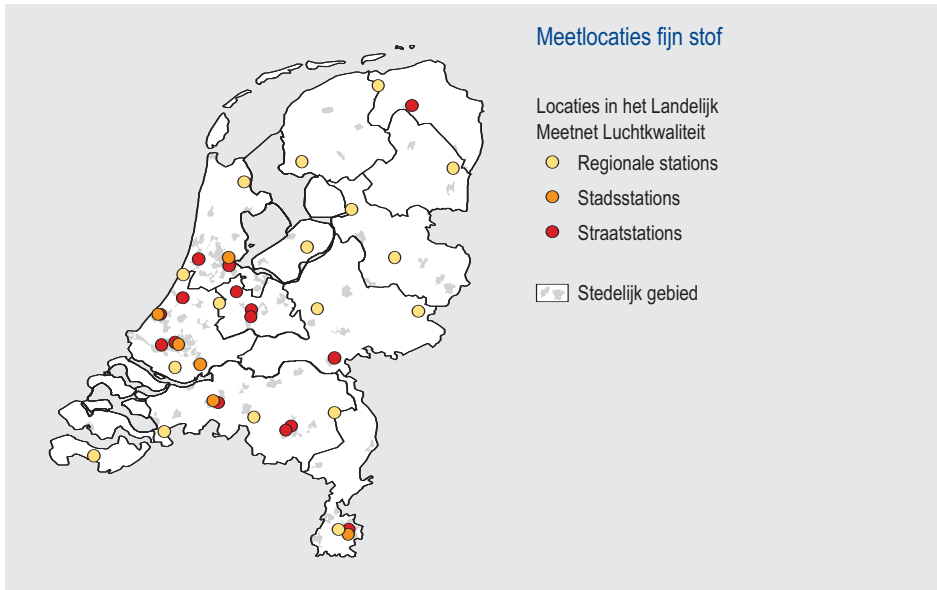
Figuur 4.4 Gemeten trend in de jaargemiddelde fijnstofconcentratie op de regionale stations van het Landelijk Meetnet Luchtkwaliteit. De figuur toont de trend zowel met als zonder correctie voor toevallige fluctuaties in de meteorologie. In een jaar met ongunstige meteorologische omstandigheden kan de jaargemiddelde fijnstofconcentratie tot 5  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  hoger zijn dan in een jaar met normale meteorologische omstandigheden.

## Infrastructuur voor metingen

De meting van de fijnstofconcentraties gebeurt in Nederland volgens een in de Europese regelgeving voorgeschreven methodiek. De metingen vinden in Nederland sinds 1992 plaats (Van Elzaker, 2001). Nederland behoorde hiermee in de Europese Unie, samen met Finland en het Verenigd Koninkrijk, tot de voorlopers (Buijsman *et al.*, 2004). Aanvankelijk telde het Nederlandse meetnet voor fijn stof 19 meetpunten.

Nederland heeft ervoor gekozen om de aantallen meetstations zo te kiezen dat het mogelijk is om op basis van de meetresultaten alleen – dus zonder het gebruik van modellen – een representatief beeld van de luchtkwaliteit voor fijn stof in Nederland te geven. Om het meetnet echter te laten voldoen aan de eisen van de Europese regelgeving moest de meetnetconfiguratie en het aantal meetstations worden herzien. Medio 2005 was deze herziening nog niet geheel afgerond. Het meetnet voor fijn stof telde op 1 juli 2005 17 regionale stations, 6 stadstations en 16 straatstations. De plaatsing van twee straatstations is nog voorzien. Daarmee zal het totale aantal meetstations voor fijn stof op het beoogde aantal van 41 uitkomen (figuur 4.5).

Er zijn in Nederland ook een aantal regionale en lokale instanties die metingen van fijn stof uitvoeren. De provincies Limburg en Noord-Holland hebben meetnetten met twee respectievelijk zes meetpunten. Het meetnet van Milieudienst Rijnmond DCMR telt drie meetpunten en het meetnet van de GG & GD in Amsterdam bestaat uit vijf meetpunten. Ook bij Corus in Wijk aan Zee worden fijnstofmetingen uitgevoerd.



*Figuur 4.5 Meetlocaties voor de metingen van fijn stof ( $PM_{10}$ ) in het Landelijk Meetnet Luchtkwaliteit, medio 2005. Regionale en lokale meetnetten voor fijn stof zijn niet weergegeven. Regionaal station: station dat buiten bebouwd gebied is gelegen en niet wordt beïnvloed door lokale bronnen. De ruimtelijke representativiteit wordt zodanig verondersteld dat met de resultaten van al deze stations tezamen een landsdekkend beeld gemaakt kan worden. Stadstation: station in een stedelijk gebied dat zodanig is geplaatst dat binnen een gebied met een straal van 35 meter rond het station het aantal passerende voertuigen minder dan 2.750 per dag is (Eerens et al, 1993). Straatstation: station in een stedelijk gebied dat zodanig is geplaatst dat binnen een gebied met een straal van 35 meter rond het station het aantal passerende voertuigen minstens 10.000 per dag is (Eerens et al, 1993). Twee meetstations zijn nog niet in bedrijf en zijn niet op de kaart vermeld. Het gaat om straatstations in Amsterdam en Den Haag. Bron: Laboratorium voor Milieumetingen/RIVM.*

## Meetapparatuur

De fijnstofmetingen worden in Nederland uitgevoerd met automatische meetapparatuur die werkt volgens het principe van verzwakking van  $\beta$ -straling.  $\beta$ -stofmonitor is een veelgebruikte term voor dit soort apparaat. De werking van dit soort apparaat berust niet op een absolute meetmethode. Bovendien kent de methode meetartefacten waarvoor gecorrigeerd moet worden (zie tekstbox *Het meten van fijn stof en correctiefactoren*).

De berekende onzekerheid in de daggemiddelde gemeten fijnstofconcentratie bedraagt 15%. Die voor het jaargemiddelde is 9% (Blank, 2001). De Europese Unie eist in de eerste dochterrichtlijn voor beide een onzekerheid van maximaal 25% (EU, 2001). Hieraan wordt dus in Nederland ruimschoots voldaan. Hierbij moet echter worden aangetekend dat de gegeven percentages waarschijnlijk minimale waarden zijn, omdat niet alle factoren die van invloed zijn op de onzekerheid, konden worden gekwantificeerd.

### Het meten van fijn stof en correctiefactoren

Voor de meting van fijn stof is in de eerste dochterrichtlijn een referentiemethode vastgelegd waarbij het stof in de lucht op een filter wordt opgevangen en waarbij vervolgens door weging de massa wordt bepaald. Deze methode is echter bewerkelijk. Volgens de richtlijn is het ook toegestaan om een alternatieve methode voor de meting te gebruiken mits kan worden aangetoond dat de resultaten voldoende vergelijkbaar zijn met de referentiemethode. De meeste gebruikte alternatieve methoden zijn de  $\beta$ -stofmethode en de TEOM (zie onder). De uitkomst van de metingen met deze automatische instrumenten wordt beïnvloed door de temperatuur van de aangezogen lucht en het filter. Deze temperatuurinstelling is een compromis tussen het voorkomen van condensatie van waterdamp enerzijds en het beperken van de verdamping van vluchtige aerosolen anderzijds. Als gevolg hiervan hebben zowel de  $\beta$ -stof- als de TEOM-meting een systematische afwijking ten opzichte van de referentiemethode waarvoor vaak wordt gecorrigeerd. Voor de meetresultaten van de  $\beta$ -stofmonitoren in het Landelijk Meetnet Luchtkwaliteit wordt een factor 1,33 toegepast.

De  *$\beta$ -stofmethode* maakt gebruik van  $\beta$ -deeltjes voor de meting. Deze worden verzwakt als ze door vaste stoffen worden gestuurd. De zogenaamde  $\beta$ -stofmonitor gebruikt een filterband waardoorheen  $\beta$ -deeltjes worden gestuurd. De  $\beta$ -deeltjes worden gemeten voor en na de belading van de filter met stof. De mate van verzwaking is een maat voor de hoeveelheid stof op het filter en daarmee voor de stofconcentratie in de lucht. De gehele cyclus van nulmeting, monsterneming en meting is geautomatiseerd.

*TEOM* staat voor Tapered Element Oscillating Microbalance. Deze methode gebruikt een spits toelopend glaselement waarop zich een filter bevindt. Dit element oscilleert ('trilt') met een karakteristieke frequentie. Belading van het filter met stof leidt tot een verandering van de trillingsfrequentie. De mate van verandering is een maat voor de hoeveelheid stof op het filter en daarmee van de stofconcentratie in de lucht. De gehele cyclus van nulmeting, monsterneming en meting is ook bij deze methode geautomatiseerd.

De zogenaamde semi-vluchtige bestanddelen vormen een probleem zowel bij de referentiemethode als bij de automatische metingen van fijn stof. De omvang van het probleem hangt mede af van de temperatuurinstellingen in het bewuste apparaat. Het gaat zowel om organische als om

anorganische bestanddelen. Vooral ammoniumnitraat ( $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ) is in dit verband een belangrijke component. Verliezen van dit op een filter verzameld bestanddeel van fijn stof treden op, doordat ammoniumnitraat in evenwicht is met ammoniak ( $\text{NH}_3$ ) en salpeterzuur ( $\text{HNO}_3$ ). De ligging van het evenwicht kan tijdens de monsterneming veranderen. Op een 24-uursbasis kan dit leiden tot onvoorspelbare verliezen van ammoniumnitraat.

Bovendien wordt om condensatie van vocht te voorkomen de aanzuigleiding tot vlak boven het filter verwarmd. Dit leidt echter tot verliezen van semi-vluchtige bestanddelen in het fijn stof. Om voor deze verliezen te corrigeren wordt een zogenaamde correctiefactor toegepast. De waarde van de correctiefactor moet worden vastgesteld door vergelijkend onderzoek waarbij de uitkomsten van de automatische methode worden vergeleken met de uitkomsten volgens de referentiemethode. Veel metingen van fijnstofconcentraties gebeuren met de bovengenoemde automatische apparatuur. Zowel het gebruik van deze apparatuur als de toepassing van correctiefactoren is onder de Europese regelgeving expliciet toegestaan. Wel is hieraan de voorwaarde verbonden dat equivalentie, dat is gelijkwaardigheid, met de referentiemethode voor de meting van fijn stof is aangetoond.

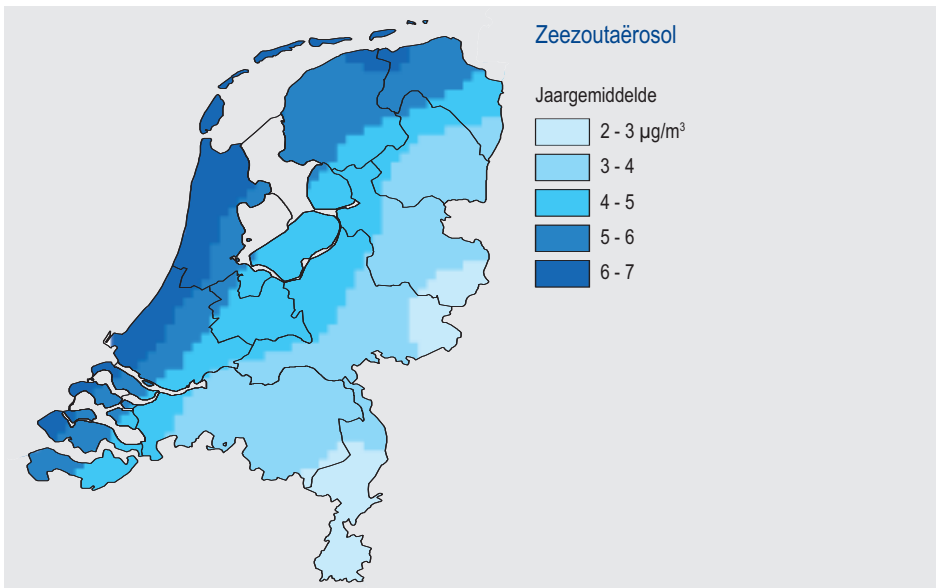
In Nederland is in het begin van de jaren negentig op basis van toenmalig onderzoek een correctiefactor van 1,33 vastgesteld. Later Nederlands onderzoek heeft geleerd dat de correctiefactor waarschijnlijk in ruimte en tijd verschilt (Van Putten *et al.*, 2002). Hierbij is vastgesteld dat de correctiefactor voor meetresultaten van stedelijke stations mogelijk te laag is en die voor meetresultaten van regionale stations mogelijk te hoog. Op dit moment loopt in Nederland opnieuw een onderzoek. Bij afwezigheid van resultaten uit eigen onderzoek volgt een aantal landen de aanbeveling van de Europese Commissie en hanteert een correctiefactor van 1,3. Alleen België hanteert hogere correctiefactoren dan Nederland. De meeste landen passen een lagere of zelfs helemaal geen correctiefactor toe. Dit is veelal gebaseerd op onderzoek van de landen zelf, alhoewel het voor een aantal landen niet duidelijk is hoe ze tot een waarde voor de correctiefactor zijn gekomen (Buijsman en De Leeuw, 2004). Recent onderzoek heeft opnieuw aanwijzingen opgeleverd over de plaats- en seizoensafhankelijkheid van de correctiefactor (Heldstab en Stampfli, 2001).

De meting van stofvormige luchtverontreiniging gebeurde in Nederland vóór 1992 alleen in de vorm van zwarte rook (Van Elzakker, 2001). Zwarte rook is echter maar een deel van fijn stof (en  $PM_{2,5}$ ). Uitspraken over een eventuele trend in de fijnstofconcentraties kunnen dan ook pas op basis van data vanaf 1992 gedaan worden.

## Bestanddelen van fijn stof

De meting van fijn stof met de  $\beta$ -stofmethode heeft als resultaat een massa per volume-eenheid. Het levert geen informatie over de chemische samenstelling van fijn stof. Uit onderzoek blijkt dat belangrijke onderdelen van fijn stof zijn: anorganische secundaire bestanddelen, koolstofbevattende bestanddelen, zeezout, oxiden van metalen en silicium en water (Visser *et al.*, 2001; zie ook de tekstbox *Chemische samenstelling van fijn stof in Nederland* voor een verdere uitleg).

Zeezout en bodemstof vormen een belangrijk bestanddeel van fijn stof: op jaargemiddelde basis 20 à 30%. Het zeezoutaërosol bestaat voor 25-50% uit deeltjes die zich in de  $PM_{2,5}$  fractie bevinden (Visser *et al.*, 2001). Zeezout en het natuurlijke deel van het bodemstof zijn niet te beïnvloeden door beleidsmaatregelen. Bovendien heeft zeezout zeer waarschijnlijk geen gezondheidseffecten. In de huidige Europese regelgeving voor fijn stof wordt echter de *totale* concentratie, dus inclusief fracties van natuurlijke oorsprong, gereguleerd. Binnen het Clean Air For Europe (CAFE) programma loopt daarom nu een discussie over de mogelijkheid tot een wettelijke uitzondering voor bestanddelen in fijn stof die van natuurlijke oorsprong zijn en tevens als niet schadelijk gezien worden.



Figuur 4.6 Jaargemiddelde bijdrage van zeezoutaërosol aan de fijnstofconcentratie in Nederland. De schatting is gebaseerd op interpolatie van meetresultaten en is gecombineerd met aannames over de verdeling van zeezout langs de Nederlandse kust (Eerens *et al.*, 1998; Eerens, 1998).



Een belangrijke vraag is hoe de relatie is tussen de concentraties van zeezout en bodemstof enerzijds en de overschrijding van de grenswaarden anderzijds. Om deze vraag te beantwoorden is een eerste schatting van de lange termijn gemiddelde bijdrage van zeezoutaërosol aan de fijnstofconcentratie in Nederland gemaakt. Deze bijdrage wordt geschat op 4 à 5  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Uit metingen blijkt dat aan de kust de jaargemiddelde zeezoutaërosolconcentratie 5 tot 8  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  bedraagt; in Limburg en aan de oostgrens is dat 3  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (figuur 4.6; Visser *et al.*, 2001; Denier van der Gon *et al.*, 2003). Metingen van zeezoutaërosol in de Duitse deelstaat Nordrhein-Westfalen wijzen op een gemiddelde concentratie van 1 à 2  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Deze cijfers ondersteunen de veronderstelde verdeling over Nederland.

Voorlopige schattingen leren dat aftrek van de bijdrage van zeezoutaërosol ertoe zal leiden dat de regionale fijnstofconcentratie onder gemiddelde meteorologische omstandigheden de grenswaarde voor het jaargemiddelde, 40  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , niet meer zal overschrijden. Overschrijdingen van deze grenswaarde zijn dan alleen nog lokaal, door lokale verkeersbijdragen, te verwachten.

### Chemische samenstelling van fijn stof in Nederland

Recente metingen aan de chemische samenstelling van fijn stof in Nederland hebben geleid tot een goed inzicht in de (gemiddelde) samenstelling van fijn stof (Visser *et al.*, 2001). De bestanddelen zijn:

**Anorganische secundaire bestanddelen.** Dit betreft hoofdzakelijk sulfaat- ( $\text{SO}_4$ ), nitraat- ( $\text{NO}_3$ ) en ammonium- ( $\text{NH}_4$ )-aërosol. Deze stofdeeltjes worden in de atmosfeer gevormd uit de gassen zwaveldioxide ( $\text{SO}_2$ ), stikstofoxiden ( $\text{NO}_x$ ) en ammoniak ( $\text{NH}_3$ ). De massabijdrage van deze bestanddelen aan de jaargemiddelde concentratie is zo'n 10  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . 90% van deze bestanddelen bevindt zich in de  $\text{PM}_{2,5}$ -fractie. Vrijwel al deze secundaire bestanddelen zijn van antropogene oorsprong.

**Koolstofbevattende bestanddelen.** Dit betreft vooral elementair koolstof en organische verbindingen. Deze stofdeeltjes worden voor het grootste deel direct in de atmosfeer uitgestoten. De massabijdrage van deze bestanddelen is 5  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , waarvan 1  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  als elementair koolstof en 4  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  als organische verbindingen. Roet bestaat uit een mengsel van elementair koolstof en organisch gebonden koolstof. Een klein deel van de koolstofbevattende bestanddelen wordt in de lucht gevormd door chemische reactie, het secundair organisch aërosol. Van de koolstofbevattende bestanddelen bevindt 90% zich in de  $\text{PM}_{2,5}$ -fractie. Deze groep bevat ook een naar massa gewogen geringe hoeveelheid polycyclische aromatische koolwaterstoffen (PAK). Het

elementaire koolstof en de PAK zijn volledig van antropogene oorsprong, terwijl de overige organische verbindingen deels van natuurlijke en deels van antropogene oorsprong zijn.

**Zeezout.** Zeezout bestaat voornamelijk uit natriumchloride ('keukenzout') met kleinere bijdragen van magnesium-, calcium-, en kaliumverbindingen. Zeezoutaërosol is van natuurlijke oorsprong en ontstaat in de lucht wanneer de wind over het zeewateroppervlak blaast. Gemiddeld over Nederland is de massabijdrage van zeezout 4-5  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . 25-50% van het zeezout bevindt zich in de  $\text{PM}_{2,5}$ -fractie.

**Oxiden van metalen en silicium.** Dit betreft voornamelijk oxiden van silicium, aluminium, calcium, ijzer, en kalium. Grotendeels kan dit worden toegeschreven aan opwaaiend bodemstof. Dit bodemstof komt voornamelijk in de lucht door menselijke activiteiten. De totale bodemstofconcentratie is in de orde van 4  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  gemiddeld over Nederland. Bodemstof bestaat voor het overgrote deel (70-90%) uit deeltjes die groter zijn dan  $\text{PM}_{2,5}$ .

**Water.** Bestanddelen van fijn stof, vooral anorganische secundaire bestanddelen, kunnen chemisch gebonden water bevatten. De bijdrage van chemisch gebonden water wordt geschat op 10-15% van de totale fijnstofconcentratie. Het aandeel water in de  $\text{PM}_{2,5}$ -fractie is groter, omdat het water vooral gebonden is aan anorganische secundaire bestanddelen.

De overschrijding van de grenswaarde voor het daggemiddelde is in Nederland het meest nijpend. Voor het jaar 2020 zijn op onderzochte snelwegknelpunten en in binnensteden nog 50-70 overschrijdingen berekend (Beck *et al.*, 2005b). De verwachting is echter dat het effect van de aftrek van de bijdrage van het zeezoutaërosol op de overschrijding van de grenswaarde van het daggemiddelde klein is. Hoge fijnstofconcentraties doen zich namelijk overwegend voor bij luchtaanvoer vanuit continentaal Europa. Het aandeel van zeezoutaërosol in de fijnstofconcentratie is dan juist klein (Matthijsen, 2005; Denier van der Gon en Schaap, 2005). Op basis van enkele metingen is de relatie tussen overschrijding van de grenswaarde voor de daggemiddelde fijnstofconcentraties en de concentratie zeezoutaërosol onderzocht. Naar schatting leidt aftrek, gemiddeld voor Nederland, tot zes dagen minder overschrijding van de grenswaarde voor het daggemiddelde. De onzekerheid in deze schatting is 50%.

## 5. Hoeveel fijn stof berekenen we?

- De gemeten jaargemiddelde concentratie fijn stof bedroeg in 2003  $34 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Hiervan wordt, gemiddeld voor Nederland, 45% berekend aan de hand van antropogene emissies. Alle fijnstofmodellen kennen dit fenomeen. Het antropogene deel komt voor tweederde deel uit het buitenland en voor eenderde deel uit Nederland zelf. Het overige deel bestaat voornamelijk uit natuurlijke bestanddelen, maar ook uit bronnen waarvan de grootte onbekend is of mogelijk verkeerd is ingeschat.
- De voornaamste bronnen voor de concentratie in Nederland zijn verkeer en landbouw in Nederland zelf en verkeer en industrie in het buitenland.
- Tenminste 15% van de totale concentratie is afkomstig uit antropogene bronnen in Nederland. Lokaal, in stedelijke gebieden, is dit hoger (30-45%), vooral door verkeer. Het is vrijwel onmogelijk om met alleen nationaal beleid overal in Nederland te voldoen aan de grenswaarden voor fijn stof.
- Door de hoge emissiedichtheid is Nederland wel netto exporteur van fijn stof. De Nederlandse export van fijn stof is drie maal zo groot als de import.
- De concentraties zijn de afgelopen 10 jaar met 25% gedaald. Deze trend zet zich in mindere mate door in de toekomst. Vooral emissiereducties in het buitenland dragen bij aan deze daling. Desondanks zal ook in de nabije toekomst de grenswaarde voor het daggemiddelde op grote schaal overschreden worden.
- Uit berekeningen blijkt dat Nederland, maar ook in België, het Ruhrgebied en Noord-Italië de 'hotspots' vormen binnen Europa.

### *Leeswijzer*

Dit hoofdstuk gaat over de inzet van modellen bij het analyseren van de luchtkwaliteit voor fijn stof. Het geeft een beschrijving van de methodiek van de modelberekeningen. Oorzaken van verschillen tussen modellen en met de resultaten van metingen worden besproken.

### **De rol van modelberekeningen**

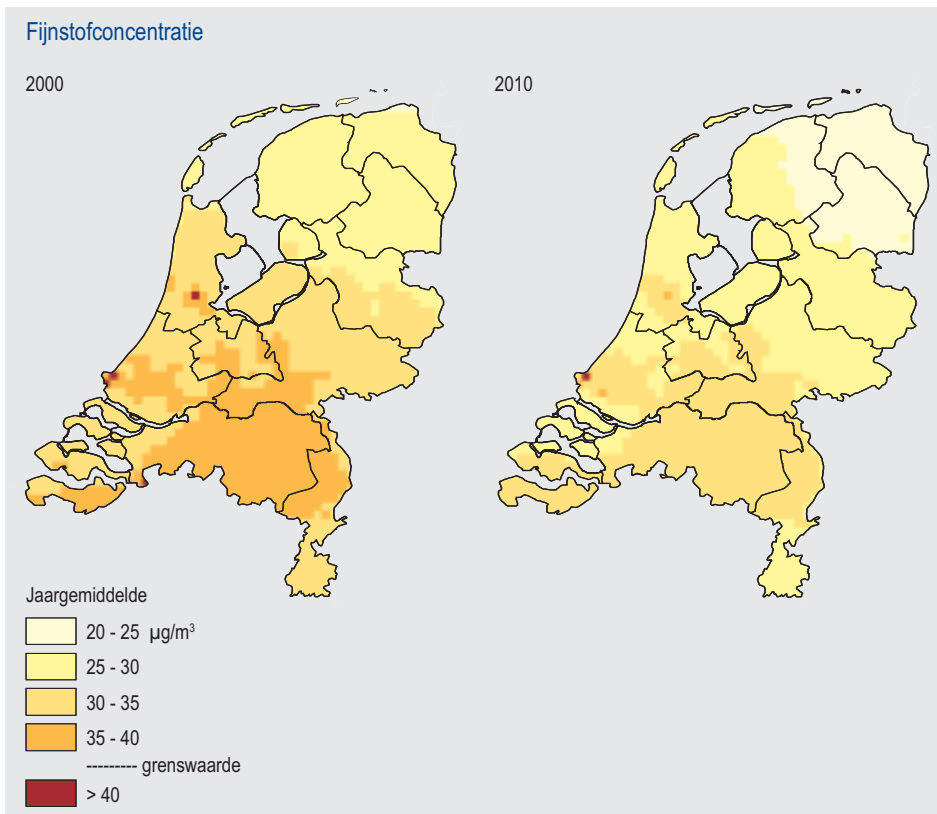
Modelberekeningen vinden toepassing voor de evaluatie en verkenning van het milieu(beleid) en ze zijn onmisbaar bij de interpretatie van meetgegevens. Daarnaast heeft Nederland ervoor gekozen om modellen te gebruiken bij het vaststellen van de luchtkwaliteit en de rapportage daarvan aan de Europese Commissie. Ook de toetsing van (bouw)plannen aan luchtkwaliteitsnormen in verband met vergunningverlening gebeurt met modellen. In de beleidsvoorbereiding voor Europa worden modellen gebruikt die de luchtkwaliteit berekenen voor het hele Europese grondgebied (RAINS, 2005; EMEP, 2005b). Met het RAINS-model worden geïntegreerde luchtkwaliteitsevaluaties uitgevoerd over de hele keten van bron tot effect en vice versa. De verspreidingsgegevens volgens het EMEP-model vormen de basisinvoer in het RAINS-model en spelen zo een belangrijke rol in de beleidsvorming in de Europese Unie. Het Nederlandse instrumentarium geeft resultaten met een veel hogere resolutie dan het EMEP-

model maar beperkt zich tot de luchtkwaliteit van Nederland. Het speelt onder andere een rol in de Nederlandse standpuntbepaling in Brussel.

Fijn stof kan dagenlang in de atmosfeer verblijven en wordt zo getransporteerd over duizenden kilometers. Bronnen op grote afstand van Nederland dragen daarom bij aan de concentratie in Nederland. Ook lokale bronnen leveren een bijdrage aan de concentratie in Nederland. De methodiek van berekening wordt apart in dit hoofdstuk beschreven (zie de tekstbox *Methodiek voor de berekening van fijnstofconcentraties*).

## Achtergrondconcentratie in Nederland

*Figuur 5.1* geeft de concentraties fijn stof weer zoals berekend op basis van emissies voor de jaren 2000 en 2010. Duidelijk is dat in de Randstad en de zuidelijke provincies de concentraties hoger zijn dan in Noord-Nederland. Dit komt door de hogere emissies



*Figuur 5.1* Berekende jaargemiddelde concentratie van fijn stof in 2000 (links) en 2010 (rechts), op basis van vastgestelde c.q. verwachte emissies en langjarig gemiddelde meteorologie (1990-1999). De berekeningen voor 2000 zijn 'gekalibreerd' op metingen. De berekeningen voor 2010 zijn op basis van het CAFE baseline scenario voor het buitenland en de Global Economy referentieraming voor Nederland (Folkert et al., 2005).

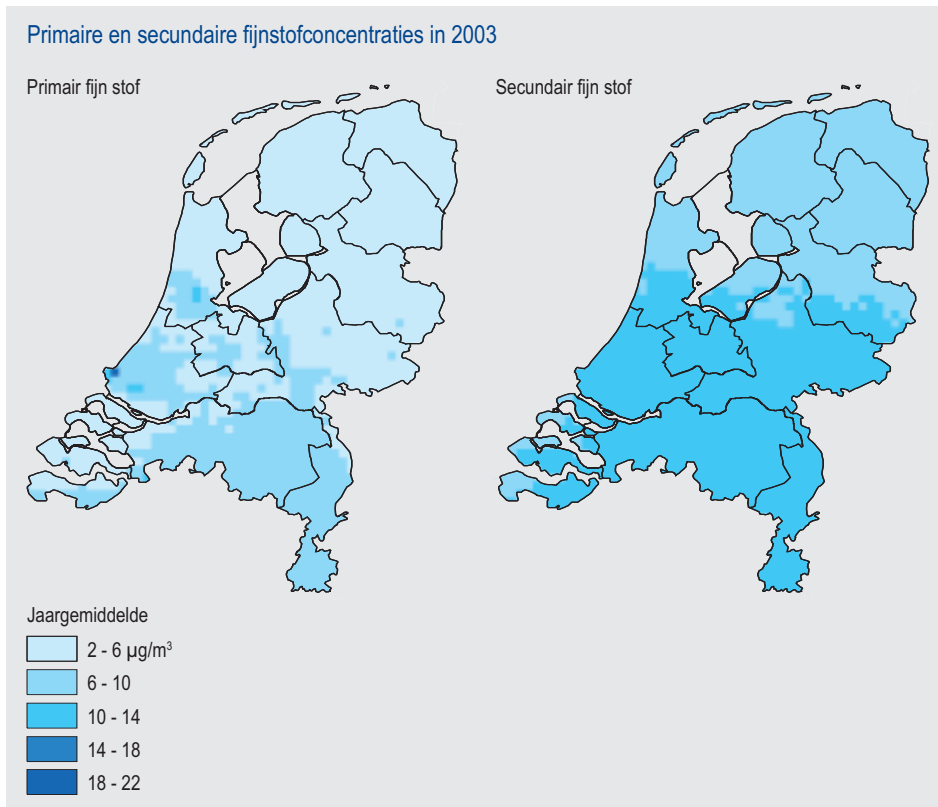
uit verkeer en bedrijfsactiviteiten aldaar. Ook de nabijheid van buitenlandse bronnen in vooral België en het Ruhrgebied speelt hierbij een rol. Naar verwachting zal in Nederland in 2010 de grenswaarde voor het jaargemiddelde mogelijk lokaal nog worden overschreden. De grenswaarde voor het daggemiddelde wordt waarschijnlijk dan nog wel op grote schaal overschreden. Gemiddeld voor Nederland geldt dat het maximum aantal dagen boven de grenswaarde voor het daggemiddelde wordt overschreden op plaatsen met een jaargemiddelde concentratie boven de  $31 \mu\text{g}/\text{m}^3$  ligt (*figuur 4.3*).

De achtergrondconcentratie van fijn stof is sinds de jaren negentig gedaald met  $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$  per jaar. Uit berekeningen blijkt dat driekwart van deze daling te danken is aan emissiereducties in het buitenland. De daling komt voor 40% door de reductie in de emissie van primair fijn stof en 60% door die in de emissies van de precursors van secundair fijn stof. Na 2005 zal de concentratie verder dalen onder invloed van het vastgestelde Europees en nationaal beleid. De daling zal tussen 2000 en 2010 echter minder snel gaan en is geschat op ongeveer  $0,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  per jaar gemiddeld over Nederland. In de periode 2000-2010 zal de concentratiedaling in Nederland naar schatting voor 85% het gevolg zijn van emissiereducerende maatregelen in het buitenland. Dit is logisch, want de achtergrondconcentratie in Nederland wordt gedomineerd door buitenlandse bijdragen. Vooral bronmaatregelen bij de industrie en het verkeer dragen aan deze daling bij.

De gemiddelde fijnstofconcentratie in Nederland vindt voor 55% z'n oorsprong in bronnen waarvan de emissies niet zijn vastgelegd in de nationale en Europese emissieregistraties. Deze emissies worden vooral veroorzaakt door natuurlijke bronnen. Dit deel wordt als 'niet gemodelleerd' betiteld. Het gemodelleerde, resterende, deel van de fijnstofconcentratie wordt veroorzaakt door enkel antropogene emissies (zie de tekstbox *Samenstelling fijn stof in modeltermen*).

Uit de vergelijking van meetresultaten en modelwaarden voor de periode 1995-2003 blijkt dat de niet gemodelleerde fractie van jaar tot jaar in omvang verschilt. Een significante trend daarin is echter niet gevonden (Matthijsen, 2005). Dat suggereert dat de bijdrage van antropogene componenten of daaraan gerelateerde fijnstoffracties in het niet-gemodelleerde deel relatief klein of min of meer constant in de tijd zijn.

Het antropogene deel van fijn stof in Nederland is voor eenderde deel primair stof, de rest is secundair fijn stof (*figuur 5.2*). De helft van het primaire stof komt uit Nederlandse bronnen, de andere helft komt uit het buitenland. Het secundaire deel, dat in de atmosfeer wordt gevormd en langer in de atmosfeer verblijft, komt voor tweederde uit het buitenland. Al met al is uiteindelijk tenminste 15% van de totale achtergrondconcentratie in Nederland afkomstig uit antropogene bronnen in Nederland. Tegelijkertijd is Nederland overigens wel netto een exporteur van fijn stof (Folkert *et al.*, 2005). Dit betekent dat de hoeveelheid fijn stof van Nederlandse oorsprong dat naar het buitenland wordt getransporteerd, groter is dan de hoeveelheid fijn stof die vanuit het buitenland naar Nederland komt. De Nederlandse export van fijn stof is drie maal zo groot als de import.

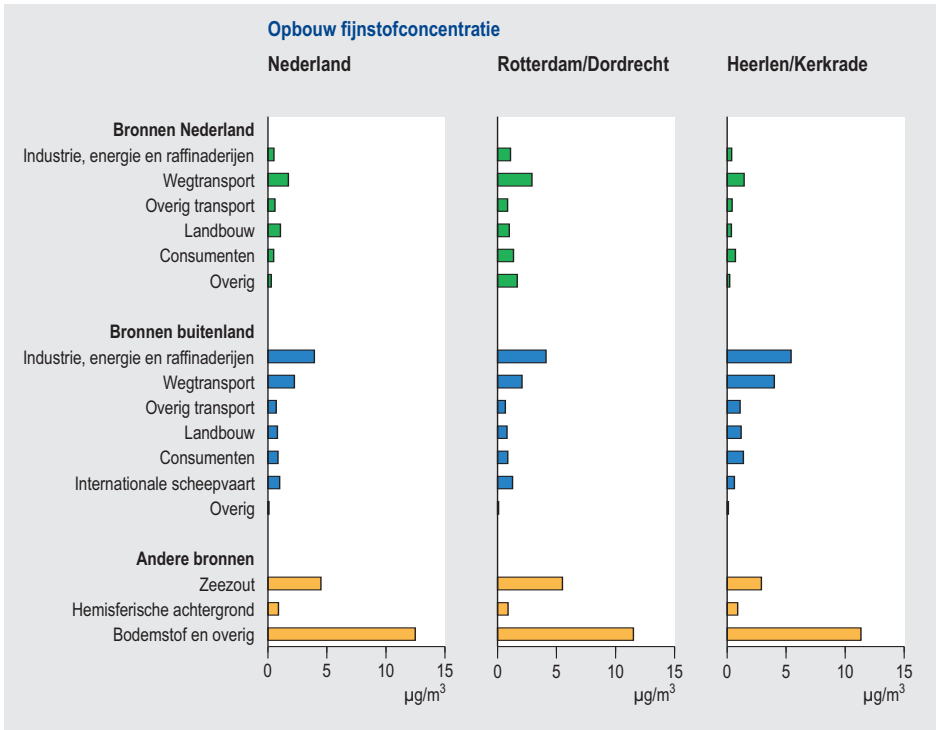


*Figuur 5.2 Berekende concentraties van primair en secundair fijn stof in 2003, ten gevolge van antropogene emissies in Nederland en het buitenland. Het concentratieveld van primair fijn stof kent grote lokale verschillen vooral in de randstad, terwijl het concentratieveld van secundair fijn stof relatief vlak is over heel Nederland.*

*Figuur 5.3 illustreert in detail de bijdrage van bronnen in binnen- en buitenland aan de achtergrondconcentratie in Nederland als geheel en in twee agglomeraties: Rotterdam/Dordrecht en Heerlen/Kerkrade. Waar wegtransport de grootste Nederlandse bron is, vormt de sector industrie, energie, en raffinaderijen de grootste bijdrage van buitenlandse bronnen. Logischerwijs is de buitenlandbijdrage relatief groter in Heerlen/Kerkrade dan in Rotterdam/Dordrecht.*

## Lokale concentratieverhogingen door verkeer in Nederland

In stedelijke gebieden is de Nederlandse antropogene bijdrage groter dan het landelijk gemiddelde van minimaal 15%. De extra Nederlandse antropogene bijdrage in stedelijke gebieden wordt vooral door het verkeer veroorzaakt. Als de lokale verkeersbijdrage bij de totale achtergrond wordt opgeteld, kan de totale Nederlandse bijdrage in straten stijgen tot 45%. Op specifieke locaties in de omgeving van sterke fijnstofbronnen is het zelfs mogelijk dat de totale Nederlandse bijdrage domineert.



*Figuur 5.3 Bijdrage van bronnen in binnen en buitenland aan de jaargemiddelde concentratie van fijn stof gemiddeld voor Nederland en voor twee agglomeraties. 'Bodemstof en overig' in de categorie 'Andere bronnen' is het langjarig gemiddelde van het niet gemodelleerde deel van fijn stof dat bestaat uit biostof, water en de bijdrage van niet- of verkeerd gemodelleerde bronnen. Hierin kunnen dus gedeeltelijk ook antropogene bronnen begrepen zijn. Zie voor een uitvoeriger uitleg Hoofdstuk 4 Hoeveel fijn stof meten we? en de tekstbox Chemische samenstelling van fijn stof in Nederland. Zie ook de tekstbox Samenstelling fijn stof in model termen.*

Aan de hand van berekeningen met het CAR-model (zie ook de tekstbox *Methodiek voor de berekening van fijnstofconcentraties*) voor meer dan duizend straten in de binnensteden van Amsterdam en Utrecht is een beeld verkregen van de lokale verkeersbijdrage aan de fijnstofconcentratie in die straten voor het jaar 2002. In 5% van die straten draagt lokaal verkeer meer dan 12  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  bij aan de fijnstofconcentratie, in 45% van de straten is dat 3-12  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  en in 50% is dat 0-3  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Bij gelijkblijvend verkeersvolume zal in 2010 de lokale verkeersbijdrage met 35% tot 50% zijn afgenomen, omdat het autopark schoner wordt. Het aantal straten met een relatief geringe lokale verkeersbijdrage, dat wil zeggen 0-3  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , is dan naar schatting van 50% naar 75% gestegen.

Door de achtergrondconcentratie (stap 1 en 2 in tekstbox *Methodiek voor de berekening van fijnstofconcentraties*) apart van de lokale bijdrage (stap 3) te berekenen, wordt de bijdrage door het verkeer dubbel berekend. Het effect hiervan is verwaarloosbaar in het geval van binnenstedelijke straten. Bij berekeningen met het CAR-model van de verkeersbijdrage voor drukke wegen, bovenop de achtergrondconcentratie, wordt de lokale verkeersbijdrage echter overschat met 8% (Velders *et al.*, 2005).

## Methodiek voor de berekening van fijnstofconcentraties

De methodiek om voor iedere willekeurige plaats in Nederland de fijnstofconcentratie te berekenen kan worden onderverdeeld in drie stappen. Deze worden hieronder kort toegelicht.

### Stap 1. Berekening achtergrondconcentratie

Dit betreft de berekening van de achtergrondconcentratie (in regionaal en stedelijk gebied) met het rekenmodel OPS (Van Jaarsveld, 2005). Hierbij worden bronbijdragen in heel Europa meegenomen. De primaire en secundaire fracties (sulfaat, nitraat, ammonium) worden afzonderlijk berekend en vervolgens gesommeerd om de totaal berekende fijnstofconcentratie te krijgen. De rekenresolutie is 5x5 km. Als invoer voor het model zijn onder andere gegevens nodig over emissies, zoals sterkte en ruimtelijke en temporele verdeling van de bronnen, zowel voor Nederland als voor de andere Europese landen. Ook meteorologische gegevens zijn nodig. Voor berekeningen van jaren uit het verleden wordt voor Nederland gebruik gemaakt van emissies afkomstig van de Emissieregistratie (MB, 2005; MNC, 2005) en worden meteorologische gegevens van het betreffende jaar gebruikt. Voor berekeningen in toekomstige jaren worden de toekomstige emissies geschat op basis van veronderstellingen over ontwikkelingen van economische activiteiten, emissiefactoren, en wordt langjarig gemiddelde meteorologische invoer gebruikt (1990-1999). In de toekomstprognoses wordt het effect van het vastgestelde (inter)nationale beleid meegenomen.

### Stap 2. Kalibratie op metingen

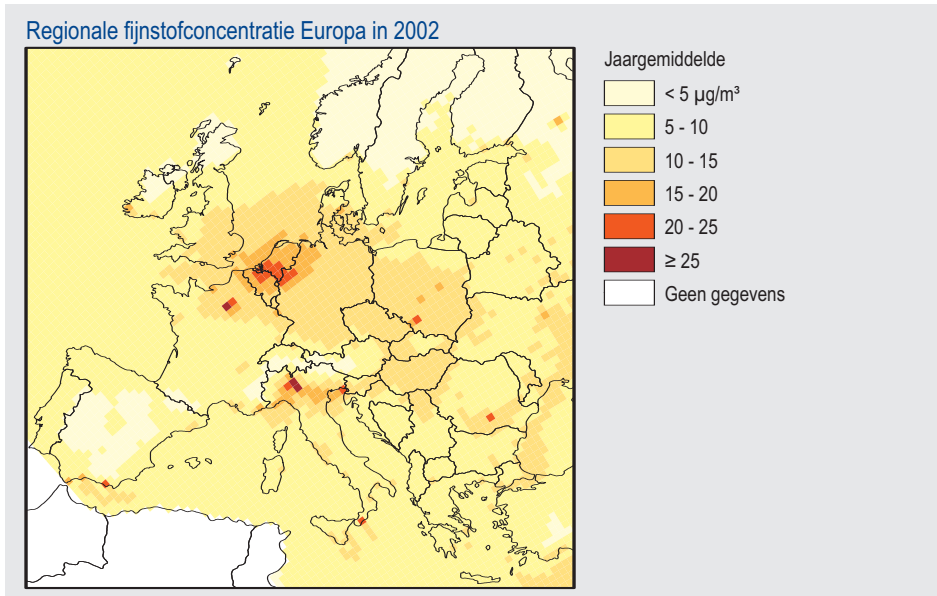
Dit is de kalibratie van de achtergrondconcentraties op basis van metingen van het Landelijk Meetnet Luchtkwaliteit (LML). De resultaten na stap 2 staan bekend als Generieke Concentratie Nederland (GCN) kaarten en worden door Milieu- en Natuurplanbureau (MNP) beschikbaar gemaakt. Kalibratie is nodig omdat berekende concentraties circa 50% lager zijn dan de gemeten concentraties. De reden hiervoor is dat de emissies die als invoer voor de modelberekeningen worden gebruikt, alleen de (bekende, i.e. geregistreerde) antropogene emissies betreffen. Natuurlijke bronnen worden in de berekeningen niet meegenomen, deels door gebrek aan proceskennis maar vooral door gebrek aan betrouw-

bare emissiegegevens. Met metingen wordt echter totaal fijn stof verkregen, dat bestaat uit deeltjes van zowel natuurlijke als antropogene oorsprong. Ten behoeve van de GCN-kaarten wordt dit verschil gecorrigeerd ('kalibreren'), door de verschillen op regionale achtergrondstations te interpoleren over Nederland en dat bij de met het model berekende waardes op te tellen. Een dergelijk verschil tussen metingen en berekeningen wordt overigens gevonden voor alle modellen die internationaal gebruikt worden (EU, 1997; EU, 2004). Achteraf wordt voor de GCN-kaarten de resolutie verhoogd van 5x5 km naar 1x1 km met een spline-interpolatie methode (Velders *et al.*, 2005) om ruimtelijke gradiënten nabij steden en puntbronnen beter tot uitdrukking te brengen voor lokale luchtkwaliteitsberekeningen.

### Stap 3. Berekening lokale bijdragen

Stap 3 betreft de berekening van de bijdrage van lokale bronnen bovenop de achtergrondconcentratie uit de GCN-kaart zoals een straat in een stedelijke omgeving. Het CAR-model berekent de fijnstofconcentratie langs wegen (Teeuwisse, 2005) en wordt toegepast om overschrijdingen van de grenswaarde voor het daggemiddelde en het jaargemiddelde voor specifieke straten te berekenen. Om overschrijdingen van de grenswaarde voor het daggemiddelde te bepalen gebruikt het CAR-model een empirische lineaire relatie tussen jaargemiddelde fijnstofconcentraties en het aantal dagen met een daggemiddelde fijnstofconcentratie boven de 50  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (figuur 4.3). De lineaire relatie is gebaseerd op de meetresultaten in het Landelijk Meetnet Luchtkwaliteit. De relatie is met een verklaarde variantie van meer dan 90% robuust. Wel is deze relatie per stationstype enigszins anders. Bovendien is het waarschijnlijk dat de relatie door de jaren heen verandert. Op basis van deze relatie vertaalt het CAR-model de jaargemiddelde concentratie in een aantal dagen overschrijding van de grenswaarde voor het daggemiddelde. Uit deze relatie blijkt dat de EU-norm, dat is maximaal 35 dagen per jaar boven de 50  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , correspondeert met een jaargemiddelde fijnstofconcentratie van ongeveer 31  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . De grenswaarde voor het daggemiddelde is daarmee dus aanzienlijk stringenter is dan de grenswaarde voor het jaargemiddelde.





*Figuur 5.4 Jaargemiddelde achtergrondconcentratie van fijn stof in 2002 gemodelleerd op leefniveau in de EU; op basis van antropogene emissies en zeezout, Bron: EMEP, 2004. Het concentratieveld is berekend met het EMEP-model. De resultaten van het EMEP-model zijn niet gekalibreerd op metingen. Daarom zijn de resultaten over heel Europa te laag in vergelijking met metingen. De relatief hoge berekende concentraties in Nederland worden niet door OPS-model bevestigd.*

## Achtergrondconcentratie in Europa

Uit berekeningen met het in Europees verband gebruikte EMEP-model met een rekenresolutie van  $50 \times 50$  km komt naar voren dat de achtergrondconcentraties van fijn stof in Nederland tot de hoogste in Europa behoren, net als de concentraties in delen van België, het Ruhrgebied, Noord-Italië, en de regio rond Parijs (*figuur 5.4*). De door het EMEP-model berekende fijnstofconcentraties voor Nederland zijn  $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  hoger dan de nationale rekenresultaten (en de resultaten van de metingen). Nederland komt echter, hoe dan ook, naar voren als regio met een hoge achtergrondconcentratie, wat wel door metingen wordt bevestigd. Op het schaalniveau van steden en individuele wegen ligt dit overigens anders en komen in veel Europese landen concentraties voor die gelijk of hoger zijn dan die in Nederland (*tabel 2.1, tabel 2.2, figuur 2.2*).

## Onzekerheden in de methodiek

De meetresultaten van fijn stof op regionale stations worden gebruikt om de OPS modelberekeningen te kalibreren. Ze kunnen daarom niet nogmaals gebruikt worden om de concentratieniveaus onafhankelijk te valideren. De onzekerheid in de gekalibreerde modelresultaten kan wel worden afgeleid op basis van alle (geschatte) onzekerheden in de gemodelleerde processen, de invoergegevens, en de metingen. Dit

resulteert in een totale geschatte onzekerheid in de, gekalibreerde, jaargemiddelde achtergrondconcentratie in Nederland van  $\pm 40\%$  (95% betrouwbaarheidsinterval). Het betreft de onzekerheid voor ieder individueel modelgebiedje van  $5 \times 5$  km. Vanwege de kalibratie wordt de gevonden fijnstofconcentratie beïnvloed door systematische afwijkingen in de metingen.

Metingen van de natuurlijke fijnstoffracties zullen in de toekomst leiden tot betrouwbaardere schattingen van fijnstofconcentraties. Voor prognoses is de onzekerheid van fijn stof concentraties hoger dan de genoemde 40%, omdat het verwachte niet-gemodelleerde deel gebaseerd wordt op een gemiddelde schatting van een reeks jaren uit het verleden. Deze reeks van het niet-gemodelleerde deel laat variaties zien van jaar tot jaar. Dit geeft aanleiding tot een extra onzekerheid. De totale onzekerheid in prognoses is geschat op ten minste 50% (95% betrouwbaarheidsinterval) in de jaargemiddelde fijnstofconcentratie op regionale stations. De onzekerheden in lokale straatconcentraties, zoals berekend met het CAR-model, kunnen worden geschat door vergelijking met metingen in straten. Hieruit blijkt dat de berekeningen binnen 30% van de metingen liggen, maar dat de berekeningen wel gemiddeld zo'n 15% hoger zijn dan de metingen.

## Vergelijking met metingen en andere modellen

Hoewel de methodiek niet kan worden gevalideerd met meetresultaten van fijn stof, kunnen bepaalde hoofdzakelijk antropogene fracties in het fijn stof, zoals het sulfaat-, nitraat-, en ammoniumaërosol, wel worden gevalideerd met metingen. Vergelijking met metingen van deze componenten laat zien dat zowel de absolute niveaus als de trend in de concentraties van deze componenten jaargemiddeld goed overeen stemmen (tabel 5.1; Van Jaarsveld, 2005).

Tabel 5.1. Concentraties van secundair fijn stof en van primair  $PM_{2,5}$  zoals berekend met het EMEP- en OPS-model voor 2002 op basis van dezelfde emissies. De meetgegevens zijn ontleend aan het Landelijk Meetnet Luchtkwaliteit.

Bestanddeel	Metingen	EMEP-model	OPS-model
	gemiddelde 7 stations	Nederland (50x50 km)	Nederland (5x5 km)
	$\mu g/m^3$		
Sulfaataërosol	2,8	3,0	1,8
Nitraataërosol	3,7	7,3	4,4
Ammoniumaërosol	1,9	3,3	1,3
<b>Totaal secundair fijn stof</b>	<b>8,4</b>	<b>13,7</b>	<b>7,5</b>
Primair $PM_{2,5}$	-	3,9	3,7

Het OPS-model is in Nederland het belangrijkste beleidsinstrument voor de berekening van de achtergrondconcentraties van fijn stof. In Europees verband wordt vooral het RAINS-model toegepast. In tegenstelling tot de in Nederland toegepaste methode kent het onderliggende EMEP-model, en daarmee het RAINS-model, geen kalibratie op metingen. Uit de vergelijking van de modelresultaten blijkt dat de gemodelleerde primaire fracties (in dit geval  $PM_{2,5}$ ) goed overeenkomen (tabel 5.1). Daarentegen verschillen de door het OPS- en het EMEP-model gemodelleerde secundaire fracties aanzienlijk. Het EMEP-model berekent die fractie bijna twee keer zo hoog ( $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) als het OPS-model. Voor Nederland wordt vooral nitraat- en ammoniумаërosol door het EMEP-model hoger berekend dan gemeten of gemodelleerd met OPS. Hierdoor schat het EMEP-model ook de fijnstofconcentratie in Nederland hoger dan in andere Europese landen. In andere delen van Europa wordt een dergelijke verschil met het EMEP-model niet (zo sterk) gevonden.

### Samenstelling van fijn stof in modeltermen

De chemische samenstelling van fijn stof is besproken in Hoofdstuk 4 *Hoeveel fijn stof meten we?* In modellen is de benadering anders: hier wordt vooral gekeken naar oorsprong, bijvoorbeeld een economische activiteit of een natuurlijke bron. Het OPS-model berekent fijnstofconcentraties op basis van geregistreerde antropogene emissies. Het niet gemodelleerde deel is – per definitie – het verschil tussen meting en de berekende concentratie.

#### Gemodelleerde deel

Het OPS-model berekent de fijnstofconcentraties op basis van antropogene emissies. Hierbij wordt een onderscheid gemaakt naar primaire en secundaire fracties. De primaire fractie bestaat uit deeltjes die direct door menselijk handelen in de lucht worden gebracht. De secundaire fractie bestaat uit deeltjes die in de atmosfeer worden gevormd na chemische reacties in de lucht. Hierbij spelen zowel gassen als reeds aanwezige deeltjes een rol. Ammoniak ( $\text{NH}_3$ ), stikstofoxiden ( $\text{NO}_x$ ), zwaveldioxide ( $\text{SO}_2$ ) worden in het OPS model behandeld.

- **Primair binnenland.** De belangrijkste door mensen veroorzaakte emissie komt van transport, industrie en landbouw. Circa 8% van de totale concentratie is een gevolg van primaire emissies in Nederland.
- **Primair buitenland.** De belangrijkste bronnen zijn industrie, transport en consumenten. 10% van de totale concentratie in Nederland is een gevolg van primaire emissies elders in Europa.
- **Secundair binnenland.** De belangrijkste bronnen zijn transport en landbouw. 7% van de totale concentratie in Nederland is een gevolg van secundaire emissies in Nederland.

- **Secundair buitenland.** De belangrijkste bronnen zijn transport, industrie en landbouw. 20% van de totale concentratie in Nederland is een gevolg van primaire emissies elders in Europa. Bovengenoemde emissies zijn in principe beïnvloedbaar met (inter)nationaal beleid.

#### Niet gemodelleerde deel

Het niet gemodelleerde deel bevat voornamelijk bestanddelen van natuurlijke oorsprong. Deze emissies zijn grotendeels niet beïnvloedbaar met beleid.

- **Zeezout.** In kustgebieden vormt de zee een belangrijke natuurlijke bron voor fijn stof in de vorm van zeezout deeltjes. 14% van de totale fijnstofconcentratie in Nederland bestaat uit zeezout.
- **Bodemstof.** Bodemstof is gedeeltelijk van natuurlijke oorsprong. Emissie van bodemstof kan aanzienlijk worden verhoogd door menselijke activiteiten (landbouw en verkeer) en is zo als antropogeen aan te merken. 12% van de totale fijnstofconcentratie in Nederland bestaat uit bodemstof.
- **Hemisferische bijdrage.** Dit betreft bijdragen van bronnen buiten Europa, en deels van natuurlijke en deels van antropogene oorsprong. De hemisferische bijdrage is ongeveer 3% van de totale fijnstofconcentratie in Nederland.
- **Overig.** Dit is de sluitpost tussen metingen en berekeningen. Het bestaat uit biostof, zoals afbraakproducten van organisch materiaal en bacteriën, water en de bijdrage van niet of mogelijk verkeerd gemodelleerde bronnen en systematische meetfouten. Dit betreft 27% van de totale fijnstofconcentratie in Nederland.

De vergelijking met de meetresultaten is indicatief, omdat de metingen een gemiddelde van een beperkt aantal stations betreffen. De modelberekeningen daarentegen zijn gemiddeld over heel Nederland. Er heeft een internationale review plaats gevonden van EMEP-modelresultaten. Voor wat betreft het sulfaat- en nitraataërsol is er een vergelijking met de OPS-modelresultaten gemaakt die de hier vermelde verschillen onderbouwen (Velders *et al.*, 2003).

## 6. Wat zijn de gezondheidseffecten?

- Gezondheidskundige studies wijzen uit dat in Nederland jaarlijks enige duizenden mensen vroegtijdig overlijden samenhangend met kortdurende blootstelling aan fijn stof. De duur van deze levensverkorting is vermoedelijk kort: enkele dagen tot maanden. Dergelijke resultaten zijn niet alleen in Nederland, maar overal op de wereld gevonden en ze zijn vrij robuust.
- Als bepaalde Amerikaanse studies over langdurende blootstelling geldig zijn voor Nederland, zouden mogelijk tienduizend tot enige tienduizenden mensen ongeveer tien jaar eerder overlijden. Deze uitkomsten zijn echter zeer onzeker.
- Gezondheidseffecten zijn zowel voor  $PM_{10}$  als voor  $PM_{2,5}$  gevonden. Welke chemische bestanddelen van fijn stof gezondheidskundig de oorzaak van de effecten zijn, is nog onbegrepen. Zeezout is vrijwel zeker geen probleem. Iets vergelijkbaars geldt waarschijnlijk ook voor de sulfaat- en nitraatfractie in fijn stof. Het roetdeel uit verbrandingsprocessen speelt mogelijk wel een rol.
- Er is in gezondheidskundige studies geen drempelwaarde voor de effecten van fijn stof waargenomen. Dit betekent dat er vooralsnog geen buitenluchtconcentratie is aan te geven waarbeneden geen gezondheidseffecten meer gevonden worden.

### *Leeswijzer*

Dit hoofdstuk behandelt de gezondheidseffecten van fijn stof. Hierbij worden de effecten van kortdurende en langdurende blootstelling besproken. De standpunten van de Wereldgezondheidsorganisatie en van Europese Commissie komen aan de orde. De onzekerheden in de gezondheidseffecten zijn groot en krijgen daarom apart aandacht.

### Gezondheidseffecten

Epidemiologisch onderzoek heeft aangetoond dat blootstelling aan fijn stof in de buitenlucht is geassocieerd met een groot scala aan gezondheidseffecten (Brunekreef en Holgate, 2002). De gezondheidsschade uit zich onder andere in vervroegde sterfte, toename in ziekenhuisopnames voor hart- en luchtwegaandoeningen, luchtwegklachten en functiestoornissen.

Er is in epidemiologische studies geen drempelwaarde voor de effecten van fijn stof waargenomen. Daarom wordt aangenomen dat er geen buitenluchtconcentratie is waar beneden geen gezondheidseffecten meer gevonden worden. Ook bij de concentratieniveaus van fijn stof beneden de huidige grenswaarden in de buitenlucht zijn gezondheidseffecten waargenomen.

Bij de gezondheidseffecten van fijn stof is ook niet aan te geven welke mensen gezondheidsschade zullen lijden. Het is wel aannemelijk gemaakt dat bij een hogere blootstellingsconcentratie en bij een grotere gevoeligheid het gezondheidsrisico groter is. Bij dit laatste moet vooral gedacht worden aan ouderen en personen met hart-, vaat- of longaandoeningen.



Daarnaast wordt rekening gehouden met een mogelijke rol van semi-vluchtige componenten. Hetzelfde geldt voor biologische fractie als pollen en dergelijke. Voor mensen die daarvoor gevoelig zijn, kunnen deze biologische fracties behoorlijke effecten veroorzaken. In dit verband wordt ook wel gewezen op een gecombineerd effect van pollen en verkeeremissies.

## Beoordeling door de Wereldgezondheidsorganisatie en de Europese Commissie

De Wereldgezondheidsorganisatie (WHO) heeft in 1987 en 2000 overzichten opgesteld van de gezondheidseffecten van luchtverontreiniging. Recent heeft de WHO opnieuw een dergelijke evaluatie uitgevoerd als basis voor het 'Clean Air For Europe' (CAFE) programma van de Europese Commissie (WHO, 2004a; 2005). Opnieuw is daarbij vastgesteld dat er bij fijn stof geen drempelwaarde voor effecten is waar te nemen.

De WHO heeft om die reden dan ook geen Air Quality Guideline voor fijn stof vastgesteld. Wel is er een concentratie-effectrelatie bepaald voor de gezondheidseffecten die samenhangen met langdurende blootstelling aan fijn stof. Hierbij heeft de WHO  $PM_{2,5}$  als nieuwe indicator voorgesteld vanwege de idee dat vooral deze fractie gezondheidkundig van belang is. Vanwege het gebrek aan Europese data uit zogenaamde lange-termijn (cohort) studies heeft men hiervoor een risicofactor aangenomen die afkomstig is van één van de grote Amerikaanse studies (Pope *et al.*, 2002) en die van toepassing verklaard voor Europa. De hiermee verbonden effectgegevens vormen dan ook mede de basis voor de huidige CAFE-berekeningen.

Ter vergelijking: de Amerikaanse Environmental Protection Agency, US EPA, heeft enkele jaren geleden al grenswaarden voor  $PM_{2,5}$  vastgesteld: een grenswaarde van  $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$  voor het jaargemiddelde en een grenswaarde van  $65 \mu\text{g}/\text{m}^3$  voor het daggemiddelde. De US EPA herziet op dit moment de grenswaarden voor de luchtkwaliteit, met ook de optie voor een nieuwe indicator, namelijk een grenswaarde voor daggemiddelde concentraties van  $PM_{10-2,5}$ .

Het bleek door gebrek aan voldoende studies niet mogelijk om voor de gezondheidseffecten van kortdurende blootstelling aan  $PM_{2,5}$  een algemeen geldende concentratie-effectrelatie op te stellen op basis van Europese effectgegevens (WHO, 2004b). De in CAFE gebruikte berekeningen voor kortdurende blootstelling aan fijn stof gaan daarom uit van risicogedaten uit diverse studies. In de CAFE-strategie wordt waarschijnlijk voorgesteld de huidige grenswaarden voor  $PM_{10}$  niet te veranderen. Er zijn op dit moment wél voorstellen binnen de Europese Commissie om, naast  $PM_{10}$ ,  $PM_{2,5}$  als nieuwe (extra) indicator te kiezen en er een grenswaarde voor vast te stellen.

### Mogelijke mechanismen van gezondheidseffecten

Biologische mechanismen waardoor fijn stof schadelijke effecten kan veroorzaken, zijn grotendeels onbegrepen. Toch lijkt fijn stof geen sterfte of ziekte te veroorzaken in een van oorsprong gezond persoon. Wel lijkt het bestaande ziektes te verergeren en dan vooral ernstige luchtwegaandoeningen, zoals astma, en hart- en vaatziekten. Onder de mensen met deze aandoeningen lijkt daarom het risico het grootst. Het toxicologisch onderzoek naar fijn stof heeft al wel wat ondersteunende gegevens aangedragen voor de gezondheidseffecten, maar kan nog geen duidelijkheid scheppen over de causaliteit in de waargenomen blootstellingseffectrelaties en in de meest verantwoordelijke componenten uit het complexe fijn stof mengsel.

Er zijn daarbij enkele ideeën verkregen over het ontstaan van de schadelijke effecten. Via inad-

ming komt fijn stof terecht in de bovenste en onderste luchtwegen en in de longen. Daar kan het ontstekingsreacties veroorzaken en kan de zuurstofopname worden bemoeilijkt. Bij mensen die door andere oorzaken al zwakke longen hebben, kan dat op den duur fataal zijn. Deze ontstekingsreacties, en de hierbij vrijgekomen radicaalverbindingen, kunnen ook schadelijk zijn voor de hartfunctie en dus ook voor hartpatiënten. Mogelijk beïnvloedt fijn stof ook de stollingsbalans in het bloed, waardoor het bloed viskeuzer wordt met een grotere kans op een hartinfarct. Daarnaast zijn ook neurologische effecten van fijn stof gevonden, waardoor bijvoorbeeld de hart(spier)functie negatief kan worden beïnvloed. Van dit soort effecten wordt ook verondersteld dat ze een bijdrage leveren aan een proces van vervroegde veroudering.

## Gezondheidseffecten samenhangend met kortdurende blootstelling

Geassocieerd met kortetermijn blootstelling aan fijn stof sterven in Nederland per jaar naar schatting 2300-3500 mensen voortijdig, met 3000 als gemiddelde (MNP, 2005). Deze schattingen komen overeen met wat daarover eerder is gerapporteerd. De duur van deze levensverkorting is vermoedelijk kort: enkele dagen tot maanden. In onderzoek over de hele wereld, en ook in Nederland, zijn dergelijke relaties aangetoond.

## Gezondheidseffecten samenhangend met langdurende blootstelling

Er is bezorgdheid over een mogelijk grotere invloed op de gezondheid die samenhangt met langdurende blootstelling aan fijn stof. Daarmee wordt het luchtverontreinigingsniveau bedoeld waaraan mensen gedurende meerdere jaren of gedurende een heel leven zijn blootgesteld. Betrouwbare Nederlandse en Europese gegevens om dit risico te schatten ontbreken vooralsnog. Wanneer dergelijke schattingen worden gemaakt op basis van de resultaten van twee omvangrijke Amerikaanse studies (Dockery *et al.*, 1993; Pope *et al.*, 1995; Pope *et al.*, 2002), blijkt de omvang en de ernst van deze effecten groter te zijn dan de effecten die geassocieerd zijn met kortdurende blootstelling.

Knol en Staatsen (2005) schatten bij een jaargemiddelde fijnstofconcentratie van  $35 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , de omvang van deze effecten in Nederland op 12.000-24.000 vroegtijdige sterfgevallen per jaar, met 18.000 als gemiddelde. De marge is afgeleid uit de statistische onzekerheid van de twee onderliggende individuele studies en hun onderlinge afwijking. Deze statistische marges moeten worden gezien als een globale indicatie.



Door aanvullende onzekerheidselementen is de totale onzekerheid voor de toepassing in de Nederlandse situatie aanzienlijk groter. De omvang van deze recente schattingen komt redelijk overeen met wat daarover eerder is gerapporteerd (Buringh en Opperhuizen, 2002a, 2002b). De geschatte levensduurverkorting die hierbij optreedt, wordt voorlopig geschat op tien jaar. Deze schatting is eveneens onzeker. In de Milieubalans 2005 is deze risicoschatting uitgedrukt in DALY's per 1000 inwoners (MNP, 2005; zie ook hieronder).

Onlangs is er ook Nederlands onderzoek gestart naar de gezondheidseffecten die samenhangen met chronische blootstelling aan luchtverontreiniging (Hoek *et al.*, 2002). Over enkele jaren zal er daarom meer informatie over de mogelijke effecten in Nederland beschikbaar komen. Dit zal dan mede een basis kunnen vormen voor een actuele risicoschatting.

## Onzekerheden in de risicoschatting

Het huidige kennisniveau over de gezondheidseffecten van langdurende blootstelling aan fijn stof is laag en de onzekerheden in de bovengenoemde schattingen zijn daarom groot. Voor effecten van kortdurende blootstelling is het kennisniveau hoger en zijn de onzekerheden kleiner. Het geringe aantal langetermijneffectstudies naar fijn stof en de soms niet identieke uitkomsten, zijn de belangrijkste oorzaken van dit lage kennisniveau.

Zo is er een Amerikaanse studie onder oorlogsveteranen die geen associatie laat zien, en een studie onder zevendedagsadventisten (met een naar verwachting goede algemene gezondheid) waarvan de uitkomsten voor mannen en vrouwen verschillend waren (zie ook Knol en Staatsen, 2005). De voor de Nederlandse schatting gebruikte Amerikaanse studies zijn echter consistent en één daarvan gaf ook na langere doorlooptijd dezelfde resultaten te zien. Ze zijn uitgevoerd in grote groepen mensen en worden als robuust beschouwd.

Wel blijft het de vraag of deze gegevens in gelijke mate op Nederland van toepassing zijn. De WHO en de Europese Commissie stellen voor deze Amerikaanse gegevens als basis te gebruiken voor het Europese beleid. Gegeven de onzekerheden is er ook een kans dat de werkelijke gezondheidsrisico's van fijn stof lager kunnen uitvallen.

De onzekerheden in de risicoschattingen hebben vooral te maken met:

- de vraag of het waargenomen statistische verband uit het epidemiologische onderzoek wel een oorzaak-gevolg relatie weergeeft, of daarbij de goede fijnstofindicator is gebruikt en of voldoende is gecorrigeerd voor andere versturende variabelen;
- de vraag of buitenlandse onderzoeksgegevens wel op de Nederlandse blootstellings situatie van toepassing zijn vanwege verschillen in bevolking, fijn stof samenstelling, en overige luchtkwaliteit;
- de inschatting van de omvang en de duur van de verschillende effecten;
- de statistische onzekerheden in de schatting van de risicofactoren;

- de vraag of de gevonden relaties wel volgens een rechte lijn verlopen;
- het al dan niet hanteren van een drempelwaarde en het terugrekenen naar een hypothetische concentratie zonder enig fijn stof in de buitenlucht.

## Ziektelast in de bevolking: DALY

Gezondheidseffecten in de bevolking worden tegenwoordig, behalve uitgedrukt in aantallen mensen, ook weergegeven in een nieuwe gezondheidsmaat, de zogenaamde DALY's, Disability Adjusted Life Years. Kortweg betekent één DALY dat één mens één jaar eerder dood gaat. Hierin worden omvang, ernst en duur van de effecten verdisconteerd. Hierdoor ontstaat een soort universele gezondheidsmaat voor het totaal aan sterfte en de ziektebelasting in de bevolking.

De gezondheidseffecten die samenhangen met langdurige blootstelling aan fijn stof, kunnen zo ook in DALY's worden uitgedrukt. De vervroegde sterfte alleen al, onder de aanname van 18.000 sterfgevallen, leidt tot 180.000 DALY's voor de Nederlandse bevolking. De onzekerheid in deze schatting is echter zeer groot. Knol en Staatsen (2005) komen tot een schatting van dit langetermijneffect van fijn stof die varieert van enkele procenten tot wellicht meer dan vijftien procent van de berekende, totale ziektebelasting in de bevolking.

Een zelfde berekening voor andere effecten van chronische blootstelling van fijn stof is op dit moment nog niet mogelijk, omdat daarvoor nog te weinig gegevens bekend zijn. Hoe groot de totale ziektebelasting in de bevolking is, wanneer met alle mogelijke gezondheidseffecten van fijn stof op de lange termijn rekening gehouden wordt, is dus nog onbekend.

## Gezondheidswinst door beleid

Er is een aantal studies gepubliceerd over de afname van gezondheidseffecten door de invloed van beleid en door specifieke emissie-interventies, waaronder fijn stof. Veelal betrof het daarbij situaties met relatief hoge concentraties. Soms wordt gezondheidswinst, zoals minder sterfte, minder ziekte en afgenomen levensduurverkorting, voorspeld via modellen voor een afname van de totale massa van fijn stof. Een dergelijke schatting van de mogelijke winst in gezondheid is gelet op onze huidige kennis heel onzeker.

Een overschatting van de gezondheidswinst kan plaatsvinden als de massareductie vooral het resultaat is van de vermindering van gezondheidskundig weinig relevante fracties, zoals sulfaat- of nitraataërosol. Een onderschatting kan optreden als in de meer oorzakelijke fractie, bijvoorbeeld de roetfractie, een grotere massareductie optreedt in vergelijking met de massareductie van het fijn stof als geheel. Inzicht in hoe beleid op het gebied van de luchtkwaliteit doorwerkt in dergelijke fijnstoffracties en de hiermee verbonden gezondheidswinst is pas mogelijk als de causaliteit beter wordt begrepen.

## Literatuur

- AIRBASE, 2005. De luchtkwaliteitsdatabase van het European Topic Centre on Air and Climate Change. Zie [air-climate.eionet.eu.int/databases/airbase](http://air-climate.eionet.eu.int/databases/airbase).
- Amann M, Bertok I, Cofala J, Gyarmas F, Heyes C, Klimont Z, Schöpp W, Winiwarter W, 2004. Baseline Scenarios for the Clean Air for Europe (CAFE) Programme. Zie [www.iiasa.ac.at/rains/CAFE\\_files/CAFE-baseline-full.pdf](http://www.iiasa.ac.at/rains/CAFE_files/CAFE-baseline-full.pdf). International Institute for Applied Systems Analysis (IIASA), Laxenburg.
- Amann M, Cabala R, Cofala J, Heyes C, Klimont Z, Schöpp W, 2004. The 'Current Legislation' and the 'Maximum Technically Feasible Reduction' cases for the CAFE baseline emission projections. Background paper for the meeting of the CAFE Working Group on Target Setting and Policy Advice, November 10, 2004. International Institute for Applied Systems Analysis (IIASA), Laxenburg.
- Backes, CW en Van Nieuwerburgh, T, 2005. Transformatie van richtlijn 1999/30/EG in het recht van enkele EG-landen en -regio's en toepassing van de grenswaarden voor NO<sub>2</sub> en PM<sub>10</sub> in de praktijk. Centrum voor Omgevingsrecht en Beleid/NILOS, Universiteit Utrecht.
- Bakker, MG, 2004. Quick scan luchtkwaliteit en ruimtelijke ordening in Europa. Informal, Den Haag.
- Beck JP, Buringh E, Wieringa K (red.), 2005a. Beoordeling van het Nationaal Luchtkwaliteitsplan 2004. Milieu- en Natuurplanbureau – RIVM. Rapport 500037008.
- Beck JP, Annema JA, Blom WF, Brink RMM van den, Hammingh P, Smets WLM, 2005b. Effecten van aanvullende maatregelen op knelpunten voor luchtkwaliteit. Milieu- en Natuurplanbureau – RIVM.
- Blank FT, 2001. Meetonzekerheid Landelijk Meetnet Luchtkwaliteit (LML). Rapport 50050870-KPS/TCM 01-3063. KEMA, Arnhem.
- Brunekreef B, Holgate ST, 2002. Air pollution and health. *The Lancet* 360:1233-1242.
- Brunekreef, B. en Forsberg, B., 2005. Epidemiological evidence of effects of coarse airborne particles on health. *European Respiratory Journal* (*in press*).
- Buijsman E, Van Hooydonk PR, Mol WJA, Cernikovskiy L, 2004. European exchange of air quality monitoring meta information in 2002. ETC/ACC Technical paper 2004/1. European Topic Centre on Air and Climate Change, Bilthoven.
- Buijsman E, De Leeuw FAAM, 2004. PM<sub>10</sub> measurement results and correction factors in AIRBASE, ETC/ACC Technical Paper 2004/4, European Topic Centre on Air and Climate Change, Bilthoven.
- Buringh E, Opperhuizen A (eds), 2002. On health risks of ambient PM in the Netherlands, Rapport 650010032, Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu, Bilthoven.
- Buringh E, Opperhuizen A. (eds), 2002a. Over de gezondheidsrisico's van fijn stof in Nederland. Samenvattend rapport. Rapport 650010033, Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu, Bilthoven.
- Buringh E, Opperhuizen A (eds), 2002b. Over de gezondheidsrisico's van fijn stof in Nederland. Rapport 650010032, Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu, Bilthoven.
- CIRCA, 2005. Communication & Information Resource Center Administration of the European Environment Agency. Zie [eea.eionet.eu.int/Public/jrc/eionet-circle/Home/main](http://eea.eionet.eu.int/Public/jrc/eionet-circle/Home/main).
- CITEPA, 2005. Zie [www.citepa.org/emissions/nationale/index\\_en.htm](http://www.citepa.org/emissions/nationale/index_en.htm).
- Denier van der Gon HAC, Van het Bolscher M, Hollander JCT, Spoelstra H, 2003. Particulate matter in the size range 2,5-10 microns in the Dutch urban environment - an exploratory study. TNO report 2003/181, Apeldoorn.
- Denier van der Gon HAC, 2005. Contribution of crustal material to annual average PM levels and PM limit exceedance days in the Netherlands and the potential impact of a combined correction for sea salt and crustal material on the number of PM exceedance days. TNO notitie dd. 20 april 2005.
- Dockery DW, Pope III CA, Xu X, Spengler JD, Ware JH, Fay ME, Ferris BG, Speizer FE, 1993. An Association between Air Pollution and Mortality in Six U.S. Cities. *The New England Journal of Medicine*, 329, 1753-1759.

- ECN/MNP, 2005. Referentieramingen energie en emissies 2005 – 2020. Rapport 773001031.
- EEA, 2003. Indicator factsheet 'EEA18 Emissions of primary particulates (PM<sub>10</sub>) and secondary particulate precursors'. European Environment Agency, Copenhagen.
- EEA ETC/ACC, 2004. Gap-filling methodologies for the 2004 ETC-ACC CLRTAP and GHG (CRF) air emissions spreadsheet. ETC/ACC Technical Paper 2004/3.
- Eerens HC, Sliggers CJ, Van den Hout KD, 1993. The CAR model: the Dutch method to determine city street air quality. *Atmospheric Environment* 27B, 389-399.
- Eerens HC, 1998. Sea salt aerosol-model, Notitie d.d. 23 september 1998, Laboratorium voor Luchtonderzoek, Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu, Bilthoven.
- Eerens, HC, Van Jaarsveld JA, Peters J, 1998. European status - Air quality: Trends, monitoring, background modelling, in: *Air Pollution in the 21st century*, Priority issues and policy Studies in Environmental Science, Elsevier, Amsterdam. ISBN 0-444-82799-4, pp 133-147.
- EMEP, 2004. Transboundary Particulate Matter in Europe: Status Report 2004. Joint report CCC & MSC-W & CIAM. Rapport nr. 4/2004.
- EMEP, 2005a. Zie webdab.emep.int.
- EMEP, 2005b. Zie www.emep.int.
- 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, 1997. Ambient air pollution by particulate matter. Position paper on particulate matter. Zie [http://www.europa.eu.int/comm/environment/air/pdf/pp\\_pm.pdf](http://www.europa.eu.int/comm/environment/air/pdf/pp_pm.pdf).
- EU, 1999. Richtlijn 1999/30/EG van de raad van 22 april 1999 betreffende de grenswaarden voor zwavel-dioxide, 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, 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.
- EU, 2004. Second position paper on particulate matter. CAFE Working Group on Particulate Matter. Zie [europa.eu.int/comm/environment/air/cafe/pdf/working\\_groups/2nd\\_position\\_paper\\_pm.pdf](http://europa.eu.int/comm/environment/air/cafe/pdf/working_groups/2nd_position_paper_pm.pdf).
- EU, 2005. Richtlijn 2004/107/EG van het Europees parlement en de raad van 15 december 2004 betreffende arseen, cadmium, kwik, nikkel en polycyclische aromatische koolwaterstoffen in de lucht. Publicatieblad van de Europese Gemeenschappen No L 23/3.
- Folkert RJM, Aben J, Blom WF, Bree L van, Brink R van den, Buringh E, Hamming P, Hinsberg A, Jimmink B, Matthijsen J, Peters J, Smeets W, Thomas R, Velze K van, Vries W de, 2005. Assessment of thematic strategy on air pollution. MNP rapport 500034002. Milieu- en Natuurplanbureau, Bilthoven (*binnenkort te verschijnen*).
- Harmelen AK van, Denier van der Gon HAC, Kok HJG, Appelmann WJ, Visschedijk AJH, Hulskotte JH, 2004. Particulate Matter in the Dutch Pollutant Emission register: State of Affairs, TNO-Report R 2004/428.
- Heldstab J, Stampfli M, 2001. PM10-correction models for Teom and Betameter measurements. Swiss Agency for the Environment, Forests and Landscape (SAEFL).
- Hoek G, Brunekreef B, Goldbohm S, Fischer P, Brandt PA van den, 2002. Association between mortality and indicators of traffic-related air pollution in the Netherlands: a cohort study. *Lancet* 360: 1646-1652.
- IPCC, 2001. Climate change 2001, Third Assessment Report, Intergovernmental Panel on Climate Change, Genève. Zie ook [www.ipcc.ch](http://www.ipcc.ch).
- Jimmink BA, Folkert RJM, Thomas R, Beck JP, Eerdt MM van, Elzenga HE, Hoek KW van der, Hoen A, Peek CJ, 2004. The Dutch CAFE Baseline: in or out of line? Rapport 500034 001, Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu, Bilthoven.
- Knol AB en Staatsen BAM, 2005. Trends in the environmental burden of disease in the Netherlands, 1980-2020. Rapport 500029001, Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu, Bilthoven (*rapport in voorbereiding*).

- Koelemeijer RBA, Backes CW, Blom WF, Bouwman AA, Hammingh P. 2005. Consequenties van de EU-luchtkwaliteitsrichtlijnen voor ruimtelijke ontwikkelingsplannen in verschillende EU-landen. MNP rapport 500052001. Milieu- en Natuurplanbureau, Bilthoven (*binnenkort te verschijnen*).
- Matthijssen J. 2005. Fijn stof in Nederland 2002-2010, achtergrondrapport fijn stof bij het Nationaal Luchtkwaliteitsplan 2004. Milieu- en Natuurplanbureau, Bilthoven (*rapport in voorbereiding*).
- MIRA, 2004. Kernset Milieudata MIRA-T 2004. Zie [statbel.fgov.be/port/env\\_nl.asp#A03](http://statbel.fgov.be/port/env_nl.asp#A03).
- MNC, 2005. Milieu- en Natuurcompendium. Zie [www.rivm.nl/milieuenatuurcompendium/nl](http://www.rivm.nl/milieuenatuurcompendium/nl).
- MNP, 2005. Milieubalans 2005. Milieu- en Natuurplanbureau, Bilthoven.
- NAEI, 2005. National Atmospheric Emissions Inventory (NAEI). Zie [www.naei.org.uk](http://www.naei.org.uk).
- Pope III CA, Dockery DW, Schwartz J. 1995. Review of epidemiological evidence of health effects of particulate air pollution. *Inhalation Toxicology* 7: 1-18.
- Pope CA, Burnett RT, Thun MJ, Calle EE, Krewski D, Ito K, en Thurston GD. 2002. Lung cancer, cardiopulmonary mortality, and long-term exposure to fine particulate air pollution. *Journal of the American Medical Association*. 287: 1132-41.
- RAINS, 2005a. RAINSWEB Emissies EU25 1990-2030.
- RAINS, 2005b. Zie: [www.iiasa.ac.at/web-apps/tap/RainsWeb](http://www.iiasa.ac.at/web-apps/tap/RainsWeb).
- Schlesinger RB, Cassee F. 2003. Atmospheric secondary inorganic particulate matter: the toxicological perspective as a basis for health effects risk assessment. *Inhalation Toxicology* 15, 197-235.
- Senatsverwaltung für Stadtentwicklung, 2004. Luftgütemessdaten Jahresbericht 2003.
- 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.
- Teeuwisse, S. 2005. Handleiding bij software pakket CAR II versie 4.0, Rapport R&I-A R 2005/074, Nederlandse Organisatie voor toegepast-natuurwetenschappelijk onderzoek, Apeldoorn.
- UBA, 2005a. Zie [www.env-it.de/luftdaten/trsy-ear.fwd](http://www.env-it.de/luftdaten/trsy-ear.fwd).
- UBA, 2005b. Hintergrundpapier zum Thema Staub/Feinstaub (PM), Umweltbundesamt, Berlijn.
- Umweltdaten Deutschland, 2005. Zie [www.env-it.de/umweltdaten/open.do](http://www.env-it.de/umweltdaten/open.do).
- 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. Rapport 725601005, Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu, Bilthoven.
- Van Elzakker BG. 2001. Monitoring activities in the Dutch National Air Quality Monitoring Network in 2000 and 2001. Rapport 723101055, Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu, Bilthoven.
- Van Jaarsveld JA. 2004. The Operational Priority Substances model, Rapport 500045001, Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu, Bilthoven.
- Van Putten EM, Bloemen HJTh, Van der Meulen A. 2002. Betrouwbaarheid van PM<sub>10</sub> metingen in Nederland, een samenvattend overzicht. Rapport 650010026, Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu, Bilthoven.
- Velders GJM, Waal ES de, Jaarsveld JA van, Ruiter JF de. 2003. De RIVM-MNP bijdrage aan de evaluatie van het EMEP Unified model, Rapport 500037002, Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu, Bilthoven.
- Velders GJM, Aben JJM, Blom WF, Hammingh P, Matthijssen J, De Ruiter JF, Van Velze K. 2005. Grootschalige concentratiekaarten luchtverontreiniging, Briefrapport, Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu/Milieu- en Natuurplanbureau, Bilthoven.
- Vestreng V et al., 2004. Inventory Review 2004, Emission Data reported to CLRTAP and under the NEC Directive, EMEP/EEA Joint Review Report, EMEP/MSC-W Note 1/2004. ISSN 0804-2446.

- Visser H, Buringh E, Breugel PB van, 2001. Composition and origin of airborne particulate matter in the Netherlands. RIVM Rapport 650010029, Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu, Bilthoven.
- Visser H, Noordijk H, 2002. Het corrigeren van luchtverontreinigingsmeetreeksen voor meteorologie. Met een toepassing op regionale PM<sub>10</sub>-concentraties. Rapport 722601007, Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu, Bilthoven.
- VNG, 2005. Vereniging van Nederlandse Gemeenten. Zie [www.vng.nl](http://www.vng.nl).
- WHO, 2000. Air Quality Guidelines for Europe. WHO Regional Publications, European Series, No. 91. World Health Organization, Regional Office for Europe, Copenhagen.
- WHO, 2004a. Systematic review of health aspects of air pollution in Europe Fact sheet EURO/04/05. Zie: [www.euro.who.int/air/activities/20050512\\_1](http://www.euro.who.int/air/activities/20050512_1).
- WHO, 2004b. Meta-analysis of time-series studies and panel studies of Particulate Matter (PM) and Ozone (O<sub>3</sub>). Zie [www.euro.who.int/air/activities/20050512\\_1](http://www.euro.who.int/air/activities/20050512_1).
- WHO, 2005. Fact sheet EURO/04/05. Zie [www.euro.who.int/document/mediacentre/fs0405e.pdf](http://www.euro.who.int/document/mediacentre/fs0405e.pdf).

## Informatie op internet

Internet is een goede en uitgebreide bron van informatie over fijn stof. Hieronder treft u een aantal links aan waar u over deelaspecten van het fijnstofprobleem verdere informatie kunt vinden.

### Beleid Nederland

- Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer, Dossier Luchtkwaliteit

### Beleid Europa

- Europese Unie, luchtkwaliteit
- Het Clean Air For Europe (CAFE) programma

### Instituten en organisaties werkzaam op milieugebied

- Environmental Protection Agency, Verenigde Staten
- European Environment Agency, Kopenhagen
- European Topic Centre on Air and Climate Change, Bilthoven
- Intergewestelijke cel voor het Leefmilieu, Brussel
- Milieu-en Natuurplanbureau
- Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu/Milieu en gezondheid
- Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu/Sector Milieu en Stoffen
- Umweltbundesamt, Berlijn
- Vlaamse Milieumaatschappij, Antwerpen

### Meetresultaten Nederland

- Landelijk Meetnet Luchtkwaliteit
- DCMR Milieudienst Rijnmond

### Meetresultaten buitenland

- België, Vlaanderen, Vlaamse Milieu Maatschappij
- Duitsland, Nordrhein-Westfalen, Landesumweltamt Nordrhein-Westfalen
- Europa, AirBase, de luchtkwaliteits database van het European Topic Centre on Air and Climate Change

### Milieukwaliteit Nederland

- Milieu- en Natuurcompendium/Dossier Luchtkwaliteit

Het dossier Grootschalige Luchtverontreiniging op de website van het Milieu- en Natuurplanbureau geeft een overzicht van de hyperlinks van de instituten en organisaties die hierboven zijn genoemd.

